

Ueber Erdmagnetismus.

Von

DR. STANISLAUS KOSTLIVY,

Adjuncten der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus.

Vortrag, gehalten am 9. März 1881.

Im vorigen Jahre hatte ich bereits die Ehre, in diesem geehrten Vereine über Erdmagnetismus zu sprechen.

Wir haben damals*) betrachtet, wie die sogenannten erdmagnetischen Constanten (Declination, Inclination und Intensität) bestimmt werden können und wie sich dieselben nicht nur von Ort zu Ort (z. B. Declination in Europa jetzt westlich, in Asien östlich), sondern auch im Laufe der Zeiten (seculäre Aenderungen) ändern; es bleibt mir nun noch übrig zu besprechen, ob und wie sich dieselben im Verlaufe eines Tages, Jahres u. s. w. ändern und inwieweit ein Zusammenhang zwischen diesen und anderen Naturerscheinungen sich erweisen lässt.

Wir haben gesehen, dass für unsere Breiten die seculäre Aenderung darin besteht, dass die Declination jährlich um $6\cdot1'$, die Inclination um $2\cdot5'$ abnimmt, hingegen die Intensität um $0\cdot0019$ G. E. zunimmt.

*) Vortrag am 17. März 1880 (der Schriften des Vereines XX. Jahrgang, pag. 717 ff.)

Diese Aenderungen gehen jedoch nicht in der Weise vor sich, dass die Richtung der Nadel oder die Grösse der Kraft langsam und gleichförmig sich ändert, vielmehr ist die Nadel fortwährenden Schwankungen um ihre mittlere Lage unterworfen.

Die Entdeckung, dass die Declinationsnadel eine bestimmte, täglich regelmässig wiederkehrende Oscillation vollführt, machte Graham in London im Jahre 1722; als er eine 12-Zoll lange Magnetenadel beobachtete, die auf einem Hütchen schwebte und deren Lage er bis auf 2 Minuten genau bestimmen konnte, fand er, dass die Lage der Nadel innerhalb einer gewissen Grenze nicht nur von Tag zu Tag, sondern auch von Stunde zu Stunde eines und desselben Tages verschieden war. Anfänglich glaubte er in der Reibung an der Spitze die Ursache suchen zu müssen; nachdem er aber Nadeln von verschiedenem Gewichte und in verschiedenartiger Aufhängung untersuchte und dennoch eine übereinstimmende Bewegung derselben fand, kam er auf Grundlage seiner mehr als 1000 gemachten Beobachtungen zu dem Schlusse, dass die Nadel eine regelmässig wiederkehrende Bewegung zeigt. Genauer und vollständiger wurde die tägliche Aenderung der Declination erforscht durch Anders Celsius im Jahre 1740, welcher zuerst die Stunden des Minimums und Maximums der Declination richtig festsetzte.

Wir haben gesehen, dass die Beobachtung der erdmagnetischen Constanten immer eine längere Zeit

in Anspruch nimmt und immer nur für die mittlere Zeit der ganzen Beobachtung gilt; will man aber die Aenderungen näher verfolgen zu genau bestimmten Zeiten, so sind dazu andere Apparate nothwendig, die gestatten, die Aenderung der Lage der Nadel gewissermassen durch einen Blick zu constatiren. Anfänglich bediente man sich der Declinatorien, bei welchen man durch mikroskopische Ablesung einer an dem Stabe befindlichen Marke auf einer feinen Theilung die Stellung der Nadel beobachtet hat. Durch die Construction seines Magnetometers hat Gauss, sowie später Lamont durch Construction seiner Variationsapparate es ermöglicht, mit leichter Mühe den Gang der Nadel zu verfolgen. Mit Hilfe der letzteren Apparate wird der Stand der Nadel mittelst der sogenannten Poggendorff'schen Spiegelablesung beobachtet. Von einer beleuchteten Scala fällt nämlich das Licht auf einen Spiegel, der mit der Nadel fest verbunden ist und somit seine Stellung wie die Nadel selbst ändert; das Licht wird von dem Spiegel reflectirt und gelangt in ein Fernrohr, in welchem ein verticaler Faden eingezogen ist. Je nach der Stellung des Spiegels werden immer andere und andere Theilstriche der Scala in's Fernrohr gelangen und dadurch die kleinste Veränderung im Stande der Nadel zu beobachten möglich sein.

Da jedoch hiebei die Anwesenheit des Beobachters nothwendig, andererseits die ausser der Beobachtungszeit stattfindenden Bewegungen der Nadel ver-

loren gehen, hatte man auch daran gedacht, selbst-registrierende Apparate zu construiren. Die beste Art ist die Registrierung mit Hilfe der Photographie, da bei mechanischen Registrirungen (z. B. Schreiben eines mit der Nadel fest verbundenen Stiftes auf Papier) zu sehr die Bewegung der Nadel gehemmt würde. Das Princip dieser Einrichtung ist folgendes: Ein Lichtstrahl z. B. von einer Gasflamme L fällt durch eine feine Spalte a auf einen Spiegel S , der an dem beweglichen Magnet angebracht ist, wird von diesem

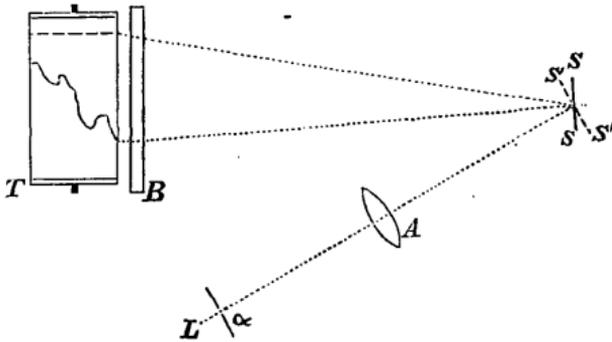


Fig. 1.

