

sowohl von der täglichen wie von der jährlichen Veränderung ebenso von sehr vielen der unregelmäßigen Variationen, welche durch die photographischen Aufzeichnungsmethoden so schön hervortreten. Bestätigen sich diese Ansichten, zeigt sich, daß der Einfluß der Atmosphäre im Stande ist dergleichen Resultate hervorzubringen, so werden wir auch wahrscheinlich eine neue Relation zwischen dem Nordlicht und dem Erdmagnetismus auffinden, nämlich eine Relation mehr oder weniger hergestellt durch die Luft selbst, in Verbindung mit dem Raum über ihr; und selbst magnetische Relationen und Variationen, die bisjetzt nicht geahnet werden, können bei fernerer Entwicklung dessen, was ich *atmosphärischen Magnetismus* (2847 etc.) zu nennen wage, aufgefunden und meßbar gemacht werden. Vielleicht bin ich in diesen Hoffnungen zu sanguinisch, allein bisjetzt finde ich mich bestärkt in denselben durch die anscheinende Wahrheit, Einfachheit und Hinlänglichkeit der vorausgesetzten Ursache. Sobald ich diese Ansichten genügend erwogen, und an den Beobachtungen geprüft haben werde, werde ich mich beehren sie der Königl. Gesellschaft vorzulegen.

*Royal Institution, 2. August 1850.*

---

V. *Sechs und zwanzigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;  
von Michael Faraday.*

(Aus derselben Quelle wie die vorige Abhandlung.)

---

§. 32. Magnetisches Leitvermögen.

I. Magnetische Leitung.

2797. Die in einer früheren Reihe dieser Untersuchungen (2757 etc.) gegebenen merkwürdigen Resultate hinsichtlich der kräftigen Tendenz gewisser gasförmiger Substanzen, je nach ihrer Beziehung zu anderen gleichzeitig an-

wesenden Substanzen, entweder zu oder von der Mittellinie der Magnetkraft zu gehen, und dennoch keine Condensation oder Expansion zu zeigen (2756), welche die Folge wäre einer Anziehungs- oder Abstofsungskraft, die man zur Hervorbringung einer solchen Tendenz für nöthig erachten könnte, haben mich zu der Idee geführt, dafs die Annahme eines verschiedenen *Leitvermögens* dieser Substanzen für Magnetismus alle Erscheinungen erklären und damit auch die Natur der Magnetkraft weiter entfalten würde. Ich wage daher hier über diesen Gegenstand frei zu denken und zu sprechen, um Andere auf die Betrachtung desselben hinzuleiten, obgleich ich dabei Gefahr laufe, wegen Unvollkommenheit der Versuche und der Schlusfolgen, in Irrthümer zu verfallen. Ich stelle jedoch die Sache bisjetzt nur hypothetisch hin und gebrauche das Wort *Leitvermögen* nur als einen allgemeinen Ausdruck für die Fähigkeit gewisser Körper, die Transmission der Magnetkraft zu afficiren, ohne etwas über die Art des Processes zu sagen. So beschränkt in seinem Sinne, kann das Wort sehr nützlich seyn, indem es uns in den Stand setzt, eine grofse Klasse von Erscheinungen unter allgemeinem Gesichtspunct zusammenzufassen.

2798. Wenn ein Medium von gewissem Leitvermögen das Magnetfeld einnimmt und darauf eine Portion eines anderen Mediums oder Körpers von gröfserem Vermögen in dasselbe Feld gebracht wird, strebt das letztere zu Orten gröfserer Kraft und verdrängt das erstere. Solches ist wenigstens der Fall mit Körpern, welche deutlich (*freely*) magnetisch sind, wie Eisen, Kobalt, Nickel und deren Verbindungen (2357. 2363. 2367 etc.), und das ist auch analog den Erscheinungen der elektrischen Induction. Wird eine Portion von noch höherem Leitvermögen angewandt, so nähert sie sich der axialen Linie und verdrängt die dahin gegangene, so dafs es scheint, als würde durch diese Art von Differentialaction (2367 2414) ein Körper von gewissem Leitvermögen angezogen in einem Medium von geringerem, und abgestofsen in einem Medium von stärkerem Vermögen.

2799. So wie diese Idee von Leitung uns Rechenschaft giebt von dem Ort, den eine Substanz annimmt, z. B. Sauerstoff in der axialen Linie, wenn es sich im Stickstoff befindet, und Stickstoff entfernt davon, wenn es von Sauerstoff umgeben ist, so kommt sie auch mit der Thatsache überein, daß in einem einzelnen das Magnetfeld einnehmenden Gase keine Ströme vorhanden sind (2754), denn jedes Theilchen kann dann so gut leiten als ein anderes und wird daher seinen Ort behaupten; auch stimmt sie, glaube ich, mit der Unveränderlichkeit der Volume (2750).

2800. In Betreff des letzteren Punktes haben wir zu erwägen, daß die Kraft, welche einen solchen Körper, wie Sauerstoff, gegen die Mitte des Feldes treibt, keine Centrakraft wie die Gravitation, auch keine Anziehung einer Reihe von Theilchen unter einander ist, sondern eine axiale Kraft, welche, als von sehr verschiedenem Charakter in Richtung der Axe und in der der Radien, ihre Wirkungen ganz anders als eine reine Centrakraft ausüben kann und muß. Daß diese Unterschiede existiren, erhellt aus der Wirkung durchsichtiger Körper auf einen Lichtstrahl im Magnetfelde und ebenso aus der gewöhnlichen Wirkung magnetischer Körper. Das ist vielleicht der Grund, weshalb, wenn der Sauerstoff in Folge seines Leitvermögens in die Mitte des Feldes gezogen wird, seine Theilchen nicht zusammengedrückt werden (2721) durch eine Kraft, die sonst dasselbe bewirken müßte (2766).

2801. Wenn zwei getrennte Portionen Sauerstoff oder Stickstoff sich im Magnetfelde befinden, geht die eine ein- und die andere auswärts, ohne Contraction oder Expansion ihrer relativen Volume. Das Resultat ist ein differentiales, indem die beiden Körper in *Beziehung* oder *Abhängigkeit* zu einander stehen; und durch gleichzeitige Beziehung zu den Magnetkraftlinien, die durch sie beide oder durch sie und das Medium ihrer gemeinschaftlichen Umgebung gehen.

2802. In Bezug auf die Transferenz der Magnetkraft nach Innen (2787) habe ich schon gesagt (2787), daß der reine Raum oder das Vacuum eine solche Transferenz

erlaubt, unabhängig von jeder Function, die als von gleicher Natur mit dem Leitvermögen der Materie betrachtet werden kann, und in einer Weise, die mehr analog der ist, in welcher die Linien der Gravitationskraft und der statisch-elektrischen Kraft den bloßen Raum durchdringen. Darnach zerfallen dann die Körper in solche, welche, wie der Sauerstoff, die Transmission dieser Kraft mehr oder weniger erleichtern, und in solche, welche, wie ölbildendes Gas oder Phosphor, dieselbe mehr oder weniger hemmen; ersteres sind die magnetischen oder paramagnetischen, (2790) letzteres die diamagnetischen Körper. Vielleicht ist es nicht richtig, diese beiden Eigenschaften durch das Wort *Leitung* zu bezeichnen; allein beim jetzigen Zustand der Frage und bei der schon gemachten Reservation (2797) kann es glaube ich bequem, ohne Verwirrung anzurichten, gebraucht werden.

2803. Wenn dies im Allgemeinen eine richtige Ansicht von der Natur und den Unterschieden der paramagnetischen und diamagnetischen Substanzen ist, so können schwerlich die inneren Processe, durch welche sie ihre Functionen verrichten, dieselben seyn, obgleich sie vielleicht ähnlich sind. So mögen sie elektrische Circularströme in entgegengesetzter Richtung besitzen, allein ihre Verschiedenheit kann schwerlich als abhängig von dem Kraft-Unterschiede von Strömen in *gleicher* Richtung angesehen werden. Obgleich die Resultate, welche bei gleichzeitiger Anwesenheit zweier Substanzen im Magnetfelde erhalten werden, sich als differential betrachten lassen (2770 2768), selbst wenn eins von ihnen das allgemeine Medium ist, so ist doch falls die Ansicht richtig ist, in Folge des Daseyns des Leitvermögens in der Materie ein *einzelner* Körper, wenn er sich im Raume befindet, der Magnetkraft unterwürfig, und das Resultat ist: dafs wenn eine paramagnetische Substanz sich in einem Magnetfelde von ungleicher Kraft befindet, sie von schwächeren zu stärkeren Wirkungsorten zu gehen sucht, oder *angezogen* wird; und dafs ein diamagnetischer Körper unter gleichen Umständen von stärkeren zu schwä-

chereu Wirkungsarten zu gehen strebt oder *abgestofsen* wird (2756).

2804. Die Materie, wenn man ihre Kräfte erwägt, kann hinsichtlich ihrer Quantität, entweder dem Gewichte oder dem Volum nach betrachtet werden. Im gegenwärtigen Fall, wo die erzeugten Effecte einen unmittelbaren Bezug zum bloßen Raume haben (2787. 2802) scheint mir, daß das Volum als Ausdruck zu nehmen sey, und beim Vergleiche einer Substanz mit einander nur die Anwendung gleicher Volume richtige Resultate geben könne. Keine andere Methode könnte bei dem Differential-Beobachtungssystem angewandt werden (2772. 2780).

2805. Ein anderer experimenteller Beweis für das Daseyn dieses Leitvermögens, als der aus Aenderung der Lage, durch deren Verschiedenheit ich die Eigenthümlichkeiten der paramagnetischen und diamagnetischen Körper zu erklären suchte, mag wohl erwartet werden, und er ist vorhanden; allein da gewisse, die Polarität betreffende Betrachtungen mich abhalten, zu frei auf Eisen, Kobalt und Nickel (2832) als Erläuterungen zu verweisen, und da bei anderen Körpern, paramagnetischen sowohl als diamagnetischen, die Effecte zu schwach sind, so werden sie später nach einer ferneren allgemeinen Betrachtung des Gegenstandes (2843) besser verstanden werden.

2806. Ich will nun versuchen, welchen Einfluß paramagnetische und diamagnetische Körper, als Leiter angesehen (2797), auf die Kraftlinien im Magnetfelde ausüben. Jeder von Magnetkraftlinien durchschnittene Theil des Raumes kann für ein solches Feld genommen werden, und wahrscheinlich giebt es keinen Raum ohne sie. Von Ort zu Ort, entweder längs den Linien oder quer gegen sie, kann die Intensität der Kraft im Magnetfelde verschieden seyn; allein für die gegenwärtigen Betrachtungen ist es besser, ein Feld von gleicher Magnetkraft anzunehmen, und ich habe früher (2465) beschrieben, wie dasselbe für einen gewissen beschränkten Raum dargestellt werden kann. In  
solch

solch einem Felde variirt die Kraft weder längs den Linien noch quer gegen sie; allein die Verschiedenheit der Richtung ist so groß und wichtig als je, und sie ward schon durch die Worte axial und aequatorial bezeichnet, je nachdem sie parallel oder winkelrecht gegen die Magnetaxe ist.

2807. Wenn ein paramagnetischer Leiter, z. B. eine Kugel von Sauerstoff, in ein solches, zuvor als frei von aller Materie betrachtetes, Magnetfeld gebracht wird, so bewirkt er eine Concentration der neben und durch ihn gehenden Linien, so daß der von ihm eingenommene Raum mehr magnetische Kraft fortpflanzt als zuvor (Fig. 16 Taf. I.) Wenn andererseits eine Kugel von diamagnetischer Substanz in ein solches Feld gebracht wird, so veranlaßt sie eine Divergenz der Linien in aequatorialer Richtung (Fig. 17 Taf. I.), und durch den von ihr eingenommenen Raum geht weniger Magnetkraft als zuvor.

2808. In dieser Weise afficiren die beiden Körper *erstlich die Richtung* der Kraftlinien, nicht allein in dem von ihnen eingenommenen Raum, sondern auch in dem benachbarten; und diese Veränderung in dem Laufe der Linien hat für beide Fälle entgegengesetzte Richtung.

2809. *Zweitens* afficiren sie die *Stärke* der Kraft an jeder Stelle des Raums in oder neben ihnen, denn da jeder Schnitt quer gegen die Linien eines solchen Magnetfeldes von bestimmter Kraftstärke, und in dieser Beziehung jedem anderen Querschnitt gleich seyn muß, so ist es unmöglich eine Concentration innerhalb der Sauerstoffkugel (Fig. 16 Taf. I.) zu bewirken, ohne nicht zugleich in den außerhalb axial gelegenen Theilen, wie *aa*, eine Concentration, und in den aequatorial gelegenen Theilen *bb* eine entsprechende Dilatation zu veranlassen. Andererseits wird der diamagnetische Körper (Fig. 17 Taf. I.) in den gegen ihn axial liegenden Theilen *cc* des Raums eine Schwächung, und in den aequatorialen Theilen *dd* eine Verstärkung der Magnetkraft veranlassen. Ist das Magnetfeld beschränkt in seiner Ausdehnung durch das Eisen, welches die Flächen der gegenüberstehenden Pole bildet (2465), so wird sogar

die Vertheilung des Magnetismus in dem Eisen selbst afficirt durch das Daseyn der paramagnetischen und diamagnetischen Körper, und dies wird in der That zu großem Maasse geschehen, wenn aus der paramagnetischen Klasse Körper wie Eisen, Nickel oder Kobalt gewählt werden.

2810. Der Einfluss dieser Störung der Kräfte an dem Orte eines im Magnetfelde befindlichen paramagnetischen und diamagnetischen Körpers lässt sich leicht durch Betrachtungen und durch Versuche nachweisen. Ein Eisenkugelchen, welches sich in einem durch Eisenpole begränzten Felde von gleicher Kraft befindet, hat in gleichem Abstand von den Polen eine instabile Gleichgewichtslage, und zugleich findet sowohl in demselben, als an den ihm gegenüberstehenden Polen, als auch in den dazwischen liegenden axialen Räumen eine große Concentration der Kraft statt. Wird das Kugelchen aus der Mitte gebracht, so fliegt es nach der nächsten Polfläche und dann kann es den größten Betrag von Magnetkraft an oder auf die durch dasselbe gehenden Axiallinien bringen.

2811. Ist das Eisen ein Sphäroid, so stellt sich sein größter Durchmesser axial, es mag sich in der instabilen Gleichgewichtslage befinden oder näher an den Polen oder im Contact mit ihnen. Da nun die Umstände für die Concentration der Kraft auf die durch dasselbe gehende Axiallinie günstiger sind als zuvor, so kann dies Resultat mit weit schwächeren paramagnetischen Körpern erreicht werden als mit dem Eisen, z. B. wie ich nicht zweifle, leicht mit einem Gefäß voll Sauerstoff- oder Stickstoffoxydgas (2782. 2792). Es wird nun in der That eine, obwohl nicht die beste, Form von jenem Experiment, durch welches die magnetische Beschaffenheit der Körper am schärfsten nachgewiesen wird.

2812. Die relative Schwäche der Kraft bei diamagnetischen Körpern macht jeden Versuch, die umgekehrten Phänomene von denen des Eisens zu erhalten, etwas schwierig. Um die Umstände etwas zu erhöhen, wandte ich daher eine gesättigte Lösung von Eisenvitriol im Magnetfelde an

und verstärkte hiedurch die durch dasselbe gehenden Kraftlinien, ohne deren Gleichgewicht in den angewandten Theilen zu stören, oder in das Princip des Experiments einen Fehler einzuführen; dann gebrauchte ich Wismuth als diamagnetischen Körper. Ein Cylinder davon, senkrecht aufgehängt, strebte nach der Mitte des Abstandes und fand dort, wo der paramagnetische Körper im instabilen Gleichgewicht gewesen war, den Ort seines stabilen Gleichgewichts. War der Cylinder horizontal aufgehängt, so stellte er sich aequatorial.

2813. Diese relativen und umgekehrten Lagen paramagnetischer und diamagnetischer Körper in einem Felde von überall gleicher Magnetkraft, stimmen wohl überein mit ihren bekannten Relationen zu einander und mit der schon (2807) im Princip niedergelegten Wirkungsart, wie mit der, welche sie auf die Magnetkraft ausüben, der sie unterworfen sind. Man wird sie dem Gedächtniß einprägen, wenn man erwägt, daß eine Kugel von einem flüssigen paramagnetischen Leiter, die sich an dem Wirkungsorte befände, bei Erregung der Magnetkraft sich axial verlängern und in ein oblonges Sphäroid übergehen würde, während eine Kugel von diamagnetischer Flüssigkeit eine Ausdehnung in aequatorialer Richtung, oder eine Verwandlung in ein abgeplattetes Sphäroid erlitte.

2814. Die *gegenseitige Wirkung* zweier Portionen von paramagnetischen Substanzen, die beide in einem Felde von gleicher Magnetkraft befindlich sind, läßt sich aus den allgemein bekannten Principien (2807. 2830) und Thatsachen voraussehen. Zwei Eisenkugeln, in derselben Aequatorial-Ebene gehalten, stoßen einander stark ab; werden sie aber aus jener Ebene gebracht, so verlieren sie erstlich ihre gegenseitige Abstofsungskraft und dann ziehen sie einander an, am stärksten, wenn sie in einer axialen Richtung sind.

2815. Bei diamagnetischen Körpern ist die gegenseitige Einwirkung schwieriger zu bestimmen, wegen der verhältnißmäßigen Schwäche ihrer Kraft. Ich griff daher zu dem



früher beschriebenen Hilfsmittel, indem ich eine gesättigte Lösung von Eisenvitriol als das, das Feld von gleicher Magnetkraft einnehmende, Medium gebrauchte und zwei Phosphorcyylinder von etwa einem Zoll Länge und einem halben Zoll im Durchmesser zu diamagnetischen Körpern nahm. Einer derselben wurde aufgehängt an dem Ende eines Hebels, welcher selber an Kokonfäden hing, so daß er eine äußerst freie Bewegung hatte, und die Adjustirungen waren so getroffen, daß der Phosphorcyylinder, wenn er in der Mitte des Magnetfeldes war, sich ungehindert aequatorial oder quer gegen die Magnetkraftlinien bewegen konnte; er hatte jedoch dazu keine Tendenz als er unter Einfluß der Magnetkraft war. Der andere Cylinder war mit einer Handhabe von Kupferdraht versehen, mittelst der er an dieser oder jener Seite des ersten Cylinders befestigt werden konnte. Er wurde dicht neben demselben aufgestellt, und beide wurden dann festgehalten bis jede aus Bewegungen der Flüssigkeit und Luft entstehende Störung verschwunden war. Nach Entfernung des festhaltenden Körpers behielten die beiden Phosphorcyylinder noch ihren Platz. Endlich wurde die Magnetkraft in Thätigkeit gesetzt, und sogleich trennte sich der bewegliche Cylinder von dem festen bis zu einem gewissen Abstand. Wurde er, während der Magnet thätig blieb, zurückgeführt und dann losgelassen, so ging er wieder fort, behielt aber seine Lage in der Nähe, wenn die Magnetkraft aufgehoben worden war. Dieser Vorgang erfolgte sowohl in der einen als in der anderen Richtung, je nachdem der feste Cylinder sich an dieser oder jener Seite des beweglichen befand; allein die Bewegung geschah in beiden Fällen winkelrecht gegen die Magnetkraftlinien, war in der That mechanisch und durch die Aufhängweise auf diese Richtung beschränkt. Als zwei Wismuthkugeln respective zu einander in Richtung der Magnetaxe so aufgehängt wurden, daß die eine sich bewegen konnte und zwar nur in Richtung der Magnetaxe, wurde die Lage dieser durch die andere nicht merklich afficirt. Die Tendenz der beweglichen, nach der Mitte des

Feldes zu gehen (2812) überwog jede andere, welche etwa vorhanden seyn mochte.

2816. Zwei im Magnetfelde befindliche diamagnetische Körper wirken also in der That auf einander; allein, was Richtung betrifft, nicht umgekehrt wie die paramagnetischen Körper, da in beiden Fällen eine Trennung der Körper erfolgt.

2817. Der Vergleich der Wirkung para- und diamagnetischer Körper auf einander wurde dadurch vervollständigt, dafs man Wasser als Medium in einem Felde von gleicher Magnetkraft anwandte und darin ein Stück Phosphor an der Torsionswaage aufhing. Nach Erregung der Magnetkraft wurde dieses Stück durch ein zweites Phosphorstück aequatorial abgestofsen, wie zuvor; allein durch eine Röhre voll gesättigter Eisenvitriollösung angezogen. Sonach ziehen paramagnetische und diamagnetische Körper einander an in einem mittleren Medium, allein Körper gleicher Art stofsen einander ab (2831).

## II. Leitungspolarität. (*Conduction polarity.*)

2818. Nachdem somit die Effecte, welche die paramagnetischen und diamagnetischen Körper durch die von ihnen bewirkte Störung der Magnetkraftlinien hervorbringen vermögen (2807), kurz betrachtet sind, will ich die Aufmerksamkeit auf das lenken, was als ihre Polarität angesehen werden kann; ich wünsche jedoch nicht mit diesem Worte einen inneren Zustand der Substanzen oder ihrer Theilchen zu bezeichnen, sondern nur den Zustand (*condition*) der Masse, als Ganzes, in Bezug auf den Zustand (*state*), in welchen sie durch die von ihnen selbst veranlafte Störung der Magnetkraftlinien versetzt werden, und zwar sowohl in Bezug auf andere ähnlich afficirte Körper, als in Bezug auf Unterschiede zwischen den verschiedenen Theilen ihrer eigenen Masse. Ein solcher Zustand begreift das, was Leitungspolarität genannt seyn mag. Körper, die sich wenn sie unter magnetischer Wirkung stehen, im freien Raum befinden, erleiden sie in ihrem einfachsten Zustand;

Körper aber, die in andere Media getaucht sind, erleiden sie unter complicirterer Form, und ihr Betrag kann dann bis zu sehr großem Grade verändert, verstärkt oder verringert werden.

2819. Nehmen wir den einfachsten Fall von paramagnetischer Polarität, der in Fig. 16 Taf. I. (2807) abgebildet ist; er besteht aus einer Convergenz der Magnetkraftlinien an zwei entgegengesetzten, in Richtung der Magnetaxe liegenden, Theilen des Körpers. Der Unterschied im Charakter der beiden Pole an diesen Theilen ist sehr groß und entspringt aus dem bekannten Qualitätsunterschied in den beiden entgegengesetzten Richtungen der Magnetkraftlinien. Ob die polare Attraction oder Repulsion unter paramagnetischen Körpern existire, wenn sie bloß Fälle von Leitung darbieten (wie z. B. Sauerstoff) ist noch nicht gewiß (2827), aber wahrscheinlich, und wenn es der Fall ist, werden sie unzweifelhaft übereinstimmen mit der Attraction und Repulsion von *Magneten*, die entsprechende Pole haben.

2820. Betrachten wir die Leitungspolarität eines diamagnetischen Körpers, so machen sich die Dinge ganz anders. Er besitzt keine solche Polarität wie eine paramagnetische Substanz, auch nicht die umgekehrte (im Namen oder in der Richtung der Kraftlinien) wie ich, Weber und Andere einst angenommen haben (2640), sondern einen ganz eigenthümlichen speciellen Zustand. Seine Polarität besteht aus einer Divergenz der Kraftlinien an den in Richtung der Magnetaxe liegenden Theilchen oder aus einer Convergenz von (*from*) den gegenüberstehenden; so daß diese Pole, obgleich sie *dieselben* allgemeinen und entgegengesetzten Relationen zu einander besitzen, welche den Unterschieden der Pole paramagnetischer Körper entsprechen, doch jenen auffallenden Contrast und Unterschied gegen die Polarität der letzteren Körper zeigen, welcher durch Convergenz und Divergenz der Kraftlinien gegeben ist.

