

Theorie des Nordlichtes.

Unter den kosmischen Erscheinungen, von welchen bis jetzt keine Erklärung gegeben worden ist, die über die Gesamtheit aller damit verbundenen Einzelheiten genügenden Aufschluss gäbe, nimmt das von Pater Gassendi mit dem Namen „Nordlicht“ (*aurora borealis*) bezeichnete Phänomen einen vorzüglichen Rang ein. Während nach Halley an dem Auftreten der Nordlichter die „magnetische Materie“ Antheil zu haben scheint, soll nach Anderen eine schwefelige, eine phosphorische oder brennbare Luft in den oberen Schichten der Atmosphäre, worunter man sich etwa Wasserstoffgas denken könnte, die Grundlage einer annehmbaren Erklärung abgeben. Euler nimmt den Stoss der Sonnenstrahlen gegen unsere Atmosphäre zu Hilfe, und Hell und Hube hielten das Nordlicht für eine auf Brechung oder Reflexion des Lichtes beruhende optische Erscheinung, welche etwa mit den Höfen um Sonne und Mond, den Nebensonnen etc. zu einerlei Kategorie gehöre. Nach Beccaria und Dove beruhen die Strahlenercheinungen des Nordlichtes auf elektrischen Strömungen in den oberen luftverdünnten Schichten der Atmosphäre, mit welchen dieser Theil des Phänomens allerdings Aehnlichkeit besitzt. Schwer einzusehen ist aber dabei, wesshalb gerade an den magnetischen Erdpolen freie Spannungselektricität auftreten solle, da doch die künstlichen Magnete derartiges niemals zeigen, und keine Theorie darauf hindeutet. Am meisten scheint mir Mairan dem Kern der Sache nahe gerückt

zu sein, indem er das Nordlicht mit dem Zodiacallicht, d. h. der Sonnen-Atmosphäre zusammenstellt, deren Vermischung mit der Erd-Atmosphäre allemal Nordlichter hervorbringe. Durch die Centrifugalkraft würden die Theile der Sonnenatmosphäre nach den Erdpolen getrieben, wo sie (?) schweben bleiben müssten, weil dort die Schwungkraft aufhöre, und dort entzündeten sie sich durch Gährung oder Reibung an der Luft. Der Erdmagnetismus bleibt dabei unberücksichtigt. Diesem versuchte Humboldt Rechnung zu tragen, indem er das Nordlicht für ein „magnetisches Gewitter“ erklärte, aber eine deutliche Erläuterung dieses dunklen Ausdrucks hat er niemals gegeben.

Von einer stichhaltigen Erklärung des Nordlichtes muss verlangt werden, dass sie nicht wie alle bis jetzt bekannt gewordenen Theorien, das Phänomen nur nach einer Richtung erkläre, sondern dass sie über alle Theile desselben befriedigenden Aufschluss gewähre. Die verschiedenen Aeusserungen der Nordlichterscheinung betreffen aber theils den Gesichtssinn, indem entweder wolkige, formlose, helle oder farbige Lichtmassen, zuweilen mit Funkenschüssen gemischt, den ganzen Himmel oder einzelne Theile zu erfüllen scheinen, welche sich auch in strahlige und bogenförmige Lichtfiguren, oder gar in mantelförmige, vorhangartige leuchtende Flächen verwandeln können, theils berühren sie das Ohr durch Knistern oder bis zur Stärke von Pistolenschüssen sich steigernde Geräusche, sie sind endlich magnetischer Natur, indem Ablenkungen der Magnetnadel eintreten.

Ich werde im Folgenden eine Erklärung des Nordlichtes darzulegen und mit Beweisstücken aus von verschiedenen Personen wirklich beobachteten Nordlichterscheinungen zu stützen suchen, welche ich in Gestalt numerirter Schlussnoten dem Texte beifüge. Alle verbürgten Nebenphänomene des Nordlichtes werden dabei als sichtliche Consequenzen der Theorie gleichsam a priori abgeleitet, an deren Spitze folgende Hypothese stehen möge:

Die Entstehung der Nordlichter ist an ein materielles Substrat geknüpft, als welches die zuweilen der Erdkugel nahe

tretenden Schwärme feinerer Meteormassen von gasiger oder staubartiger Aggregatform (Meteorwolken) anzusehen sind. Ihr Licht ist wie das des Planeten und des Zodiacallichtes, meist geborgtes Sonnenlicht. Die zuweilen dabei vernommenen Geräusche und Detonationen rühren, wie bei den Feuerkugeln, von einzelnen, die Atmosphäre durchschneidenden Meteorsteinen her, welche den Meteorwolken beigemischt sind. Die magnetischen Störungen sind aus dem eigenen, oder durch die Erdkugel in den eisenhaltigen Meteormassen inducirten Magnetismus zu erklären.

§. 1. *Die Geräusche der Nordlichter.* Wenn einzelne Meteorsteine in die Atmosphäre eindringen, so entstehen die bei Meteorsteinfällen so oft beobachteten zischenden und zuweilen von Detonationen begleiteten Geräusche. Die Hitze, welche die von den rasch dahin fliegenden Steinen comprimirt Luft entwickelt, zersprengt dieselben und die Explosionen sind notorisch oft von einem etwa mit Pistolenschüssen verglichenen Knallen begleitet gewesen. Man wird es daher natürlich finden, dass von vielen Beobachtern auch während der Nordlichterscheinungen solche Geräusche gehört worden sind, wobei als Gewährsmänner etwa Belknap, Cavallo, Ramm und A. angeführt werden können (1). Verschiedene Autoren, wie Capt. Franklin, Patrin, Wrangel etc., stellen es theils in Abrede, weil sie derartiges nie selbst gehört haben, theils suchen sie andere Erklärungen dafür aufzustellen, allein ein einziges positives Zeugniß beweist mehr als viele negative, und man kann aus dem Nichtauftreten der Geräusche in einer grossen Zahl von Fällen nur schliessen, dass sich alsdann die Wolken von Meteormassen so hoch über dem Erdboden befunden haben, dass sie nicht in die Atmosphäre einschneiden konnten, oder dass sie wenigstens aus so kleinen Elementartheilchen bestanden haben, dass starke Geräusche aus ihrem Zerplatzen nicht entstehen konnten. Denn nur bei tieferem Einschneiden stärkerer Meteorsteine in die Atmosphäre sind überhaupt Detonationen zu erwarten (2), was zuweilen durch lebhaftere Bewegungen der Lichtmassen schon voraus angekündigt wird.