zurückgeworfen und trifft auf ein sensitives, photographisch präparirtes Papier, welches auf einer Trommel T befestigt ist, die durch eine Uhr continüirlich um ihre Axe bewegt wird. Der Lichtstrahl trifft auf seinem Wege eine Linse A , welche verursacht, dass auf dem Papiere ein deutliches Bild der Spalte a , somit eine Linie entstehen würde. Bevor aber der Lichtstrahl das Papier trifft, wird er gezwungen, eine Cylinderlinse B zu passiren, welche die Linie zu einem Punkte zusammenzieht. Wäre die Trommel

in Ruhe und nur der Magnet in Bewegung, so müsste eine schwarze Linie parallel zur Axe der Trommel entstehen und die Länge der Linie würde der Grösse der Bewegung der Nadel entsprechen. Wäre hingegen der Magnet in Ruhe und würde sich die Trommel drehen, so müsste um die Trommel herum eine Linie entstehen, die auf dem abgenommenen Papier als eine Gerade, senkrecht zur Axe der Trommel, erscheinen würde. Eine solche Linie wird auch jedesmal gezeichnet durch einen zweiten, unterhalb des ersteren angebrachten, fixen Spiegel S' . Wenn jedoch die Trommel durch die Uhr bewegt wird und gleichzeitig auch der Magnet oscillirt, so wird eine unregelmässige Curve entstehen müssen, die uns somit mit Hilfe der Abstände von der vom fixen Spiegel gezeichneten Geraden (der „Basislinie“) die Aenderung der magnetischen Constanten verfolgen und berechnen lässt. Ist z. B. bei dem Declinationsmagneten die Richtung des fixen Spiegels mit Rücksicht auf den astronomischen Meridian bekannt, so lässt sich mit Hilfe der gemessenen Abstände der Curve von der Basislinie für jeden Zeitpunkt die Richtung des magnetischen Meridians ermitteln. Es wäre noch die Zeitmarkirung zu erwähnen. Zu jeder vollen Stunde oder jede zweite Stunde fällt (durch die Uhr bewegt) ein Schirm auf 1—2 Minuten vor den Lichtpunkt des fixen Spiegels, hält das Licht ab und die durch Einwirkung des Lichtes entstandene schwarze Linie

zeigt Unterbrechungen, wodurch eine Zeitscala entsteht. Die Uhr bewegt zwei horizontale (für Declination und Horizontal-Intensität) und eine verticale Trommel für die Vertical-Intensität. Als Declinationsmagnet dient ein Magnetstab, der an einem einzigen Faden hängt und die Oscillationen um die Mittellage des magnetischen Meridians vollführt. Die Registrirung der horizontalen Intensität geschieht mit Hilfe der biflaren Suspension (doppelter Draht). Die zwei Enden eines feinen Stahldrahtes sind auf einer horizontalen Schraube befestigt, deren Richtung senkrecht zum magnetischen Meridian; der Magnet hängt auf einer Rolle, um welche herum jener Draht läuft, und wird daher immer einen Winkel mit dem magnetischen Meridian bilden. Die erdmagnetische Kraft strebt den Magnet in den magnetischen Meridian zu drehen, was zur Folge hat, dass die Drähte sich verdrehen und den Magnet heben werden. Dadurch gelangt eine Kraft zur Wirkung, die den Magnet in die frühere Lage zurückzuführen sucht. Je nach der Grösse der erdmagnetischen Kraft wird die Nadel mehr oder weniger dem Meridian genähert und aus der Aenderung der Lage des Magneten kann man auf die Aenderung der Kraft schliessen. Zur Bestimmung der Verticalkraft dient eine in der verticalen Ebene bewegliche Nadel, die mittelst Schneiden auf Achatplatten ruht und gewissermassen wie eine Wage functionirt. Die Zunahme der Verticalkraft bewirkt

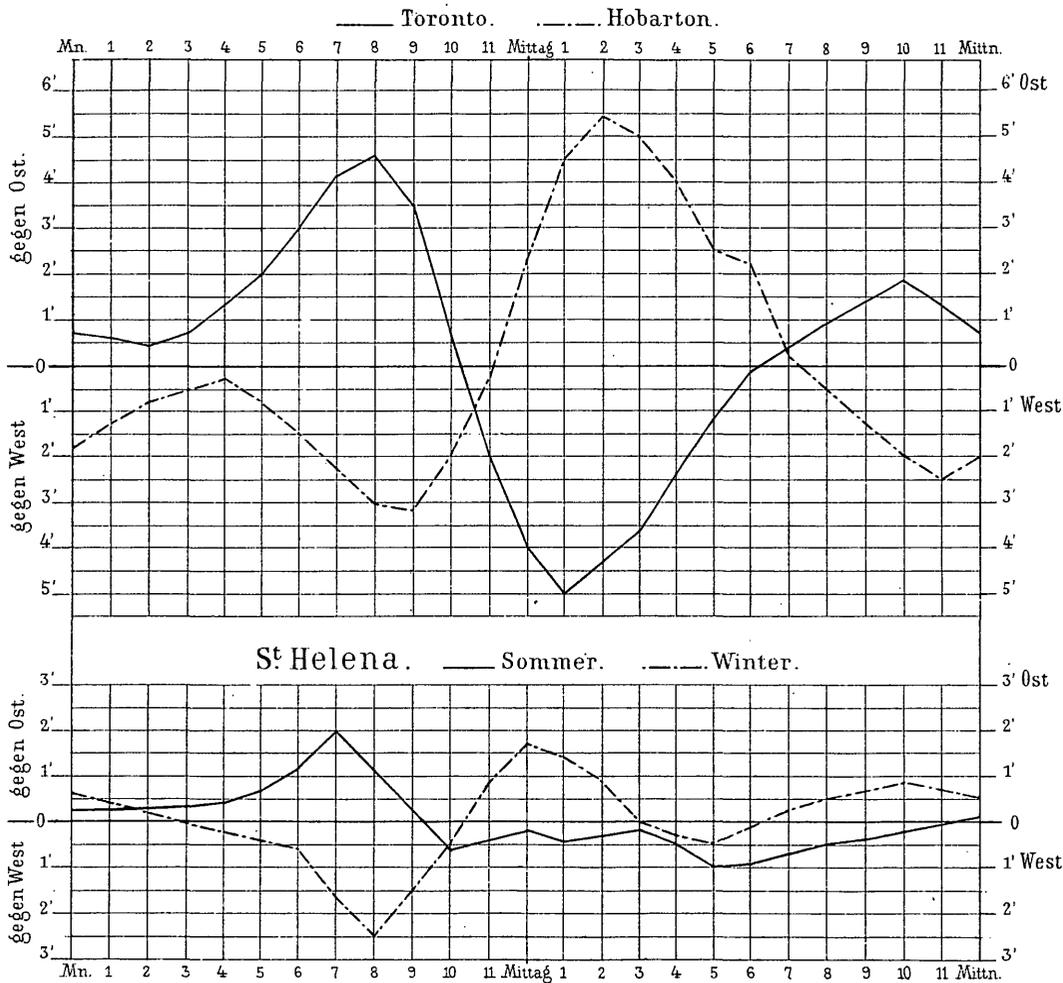
ein stärkeres Neigen der Nadel, wie bei der Wage das Zulegen von Gewichten die grössere Neigung des Wagebalkens. Da aber hier die Bewegungen in einer Verticalebene vor sich gehen, ist auch eine um eine verticale Axe drehbare Trommel nothwendig. Namentlich mit Hilfe dieser Apparate ist unsere Kenntniss von den Aenderungen der magnetischen Constanten von Stunde zu Stunde sehr gefördert worden.