2821. Möge Fig. 18 Taf. I. ein begränztes Magnetfeld vorstellen, darin einen paramagnetischen Körper *P* und einen diamagnetischen *D*; ferner seyen *N* und *S* die beiden

mit dem Magnet verknüpften Eisenwände, welche dasselbe begrenzen (2645), so können wir uns eine klare Idee von der Richtung der Magnetkraftlinien in dem Felde machen. Nun läßt sich von den Körpern *P* und *D* nicht sagen, sie hätten gleiche Polaritäten bloß in entgegengesetzten Richtungen. Die Polarität 1 von *P* ist wesentlich ungleich der Polarität 3 von *D*; nähme man aber an, *D* hätte die umgekehrten Polaritäten von *P*, so müßte die Polarität 1 von *P* gleich seyn der Polarität 4 von *D*, wogegen sie dieser ungleich ist als der Polarität 3 von *D* oder selbst ihrer eigenen Polarität 2.

2822. Es giebt also in der Natur der von Leitung abhängigen Polaritäten zwei Unterschiede: den einen in der Richtung der Kraftlinien an den Polarflächen, wenn der Vergleich mit einem umgekehrten Magnet gemacht wird, und den der Convergenz und Divergenz dieser Linien, wenn man den Vergleich mit einem nicht umgekehrten Magnet anstellt; daher befindet sich ein diamagnetischer Körper nicht in dem Zustand von Polarität, welcher durch Umkehrung eines paramagnetischen Körpers, der seinen magnetischen Zustand behält, vorgestellt werden kann.

2823. Diamagnetische Körper in Medien, die diamagnetischer sind als sie selbst, besitzen den polaren Zustand paramagnetischer Körper (2819); und ebenso würden paramagnetische Körper in Medien, die paramagnetischer sind als sie selbst, die Polarität diamagnetischer Körper besitzen.

2824. Außer diesen Unterschieden müssen die Körper noch einen aequatorialen Zustand haben, welcher bei beiden Klassen von Leitern correspondirende Effecte hervorzubringen vermag. Der ganze aequatoriale Theil von *P* (Fig. 18) ist gleich in Bezug auf den Körper *P* oder auf die Kraftlinien in dem umgebenden Raum; und eine gleiche Correspondenz herrscht in den aequatorialen Theilen von *D*, sowohl in Bezug auf diesen selbst, als auf den Raum. Allein diese Theile von *P* oder von *D* sind verschieden an Kraftstärke sowohl unter einander, als von der allgemeinen Intensität des Raums. Solche aequatoriale Zustände

müssen, glaube ich, als Folge des bestimmten Charakters eines gegebenen Querschnitts des Magnetfeldes existiren (2809).

2825. Obwohl es an experimentellen Beweisen dieser Polaritäten nicht fehlt, so sind sie doch nicht augenfällig oder unter auffallender Form darstellbar, und zwar wegen der ungemainen Schwäche der hier ins Spiel kommenden Kräfte, verglichen mit denen, die bei gegenseitiger Wirkung von Magneten auftreten. Deshalb sind so manche Versuche zum Erweise einer solchen Polarität beim Wismuth fehlgeschlagen, oder andere nicht hierher gehörige Erscheinungen mit ihr verwechselt. Die stärkste und deshalb empfindlichste Probe auf Polarität, die wir besitzen, besteht darin, daß wir den Körper der Richtlinie sehr starker Magnetkräfte unterwerfen, und deshalb wird das Einstellen zwischen den Polen eines kräftigen Magnets beständig für solchen Zweck benutzt. Durchaus vergebens wäre es und ist es, eine gegenseitige Wirkung zwischen den Polen zweier schwacher paramagnetischer oder diamagnetischer Leiter zu erwarten, in vielen Fällen, wo die Wirkung dieser selben Pole sich aufs deutlichste äußert in ihrer Relation zu den fast unendlich stärkeren Polen eines kräftigen Stahl- oder Elektromagnets.

2826. Ich füllte eine Röhre *a* mit gesättigter Lösung von schwefelsaurem Kobalt (Fig. 19 Taf. I.) und hing sie zwischen den Polen des großen Elektromagnets auf; sie stellte sich leicht und gut. Eine andere Röhre *b* wurde nun mit gesättigter Eisenvitriollösung gefüllt, und, nachdem sie an den *S*-Pol gelegt worden, in der abgebildeten Weise der Kobaltröhre nahe gebracht; allein es war nicht die geringste Einwirkung auf die Lage von *a* zu beobachten. Die Röhre *b* wurde in die Lage *c* gebracht, um jeden etwa vorhandenen Effect zu verdoppeln; allein es war keine Spur von gegenseitiger Einwirkung zwischen den Polen *a* und *b* sichtbar (2819).

2827. Um die Wirkung zu vergrößern, wurde die Röhre mit magnetischer Lösung in Wasser, als einem guten diamagnetischen Medium, zwischen flachen Polen aufge-

hängt (Fig. 20 Taf. I.); sie stellte sich. Zwei Flaschen mit gesättigter Eisenvitriollösung, die in *d* und *e* aufgestellt wurden, änderten nicht die Lage von *a*; und auch als sie in die Stellungen *f* und *g* versetzt wurden, übten sie auf dieselbe keinen merkbaren Einfluss. Ich machte denselben Versuch mit einer Luftröhre in Wasser, worin dieselbe sich axial stellt (1406); aber mit gleich negativem Erfolg. Ich will nicht behaupten, dass in diesen Fällen durchaus keine Wirkung vorhanden war (2819); allein, wenn eine da war, musste sie unwahrnehmbar klein gewesen seyn, und dies zeigt, wie ungenügend dergleichen Mittel sind, um diese Wirkungen zu vergleichen mit denen, welche die Einstellung eines Körpers unter dem Einflusse kräftiger Magnete liefert. Wenn durch diese Methoden bei so stark influencirbaren paramagnetischen Körpern wie gesättigte Lösungen von Eisen, Nickel und Kobalt, keine Polarität nachgewiesen werden kann, so lässt sich schwerlich erwarten, dass sie sich durch analoge Actionen bei den weit schwächer wirkenden diamagnetischen Körpern äußern werde.

2828. Wird ein sphärischer paramagnetischer Leiter in die Mitte eines Feldes von gleicher Magnetkraft gebracht <sup>1)</sup>, so nimmt er einen Ort instabilen Gleichgewichts ein, aus welchem er, auch nur ganz wenig verschoben, sich fortwährend bewegt, bis er die eisernen Gränzwände des Feldes erreicht hat (2465. 2810); dies ist Folge seines besondern polaren Zustandes. Vermöchte die Kugel ihre Gestalt zu ändern, so würde sie in Richtung der Magnetaxe sich verlängern, und, wäre sie starr von verlängerter Gestalt, so würde sie sich axial stellen, beides in Folge ihres polaren Zustandes (2811).

2829. So zeigt sich auch bei diamagnetischen Körpern ihr eigenthümlicher Polarisationszustand durch entsprechende Thatsachen, nämlich dadurch, dass eine Kugel ihren stabilen

1) Soll wohl heißen: in ein Feld, worin die Kraft von der Mitte aus nach den Enden zunimmt; in einem Felde von überall gleicher Kraft könnten die in 2828 und 2829 aufgezählten Vorgänge nicht stattfinden. P.

Gleichgewichtsort in der Mitte des Magnetfeldes hat (2812), daß sie, falls sie flüssig ist, sich aequatorial ausdehnt und in ein abgeplattetes Sphäroid übergeht (2813), und daß ein verlängertes Stück sich aequatorial stellt (2812). Werden zugespitzte Magnetpole gebraucht, so sind die Wirkungen weit stärker, aber genau von derselben Art, abhängig von denselben Ursachen und polaren Zuständen.

2830. Es giebt eine andere Reihe von Effecten, welche entweder die Resultate der schon erwähnten axialen Polarität sind oder sich als Folgen des Zustandes der aequatorialen Theile der Leiter (2824) betrachten lassen. Zwei Eisenkügelchen, in einem Felde von gleicher Kraft, in einer auf der Kraftlinie rechtwinklichen Ebene d. h. mit ihren aequatorialen Theilen neben einander liegend gehalten, trennen sich von einander mit bedeutender Kraft (2814) und wahrscheinlich würden sich zwei unendlich schwächere Körper der diamagnetischen (*paramagnetic*) Klasse ebenso trennen. Zwei Stücke von Phosphor, also einer diamagnetischen Substanz, trennten sich auch, wie sich fand, unter denselben Umständen.

2831. Die Bewegungen sind hier von gleicher Art, wogegen man entgegengesetzte erwarten sollte (2816); dennoch sind sie vollkommen vereinbar. Die diamagnetischen Körper müssen sich trennen, weil das Feld zwischen ihnen reicher an Magnetkraftlinien ist als an den Außenseiten, wie aus der Betrachtung der beiden Kugeln (Fig. 21 Taf. I.) leicht ersichtlich ist; und deshalb stimmt diese Bewegung überein mit dem Sich-Oeffnen und Aequatorialstellen getrennter Theilchen oder continuirlicher Massen solcher Substanzen (2829), in ihrer Tendenz, von stärkeren zu schwächeren Wirkungsorten zu gehen. Andererseits haben zwei Eisenkugeln zwischen sich schwächere Kraftlinien als ausseits; und da sie dahin streben, von schwächeren zu stärkeren Wirkungsorten zu gehen, so trennen sie sich auch, um die Bedingung des Kräfte-Gleichgewichts zu erfüllen. Endlich ziehen ein paramagnetischer und ein diamagnetischer Körper einander an (2817), und sie müssen es, denn

der diamagnetische Körper findet gegen den paramagnetischen hin einen Ort von schwächerer Wirkung, und der paramagnetische Körper findet in der Nähe des diamagnetischen einen Ort von stärkerer Wirkung. Siehe *P* und *D* Fig. 21.

2832. Zur Erläuterung der Wirkung paramagnetischer Leiter habe ich oft vom Eisen gesprochen und die Polarität desselben als gleich mit der dieser Leiter betrachtet; allein ich muß jetzt einen Unterschied klar machen, der, meiner Meinung nach, zwischen der Polarität eines Magnets und der bloßen, wie ich sie nenne, Leitungspolarität besteht. Dieser Unterschied hat einen wichtigen Einfluß beim Eisen. Ein permanenter Magnet hat eine Polarität in sich und diese besitzen auch seine Theilchen; sie hängt wesentlich ab von der Kraft, welche der Magnet inhärent besitzt. Sie sowohl, wie die Kraft, welche sie erzeugt, ist von solcher Natur, daß wir dem bloßen, von Materie freien Raum nicht die eine oder andere beilegen können, was für eine Form wir auch für den Raum voraussetzen oder wie starke Magnetkraftlinien wir auch denselben durchkreuzen lassen. Die Polarität eines Leiters ist nicht nothwendig von dieser Art, rührt nicht her von einer bestimmten Anordnung der Ursache oder Quelle der magnetischen Action, welche ihrerseits die specielle Richtung der Kraftlinien (2807) überwältigt und bedingt, sondern sie ist einfach Folge einer Condensation oder Expansion dieser Kraftlinien, je nachdem die betrachtete Substanz mehr oder weniger geeignet ist, den Einfluß vorwärts zu führen. Es ist offenbar etwas sehr Verschiedenes, einerseits solche Linien zu schaffen und *ihre Richtung zu bedingen*, und andererseits bloß ihren Fortgang zu befördern oder zu verzögern, ohne irgend welchen Bezug auf ihre Richtung. Figürlich gesprochen, kann dieser Unterschied verglichen werden mit dem zwischen einer Volta'schen Batterie und den Leitungsdrähten, welche deren Enden verbinden. Der Strom geht durch beide, aber es ist die Batterie, worin er entsteht und seine Richtung erhält; der Draht ist nur ein besserer oder schlech-



ter Leiter desselben, kann ihn jedoch, je nach seiner Gestalt und Beschaffenheit, diffundiren, condensiren oder variiren.

2833. Ist diese Unterscheidung angenommen, haben wir zu erwägen, ob das Eisen unter dem Einfluß der Magnetkraftlinien zu einem Magnete werde und seine eigene Polarität erlange, oder ob es bloß ein paramagnetischer Leiter mit dem höchsten Grade von Leitvermögen sey. Im ersten Falle würde es die wahre Polarität eines Magnets besitzen, im zweiten nur diejenige, welche ich dem Sauerstoff und anderen Leitern beilege. Meiner Meinung nach ist das Eisen ein Magnet. Es kann, als Elektromagnet, zu einer *Quelle* von Magnetkraft von höchster Stärke erhoben werden; und obgleich es, wenn es weich ist, bei Unterbrechung des elektrischen Stroms, gewöhnlich fast alle seine Kraft verliert, so ist dieß doch nicht der Fall, wenn es einen zusammenhängenden Ring bildet, denn alsdann kann es stunden- und wochenlang die Kraft behalten, und ist offenbar während dieser Zeit eine Quelle von Magnetismus unabhängig von jedem Volta'schen Strom. Hiernach glaube ich, daß das Eisen unter dem Einfluß der Magnetkraftlinien zu einem Magnet werden könne; und wenn es auch dann, was Richtung betrifft, dieselbe Art von Polarität besitzt wie ein bloßer den Magnetkraftlinien unterworfenen paramagnetischer Leiter, so herrscht doch dabei ein großer Unterschied; denn so wie jedes innere Eisentheilchen in gewissem Grade ein Magnetismus erzeugendes System wird, so sind die Polaritäten aller mit einander zu einem polaren Ganzen verknüpft, welches, so wie es unendlich intensiver ist, auch in der Anordnung der Kräfte in den einzelnen Theilchen sehr verschieden seyn kann von der Polarität eines bloßen Leiters.

2834. Es scheint mir auch sehr wahrscheinlich, daß Eisen, Nickel und Kobalt, wenn sie bis zu den respectiven Temperaturen erhitzt werden, bei welcher sie ihre wundervolle Kraft fast ganz verlieren (2347) und nur einen sehr kleinen, durch die empfindlichsten Mittel nachweisbaren Theil behalten (2343), in den Zustand der para-

magnetischen Leiter übergehen, die Fähigkeit zur Annahme des innern Polarisationszustandes eines Magnets verlieren, und keine andere Polarität behalten als die, welche ihnen als paramagnetische Substanzen angehören (2819). Es ist auch wahrscheinlich, daß diese Metalle in vielen ihrer Verbindungszuständen den Zustand der bloßen Leitung annehmen, so daß z. B. das Eisen, während es im Oxydul ein Magnet seyn mag, im Oxyd ein bloßer Leiter ist, und in dieser Beziehung hat es nichts Auffallendes zu sehen, daß der Sauerstoff, welcher als Gas ein paramagnetischer Körper ist (2782), das Eisen, bei gleichem Gewichte, auf seinen eigenen Zustand und weit darunter herabsetzt. Auch in ihren Salzen und Lösungen mögen diese Metalle, im Verein mit der mit ihnen verbundenen Substanz, als bloße Leiter wirken.

2835. Vielleicht hätte ich die Concentration oder Expansion der Magnetkraftlinien in den als Leiter wirkenden Körpern nicht Polarität nennen sollen, in sofern die wahre magnetische Polarität wesentlich und alleinig von der *Richtung* der Kraftlinien abhängt, und nicht von einer bloßen Compression oder Divergenz derselben. Allein ich habe es auch nur gethan, um leichter auf Thatsachen und Ansichten verweisen zu können, welche bisher verknüpft worden sind mit einer vermeintlichen Polarität in den Körpern, welche, ob paramagnetische oder diamagnetische, ich als bloße Leiter betrachtet habe, und ich hoffe deshalb, daß meine Meinung nicht mißverstanden werde. Bereits entschuldigte ich den Gebrauch von Worten, wie Magnetkraftlinien, Leitvermögen u. s. w. (2149. 2797), da sie mich einstweilen von dem Zwange herkömmlicher Bezeichnungen befreien. Sie können aus diesem Grunde äußerst nützlich seyn, so bald man ihre Bedeutung nur hinreichend beschränkt, und keine schädliche Nachlässigkeit und Ungenauigkeit in Darstellung der Thatsachen damit begeht.

III. MagnekrySTALLISCHE LEITUNG<sup>1)</sup>.

2836. Die schönen Untersuchungen von Plücker über die magnetischen Erscheinungen werden noch rememberlich seyn und daneben hoffentlich auch meine eigenen über die MagnekrySTALLITÄT (2454 etc.). Die von uns beschriebenen Erscheinungen haben, glaube ich, eine gemeinsame Ursache und gleiche Natur; und so weit sie reine und durchsichtige Körper betreffen, sind sie, meiner Meinung nach, durch Plücker in gehörige Relation zu der positiven und negativen optischen Axe solcher Körper gebracht worden<sup>2)</sup>. In diesen Fällen stellt sich ein krySTALLISIRTER Körper kräftig ein und nimmt im Magnetfelde eine eigene Lage an (2464. 2479. 2550), unabhängig von seinem paramagnetischen und diamagnetischen Charakter (2562), so wie auch ohne Annahme eines Zustandes, den er außerhalb des Magnetfeldes behielte (2504).

2837. Auf diese magnekrySTALLISCHEN Körper angewandt, scheint die Idee der Leitung alle speciellen Erscheinungen derselben zu erklären. Eine magnekrySTALLISCHE Substanz wäre dann eine, welche im krySTALLISIRTEN Zustand vorwärts (*onwards*) leitete oder die Ausübung der Magnetkraft in einer Richtung mit größerer Leichtigkeit gestattete als in anderer; und diese Richtung wäre die MagnekrySTALLAXE. Im Magnetfelde würde also die MagnekrySTALLAXE in eine mit der Magnetaxe coïncidirende Lage getrieben werden durch eine jenem Unterschiede entsprechende Kraft, gerade wie von zwei verschiedenen Körpern der vom größeren Leitvermögen den vom schwächeren verdrängt.

2838. So wäre der Effect der Lage erklärt (2586) und auch die größere Fähigkeit zur magnetischen Leitung in einer Richtung als in einer anderen (2588. 2591), und ebenso verschwindet, was mir früher so anomal erschien, in der Annahme, daß eine Kraftlinie eine indifferente Relation

1) Ich muß hier auf den wichtigen Aufsatz der HH. Tyndall und Knoblauch im *Phil. Mag.* 1850 *Vol. XXXVII. p. 1.* (*Annalen* Bd. 81, S. 481) hinweisen.

2) *Phil. Mag.* 1849 *Vol. XXXIV. p. 450.* (*Ann.* Bd. 77, S. 447.)

zu jedem Theil einer Ebene haben sollte (2600). Dafs Wärme dies Leitvermögen fortnimmt (2670), scheint mir vollkommen übereinzustimmen mit dem, was wir von dem Einflufs der Wärme auf den Magnetismus des Eisens, Sauerstoffs u. s. w. so wie auf das elektrische Leitvermögen des Platins, Schwefelsilbers u. s. w. wissen. Endlich scheint auch die Voraussetzung nicht unverträglich mit dem Zustand, welchen die Körper, während sie unter Wirkung der Magnetkraft stehen, anzunehmen scheinen (2609).

2839. Bei Richtigkeit dieser Ansicht scheint indess zu folgen, dafs ein diamagnetischer Körper, wie Wismuth, bei paralleler Stellung seiner MagnekrySTALLaxe zur Magnetaxe, weniger diamagnetisch seyn müfste als bei winkelrechter. In diesen beiden Stellungen müsse er aequivalent seyn zweien Substanzen von verschiedenem Leitvermögen für Magnetismus, und deshalb müfste er an der Differentialwaage analoge Differentialphänomene darbieten wie Sauerstoff und Stickstoff (2774) oder Phosphor und Wismuth oder irgend zwei andere verschiedene Körper. Obgleich ich früher (2551. 2552. 2553) gewisse Resultate angegeben habe, die darauf hindeuten scheinen, so sind sie doch beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse nicht genügend, weil der Unterschied, wenn überhaupt einer vorhanden, zu klein ist (2552) und bei Anwendung eines einzelnen zugespitzten Pols schnell verschwindet. Andere früher (2554—61) beschriebene Versuche, obwohl zu dem beabsichtigten Zweck ganz geeignet, würden doch einen kleinen Unterschied in der magnetischen Kraft nicht zeigen, weil sie mit flachseitigen Polen und einem Feld von nahe gleicher Magnetkraft angestellt wurden.

2840. Die Differential-Torsionswaage (2773) setzte mich in den Stand, mit besserer Hoffnung auf Erfolg zu diesem Gegenstande zurückzukehren. Eine Gruppe übereinstimmend liegender (*consistent*) WismuthkrySTALLE (2457) wurde an der einen Seite des Doppelkegel-Kerns (2738) aufgehängt und ihr gegenüber an der anderen Seite ein Cylinder von Flintglas. Das Flintglas wurde als Verglei-

chungspunkt gewählt, und daher in seiner Lage an der Waage und in der Beschaffenheit während des Versuchs nicht verändert. Die Wismuthgruppe war mit ihrer Magnekristallaxe horizontal gelegt, und diese konnte in horizontaler Ebene gedreht werden, damit sie einmal parallel zu der Magnetaxe oder Kraftlinie und ein anderes Mal winkelrecht gegen dieselbe lag, jedoch ohne Veränderung des Abstandes ihres Schwerpunkts von dem gegenüberliegenden Glascylinder. Indem man ihr nun die eine oder andere Lage gab, konnte man sie mit dem Cylinder vergleichen.

2841. Die Magnekristallaxe wurde zuvörderst dem Kern oder der Magnetaxe parallel gestellt, dann die Magnetkraft entwickelt und nachdem der diamagnetische Körper zur Ruhe gekommen war, die Lage des Waagbalkens beobachtet, mittelst eines Lichtstrahls, der von einem daran befestigten Spiegel reflectirt wurde. Dann wurde das Wismuth um  $90^\circ$  gedreht, oder seine Magnekristallaxe winkelrecht gegen die Axe des Doppelkegel-Kerns gestellt; wenn nun der Magnet erregt ward, entfernte sich das Wismuth weiter ab vom Kern als zuvor. Nochmals um  $90^\circ$  gedreht, so dafs es diametral zu seiner ersten Lage war (2461); stellte es sich dem Magnet etwas näher; und in der vierten Lage, die diametral zur zweiten war, lag es wieder ferner davon. So erweist sich denn das krystallisirte Wismuth, je nach der Lage seiner Magnekristallaxe, in verschiedenem Grade diamagnetisch; bei winkelrechter Lage dieser Axe gegen die Magnetkraftlinien ist es stärker diamagnetisch als bei paralleler; und somit fand sich die auf theoretische Betrachtungen (2839) gegründete Erwartung bestätigt.

2842. Ich versuchte ähnliche Resultate mit einem Kalkspathwürfel (2597) zu erhalten; denn es ist klar, dafs er, wenn man ihn mit seiner optischen Axe horizontal, zunächst parallel, dann winkelrecht zur Magnetaxe stellt, in der ersten Stellung diamagnetischer seyn mufs als in der zweiten, in sofern die letztere diejenige ist, welche er vermöge seines magnekristallischen oder magneoptischen Zustan-

standes annimmt. Ich konnte jedoch kein deutliches Resultat erlangen, theils weil die Kraft des Kalkspaths in jeder Beziehung viel schwächer ist als die des Wismuths, theils weil meine jetzige Torsionswaage zu unvollkommen ist, theils auch wegen der Gestalt und Gröfse des Kalkspaths. Eine Kugel oder ein Cylinder, dessen Axe winkelrecht gegen die optische Axe wäre, würden zweckmäßigere Formen für die zu untersuchenden Substanzen seyn.

2843. Indem ich diesen Theil der das magnetische Leitvermögen betreffenden Untersuchung schliesse, will ich noch einige Fälle anführen, welche, glaube ich, experimentell das *Daseyn* desselben in beiden Klassen von magnetischen Körpern (2805) feststellen. Der Ort und die Lage des Eisens in einem Felde von gleicher Kraft (2810. 2811) sind offenbar die Resultate seines außerordentlichen Vermögens, die Magnetkraft durch den von ihm eingenommenen Raum fortzupflanzen, die Theilchen des Eisens mögen nun als polar betrachtet werden oder nicht (2832), und deshalb sehe ich das umgekehrte Verhalten eines diamagnetischen Körpers, rücksichtlich des Orts und der Lage, (2812. 2813) als Beweis an, daß er die Magnetkraft mit geringerer Kraft als der von ihm eingenommene Raum fortzupflanzen vermag, und daraus schliesse ich, daß er diamagnetisch leite (2802).

