ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1821, ERSTES STÜCK.

I.

*Betrachtungen über die Natur und die Ursachen
des Nordlichts;*

von BIOT in Paris.

(E. Vorles. gehalt. in d. öffentl. Sitz. d. vier parif. Akad. d. 24 April 1820)

Frei bearbeitet und mit einigen Anmerkungen von Gilbert *).

Das Nordlicht ist ein leuchtendes Meteor, welches zufällig Nachts am nördlichen Himmel, bald als ein unbestimmter der Morgenröthe ähnlicher Schein nahe am Horizonte, bald als eine dichte dunkle Wolke erscheint, von der Raketen ähnliche Strahlen phos-

*) Nach drei Stücken des *Journal des Savans*; die Rubriken rühren von mir her, die Urschrift hat sie nicht. Ich hoffe es sey mir gelungen im Deutschen Hrn. Biot's geistreichen Vortrag frei so wieder zu geben, wie es sich zum Vorlesen in einer gemischten Versammlung in den ernsten und in den schönen Wissenschaften ausgezeichneter Männer ziemt, und lade meine Leser ein, damit eine Probe durch Vorlesen dieses Auf-

phorischen Lichtes ausgehen *), welche die Atmosphäre in einem Augenblicke durchfliegen und erhellten. Ueber die Ursache einer so merkwürdigen Erscheinung konnte es an Vermuthungen nicht fehlen; auch haben wir deren eine Menge, von Gelehrten wie von Unwissenden erhalten, sie tragen aber insgesammt mehr oder weniger den Abdruck der Vorurtheile, welche zu ihren Zeiten unter dem Volke und in den Wissenschaften herrschten. Unter den Alten, die auf das größte abergläubisch waren, galten diese am nördlichen Himmel hinfliegenden Feuer für kämpfende Heere, und ihr Erscheinen für Unglück verkündend. Erst seitdem man vor etwa zwei Jahrhunderten beobachten gelernt hatte, und nun, zu Newton's und Halley's Zeit, das Nordlicht nach langem Ausbleiben in unsern Gegenden Europas wieder häufiger zu erscheinen anfang, ist es ein Gegenstand der Beobachtung für die Physiker, und ein bewundertes Schauspiel für alle geworden.

I. Aeltere Hypothesen vom Nordlichte.

Der berühmte Astronom Halley, der zuerst die Erscheinungen des Magnetismus der Erde zusammen gefaßt und zu erklären versucht hat, schrieb das Nordlicht den Wirbeln der magnetischen Materie zu, welche nach Descartes Ideen beständig die Erde von Süden nach Norden mit ungeheurer Geschwindigkeit durch-

satzes in gemischter Gesellschaft ihrer Kreise zu machen; denn an den öffentlichen Vorlesungen in den Pariser Akademien nehmen auch gebildete Frauenzimmer stets Antheil. *Gillb.*

*) *d'où partent des fusées phosphoriques.*

strömen, und da, wo sie aus ihr austreten von selbst oder durch irdische Stoffe, die sie mit fortreißen, leuchtend werden sollten *). Späterhin gab man indess diese Wirbel auf, deren Wirklichkeit durch nichts dargethan war; und als die neuere Chemie bis dahin unbekannte Erscheinungen von Verbrennen und Detoniren kennen gelehrt hatte, wollte man das Nordlicht einem freiwilligen Verbrennen salpetriger oder schwefliger, aus der Erde aufsteigender Dünste zuschreiben; man konnte diese jedoch nicht nachweisen, und die Meinung widerlegte sich von selbst, als man die einzelnen Umstände der Erscheinung des Nordlichts damit verglich.

Eine gelehrte, oder vielmehr verwickelte Hypothese, welche sehr berühmt geworden ist, rührt von Mairan her, der sie in seinem Werke von dem Nordlichte aufstellte. Die Astronomen hatten damals entdeckt, daß um die Sonne ein höchst feiner leuchtender Dunst vorhanden ist, der die

*) Ein großes Nordlicht, das am 6 März 1716 erschien, wurde von Halley in London, und von Cotes in Cambridge beobachtet, und von beiden in den *Philosophical Transactions* (von ersterem in No. 347 S. 406, von letzterem in No. 365 S. 66) beschrieben; und dieses sind die ersten genauen Beobachtungen, welche wir von einem Nordlichte haben. Halley hatte sich viel mit den Meteoriten beschäftigt, und dennoch pries er sich glücklich, dieses beobachtet zu haben, da ihm ein solches noch nicht vorgekommen sey; ein Beweis, daß sie damals wenigstens sehr selten waren. Cotes führt indess ein anderes Nordlicht an, das er vor acht Jahren beobachtet habe, also im J. 1707, aus welchem Jahre sich ebenfalls Beobachtungen von Nordlicht, die Römer in Copenhagen [am 1 Febr.] gemacht hatte, in den *Miscellan. Berolinens.* t. 1, finden, [dort auch

Gestalt einer flachen Linse hat, welche so läge, daß sich ihr Rand in der Ebene des Sonnen-Aequators befände, und dessen sichtbare Grenzen sich weit über die Bahnen des Merkur und der Venus hinaus erstrecken. Man nennt diesen leuchtenden Dunst das Zodiakal-Licht, und Dominicus Cassini war der erste, der ihn bemerkt hat, im J. 1683. Mairan zu Folge wird das Nordlicht aus einzelnen Haufen dieses Dunstes gebildet, denen die Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne begegnet, und die sie mit sich fortführt. Es macht in dieser Hypothese große Schwierigkeit, den Dunst nach den Polen gelangen zu lassen, um von da aus sich durch die Atmosphäre mit der großen Geschwindigkeit zu bewegen, welche die Strahlen des Nordlichts oft zu haben scheinen, und ihnen dennoch die Regelmäßigkeit zu erhalten, mit der sie sich fast immer zeigen. Mairan besaß jedoch viel Geist und verband damit eine unerschütterliche Halsstarrigkeit, so daß er sich durch die