Wenn man nun aus allen Beobachtungen, die zu denselben Tagesstunden an allen Tagen eines Monates erhalten wurden, das Mittel nimmt, so erhält man das Monatsmittel für die einzelnen Stunden; bildet man nun Differenzen gegen das allgemeine Monatsmittel (aus allen Tagen und Stunden), so erhält man einen Ueberblick über die mittlere Bewegung der Nadel im Laufe eines Tages in dem betreffenden Monate (Solar-Diurnal-Variation).

Declination. In den mittleren Breiten der nördlichen Hemisphäre hat das Nordende der Nadel um 8 Uhr Vormittags den östlichsten Stand, worauf es sich westwärts bewegt bis gegen $\frac{1}{2}$ 2 Uhr Nachmittags, zu welcher Zeit die westlichste Stellung beobachtet wird. Von 2 Uhr Nachmittags bis 8 Uhr Morgens ist die Bewegung gegen Ost, jedoch sehr langsam und wird um die Mitternachtsstunden von einer kleinen westlichen Bewegung unterbrochen. In den mittleren Breiten der südlichen Hemisphäre befolgt das Südende der

Nadel dieses Gesetz, die Bewegung des Nordendes der Nadel wird somit entgegengesetzt ausfallen müssen. Früher war man der Ansicht, dass es um die Erde herum eine Linie geben müsse, auf welcher die Kräfte, die diese entgegengesetzten Bewegungen der Nadel auf beiden Hemisphären veranlassen, sich neutralisiren, auf der also die täglichen Variationen völlig verschwinden. Dieser Meinung war auch Humboldt, der für diese Linie auch den Namen „Linie ohne Variation“ vorschlug. Auch Arago sagt im „Annuaire“ 1836: Es ist unmöglich, dass die westliche Bewegung unvermittelt übergehe in eine östliche, dass daher eine Linie nothwendig existiren müsse, wo zur selben Zeit die Bewegung weder östlich noch westlich, d. h. die Nadel ohne Variation sei (*reste stationaire*). Zur näheren Bestimmung dieser Linie wurden magnetische Stationen errichtet, 1840 zu Singapore, später auf St. Helena und am Cap der guten Hoffnung und nach fünfjährigen Beobachtungen konnte General E. Sabine im Jahre 1847 das Resultat verkünden, dass keine solche Linie ohne tägliche Variation existire, dass vielmehr die tägliche Bewegung der Nadel abwechselnd übereinstimmt mit den Hauptbewegungen beider Hemisphären. So hat auf St. Helena und namentlich zu Trevandrum die Bewegung der Nadel von Mai bis August den charakteristischen Gang der nördlichen und von November bis Februar den der südlichen Hemisphäre,

Täglicher Gang der Declination.





und der Uebergang von einem Typus zum andern findet während der Aequinoctien statt, d. h. wenn die Sonne über dem Aequator steht (März und April, September und October). Zu dieser Zeit nimmt die Nadel mehr oder weniger Theil an den charakteristischen Bewegungen der beiden Hemisphären.

Auf Tafel I ist die tägliche Bewegung der Declinationsnadel zu Toronto (nördl. Hemisphäre) durch die volle Curve und zu Hobarton (Tasmanien, südliche Hemisphäre) durch die gestrichelte Curve dargestellt. Man ersieht daraus auch, wie die äussersten Stellungen der Nadel sich in der südlichen Hemisphäre gegenüber den in der nördlichen verspäten. Die Curven für St. Helena als einer äquatorialen Station zeigen, dass die Grösse der täglichen Oscillation gegen den Aequator abnimmt. Vom Mai bis September (Sommer der nördlichen Hemisphäre) ist der Gang übereinstimmend mit jenem von Toronto, von November bis Februar (Sommer der südlichen Hemisphäre) mit jenem von Hobarton.

Die Thatsache, dass unter niedrigen Breiten die tägliche Bewegung der Nadel stets ihren Typus ändert beim Uebergange der Sonne aus der einen in die andere Hemisphäre, macht es wahrscheinlich, dass dieser Wechsel von der Stellung der Sonne zum Aequator abhängt und Sabine hat nachgewiesen, dass sich dieser Einfluss an allen Stationen sowohl der nördlichen als der südlichen Hemisphäre

äussert. Wenn man nämlich die Amplitude, d. h. den Winkel zwischen dem östlichsten und westlichsten Stande der Nadel, in den einzelnen Monaten vergleicht, findet man die grössten Amplituden in derjenigen Hemisphäre, die gerade Sommer hat. Vergleichen wir nun den täglichen Gang, der sich für April bis September und für October bis März ergibt, mit dem mittleren des Jahres, so finden wir, dass in beiden Hemisphären die Differenzen in demselben Sinne auftreten werden, wie wir den Gang für St. Helena für Sommer und Winter gefunden haben (halbjährige Ungleichheit, semi-annual Inequality).

Wir finden:

	Sonne nördlich (April bis September)	Sonne südlich (October bis März)
Morgenbewegung	nach Ost	nach West
Nachmittagsbewegung	nach West	nach Ost

Die tägliche Bewegung der Nadel setzt sich aus zwei Bewegungen zusammen, die eine ist die für die Hemisphäre typische, wie sich dieselbe im Jahresmittel zeigt, die andere in Folge der Declination der Sonne.

So hätten wir z. B. für die nördliche Declination der Sonne:

		Typisch	Sonne nördlich	Result. Bewegung
Nördl. Hem.	Morg.	nach Ost	nach Ost	Zunahme der östlich.
	Nachm.	nach West	nach West	Zunahme der westl.
Südl. Hem.	Morg.	nach West	nach Ost	Abnahme der westl.
	Nachm.	nach Ost	nach West	Abnahme der östlich.

somit eine Zunahme der Amplitude in der nördlichen und eine Abnahme derselben in der südlichen

Hemisphäre. Ist die Sonne südlich vom Aequator, so ist das Umgekehrte der Fall.