2844. Das Auseinanderweichen paramagnetischer Körper in aequatorialer Richtung ist ein Beweis von der Art, wie sie, vermöge ihrer besseren Leitung, die Lage der Kraftlinien in dem umgebenden Medium stören (2831). Das Auseinanderweichen diamagnetischer Körper unter gleichen Umständen ist ebenso ein Beweis von der Art, wie auch sie vermöge eines anderen Leitvermögens, die Anordnung der Kraft stören (2831). Die aequatoriale Anziehung zwischen einem paramagnetischen und einem diamagnetischen Körper, wenn sie sich in einem Medium befinden, welches im Leitvermögen zwischen ihnen steht (2831), ist ein Beweis nicht allein von Leitung in beiden, sondern auch vom

umgekehrten Verhalten beider zu einander und dem umgebenden Medium.

2845. Dafs ein Wismuth sich mehr oder weniger entfernt von der Magnetaxe stellt (2841), je nachdem seine Magnetrystallaxe parallel oder winkelrecht zur axialen Linie liegt, ist auch die Folge des Unterschiedes im Leitvermögen, und deshalb ein Beweis vom Daseyn dieses Vermögens im diamagnetischen Körper. Fälle, die für das Daseyn dieses Vermögens sprechen, liefsen sich noch mehre anführen, allein ich glaube die angeführten werden hinlänglich meine Meinung auseinandersetzen.

2846. Kaum habe ich wohl nöthig zu sagen, dafs ich unter magnetischer Leitung nicht Elektroleitung oder etwas Aehnliches verstehe. Die aller besten Elektroleiter, wie Silber, Gold und Kupfer, stehen hinsichtlich ihrer Fähigkeit, die Magnetkraft fortzuflanzen, unter dem blofsen Raum; so sehr fehlt es ihnen an dem, was ich magnetische Leitung nenne. Zwischen dieser Leitung der Magnetkraft und dem, was ich früher bei der statischen Elektrizität spezifische inductive Capacität nannte (1252 etc.), herrscht eine auffallende Analogie, welche, wie ich hoffe, zu fernerer Erläuterung der Weise führen wird, in welcher die Kraftlinien von Körpern afficirt und zum Theil fortgepflanzt werden.

### §. 33. Atmosphärischer Magnetismus <sup>1)</sup>.

2847. Es scheint mir unmöglich zu seyn, dafs die Atmosphäre zu zwei Neunteln ihres Gewichts aus einem sehr

1) In den *Philosoph. Transact. f. 1827 p. 308* steht ein sehr wichtiger Aufsatz vom Professor Christie: *On the Theory of the Diurnal Variation of the Magnetic Needle*. Geleitet durch Seebeck's Entdeckung des Thermomagnetismus und Cumming's Versuche, wurde er zu untersuchen veranlafst, wie weit die Idee von Thermoströmen oder von einer thermomagnetischen Polarität auf die Natur-Erscheinungen anwendbar sey, und kam zu dem Schluß (p. 327), dafs in der Annahme, die Erde und die Atmosphäre bestehe aus Substanzen, in welchen unter Umständen eine solche Wirkung stattfinden könne, diese Versuche beweisen würden, dafs jeder Theil der Erde, der von pa-

magnetischen Körper bestehe, der durch vermöge des täglichen und jährlichen Laufs der Sonne bewirkte Tempera-

*rallelen Ebenen mit der umgebenden Atmosphäre begränzt wäre, ähnlich polarisirt werden würde, sobald ein Theil mehr als der andere erwärmt worden. So würden wir, wenn man bloß die Aequatorialregionen der Erde betrachtete, zwei Magnetpole an der Nordseite, und zwei ähnlich gelagerte an der Südseite haben, wobei die ungleichnamigen Pole einander an den entgegengesetzten Seiten des Aequators gegenüberständen.*

Ich muß die Leser meiner Abhandlung verweisen auf eine von A. de la Rive aufgestellte Theorie der Ursache der täglichen Variationen, die auf die Idee von thermo-elektrischen Strömen in der Atmosphäre und der Erde gegründet ist. Sie findet sich in den *Ann. de chim. et de phys* 1849 T. XXV. p. 310, unter dem Titel: *Sur les variations diurnes de l'aiguille aimantée et sur les aurores boréales.*

Einer meiner Freunde hat mich kürzlich aufmerksam gemacht auf eine Bemerkung von Hrn. E. Becquerel, die mit dem vorliegenden Gegenstand in Beziehung steht und folgendermaßen lautet: »*Si l'on réfléchit, que la terre est entourée d'une masse d'air équivalant au poids d'une couche de mercure de 76 centimètres, on peut se demander si une pareille masse de gaz magnétique, continuellement agitée, et soumise à des variations régulières et irrégulières de pression et de température n'intervient pas dans quelques-uns des phénomènes dependant du magnétisme terrestre. Si l'on calcule en effect, quelle est la puissance magnétique de cette masse fluide, on trouve qu'elle équivaut à une immense lame de fer, d'une épaisseur d'un peu plus de 0,1 millimètre de diamètre et qui couvrirait la surface totale de la globe*«. Diese Stelle findet sich in den *Ann. de chim. et de phys.* 1850 (Vol. XXVIII. p. 341 und 342), in einer vortrefflichen Abhandlung, in welcher der Verf. die von mir vor fünf Jahren entwickelten (*Experiment. Research* 2357. 2361. 2406. 2414) Differentialwirkungen verschiedener Gase gut ausgearbeitet hat. Durch solche Mittel hat er den Magnetismus des Sauerstoffs wieder entdeckt und dessen Kraft gemessen, offenbar unbekannt mit der Untersuchung, die ich über diese Substanz, in Bezug auf Stickstoff und andere Gase drei Jahre früher gab in einem Briefe, der im *Phil. Mag.* 1847 Vol. XXXI. p. 401, in Poggendorff's Annalen (Bd. LXXIII. S. 256) und anderswo veröffentlicht ist. Ich darf mich nicht darüber wundern, da ich selbst Hrn. E. Becquerel's Aufsatz erst ganz kürzlich kennen lernte. In meinem Briefe von 1847 spreche ich von Sauerstoff als magnetisch in gemeiner Luft (p. 410), in Kohlensäure (p. 414), in Steinkohlengas (p. 415) und in Wasserstoff (p. 415), worin sein Magnetismus seinem Gewichte gleich sey. Ich sage, daß die Luft ihren Ort dem darin enthaltenen Sauerstoff



tur- und Dichtigkeitsänderungen (2780) großen Veränderungen in seinem Magnetismus ausgesetzt ist, ohne daß er nicht zugleich mit der Anordnung der Magnetkraft auf der Erdoberfläche zusammenhänge (2796) und somit vielleicht eine Erklärung liefere von einem großen Theil der jährlichen, täglichen und auf kurze Zeit eintretenden unregelmäßigen Variationen, welche in dieser Kraft vorkommen. Ich kann nicht behaupten, diese große Frage mit vieler Einsicht zu behandeln, da ich von den Arbeiten v. Humboldt's, Hansteen's, Arago's, Gauß's, Sabine's und anderer ausgezeichneten Physiker im Gebiete des tellurischen Magnetismus sehr wenig specielle Kenntniß besitze. Allein da es mein Loos gewesen ist, gewisse fundamentale Thatsachen in die Physik einzuführen, und ich natürlich über die allgemeinen Principien ihrer Relationen zu den magnetischen Wirkungen der Atmosphäre viel nachgedacht habe, so mag es mir erlaubt seyn, diese Principien hinzustellen, so gut ich es vermag. Sind die Principien richtig, so werden sie bald ihre specielle Anwendung finden auf die an verschiedenen Orten der Erde vorkommenden magnetischen Erscheinungen.

2848. Die Erde erweist sich uns als einen sphärischen Körper, bestehend aus paramagnetischen und diamagnetischen Körpern, die nicht allein gegen das Land und den Ocean sondern auch in ihren kleineren Theilen sehr unregelmäßig angeordnet und vermengt sind. Dessenungeachtet ist sie als Ganzes ein Magnet, und, so viel wir bis jetzt wissen, ein Magnet von ursprünglicher Kraft. Wir können zwar bis jetzt nicht einsehen, daß alle Theile des Erdkörpers zu dessen Magnetismus beitragen, da viele von ihnen diamagnetisch und viele auch Nichtleiter elektrischer Ströme sind,

und Stickstoff verdanke (p. 416) und versuche diese Bestandtheile durch Anziehung des Sauerstoffs und Abstossung des Stickstoffs zu trennen. Am Ende des Aufsatzes stehe ich an zu entscheiden, wohin der wahre Nullpunkt zwischen magnetischen und diamagnetischen Körpern zu legen sey, und verweise auf die Atmosphäre als dem magnetischen Einfluß der Erde unterworfen. Es waren diese früheren Resultate, welche mich zu den gegenwärtigen Untersuchungen führten. — 1850 Nov. 28

aber dennoch läßt sich schwerlich sagen, daß irgend ein größerer Theil nicht zur Erzeugung der Kraft mitwirke. Vielleicht ist es späterhin nothwendig gewisse Theile als bloße Leiter, d. h. als Theile, die von anderswo entspringenden Kraftlinien bloß durchdrungen werden, zu betrachten, allein für jetzt kann das Ganze, gemäß der Theorie von Gaußs, als ein mächtiger zusammengesetzter Magnet angesehen werden.

2849. Die Magnetkraft dieses großen Systems ist mit einem gewissen Grade von Regelmäßigkeit angeordnet. Wir haben nur Gelegenheit es zu erkennen, wie es sich in einer Fläche zeigt, welche von sehr unregelmäßiger Gestalt und für uns immer dieselbe ist; denn wir können, wenn überhaupt, nur wenig zu ihr hinausgehen, und, wenn es geschieht, wie in einem Luftballon, nur in unbedeutendem Maasse. Diefs ist die Erdoberfläche des Landes und des Wassers unseres Planeten. Die in oder durch diese Fläche gehenden Magnetkraftlinien werden uns, ihrer Richtung und Intensität nach, durch ihre Wirkung auf kleine Magnetstäbe gegeben; allein ihren durchschnittlichen Lauf oder ihre temporäre Veränderungen *darunter* und *darüber*, im Innern der Erde und oben in der Luft, werden durch die Variationen der Kraft an der Erdoberfläche nur dunkel angezeigt, und wir erfahren dadurch nicht, ob die Ursache derselben oben oder unten liege.

2850. Die Kraftlinien gehen von der Erde in den nördlichen und südlichen Theilen mit verschiedenen Graden der Neigung aus und verbreiten sich über die aequatorialen Theile. Ihre allgemeine Anordnung ist so, wie auf einer Kugel, die im Innern einen oder zwei kurze Magnete in gehöriger Stellung gegen die Axe besitzt. Aus der Analogie einer solchen Kugel mit der Erde hat man Grund zu glauben, daß die von letzterer ausgehenden Magnetkraftlinien wieder zu ihr zurückkehren; allein ihre geschlossenen Bahnen (*circuitous course*) mögen sich durch einen Raum von vielen Erddurchmessern oder Tausenden von Meilen erstrecken. Gay-Lussac und Biot nahmen

auf ihrer Luftfahrt, in der Höhe von etwa vier (engl.) Meilen, eine Anzeige von Abnahme in der magnetischen Intensität gewahr; allein wir werden bald sehen, daß sie sich inmitten von Einflüssen befanden, die diesen Effect hinreichend erklären, so daß nichts davon durch die Entfernung von der Erde, als Magnet, veranlaßt wurde. Die Zunahme der magnetischen Intensität von dem Aequator nach den Polen hin, stimmt mit der Idee von einer ungeheuren Erstreckung dieser Kraft.

2851. Diese Linien durchdringen den Raum mit einem gewissen Grade von Leichtigkeit, von welchem man sich auf gewöhnlichem Wege (*from ordinary knowledge*) oder aus früheren Versuchen und Beobachtungen eine allgemeine Idee verschaffen kann (2787). Ob es Umstände gebe, welche ihren Durchgang durch den bloßen Raum afficiren und so ihre Beschaffenheit ändern, ob Veränderungen in der sogenannten Temperatur des Raums, wo sie vorkommen, den Durchgang des magnetischen Einflusses ändern, sind Fragen, die sich bisjetzt noch nicht beantworten lassen, obgleich die letztere nicht ganz außer dem Bereich des Versuchs zu liegen scheint.

2852. Dieser Weltraum bildet den großen Abgrund in welchen die von der Erde ausgehenden und mit unseren Beobachtungswerkzeugen erkennbaren Kraftlinien sich verlaufen, wenigstens überall dort, wo die magnetische Neigung beträchtlich ist; allein zwischen der Erde und diesem Raum liegt die Atmosphäre, die, wie bedeutend wir auch ihre Höhe schätzen wollen, doch, verglichen mit der Größe der Erde und der Ausdehnung des von Kraftlinien durchdrungenen Weltraums, so klein ist, daß die Annahme sie sey ein veränderliches Zwischenglied zwischen zwei ausgedehnten Systemen von standfesterer Natur nicht zu einem ernstlichen Irrthum führen kann. Auf dem Boden dieser Atmosphäre ist es, wo wir leben und alle unsere Beobachtungen und Versuche anstellen.

2853. Die Atmosphäre besteht, so weit es hier darauf ankommt, aus vier Volumen Stickstoff und einem Volume

Sauerstoff oder, dem Gewichte nach, aus viertelb Theilen des ersten und einem Theile des letzteren. Die Substanzen sich nahezu gleichförmig durch einander gemischt, so dafs sie, rücksichtlich der Weise wie sie die Erde umhüllen, magnetisch als ein einfaches Mittel wirken; auch scheint in den magnetischen Kräften keine Tendenz zu liegen, sie von einander zu trennen<sup>1)</sup>, obgleich sie in ihrem Verhalten zu diesen Kräften sehr von einander abweichen.

2854. Der *Stickstoff* der Luft scheint weder paramagnetisch noch diamagnetisch zu seyn; liegt er nicht auf dem Nullpunkt, so ist er doch, diess- oder jenseits, nur wenig von demselben entfernt (2783. 2784). So weit die bisherigen Versuche reichen hat er, dicht oder locker, dieselbe Relation zum Raum. Und was das andere Element zur Veränderung, die Temperatur, betrifft, so schlofs ich früher aus unvollkommenen Versuchen<sup>2)</sup>, dafs er, bei Erhitzung, stärker diamagnetisch werde; allein da er damals mit dem Sauerstoff der Luft vermischt war, so habe ich für den gegenwärtigen Zweck die Versuche sorgfältiger wiederholt.

2855. Ein kleiner Schraubendraht von Platin, befestigt an den Enden von dickeren Kupferdrähten, konnten zwischen den Polen des grofsen Elektromagnets in jede Lage gebracht und dann mittelst einer Volta'schen Batterie ins Glühen versetzt werden, um Gase in seiner Umgebung dadurch zu erwärmen. Die Magnetpole endeten in Halbkugeln von weichem Eisen und 0,76 Zoll im Durchmesser; sie standen 0,2 Zoll aus einander und waren mit einer Glasglocke bedeckt, die auf einer dicken Unterlage von geschwefeltem Kautschuk ruhte. Durch diese Unterlage bis zur Wölbung der Glocke hinauf, ging eine Röhre, durch welche jedes erforderliche Gas eingeführt werden konnte. Ein sehr dünnes Glimmerblatt, etwa drei Zoll im Quadrat, war auf der oberen Seite mit einer sehr dünnen

1) *Philosoph. Magazine* 1847, T. XXXI. p. 416. (Ann. Bd. LXXIII, S. 279.)

2) *Ibid* p. 418. (Ann. Bd. LXXIII. S. 281.)

Lage Wachs überzogen, und innerhalb der Glocke horizontal über den Magnetpolen befestigt. Die kleine Platinschraube war so angebracht, daß sie sich unter dem Raum zwischen den Polen befand, etwas seitwärts der axialen Linie, so daß der von ihr aufsteigende heiße Luftstrom zu dem Glimmerblatt gelangen und durch das Schmelzen des Wachses anzeigen konnte, wo er dieses Blatt berührte.

2856. Alles ging vortrefflich, so wie *Luft* in der Glocke, war. Bei Abwesenheit der Magnetkraft stieg die heiße Luft senkrecht vom Platindraht in die Höhe und schmolz einen scharfen runden Fleck von Wachs fort, der die Stelle des Stromes anzeigte. Allein so wie der Magnet in Thätigkeit versetzt war, blieb das Wachs auf dem Glimmer unverändert, indem die heiße Luft so weit von der axialen Linie entfernt und durch Vermischung mit der benachbarten Luft so stark abgekühlt ward, daß sie nirgends einen Wachsfleck zu schmelzen vermochte. So wie die Magnetkraft aufgehoben wurde, stieg die heiße Luftsäule wieder vertical in die Höhe und nahm ihre ursprüngliche Lage an.

2857. *Kohlensäuregas* wurde nun in die Glocke geleitet, bis das Doppelte von dem, was die Glocke faßte, durch die Röhre (2855) gegangen war; da es aber schwerer als die gemeine Luft ist und diese nur am Boden der Glocke hinausgeleitet werden konnte, so blieb ohne Zweifel ein Theil derselben dem Gase beigemischt. Bei Erhitzung des Platindrahts stieg die Säule des heißen Gases senkrecht in die Höhe, wie zuvor, allein nach Erregung der Magnetkraft, wich sie von der axialen Linie ab, ging aequatorial, und schmolz das Wachs einen halben Zoll vom früheren Orte entfernt. Befürchtend, daß selbst diese Wirkung von der dem Gase beigemischten Luft herrühren möchte, wurden andere zwei Volume des Gases in und durch das Gefäß geleitet. Jetzt bewirkte die Magnetkraft eine viel geringere Ablenkung der aufsteigenden Säule. Als nochmals zwei Volume Gas hindurch geleitet wurden, stieg die heiße Säule so nahe senkrecht in die Höhe, daß bei

voller Wirksamkeit des Magnets und bei gänzlicher Abwesenheit derselben kaum ein Unterschied ihres Ortes merklich war. Daraus schliesse ich, daß das diamagnetische Verhalten der Kohlensäure durch den Unterschied zwischen gewöhnlicher Temperatur und voller Rothglühhitze sehr wenig verändert wird.

2858. *Stickstoff*. — Dieses Gas, bereitet durch langsames Hinüberleiten von gemeiner Luft über brennendem Phosphor und nachheriges zwölf- bis vierzehnstündiges Waschen, wurde nun in die Glocke geleitet, um die Kohlensäure auszutreiben. Da es leichter als letztere ist, so bewirkt es diesen Dienst sehr gut, und wahrscheinlich enthielt das im Gefäß zurückbleibende nicht mehr Sauerstoff oder Luft als es mit sich führte. Dieser Stickstoff, alsdann durch den Platindraht erhitzt, zeigte sich so indifferent gegen den Magnet als die Kohlensäure. Die erhitzte Säule erhob sich (beinahe) gegen dieselbe Stelle des Glimmers, die Magnetkraft mochte wirksam seyn oder nicht. Zwar ging sie bei Wirksamkeit des Magnets ein wenig auswärts oder aequatorial, allein ich schreibe dies einer geringen noch beim Stickstoff gebliebenen Menge Sauerstoff zu; und in der That wies Salpetergas auch etwas Sauerstoff in dem Stickstoff nach. Der Platindraht ward nun so stark erhitzt, als es ohne Schmelzen desselben geschehen konnte, aber dennoch war nur diese kleine Wirkung sichtbar. Daraus schliesse ich, daß heißer Stickstoff nicht diamagnetischer ist als kalter, und in der That wird sein magnetisches Verhalten durch einen solchen Temperaturunterschied auch gar nicht verändert.

2859. Ich hob die Glasglocke (2855) momentan auf und setzte sie sogleich wieder nieder; und als ich jetzt den Magnet wirksam und den Platindraht heiß machte, erfolgte eine solche Dispersion des Gases, daß der geschmolzene Wachsleck fast einen Zoll von seinem normalen Ort nach außen lag; und doch hatte nur eine sehr kleine Portion Sauerstoff oder Luft in das Gefäß eindringen können.

2860. Der Stickstoff der Luft ist deshalb, in Bezug

auf Magnetkraft, ein sehr indifferenter Körper; er scheint weder para- noch diamagnetisch zu seyn, zeigt auch keinen Unterschied in seinem Verhalten, er mag dicht oder locker, heiß oder kalt seyn. Früher fand ich, daß diamagnetische Metalle bei Erbitzung ihr Verhalten zum Magnet nicht zu ändern scheinen (2397), und das scheint auch bei solchen neutralen oder diamagnetischen Körpern wie Stickstoff und Kohlensäure der Fall zu seyn.

2861. Der *Sauerstoff* der Luft weicht vom Stickgas in sehr außerordentlichem Grade ab. Er ist höchst paramagnetisch, bei gleichem Volum so stark wie eine Lösung, die das 17fache Gewicht des Sauerstoffs an Eisenvitriol enthält (2794). Er wird bei unverändertem Volum (2780) weniger magnetisch so wie er verdünnt wird, anscheinend im einfachen Verhältniß zur Verdünnung, wenn die Temperatur dieselbe bleibt. Steigert man seine Temperatur und läßt es dabei sich ausdehnen <sup>1)</sup>, so verliert es einen großen Theil seiner paramagnetischen Kraft; und aus einem früheren Versuch mit Luft <sup>2)</sup> hat man hinreichenden Grund zu schließeln, daß, bei Erniedrigung der Temperatur, seine paramagnetische Kraft zunehme. Wie stark seine paramagnetische Intensität zunehme bei einer Erkältung bis zur Gefriertemperatur des Quecksilbers, wie sie an den Polen der Erde herrscht, läßt sich für jetzt nicht sagen. Indes ist ein Gas innerhalb der Temperatur, welche seine magnetischen Kräfte afficirt, anscheinend einem starren Metalle, Eisen, Kobalt, Nickel gleich, und es mag daher beim Erkalten sehr magnetisch werden.

2862. Diefes Verhalten bewahrt er bei der Vermischung mit Stickstoff in der Luft, so lange als seine physischen und chemischen Zustände unverändert bleiben; aber jede Operation, durch welche dieser wirksame Theil der Atmosphäre in seiner Natur verändert oder zu Verbindungen genöthigt wird, mögen diese starr, flüssig oder gasig seyn, nimmt ihm seinen paramagnetischen Charakter.

1) *Phil. Mag.* 1847 *Vol. XXXI.* p. 417. (Ann. Bd. LXXIII. S. 280.)

2) *Ibid.* p. 406. (Ann. Bd. LXXIII. S. 264.)

2863. Daher ist denn die Atmosphäre, in gewöhnlichem Sinn, ein höchst magnetisches Medium. Die auf jedem Quadratfuß der Erdoberfläche ruhende Luft ist an Magnetkraft aequivalent mit 8160 Pfund krystallisirten Eisenvitriols (2794. 2861). Bei jeder Veränderung seiner Dichte, mag sie barometrischer oder thermometrischer Art seyn, ändert dieß Medium seyn magnetisches Verhalten. Ueberdieß übt jede Temperaturvariation auscheinend ihren eigenen Einfluß in Zusatz zu dem aus, welchen eine bloße Volumsveränderung bewirkt, und keine dieser Veränderungen kann sich zutragen, ohne nicht die Magnetkraft der Erde zu afficiren, und in deren Richtung und Intensität auf der Erdoberfläche Variationen hervorzurufen. Ob diese Veränderungen in gerader Richtung geschehen und in Quantität hinreichend seyen, um eine Ursache der Variationen der erdmagnetischen Kraft bilden zu können, ist eine Frage, zu deren Erläuterung ich zunächst einen Typus-Fall aufstellen will, um diesen dann, so gut ich kann, auf die wirklichen Fälle anzuwenden.