§. 2. *Die bei Nordlichtern auftretenden magnetischen Störungen.* Schon Hiorter und Celsius haben 1741 den Einfluss des Nordlichtes auf den Gang der Declinationsnadel entdeckt, welcher durch eine Fülle von Beobachtungen Arago's und anderer Beobachter, wie Capt. Lyon, ausser allen Zweifel gesetzt ist. Lebhaftige Störungen der magnetischen Apparate haben in einer grossen Zahl von Fällen das Stattfinden von Nordlichtern auf grosse Entfernungen verrathen, während Lichterscheinungen auf der magnetischen Station selbst nicht wahrgenommen werden konnten. Schon dieser Umstand lässt schliessen, dass der Sitz der Erscheinung nicht einer engen localen Beschränkung unterworfen sein kann, und dass grosse kosmische Verhältnisse derselben zu Grunde liegen.

Die Abweichung der Nadel von ihrem mittleren Stande (4) während der Nordlichterscheinungen sind gewöhnlich nur auf etwa höchstens $\frac{1}{2}$ Winkelgrad beschränkt, und richten sich bald nach der Ost-, bald nach der Westseite, zuweilen sind sie auch ganz unmerklich. Man erräth, dass diess in der zufälligen augenblicklichen Vertheilung der ausserirdischen magnetischen Meteormassen begründet ist, welche, wenn sie in Bezug auf einen Beobachtungsort eine ziemlich symmetrische ist, aber auch bei sonstiger geeigneter Anordnung der genannten Massen, die Gesamresultante Null ergeben kann. Daher glauben manche Schriftsteller gar keinen, zuweilen sogar einen beruhigenden Einfluss der Erscheinung auf die Declinationsnadel annehmen zu müssen. (Arago ib. p. 496). In anderen Fällen war die Nadelablenkung bald östlich, bald westlich, jedenfalls nach Massgabe der Vertheilung der *eisenhaltigen* Meteormassen. Arago beobachtete am 5. Mai 1830 Abends 10 U. 45 Min. eine östliche Abweichung der Nadel von 17 Minuten, während sie um 10 U. 30 Min. ebensoviel nach Westen abwich. Das Vorhandensein von beweglichen kosmischen Massen scheint mir direct bestätigt zu werden durch das während der Nordlichter oft beobachtete auffallende Zittern der Fixsterne, welches zuweilen sogar wegen völliger partieller Undurchsichtigkeit des Himmelsgewölbes in zeitweiliges Verschwinden der Gestirne

ausarten kann. Es würde sich hierauf eine *Theorie des Funkelns der Fixsterne* gründen lassen. So oft ein Meteorsteinchen vor einen Fixstern tritt, verschwindet derselbe für einen Moment, und die an den Rändern des Meteorsteines *gebeugten* Strahlen erzeugen Farbenschiessen. Der Winkeldurchmesser eines Meteorkorns ist aber häufig immer noch viel kleiner als derjenige einer Planetenscheibe, also erklärt sich das seltene Funkeln der Planeten. Auch das so häufig beobachtete starke Niederfallen von Sternschnuppen während des Nordlichtes, das an Heftigkeit zuweilen diejenige des August- und November-Sternschnuppenfalles weit übertrifft, deutet auf einen innigen Zusammenhang beider Phänomene. (3). Admiral Wrangel sah an der sibirischen Küste des Eismeereres während des Nordlichtes gewisse Regionen des Himmels, die nicht leuchteten, sich stets entzünden und dann fortglühen, wenn eine Sternschnuppe sie durchstrich. Letztere war dann jedenfalls noch von einem Schwarm feinerer Meteormasse begleitet, die das eigentliche Nordlicht hervorrief.

§. 3. Periodicität der Nordlichter. Erklären wir die Nordlichter für eine Aeusserung der kosmischen Meteore, so muss auch die daraus entspringende Folgerung der Periodicität der Naturerscheinung selbst sich nachweisen lassen. Die Ursache der Periodicität müsste natürlich in regelmässig wiederkehrenden Umläufen gewisser Meteor Schwärme um die Sonne (Planetarischer Schwarm) begründet sein. Zunächst sei bemerkt, dass diejenigen Parteen regelmässig wiederkehrender Schwärme, deren Bahnen mit dem Raume sich kreuzen welcher von der sich bewegenden Erdkugel durchschnitten wird, nach und nach zur Erde niederfallen, resp. fast alle bereits als Sternschnuppen niedergefallen sind, woraus sich erklärt, wesshalb nicht jedesmal bei Nordlichtern zugleich starke Sternschnuppenfälle stattfinden. Nur die in etwas grösseren Entfernungen von der Erdkugel weilenden Massen treten von Zeit zu Zeit in günstige Constellationen. Wenn eine Uebereinstimmung in der Dauer der Periode der Nordlichter bis jetzt nicht erzielt ist, und

von Manchen mehrere gleichzeitige zusammenbestehende Perioden angenommen werden, so wird man diess erklärlich finden, da die Umlaufszeiten der Meteorschwärme so sehr verschieden sein können.

Von Perioden im strengeren Sinne des Wortes kann dabei nach unserer Theorie überhaupt keine Rede sein, wenn auch Manche aus dem Gewirre der Häufigkeitszahlen für verschiedene Jahrgänge glauben 10jährige oder etwa 20jährige Perioden hervorheben zu können. Nehmen wir z. B. an, die Erdkugel selbst besitze einen Trabanten in Gestalt eines Meteorschwarmes, so würde derselbe bei Tage überhaupt nicht auffallend sein, selbst zu Nachtzeiten in verschiedenen Gegenden der Erde nicht, aber in Folge der Veränderung seiner Knotenlinie, welche ziemlich unabhängig vom Bahndurchmesser, wie diejenige des Mondes, in 19 Jahren einmal den ganzen Thierkreis durchlaufen würde, müsste eine etwa an letztere Zahl anknüpfende Periode sich einstellen. Nach den Untersuchungen von Fritz soll hinsichtlich der Häufigkeit der Nordlichter eine Generalperiode von 55 bis 59 Jahren existiren, was etwa mit 3 Perioden von je 19 Jahren übereinstimmt.

Sogar zwischen der Häufigkeit der Nordlichter und derjenigen der Sonnenflecken bestehen numerische Vergleiche (5), was wegen des gemeinsamen Ursprungs beider Erscheinungen nicht Wunder nehmen kann; denn wenn die Sonnenflecken Rauchwolken sind, welche durch das Verbrennen von frisch in die Sonne fliegenden Meteorsteinen verursacht werden, so muss diess um so häufiger eintreten, je öfter sich Meteorschwärme nach der Sonne hinbewegen, an die sich aber alsdann auch Nordlichterscheinungen anknüpfen können.