In den mittleren Breiten ist die mittlere Bewegung 9—10', jene der halbjährigen Ungleichheit nur 3—4'; daraus folgt, dass diese wohl den Betrag, aber nicht den Charakter der Variation ändern kann; anders ist es in niedrigen Breiten, wo die mittlere jährliche Variation gering ist und die halbjährige Ungleichheit daher Uebergewicht bekommt und hier den halbjährigen Wechsel im Gange verursacht.

Eine sehr kleine Periodicität zeigt sich auch in der Stellung der Nadel im Verlaufe eines Jahres, wie Sabine für Kew, Hobarton, St. Helena und Cap der guten Hoffnung nachgewiesen hat, indem die Nadel in beiden Hemisphären mehr östlich zeigt (zu Kew und am Cap um 0.5'), wenn die Sonne nördlich, und mehr westlich, wenn sie südlich vom Aequator steht.

Inclination und Intensität sind gleichfalls täglichen Variationen unterworfen, doch sind dieselben äusserst gering und namentlich die Intensität noch wenig untersucht, da die vergleichbaren Intensitätsmessungen überhaupt erst aus neuerer Zeit stammen. Die Inclination erreicht ihr Maximum zwischen 8 und 10 Uhr Vormittags und ihr Minimum am Nachmittage, je nach der Oertlichkeit zwischen 3 und 10 Uhr Abends. Der Gang der Intensität zeigt wenig Uebereinstimmung, um ein allgemeineres Resultat aufstellen zu können.

Interessantere Resultate zeigen sich bei der Betrachtung des jährlichen Ganges. Die Inclination erreicht einen grösseren Werth in den Monaten, wenn die Sonne südlich vom Aequator als in denjenigen, in welchen sie nördlich vom Aequator, und um die Zeit der Aequinoctien passirt sie die mittleren Werthe. Sabine hat dies zuerst im Jahre 1850 aus den Beobachtungen zu Toronto nachgewiesen.

Dieselbe beträgt für Toronto:

im December	75°	18·31'	hingegen	März	75°	17·16'
im Juni	75°	16·09'		Septemb.	75°	17·24'
im Jahresmittel	75°	17·20'				

welche letzteren Werthe dem Jahresmittel fast ganz genau entsprechen. Dasselbe wurde später auch für die südliche Hemisphäre gefunden.

Ebenso fand Sabine für die Intensität, dass in beiden Hemisphären von October bis März dieselbe grösser ist als von April bis September und auch, dass das Maximum mit dem Wintersolstitium, das Minimum mit dem Sommersolstitium zusammenfällt. Nun steht aber im December die Erde am nächsten zur Sonne, während im Juni die Entfernung am grössten wird. Wir sehen somit, dass es die grössere Nähe der Sonne ist, die die magnetische Kraft der Erde vermehrt und gleichzeitig die Nadel mehr neigt.

Wie die Sonne, so übt auch der Mond Einflüsse auf den Gang der Magnetnadel aus. Schon im Jahre 1841 hat Kreil aus den Beobachtungen zu Mailand und Prag in den Aenderungen der

Declination eine Periode nachgewiesen, die mit der Periode eines Mondtages zusammenfällt.

Später hat dasselbe Sabine für alle drei Elemente nachgewiesen aus den Beobachtungen zu St. Helena, Toronto und Hobarton. Die Zeit, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden oberen Durchgängen des Mondes durch den astronomischen Meridian verfließt, nennt man einen Mondtag, der seiner Länge nach um den 28. Theil von dem Sonnentage verschieden ist. Theilt man diese in 24 gleiche Theile, so erhält man die Mondstunden. Ordnet man nun die Beobachtungen nach diesen Mondstunden, so findet man für die Variation aller drei Elemente eine zweimalige Zunahme während einer Mondrotation. In der (^{nördlichen}_{südlichen}) Hemisphäre erreicht die Nadel ihren (^{westlichsten}_{östlichsten}) Stand mit der oberen und unteren Culmination des Mondes, 6 bis 7 Mondstunden früher und später ihren (^{östlichsten}_{westlichsten}) Stand, somit eine entgegengesetzte Bewegung des Nordendes der Nadel, wie sich dieselbe auch beim Gange während des Sonnentages gezeigt; natürlich ist die Amplitude viel geringer und beträgt nach Sabine für Kew 23'', für Toronto 40''. In neuester Zeit hat Broun in besonders eingehender und kritischer Weise die Beobachtungen zu Trevandrum behandelt, dann auch Elliot für Batavia. Broun findet, dass die Amplitude der durch den Mond bewirkten Variation im Januar im Mittel 0·5' beträgt, aber bis 2·8' steigen kann, grösser als die gleichzeitige Solarvariation, die 2·2' beträgt.

Ausserdem zeigt sich, dass die Wirkung des Mondes auf die Declinationsnadel in jedem Monat grösser ist (im Januar und Juni mehr als dreimal) während des Tages als während der Nacht.

Die Amplitude der Mondvariation hängt aber auch von der gleichzeitigen Stellung der Sonne ab, wie die aus 2255 Lunationen erhaltenen Werthe für Batavia zeigen

Sonne	$23\frac{1}{2} - 17\frac{1}{2}^{\circ}$	N.	$2\frac{1}{2}$	N.	$- 2\frac{1}{2}$	S.	$17\frac{1}{2} - 23\frac{1}{2}$	S.
Mondvar.	$13'3''$		$23'6''$				$45'2''$	

woraus man ersieht, dass, wenn gleichzeitig die Sonne am meisten gegen Süden steht, die Mondvariation mehr als dreimal so gross ist, als wenn sie ihren nördlichsten Stand hat.

Die Inclination und Totalintensität haben gleicherweise jede zwei Maxima und zwei Minima während des Mondtages, die Nadel geht in jedem Falle viermal durch den mittleren Stand während eines Mondtages, die Maxima der Kraft fallen drei bis vier Stunden nach der oberen und unteren Culmination, die Minima drei bis vier Stunden vor den Culminationen.

Balfour Stewart hat auch den Einfluss der gegenseitigen Stellung von Venus und Mercur, Mercur und Sonne, Mercur und Jupiter auf die Variationen der Declinationsnadel zu Kew und Prag untersucht. Im letzteren Falle erscheint der Einfluss am deutlichsten.