2864. Angenommen, es gebe zwei Luftkugeln, die von der umgebenden Atmosphäre durch einen Temperatur- oder einen Dichtigkeitsunterschied verschieden seyen. Diese Annahme ist nicht zu extravagant für eine Erläuterung, da Prout gezeigt hat, daß in der Atmosphäre größere oder kleinere Luftmassen herumschwimmen, die durch Temperatur und andere Umstände auffallend von den umgebenden Theilen verschieden sind. Um die Sache nicht zu compliren, wollen wir für jetzt die Verdünnung nach oben außer Acht lassen, und die eine dieser Kugeln als *kälter* oder *dichter* als die benachbarten Theile betrachten, und zwar in einem Theile des Raumes, welcher, ohne sie, ein Feld von überall gleicher Magnetkraft darböte, d. b. von parallelen Linien gleicher Kraftstärke durchschnitten wäre.

2865. Die Luft einer solchen Kugel wird die Fortpflanzung der Magnetkraft durch den von ihr eingenommenen Raum *erleichtern* (2807), so daß durch diesen Raum mehr Kraftlinien gehen als durch einen gleich großen in



der umgebenden Atmosphäre (2809). Die Anordnung dieser Linien, bezüglich auf die magnetische Inclination an dem Ort, wird einigermaßen der in Fig. 22 Taf. I. gleichen (2874) und folglich die Kugel polarisirt seyn als ein Leiter (2821. 2822) der paramagnetischen Klasse. Folglich wird sowohl die Stärke als die Richtung der Magnetkraft nicht allein innerhalb, sondern auch außerhalb der Kugel variiren, und zwar an verschiedenen Orten in entgegengesetzten Richtungen, unter Einfluß von Gesetzen, die ganz regelmäfsig und wohl bekannt sind.

2866. Betrachten wir zunächst die *Intensität*, welche zuvor gleichförmig war (2764). Sieht man die Intensität als den Ausdruck der Kraftmenge (*amount of force*) an, die durch einen gegebenen Ort geht, dann wird, vermöge der bestimmten Kraftmenge (*amount of power*), welche zu jedem Querschnitt *aa* einer gegebenen Menge von Kraftlinien gehört (2809), eine Concentration dieser Linien, gegen die Mitte *P* hin, bewirken, dafs an dem Theile eine Erhöhung der Intensität, und am anderen Theile, wie *bb*, von dem der Einfluß der Kraft entfernt worden ist, eine Schwächung derselben eintritt. Nimmt man also an, der normale Zustand existire bei *a*, so wird man, wenn man mit einem Intensitäts-Anzeiger von *a* nach *P* fortgeht, allmählig an Stellen *b* und *c* gelangen, wo die Intensität geringer als die normale ist, und diese Stellen können entweder innerhalb oder außerhalb der Kugel *P* liegen, einzeln oder beide (je nach ihrer Temperatur zur umgebenden Luft, nach ihrer Gröfse und anderen Umständen). Weiterhin wird man Stellen von normaler Intensität antreffen, und noch weiter, bei *P*, Stellen von gröfserer Intensität als der umgebende Raum auswärts; an der entgegengesetzten Seite von *P* würde man entsprechende Variationen in umgekehrter Ordnung antreffen.

2867. Geht man mit dem Intensitäts-Anzeiger aufwärts, in Richtung der magnetischen Neigung, von *e* aus, wo die Intensität als normal betrachtet seyn mag, so kommt man an die Orte *g*, *f*, etc. wo die Intensität zunimmt, bis man *P*

erreicht hat, von wo ab dieselbe wieder schwächer wird bis man zu  $p$  gelangt, wo man wieder die normale antrifft. Bleibt man beim Hinaufgehen nicht auf der *Linie der magnetischen Neigung*, dann wird man natürlich Variationen wie die auf der Linie  $aP$  durchkreuzen, die an Ausdehnung zunehmen bis die Richtung zusammenfällt mit der gegen die Inclination rechtwinklichen Linie  $aP$ , auf der sie ein Maximum sind. In unseren Breiten, wo die Neigung fast  $70^\circ$  ist, und unter dem Aequator, wo sie  $0^\circ$  ist, sich durch eine solche kalte Luftkugel erheben, sind also zwei sehr verschiedene Dinge, und dienothwendigen Resultate eines solchen Unterschiedes sollen späterhin nachgewiesen werden.

2868. Allein eine Magnetonadel oder ein Magnetstab ist kein solcher Intensitäts-Anzeiger d. h. er lehrt uns diese Unterschiede entweder nicht oder in umgekehrter Weise kennen. Um dies zu verstehen, muß man erwägen, daß eine Magnetonadel schwingt, indem sie, vermöge ihrer magnetischen Beschaffenheit und Polarität, eine gewisse Menge von Kraftlinien auf sich häuft, welche sonst den umgebenden Raum durchdrungen haben würden; und angenommen, sie erleide durch Temperaturwechsel keine Veränderung, wird sie im Verhältniß zu den Intensitätsvariationen dieser Linien afficirt werden, sobald alles übrige gleich bleibt. Allein da sie unter den natürlichen Umständen umgeben ist von der Atmosphäre, einem Medium, welches sowohl durch Wärme als durch Verdünnung Variationen in seiner magnetischen Beschaffenheit unterliegt, und durch diese Variationen die Intensität und Quantität der Kraft afficirt, so werden ihre Anzeigen ebenfalls variiren. Wäre sie z. B. in einer großen Kugel von Sauerstoff, so wird sie durch ihre Schwingungen oder sonst wie eine gewisse Intensität anzeigen. Wird der Sauerstoff verdünnt, so erwarte ich, wird sie eine höhere Intensität anzeigen, obwohl dieselbe Menge von Kraftlinien (*lines of force and magnetic energy*) durch den Sauerstoff gehen als zuvor. Verdichtet man den Sauerstoff, so wird er ein besserer

Leiter, und ich vermuthe, dafs er dann *mehr*, und der Magnet *weniger* Kraft fortführt (*convey onwards*), denn die Kraft würde theilweis von dem unveränderten Magnet auf den verbesserten Leiter der Umgebung übertragen werden.

2869. Mit Sauerstoff können diese Versuche schwerlich anders als mittelst höchst empfindlicher Apparate angestellt werden, aber ähnliche Effecte lassen sich an anderen analogen Fällen experimentell nachweisen. Sey z. B. eine kleine Flintglasröhre von 1 Zoll Länge und 0,5 Zoll im Durchmesser mit gesättigter Eisenvitriollösung gefüllt und mittelst Kokonfäden (2279) horizontal zwischen den Polen eines Elektromagnets aufgehängt, in einem Gefäfse, welches Luft, Wasser oder ein anderes Medium (2406) enthalten mag. In Luft wird sie sich mit einer gewissen Kraft axial stellen und sich wie eine Magnetnadel unter dem Einflufs der Erde verhalten. In Wasser, obwohl es ein schlechterer magnetischer Leiter als die Luft ist, wird sie sich mit gröfserer Kraft einstellen; und gerade weil das Wasser ein sehr schlechter Leiter ist, zeigt der flüssige Magnet eine gröfsere Kraft an. Erhöht man nun das Leitvermögen des umgebenden Mediums durch Zusatz von Eisenvitriol, so verringert sich die Intensitäts-Anzeige der Röhre; sie zeigt erst die frühere Intensität in der Luft an und dann eine geringere, denn sie kehrt mit immer geringerer Kraft in ihre axiale Lage zurück, wenn sie aus derselben abgelenkt wird. So zeigt denn die zum Messen der Intensität oder Magnetkraft (denn für jetzt verstehe ich unter beiden Worten dasselbe) angewandte Magnetnadel gewissermassen die auf sie selbst geworfene Kraft an und zwar, wie ich schliesse, genau, sobald der magnetische Zustand des umgebenden Mediums unverändert bleibt; allein wenn sie in ein anderes oder veränderndes Medium gebracht wird, so erwarte ich, dafs sie nicht genau die Intensität in demselben, d. h. nicht direct die relativ durch dasselbe gehende Kraftmenge, messen werde. In Luft wird der Unterschied unter verschiedenen Umständen sehr klein seyn; allein gerade dieser Unterschied kommt beim

*atmosphärischen Magnetismus* in Betracht, und es ist sehr wichtig zu wissen, ob, wenn der Magnet eine erhöhte Intensität anzeigt, diese gänzlich von einer wirklichen Verstärkung der Kraft an ihrer Quelle im Erdkörper herrühre oder zum Theil von einer Veränderung der uns bisher unbekanntten Beschaffenheit des den Magnet umgebenden Raums.

2870. Unterscheiden wir an dem, was oft unterschiedlos Magnetkraft oder Intensität genannt ist, die *Quantität* von der *Spannung* (*tension*), so werden wir die Sache leichter begreifen. Für jetzt zeigt eine Magnetnadel uns beide als Magnetkraft, keinen Unterschied unter ihnen machend; allein die Effecte derselben auf die Nadel sind oft entgegengesetzten Sinns. Bei ihrer Zu- oder Abnahme afficiren sich freilich die Nadeln gleich; allein es wird angenommen, dafs die Spannung bei gleichbleibender Quantität und die Quantität bei gleichbleibender Spannung sich ändern kann, und dann werden die Angaben der Nadel unsicher. Wächst die Spannung in einer gegebenen Region durch Verminderung des Leitvermögens, so wird die Nadel eine *erhöhte Kraft* anzeigen; wächst sie durch Zunahme der Magnetkraft in der Erde, vermöge eines inneren Vorgangs, so wird die Nadel ebenfalls eine *erhöhte Kraft* anzeigen, und diesen Effect nicht von dem früheren unterscheiden. Vermehrt sich die Quantität in einer Gegend durch Verbesserung des Leitvermögens, so wird die Nadel keine Zunahme anzeigen; im Gegentheil wird sie eine *Abnahme* der Kraft anzeigen, weil die Spannung verringert ist, oder, wenn die Quantität durch Verringerung des Leitvermögens abgenommen hat, wird sie eine *Zunahme* der Kraft anzeigen. Die Kraft könnte selbst in solchem Verhältnisse an Quantität verlieren und an Spannung gewinnen, oder umgekehrt, dafs die Nadel durchaus keine Veränderung zeigte.

2871. Wenn meine Ansicht richtig ist, so ist der Magnet, wie er bisjetzt angewandt wird, kein vollkommener Messer der erdmagnetischen Kraft, denn diese kann un-

verändert bleiben, wenn der Magnet durch den Einfluss der verschiedenen Zustände des Tages und der Nacht, des Sommers und des Winters, eine Veränderung angeht. Wie weit diese Unsicherheiten in ihren Angaben den Werth der über die horizontalen und verticalen Componenten der erdmagnetischen Kraft gemachten Beobachtungen, als Anzeigen desjenigen, was man von ihnen zu lernen erwartete, afficiren, weis ich nicht; allein da diese Angaben zwei sehr verschiedene Dinge einschliessen, nämlich Veränderung des Leitvermögens und Veränderung der Kraft an ihrer Quelle, von denen die eine ihren Sitz hauptsächlich in der Atmosphäre und die andere in der Erde hat, so scheint es mir von grossen Folgen für die Entwicklung der Theorie des Erdmagnetismus zu seyn, dass man, wo möglich, eine Methode habe, um diese beiden Elemente von einander zu unterscheiden.

2872. Wieder zu dem Beispiel der Kugel (Fig. 22 Taf. I.) (2874) zurückgehend, so scheint mir, dass ein Magnet, als Intensitäts-Anzeiger gebraucht, bei *P* eher eine kleinere als grössere Intensität anzeigen werde, und zwar, weil das Leitvermögen der ganzen Kugel zugenommen hat. Dasselbe wird er, obgleich die scheinbare Abnahme der Intensität hier wahrscheinlich grösser als anderswo ist, an anderen Orten thun, besonders an denen rechts und links, und selbst bei *b* und *b*, wo die durchgelassene Kraft, statt mehr als bei *P* zu betragen, in der That weniger beträgt als in dem normalen oder gleichmässigen Zustand des Magnetfeldes. Eine diamagnetische Luftkugel, d. h. eine wärmere oder verdünntere als der umgebende Raum (2877), ungeachtet sie, als schlechter Leiter, weniger Kraft fortführt, würde bewirken, dass der Magnet sich mit grösserer Kraft einstellte und somit eine erhöhte Intensität anzeigte, er mag sich nun innerhalb oder aequatorial ausserhalb der Kugel befinden.

2873. Wenn es wahr ist, dass die Veränderungen des Mediums (2869) auf den Magnet einwirken, und diese Veränderungen zu einem merklichen Grade in den Gasen ein-

einzutreten vermögen, so könnte ein Magnet in Sauerstoff und in Stickstoff, bei gleicher Dichtigkeit beider Gase, eine verschiedene Zahl von Schwingungen in derselben Zeit machen, denn diese Gase sind in ihrem magnetischen Verhalten sehr verschieden. Im Stickstoff würde er die grössere Anzahl machen. Vielleicht wäre eine feine Torsionswaage eine empfindlichere Anzeigerinn davon; allein wahrscheinlich müßte der Raum um die Nadel sehr groß seyn, und es wäre auch nöthig sich zu versichern, daß die beiden Media der schwingenden Nadel einen gleichen mechanischen Widerstand entgegensezten.

2874. Auf die *Richtung* der Kraft könnte die Kugel (2864) schief gegen die Horizontal- und Vertical-Ebene einwirken und somit die Declination und die Inclination ändern, einzeln oder zusammen. In einer centralen Linie, parallel der allgemeinen Inclination im umgebenden Raume (Fig. 22 Taf. I.), würde sich die Richtung nicht ändern. Längs einer anderen, auf dieser Linie winkelrecht d. h. aequatorial liegenden Linie  $aP$  würde sich auch die Richtung nicht ändern, wohl aber in allen übrigen. So z. B., wenn auf der Linie  $ir$  die Nadel von  $i$  nach  $k$  käme, würde ihr unteres Ende einwärts, gegen die centrale Neigungslinie  $P$  geführt werden; dieser Effect würde, nachdem er, vielleicht bei  $l$ , sein Maximum erreicht hätte, allmählig wieder bei  $r$  zur normalen Neigung zurückgekehrt seyn. Aehnliche Erscheinungen würden jenseits der axialen Linie,  $pe$  vorkommen; und wenn man annähme, die Nadel würde in einem Kreise um die axiale Linie  $pe$  fortgeführt, so beschriebe sie einen Kegel, dessen Spitze nach unten läge.

2875. Betrachtet man andererseits die Veränderungen der Inclination unterhalb der Aequatorial-Ebene  $aP$ , so findet man sie dort von gleichem Betrage aber umgekehrter Richtung, so daß die Magnetnadel ihr oberes Ende einwärts oder gegen die axiale Linie  $pe$  kehrte und wenn man sie um die axiale Linie herumführte einen Kegel beschriebe, dessen Scheitel oben läge.

2876. So würde also in solcher Luftkugel die Neigung

in jedem Azimut variiren, und zwar an den unteren und oberen Theilen dieser Kugel und des benachbarten Raums in entgegengesetzten Richtungen.

2877. Nehmen wir als Vorbild eine andere Luftkugel (2864), eine von höherer Temperatur als die umgebende Atmosphäre, so haben wir einen diamagnetischen Leiter (Fig. 24 Taf. I.), welcher die Fähigkeit besitzt die Intensität und Richtung der Kraftlinien in umgekehrter Weise wie die frühere Kugel (Fig. 23) abzuändern. Was, in Folge ihres Einflusses auf die Richtung der Kraftlinien, die Wirkung dieser Kugeln auf eine in ihren Bereich kommende Magnetnadel betrifft, so kann sie zum Theil repräsentirt werden durch einen Magnet, der für die kalte Kugel gleiche, und für die warme Kugel entgegengesetzte Lage mit der Nadel hat. Allein da die Kraftlinien des combinirten Systems der Erde und eines solchen Magnets in ihrer Anordnung sehr verschieden sind von den Kraftlinien der Erde, wie sie durch die, bloße Leitungspolarität (2820) besitzenden, kalten und warmen Luftmassen afficirt werden, so würde es zuviel gesagt seyn, dafs sie einander entsprächen oder ihre Effecte auf Intensität und Richtung dieselben wären für gleichen Abstand vom Mittelpunkt der Luftkugel und des stellvertretenden Magnets.

(Schluss im nächsten Heft.)

## VI. Bemerkungen über einige physische Eigenschaften der Körper; von J. A. Groshans.

Ein Kubikcentimeter flüssigen Wassers bei 100° C. nimmt im Dampfzustande bei 100° C. und 0<sup>m</sup>,76 einen Raum von 1624 Kubikcentimetern ein. Die Dichtigkeit des flüssigen Wassers verhält sich also zu der des Wasserdampfs wie 1624 : 1.

Nennt man *Expansion* das Verhältniß der Dichtigkeiten eines selben Körpers im flüssigen und dampfförmigen Zu-

habe ich aufser Zwillingen einige Drillinge beobachtet; aber ihre unvollkommenen Flächen liessen nicht mit Sicherheit die Erkennung ihrer Zwillingssebene zu.

Vielleicht weisen später die chemischen Analysen die Analogie zwischen Olivin und Humit nach, welche man nach ihrer krystallographischen Aehnlichkeit voraussetzen mufs. Schliesslich verdient noch bemerkt zu werden, dafs Chrysoberyll (Cymophan) in seiner Krystallform dasselbe Verhalten wie Humit und Olivin zeigt, selbst die Art der Zwillingsbildung nicht ausgenommen.

---

## II. *Sechs und zwanzigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;* *von Michael Faraday.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Philosoph. Transact. f. 1851.*)

---

Fortsetzung von S. 146.

2878. **G**ehen wir von diesen hypothetischen und verhältnismässig einfachen Fällen zu den wirklichen über, so müssen wir erwägen, dafs die Intensität und Richtung der Magnetkraft an der Erdoberfläche zwar mit Temperatur- und Dichtigkeitsänderungen der Atmosphäre variiren mufs, aber doch in ganz anderer Weise als es bei der zum Vorbild genommenen Kugel geschehen würde. Indefs ist der Vergleich im Principe stichhaltig, und es steht zu erwarten, dafs, so wie uns die Sonne in Westen verlässt, ein Effect entsprechend dem der Annäherung einer kalten Luftmasse von Osten her erzeugt wird, dafs dieser erst zu-, dann abnimmt, und ihm eine Reihe anderer Effecte folgen, so wie die Sonne wieder aufgeht und warme Luft mit sich bringt.

2879. Die Atmosphäre nimmt nach oben an Dichtigkeit



ab, und diese Abnahme wird die Transmission der Magnetkraft afficiren, aber so lange sie constant ist, wird der durch sie erzeugte Effect ebenfalls constant seyn. Der Theil der Erde, welcher unter dem erwärmenden Einfluß der Sonne liegt, wird hinsichtlich seiner Dicke mehr einen um die Erde gewickelten Luftstreifen (*slice of air*) als einer Luftkugel ähneln. Indefs wird über oder unter dieser Schicht eine Ablenkung der Kraftlinien erfolgen, die sich oben bis in den Weltraum, und unten bis in die Erde erstreckt (2848), gemäß dem bekannten Einfluß der Magnetkraft und dem vollkommen bestimmten Charakter derselben (2809). Wir befinden uns auf dem Boden dieser Luftschicht; allein da die Atmosphäre hier dichter ist als höher hinauf, und auch in vielen Fällen hier mehr von Temperaturänderungen afficirt wird, so befinden wir uns wahrscheinlich in einer Lage, wo die von den vorausgesetzten Ursachen bewirkten Ablenkungen und Veränderungen in bedeutendem Maasse erfolgen.

2880. Es giebt unzählige Umstände, welche jede allgemeine und regelmässige (*average*) Anordnung der Lufttemperatur mehr oder weniger stören (*break up*). So z. B. veranlaßt die Mannigfaltigkeit des Meeres und des Landes ungleiche Temperaturveränderungen zu verschiedenen Jahreszeiten, und wie weit dies geht, kann man aus Dove's schönen Isothermen-Karten ersehen, die glücklicherweise jetzt in England zu haben sind<sup>1)</sup>. Diese Variationen bewirken vermuthlich nicht bloß Unterschiede in der Regelmässigkeit, der Richtung und dem Grade der magnetischen Variation, sondern auch, wegen ihrer Nähe, Unterschiede, die mehrfach gröfser sind, als der mittlere Unterschied für eine gegebene kurze Periode, und so auch können sie Unregelmässigkeiten zu den Zeiten ihres Eintretens veranlassen.

2881. Beim Nachdenken über die wahrscheinlichen Resultate der magnetischen Action der Atmosphäre, scheint mir, dafs, wenn die erdmagnetische Kraft von allen periodischen und kleinen Störungen befreit, und für eine gege-

1) *Report of the British Association, 1848, Reports p. 85.*

bene Zeit beobachtet werden könnte, sie dennoch gewisse Effecte, die einen Theil des atmosphärischen Magnetismus ausmachen, einzuschließen vermöchte. So z. B. ist über einem gegebenen Stück der Erdoberfläche unter der Breite von  $24^{\circ}$  bis  $34^{\circ}$  mehr Luft, dem Gewichte nach, vorhanden als unter höheren Breiten oder unter dem Aequator, und das muß in der Anordnung der Kraftlinien einen Unterschied bewirken, welcher auch existirte, wenn Gleichheit in dieser Beziehung vorhanden, oder die Atmosphäre fort wäre. Ferner ist die Temperatur der Luft höher in den Aequatorialgegenden als in nördlichen oder südlichen Breiten; und da Temperatur-Erhöhung das Leitvermögen für Magnetismus vermindert, so muß der durch diese Regionen gehende Kraft-Antheil geringer, und der durch die kälteren gehende größer seyn, als im Fall die Luft über der ganzen Erdoberfläche eine gleiche mittlere Temperatur besäße oder die Luft fort wäre. Ferner ist die Schwankung der Lufttemperatur bei Erhebung unter dem Aequator größer als in anderen Gegenden, und folglich ist der untere Theil kein so guter Leiter im Verhältniß zum obern Theil oder dem Weltraum als anderswo, wo der Unterschied nicht so groß ist. Die Magnetkraft muß sich also daselbst einigermaßen geschwächt erweisen, die Kraftlinien müssen mehr oder weniger abgelenkt seyn, von der warmen Luft nach anderen Theilen hin, z. B. nach der kälteren Atmosphäre und dem Raume darüber oder nach der Erde darunter, gemäß den zuvor entwickelten Principien (2808. 2821. 2877.)

2882. Das Resultat der *jährlichen Variation*, welches sich von der magnetischen Beschaffenheit der Atmosphäre erwarten läßt, scheint mir folgender Art zu seyn. Angenommen, die Drehungsaxe stehe senkrecht auf der Ebene ihres Umlaufs um die Sonne, und abgesehen von anderen Ursachen der magnetischen Variation, als die von der Atmosphäre herrührenden, so würden die beiden Erdhälften und die sie bedeckenden Luftmassen in gleichem Grade

von der Sonne erwärmt werden, oder wenigstens in einen, von der Anordnung des Landes und Wassers abhängigen, relativ constanten Zustand kommen; und die Magnetkraftlinien, welche ihre Lage unter dem Einfluß der Hauptursachen (*great dominant causes*), worin diese auch bestehen mögen, angenommen hätten, würden durch eine von der Atmosphäre herrührende jährliche Aenderung nicht gestört werden, weil das tägliche Mittel des atmosphärischen Effects an einem gegebenen Ort für alle Theile des Jahres gleich seyn würde. Unter solchen Umständen könnte die Intensität und Richtung der Magnetkräfte als constant angesehen werden, vorausgesetzt, dafs, durch die Verschiedenheit des Abstandes der Erde, in verschiedenen Theilen ihrer Bahn, von der Sonne keine merkliche Veränderung hervorgebracht werden würde; und, was die beiden magnetischen Hemisphären betrifft, würden sie einander äquivalent oder gleich seyn, und als im mittleren oder normalen Zustand befindlich angesehen werden können.