eine Nachricht Leibnitzens von einem am 6 März 1707 zu Berlin beobachteten Nordlichte, das aus zwei genau nach Norden gerichteten concentrischen Bogen bestand. G.] Frühere Nachrichten von Erscheinungen von Nordlichtern kommen erst wieder aus dem J. 1686, und 3 oder 4 Jahr vorher, und dann erst wieder aus dem J. 1621 vor. Im letzten Jahre war das berühmte von Cassendi beobachtete Nordlicht, das man in ganz Europa gesehen hat. Diese Unterbrechungen sind indess, der Wahrscheinlichkeit nach, für kein vollkommenes Ausbleiben des Meteors, sondern für bloße Nachlassungen in der Stärke desselben in den Gegenden Europas zu halten, wo man sich vorzüglich mit den Wissenschaften beschäftigte; für aufmerksame Beobachter in den Polar-Ländern möchte, sehr wahrscheinlich, das Nordlicht auch dann nie aufgehört haben sichtbar zu seyn.

Biot.

stärksten entgegenstehenden Gründe nicht erschrecken liefs. Er verfocht seine Hypothese rühmlichst, und selbst siegreich gegen die Angriffe Euler's, des grössten Mathematikers des Jahrhunderts. Was ihm indeß diesen Sieg erleichterte, war, daß Euler ebenfalls eine Hypothese aufstellte, und das Nordlicht aus Lufttheilchen erklären wollte, welche der Stofs der Sonnenstrahlen von den äussersten Schichten der Atmosphäre forttreibe, bis in solche Fernen, daß die Rundung der Erde kein Hinderniß mehr sey sie beständig von der Sonne erleuchtet zu sehen; ein wahrer Cometen-Schweif, den die Erde mit sich um die Sonne führen müßte. Einem Beobachter konnte es nicht schwer werden nachzuweisen, daß diese Hypothese mit den einzelnen Umständen beim Nördlichte nicht zu vereinigen war, und dieses that Mairan mit vielem Eifer und mit Erfolg *). Seine Hypothese, die lockerer und daher den beobachteten Thatfachen leichter anzuschmiegen war, erhielt fast allgemein den Vorzug,

*) Euler hat diese Hypothese in den Schriften der Berliner Akademie vom J. 1746 vorgetragen, und Mairan sie in der zweiten Auflage seines *Traité de l'aurore boreale* widerlegt, welchem er mehrere Abhandlungen unter der Ueberschrift *Eclaircissements* beifügte. Aber wie konnte, wird man fragen, Euler, der das Emanations-System verwarf und das der Schwingungen eines sehr elastischen Aethers annahm, um die Licht-Erscheinungen zu erklären, damit die Idee einer den Lichttheilchen zukommenden Kraft zu stossen vereinigen? welches um so sonderbarer ist, da Euler sich selbst diese Frage vorlegt. Er antwortet, man müsse sich die Schwingungen des Aethers zwar auf unendlich nahe Gränzen in ihren Excursionen beschränkt denken, aber dennoch könnten sie kräftig genug seyn,

und war wenigstens darin nützlich, daß sie eine Zeit lang verhinderte, daß man nicht andere machte. Bei dem Eifer jedoch, mit dem die Beobachter in allen Ländern jede Gelegenheit benutzten diese Hypothese mit dem Hergange in der Natur zu vergleichen, war nach wenigen Jahren ihr Glanz völlig verschwunden.

2. Magnetische und electriche Natur des Nordlichts.

Indem so eine Chimäre zu Grunde ging, gewann man aber Wahrheiten: man fand ganz neue Eigenthümlichkeiten an diesem Meteore. Zwei Beobachter in Schweden, Celfius und Hiorter, bemerkten im J. 1740, daß während der Erscheinung eines Nordlichts die Magnetnadeln fast immer in unregelmäßige Schwankungen gerethen, nicht-magnetische Nadeln, z. B. kupferne, dagegen völlig in Ruhe blieben *). Beim Vergleichen von Beobachtungen dieser Art, die gleichzeitig an sehr von einander entfernten Orten, wie zu Upsala und zu London, gemacht worden waren, fand

um leichte Körper, gegen die sie wirkten, schnell vor sich her zu treiben. Sein Genie führte ihn vorzüglich zu rein analytischen Forschungen, und bei dieser abstrusen Geistesrichtung waren für ihn die materiell bedingten Betrachtungen der Physik nur ein Gegenstand, auf den sich die Rechnung anwenden liefs: fand nur seine Leidenschaft zu rechnen Nahrung, so kümmerte es ihn wenig, ob ein Roman von der Natur, oder der wahre Hergang sich daraus ergab (?) *Biot.*

*) Diesen letztern Umstand, der sehr wesentlich ist um die wirklich magnetische Natur des Phänomens ausser allem Streit zu setzen, hat Hr. van Swinden bewährt (*Mem. pres. des Sav. étr.* t. 8 p. 476). *Biot.*

sich, daß dieselben Bewegungen der Magnetnadel sich an beiden Orten und zwar desto stärker geäußert hatten, je lebhafter und je weiter am Himmel verbreitet das Nordlicht gewesen war. Ein blasser, niedriger und ruhiger Schein am nördlichen Horizonte störte die Magnetnadel nur sehr wenig oder kaum merklich; und dasselbe war der Fall, wenn das Meteor zwar hoch am Himmel stand, seinen Hauptsitz aber in der Verlängerung der lothrechten Ebene hatte, in welcher die Magnetnadel, wenn sie in Ruhe ist, schwebt; welche Ebene man den *magnetischen Meridian* nennt.