Störungen. Bisher haben wir nur die Durchschnittsresultate einer grossen Reihe von Beobachtungen betrachtet, die regelmässig vor sich gehenden

täglichen Schwankungen der Nadeln, und den Einfluss von Sonne und Mond bestimmt erkannt. Die Bewegung der Nadel im Laufe eines einzelnen Tages ist keineswegs so gleichförmig, vielmehr zeigt die Nadel, namentlich an manchen Tagen, eine fortwährende Unruhe, rasche, unregelmässige und oft intensive Aenderungen ihrer Lage. Es war im Jahre 1806, als Humboldt, von seiner amerikanischen Reise zurückgekehrt, sich entschloss, die Aenderungen im Stande der Nadel von Stunde zu Stunde zu verfolgen, und diese unregelmässigen Bewegungen zum erstenmale beobachtet hat. Für diese unvorhergesehenen, raschen und plötzlich eintretenden Zuckungen der Nadel hat er den Namen, „magnetische Stürme oder Gewitter“ geschaffen, obwohl hiemit keinerlei ursächliche Verknüpfung mit Stürmen und Gewittern angedeutet werden soll; im Gegentheil üben dieselben meist keine wahrnehmbare Wirkung aus. Namentlich durch den von Humboldt und Gauss gegründeten und geleiteten „magnetischen Verein“ und durch die von diesem angestellten Terminsbeobachtungen — an gewissen vorausbestimmten Tagen wurde 24 Stunden lang der Gang der Declinationsinstrumente von 5 zu 5 Minuten beobachtet — wurde die Einsicht sehr gefördert. Man machte hiebei die überraschende Entdeckung, dass die Declinationsnadeln ganz gleichmässig vor- und rückwärts schritten, das heisst es zeigten die Nadeln in ihrer Bewegung einen auffallenden Parallelismus, obwohl die nichtperiodischen Schwan-

kungen in den einzelnen Stunden bald bedeutend, bald gering waren. Im Allgemeinen sind die Störungen desto bedeutender, je mehr man sich den Polarregionen nähert. So ging zum Beispiel am 26. Februar 1841 zwischen 3 und 4 Uhr Morgens die Declinationsnadel zu Upsala um $12'$, zu Göttingen um $8'$, zu Mailand etwas über $5'$ nach Westen. Daraus, dass dieselbe Schwankung in gleicher Richtung fast gleichzeitig an allen Orten derselben Hemisphäre, welche nahezu gleiche Länge haben, eintritt, lässt sich nun schliessen, dass die Störungen nicht localen Ursachen zugeschrieben werden können. Auf der südlichen Hemisphäre war zur selben Zeit die Bewegung in entgegengesetztem Sinne.

Für Orte, welche auf demselben Breitengrade liegen und verschiedene Länge haben, wurde gleichfalls ein Zusammenhang gefunden: Von demjenigen Punkte an, wo die Störung ihr Maximum erreicht, tritt dieselbe zwar in gleicher Richtung, aber abnehmender Stärke bis 90° nach Ost und nach West auf, verschwindet hier wohl ganz, und auf der anderen Hälfte des Parallels hat die Störungsschwankung eine entgegengesetzte Richtung, so dass ein östliches Maximum an einem Orte sich zeigt, der um 180° entfernt ist von jenem, wo gerade das westliche Maximum auftritt (Toronto, Göttingen und Nertschinsk am 27. und 28. August 1841).

Während in geringeren Breiten die Störungen die Ausnahme bilden, ist in höheren Breiten, wie

Weyprecht sagt, die magnetische Ruhe die Ausnahme und die scheinbar in der Stärke als in der Richtung ganz gesetzlose Störung der normale Zustand. Bei mässig starker Störungsintensität sind Bewegungen von $10'$ in einer Zeitminute sehr häufig, doch können Aenderungen bis zu 1^0 und darüber in der Minute vorkommen. Weyprecht fand während der öster.-ung. Nordpolfahrt Störungen von 5^0 und darüber. Zu Discovery-Bay betrug nach Parr die Entfernung zwischen den extremen Stellungen der Nadel sogar 8^0 im Bogen.

Trotz der scheinbaren Regellosigkeit, mit welcher die Störungen auftreten, befolgen sie dennoch, wie Sabine nachgewiesen hat, eine tägliche und jährliche Periode, die jedoch von der geographischen Lage des Ortes abhängt. Trennt man nämlich die Bewegungen in östliche und westliche (von der Mittellage aus), so findet man z. B. für Kew, dass hier die westlichen Störungen während der Tagesstunden, die östlichen während der Nachtstunden ihr Maximum erreichen. Zur selben Zeit (9^h Abends bis 3^h Morgens), wo zu Kew die östlichen Bewegungen vorwiegen, sind zu Nertschinsk die westlichen Störungen im Maximum. Der Effect der Störungen besteht im Allgemeinen darin, dass die Nadel eine Stunde früher ihre äusserste Stellung erreicht und dass die Amplituden auf das Doppelte erhöht werden.

Bei der Bearbeitung der Resultate der schwedischen Ueberwinterung auf Spitzbergen glaubte Wij-

kander als Regel aussprechen zu können, dass der Gürtel, wo die Nordlichter am zahlreichsten vorkommen, der sogenannte „Nordlichtgürtel“, eine Grenze bilde zwischen den Orten, wo das Maximum der östlichen Declinationsänderung des Morgens und der westlichen des Abends eintritt, und jenen Orten wo das Gegenheil stattfindet*).

Die Störungen der Horizontal-Intensität (die hier sehr gering ist, da die Nadel gegen den Pol zu immer mehr der verticalen Lage sich nähert) sind am häufigsten um Mittag und Mitternacht. In den arktischen Gegenden muss man daher die absoluten Beobachtungen der Horizontal-Intensität um die Mittagszeit vermeiden.

Schon im Jahre 1716 vermuthete Halley in London den Zusammenhang des Erdmagnetismus und des Polarlichtes und seine Vermuthungen fanden Bestätigung, als im Jahre 1741 Celsius und Hjorter in Upsala fanden, dass die Störungen meist gleichzeitig mit den Nordlichtern auftreten. Alle späteren Untersuchungen haben erwiesen, dass während eines Nordlichtes die Nadel afficirt wird selbst an

*) Der Nordlichtgürtel geht im Norden von Skandinavien, also auf der östlichen Halbkugel hoch im Norden, (77° N.), biegt sich aber nachher längs der Westküste Norwegens fast gerade gegen Süden und geht von dem südlichen Grönland nach Nordamerika auf einer sehr niedrigen Breite (57°) hinein. Daher auch das häufigere Vorkommen von Nordlichtern in Amerika. Siehe darüber auch Chavanne: „Das Nordlicht“ in diesen Schriften Band XVI., Jahrgang 1875—76.