2883. Allein da die Rotationsaxe der Erde um  $66^{\circ} 32'$  gegen die Ebene der Ekliptik neigt, so wird von den beiden Hemisphären abwechselnd die eine und die andere wärmer, und daraus entsteht eine Veränderung des magnetischen Zustandes. Die Luft der kälteren Hemisphäre wird den magnetischen Einfluß leichter leiten als in ihrem Mittelzustand und die Kraftlinien werden in gröfserer Menge durch sie hingehen; während in der anderen Hemisphäre die erwärmte Luft weniger gut leitet als zuvor und daraus eine Abnahme der Intensität erfolgt. Zu dieser Wirkung der Temperatur mufs noch eine andere hinzutreten, nämlich die der Vermehrung der Luft, als Folge ihrer Zusammenziehung in der kalten, und ihrer Ausdehnung in der warmen Hemisphäre; beide Umstände tragen dazu bei, die Abweichung der Kraft vom normalen Zustand in beiden Hemisphären zu vergrößern. So wie dann die Erde ihren jährlichen Umlauf um die Sonne vollbringt, wird zu einer Zeit die früher kalte Hemisphäre warm, und damit sinkt ihre magnetische Intensität eben so tief unter den Mittelwerth als

sie zuvor darüber stand, während in der andern Hemisphäre diese Intensität zunimmt.

2884. Da die Summe der Magnetkräfte, welche von der Erde an einer Seite des magnetischen Aequators ausgehen (*crop out*), entsprechen müssen der Summe einer gleichen Kraft an der andern Seite (2809), so kann diese in einer Hemisphäre nicht intensiver oder in der andern nicht schwächer werden, ohne dafs nicht eine entsprechende Contraction oder Expansion (*enlargement*) erfolgt. Es läfst sich daher erwarten, dafs die ringsum die Erde einschließende Linie ohne Neigung sich jedes Jahr abwechselnd nach Norden und nach Süden bewege, oder ein aequivalenter Effect stattfinde. Unter diesem Gesichtspunkt läfst sich der Zustand der beiden Hemisphären begreifen, wenn man annimmt, es finde zwischen ihnen eine jährliche Schwankung der Kraft hin und her statt, während welcher, obwohl weder der Charakter noch die allgemeine Anordnung der Kraft geändert wird, zur Zeit unseres Winters eine Concentration und Vergrößerung der Intensität in den nördlichen Theilen, neben einer Diffusion und Verringerung derselben in den südlichen stattfindet, und im Sommer das Umgekehrte.

2885. Hinsichtlich der *Richtung* lassen sich ebenfalls Veränderungen voraussehen. Angenommen, die magnetischen Pole der Erde fielen mit den geographischen zusammen, so würde zunächst die Neigung in der erkaltenden Halbkugel wachsen in den mittleren und polaren Theilen; allein gegen den magnetischen Aequator hin müfste sie abnehmen, um übereinzustimmen mit der Concentration der Halbkugel von stärkerer Kraft und der Dilatation (*enlargement*) der von schwächerer; wogegen auf der sich erwärmenden Halbkugel die Neigung an den polaren und mittleren Theilen ab-, und nach den magnetischen Aequator hin zunehmen müfste. Während jedes Jahrs würde sich der magnetische Aequator etwas nach Nord und Süd verschieben, zugleich mit dem ganzen System von Magnetlinien. Allein da die magnetischen Pole der Erde nicht zu-

sammenfallen mit den geographischen oder den Polen, welche die des Temperaturwechsels genannt werden könnten, so wird daraus eine Verschiedenheit der Richtung entspringen.

2886. Ferner kann seyn, dafs der Sauerstoff beim Erkalten seine parmagnetische Kraft in einem rascheren Verhältnifs verstärkt als die Temperatur abnimmt, und dafs so die Hauptveränderung in der Anordnung der erdmagnetischen Kraft im äufsersten Norden und Süden geschieht. Daraus kann, in Verbindung mit der einhaltenden Kraft (*holding power*) der Erde (2907), sogar die umgekehrte Veränderung von der entspringen, die vorhin in niederen Breiten erwartet wurde. Wenn in unserem Winter die Kraftlinien in den Polargegenden dicht zusammen, und in niedern Breiten weiter aus einander liegen, so ist dabei das Gleichgewicht (*balance*) der Magnetkraft eben so wohl erhalten, wie wenn in unserer Halbkugel *alle* Linien zusammengedrängt und verstärkt, und durch eine entsprechende Veränderung in der südlichen compensirt würden. Im ersten Fall würde jede Halbkugel ihre eigenen Kräfte aufwiegen, im letzteren würde die eine gegen die andere aufgewogen seyn. Es kann, glaube ich, keinem Zweifel unterliegen, dafs sofern die Masse der Erde und der Raum über unserer Atmosphäre in Bezug zur jährlichen und täglichen Variation unveränderlich sind, sie auch streben würden, jede nur vom Wechsel der Temperatur und des Luftzustandes abhängige Veränderung zu dämpfen (*restrain*), gleichsam die beiden Seiten der Veränderungen, die Zu- und Abnahme der Intensität, oder die Abweichung der Richtung nach rechts und links, näher zusammenzuhalten als sie sonst seyn würden.

2887. Angenommen ferner, das Ganze einer Halbkugel werde durch Temperaturveränderung *zugleich* in derselben Richtung afficirt, so wird sie doch *unter verschiedenen Breiten nicht gleich, sondern ungleich afficirt*, weil der Betrag dieser Veränderung verschieden seyn würde.

2888. Die Verschiedenheit von Land und Wasser (2880) wird ferner jede erwartete Gleichförmigkeit des allgemeinen Resultats aufheben, und bewirken, dafs auf der

erkaltenden Halbkugel gewisse Theile verhältnißmäßig mehr an Stärke zunehmen als andere; und wenn diese Theile auf entgegengesetzten Seiten des magnetischen Meridians eines gegebenen Ortes liegen, so werden sie wahrscheinlich im Stande seyn, die magnetische Declination an diesem Ort zu ändern.

2889. Da die jährlichen Temperaturveränderungen am Aequator geringer sind als in nördlicheren oder südlicheren Theilen, so wird dort vermuthlich eine nur kleine oder gar keine jährliche Variation eintreten, keine in der That durch Veränderung der Temperatur oder Dichtigkeit der Luft, sondern nur derjenige Theil, welcher aus den abwechselnden Veränderungen an den zu beiden Seiten liegenden Gegenden hervorgeht (2884).

2890. Noch ein anderer Effect, der sich als eine jährliche Variation betrachten läßt, aber mit der täglichen verknüpft ist, steht zu erwarten. Da die auf einen gegebenen Ort unter nördlichen oder südlichen Mittelbreiten einwirkenden täglichen Temperaturveränderungen der Atmosphäre im Sommer größer sind als im Winter, so läßt sich erwarten, daß die magnetischen Variationen einen entsprechenden Gang nehmen, in der nördlichen Halbkugel größer sind, wenn die Sonne nordwärts vom Aequator steht, und kleiner, wenn sie sich in der südlichen Halbkugel befindet, und dort entsprechende Veränderungen bewirkt.

2891. Aus einer höchst wichtigen, auf die Resultate der Beobachtungen zu Toronto und Hobarton gegründeten Untersuchung des Obersten Sabine <sup>1)</sup> geht hervor, daß auf beiden Halbkugeln die magnetische Intensität größer ist in denjenigen Monaten, die Winter in der nördlichen Halbkugel, und Sommer in der südlichen sind. Aehnliche Resultate von anderen Orten, an denen es sehr fehlt, würden zeigen, ob die verschiedene Anordnung von Land und Meer etwas mit dieser Frage zu thun habe, oder die Resultate

1) *On the means adopted for determining the Absolute Values, Secular Change, and Annual Variation of the Magnetic Force, Philosoph. Transact.* 1850, p. 201.

von Toronto und Hobarton als wahre Ausdrücke hemisphärischer Effecte zu betrachten seyen. Angenommen Toronto und Hobarton lieferten solche Ausdrücke, so ist die Neigung in beiden Halbkugeln grösser (d. h. die nördliche zu Toronto, und die südliche zu Hobarton) in denjenigen Monaten, die Winter in der nördlichen, und Sommer in der südlichen Halbkugel sind. Sehr wichtig wäre es, zu ermitteln, ob in den aequatorialen Theilen der Erde eine jährliche Variation der Neigung oder totalen Kraft stattfindet. Es wäre wohl der Mühe werth, eigends deshalb eine Station zu errichten; die Instrumente dazu würden nur sehr einfach seyn und die Beobachtungen nur einen einzigen Beobachter erfordern. Sie sind in dem angeführten Aufsatz beschrieben. Unglücklicherweise sind solche Beobachtungen nicht einmal in Groß-Britannien gemacht.

2892. Die Art, in welcher die tägliche Variation hervorgebracht oder abgeändert werden mag durch die Wirkung der Sonne auf die Atmosphäre unserer Erde, so wie diese in deren Strahlen rotirt, ist im Allgemeinen schon angegeben worden. Der ganze, der Sonne ausgesetzte Theil der Atmosphäre wird vermögend, die durch ihn hingehenden Strahlen zu brechen (*refract*), und der ganze Theil, welcher die dunkle Halbkugel bedeckt, nimmt, in Bezug auf den mittleren Zustand der Luft, ebenfalls einen andern, aber entgegengesetzten Zustand an. Es ist, wie wenn die Erde von zwei ungeheuren magnetischen Linsen eingeschlossen wäre, welche die Richtung der durch sie hingehenden Magnetkraftlinien abzuändern vermöchten.

2893. Bereits habe ich gesagt, daß bei Nacht die Wirkung der so afficirten Atmosphäre einigermaßen verglichen werden könnte mit der eines ungeheuren diffusen und sehr schwachen gewöhnlichen Magnets, welcher in der Lage, die er zufolge der Neigungslinie natürlich annähme, von Ost nach West über uns fortginge und uns während der Zeit in seinen Einfluß einschloße; bei Tage würde die Wirkung gleich seyn der einer ähnlichen Reise nicht eines entspre-

chenden Magnets von umgekehrter Lage, sondern der einer entsprechenden Kugel von diamagnetischer Substanz (2821). Angenommen das Maximum der Wärme und Kälte träte um Mittag und Mitternacht ein, so dürften wir erwarten, daß die Maxima der Intensität ebenfalls nahe bei diesen Zeiten erfolgten (2824. 2866); denn unter sonst gleichen Umständen sind die centralen Theile der erwärmten und erkalteten Massen diejenigen, wo der Intensitäts-Unterschied am größten seyn würde.

2894. Diese Variation in der *Intensität* dürfte am größten seyn an den Theilen der Erde, über welche die Sonne ganz oder beinahe lothrecht hinweggeht; doch kann dieses wenigstens von zwei Umständen abhängen: erstens davon, ob der Unterschied zwischen der Tages- und Nachttemperatur größer ist als an anderen Orten, denn die Größe der Variation kann zum Theil von diesem Unterschied bedingt werden; und zweitens davon, ob der Betrag des zu erwartenden Effects gleich ist in jedem Theil der Scale für einen gleichen Temperatur-Unterschied (2886). Fände sich durch künftige Messungen (2960), daß das Leitvermögen des Sauerstoffs (2800), beim Sinken durch eine gegebene Zahl von Graden in niederen Temperaturen, stärker wüchse als in höheren (dabei den Effect der Contraction mit eingeschlossen) (2861), so könnten die von der Sonne entfernteren Theile mehr afficirt werden als die unter ihr befindlichen, oder, wenn das Gegentheil der Fall wäre, weniger als sonst zu erwarten stände.

2895. Hinsichtlich der täglichen Variation sind, was die *Richtung* der erdmagnetischen Kraftlinien oder die *Inclination* oder die *Declination* der Magnetnadel betrifft, die Grundsätze der zu erwartenden Veränderungen schon angeführt worden (2879), und es bleibt mir nur übrig, diese Erwartungen mit einigen einfachen Fällen der Beobachtung zu vergleichen, so allgemein, um zu zeigen, ob die *Richtung* der Wirkung in Theorie und Erfahrung übereinstimme, und ob der Effect mit einiger Wahrscheinlichkeit auf seine wahre Ursache zurückgeführt worden sey. Zu dem Ende



will ich mich für jetzt ganz auf einen Theil der täglichen Variation beschränken, nämlich auf den Effect der Sonne und Luft zur Mittagszeit.

2896. Ich benutze dazu den letzten Band der vom Obersten Sabine mit Sorgfalt herausgegebenen Beobachtungen<sup>1)</sup>, nehme den Fall von Hobarton. Das Observatorium daselbst liegt unter  $42^{\circ} 52', 5$  S. Br. u.  $147^{\circ} 27', 5$  Oestl. Länge von Greenwich. Die absolute Declination ist  $9^{\circ} 60', 8$  und die Inclination  $70^{\circ} 39'$  S. Um den Stand der Sonne und die Zeit der Maximum- und Minimum-Temperatur beisammen zu haben, habe ich aus den sieben Jahren 1841—1848 die Mitteltemperatur des Jauuars (Sommers) und des Junis (Winters) für jede zweite Stunde des Tages und der Nacht von pp. LXXXIV u. CVIII auf Taf. III übertragen. Auf dieser bezeichnet die mittlere Zahlenreihe die Stunden, und die Linie nächst darunter die Temperatur von  $30^{\circ}$  F.; die beiden Curven noch tiefer geben die mittleren stündlichen Temperaturen für Sommer und Winter an; die kurzen Striche zeigen die Richtung der Nadel, östlich oder westlich von ihrer Mittellage, wobei das obere Ende das nördliche ist. Die Lagen um Mittagszeit sind durch voll ausgezogene Striche hervorgehoben, da sie einer näheren Erläuterung bedürfen.

2897. Zu Hobarton steht das Nordende der Magnetnadel am östlichsten um 2 Uhr und am westlichsten um 21 Uhr. Von dieser letzten Stunde geht es aus dem äußersten West innerhalb 5 Stunden bis zum äußersten Ost, um 2 Uhr, und gebraucht dann die übrigen 19 Stunden um zum äußersten West zurückzukehren. Die größte Abweichung nach Ost und West erreicht es im Sommer um 2 und 21 Uhr, und im Winter um 3 und 22 Uhr. Die verticalen Lagen zeigen, zu welchen Stunden die Declination Null ist und mit Sabine's Nullpunkt übereinkommt. Von 21 bis 2 Uhr geht die Nadel von einem Extrem ihrer Variation zum andern; das nördliche oder obere Ende derselben wan-

1) *Magnetical and Meteorological Observations, Hobarton, Vol. I. 1850.*

dert in umgekehrter Richtung wie die Sonne, so daß beide nahe um Mittag oder etwas früher den Meridian in entgegengesetzten Richtungen schneiden. Um 2 Uhr steht die Nadel still und nun kehrt sie nach Westen zurück, der Sonne folgend. Es ist wohl passend zu bemerken, daß das Nordende der Nadel, dessen Bewegung so eben beschrieben wurde, das dem Aequator zugewandte Ende und auch das obere Ende der Neigungsnadel zu Hobarton ist. Diese Bemerkung wird jetzt größere Bedeutung erlangen.

2898. Die auf die Nadel wirkende Ursache ist also zur Zeit der Anwesenheit der Sonne kräftiger und concentrirter, als zur Zeit ihrer Abwesenheit. Hier ist folglich die Zeit des Effects in Einklang mit der Zeit, wo die Sonne den stärksten Einfluß ausüben kann auf diejenigen magnetischen Zustände der Atmosphäre, welche für jetzt als die beherrschenden dieses Effects vorausgesetzt werden.

2899. Aus Fig. 1. Taf. III. erhellt, daß die Zeit der Maximum-Temperatur nicht zusammenfällt mit dem Stande der Sonne im Meridian, sondern, im Sommer wie im Winter, 2 Stunden später eintritt. Allein was den Einfluß der Temperatur auf die magnetische Beschaffenheit der Atmosphäre und durch sie auf die Nadel betrifft, so ist es nicht die örtliche Temperatur, welche vorausgesetztermassen auf die Nadel wirkt, sondern diejenige, welche ungeheure Luftmassen sowohl darüber als darunter afficirt, und über welche uns die örtliche Temperatur, wie wichtig sie auch seyn mag, wenn wir sie erst gehörig auslegen können, wenig oder gar keine Auskunft giebt. Doch giebt es einige Punkte, zu welcher die Temperatur eine directere Beziehung hat. So ist der Betrag der Temperatur-Variation im Sommer doppelt so groß als im Winter und in eben dem Verhältniß wächst der Betrag der Declinationsveränderung (2890). Die Minimumtemperatur tritt im Winter später als im Sommer ein, und die äußerste westliche Declination erfolgt zur letzten Jahreszeit auch später.

2900. Die veränderliche *Richtung* der erdmagnetischen Linien erkennen wir durch Beobachtungen in zwei

Ebenen, einer horizontalen, auf welche die Declination bezogen wird, und einer verticalen, durch die mittlere Declinationslinie gelegten, welche uns die Inclinationsbeobachtungen liefert. Die Richtung der Kraftlinie, bezogen auf diese Ebene, könnte sich so verändern, daß die Inclination entweder zu- oder abnähme, und sie nimmt in derselben Stunde örtlicher Zeit an einigen Orten zu, in welcher sie an anderen abnimmt. So wächst sie zu Greenwich während sie zu St. Helena, welches fast unter demselben Meridian liegt, abnimmt. Zu Hobarton verändert sie sich rasch an den östlichen und westlichen Extremen der Variation, d. h. um 2 und 21 Uhr. Vom Mittag nimmt sie rasch ab bis etwa 3 Uhr, bleibt dann nahe dasselbe im Sommer, wenn die Variation am größten ist, bis 18 oder 19 Uhr, und wächst von dieser Zeit bis etwa 22 Uhr, von wo ab bis Mittag sie fast ein Maximum ist. Daraus erhellt, daß die Inclination iüsgemein am größten ist, während das Nordende der Nadel zwischen 21 und 2 Uhr rasch von Westen nach Osten wandert, und am kleinsten, während der übrigen oder längeren Hälfte der Wanderung. Der später zu betrachtende Nacht-Effect wird dieß Verhalten zwar theilweis unterbrechen, aber im Allgemeinen tritt es immer hervor.

2901. Alles dieses wird durch Fig. 25. Taf. 1. (2909) im Rohen vorgestellt. Darin bezeichnet *OW* den Stand der Sonne während ihres täglichen Gauges zwischen den Tropen um 21<sup>h</sup>, 22<sup>h</sup>, etc., und *e* den Weg, den zu Hobarton das nördliche oder obere Ende der frei aufgehängten, also Declination und Inclination zugleich, d. h. die volle Richtung anzeigenden Nadel beschreibt. Sieht man auf eine solche Nadel hinab, so wird ihr oberes Ende den durch den Pfeil bezeichneten Gang beschreiben, und ihre Lage zu einer gegebenen Stunde wird hinlänglich durch die Zuglinien angegeben.

2902. Diese Beziehung zwischen der Bewegung der Nadel und der der Sonne ist längst bekannt gewesen; sie ist für meine Hypothese von der physischen Ursache dieser Variationen von großer Bedeutung. Rücksichtlich des von

mir betrachteten Theils der Wirkung ist es, wie wenn ein Magnetpol, von gleicher Natur mit dem obern Ende der Nadel zu Hobarton, mit der Sonne aufginge und zunächst dieses Ende nach Westen triebe. Gegen 19<sup>h</sup> nimmt die Tendenz nach Westen ab, aber die Tendenz nach Süden wächst. Um 21<sup>h</sup> ist die Zunahme der Sonnenkraft, die nicht direct von der Sonne, sondern von einer Region der Atmosphäre unterhalb derselben ausgeht, nicht hinreichend, eine Compensation für ihre ungünstigere Lage zu bewirken; die Nadel wird in ihrer Declination durch die Kraft der Erde zurückgebracht und sie geht dann ostwärts; allein die südliche Bewegung oder die Inclination nimmt noch zu; um 24<sup>h</sup> oder Mittag ist die Sonne gegen östliche und westliche Declination indifferent, aber kräftig in ihrer südlichen Wirkung, und sie macht dann oder bald hernach die Inclination zum Maximum. So wie nun die Sonne westlich von der Nadel geht, wächst eine Weile ihr Vermögen, den hinter ihr befindlichen Pol ostwärts zu treiben, während das Vermögen zur Erzeugung von Inclination abnimmt, bis um 2 oder 3 Uhr die Kraft der Erde wieder das Uebergewicht erlangt so wie die Kraft der Sonne wegen der Entfernung abnimmt; die Nadel kehrt dann zu ihrer kleinsten Inclination und mittleren Declination (*towards its least dip and mean inclination*) zurück.

2903. Alles dieses läßt sich experimentell nachahmen, indem man einen Magnetpol nördlich von der Neigungsnadel so herumführt, daß er den Ort der von der Sonne erwärmten Luft zu Hobarton vorstellt, vorausgesetzt, daß der Pol von gleicher Art sey wie der Nord- oder obere Pol der Nadel. Bereits (2877. 2863) habe ich gesagt, daß wenn eine Luftportion im Magnetfelde erwärmt wird, sie ihr magnetisches Leitvermögen verliert, und wenn sie mit einer weniger erwärmten Luft zusammenkommt die Linien ablenkt und den Zustand annimmt, welchen ich als diamagnetische Leitungspolarität unterschieden habe; dann die wahre Polarität oder vielmehr die wahre Inflection der Kraftlinien darbietend, welche die Nadel afficiren würden, wie

sie afficirt wird. So wie die Sonne aufgeht und nordwärts von solchen Ort wie Hobarton geht, wird unter ihrem wachsenden Einflufs die Atmosphäre immer wärmer und ausgedehnter, und, bezogen auf die Luftkugeln-Modelle (2864. 2877) ist es, wie wenn eine solche warme Masse mit der Sonne durch alle Regionen des Aequators ginge, sich dabei auch nord- und südwärts von demselben ausdehnte, und, Hobarton in ihren Einflufs einschließend, die daselbst beobachteten Effecte hervorbrächte.

2904. Diese Ansicht liefert einen Grund, warum die Nadel, während die Sonne durch ihren Meridian geht, in so kurzer Zeit von West nach Ost zurückkehrt, und so lange Zeit zu dem Gange von Ost nach Westen gebraucht, so wie der Einflufs der Sonne langsam abnimmt und dann während des übrigen Theils der Tagreise langsam wieder erneuert wird, abgesehen dabei für jetzt von den paramagnetischen Effecten der Kälte.

2905. Ich will nun die tägliche Variation zu Toronto betrachten, wie sie uns in dem ebenfalls aus den Händen des Obersten Sabine hervorgegangenen Bande von magnetischen Beobachtungen <sup>1)</sup> und in späteren bis 1848 reichenden Nachträgen, die ich demselben verdanke, dargeboten wird. Das Observatorium liegt unter  $43^{\circ} 39' 35''$  N. und  $79^{\circ} 21' 30''$  W. Die absolute Declination daselbst ist  $1^{\circ} 21' 3''$  W. und die mittlere oder absolute Inclination  $75^{\circ} 15' N.$ ; in Bezug auf Hobarton liegt es auf der andern Seite des Aequators und beinahe an der andern Seite der Welt. Das Resultat für die Monate Juni und December ist auf Taf. III. Fig. 2. graphisch dargestellt, entsprechend mit dem von Hobarton (2896), unter Anwendung der Toronto-Zeit für die Stunden.