Diese Bemerkungen führten noch auf andere derselben Gattung. Wenn nämlich die leuchtenden Strahlen in Menge erscheinen, und entweder die Luft ganz ruhig ist oder der Wind gleichförmig bläst, so ordnet sich die Substanz des Meteors fast immer in einen oder mehrere concentrische, den Regenbögen ähnliche *Kreisbögen*, die bald weiß, bald in den lebhaftesten prismatischen Farben erscheinen. Immer liegen die gemeinschaftlichen Mittelpunkte dieser Bögen, und ihre höchsten Punkte, fast genau in dem magnetischen Meridiane des Ortes, wo man sie beobachtet, so daß sie symmetrisch um diese Ebene geordnet sind. Und es findet nicht etwa dieses Zusammenfallen mit dem magnetischen Meridiane erst jetzt Statt, sondern es wurde schon bei den ersten Beobachtungen wahrgenommen, obgleich sich die Richtung der magnetischen Meridiane seitdem in Europa bedeutend geändert hat. Die mittlere Richtung des Meteors über dem Horizonte eines jeden Ortes, muß sich also seitdem nach derselben Seite zu, und um dieselbe GröÙe, als die magnetische Abweichung verändert haben.

Ferner ereignet es sich nicht selten, daß die leuchtenden Strahlen, welche von allen Theilen des östlichen, nördlichen und westlichen Horizontes auflodern, bis über den Scheitel des Beobachters in lothrechter Richtung hinauf zu schiessen, und selbst über sein Zenith noch hinaus zu gehen scheinen. Sie pflegen dann durch ihre Vereinigung eine glänzende *Krone* zu bilden, deren Mittelpunkt unter dem Zenith nach Südosten zu, wenigstens in allen den Ländern liegt, wo man diese merkwürdige Eigenthümlichkeit des Phänomenes bis jetzt beobachtet hat. Bestimmt man die scheinbare Lage dieser Krone mit Hülfe eines astronomischen Instrumentes, oder der Sterne, die sich in ihr beim Entstehen zeigen, so findet sich allemal, daß ihr Mittelpunkt genau an der Stelle des Himmels ist, nach welcher an dem Beobachtungsorte eine frei schwebende Magnetnadel hinweist, die in ihrem Schwerpunkte so aufgelenkt ist, daß sie sich ungehindert in diejenige Richtung drehen kann, welche die mittlere ist aller auf sie wirkenden magnetischen Kräfte des Erdkörpers.

Diese sonderbaren Beziehungen in den Erscheinungen des Nordlichtes zu der Richtung der magnetischen Kräfte, sind offenbar von der größten Wichtigkeit in dem Studium dieses Meteors, weil sie physikalische Bedingungen begründen, die in der Natur desselben liegen, und von denen man in den Nachforschungen nach der Ursach derselben mit Sicherheit ausgehen kann. Hier einige *ältere* und *neuere Beobachtungen*, die durch ihre Zuverlässigkeit und durch die Natur des Details, welches sie angeben, sich am mehresten zu eignen scheinen, diesen wichtigen Charakter des

Nordlichtes darzutun und den Grad der Zuverlässigkeit auf den derselbe Anspruch hat, zu bestimmen.

Im Jahre 1612, am 12 September, war das groſſe in ganz Europa ſichtbare Nordlicht, welches Gaſſendi beobachtet hat, und das man in ſeinen Schriften t. 2 p. 107 beſchrieben findet. Aus ſeinen Worten geht hervor, daſſ die Mitte des Bogens genau in Norden ſtand *); damals aber war die Abweichung der Magnetnadel in Frankreich höchſtens 1° oder 2° öſtlich.

Im Jahr 1716, am 6 März, bildete ſich bei dem von Halley und Cotes beobachteten groſſen Nordlichte, durch das Zuſammentreffen der feurigen Strahlen, eine Krone ſüdlich vom Zenith. Cotes ſchätzte das Azimuth derſelben auf 10° von Süd. nach Oſt zu, und das war ſehr nahe die Richtung, welche damals die Magnetnadel in England hatte, indem dieſe nach Halley im J. 1716 in London 12° weſtlich abwich. Halley ſetzt den Mittelpunkt der Krone in den Kopf der Zwillinge; dieſem entſpricht 20 oder 21° Zenith-Abſtand; und gerade nach dieſen Punkt des Himmels zu mußte damals eine frei ſchwebende Magnetnadel in England hinweiſen, da die Neigung damals von der heutigen wenig verſchieden war, und alſo 69 bis 70° betrug.

Im J. 1726 zog ein groſſes in ganz Europa beobachtetes Nordlicht die Aufmerkſamkeit der Phyſiker

*) Er ſagt: *Albor ille ſeptentrionalis elatus jam fuit quadraginta et amplius gradus, videlicet pene ad ſtellam polarem; et cum, arcus in modum, formaretur, occupavit hinc inde ex horizonte gradus proxime ſexaginta; hoc eſt, parum abſuit quintaeſtium ortum occaſumque attingeret.* Biot.

wieder auf dieses Phänomen, und veranlaßte P. C. Mayer in dem 4ten Bande der Schriften der Petersburger Akademie die Resultate einer Reihe von Beobachtungen von Nordlichtern bekannt zu machen, die er seit mehreren Jahren angestellt hatte. Der Mittelpunkt der Bogen fand sich bei allen ziemlich genau in dem Meridian, nach Norden, doch immer mit einer merkbaren Abweichung nach Westen. Die Abweichung der Magnethadel war damals in Petersburg 2 bis 3° westlich.

Im J. 1784, den 23 Februar, zeigte sich in England ein starkes Nordlicht, und der geschickte Astronom Wollaston bestimmte die scheinbare Lage des großen Bogens, der sich bildete, nach den Sternen, bei welchen er von Cambridge aus gesehen erschien. Lord Cavendish hat diese Beobachtungen in den Schriften der Londner Societät für 1790 berechnet; es folgte aus ihnen, daß die Mitte des Bogens um 18° westlich von dem wahren Meridian abwich. Die Abweichung der Magnethadel in London war damals 23° 17' westlich.