§. 4. *Das Licht der Nordlichter.* Dasselbe kann unserer Theorie nach theils reflectirtes, theils zuvor durch die Atmosphäre der Erdkugel in den Schattenraum hineingebrochenes und gebeugtes Sonnenlicht, theils, wo kleinere staubartige Massen von solcher Feinheit, dass sie keine eigentlichen Sternschnuppen- oder Feuerkugel-Erscheinungen hervorbringen,

in der Atmosphäre zum Glühen oder Brennen gelangen, auch eigenes Licht sein.

Die Intensität desselben anlangend, so hängt dieselbe sehr von der Menge des zur Wirkung gelangenden Leucht-materialies ab, sie kann aber oft diejenige des Effectes einer Vollmondsbeleuchtung weit übertreffen, wovon ich mich selbst gelegentlich eines bei Vollmondschein im Jahre 1861 in Esthland in aller Farbenpracht aufgetretenen von häufigen Sternschnuppen durchzogenen Nordlichtes überzeugt habe. Trotzdem glaube ich das Verschwinden der Sterne, selbst bis zur 2. Grösse, weniger dem Ueberstrahlen ihres Lichtes durch das helle Nordlicht, als eigentlichen Sternbedeckungen durch dichte Meteorwolken zuschreiben zu müssen (6). Indessen werden häufig auch noch Sterne der 6ten Grösse durch das Nordlicht wahrgenommen, was jedoch nur darauf zu deuten ist, dass die Meteoritenmassen in solchen Fällen nicht dicht genug sind, um eine Verdunkelung hervorzubringen, oder auch dass der relative Glanz des Nordlichtes hierfür zu schwach ist.

Mit unserer Theorie ist sowohl die Annahme vereinbar, dass Nordlichter im geborgten Sonnenlichte erglänzen können, wenn sich nämlich die Meteormassen ausserhalb der Atmosphäre befinden, als auch die Annahme, dass sie eigenes Licht ausstrahlen, was dann eintreten kann, wenn diese Massen in diejenigen Theile der Atmosphäre eindringen, welche bereits eine geeignete Dichtigkeit besitzen. Man schätzt nach Dämmerungs-Beobachtungen die Höhe der Atmosphäre, bis dahin wo sie noch einen wahrnehmbaren Lichtreflex hervorzubringen vermag, auf etwa 8 Meilen, aber diess verhindert nicht, dass sie sich, wenn auch sehr verdünnt, auf eine ungleich grössere Höhe erstrecken könne, und sind die Grundsätze nach welchen diese Frage zu beurtheilen wäre, noch nicht hinlänglich klar gestellt. Man muss aus Clausius' Gastheorie folgern, dass die Lufttheilchen die ihrer Progressivgeschwindigkeit entsprechenden Steighöhen erreichen können, aber diese Geschwindigkeiten sind nur nach ihren Mittelwerthen bekannt, und unbekannt sind die

möglichen Maximalgeschwindigkeiten. Während mit Rücksicht auf die Centrifugalkraft die Höhe der Atmosphäre am Aequator höchstens ohngefähr 5800 Meilen betragen kann, sind die bis jetzt gemessenen Nordlichthöhen zwischen wenigen Meilen und (nach Mairan) einigen Hundert Meilen eingeschlossen. Die Nordlichtgeräusche würden ohne Zweifel nur bei geringen Höhen wahrnehmbar sein. Messungen von Sternschnuppenhöhen haben schon Resultate von 40 und mehr Meilen ergeben. Wenn, wie es höchst wahrscheinlich ist, die Temperatur des Weltraumes nicht diejenige des absoluten Nullpunctes ist, so kann diess nur daher rühren, dass der Weltraum noch mit einer sehr dünnen Luft erfüllt ist. Zu einem ähnlichen Resultate gelangt auch Zöllner in seinem geistreichen Werke „Ueber die Natur der Kometen.“ (Leipzig, 1872).

Befindet sich ein Meteorschwarm ausserhalb der Atmosphäre, so wird sein Licht in den meisten Fällen als reflectirtes Sonnenlicht etwa die Farbe des Vollmondes theilen müssen, wovon eine Menge Fälle constatirt sind (7). Insbesondere zeigen die *Strahlen* des Nordlichtes ausser anderen Farben häufig Weiss (8).

Ueber die Frage, ob das Licht, welches das Phänomen zeigt, geborgtes oder eigenes sei, hätten Polarisationstheorie und Spectralanalyse zu entscheiden. Das reflectirte Licht ist immer, das eigene nicht polarisirt, wenn man von dem Falle absieht, wo glühende Oberflächen fester Körper in schiefer Richtung ein Licht aussenden, welches gleichsam aus einer kleinen Tiefe durch Brechung nach Aussen gelangt. Aber bei Untersuchung der Polarisation mittelst Arago's Polariskop ist es schwer, die Wirkung des etwa vorhandenen Mond- oder Sternlichtes, ja sogar denjenigen Theil des Nordlichtes selbst, welcher von den Dünsten der Atmosphäre reflectirt wird, von dem Antheil zu trennen, dessen Polarisation etwa auf Rechnung des Nordlichtes an und für sich zu setzen wäre.

Leider sind auch die bis jetzt erlangten Resultate der Spectralanalyse durchaus noch nicht danach angethan, die

Frage über eigenes oder geborgtes Licht der Erscheinung völlig aufzuklären.