2906. Das Nordende der Nadel, das wir in der Regel bei der Declination ins Auge fassen, nimmt zu Toronto während der unmittelbaren Sonnenwirkung folgenden Lauf. Nachdem es sich von  $16^h$  an ostwärts bewegt hat, erreicht es darin um  $20^h$  sein Maximum, kehrt dann um und erreicht

1) *Magnetical and Meteorological Observations. Toronto 1840, 41, 42.*

in 6 Stunden sein westliches Extrem, worauf es sich wieder ostwärts, von der Sonne ab bewegt. Verwandeln wir dies aber in die Bewegung des aequatorialen Endes der Nadel, denn das ist das obere Ende der Nadel, wenn sie frei ist, und es interessirt uns am meisten bei dem Vergleiche mit Hobarton, so sieht man, daß dieses Ende um 19<sup>h</sup> oder 20<sup>h</sup> am westlichsten steht, von da an rasch ostwärts geht, den ganzen Bereich der Variation innerhalb 6 Stunden durchwandert, also um 2<sup>h</sup> das östliche Extrem erreicht und nun umkehrt und der Sonne folgt.

2907. Bei diesen Resultaten möchte ich wiederholen, was ich zur Erläuterung der Hobertoner Erscheinungen gesagt habe, aber Kürze halber will ich bloß auf sie verweisen. Wie dort ist der Betrag der Veränderung bei der Declination im Sommer doppelt so groß wie im Winter. Der Temperatur-Unterschied ist drei Mal größer. Die Extreme der Declination nach Westen und Osten fallen im Sommer wie im Winter auf 20<sup>h</sup> und 2<sup>h</sup>; allein die Zeit des Maximums und Minimums der Kälte ist, wie zuvor gesagt, in beiden Jahreszeiten verschieden, denn die erstere fällt im Sommer auf 4<sup>h</sup> und im Winter auf 2<sup>h</sup>, die letztere dagegen im Sommer auf 16<sup>h</sup> und im Winter auf 20<sup>h</sup>. Dies ist jedoch eine Variation mit Consistenz (*variation with consistency*); denn man wird bei augenblicklicher Ansicht sehen, daß im Winter das Maximum der Wärme in der einen Richtung gegen die Zeit der kräftigsten Wirkung vorrückt, und das Minimum in der andern. Der Durchgang der Sonne durch den Meridian und die Periode der schnellsten Bewegung der Nadel von West nach Ost fallen also noch zusammen.

2908. Das andere Element der Richtung ist die Inclination. Ihre Veränderung ist sehr klein, aber doch vorhanden. Das hauptsächlichste Maximum der Neigung fällt auf 22<sup>h</sup>, das äußerste Minimum auf 4<sup>h</sup>.

2909. So können wiederum alle Effecte, wie zu Hobarton, allgemein durch eine Ellipse vorgestellt werden (Fig. 25. Taf. I.) und ich könnte das dort Gesagte wieder-

holen, wenn ich Toronto statt Hobarton, und Nord statt Süd setzte (2901). So wie die Sonne in ihrem Laufe aus Osten zwischen die beiden Punkte kommt, treibt sie, durch die unter ihr veränderte Atmosphäre, die oberen Enden ihrer Nadeln vor sich hin und auswärts der Linie ihres Ganges, wie wenn sie gegen den Hobarton-Magnet ein Nordpol, und gegen den Toronto-Magnet ein Südpol wäre. Um 22<sup>h</sup> erlaubt die Kraft der Erde und die aus der Lage der Sonne entspringende Wirkung der Atmosphäre eine Rückkehr nach Ost, obwohl die Inclination noch eine Zeit lang wächst (2902); beide (Nadeln) schwingen rasch herum von West nach Ost, so wie sie (die Sonne) durch den Meridian geht, und nachdem sie (wohl die Declinationsnadel *P*) das Maximum ihrer östlichen Lage erreicht hat, folgt sie ihr (der Sonne) unter dem Einfluß der Erdkraft, der beim Rückzug der Sonne immer weniger entgegen gewirkt wird. Die Aehnlichkeit zwischen Hobarton und Toronto ist so auffallend, daß schon Obrist Sabine sie besonders unterschieden und beschrieben <sup>1</sup>), auch gezeigt hat, daß wenn man für beide Orte die Richtung der Bewegung durch Curven darstellt, diese beiden Curven, wenn man sie aufeinander legt, fast zusammen fallen, mit dem einzigen Unterschied, daß die Veränderungen zu Hobarton denen zu Toronto um eine Stunde örtlicher Zeit oder mehr vorausgehen.

2910. Wir können diesen Tages-Effect auf zwei solche Nadeln wie die zu Hobarton und Toronto nicht experimentell durch einen Magnetpol repräsentiren, wohl aber können wir es für jede einzeln mit verschiedenen Polen. Wir sehen indess zugleich aus der Hypothese, warum die Sonne in dieser Weise wirkt (2877) und wie es geschieht, daß die Region der influencirten Atmosphäre, welche sie auf ihrer Tagesreise um die Erde begleitet, den einen Effect in nördlicher Breite und den andern in südlicher ausübt (2903). Auch die Gründe für die kurze Zeit der Tagesreise und für die lange Periode der nächtlichen Rückkehr (2904) sind einleuchtend. Das Vorkommen von Störun-

1) *Hobarton Magnetical Observations* 1850. p. XXXV.

gen oder secundären Kraftwellen zur Nachtzeit und die Bedingung sowohl der Hauptvariation als der untergeordneten Oscillationen im Sommer und Winter sollen späterhin betrachtet werden.

2911. *Greenwich.* — Die folgenden Resultate sind genommen aus dem Bande der *Greenwicher Beobachtungen für 1847.* Die Sternwarte liegt unter  $51^{\circ} 31' N.$ , in der Länge fast um  $80^{\circ}$  von Toronto entfernt, also dieser Station und auch der zu Hobarton hinreichend entgegengesetzt. Die mittlere Declination ist  $22^{\circ} 51' 18'' W.$  und die mittlere Inclination  $69^{\circ} N.$  Da es das obere Ende der Nadel ist, welches wir zu dem Zweck eines leichten Vergleichs mit der beobachteten Tageswirkung der Sonne zu betrachten haben (2906), so will ich diesen Theil seines Laufs beschreiben, in *Greenwicher Zeit.* Nachdem es sich vor  $19^h$  und  $20^h$  westwärts bewegt hat, kehrt es nach Ost zurück, und in 6 Stunden, oder um  $1^h$  oder  $2^h$  hat es seine größte Sonnenschwingung vollendet; dann kehrt es nach Westen zurück und folgt der Sonne. Die verticale Kraft ist zwischen 3 und  $4^h$  am größten und zwischen 11 und  $13^h$  am kleinsten. Das Südende der Nadel ist deshalb zu der ersteren Zeit mehr aufgerichtet als zur letzteren; und da die letztere die längere Rückkehr des Ganges von Ost nach West umfaßt, auch die Nachtstunden einschließt, so sehen wir, daß das obere Ende der Nadel während seiner Tagesreise eine unregelmäßig geschlossene Curve beschreibt, welche durch die Ellipse für Toronto Taf. 1. Fig. 25. (2909) im Allgemeinen repräsentirt werden kann; es geht in den Nachtstunden langsam von Ost nach West, nähert sich zugleich dem Aequator und kehrt dann mit weit größerer Schnelligkeit von West nach Ost zurück, dabei sich in größerem Abstände vom Aequator und näher dem Pole haltend.

2912. *Washington (Vereinigte Staaten).* — Breite  $38^{\circ} 54' N.$ , Länge  $77^{\circ} 2' W.$ , mittlere Abweichung  $1^{\circ} 25' W.$ , mittlere Neigung  $71^{\circ} 20' N.$  Das südliche oder obere Ende der Nadel ist des Morgens, um 20 oder  $22^h$ , am Westlichsten, und um  $2^h$  am Oestlichsten; dann kehrt es langsam



nach Westen zurück, verhält sich des Nachts wie an den vorhergehenden Orten und erlangt um 20 oder 22<sup>h</sup> wieder den westlichsten Stand. Diefs ist, in Bezug auf den Gang der Sonne, genau dieselbe Declinations-Bewegung wie an den früheren Orten. Wie sich die Inclination verändert, weifs ich nicht, allein der Theorie nach wäre zu schliessen, dafs sie zwischen 22 und 2<sup>h</sup> am grössten, und am Abend, sowie in der Nacht, am kleinsten ist. Der Gesamtbetrag der Declinationsveränderung ist, wie zuvor, im Sommer am grössten, im Juli 9' 87" und im December 4'. Bei der Erdtemperatur fällt der grösste Unterschied auch in den Juli, beträgt dann nahe 20° F., wogegen er im December nur 10° F. beträgt. Die kürzeste Periode zwischen den extremen Temperaturen, welche daher den schnellsten Temperaturwechsel einschliesst, geht von 16 oder 18<sup>h</sup> bis 2<sup>h</sup>, und schliesst folglich den Mittag ein. Alle diese Umstände vereinigen sich, die grösste magnetische Wirkung hervorzubringen, und diese erfolgt in der von unserer Hypothese angezeigten Richtung.

2913. Athabasca-See. — Breite 53° 41' N., Länge 111° 18' W., mittlere Abweichung 28° O. Die Beobachtungen umfassen nur 5 Monate; allein da sie wegen der hohen nördlichen Lage des Orts für künftige Betrachtungen wichtig seyn können, so will ich hier die Resultate angeben: Das obere Ende der Nadel ist um 17 oder 18<sup>h</sup> am Westlichsten und um 1 oder 2<sup>h</sup> am Oestlichsten, so dafs, was die Declination betrifft, die Wirkung der Sonne und der Atmosphäre sich wie in den früheren Fällen verhält. Der Betrag der Declinationsveränderung ist sehr gross, im October 21',32, im November 10',8, im December 9',78, im Januar 16',29 und im Februar 14',87.

2914. Fort Simpson. — Breite 61° 52' N., Länge 121° 30' W., mittlere Declination 38° O. Diese Beobachtungen umfassen nur 2 Monate, nämlich April und Mai 1844. Das obere oder südliche Ende der Nadel war um 19<sup>h</sup> am Westlichsten und um 2<sup>h</sup> am Oestlichsten, also vollkommen übereinstimmend mit den vorhergehenden Beobachtungen

und Folgerungen. Der Betrag der Declinationsveränderung war sehr groß, 36', 26 im April und 32' im Mai.

2915. St. Petersburg. — Breite 59° 57' N., Länge 30° 15' O. von Greenwich, mittlere Abweichung 6° 10' W., mittlere Neigung 70° 30' N. Die Beobachtungen sind das Mittel von 6 Jahren und zeigen, daß das obere Ende der Nadel, in Bezug auf Mittag, um 19 und 20<sup>h</sup> am Westlichsten ist in den Monaten März bis August, und daß es für die übrigen Monate um dieselben Stunden eine westliche Lage giebt. Die östlichste Lage fällt in allen Monaten, auf etwa 1½ Uhr, so daß die Sonnenwirkung beim Durchgang durch die Mittagsperiode wie in den früheren Fällen erfolgt. Die Declinationsveränderung ist am größten im Juni, 11', 52, und schrumpft im Winter auf 1', 77 zusammen. Der Theorie nach steht zu erwarten, daß die Neigung bei Tage wachse und bei Nacht abnehme.

2916. Diese Fälle, welche zu einer ersten und vorläufigen Prüfung der Hypothese ausgewählt wurden, da sie die Haupt-Umstände der täglichen Variation und der Sonnenwirkung einschließen, sprechen also übereinstimmend, so weit sie reichen, zu Gunsten der Hypothese, die ich für ihre Ursache aufgestellt habe; in Betreff der Sonnenwirkung habe ich bis jetzt noch keinen Fall von nur scheinbarem Widerspruch aufgefunden. Sie unterstützen sehr, sich eine genaue Vorstellung von der Art zu bilden, in welcher der Einfluß der Sonne und der Luft mutmaßlich wirkt, nicht allein in ähnlichen Fällen, sondern auch in Betreff anderer Folgerungen, d. h. in allen, welche beim atmosphärischen Magnetismus in Betracht kommen. Ich will daher die Prinzipien, welche sie der Hypothese nach regieren, specieller angeben, in der Hoffnung, daß ich so glücklich seyn werde, die *wahre physische Ursache* der fraglichen magnetischen Variationen nach und nach entwickeln zu helfen.

2917. Der bloße, von Materie freie Raum gestattet der magnetischen Kraft den Durchgang (2787. 2851). Para- und diamagnetische Körper erhöhen oder schwächen diese Durchgänglichkeit (2789). Diesen Einfluß habe ich einst-

weilen mit dem Worte: magnetisches Leitungsvermögen bezeichnet, und ich glaube hinreichende erste experimentelle Beweise von dem Daseyn dieses Vermögens und dessen störende Wirkungen auf die Magnetkraftlinien gegeben zu haben (2843). Die Atmosphäre ist durch ihren Sauerstoffgehalt ein paramagnetisches Medium. (2861. 2863) und ihr Leitungsvermögen wird durch Temperaturerhöhung (2856) und durch Verdünnung (2782. 2783) sehr geschwächt, wie durch den Versuch genügend bewiesen wurde. Die Sonne ist ein Agens, welches die Atmosphäre zugleich erwärmt und verdünnt; und bei ihrem täglichen Lauf muß im Allgemeinen der Ort der größten Wärme und Verdünnung unter ihr liegen. Unregelmäßigkeiten in der Beschaffenheit der Erdoberfläche und andere Ursachen bewirken örtliche Abweichungen davon, allein wahrscheinlich verschwinden sie theilweis, wenn nicht gänzlich, in den oberen Regionen der Atmosphäre.

2918. Nehmen wir an, die Luft unter der Sonne werde am meisten magnetisch verändert, und beschränken uns auf eine Stelle, wo die Sonne vertical ist, um den Zustand der Atmosphäre dort und an anderen Theilen in Bezug auf sie zu betrachten, so wird die Voraussetzung einer Luftkugel über der Stelle natürlich keine passende Anwendung finden (2877). Wir wollen zunächst annehmen, die Sonne sey weit weg und die Atmosphäre in einem mittleren Temperaturzustand; lassen wir dann die Sonne im Meridian eines gegebenen Orts stehen, so haben wir es zu thun mit dem *Grade der Veränderung* in Temperatur und Ausdehnung der Luft unter und rings um den Ort der Sonne und mit der Weise, wie sie entsteht und vergeht. In Bezug zur Oberfläche der Erde wird diese Veränderung irgendwo unter der Sonne am größten seyn, und ringsum in jeder Richtung abnehmen, bis sie, in directer Wirkung, an dem Theile oder Kreise der Erde, wo die Sonnenstrahlen tangential sind, fast Null wird. Hinsichtlich der senkrechten Richtung ist es noch die Frage, ob die Wirkung an der Oberfläche am größten sey und nach oben abnehme.

Was die Atmosphäre betrifft, so muß sie natürlich mit ihr enden, aber hinsichtlich des Raumes selbst (2851) kann noch ein Bedenken entstehen. Der Einfluß der Sonne auf die entgegengesetzte Halbkugel erzeugt direct keine Störung, wohl aber indirect durch das Sinken der Lufttemperatur von dem Grade an, auf welchem sie durch die Sonne, während sie über dem Horizonte war, gebracht ward. Diese Veränderung muß träger, unregelmäßiger und durch örtliche und andere Umstände gestörter geschehen als die andere durch den directen Einfluß der Sonne hervorgebrachte, und sie veranlaßt, der Hypothese nach, das zweite Maximum oder Minimum oder andere Perioden, welche die Nadel in den Nachtstunden zeigt.

2919. Die von einem Magnet ausgehenden Kraftlinien sind gleichsam an ihren Wurzeln befestigt (*located and fixed by their roots*), in einer Weise, welche von Denen, die über den Gegenstand gearbeitet haben, experimentell wohl aufgeklärt (*understood*) ist. In derselben Weise werden die Linien, welche von der Erde, je nach der Größe der Neigung, mehr oder weniger steil (*suddenly*) ausgehen, unten durch eine Kraft festgehalten (*held beneath by a force of location*), und, weil die Wirkung der Erde in Bezug auf die der Atmosphäre unverändert bleibt, werden sie, während die letztere sich verändert, unten mehr oder weniger gegen Veränderungen geschützt. Diese Befestigung in der Erde ist eine Haupt-Ursache gewisser Eigenthümlichkeiten bei den atmosphärischen Erscheinungen, wie wir sie beobachten; und sie bewirkt jene Drehung der Kraftlinie um die mittlere Lage, welche wir schon während der Sonnen-Schwingung betrachtet haben, und wiederum bei der Wirkung der Luft antreffen. Diese Befestigung der Kraftlinien an ihren unteren Theilen findet sich an jedem Ort, wo irgend eine Neigung vorhanden ist, und giebt für jeden den Convergenzpunkt, um welchen die Bewegung des oberen Endes der Nadel stattfindet (2909. 2932).

2920. So ruht denn die Atmosphäre auf der Erde, unter dem Einfluß der Sonne, am meisten unterhalb dieser ver-

ändert. Sie hat das Vermögen erlangt, die Magnetkraftlinien zu afficiren in anderer Weise als sie dieselben in Abwesenheit der Sonne afficirte. Sie ist zu einer grossen magnetischen Linse geworden, welche diese Linien zu brechen vermag, und zwar in einer Weise, die folgender Art zu seyn scheint. Alle durch diese erwärmte und ausgedehnte Luft gehenden Linien werden, weil dieselbe ein schlechterer magnetischer Leiter als die sie umgebende nicht so stark erwärmte Luft ist (2861. 2862), sich nach auswärts biegen, (2807), und die erwärmte Luftmasse wird als Ganzes den Zustand von diamagnetischer Polarität annehmen. Wenn man also, der Einfachheit wegen, die magnetischen Pole der Erde mit den geographischen zusammenfallen läßt und Fig. 26. Taf. I. einen durch sie und die Sonne gelegten Durchschnitt vorstellt, so werden *N* und *S* die Magnetpole seyn, und die verschiedenen den Umfang des Kreises schneidenden Curven werden hinreichend den Lauf der Magnetlinien an der Erdoberfläche vorstellen, sobald *H* die Sonne ist und *a* der gerade unter ihr liegende Punkt, welcher auch mit dem magnetischen Aequator zusammenfällt. Diese Zeichnung erläutert auch den hypothetischen Effect auf die Inclination der Nadel.

2921. Betrachten wir zunächst den Punkt *a* und nehmen noch an, das Maximum der Veränderung in der Luft sey immer an der Erdoberfläche, so werden wir finden, daß dort die Kraftlinien sich auswärts biegen (*open out*), einigermassen ihre parallele und concentrische Relation behaltend. Eine Magnetnadel also, die sich frei in jeder Richtung bewegen kann und deshalb ihre Lage in der Kraftlinie annimmt, wird an diesem Ort nicht in ihrer Lage geändert werden. Vielleicht müßte sie eine Abnahme der durch diesen Ort gehenden Magnetkraft anzeigen; allein aus dem zuvor (2868) angeführten Grunde schliesse ich, daß sie eine grössere Intensität anzeigen würde, indem die erhöhte Kraft, welche durch die Abnahme des Leitungsvermögens der Luft an diesem Ort auf sie geworfen wird, sie veranlaßt als eine stärkere Nadel zu wirken.

2922.

2922. Gehen wir zu einem Punkt *b*, so haben daselbst die Kraftlinien schon eine Neigung. Sie erleiden hier denselben physischen Effect wie zuvor d. h. die Portionen in der Atmosphäre sind auswärts gebogen; allein weder hier noch in dem früheren Fall werden sie fortwährend dieselbe Krümmung haben wie zuvor, denn zuwärts und in der Erde, wo sie ihren Ursprung nehmen, werden sie durch die unveränderliche Kraft der Erde (2919) mehr oder weniger gehindert sich zu verändern, während sie an mehr nach vorne liegenden Theilen, wie bei *c*, in Portionen der Atmosphäre eintreten, welche den intensivsten Linien der Sonnenwirkung, *HC*, näher sind, wahrscheinlich auch in die Region der intensivsten Wirkung und auch in den Weltraum, Umstände, welche bewirken, daß die Linien sich mehr verschieben und durch die Spannung der in der Luft veränderten Theile sich mehr zu trennen suchen als in der Erde geschehen kann (2848). So werden die Magnetkraftlinien bei *b* sich nicht parallel mit sich selbst bewegen, sondern, weil sie im normalen Zustand eine gewisse Neigung gegen den Horizont haben, stärker geneigt werden d. h. durch die Anwesenheit der Sonne eine stärkere Neigung bekommen. Diese Thatsache ergiebt sich aus der Nadel, wenn sie durch die Bewegung ihres oberen Endes zu Hobarton, Toronto oder sonstwo die Lage der Linie in Bezug auf Inclination anzeigt (2908); denn es ist klar, daß was auch an der einen Seite des Sonnenorts und des magnetischen Aequators geschehen möge, auch an der andern geschieht, sobald beide, wie wir annehmen (2920), zusammenfallen.

2923. Leichter läßt sich die Sache fassen, wenn man sagt, die Wirkung der Sonne gehe dahin, die Magnetcurven, über den aequatorialen und benachbarten Theilen, aus ihrer normalen Lage zu heben, und dabei die nördliche und südliche Neigung zugleich zu afficiren und zu vergrößern.

2924. An dem Orte *d* müssen gleiche Effecte auf die Inclination bewirkt werden, und theoretisch genommen in

derselben Richtung selbst bei *N* und *S*. An dem Punkt *a* wird die Inclination voraussetzlich gar nicht geändert; so wie man aber nach Norden oder Süden geht, treten die Aenderungen auf und nehmen zu. Es ist nicht wahrscheinlich, daß das Maximum der Veränderung bei *N* oder *S* stattfinden werde, vielmehr muß die Breite, wo es eintritt, abhängen von den vielen vereinten Umständen, die bei einer Kugel vorkommen, um welche eine magnetische Linse, wie ich dieselbe zu beschreiben versuchte, beständig rotirt.

2925. Statt anzunehmen, die Sonne sey in *H*, wollen wir voraussetzen, wir sähen senkrecht auf die Zeichnung und nach Osten, die Sonne käme von Osten, ginge über unser Haupt und brächte diejenige Beschaffenheit unserer Atmosphäre mit, welche die Ursache der Veränderung ist. So wie sie dieses thut, heben sich alle magnetischen Curven, und die Inclination nimmt zu, bei *b*, *d* und überall, wo zuvor eine vorhanden war, zu beiden Seiten von *a* in entgegengesetzten Richtungen. Diefs dauert so lange bis die Sonne im Zenit ist; so wie sie dann fortgeht und hinter uns niedersinkt, ziehen sich die Linien wieder zusammen und die Neigung nimmt ab zu dem, was sie früher war. Die Neigung erreicht ihr Maximum, wenn die Sonne dem Zenit nahe ist, und ihr Minimum, wenn sie ganz fort ist.

2926. Wenn sich aber die Resultante der Kraft über der Atmosphäre befände (2937), was bei weitem das wahrscheinlichste ist, so würden die Resultate modificirt werden, da es die gesammte Atmosphäre ist, die durch Wärme diamagnetisch wirkt; denn wenn über *a* die Kraftlinien *herabgedrückt* würden und daselbst die Inclination abnähme, möchte sie in *b* zur Zeit nicht afficirt werden, während sie in höheren Breiten zunähme, je nachdem die Kraftlinie von der Resultante in der Atmosphäre, wo sie auch seyn möchte, auswärts oder einwärts des Winkels fiele, welchen die Neigung an einen gegebenen Ort mit dem Horizonte macht. St. Helena, das Cap und Hobarton liefern Beispiele von diesen drei Fällen.

2927. Zur selben Zeit würde die totale Kraft eine Veränderung in ihrem Betrage erleiden; die durch einen gegebenen Raum gehende würde am kleinsten seyn, wenn die Sonne im Zenit stände, und am größten, wenn sie fort wäre (2863). Die gesammte Veränderung würde bei  $a$  am größten seyn, und von da nach Norden und Süden abnehmen. Die täglichen Variationen der Inclination sind bis jetzt noch so unvollkommen bekannt, daß wir nicht zu sagen vermögen, wie weit sie mit diesen Erwartungen übereinstimmen; allein so weit die Beobachtungen reichen, stimmen sie mit der Theorie.