In den beiden Jahren 1792 und 1793 haben die HH. Dalton in Kendal, und Crosthwaite in Keswick eine große Menge sehr lebhafter und vollständiger Nordlichter genau beobachtet *). Häufig wurde die Richtung der Bogen und der Krone, wenn sie zu Stande kam, durch sehr genaue Beobachtungen be-

*) Die umständliche Beschreibung und Vergleichung derselben, und der übrigen von 1786 bis 1793 von beiden Freunden beobachteten Nordlichter, findet sich in Hrn. Dalton's *Meteorological Observations and Essays*. London 1793, p. 54 f.

stimmt; und es ergab sich, daß die Mitte der Bögen immer fast genau in dem magnetischen Meridiane lag, und der Mittelpunkt der Krone in der Verlängerung der Inclinations-Nadel *).

Im Jahr 1816, den 7 October, und im J. 1817, den 8 Februar, zeigten sich zu Christiania in Norwegen groſſe Nordlichter, bei denen die Krone zu Stande kam. Hr. Hanſteen bestimmte die Lage des Mittelpunkts derselben genau, und fand bei jenem das Azimuth $12^{\circ} 11'$, und die scheinbare Höhe des Mittelpunkts $73^{\circ} 10'$, welches genau die jetzige mittlere Richtung der magnetischen Kräfte zu Christiania ist; bei diesem aber des Mittelpunkts der Krone Azimuth $14^{\circ} 57'$ und die scheinbare Höhe desselben $74^{\circ} 39'$.

Im Jahr 1817, den 27 August, habe ich auf Unſt, einer der Schetländischen Inseln, ein starkes Nordlicht beobachtet. Es bildete sich ein großer Bogen, dessen beide Arme nahe am Horizonte beinahe lothrecht wurden. Ich bestimmte ihre Lage mit Hülfe meines Vervielfältigungs-Kreises, und am folgenden Tage durch sehr genaue Beobachtungen die Lage des magnetischen Meridians. Es fand sich, daß die Mitte zwischen den beiden Bogen in der Richtung des mag-

*) Das Nordlicht, welches in einem groſſen Theile Europas am 22 October 1804 gesehen, und von dem Prof. Wrede in Berlin und mir in Halle gleichzeitig beobachtet, und späterhin von uns berechnet worden ist, verdiente hier auch wohl Erwähnung. Die Mitte der beiden concentrischen Lichtbogen, nach der Lage gegen die Sterne bestimmt, hatte ein Azimuth von ungefähr 14° westlich, und fiel also wahrscheinlich ebenfalls in die Ebene des magnetischen Meridians (ſ. diese Annal. B. 18 S. 254, B. 19 S. 52 und 249, B. 23 S. 30). *Gillb.*

netischen Meridians, bis auf ungefähr 4° genau fiel. Die Abweichung der Magnetnadel war ungefähr $28^{\circ} 50'$ westlich, nach den Beobachtungen des Kapitaïn Thomas, der die königl. Brigg *Investigator* befehligte.

Man sieht aus allen diesen Beobachtungen, daß die Richtungen, in welchen sich zu *einerlei* Zeit die Bogen und die Krone des Nordlichts an verschiedenen Orten zeigen, der jedesmaligen Verschiedenheit des magnetischen Meridians an diesen Orten entsprechen, und wie diese verschieden sind; und daß nicht minder zu *verschiedenen* Zeiten die Richtungen, in welchen das Meteor in Beziehung auf die Weltgegenden an ein und demselben Orte erscheint, gerade so wie die Lage des magnetischen Meridians daselbst verschieden sind. Zu allen Zeiten und überall nimmt also das Nordlicht die Richtung an, welche die mittlere der magnetischen Kräfte des Erdkörpers ist. Doch darf man dieses nicht für ein vollkommenes und unabänderliches Zusammenfallen nehmen: denn es zeigen sich davon häufige Abweichungen in den Beobachtungen, welche in sehr nördlichen Gegenden gemacht worden, wie ich mich besonders durch Berechnung der Azimuthe mehrerer von Celsius in den Jahren 1736 und 1737 zu Torneo beobachteter Nordlicht - Bögen überzeugt habe. In diesen Gegenden, wo der in der horizontalen Richtung wirkende Theil der magnetischen Kraft nur schwach ist, weichen die Mitten der Bögen manchmal sehr bedeutend von dem magnetischen Meridiane ab, und bilden sich nicht selten mehrere Bögen, die nicht mit einander concentrisch sind. In dem Zenith - Abstand der Nordlichts - Krone zeigt sich weit mehr Beständigkeit, indem ihr Mittelpunkt bei Celsius Beobach-

tungen immer fast genau in die mittlere Richtung der magnetischen Kräfte fiel, selbst in den Fällen, wenn sich in der horizontalen Richtung desselben bedeutende Störungen fanden. Aehnliche Anomalien zeigen die Beobachtungen in südlichen Ländern, z. B. in England und in Frankreich, sind hier aber viel seltener. Es folgt daraus, daß örtliche und zufällige Umstände die allgemeine Tendenz des Meteors sich nach den richtenden Kräften des Erdmagnetismus zu regeln modificiren können; und dieses Resultat stimmt, wie wir weiterhin sehen werden, in der That mit den wahrscheinlichsten Begriffen, welche wir uns von der Beschaffenheit und der Höhe des Nordlichts machen können, völlig überein.