Orten, wo dieses gar nicht sichtbar ist und dass man in den gemässigten Zonen aus einer grösseren magnetischen Störung sicher auf ein Nordlicht schliessen kann. So war dies auch der Fall am 31. Jänner d. J.

Nach Arago nimmt in Mitteleuropa gewöhnlich die westliche Declination vor dem Auftauchen des Nordlichtes zu und vergrössert sich bisweilen sogar noch nach dem Eintritt des Phänomens. Hierauf kehrt die Nadel nach Osten zurück, überschreitet beträchtlich ihre normale Lage und wendet sich sodann weiter nach Westen. Die englischen Polar-Expeditionen, von Parry bis auf Nares herab, haben in den Polargegenden zwischen 115° und 60° westlicher Länge nur einen geringen Zusammenhang zwischen den Störungen der Declinationsnadel und dem Auftreten der Nordlichter gefunden. Hingegen sagt Weyprecht, dass es am wahrscheinlichsten ist, dass gewisse Formen des Nordlichtes von Störungen begleitet sind und andere nicht. „Diejenigen Formen des Nordlichtes, welche verschwommene Umrisse, keine Strahlen und keine merkliche Bewegung aufweisen, sind selten von Strömungen begleitet; im Gegentheil, jene Nordlichter, die in geringer Höhe und grosser Nähe stattzufinden scheinen, bestimmte Umrisse und schnelle Bewegung und deutliche Strahlenbildung zeigen, versetzen die Nadel in merkliche Bewegung. Breite, blitzähnliche Strahlen mit intensivem rothen und

grünen Licht beeinflussen die Nadel am heftigsten." In der jährlichen Periode der Nordlichter und der magnetischen Störungen zeigt sich gleichfalls eine Uebereinstimmung. Nach Broun scheint die Nadel zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche die grösste Unruhe, zur Zeit der Solstitien die geringste Unruhe zu zeigen. Nach Loomis ist auch die Vertheilung der Nordlichter im Laufe eines Jahres ähnlich, wie folgende, aus Beobachtungen in Amerika während eines Zeitraumes von 113 Jahren erhaltene Zahlen beweisen:

Monat:	Zahl der Nordlichter:	Monat:	Zahl der Nordlichter.
Januar	173	Juli	244
Februar	210	August	238
März	240	September	293
April	267	October	236
Mai	191	November	215
Juni	179	December	159

Eine ähnliche Vertheilung zeigen auch die Südlichter.

Nordlicht und Störungen sind jedoch nicht mit einander verknüpft wie Ursache und Folge, vielmehr beide als verschiedene Kundgebungen einer und derselben Ursache zu betrachten. Als Ursache der magnetischen Störungen und der Nordlichter werden jetzt zumeist elektrische Strömungen angesehen, die in der Atmosphäre wie in der Erde verlaufen und in der Nähe der Erdpole, namentlich aber in der Nähe des Nordlichtgürtels, wo aus verschiedenen Gründen der Leitungswiderstand zwischen den oberen Luftschichten und der Erde am geringsten ist, sich entladen. (Edlund, Lemström.)

Gleichzeitig mit den intensiveren Nordlichtern und grösseren magnetischen Störungen zeigen sich in den

gewöhnlichen Telegraphenleitungen spontane galvanische Strömungen, die selbst den telegraphischen Verkehr stören können. Lamont und Airy *) sind bei der Untersuchung dieser Ströme zu folgenden Schlüssen gekommen: „Die Störungen des Magnetismus in der Horizontalebene lassen sich fast vollkommen durch die Wirkung der terrestrischen galvanischen Ströme erklären. An magnetisch ruhigen Tagen zeigen zwar die durch die Erdströme hervorgebrachten Kräfte einen ausgesprochenen täglichen Gang, der aber wesentlich von den magnetischen täglichen Variationen verschieden ist. Die an der Erdoberfläche bemerkbaren galvanischen Ströme erklären den Erdmagnetismus nicht, nur durch sehr tief unter der Erdoberfläche vor sich gehende galvanische Ströme könnte derselbe erklärt werden.“

Wir haben bereits früher gesehen, wie die magnetischen Erscheinungen der Erde einen Zusammenhang mit den Stellungen und ihren Veränderungen anderer Himmelskörper (Sonne, Mond etc.) zeigen; in neuerer Zeit hat man aber auch einen innigen Zusammenhang zwischen gewissen Vorgängen auf der Sonne selbst und den magnetischen Erscheinungen aufgefunden. Wenn man die Sonne durch ein Fernrohr betrachtet, wobei man aber ihres starken Glanzes wegen ein sehr dunkelfarbiges Glas (Sonnenglas) vor das Ocular bringen muss, so bemerkt man auf ihrer Oberfläche bald mehr bald weniger dunkle

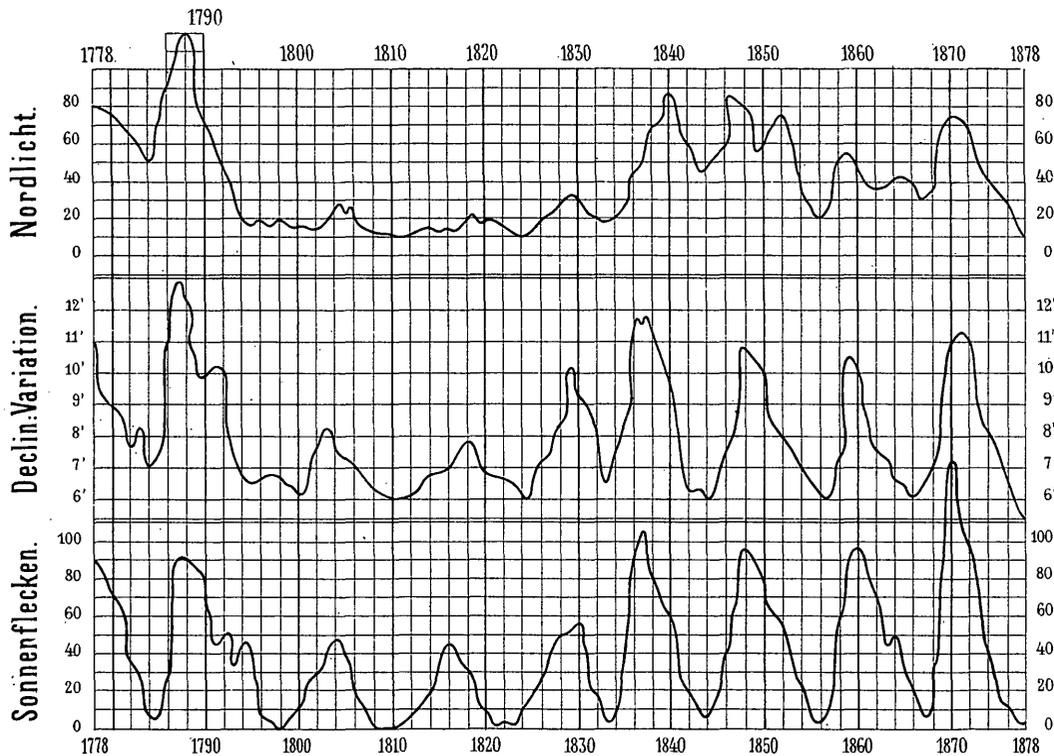
*) Hann, Hochstetter, Pokorny: „Allgemeine Erdkunde.“