2928. Wenn die Sonne, statt über dem Aequator zu stehen, über einem der Wendekreise steht, und zwar lothrecht, z. B. über  $b$ , so werden die Effecte modificirt seyn. Die Resultante noch wie oben angenommen, steht zu erwarten, daß die zuvor nicht afficirten Kraftlinien herabsinken und die Inclination schwächen, während andere Linien in höheren Breiten, welche zuvor in Neigung anwuchsen, jetzt nur wenig afficirt werden, und andere Linien in noch höheren Breiten ihre Neigung vergrößern. Auf der andern Seite des Aequators würden die Linien die Tendenz haben, die Neigung zu vergrößern.

2929. Schreiten wir nun zu demjenigen Theil der erwarteten Veränderung in der Lage der freien Nadel, welcher die Variationen der Declinationen bewirkt; sey  $er$ , (Fig. 27. Taf. 1.) der Gang der Sonne am Aequator und  $tc$ ,  $t'c'$  derselbe unter den Wendekreisen, ferner  $mr$  ein magnetischer Meridian, und  $aa'$ ,  $ii'$ ,  $oo'$  Orte von gleicher nördlicher und südlicher Inclination zu beiden Seiten des Aequators. Die in Fig. 26 von vorn gesehenen Curven sind nun in der Ebene des magnetischen Meridians, können aber als zu beiden Seiten des Aequators aufsteigend und über ihm zusammenfließend angesehen werden. Befände sich die Luft an allen Seiten in ihrem mittleren Zustand, und wäre die Sonne ganz abwesend, so würden diese Curven in der verticalen Ebene  $mr$  liegen, oder wenn die Sonne am Mittage so stände, daß die Resultante der erwärmten und



veränderten Atmosphäre im Meridian  $mr$  läge, würden wohl Inclinationswirkungen eintreten (2922), diese Curven aber doch in derselben Vertical-Ebene bleiben. Befände sich aber diese Resultante östlich oder westlich von  $mr$ , so würden Variationen der Declination entstehen. Denn gesetzt die Sonne rücke aus Osten oder  $r$  vor, so würden, weil sie der Luft einen diamagnetischen Zustand ertheilt, die Kraftlinien sich zu expandiren suchen (2877) und deshalb westwärts gehen, wie es in dem Meridian  $ns$  vorgestellt ist; die daselbst bewirkte Ablenkung würde am größten an der Erdoberfläche seyn, weil dort die Curven, in die Erde eindringend, festgehalten werden in ihrer normalen Lage (2919). So wie die erwärmte Luft anlangt, würde die westliche Ablenkung wachsen bis zu gewissem Grade, und dann bis Null abnehmen, wenn die Resultante im Meridian wäre; allein so wie die letztere darüber fortginge, würde die Ablenkung an der Ostseite von  $ns$  wachsen, und, nach Erreichung eines Maximums, abnehmen, und aufhören, so wie die warme Luft sich zurückzöge.

2930. Läge die Bahn der Sonne auf dem nördlichen Wendekreis  $tc$  und folglich die Resultante in der Atmosphäre nördlich von der Station  $a$  oder  $i$ , so würde dies zwar in der GröÙe der Declinationsveränderung einen Unterschied machen, aber nicht in ihrer Richtung, denn die Curven  $aa'$  und  $ii'$  würden bei Herankunft der Sonne noch nach Westen ausbiegen, und würden im Meridian liegen, wenn auch die Resultante sich hier befände. Der Effect würde in  $i$  größer als in  $i'$  seyn, allein die Entgegengesetztheit der Neigung rücksichtlich des Orts der Sonne würde die Richtung der Declinationsveränderung nicht ändern.

2931. Eine kalte Luftregion, die, wie bei hereinbrechender Nacht, auf die Magnetkraftlinien der Erde wirkte, würde, vermöge ihres paramagnetischen Charakters (2865) entsprechende Effecte sowohl auf die Inclination als auf die Declination ausüben, aber in entgegengesetzter Richtung.

2932. Die Kraftlinien, welche überall, wo es eine In-

clination giebt, von der Erdoberfläche ausgehen, werden, zufolge der Hypothese, unter dem täglichen Einfluß der Sonne, mit ihren aufsteigenden Theilen eine geschlossene Curve oder einen unregelmäßigen Kegel bilden, dessen Scheitel unten liegt. Als Thatsache ist dieß sehr wohl bekannt, allein die Uebereinstimmung mit der Hypothese ist wichtig für die letztere. Die freie Nadel wird ihre mittlere Lage in der Axe dieser Curve oder dieses Kegels haben, und ihre Rückkehr, in Declination oder Inclination, zu dem Mittel ist eine wichtige Anzeige von der Größe und Lage der veränderlichen Kräfte, welche zu solchen Zeiten auf sie einwirken.

2933. Meine Hypothese nimmt durchaus nicht an, daß die erwärmte oder erkaltete Luft magnetisch werde, und nach Art eines Stückes Eisen direct auf die Magnetenadel wirke, entweder polar oder inductiv. Es wird für den Sauerstoff der Luft keine andere Polarität angenommen als die Leitungspolarität (2822. 2835), als Folge einer schwachen Aenderung in der Richtung der Kraftlinien. Die Veränderung in dem magnetischen Leitvermögen bewirkt diese Ablenkung der Linien, gerade wie ein schlechter Wärmeleiter bei Einführung in ein besser leitendes Mittel die vorher gleichmäßige Fortpflanzung der Wärme stört, und derjenigen, welche geleitet wird, eine neue Richtung giebt; oder wie bei der statischen Elektrizität ein Körper von mehr oder weniger specifischer Inductiv-Capacität, bei Einführung in ein gleichförmiges Medium, die zuvor gleichmäßig durch dasselbe gegangenen Kraftlinien stört.

2934. Die bloße Wirkung der Atmosphäre geht dahin, die Kraftlinien zu biegen. Die Nadel wird von diesen Linien gehalten, ist ihnen parallel, wenn sie frei ist, und ändert ihre Lage mit denselben. Es ist nicht einmal nöthig, daß die Linien, deren Richtung unmittelbar durch die veränderte Luft afficirt wird, dicht an der Nadel liegen; sie können vielmehr sehr fern seyn. Die Gesammtheit der Magnetlinien um die Erde wird durch gegenseitige Spannung zu einem sensitiven Systeme verknüpft, welches nirgends

Trägheit (*sluggishness*) besitzt, sondern eine irgendwo eingetretene Veränderung überall fühlt. Es kann und wird eine neue Vertheilung der Kraft erfolgen, aber keine Vernichtung (*suppression*). So wird, wenn nah oder fern eine Veränderung in der Richtung eintritt, die Nadel an einem gegebenen Ort dieselbe fühlen und anzeigen, mehr oder weniger stark, je nach der Nähe des Orts und der Art der Veränderung. Allein gleichzeitig ist die Anordnung des ganzen Systems verändert und deshalb werden auch alle übrigen Nadeln ergriffen, in Gemäfsheit der Veränderung, welche die sie individuell beherrschenden Kraftlinien erleiden.

2935. Die Nadel ist eine Waage, woran alle Magnetkraft rings um einen gegebenen Ort sich anhängt, selbst bis zu den Antipoden, und sie zeigt für jeden Ort jede Veränderung in der Gröfse und Anordnung derselben, mag sie nun nah oder fern eintreten. Ihre mittlere Lage ist ihre normale; und in Bezug auf atmosphärische Aenderung ist es die Befestigung der Kraftlinien in der Erde (2919), welche (abgesehen von den säcularen Aenderungen) diesen Linien eine normale Lage giebt, und sie sowohl wie die Nadel aus dem gestörten Zustand in den normalen zurückführt. Daher ist es denn bei Betrachtung der Ursachen, welche die Declination oder Inclination stören, wichtig, die mittlere Lage der Nadel (2932) ins Auge zu fassen und nicht blofs die Richtung ihrer Bewegung.

2936. So ist, nach meiner Hypothese, die wohlbekanntere Wirkung der Sonne auf die Nadel eine sehr indirecte. Die Sonne an einem gegebenen Ort afficirt die Atmosphäre; die Atmosphäre afficirt die Richtung der Kraftlinien; die Kraftlinien afficiren die in jeder Ferne liegenden, und diese afficiren die respective von ihnen beherrschten Nadeln.

2937. Der Bequemlichkeit wegen habe ich bei Betrachtung einer speciellen Wirkung der Atmosphäre von der von dem Daseyn der Sonne abhängigen Resultante in der Atmosphäre gesprochen, und will es auch noch ferner eine Weile, ohne damit eine directe Wirkung dieser Resultante

oder des sie liefernden Theils der Atmosphäre auf die Nadel (2933) zu verstehen, um zu erwägen, in welcher Höhe sie wahrscheinlich in der Luft gelegen sey. Dafs sie nicht an der Oberfläche der Erde liegen könne, ergibt sich aus der Depression der Linien und der Abnahme der Neigung zu St. Helena und Singapore während der Mitte des Tags; und dafs sie nicht einmal unter der Sonne liege, erhellt aus der Weise, in welcher die grösste Wirkung einigermaßen der Sonne vorausgeht, wie zu Hobarton, Toronto und anderen Orten, in verschiedenem Zeitbetrage; die grösste Wirkung erfolgt weder zur Zeit des Standes der Sonne im Meridian, noch zu der (späteren) des beobachteten Temperatur-Maximums, sondern etwas vor beiden Momenten. Die durch die Sonne in der Luft bewirkten Temperatur-Veränderungen finden unten und oben nicht gleichzeitig statt. Die oberen Luftregionen über einem gegebenen Ort werden von der Sonne bei und nach ihrem Aufgange afficirt, ehe die Luft unten afficirt wird. Die an der Erde beobachtete Temperatur zeigt uns nicht den gleichzeitigen Gang der oberen Veränderungen an, und kann eine sehr unvollkommene Kenntnifs davon gewähren. Unten liegt das Temperatur-Maximum oft zwei, drei oder vier Stunden hinter der Sonne, wogegen die Atmosphäre die direct von den Sonnenstrahlen empfangene Wärme weit schneller annehmen mufs. Es ist sehr wahrscheinlich, ja fast gewifs, dafs in den Sommermonaten die Temperatur noch um 4 oder 5 Uhr Nachmittags in den oberen Regionen steigt, während sie an der Erdoberfläche durch Ausstrahlung und andere Ursachen schon sinkt. Die in einigen Theilen Indiens und selbst in unseren Gegenden wohlbekannte Kältewirkung kurz vor Sonnenaufgang ist dieser Voraussetzung günstig. Erinnern müssen wir uns, dafs es nicht die absoluten Temperaturen der Luft an einem Orte sind, welche magnetische Variationen hervorrufen, sondern Temperatur-Unterschiede zwischen ihr und den umgebenden Regionen. Obwohl die oberen Regionen kälter als die unteren sind, können die Veränderungen in ihnen eben so

grofs oder gröfser seyn; sie erleiden Temperaturschwankungen (*range*), welche vermuthlich einflussreicher sind als höhere Schwankungen (*range*) (2967), und was wichtig ist, sie treten schneller und directer bei Gegenwart der Sonne ein. Die Wärmemenge, welche die Atmosphäre direct von den Sonnenstrahlen aufnehmen kann, wird angezeigt durch die verschiedenen Verhältnisse, welche wir von ihnen empfangen, wenn sie lothrecht oder schief zu uns gelangen, und somit mehr oder weniger Luft durchdringen; und nach Sonnenuntergang befinden sich die oberen Theile der Luft unter weit günstigeren Umständen zur Erkaltung durch Ausstrahlung als die unteren. So können die End-Veränderungen eben so grofs und gröfser seyn als unten, und doch lernen wir von ihnen, ihrer Ordnung oder Zeit, wenig durch die Temperaturbeobachtungen an der Erdoberfläche. Es läfst sich also für magnetische Effecte, wie die Depression der Kraftlinien zu St. Helena etc., aus physischen Ursachen nachweisen, warum der Hauptsitz der Wirkung oben seyn müsse.

2938. Bei dem Mittags-Effect geht das obere Ende der Nadel, auf seiner Rückkehr nach Osten, gewöhnlich eher durch die mittlere Lage (2935) als die Sonne westwärts durch den Meridian geht. In Toronto ist es etwa eine halbe Stunde voraus; auf St. Helena und in Washington anderthalb Stunden, in Greenwich und Petersburg zwei Stunden; und in Hobarton und am Cap der guten Hoffnung erfolgt der Durchgang um Mittag. Dergleichen Resultate scheinen anzudeuten, dafs der Ort der Maximumwirkung vor der Sonne liege, und wahrscheinlich ist dem so, doch nicht so sehr als man wohl zuerst vermuthet, wie ich glaube aus den folgenden Betrachtungen erhellen wird.

2939. Das Vorgehen der Zeit des Wirkungsmaximum mag zum Theil von einem Umstand wie der folgende abhängen. So wie die Sonne gegen einen Meridian vorrückt und ihn durchschneidet wird die Temperatur zuerst steigen und dann sinken, und das bewirkt an verschiedenen Orten die Verschiedenheiten, von welchen die magnetischen

Variationen abhängen. Allein diese hängen auch ab von der *Plötzlichkeit* der Verschiedenheiten und der Nähe, wo sie eintreten. Zwei Luftmassen von gleichen Temperaturunterschieden werden demnach die Kraftlinien stärker afficiren, wenn sie einander und der Nadel näher sind, als wenn sie weit davon liegen. Und ferner, wenn eine Luftmasse an einem Theile eine gewisse niedere Temperatur besitzt und, bei horizontaler Bewegung, erst rasch eine gewisse hohe Temperatur erhebt und dann langsam zu der früheren niedrigen herabsinkt, wird sie, wenn sie eine Reihe von Kraftlinien durchschneidet, dieselben vorn und hinten in entgegengesetzten Richtungen afficiren, am stärksten aber an der rasch veränderten Seite.

2940. Nun muß die Luft, als erhitzt durch die Sonne, sich in diesem Zustande befinden. Nach Analogie mit starren und flüssigen Körpern werden die Temperaturänderungen, welche sie erleidet, wenn man sie der Wärme aussetzt und dann entzieht, beim Steigen rascher seyn als beim Sinken, und so werden die Veränderungen in den vorangehenden Theilen rascher geschehen als in den nachfolgenden. Dazu kommt der Effect der Erwärmung der Atmosphäre durch die Erde; denn da diese die Wärme langsamer annimmt, wie aus der Zeit der Maximum-Temperatur hervorgeht, so werden ihre Effecte der oberen Luft allmählig mitgetheilt, und nach Fortgang der Sonne verzögern sie das Erkalten derselben und vergrößern den schon erwähnten Effect. Aus diesen Betrachtungen erhellt, daß der stärkste Effect und die größte Variation westlich von der Sonne, und die nachfolgende oder schwächere Wirkung östlich von derselben liegen muß. Die mittlere Lage der Nadel während der ganzen Veränderung würde der Sonne vorausgehen.

2941. Hr. Broun hat die tägliche Variation in verschiedenen Höhen beobachtet, nämlich zu Makerstoun und auf dem fast eine halbe (engl.) Meile höheren Gipfel der Cheviot Hills; er fand, glaube ich, keinen Unterschied in der Intensität, sah aber die Veränderung (*progress*) an der oberen Station *früher* eintreten. Es würde interessant seyn,

oben ein Observatorium zu errichten, allein um die erforderlichen Resultate zu finden, müßte man Luft, aber keine starre Substanz unter sich haben.

2942. Es giebt einen andern Umstand, welcher auf die *Zeiten* des Eintritts (*times of passages*) der Declinationsveränderung wesentlich einwirkt. Wenn zwei, im Norden und Süden des Aequators liegende Orte gleiche Neigung und entgegengesetzte Abweichung haben (*i. e. if both their upper ends point east or west*), so müssen die Effecte einander entsprechen und ein Paar bilden. Allein wenn beide eine östliche oder westliche Abweichung haben (damit, wie gewöhnlich, die des Nordendes der Nadel gemeint) so müssen die schon beschriebenen Veränderungen eintreten, so wie die Sonne zwischen ihnen hindurchgeht, allein in der *Zeit* würde ein Unterschied seyn. So wie die Sonne erscheint und heranrückt, werden die Nadeln *a* und *b* (Fig. 28. Taf. I.) höchst wahrscheinlich zusammen afficirt: allein, wenn beide Orte eine östliche Abweichung haben, wird der südliche, wenn sie näher kommt (*draws nigh*), früher und zugleich stärker afficirt, und nach einer mehr oder weniger langen Zeit wird an dem andern Orte eine entsprechende Wirkung folgen. Denn da die Nadeln zur Zeit, da sich die Sonne in ihren magnetischen Meridianen befindet, aus der ersten Hälfte der Reihe ihrer Veränderungen zu  $0^{\circ}$  zurückgekehrt sind, und der Eintritt in den Meridian der südlichen Nadel früher erfolgt als in den der nördlichen, so muß die südliche in ihren Veränderungen der nördlichen voraus seyn. Wäre die Declination an beiden Orten westlich, würde die nördliche Nadel der südlichen vorseilen.

2943. Die aufgestellte Hypothese rücksichtlich der Bewegungen der Nadeln stimmt nicht bloß im Allgemeinen mit den Thatsachen überein, und wird es auch, wenn meine Hoffnungen begründet sind, bei sorgfältigeren Vergleichen im Speciellen, sondern stimmt auch mit der *Größe* der Kraft, die zu den in gegebenen Stunden beobachteten Declinationen erforderlich ist. Ich habe mich bemüht, experimentelle Beweise von dem Unterschied der Wirkung des

Sauerstoffs und des Stickstoffs auf die der Erdkraft unterworfenen Nadeln zu erlangen, aber bisher vergeblich. Diefs ist jedoch nicht überraschend, da eine gesättigte Lösung von Eisenvitriol unter denselben Umständen ebenfalls kein Resultat gab. Vielleicht geben empfindlichere Apparate ein positives Resultat.

2944. Dafs kleine Sauerstoffmengen keine Anzeige von der Wirkung der gesammten Atmosphäre geben, wird nicht überraschen, wenn man erwägt, wie auferordentlich groß diese Masse ist und wie ungeheure Strecken sie einschließt von den Curven, vermöge welcher sie, der Hypothese nach, wirkt, und dafs dennoch die Wirkung auferordentlich klein ist. Die größte Declinationsveränderung (*the extreme declination*) zu Greenwich beträgt 12', gleich etwa 4' 24" der östlichen und westlichen Aenderung der freien Nadel, und das wäre das Ganze, was man zu erklären hätte. Schwerlich kann man erwarten, dafs kleine Sauerstoff- und Stickstoffmengen, die nur in einer Länge von wenigen Zollen auf die durch sie gehenden magnetischen Curven wirken, einen solchen Effect zeigen, wenn nicht Apparate von auferordentlicher, fast unendlicher Empfindlichkeit angewendet werden; allein aus dem, was ich gesehen, wenn Sauerstoff von verschiedener Verdünnung (2780) oder von verschiedener Temperatur (2861) mit einander verglichen wurde, bin ich zu glauben veranlaßt, dafs die Wirkung der Sonne auf den in der Atmosphäre vorhandenen zuletzt für hinreichend zur Hervorbringung dieser Variationen gefunden werden wird.

2945. Wo die Luft eine Temperatur- oder Volumsveränderung erleidet, da ändert sie die Richtung der Kraftlinien, und diese, vermöge ihrer Spannung, übertragen die Wirkung auf entferntere Linien (2934), deren Nadeln demgemäß afficirt werden. Die fortgepflanzte Wirkung wird stärker oder schwächer seyn, je nachdem die Entfernungen kleiner oder größer sind, und daher kann eine Veränderung in der Nähe die in der Ferne überwiegen; eine nahe Wolke mag momentan mehr bewirken als die aufgehende Sonne. Das sind die unregelmäßigen Variationen. Die Aus-



dehnung ihres Einflusses ergibt sich sehr gut aus den photographischen Aufzeichnungen von Greenwich und Toronto. Der Band der Greenwicher Beobachtungen von 1849 enthält ein photographisches Bild von den Veränderungen der Declination vom 18. bis 19. Febr. 1849. Zwischen 6 und 7 $\frac{1}{2}$  ändert sich dieselbe um 16' in 18 Zeitminuten oder um nahe 1' in jeder Zeitminute. Im Mittel beträgt die Veränderung für denselben Tag 1',95 in zwei Stunden oder 1 Sekunde für jede Zeitminute, so daß die unregelmäßige Variation (welche als eine locale in Bezug auf die Sonnenkraft zu der Zeit betrachtet werden kann) sechzig Mal größer ist als der Effect der großen Resultante; überdies hatte sie entgegengesetzte Richtung, ging von Ost nach West, während die mittlere Variation von West nach Ost ging.

2946. Eine andere Art zu zeigen, wie die Wirkung näher gelegener Theile der Atmosphäre die der ganzen überwältigt und versteckt, besteht darin, daß man durch eine photographische Darstellung wie die erwähnte die Linie der mittleren Variation zieht. Dann wird man sehen, wie gering der mittlere Effect auf die Nadel ist, verglichen mit dem unregelmäßigen und verhältnißmäßig localen Effect für denselben Zeitmoment. Der Magnet, welcher zu diesen Beobachtungen diente, war ein Stahlstab von 2 Fufs Länge, 1,5 Zoll Breite und 0,25 Zoll Dicke, folglich nicht für plötzliche Eindrücke empfänglich; ein kurzer Magnet würde wahrscheinlich viele Fälle zeigen, wo die unregelmäßige Variation mehrere hundert Mal größer wäre als die mittlere. Indes würden alle diese Unregelmäßigkeiten und überwiegenden Einflüsse näherer Massen eliminirt, wenn man aus mehrjährigen Beobachtungen das Mittel nähme; dadurch würde ein wahres Resultat erhalten, auf welches die ausgesprochene Hypothese angewandt und geprüft werden könnte.

2947. Kehren wir für eine Weile zu der jährlichen Variation (2882) zurück: ein guter Theil derselben ist schon bei der täglichen Variation discutirt worden. Die Anordnung der magnetischen Effecte nach den Monaten, wie sie

von Sabine für Hobarton, Toronto, St. Helena u. a. O. ausgeführt, erweist sich ungemein lehrreich und wichtig, besonders für Orte zwischen und nahe den Wendekreisen. Sie liefert für die jährliche Variation diejenige Art von Analysis, welche für die tägliche durch die Stunden gegeben wird. Jeder Monat erzählt uns, durch den Vergleich seiner Curve mit denen anderer Monate, seine eigene Geschichte, während er seinen Vorgänger und Nachfolger mit einander verknüpft.

2948. Ich werde später Gelegenheit nehmen, diese monatlichen Mittel zu betrachten, will indess bemerken, daß der durch diese Mittel angedeutete Effect des jährlichen Heranrückens und Zurückweichens der Sonne mit der Hypothese von nahen und fernen Wirkungen übereinstimmt (2945). Hobarton und Toronto liegen auf entgegengesetzten Halbkugeln, so daß die Sonne, wenn sie sich dem einen nähert, von dem andern entfernt, und demnach ändert sich die Größe der Variationen in entgegengesetzter Richtung. Dies zeigt der Durchschnittswerth für jeden Monat, bei Hobarton nach siebenjährigen, und bei Toronto nach zweijährigen Beobachtungen:

	Hobarton, 42°, 52',5 S.	Toronto, 43° 39' 35' N.
Januar	11,66	6,51
Februar	11,80	6,40
März	9,50	8,50
April	7,26	9,52
Mai	4,56	10,34
Juni	3,70 Winter	11,99
Juli	4,61	12,70 Sommer
August	5,89	12,68
September	8,24	9,72
October	11,01	7,59
November	12,05 Sommer	5,75
December	11,81	4,47 Winter.

Die beiden Stationen weichen in der Breite nur um 47' von einander ab, und der äußerste Unterschied des atmosphärischen Effects zwischen Winter und Sommer ist

eben so gering, beträgt für Hobarton, welches unter der höheren Breite liegt, 8',35 und für Toronto 8',23.