Die Gelegenheit diese Abhängigkeit des Nordlichts von dem Erdmagnetismus zu bewähren, ist in den Gegenden, welche wir bewohnen, selten, und findet sich in der Regel nur im hohen Norden, wo das Nordlicht weit häufiger und stärker als bei uns ist. Sie blieb daher lange Zeit über unbeachtet. Bei den unerwarteten Entdeckungen, die im vorigen Jahrhunderte in den electricischen Erscheinungen gemacht wurden, und bei dem allgemeinen Interesse für sie, glaubte man dagegen eine so große Aehnlichkeit zwischen den Wirkungen des electricischen Lichtes und dem Nordlichte wahrzunehmen, daß man an der gleichen Natur beider kaum noch zweifelte. Eine Aehnlichkeit, die sich wunderbar durch die Erscheinungen bestätigt fand, welche der geschickte englische Physiker Canton entdeckte, als er zum ersten Male einen electricischen Strom durch einen luftleeren, oder mit sehr

verdünnter Luft erfüllten Raum hindurch gehen liefs. Es zeigten sich fortdauernde Blitze und veränderliche Strahlen von Licht, die alle Farben des Prisma durchliefen, und bald plötzlich, bald durch unmerkliches Uebergehen, vom dunkelsten Violett zum blendendsten Weiß übersprangen. Es schien nun nichts mehr zur Erklärung des Nordlichts zu fehlen, als daß man die Luftphelectricität so einrichtete, daß sie ähnliche Strömungen in den hohen Regionen der Atmosphäre bilden konnte. Dieses auszuführen unternahm ein großer Physiker, aber die Natur, der er schon das Geheimniß des Blitzes entlockt hatte, schien ihn zu hintergehen, und dieses Mal gab uns der weise Franklin nichts als Vermuthungen.

Bei dieser Durchmusterung der verschiedenen Systeme, welche zur Erklärung des Nordlichts erfunden worden sind, finden wir, daß man bei jedem derselben eine der Eigenthümlichkeiten des Phänomens besonders in das Auge gefaßt, und nach ihr die Hypothese geformt, die übrigen aber unbeachtet gelassen hatte, so daß in allen sich etwas Wahres findet, wenn gleich keine ganz wahr ist. Nach dem geringen Erfolg dieser Versuche zu schließen, scheint es, man würde sicherer gehen, wenn man den umgekehrten Weg einschläge; das heißt, wenn man jede der beobachteten Eigenthümlichkeiten als eine von der Natur gegebene Bedingung betrachtete, und nachdem man die Wirklichkeit derselben dargethan und ihre Wichtigkeit erwogen hätte, sie zu einem Charakter der unbekannten Urfach des Phänomens machte.

2. Dalton's magnetisch-electrische Theorie des Nordlichts.

Vor etwa 30 Jahren hat dieses in der That Herr Dalton gethan, einer der geschicktesten Physiker, welche England besitzt, und, ich muß hinzufügen, einer der bescheidensten und aufrichtigsten; denn wahrscheinlich weiß man es nur durch ihn selbst, daß ihm hierin der anonyme Verfasser einer sehr merkwürdigen, kurz zuvor in einer englischen Zeitschrift erschienenen Abhandlung voran gegangen war *).

Hrn. Dalton's Ideen gründen sich hauptsächlich auf seine eigenen zu Kendal gemachten Beobachtungen. Es hat mir geschienen, als lasse sich ihnen mehr Evidenz und Allgemeinheit durch Verbindung derselben mit dem geben, was man an andern Orten beobachtet hat, und als könne man der Ursach des Phänomens selbst noch näher kommen, ohne sich in weitläufige Erörterungen einzulassen. Gleich ihm gestehe ich aber, daß sein Anonym dieser Ursach schon sehr nahe war, wenn er sie gleich noch durch einiges Ge-

*) Hr. Dalton hat seinen Untersuchungen über das Nordlicht ein eigenes Kapitel in seinem oben angeführten Werke p. 153 f. bestimmt, und zu Anfang desselben setzt er in einer Anmerkung (p. 154) die Hypothese des anonymen Verfassers auseinander, dessen Ideen so viel Aehnlichkeit mit den Seinigen haben. Diese erwähnte anonyme Abhandlung steht in der ersten, 1792 erschienenen Nummer einer Zeitschrift, welche ein Hr. Whiting, unter dem Titel *Mathematical, geographical and philosophical Delights* heraus gab. Ich war sehr begierig diese Abhandlung zu sehen, habe mir aber die Zeitschrift nicht verschaffen können. *Biot.*

wölk von Hypothesen sah, von dem ich sie hoffe befreien zu können *).

Ich bin zum Nachdenken über diesen Gegenstand durch die Reise veranlaßt worden, welche ich vor drei Jahren [in Auftrag der Akademie der Wissenschaften, zur Bestimmung der Länge des Secundenpendels daselbst. G.] nach den Schetländischen Inseln gemacht habe. Man sieht hier das Nordlicht oft in sei-

- *) Des Hrn. John Dalton's, damals Professors der Mathematik und Physik an dem neuen Collegio zu Manchester, wie der Titel sagt, *Meteorological Observations and Essays*, Lond. 1792, handeln im achten *Essay* S. 152 bis 194 von dem Nordlichte. Dieser scharffinnige Physiker entwickelte darin seine Theorie auf eine ganz geometrische und sehr genügende Weise. Längst schon hatte ich diesen Aufsatz in einer freien Bearbeitung für die *Annalen* bestimmt, sobald das Wiedererscheinen bedeutender Nordlichter dazu Veranlassung geben würde, und ich gebe diese Absicht nicht auf. In einer am 10 April 1793 gedruckten Ankündigung dieser seiner *Essay's*, hatte Hr. Dalton auf seine Entdeckungen über das Nordlicht, daß es magnetischer Natur sey, als etwas ganz Neues aufmerksam gemacht, er hörte aber gleich darauf von einem jungen Manne, der auf sein Werk subscribirte, es finde sich von einem Unbekannten, in einem kürzlich erschienenen periodischen Werke, ein Versuch über das Nordlicht, unterschrieben *Amanuensis*, worin unter andern Vermuthungen auch die stehe, das Nordlicht werde durch den Magnetismus der Erde hervorgebracht; und dieser junge Mann liefs für ihn die Abhandlung abschreiben aus der am 1 Mai 1792 herausgegebenen No. 1 der *Mathem., geom. and philos. delights*, die ein Hr. Whiting herausgab. Die sechs Conjecturen des Anonymus, wie sie Hr. Dalton ganz kurz angiebt, beweisen indess, wenigstens meiner Ueberzeugung nach, daß die Ideen desselben über das Nordlicht noch ziemlich roh und unbestimmt waren, daß Hr. Biot ihnen