Zunächst deutet nichts darauf hin, dass man es mit einem Lichte zu thun habe, welches entschieden entweder von festen Körpern reflectirt ist, oder von festen oder gasförmigen glühenden Massen ausgeht. Es sind bis jetzt gelbe, grüne, rothe und blaue Linien im Spectrum von Nordlichtern beobachtet worden, und es besteht kein Zweifel, dass bei intensiv leuchtenden Nordlichtern, welche noch werden beobachtet werden, auch noch viele andere farbige Linien zum Vorschein kommen werden. Da ich *die Färbung des Nordlichtes hauptsächlich der Erleuchtung meteorischer Wolken durch in den Schattenraum der Erdkugel eingebrungenes, theils am Schattenrande der Erdkugel gebeugtes, theils in der Atmosphäre gebrochenes Licht* zuschreibe, so darf es nicht Wunder nehmen, dass eine solche Meteorwolke, je nach der Region der prismatischen Farben, welche sie erreicht hat, die eine oder andere, oder auch zugleich mehrere einfache Farben zeigen kann, die sich dann im Spectralapparate natürlich als vereinzelte farbige Linien darstellen. Eine *charakteristische* z. B. apfelgrüne Nordlichtfarbe oder Nordlichtlinie gehört, wo viele möglich sind, in das Bereich der Phantasie. Denn nach Angström's „*Recherches sur le spectre solaire*“, p. 42, zeigte sich die „Nordlichtlinie“ im März 1867 auch im Zodiكالlichte, und Spuren davon sogar in dem diffusen Lichte welches aus allen Theilen des dunkelen Nachthimmels zu uns gelangt. Diess deutet aber offenbar nicht auf eine speciel dem Nordlichte zugehörige Eigenthümlichkeit, sondern nur darauf hin, dass ein feiner lichtgebender Stoff durch das Weltall verbreitet ist (10). Auch das *Alpenglühen*, bei welchem der Fuss der Berge in eine violette Finsterniss eingehüllt ist, während sich nach dem vergoldeten Gipfel der Farbenschmelz des Regenbogens hinaufzieht, rührt zweifelsohne nur von dem über die Atmosphäre hinstreifenden scheidenden Strahle der Sonne her, dessen letztes schiefes Eindringen in unseren Dunstkreis mit der prismatischen Farbenzerstreuung nach

den Lehren der Optik untrennbar verbunden ist. Die farbig-pracht des Nordlichtes steht sonach mit dem Alpen-glühn in innigster Verwandtschaft, nur sind es nicht irdische, sondern ausserirdische Gesteinsmassen, welche unser Auge entzücken, indem sie sich in den Zauber des prismatischen Farbenschim-mers eintauchen.

Es ist bis jetzt keine Linie des Nordlichtspectrum's mit Bestimmtheit nachgewiesen, welche in dem reichen Sonnenlichte nicht mit enthalten wäre. Der Schluss auf fremd-artige Lichtursachen ist demnach ungerechtfertigt. Zudem haben die Untersuchungen von Wüllner gezeigt, wie sehr veränderlich das Spectrum eines und desselben Stoffes sein kann, wenn die Dichte des Gases verändert wird (11).

Einer Farbenerscheinung müssen wir noch gedenken, welche so oft schon bei gewissen Formen des Nordlichtes beobachtet ist, dass sie von Argelander als charakteristisches Kennzeichen derselben aufgeführt wird. Diess ist eine etwa nach der Richtung hin, wo die Sonne unter dem Horizont steht, sichtbare halbdunkle, verwaschene, schmutzig weisse bis röthliche Stelle, welche bisweilen in's bräunliche überspielt, und das Aussehen einer dunklen von einem leuchtenden Saume eingefassten Wolkenbank besitzt. Mairan nennt sie einen dunklen Nebel.

Hier dürfte wohl angenommen werden, dass zwischen den Beschauer und die Sonne eine Wolke von Meteorstaub oder feinen Meteorsteinen getreten ist, deren jeder Einzelne, fast von der Rückseite beleuchtet, nur eine trübe Lichtwirkung hervorrufen kann. Sogar Beugungen des Lichtes um die Ränder der einzelnen Elementarkörper und somit Farbenzerstreuungen wie bei Mondhöfen sind nicht unmöglich. Bei totalen Mondfinsternissen nimmt die Mondscheibe im Halbschatten der Erdkugel eine kupferbraune Farbe an, welche ebenfalls von rothen in den Schattenraum gebeugten Strahlen des Sonnenlichtes herrühren dürfte.

Je grösser der Winkelabstand von der Sonne, desto mehr Helligkeit entwickelt das zurückgeworfene Sonnenlicht des einzelnen Meteorkörpers, aus derselben Ursache, welche

den Vollmond lichtvoller als die Viertel, und den Neumond dunkel erscheinen lässt. Eine Menge Erfahrungen deuten in der That darauf hin, dass die Nordlichter auf der der Sonne gegenüberstehenden Seite im allgemeinen mehr Glanz besitzen als die Nachts in der Richtung nach der Sonne hin sichtbaren. Auch das im Norden, oder bei südlichen Bögen im Süden oft bemerkte, von denselben begrenzte, dunkle Segment ist eine Schattenwirkung, und zwar, wie sich in der Folge erklären wird, mit dem Schatten der Erdkugel (19) in Verbindung stehend. In seiner kosmischen Physik sagt Müller über diese durch die Gestalt des Erdschattens oft kreisbogenförmig sich abzeichnenden Wolken: „Das Wesen dieses dunkelen Segmentes wird namentlich durch den angeführten Umstand (Durchscheinen von Fixsternen) sehr räthselhaft. Einige, z. B. Struve, sind geneigt, es durch den Contrast zu erklären. Dieser Ansicht widerspricht aber die Thatsache, dass das Segment schon in der Dämmerung sichtbar wird, ehe noch eine Lichtentwicklung des Nordlichtes auftritt.“

§. 5. *Die wolkige Form des Nordlichtes.* Unter den verschiedenen Formen, welche die optische Gestaltung des Nordlichtes annehmen kann, und von welchen wir uns in der Folge genöthigt sehen werden, hauptsächlich vier, die *Wolkenform*, die *Strahlenform*, die *Mantelform* und die *Bogenform* zu unterscheiden, ist die wolkige Form wohl die häufigste. Sind die Wolken weiss, so berühren sie den durch die Lichtbrechung in der Atmosphäre farbig gewordenen Saum des von der Sonne abgewandten Schattencylinders der Erdkugel nicht und befinden sich wohl in einer grösseren Entfernung von der Erdoberfläche. Ein Bestreben durch den ordnenden magnetischen Einfluss des Erdmagnetismus bestimmte Gestalten anzunehmen, ist wegen der grossen Entfernung nicht vorhanden, oder kann selbst bei kleineren Entfernungen nicht eintreten, wenn die Meteorstoffe hauptsächlich Silicate und nur schwach eisenhaltig sind. Die rothe oder anderweitige, oft in allen prismatischen Farben beobachtete Tingerung würde dagegen ein

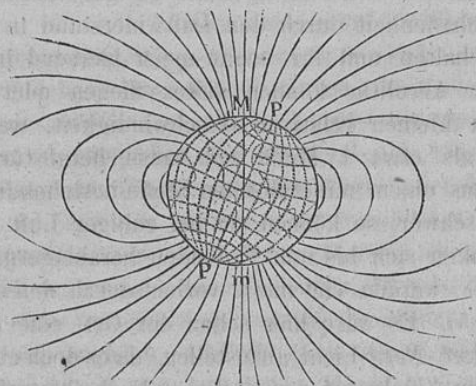
Hereinragen in den farbigen Saum des tellurischen Schattencylinders voraussetzen. Je nach der Bahnrichtung und der Ausdehnung der Meteorschwärme kann die farblose Wolke in eine gefärbte und umgekehrt übergehen (13).