2949. Nach Dove ist die nördliche Hemisphäre im Juli um 17°,4 F. wärmer, und im Winter nur 10°,7 kälter als die südliche. Die Zahlen sind folgende:

Juli.	Nördl. Halbkugel	71°,0	} 62°,3 Ganze Erde.
	Südl. "	53,6	
Jan.	Nördl. "	48,8	} 54°,15 " "
	Südl. "	59,5	

Das Mittel des ganzen Jahres ist 59°,9 für die nördliche und 56°,5 für die südliche Halbkugel. Deshalb ist, wie Dove ferner zeigt, die ganze Erde im Juli, wann die Sonne auf die Land - Wasser - Theile (*terraqueous parts*) scheint, 8° wärmer als im Januar, wo sie über den Wasser-Regionen steht; und aus derselben Ursache ist das Mittel für die südliche Halbkugel 3°,4 geringer als das Mittel für die nördliche. Der Unterschied zwischen Januar und Juli beträgt für die nördliche Halbkugel 22°,2 und für die südliche nur 5°,9. Diese Unterschiede sind so eigenthümlich in ihrer Anordnung und so groß in ihrem Betrage, daß sie einen Einfluß auf die Vertheilung der magnetischen Kräfte der Erde haben müssen; allein die Data sind noch nicht hinreichend, die Resultate davon anzugeben. Sabine hält es aus seiner Analyse der Beobachtungen für wahrscheinlich, daß die Summe der erdmagnetischen Intensität größer ist, wann die Sonne in den südlichen Zeichen steht, d. h. während unseres Winters (2891). Ich würde dies der Theorie nach erwarten, wenigstens an den Orten, wo die Neigung nicht sehr groß ist; denn eine kältere Atmosphäre muß die Magnetkraftlinien besser leiten, und deshalb müssen die Systeme um die Erde sich zu der Zeit in den kälteren Theilen gleichsam condensiren. Es ist jedoch zweifelhaft, ob die Nadel diesen Unterschied anzeige, denn die Kraftlinien würden nicht, wie in dem früher (2922) vermutheten Fall, oben zurückgehalten seyn (*be restrained above*), sondern könnten sich aus dem Weltraum frei zusammenziehen

(gather in). Aus dem Gesagten geht jedoch hervor, daß ein solcher Schluß nur aus Beobachtungen, die gleichmäßig auf beiden Halbkugeln angestellt sind, mit einiger Zuverlässigkeit gezogen werden kann.

2950. Gelangen wir jemals zu einer genügenden Kenntniss der jährlichen Variation an mehreren Stationen in verschiedenen Theilen beider Hemisphären, so würden wir Data bekommen, nach welchen die Tiefe des Sitzes der Magnetkraft beurtheilt werden könnte; denn da diese Kraft durch die jährlichen Temperaturveränderungen (2884) voraussichtlich auf sehr großen Erstreckungen der Erdoberfläche Schwankungen erleidet, so würden diese an Charakter und Ausdehnung verschieden seyn, je nachdem der Ursprung der Linien sich mehr oder weniger tief gelegen erwiese.

2951. Rücksichtlich der vielen Variationen der Magnetkraft, die nicht periodisch sind oder nicht so abhängen von der Sonne, welche indess die schon (2945) erwähnten unregelmäßigen und überwiegenden Veränderungen, wie ich voraussetze, in Folge localer Störungen der Atmosphäre hervorruft: so mag es mir erlaubt seyn, meine Gedanken darüber mitzutheilen.

2952. Die *Veränderung des Druckes* der Atmosphäre auf einen gegebenen Theil der Erdoberfläche muß eine Variation an diesem Theil der Erde hervorbringen. Sie er giebt sich durch einen Unterschied von 3 Zoll Quecksilberhöhe oder als ein Zehntel des Gewichts der Atmosphäre. Nun ist der Sauerstoff in einem gegebenen Raum paramagnetisch nach Verhältniß seiner Menge (2780), und deshalb scheint es nicht möglich, daß diese Menge an einer gegebenen Stelle der Erdoberfläche, sie mag nun wie zuvor nach dem Volum, oder nach dem Gewicht in einem gegebenen Volum an der Erdoberfläche betrachtet werden, bis zu einem Zehntel des Ganzen variire, ohne daß nicht entsprechende Veränderungen in der Vertheilung der Magnetkraft dadurch bewirkt werden. Bei Erhöhung der Quantität oder des barometrischen Drucks ziehen sich die Linien zu-

sammen und die Kraft wird intensiver; bei Verringerung des Drucks erfolgt das Umgekehrte.

2953. An jedem Ort gegen die Gränzen des Raumes hin, wo der Luftdruck zu- oder abnimmt, werden wahrscheinlich Veränderungen in der Richtung der Kraftlinien eintreten, vorzüglich an solchen Orten, die zwischen zwei anderen liegen, an deren einem die Atmosphäre sich anhäuft, während sie an dem andern sich zurückzieht. Ob diese Veränderungen (welche, wie ich glaube, erfolgen müssen) durch ihre Nähe hinreichend große Effecte erzeugen, um an unseren magnetischen Instrumenten merkbar zu werden, ist eine späterhin zu lösende Aufgabe. Die Ursache anzudeuten ist nützlich, weil die Kenntniss von dem Daseyn, der Natur und Wirkung derselben auf die Mittel führt, ihre Wirkungen am besten zu beobachten.

2954. *Winde und große Strömungen in der oberen Luft* mögen oft, wenn sie nur einige Zeit anhalten, von magnetischen Veränderungen begleitet seyn. Eine beständige Strömung, wie der Passatwind, mag einen beständigen Effect ausüben; wenn aber, während die Anordnung der Magnetkraftlinien in der Atmosphäre, gemäß deren Beschaffenheit zu der Zeit, sich in einem gegebenen Zustande befindet, ein Wind entsteht, welcher kalte und warme Luftmassen mit einander vermischt, oder die Luft in einer Gegend dichter als in einer anderen macht, oder, indem er von einer zur anderen geht, Gegenden ausgleicht, die zuvor in verschiedenen Zuständen waren, so wird jede solche Veränderung begleitet seyn von einer entsprechenden Veränderung in der Anordnung der Magnetkraft, welche wir vielleicht künftig durch unsere magnetischen Instrumente ausmitteln werden. Selbst Fluth und Ebbe müssen eine Wirkung ausüben, obwohl sie viel zu gering seyn mag, um sichtbar gemacht zu werden.

2955. Die Fällung von *Regen* oder *Schnee* ist theoretisch ein Grund zur Veränderung der magnetischen Verhältnisse des Raumes, worin sie stattfindet; weil sie die Temperatur ändert und eine Menge verdünnender diamagnetischer

magnetischer oder neutraler Materie aus demselben entfernt. Ein kühler (*chilling*) *Hagelschauer* könnte im Sommer auf die Nadel wirken. *Wolken* mögen in mehrfacher Weise einen merklichen Einfluss ausüben, zuweilen durch ihre Verschiedenheit von den benachbarten heiteren Luftschichten, zuweilen durch Absorption der Sonnenstrahlen und Entwicklung einer merklichen Wärme in verschiedenen Höhen und an verschiedenen Orten der Atmosphäre oder durch mehr oder weniger große Verhinderung ihrer Entwicklung an der Erdoberfläche. Diejenigen wärmeren oder kälteren Luftmassen, von welchen die Meteorologen sprechen, und welche wegen ihrer Durchsichtigkeit nicht sichtbar sind, üben eine verhältnismäßige Wirkung aus. Und theoretisch gesprochen, wäre es nicht absolut unmöglich, daß die warme und theilweise desoxydirte Luft einer großen Stadt, wie London, die Instrumente in der Nachbarschaft afficirte, und, wenn dem so ist, würden sie dieselben zu verschiedenen Zeiten ungleich afficiren, je nach der Richtung des Windes.

2956. Wenn man sich an der Erdoberfläche einen Fleck denkt, welcher daselbst die Resultante der atmosphärischen Actionen darüber vorstellt, und betrachtet deren Lauf, wie sie unter dem Einfluss der verschiedenen, zum Theile angeführten Ursachen hin- und herwandert, während sie noch mit der Sonne fortgeht; so kann man sich eine Idee bilden von der Weise, wie sie die auf der Erde vertheilten Observatorien afficirt. Ich glaube daß ihre Bahn, was die östliche und westliche Richtung der Wanderungen betrifft, sich zum Theil in den photographischen Aufzeichnungen, von Greenwich und Toronto ausspricht, jedoch gemischt mit anderen Veränderungsursachen. Dieser Fleck kann concentrirt oder diffuse seyn, kann fortgehen und anderswo wieder erscheinen; ja es kann deren gar zwei oder mehrere geben, hinreichend stark um die Nadel zwischen ihnen in Schwingungen zu versetzen.

2957. Das Nord- oder Südlicht kann schwerlich unabhängig seyn von der magnetischen Beschaffenheit der Atmosphäre, da es in den Regionen derselben und vielleicht

in dem Raume darüber vorkommt. Der Ort des Nordlichts ist im Allgemeinen unter denjenigen Breiten, deren Luft durch Temperatur- und Quantitätsunterschiede eine bestimmte magnetische Relation zu der unter dem Aequator hat, und beide, das Polarlicht und das Medium, worin es vorkommt, sind durch magnetischen Charakter mit einander verknüpft; es wird uns daher wahrscheinlich zu einem bessern Verständniß des ersteren führen, wenn wir das letztere beachten und einigermaßen zu kennen suchen. Das Polarlicht ist schon verknüpft mit magnetischen Störungen und Stürmen, und dereinst mag es auch in einer bis jetzt noch nicht voraussehenden Weise mit den Veränderungen der Atmosphäre verknüpft werden.

2958. Können Humboldt's magnetische Gewitter von atmosphärischen Veränderungen herrühren? Diefs ist eine Frage, auf welche ich Folgendes bemerke. Gesetzt, es wäre ein magnetischer Rest in der Atmosphäre, und es wären alle örtlichen oder unregelmäßigen Variationen zur Zeit unverändert geblieben; wenn dann an einem Ort eine Veränderung einträte, so würde sie augenblicklich überall auf der ganzen Erde verspürt werden, im Verhältniß zur Entfernung von dem Orte der Veränderung. Sie würde augenblicklich verspürt werden, weil der Impuls hauptsächlich oder wesentlich nicht durch die Masse der Erde oder Luft, sondern durch den Raum darüber fortgepflanzt würde; denn die Linien daselbst würden in demjenigen ihrer Theile, welcher durch die Atmosphäre geht, Veränderungen erleiden, und, wie ich mir denke, auf die übrigen Linien im Raume rings um unsere Erdkugel einwirken, und diese würden ihrerseits ihre zur Erde herabgehenden Theile afficiren, welche die Nadeln beherrschen. Im Weltraum, wo die Magnetkraftlinien nicht mit Materie verknüpft sind (2787. 2917), denke ich mir, werden die Veränderungen derselben mit der Schnelligkeit des Lichts oder gar mit der höheren Schnelligkeit oder Instantanität fortgepflanzt, welche wir für die Linien der Gravitationskraft annehmen; und wenn dem so

ist, würde eine magnetische Störung an einem Ort instantan auf der ganzen Erde verspürt werden.

2959. Allein die Schwierigkeit ist: sich eine atmosphärische Veränderung zu denken,\* die ausgedehnt und plötzlich genug wäre, um sich unter den vergleichend localen Variationen, die fortwährend stattfinden, überall zu derselben Zeit bemerklich zu machen. Wenn indess in diesen Störungen, durch die Opposition entgegengesetzter Kräfte, ein Stillstand (*lull*) zur selben Zeit an zwei oder mehreren Orten einträte, könnten jene Orte einen gleichzeitigen Störungseffect zeigen, und dies selbst dann, wenn die Ursache an dem Orte, wo sie vorkäme, wenig oder gar nicht merkbar wäre. Eine gleichzeitige Aenderung über einen Flächenraum von 600 oder 800 (engl.) Meilen im Durchmesser könnte in der Mitte dieses Raumes eine geringere Aenderung hervorbringen als an den Enden der Radien von 1000 Meilen.

2960. Es wird eine schöne Principfrage, in wiefern Luftmassen vermöge der sie durchdringenden Magnetkraft bewegt werden können. Wenn zwei Volume Sauerstoff von verschiedener Dichtigkeit einem kräftigen Magnet mit intensivem Kraftfelde unterworfen werden, ist die mechanische Verdrängung des einen durch das andere sehr auffallend. Ob in der Natur die ungeheure Grösse der betreffenden Luftvolume und der Unterschied in der Intensität der erdmagnetischen Kraft unter den verschiedenen Breiten, wo sie vorkommen, im Verein mit dem Temperatur-Unterschied, hinreichend seyen, den geringen Sauerstoffgehalt der Luft und die kleineren Dichtigkeitsschwankungen zu compensiren, ist eine Frage, die sich für jetzt nicht beantworten läßt. Das Differential-Bewegungsergebnis ist, wie gezeigt, sehr groß, wogegen das directe Resultat, wie das der Compression, nicht nur sehr klein, sondern Null ist (2774. 2750), und die Atmosphäre ist eine Region, wo es sich um die Differential-Wirkung enormer Massen handelt.

2961. Was nun den Unterschied in der Intensität be-



trifft, so schliessen Gay-Lussac und Biot aus ihren Beobachtungen <sup>1</sup>), das die Magnetkraft in einer Höhe von vier (engl.) Meilen dieselbe sey wie an der Erdoberfläche. Allein Hr. Kupffer zieht aus Gay-Lussac's Beobachtungen den Schluss, das dort eine geringe Abnahme stattfinde, und Prof. Forbes folgert aus seinen in verschiedenen Theilen von Europa gemachten Versuchen, das die Kraft nach oben zunehme <sup>2</sup>). Eine solche Abnahme mag die Folge des gröfseren Abstandes von der Quelle der erdmagnetischen Kraft seyn, oder was wahrscheinlicher ist, mag davon herühren, das der Sauerstoffgehalt dort ein anderer wie an der Erdoberfläche ist. Nach Gay-Lussac's Angabe, hatte die von ihm herabgebrachte Luft 0,5 von der Dichte der unteren. Folglich würde die dem Raum des oberen Orts, von dem die Luft genommen ward, hinzugefügte paramagnetische Kraft nicht mehr als die Hälfte von derjenigen seyn, welche unten durch die Gegenwart der dichteren Atmosphäre hinzugefügt wird. Diefs glaube ich mus einen Unterschied in der Vertheilung der Magnetkraft machen, fast sicher unter dem Aequator, wo die Kraftlinien parallel sind der allgemeinen Richtung der Atmosphäre (2881), und für die horizontale Componente, auch unter der Breite, unter welcher Gay-Lussac und Biot ihre Luftreisen machten. Es ist auch ebenso möglich, das die Beobachter in solcher Relation zu der wärmern oder kältern Luft der Umgebung standen, das durch einige der vorhin (2951) beschriebenen Umstände der beobachtete Unterschied erzeugt oder vielmehr abgeändert werde.

2962. Mag indess das von Gay-Lussac und Biot erlangte Resultat eine von dem Abstand herrührende Kraftveränderung anzeigen oder nicht, so wissen wir doch, das die Kraft, vom magnetischen Aequator aus nach Norden und Süden, grofse Veränderungen erleidet; wie Humboldt und Bessel sagen, vom Aequator nach den Westgränzen

1) *Ann. de chim. An. XIII. Vol. LII. p. 86.*

2) *Edinb. Phil. Transact. 1836. Vol. XIV. p. 25.*

der Baffin's-Bay verdoppelt wird. Und wenn so wenig wie ein Drittel-Kubikzoll Sauerstoff eine Kraft auszuüben vermag gleich der von einem der Wirkung unseres kräftigen Magnets unterworfenen Zehntel-Gran (wovon? P.), so läßt sich wohl begreifen, daß die auch nur in wenig Kubikmeilen (*miles*) erwärmter oder erkälteter Luft vorhandene ungeheure Menge Sauerstoff den großen Unterschied der Magnetkraft compensiren, und so, durch eine Ortsveränderung, Luftströme oder Winde verursachen kann, welche ihren Ursprung in der Magnetkraft haben. In solchem Fall würden wir eine Relation der Magnete zu Stürmen haben und die Magnetkraft der Erde hätte zu thun mit den mechanischen Anordnungen und Variationen der Atmosphäre, zuweilen Strömungen veranlassend, die ohne sie nicht existiren würden, und zu anderen Zeiten sich denen widersetzend, die sonst entstanden wären, je nachdem die Differentialrelationen, durch welche sie wirken würde (2757), mit den natürlichen Ursachen zur Bewegung der Luft sich combinirten oder im Gegensatz befänden. Solche Bewegungen würden auf die Magnetkräfte rückwirken und diese würden sich rejustiren, und so würde es sowohl materielle als potentielle magnetische Gewitter (*storms*) in der Atmosphäre geben, wie sie von der letzteren Art in der Erde vorausgesetzt worden sind.

2963. Beim Schlusse dieser Mittheilung habe ich noch meinen Freunden, dem Obersten Sabine und dem Professor Christie zu danken für das Interesse, welches sie an dem Gegenstand nahmen, Ersteren noch für die außerordentliche Gefälligkeit, mit der er mir die Benutzung von Beobachtungen und deren Daten gestattete, muß aber bemerken, daß sie durchaus nicht verantwortlich sind für die eigenthümlichen Ansichten, welche ich auszusprechen wagte. Ich erkenne wohl, daß Vieles von dem, was ich schrieb, auf sehr unzureichender Betrachtung beruht, hoffe indess, daß in der Darstellung der von mir vermutheten physischen Ursache der Variationen einiges Wahre liege, und habe des-

halb mit deren Veröffentlichung nicht angestanden, glaubend das es der Wissenschaft zum Vortheil gereiche. Die magnetischen Eigenschaften und Beziehungen des Sauerstoffs sind vollkommen klar und deutlich, und durch den Versuch festgestellt (2774. 2780); und es ist keine Hypothese diese Eigenschaften auf die Atmosphäre zu übertragen, da die Atmosphäre, als ein bloßes Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff, dieselben ebenfalls besitzt (2862) <sup>1</sup>). Sie variirt in ihren magnetischen Kräften durch Ursachen, welche unter natürlichen Umständen auf sie einwirken, und sie befähigen, einige der Effecte zu erzeugen, welche ich mich bemüht habe im Allgemeinen zu beschreiben.

2964. Wenn sie, auch nur zum Theil, eine Ursache der beobachteten magnetischen Variationen ist, so ist es doch sehr wichtig, eine solche Quelle der Wirkung zu identificiren und unterscheiden, wenn auch selbst unvollkommen; denn die Aufmerksamkeit wird dann auf die Wirkung und die von ihr erzeugten Phänomene hingelenkt. Die ange deutete Ursache hat den Vorzug, periodisch und in denselben Perioden vorzukommen, wie eine große Klasse der Effecte, die sie voraussetzlich erzeugen kann; und wenn die Uebereinstimmung anfangs auch weit allgemeiner scheinen sollte, wird sie ihren Anspruch auf unsere Aufmerksamkeit sehr erhöhen. Sie hat den Vorzug Erklärungen und selbst Vermuthungen über viele andere magnetische Vorgänge, außer den periodischen, anzubieten, und zeigt sich zu einer Zeit, wo wir keine klare Kenntniß von einer andern physischen Ursache der Variationen haben, sondern vage darauf beschränkt sind, sie von eingebildeten elektrischen Strömen in der Luft oder dem Raume darüber oder in der Erde abzuleiten.

2965. Die Ursache sowohl der ursprünglichen Kraft als deren secularen Veränderungen ist uns unbekannt. Wenn wir aber, bei Betrachtung der Erde als Magnet, im Stande wären, zwischen innerer und äußerer Wirkung zu unter-

1) *Phil. Mag.* 1847 *Vol. XXXI.* pp. 409, 406. (Ann. Bd. 73, S. 257).

scheiden, und eine große Klasse von Erscheinungen von dem Reste zu trennen, so würden wir genauer beurtheilen können, was uns in beiden Richtungen zu wissen Noth thut, welche Probleme einer Lösung bedürfen, und wie neue Winke aus der Natur über die Quelle der Kraft und deren Effecte zu würdigen sind.

2966. Der Magnetismus des Sauerstoffs scheint mir wunderbar zu seyn. Der Sauerstoff ist das in der Luft, was das Eisen in der Erde ist. Das fast gänzliche Verschwinden seines Magnetismus, wenn er Verbindungen eingeht, wie mit Stickstoff, Kohlenstoff und selbst mit Eisen, wobei er, bei gleichem Gewicht, weiter unter den Zustand des Metalls oder des Sauerstoffs reducirt wird, ist höchst merkwürdig (*impressive*). Eben so auffallend ist der Contrast mit dem Stickstoff, der ihn verdünnt; und diese Verschiedenheit erinnert an die, welche auch in Bezug auf statische Elektrizität (1464) und die Leidener Flasche zwischen ihnen existirt. Chlor, Brom, Cyan und deren Genossen, um chemisch zu sprechen, haben keine magnetische Beziehung zum Sauerstoff. Er steht in dieser Beziehung, wie in allen seinen chemischen Actionen, allein in der Natur.

2967. In Bezug auf den atmosphärischen Magnetismus ist noch viel mit Sauerstoff zu thun. Der Betrag seiner paramagnetischen Kraft bei verschiedenen Graden der Temperatur und der Verdünnung ist noch genauer zu ermitteln, und diess hoffe ich mittelst einer Torsionswaage zu bewerkstelligen (2783).

2968. Schwerlich kann Jemand über den atmosphärischen Magnetismus nachdenken, ohne auf die großen Fragen zu gerathen: Was bezweckt die Natur mit diesem Magnetismus der Atmosphäre, warum ist er jährlichen und täglichen Veränderungen unterworfen, und warum verschwindet er ganz, wenn er (der Sauerstoff) beim Verbrennen oder Einathmen Verbindungen eingeht. Unzweifelhaft giebt es einen Zweck oder mehre, denn nichts ist überflüssig in der Natur. Bei physischen Kräften finden wir keinen Mangel oder Ueber-

flufs (*remainders or surplusage*) an Wirkung. Die kleinste Vorkehr (*provision*) ist so wesentlich als die größte. Nichts ist mangelhaft, nichts kann gespart werden.

Royal Institution 14. Sept. 1850<sup>1</sup>).

### III. Ueber die Reflexion an der Oberfläche durchsichtiger Körper; von Hrn. J. Jamin.

(*Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. XXIX. p. 263.* — Auf diese Abhandlung wurde bereits im Bd. 82 S. 279 d. Ann. verwiesen.)

Von allen optischen Phänomenen scheint ohne Widerrede das der Reflexion gegenwärtig am besten gelöst zu seyn. Die Erscheinungen, stets den mathematischen Formeln entsprechend, sind von diesen so oft vorausgesehen worden, daß neue Versuche über den Gegenstand überflüssig erscheinen würden, wenn nicht einige gewichtige Einwürfe, deren Aufzählung mir verstattet seyn mag, doch wiederum Zweifel erregten.

Die von Fresnel zur Berechnung der Intensität des reflectirten Lichts gegebenen Formeln, setzen, wie er selbst sagt, voraus, daß an der Trennungsfläche zweier Mittel die Vibrationsperioden der einfallenden und reflectirten Welle zusammenfallen. Wenn dieser Satz richtig wäre, würde jede weitere Bestätigung überflüssig seyn; allein wenn er nur eine unbewährte Hypothese wäre, wenn die Phase der Lichtbündel geändert würde durch die Reflexion, so würden die Formeln mit den daraus abgeleiteten Folgerungen zerrinnen.

- 1) Das Original giebt nun noch eine Reihe von Tafeln mit stündlichen Beobachtungen der Declination und der Temperatur zu Toronto, St. Petersburg, Washington, Athabaska-See und Fort-Simpson. Da sie indess nicht wesentlich für die obigen Betrachtungen sind, so glauben wir sie hier, der Raumersparung wegen, fortlassen zu dürfen. P.