ner ganzen Pracht, und selbst häufiger als in Schweden und in Norwegen. Ich wünschte sehnlichst Augenzeuge eines solchen Schauspiels zu seyn, denn bis dahin kannte ich nur die schwachen Spuren von Nordlicht, welche man dann und wann in Frankreich sieht, und die sich, wie bekannt, seit vielen Jahren darauf beschränken, daß am nordwestlichen Himmel ein schwärzlicher, nur wenig über dem Horizonte sich erhebender Kreisbogen *) erscheint, aus dem manch-

hier zu viel Werth beigelegt, und daß Hr. Dalton volles Recht hatte zu äußern: „der sinnreiche *Amanuensis* werde sich freuen zu sehen, daß eine Verbindung zwischen Nordlicht und Magnetismus, auf die er wahrscheinlich zuerst gekommen sey (Halley's Abhandlungen kannte Dalton damals noch nicht), durch förmliche Beweise sich darthun lassen.“ Das große Lob, welches Hrn Dalton's Aufrichtigkeit im Anführen des anonymen Aufsatzes ertheilt wird, könnte zu der Meinung verleiten, bei unsern übermeerischen und überrheinischen Nachbarn gelte es für eine Tugend litterairisch gerecht zu seyn, und weder die Ansprüche anderer zu verschweigen, noch Fremdes sich zuzueignen. In Deutschland (und noch mehr bei den in ihrer Kenntniß dessen, was in der Naturlehre unter uns geschieht zu bewundernden Niederländern) hält man es immer noch für ein Kennzeichen gründlicher Gelehrsamkeit und reiner Liebe zur Wissenschaft, gegen andere gerecht zu seyn, was sie geleistet haben unverholen anzuerkennen und es zu berücksichtigen; nur solchen, denen es um das Scheinen zu thun war beim Bewußtseyn eigener Schwäche, oder denen es gar beliebt hat in der deutschen gelehrten Welt die Rolle der Marktschreier und Gaukler zu spielen, haben hiervon unrühmliche Ausnahmen gemacht. *Gilbert.*

*) Sollte wohl entweder heißen ein schwärzlicher Kreisabschnitt, oder ein weißer Kreisbogen. *Gilb.*

mal leuchtende Strahlen bis zu unbedeutenden Höhen heraufschiefsen. Das war alles, was ich vom Nordlicht gesehen hatte. Der vortreffliche Mann, der mich mit so vieler Gastfreundschaft in seinem Hause auf der Schetländischen Insel *Unst* aufgenommen hat, Herr Th. Edmonston, machte mir von diesem Meteor einen ganz andern Begriff, und gab mir so ganz neue Umstände an, daß ich sie für übertrieben hielt. Aber am 27 August 1817 zeigte sich das Meteor, und nun schien mir alles, was man davon erzählt hatte, möglich zu seyn.

Wir erblickten zuerst in Nordost einige schmale Lichtstrahlen, die nicht hoch über dem Horizont heraufstiegen, und, nachdem sie eine Zeit lang da gestanden hatten, verlöschten. Aber $1\frac{1}{2}$ Stunden darauf erschienen sie wieder, in derselben Himmelsgegend, aber sehr viel stärker, glänzender und ausgedehnter. Bald fingen sie an über dem Horizonte einen regelmäßigen Bogen, wie den Regenbogen, zu bilden. Anfangs war der Umfang desselben nicht vollständig, aber nach und nach nahm er an Oeffnung oder Weite (*amplitude*) zu, und nach einigen Augenblicken sah ich von Westen her die andere Hälfte ankommen, die sich bildete, und sich in einem Augenblicke erhob, begleitet von einer Menge leuchtender Strahlen, welche von allen Theilen des nördlichen Horizontes hinzuliefen: und nun erhob sich der höchste Punkt des Bogens fast bis an das Zenith *). Dieser Bogen war anfangs schwe-

*) *Je vis venir de l'ouest l'autre moitié, qui se forma, s'éleva en un moment, accompagnée d'une multitude de jets de lumière*

bend und unentschieden, als habe sich die Materie, die ihn ausmachte, noch nicht fest und bleibend geordnet: aber bald beruhigte sich die innere Bewegung in ihm *), und nun erhielt er sich in seiner ganzen Schönheit über eine Stunde lang, während er sich fast unmerklich nach Südost zu fortbewegte, als wenn ihn der sanfte Nordwest-Wind, der damals blies, dorthin führte. Ich hatte daher volle Zeit ihn mit Muße zu betrachten, und seine Lage mit dem Vervielfältigungs-Kreise, der mir zu den astronomischen Beobachtungen diene, zu bestimmen. Er umspannte einen Bogen des Horizonts von $128^{\circ}42'$, und sein Mittelpunkt befand sich genau in der Richtung der Magnetnadel. Der ganze Himmels-Raum, den dieser große Bogen nach Nord-West zu begränzte, wurde unaufhörlich nach allen Richtungen von leuchtenden Strahlen durchkreuzt, deren verschiedene Gestalten, Bewegungen, Farben und Dauer meinen Geist nicht weniger als meine Augen beschäftigten **). Gewöhn-

qui accouroient de tous les points de l'horizon du nord: alors le sommet de la courbure s'éleva presque au zénith.