§. 6. *Die strahlige Form des Nordlichtes.* Sie ist nächst der Wolkenform die häufigste, und im Falle intensiver Strahlen, zumal bei deren Beweglichkeit, auch sogar bei Tage häufig beobachtet (14).

Behufs Erklärung derselben ist es nothwendig, die ordnende Einwirkung des Erdmagnetismus auf die eisenhaltigen Meteorschwärme zu Hilfe zu nehmen. Befindet sich nämlich eine absolut bewegliche Eisenmasse, welche selbstständigen oder inducirten Magnetismus besitzt, unter dem richtenden Einflusse eines starken Magneten, so nimmt sie je nach der Lage der Pole des grösseren Magneten, eine bestimmte Gleichgewichtsstellung an, wenigstens wird sie um eine solche oscilliren. So stellt sich z. B. eine freischwebende in ihrem Schwerpunkt aufgehängte Magnetnadel unter dem magnetischen Einflusse des Erdkörpers ohngefähr nach Norden, d. h. in den sogen. magnetischen Meridian, welcher in Deutschland um etwa 18° vom geographischen Meridian nach Westen abweicht, ein; und da ein gedachter Magnetpol der Erdkugel im Innern derselben angenommen wird, so stellt sich zugleich eine Neigung der Nadel gegen die Horizontalrichtung, in Deutschland ohngefähr 67° , heraus, welche Inclination genannt wird. Streut man Eisenfeilspäne, um sie leicht beweglich zu haben, auf eine horizontale Glastafel, und nähert alsdann von der Unterseite her der Tafel einen zweipoligen Hufeisenmagneten, so nimmt jedes der magnetisch gewordenen Eisentheilchen eine bestimmte Richtung an, indem es seinen Nordpol dem Südpol des Hufeisenmagneten, und seinen Südpol dem Nordpol desselben zuzuwenden sucht. Man nimmt dabei mit Staunen wahr, dass die Feilspänchen sich zu regelmässigen schon von Lucrez erwähnten Curven anordnen, welche aus dem einen Magnetpole zu entspringen und in den anderen zurückzukehren schei-

nen. Figur 1. Die Curven entstehen theils durch die Aufeinanderfolge der mit ihren magnetischen Längsaxen die Curvenelemente repräsentirenden Eiseitheilchen, theils durch das reihenartige Aneinanderschliessen derselben, in-

Fig. 1.



dem das Nordende jedes Eiseitheilchens das angrenzende Südende des benachbarten an sich zieht, und sich auf diese Weise zusammenhängende Ketten von Feilspähnen bilden. Die leeren Zwischenräume zwischen zwei Nachbarcurven erhalten sich um so leichter, da die gleichartig magnetisirten Curven sich bekanntlich abstossen, so wie ein Paar an je zwei Fäden aufgehängte mit den gleichartigen Polen dicht nebeneinander befindliche Magnete einander abstossen.

Wenden wir diese Betrachtungen auf die eisenhaltigen Meteormassen an, welche von Zeit zu Zeit der Erde nahe treten, so ist nicht zu läugnen, dass die magnetische Induction schon von ferne her auf den heranrückenden Schwarm wirkt. Ist nun die Bahngeschwindigkeit des Meteorschwarms gross und die der Erde klein, oder umgekehrt, so dass die *relative* von der Erde aus gesehene Geschwindigkeit der Meteormassen eine bedeutende ist, so gewinnt der Erd-

magnetismus nicht hinreichend Zeit, um selbst stark eisenhaltige Massen magnetisch zu induciren und das *System der magnetischen Curven* herzustellen; in solchem Falle geht der Meteorschwarm in einer gewissen Zeit, nach Maassgabe seiner räumlichen Ausdehnung an der Erdkugel vorüber als *wolkiges Nordlicht*. Durchschneidet er aber die Atmosphäre, so wird er im Falle gasiger oder staubförmiger Beschaffenheit durch den Luftwiderstand in derselben zurückgehalten und ihr sogar meist bleibend incorporirt. Grössere Aerolithe können weiter fliegen oder im Falle einer zu kleinen relativen Geschwindigkeit, welche dann kleiner als etwa 1 Meile sein muss, herabstürzen. Sind solche aus einem mineralischen Stoffe bestehende Wolkenmassen schwer, so können sie bei ruhiger Luft in langsamem Sinken sich bis zum Erdboden herablagern, im andern Falle werden sie meist vorher durch den Wind zerstreut (15). Es wäre hier schon der Ort, eine Kritik des Ausdrucks *Nord-Licht* anzustellen, da es doch ebenso auch *Südlichter* (Cook) auf der südlichen Erdhalbkugel gibt, und selbst auf der nördlichen Erdhälfte die Polarlichter weit entfernt sind, dem Beobachter in allen ihren Formen vorzugsweise im Norden zu erscheinen. Denn in der wolkigen Form überzieht die Erscheinung meist das ganze Firmament, die Strahlen können von allen Theilen des Horizontes ausgehen und Ringfiguren sind im Norden und Süden, im Osten und Westen beobachtet. Factum ist aber, und wird aus unserer Theorie erklärlich, wesshalb in gewissen Gegenden die Ringfiguren auf beiden Erdhemisphären vorzugsweise in der Richtung nach den Magnetpolen der Erde hin gesehen werden. Eine richtige Theorie kann nur erklären, dass und unter welchen Umständen die verschiedenen Formen des Nordlichtes möglich sind. Eine Theorie, welche z. B. die Lichtbögen als ein nothwendiges Attribut der Nordlichter ergäbe, würde zu viel beweisen, und dadurch gerade ihre Falschheit documentiren.