Flecken, die sogenannten Sonnenflecken. Die nähere Schilderung der Natur derselben und die Erklärung der Entstehungsursachen glaube ich übergehen zu können, umsomehr, als sie bereits in diesem geehrten Vereine besprochen wurden *). Erwähnt sei nur, dass dieselben eine Bewegung vom Ost- zum Westrande der Sonne haben, woraus Spörer die Rotationsdauer der Sonne zu circa $25\frac{1}{2}$ Tagen bestimmt hat.

Die Sonnenflecken selbst sind sehr veränderlich; bald sind sie zahlreicher und grösser, dann wieder seltener und kleiner, und zu gewissen Zeiten ist die Sonne ganz ohne Flecken. Das grösste Verdienst um die Registrirung derselben gebührt Schwabe in Dessau, der 1826—1868 keinen hellen Tag unbenutzt liess, um die Sonnenflecken aufzuzeichnen, wodurch es ihm möglich wurde, schon im Jahre 1843 einen periodischen Wechsel in der Häufigkeit nachzuweisen. Er fand, dass etwa fünf Jahre nach dem zahlreichsten Erscheinen die Flecken am seltensten sind, und dass dann während der weiteren fünf Jahre die Anzahl derselben wieder wächst, so dass eine Periode von etwa zehn Jahren sich herausstellen würde.

Im Jahre 1852 veröffentlichten Wolf in Zürich, Sabine in London und Gautier in Genf gleichzeitig in drei verschiedenen Zeitschriften die Mittheilung: „dass die tägliche Variation der Declinationsnadel mit der Sonnenfleckenperiode gleiche Länge

*) Chavanne: „Ueber Sonnenflecken.“ Dieser Schriften Bd. XIX, p. 661.





habe und dass die Variation den grössten Werth erreiche, wenn die Sonnenflecken am häufigsten, den kleinsten Werth, wenn dieselben am seltesten sind".

Mit Hilfe älterer und neuerer Beobachtungen fand Wolf die Länge dieser Periode mit $11\frac{1}{9}$ Jahren. Es gelang demselben mittelst seiner Fleckentabellen die für 1859 noch nicht veröffentlichte mittlere tägliche Declinationsvariation für Prag mit $10\cdot36'$ zu berechnen, wogegen sich später als Resultat der Beobachtung $10\cdot44'$ herausstellte.

Später haben Loomis und Fritz auch die Nordlichtperioden mit Bezug auf die Sonnenfleckenperiode untersucht und fanden auch diese übereinstimmend. Die innige Verknüpfung dieser drei Erscheinungen geht deutlich aus der beigegebenen Tafel II hervor, welche die Resultate zahlreicher Beobachtungen in dem Zeitraum von 1778—1878 zusammenfasst. Das Auf- und Absteigen der Curven zeigt das periodische Wachsen und Abnehmen jener drei Phänomene an. Man erkennt sofort Perioden von ungefähr elf Jahren, sowie auch, dass Maxima und Minima so nahe auf die gleichen Jahre fallen und der Verlauf der Curven ein so übereinstimmender ist, dass von blosserem Zufall nicht mehr die Rede sein kann und dass allen drei Erscheinungen nur eine Ursache zu Grunde liegt.

Die Wendepunkte der Perioden („Maxima und Minima") waren während der letzten 100 Jahre folgende (nach Wolf und Fritz):

Maxima-Jahre			Minima-Jahre		
Sonnenfl.	Variat.	Nordl.	Sonnenfl.	Variat.	Nordl.
			1785	1785	1782
1788	1787	1788	1798	1799	1799
1804	1804	1805	1811	1811	1811
1816	1818	1818	1823	1824	1822
1830	1830	1830	1834	1834	1834
1837	1839	1840	1844	1845	1844
1848	1849	1850	1856	1856	1856
1860	1860	1861	1867	1867	1866
1871	1871	1871	1878	1878	(1878)

Hansteen in Christiania fand, dass auch die Minima der Inclination und die Maxima der Intensität nahe mit den Fleckenminimis zusammenfallen.

Im Jahre 1859 hielt eine magnetische Störung von aussergewöhnlicher Intensität vom 28. August bis 7. September an. Nach Balfour Stewart und Sabine geschah diese gleichzeitig mit einer Periode einer sehr grossen Activität eines der grössten Sonnenflecken, der je beobachtet wurde. Während der Beobachtung am 1. September bemerkte Carington zu Redhill zu seinem Erstaunen, dass aus der Mitte eines grossen Fleckes, welcher schon einige Tage lang Gegenstand allgemeiner Aufmerksamkeit war, ein intensiv helles und weisses Licht hervorgebrochen war. Die Zeit wurde von ihm und von Hodgson zu Highgate übereinstimmend auf 11^h 18' Gr. Z. festgestellt. Zu genau derselben Zeit fand zu Kew eine bedeutende Störung statt, die Declination nahm innerhalb 10 Zeitminuten um 13' zu, während die horizontale und verticale Kraft sich verminderten. Ein zweiter ähnlicher Fall wurde von Young, Dartmouth College in Amerika, an Zöllner in Leipzig berichtet.