*) *Cet arc fut d'abord flottant et indécis, comme si la matiere qui le composoit n'avoit pas encore pris un arrangement stable, mais bientôt toute son agitation se calma.*

**) *Toute l'étendue du ciel, que ce grand arc limitait du côté du nord-ouest, étoit incessamment traversée, dans toutes les directions par des jets lumineux.* Diese Stelle sagt so deutlich, daß sich die Strahlen zwischen dem Bogen und dem von ihm umspannten Theile des Horizontes nach Nordwesten zu befanden, daß sich nicht wohl denken läßt, die andere Hälfte des Himmels zwischen dem Bogen und dem südöstlichen Hori-

lich war jeder dieser Strahlen, wenn er anfang zu erscheinen, ein bloßer Strich weißlichen Lichtes; schnell aber nahm er an Größe und an Glanz zu, wobei er manchmal sonderbare Veränderungen in Richtung und Krümmung zeigte. Hatte er seine vollkommene Entwicklung erreicht, so verengerte er sich zu einem dünnen geradelinigen Faden, dessen im Allgemeinen äußerst lebhaftes und glänzendes Licht von sehr bestimmter rother Farbe war, sich dann allmählig schwächte und endlich erlosch, häufig genau an derselben Stelle, wo der Strahl angefangen hatte zu erscheinen. Daß eine so große Menge von Strahlen fort-dauert, jeder an seinem scheinbaren Orte, während der Glanz desselben unendlich viele Abwechselungen erleidet, scheint zu beweisen, daß das Licht, womit diese Strahlen leuchten, kein zurück geworfenes, sondern directes Licht ist, und sich an dem Orte selbst entwickelt, wo man es sieht: auch habe ich darin keine Spur von Polarisirung entdecken können. Alle diese Feuer, und der Bogen selbst, der sie in seinem Umfang umschloß *), befanden sich in einer größern Höhe als

zonte sey eigentlich gemeint. Auch die Ausdrücke in der folgenden Anmerkung, und der Umstand, daß keine Krone oder Glorie entstand, bestätigen dieses. Die Strahlen, welche ich in dem großen Nordlichte am 22 Oct. 1804 sah, gingen von dem weißen Bogen aus und schossen nach dem Zenith zuwärts, und gerade so bildet Wolf ein Nordlicht ab, welches er in Halle beobachtet hat, und zwar mit nicht langen, lothrechten Strahlen, welche alle längs des Bogens von demselben ab aufwärts gerichtet sind. *Gilbert.*

*) *Tous ces feux et l'arc même qui les embrassoit dans son contour.*

die Wolken: denn diese bedeckten sie von Zeit zu Zeit, und die Ränder dieser Wolken schienen von ihnen erhellt zu seyn, war dieses anders nicht Täuschung. Auch der Mond, der damals sehr hoch über dem Horizonte stand, erleuchtete dieses erhabene Schauspiel, und die Ruhe seines Silberlichts war im sanftesten Contrast mit der lebhaften Bewegung der glänzenden Strahlenbüschel, mit denen das Meteor die Luft übergoss.

Dieses betraf die allgemeinsten Umstände des Phänomens. Wir müssen nun aus ihnen die *Bedingungen* ableiten, unter denen es vorhanden ist, und zwar vor allen Dingen ausmachen, ob wir den Ort des Nordlichts *in unserer Atmosphäre oder außerhalb derselben* zu suchen haben.

Hierüber läßt sich durch ein einfaches Mittel entscheiden. Hat es seinen Sitzt außer unserer Atmosphäre, so kann es an der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe keinen Theil nehmen, und müssen also die Strahlen, Bogen und glänzenden Kronen sich wie die Sterne von Osten nach Westen fortzubewegen und um die himmlischen Pole zu drehen scheinen. Befindet sich dagegen das Meteor in unserer Atmosphäre, so muß es an der Axenumdrehung der Erde so gut als die Wolken Theil nehmen, und in Beziehung auf die irdischen Gegenstände unbeweglich erscheinen, oder gleich den Wolken nur zufällige Bewegungen zeigen. Alle Beobachtungen beweisen, daß das letztere der Fall ist; die lange Unbeweglichkeit des Bogens, den ich von der Insel Unst aus sah, würde allein schon hinreichen, dieses außer allem Streit zu setzen. Wir können daher mit Gewißheit behaupten, daß

das Nordlicht eine Erscheinung ist, welche ihren Sitz in unserer Atmosphäre hat.

Nun aber ist es eine allgemein bekannte Sache, daß hoch in der Atmosphäre stehende Gegenstände uns unter mehreren Täuschungen der Perspective erscheinen, von denen wir den Eindruck, den sie auf uns machen, befreien müssen, wenn man über ihre wahre Gestalt und Entfernung urtheilen will. So zum Beispiel erscheinen uns alle Sterne als wenn sie an einer und derselben hohlen Kugelfläche ständen, welche wir das Himmels-Gewölbe nennen, und doch stehen sie in unendlich verschiedenen Entfernungen von uns. Die ungeheuren Massen leuchtenden Dunstes, welchen die Kometen hinter sich her ziehen, und die ihre Schweife bilden, erscheinen uns auch als kreisförmig gekrümmt an diesem Gewölbe, obgleich sie sich geradlinig in den Himmelsraum erstrecken. Durch eine andere Art von Täuschung scheint es uns, wenn die Sonne hinter Gewölk steht und durch mehrere Oeffnungen desselben hindurch scheint und die Luft erleuchtet, als liefen alle diese Strahlen nach der Stelle hin zusammen, wo die Sonne verborgen steht, obgleich sie in der That alle parallel sind. Durch diese allgemeinen Wirkungen der Luft-Perspective müssen auch die Erscheinungen der leuchtenden Strahlen modificirt seyn, welche bei dem Nordlichte aufschiefsen, und dieses muß man in Ueberlegung ziehen, wenn man das, was in der Wirklichkeit ist, entziffern will.