Dass die Strahlen des Nordlichtes alle prismatischen Farben zeigen können, darf nach der früher schon gege-

benen Erklärung der Nordlichtfarben nicht Wunder nehmen. Einer Aufklärung bedarf jedoch die oft rasche Veränderlichkeit ihrer Lage, Grösse und Farbe, welche ich ebenfalls bei den von mir in Reval am Finnischen Meerbussen beobachteten Nordlichtern bemerkt habe. Alle diese Veränderungen beruhen auf einer relativen Bewegung der Reihenfäden von Meteorstoffen gegenüber dem beweglichen Erdschatten, wobei die Luftströmungen stark influiren, zum Theil auf der gegenseitigen Abstossung der gleichartig magnetisirten Fäden, welche letzterer Ursache übrigens ein geringerer, nur auf die Dauer bemerklicher Einfluss beizulegen ist, der hauptsächlich bei der langsamen Erweiterung und Gestaltung der Ringe mit in die Wagschale fällt. Nicht allein dass bei den von mir damals beobachteten Strahlen ein Breiterwerden, ein allmählicher Durchgang durch die schmelzendsten prismatischen Farben, z. B. vom Roth bis zum Grün eines unreifen Apfels eintrat, sondern die Strahlen wanderten zugleich sichtlich binnen wenigen Minuten vom östlichen nach dem westlichen Himmel hinüber, wo sie verschwanden, indem sie zugleich ihre Breite und Länge zu verändern schienen, nichts destoweniger aber ihre Richtung nach dem magnetischen Nordpunkte immer ohngefähr beibehielten (16).

Auch ein Zittern und wellenförmiges Bewegen der Strahlen findet nicht selten statt (17). Es scheint natürlich, dass die *im Winde* befindlichen Theile einer magnetischen Kette von Meteorstoffen am meisten irritirt werden. (Auf den stürmischen Shetlandinseln werden die Nordlichter „merry dancers“ genannt.) Eine Ablenkung der Elemente an einer Stelle der Kette kann aber nicht verfehlen, die bekannten wellenförmigen Bewegungen hervorzurufen, welche etwa ein gespanntes Seil zeigt, wenn seine Lage an einem Ende eine Störung erleidet (18).

Das plötzliche Aufschliessen zumal farbiger Strahlen liesse sich durch ein bei langsamer Lageveränderung eintretendes Hervortreten schon zuvor unsichtbar vorhanden gewesener magnetischer Ketten, aus dem hinter der Erd-

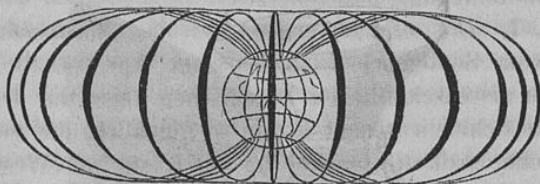
kugel liegenden, von der Sonne abgewandten Schatten unseres Planeten in den umgebenden Lichtraum, erklären. An der Grenze des Schattenraumes liegt die Region prismatischer Farben, welche die chromatischen Wirkungen hervorruft. Die Intensität der Beleuchtung kann auch dadurch rasche Veränderungen erleiden, dass einzelne Theile der Meteorwolken eine eigene etwa wirbelnde oder rotatorische Bewegung besitzen (20).

§. 7. *Die Mantelförmige Art des Nordlichtes.* Auf einer vom September 1838 bis zum April 1839 ausgedehnten wissenschaftlichen isländischen Reise war der französische Schiffsleutnant Lottin so glücklich, die genannte Nordlichtgestalt zu Bossekop an der Küste von West-Finnmarken (70° nördl. Breite) mehrmals zu beobachten, und sogar werthvolle Abbildungen davon zu entwerfen. Wie die einander umschliessenden mehrfachen Kragen eines Mantels sieht man hier das Nordlicht aus den Wolken starrend herabhängen; in einem Falle waren drei, wie ineinandergesetzte Trichter beschaffene, um eine ohngefähr senkrechte Axe geordnete Mäntel vorhanden, ein andermal schien ein weit ausgedehnter, gleichfalls von verticalen dicht aneinander gereihten Strahlen gebildeter Cylinder, mit schwachen Andeutungen einer zweiten von ihm eingeschlossenen ähnlichen Fläche den Himmel mit der Erde verbinden zu wollen.

Die dabei stattfindende Undurchsichtigkeit der einzelnen Mäntel, welche aus lauter dicht nebeneinander vom Himmel herabhängenden glänzenden Fäden gebildet zu sein schienen, lässt schliessen, dass diese Erscheinung nur zu Stande kommen kann, wenn ein reichliches Material von Meteorstoffen vorhanden ist. Es wird dazu aber ferner noch erforderlich sein, dass dasselbe hinreichend lange verhältnissmässig ruhig in der Luft schwebt, um der gestaltenden Einwirkung des Erdmagnetismus vollauf genügen zu können. Die nächste Wirkung hiervon wird wohl die sein müssen, dass das leicht magnetisirbare Material zahlreiche Fäden, welche der Richtung der magnetischen Curven folgen, bildet, und da sich diese Curven wegen ihrer annähernd symme-

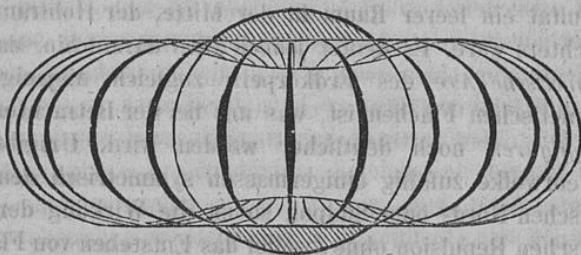
trischen Gruppierung um eine gedachte magnetische Axe des Erdkörpers eigentlich nur als Bestandtheile von um diese Axe gelagerten magnetischen *Rotationsflächen* ansehen lassen, so wird auch sogar die Bildung einer Anzahl solcher Flächen, wie sie die Figuren (2, 3, 4,) veran-

Fig. 2.



schaulichen, dem Bereiche der Möglichkeiten angehören, wenn auch der Fall in Wirklichkeit selten genug eintreten mag, und ausserdem von diesen Flächen gewiss oft

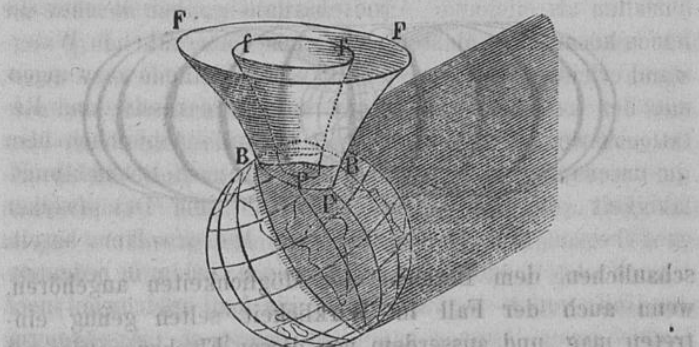
Fig. 3.



nur ein Stück zur thatsächlichen Ausbildung gelangt, entsprechend der Ausdehnung der zu Grunde liegenden Meteorwolke, der Ruhe der Luft etc. Als eine Kraft, welche bei Obwalten dieser Umstände auf die wirkliche Ausbildung solcher jetzt nur als möglich geschilderter Flächen hinwirkt, wüsste ich nur die gegenseitige Abstossung der durch den Erdmagnetismus gleichartig magnetisirten meteorischen Reihenäden anzuführen, möglich jedoch, dass auch die

Elektricität, welche sie durch Reibung an der Luft empfangen könnten, eine gegenseitige Abstossung hervorbrächte, und somit eine Discentration, ein gleichförmiges Fliehen jedes Fadens vor allen übrigen verursachte, dessen

Fig. 4.