Die directen Beziehungen zwischen der Sonne und den Variationen der magnetischen Kraft führten auf den Gedanken, dass vielleicht auch die Rotation der Sonne um ihre Axe auf die Variationen Einfluss haben könnte. Bei Discussion der Beobachtungen der Horizontal-Intensität zu Makerstoun vom Jahre 1844 und 1845 fand Broun eine Periode von nahezu 26 Tagen. Im Jahre 1870 hat Hornstein bei Discussion der magnetischen Declination zu Prag die Periode von 26·33 Tagen selbstständig wieder entdeckt, und es gelang ihm hiedurch, „als Resultat der ersten Versuche, die (synodische) Rotationszeit der Sonne mit Hilfe der Magnetnadel zu bestimmen“, woraus die wahre Rotationszeit der Sonne mit 24·55 Tagen, also fast genau übereinstimmend mit dem früher erwähnten Werthe nach Spörer von $25\frac{1}{2}$ Tagen gefunden wurde — ein gewiss sehr überraschendes Resultat.

Zum Schlusse möge es mir gestattet sein, über die Ansichten von den Ursachen des Erdmagnetismus einige Worte zu sprechen.

Der Erste, der die Ursache des Erdmagnetismus in die Erde selbst verlegte, war Gilbert in Colchester, der 1641 die Idee aussprach, die Erde sei ein grosser Magnet, wie ein gewöhnlicher Stahlmagnet, und die magnetischen Pole fielen mit den geographischen zusammen. Für diesen Fall müsste aber der Aequator eine Linie ohne Neigung sein, was, wie wir gesehen haben, nicht der Fall ist. Namentlich

aber die secularen Aenderungen der Constanten veranlassten im Jahre 1683 Halley zu dem Schlusse, dass die Erde vier Magnetpole besitzen müsse, zwei in der Nähe eines jeden geographischen Poles.

Halley hatte wohl die Schwierigkeiten dieser Annahme eingesehen, indem er sagt: „er hätte nie gehört von einem Magneten mit vier Polen“; glaubte aber eine Erklärung zu geben durch die Annahme, die Erde selbst würde nur eine Schale sein, die einen flüssigen kugelförmigen Kern (Terella) umschliesse, welche unabhängig von der äusseren Schale rotire. Kugel und Schale hätten ihre eigenen magnetischen Axen, welche durch das gemeinschaftliche Centrum gehen, gegen einander jedoch geneigt wären. Ein Jahrhundert später (1811—1819) kam Hansteen zu demselben Schlusse, berechnete sogar die Lage der magnetischen Pole und die Rotationszeit der Axen und fand für den nordamerikanischen Pol 1740, für den sibirischen 860 Jahre; für die Pole der südlichen Hemisphäre und zwar für den südlich von Australien 4609, für den zweiten, in der Nähe von Cap Horn 1304 Jahre.

Nachdem im Jahre 1818 Barlow durch Versuche mit hohlen Eisenkugeln die Annahme wahrscheinlich gemacht, dass auch unsere Erde nur auf ihrer Oberfläche magnetisch sein möchte, kam Ampère zu der Annahme, dass die Erde durch einen elektrischen Strom magnetisch werde, welcher sie in Folge der scheinbaren Bewegung der Sonne um die

Erde täglich in der Richtung von Ost nach West umfließe.

Im Jahre 1839 veröffentlichte Gauss seine Untersuchungen, welche für die weiteren Arbeiten von grundlegender Bedeutung waren. Er legte keine Hypothese über die magnetische Vertheilung in der Erde zu Grunde und nur von der Voraussetzung ausgehend, dass die erdmagnetische Kraft in jedem Punkte der Erdoberfläche die Gesamtwirkung aller magnetisch wirkenden Theile des Erdkörpers sei, hatte er mathematische Formeln aufgestellt, mittels welcher es ihm gelang, nicht nur die drei magnetischen Elemente berechnen zu können, sondern auch die Lage der magnetischen Axe und das magnetische Moment der ganzen Erde, die Grösse der magnetischen Kraft, zu bestimmen. Es wären 8464 Trillionen einpfündiger, bis zur Sättigung magnetisirter Eisenstäbe mit parallelen Axen erforderlich, um dieselbe magnetische Wirkung als die der Erde hervorzubringen. Wäre der Magnetismus in der Erde gleichförmig vertheilt, so würden nahezu acht solcher Stäbe auf jeden Cubikmeter entfallen. Die Lage der magnetischen Pole nach seiner Rechnung habe ich im vorigen Jahre bereits angegeben.

De la Rive hat 1849 als Ursache der täglichen Variationen thermoelektrische Ströme in der Atmosphäre und der Erde angenommen. Schon von Christie und Lamont wurden gegen diese Annahmen

begründete Bedenken erhoben, namentlich aber die Untersuchungen von Sabine beweisen die Unabhängigkeit wenigstens des Haupttheiles dieser Erscheinung von dem Temperaturgange auf der Erdoberfläche, indem die Variationen sich, wie wir gesehen haben, nach den Stellungen namentlich der Sonne und des Mondes richten. „Unstreitig ist — wie Stewart sagt — auch der Zusammenhang zwischen Sonnenflecken und Declinations-Amplituden ein enger. Andererseits scheint es gewiss zu sein, dass die Sonnenflecken nicht die Hauptursache der magnetischen Action der Sonne sind. Dieselben dienen uns nur zu einer rohen Schätzung des physischen Zustandes der Sonne. Dieser Schluss wird unterstützt durch die Thatsache, dass der Einfluss der Planetenstellungen stärker hervortritt in den Declinations-Amplituden als in der Sonnenfleckenperiode. Fritz hat gleichfalls die letztere mit den Planetenstellungen verglichen und einen Zusammenhang gefunden.

Es scheint somit die Annahme von Sabine vollkommen gerechtfertigt, der zur Erklärung der magnetischen Erscheinungen zweierlei Ursachen zu Grunde legt, den der Erde eigenen magnetischen Zustand und den durch kosmische Einflüsse inducirten Theil. Zwar ist es sehr wahrscheinlich, dass Sonne und Mond als Magnete zu betrachten sind wie die Erde, doch eine Theorie, die die wunderbaren Erscheinungen vollkommen erklären würde, ist bisher

nicht aufgestellt worden. Wir haben aber gesehen, während wir die Untersuchungen verfolgt haben, wie immer tiefer der menschliche Geist in die Geheimnisse der Natur eindringt, und wir dürfen hoffen, dass doch endlich der Schleier, der die wahre Natur dieser gegenseitigen Beziehungen deckt, fallen wird. —