Resultat ein leerer Raum in der Mitte, der Hohlraum des Trichters wäre. Es deutet jedoch alles darauf hin, dass die *magnetische Axe* des Erdkörpers zugleich diejenige der magnetischen Flächen ist, was uns bei der Betrachtung der *Ringfiguren* noch deutlicher werden wird. Umgibt eine Meteorwolke zufällig einigermaßen symmetrisch den magnetischen Nord- oder Südpol, so ist die Wirkung der magnetischen Repulsion ohne Zweifel das Entstehen von Flächen, deren Axe mit der Magnetaxe der Erde zusammenfällt. Auch würden nach der Theorie des Magnetismus diejenigen Curven, welche sich näher der Magnetaxe befinden, stärker magnetisch inducirt sein als die entfernteren, und daher von der Gesamtheit der übrigen stärker abgestossen und von der Axe entfernt werden als die weiter abstehenden, und sie müssten demnach bald ebensoweit wie letztere von der Axe abstehen. Durch diese Betrachtung überzeugt man sich, dass schon der Gleichgewichtszustand eine *symmetrische*

Vertheilung der Fäden zu Rotationsflächen erfordert, und dass alle Kräfte darauf hinwirken, diese Vertheilung herzustellen, wann sie gestört oder anfänglich nicht vorhanden ist.

Es ist nicht nöthig, dass ganze magnetische Flächen zu völliger Ausbildung gelangen, weder nach der Höhe noch nach der Breite. Die Höhe kann jedenfalls nicht grösser ausfallen als diejenige Atmosphärenhöhe, bei welcher die feinen kosmischen Massen noch einen so merklichen Widerstand erleiden, dass sie, zu relativem Stillstande gezwungen, mit der Erdkugel eine gemeinsame Progressiv- und Rotationsbewegung annehmen. Aus Tyndall's Versuchen über die unter gewissen Umständen hervortretende Beleuchtungsfähigkeit von fast wesenlosen Staub- und Dampfwolken geht hervor, dass unendlich feine Meteorwolken bereits Ursache des Phänomens werden können, indem in bedeutender Höhe von z. B. 125 Meilen, die Luft gleichwohl noch Dichte genug besitzen kann, um den noch masseärmeren kosmischen Wolken zu widerstehen. In solchen Höhen könnten die magnetischen Curven und Flächen, wie Fig. 1 zeigt, bereits eine merkliche Krümmung annehmen. Kann aber der Widerstand der obern dünnen Luftschichten die relative Geschwindigkeit des Meteorstoffes nicht hemmen, so entflieht er zum Theil, und es kommen dann nur verhältnissmässig kurze Stücke der magnetischen Curven in der Atmosphäre zur Ausbildung, welche als ungefähr gerade Linien angesehen werden können, und, soweit sie dem Gesichtskreise eines Beobachters angehören, alle als ziemlich parallel laufend gelten dürfen. Ihr perspectivischer Convergenzpunkt, die s. g. Krone des Nordlichtes, welcher in der Richtung der Axe der Neigungsnadel gelegen ist, ist es, auf welchen die scheinbar von allen Theilen des Horizontes aufsteigenden Strahlen zusammenlaufen müssen, da sie sich in Folge ihrer magnetischen Eigenschaften selbst wie parallele Magnetnadeln verhalten (21).

Es scheinen aber die magnetischen Flächen, wenigstens soweit es den in der Atmosphäre fixirten Theil betrifft, in

horizontalem Sinne oft weit ausgebildet aufzutreten; so kommt z. B. Müller in seiner kosmischen Physik zu dem Resultate, dass der „Strahlenkamm,“ dessen eigentliche Natur dahingestellt bleibt, bei dem an vielen Orten gesehenen Nordlichte vom 7. Januar 1831 im ganzen nördlichen und mittleren Europa, sowie auch am Eriese in Nordamerika sichtbar war, und dass derselbe, „ungefähr der Richtung eines *magnetischen Parallels* folgend, mit oder ohne Unterbrechung vom Eriese über den atlantischen Ocean bis nach Norwegen und Schweden hinzog.“ Hierin liegt eine Bestätigung der Theorie, derzufolge die Basis einer magnetischen Fläche der magnetische Parallelkreis ist.

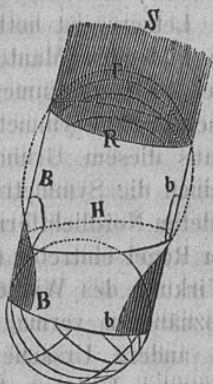
In Rücksicht auf die Reichhaltigkeit des zur Anschauung gelangenden kosmischen Leuchtstoffes bilden die Mantelförmigen ohne Zweifel die potenzirteste Form der Nordlichter.

Die unteren Endigungen der einzelnen Mäntel bezeichnen entweder die physische Grenze der meteorischen Wolke, und können alsdann eine wellige oder zerrissene, zackige Form haben, oder sie ragen bis in den Schattencylinder der Erdkugel, in welchem Falle eine abgerundete, glattbegrenzte, bogenförmige Gestalt der unteren Enden eintreten muss, welche alsdann mit dem s. g. schwarzen Segment in Verbindung stehen. Der erstere Fall würde bei grösseren, der andere bei geringeren Höhen eintreten, und sich leicht mit Farbenercheinungen combiniren. Da in sehr grossen Höhen die Atmosphäre nur für sehr massenarme Meteorwolken einigen Anhalt bieten kann, so werden die Nordlichter häufig in niederen Schichten der Atmosphäre auftreten, zumal da die höheren Schichten durch den Erdschatten (S. 23. Fig. 5,) bei Nacht meist in Finsterniss gehüllt sind. Daher ist auch die Zeit kurz nach Sonnenuntergang die günstigste für unser Phänomen, wofür sich eine Menge von Belegen anführen lassen (22). Nur in den seltensten Fällen dauert die Nordlichterscheinung bis gegen Mitternacht.

§. 8. *Die Nordlichtbögen.* Wenn das Nordlicht in Bogenform auftritt, so sind, wie die meisten Abbildungen zeigen,

diese Bögen nicht durch eine ununterbrochene, wohlbegrenzte, glatte, schmale Linie gebildet, sondern die Licht-

Fig. 5.



figur zeigt nur im Ganzen die genannte Form, wobei der Rand des Bogens durch ohngefähr senkrecht von ihm ausgehende längere oder kürzere Strahlen gezackt erscheint. Auch die Breite des Bogens ist zuweilen eine so bedeutende, dass man deutlich einsieht, wie er eigentlich nur eine Zusammenstellung von Strahlen bildet (23). *Die Nordlichttringfiguren sind in der That nur die unteren und resp. oberen Enden von wegen Mangel an Material schwach ausgebildeten mantelförmigen Nordlichtern.* Da die unteren Enden oft durch das Einschneiden in den Schattencylinder der Erde markirt werden, so ist die untere (nördlichere) Begrenzung des Bogens meistens schärfer als die obere, welche von strahligen Zacken gebildet wird. Je nach der Entfernung der Axe der Mantelfläche von der magnetischen Axe der Erde wird sich der Bogen mehr oder weniger über den Horizont eines Ortes zu erheben scheinen (24), so dass auch ein Ueberschreiten des Zeniths, besonders in den nördlicheren Breiten, nicht selten ist, wo man selbst häufig Bögen im Süden beobachtet. Bei geringer Höhe des Bogens ist wohl nur sein oberer Rand wahrzunehmen, welcher dann ein am nördlichen Himmel hervortauchendes helles *Kreissegment* bildet, das schon so ungemein oft auch

in mittleren Breiten gesehen worden ist. Bei noch niederem Stande des Bogens scheinen die etwa vorhandenen Strahlen nach einem unter dem Horizonte befindlichen Punkte zu convergiren, *welcher immer ziemlich genau im magnetischen Meridian gelegen ist.* Letzeres ist nothwendig, da die Axe eines ungestört sich bildenden Mantels allemal mit der magnetischen Axe der Erde zusammenfällt, der Meridian also diese Mantelflächen in zwei symmetrische Hälften theilt. Ueberhaupt bildet aus diesem Grunde der magnetische Meridian im allgemeinen die Symmetrie-Ebene (Axe) aller regelmässig ausgebildeten Nordlichtformen (25). Wenn Abweichungen von dieser Regel eintreten (26), so mögen diese theilweise auf der Wirkung des Windes, welcher die Gestalt der Figuren abzuändern vermag, beruhen. Aber es ist auch noch eine andere Ursache denkbar. Nehmen wir, um einen bestimmten Fall vor Augen zu haben, an, die Sonnenstrahlen tangirten den magnetischen Nordpol, so ist für einen südlich von demselben nahe der Schattengrenze gelegenen Ort nicht allein die magnetische Mantelfläche, sondern auch der Schattencylinder der Erde symmetrisch zum Meridian gelagert, und die Schnittlinie beider, welche meist die untere Begrenzung des Nordlichtbogens bildet, mithin gleichfalls. Dasselbe ist 6 Stunden später, wo die Sonne im magnetischen Meridian steht, wieder der Fall. Wenn also in zwei um 6 Stunden von einander entfernten Hauptzeitpunkten die Verticalaxe der Figur im magnetischen Meridian liegt, so werden auch in den dazwischen liegenden Zeiten keine dem Auge auffallenden Abweichungen der Mittellinie vom magnetischen Meridiane eintreten, wenn sie auch bei schärferer Beobachtung erkennbar sind.

Bei sehr schwach materiellen Nordlichtern ist der Fall denkbar, dass die Hauptmasse der Strahlen mitten auf einer magnetischen Fläche einen schwachen Lichteffect gibt, dass aber an den Rändern, überhaupt da, wo ein vom Auge ausgehender Kegel die magnetische Fläche tangirt, durch ein perspectivisches Zusammendrängen der Theile eine Verstärkung des Lichteffectes entsteht. Solches könnte z. B. in der Nähe der seitlich aufsteigenden Contouren der

trichterförmigen Flächen der Fig. 4 geschehen, und verhältnissmässig ruhig stehende aufrechte Lichtsäulen erzeugen, wie diess so oft schon beobachtet worden ist. Auch die übrigen, wenn fertig aus Leuchtstoff ausgebildeten Theile einer magnetischen Fläche, welche von dem genannten Gesichtskegel tangirt werden, können durch perspectivische Wirkung ihre Helligkeit bis zur Sichtbarkeit steigern. Diese würde in den Figuren 2 und 3 etwa die oberste Partie der Fläche betreffen, und hieraus können ohngefähr horizontale, oder bei etwas hoch über den Magnetpol aufsteigenden Flächen sogar nach oben concave Lichtfiguren entstehen, und zwar mehrere im Falle des Vorhandenseins mehrerer Flächen, und diese können überdies mit den vorgenannten verticalen Lichtsäulen verbunden sein, so dass anscheinend dreizackartige, nach oben in horizontale Aeste auslaufende Lichtsäulen dem Auge des Beobachters sich darzubieten vermögen (27).

Dass im Falle des Vorhandenseins mehrerer magnetischer Flächen mehrere concentrische Ringe entstehen können, ist klar (28). Es ist häufig beobachtet worden, dass die Nordlichtringe sich allmählig erweitern, erheben und dabei sogar das Zenith überschreiten. Diess dürfte der gegenseitigen Abstossung durch den Magnetismus, unter Umständen durch Electricität zuzuschreiben sein (29).

Aus der Fig. 5 möge man ersehen, wie für den Horizont H eines Beobachters durch eine völlig ausgebildete magnetische Fläche F in ihren Durchdringungen mit dem Schattencylinder S der Erdkugel gleichzeitig nicht allein im Norden ein Bogen B, sondern auch ein solcher b im Süden entstehen kann (30). Ein in der Höhe schwebender Ring R wird wohl nie zur Ausbildung gelangen, weil in einer so grossen Entfernung nicht nur der Erdmagnetismus schwach ist, sondern auch die Dichte der Atmosphäre zu unbedeutend, um selbst eine ziemlich wesenlose Meteorwolke zu fesseln. Dagegen dürfte es nicht für unmöglich gelten, dass eine wenig über die Erdkugel hervorragende, etwa der in Fig. 3 dargestellten Gattung angehörige Fläche F, wenn sie, wie in Fig. 6 über den Horizont