Die leuchtenden Strahlen des Nordlichts scheinen, von welcher Seite her man sie auch betrachtet, stets größte Kreise an dem Himmels-Gewölbe zu beschreiben, und ihre Richtung insgesammt nach dem Punkte

des Himmels zu nehmen, nach welchem eine ganz frei schwebende Magnetnadel *), wenn sie in Ruhe ist, hinweist. Daraus muß man schliessen, daß diese Strahlen in der Wirklichkeit cylindrisch, und der Richtung dieser Nadel parallel sind. Aber überdem zeigt jeder Strahl in seiner Länge Ungleichheiten der Dicke und des Lichts, von der Art, daß wir schliessen müssen, er sey aus einer Menge kürzerer Cylinder zusammen gesetzt, die von einander unabhängig sind, und einander zum Theil bedecken. Und dehnt man diese partiellen Anzeigen auf den ganzen Raum aus, in welchem das Meteor verbreitet ist **), so läßt sich daraus mit geometrischer Strenge (?) folgendes schliessen: Das Nordlicht besteht aus einem Walde leuchtender Säulen, die alle der mittleren Richtung der magnetischen Kräfte, und folglich unter einander selbst parallel sind, in der Luft in fast gleicher Höhe schweben, und sich dem Beobachter in verschiedenen horizontalen Richtungen zeigen. Da diese Säulen in verschiedenen Abständen von dem Beobachter sind, so müssen sie ihm, den Regeln der Perspektive zu Folge, in verschiedenen Höhen zu schweben, sich auch einander zu bedecken scheinen, und zum Theil eine auf die andere projectiren, besonders wenn man sie nahe am Horizonte sieht, weil dann die Gesichtsstrahlen fast senkrecht auf ihre Längen sind. Dagegen müssen sie von einander

*) Die Abweichungs- und Neigungs- Nadel zugleich ist. G.

**) Was berechtigt uns aber hierzu, wenn wir keine nach dem magnetischen Pol hinwärts schießende Strahlen, sondern Kreise oder ganz unbestimmte Lichtmassen sehen, wie sie oft bei schwachen Nordlichtern erscheinen? *Gill.*

getrennt erscheinen, wenn sie sich weit genug über dem Horizonte erhoben haben, daß das Auge ihre Zwischenräume gewahr werden kann. Bewegen sie sich gemeinschaftlich mit einander fort, und eine Anzahl derselben wird über den Scheitelpunkt des Beobachters und den Punkt am Himmel hinaus geführt, nach welchem die ihnen parallele Neigungs-Nadel hinweist, so muß die Projection dieser Säulen auf das Himmels-Gewölbe um den eben genannten Punkt eine Krone oder einen leuchtenden Heiligenschein (Glorie) bilden, und es wird das Ansehen haben, als gingen von ihr nach allen Seiten Strahlen nach dem Horizonte bis zu der Höhe herab, bis zu welcher diese sich fortbewegenden meteorischen Säulen werden scheinen herab gekommen zu seyn. Alles dieses ist von Hrn Dalton durch geometrische Erörterungen vollkommen gut dargelegt und entwickelt worden, wahrscheinlich ohne daß er wußte, daß schon im Jahr 1716 Cotes, (von welchem Newton's Ausspruch bekannt ist, daß, wäre er leben geblieben, wir etwas wissen würden) diese Schlüsse gemacht, und daß Cavendish, der strengste der Männer von Genie, sie seitdem angenommen hatte; welches ich in der Absicht bemerke, um zu zeigen, daß man diese Folgerungen als streng erwiesen annehmen kann.

Diese Beschaffenheit der Nordlichts, auf welche uns die optische Betrachtung führt, wird durch mehrere sonderbare Einzelheiten in der Erscheinung bestätigt, welche von der zufälligen Lage des Beobachters gegen die verschiedenen Theile des Meteors abhängen, und dann und wann wahrgenommen worden sind. Wenn z. B. die meteorische Säulenreihe (*colonnade*)

nachdem sie schon leuchtend geworden ist sich noch ganz im Norden des Beobachters und dem Horizonte nahe befindet, und nun nach Süden fortgetrieben wird, sich also dem Beobachter nähert, ohne daß die Säulen aus denen sie besteht verschwinden oder ihre Anordnung verändern, so muß dieselbe optische Wirkung Statt finden als bei den Bäumen eines Waldes, dem man sich nähert; das heißt, die östlich und die westlich von dem magnetischen Meridiane befindlichen Säulen müssen sich, jene nach Osten, diese nach Westen zu zu bewegen und dabei alle von einander zu entfernen scheinen, während die Säulen, die sich in der Ebene des magnetischen Meridians befinden, den Anschein haben werden unbeweglich da zu stehen, oder gerade nach dem Zenith hinauf zu steigen. Gerade so ist die Erscheinung von F. C. Mayer in Petersburg bei einem großen Nordlichte am 16 November 1726 beobachtet worden *).

Ein anderer Fall, der unter besonderen, sehr selte-

*) Ich setze seine Worte selbst hierher; mit *trabs* bezeichnet er einen lothrechten Strahl, also eine unserer leuchtenden Säulen. Er beschreibt zuerst das Entstehen eines Lichtbogens, dessen höchster Punkt sich nicht genau in Norden befand, sondern davon sehr merklich nach Westen abwich. Dann fügt er hinzu: *Motus trabium mirus erat; quae enim in occidentali arcus parte exstabant, versus occidentem ferebantur; ad orientem ferebantur, quae in orientali arcus parte sitae erant: boreales autem trabes stabant immobiles. Ex hoc phaenomeno intellexi lumen moveri ex Nord-West versus verticem meum, id quod et sequentibus phaenomenis confirmatum est.* Man sieht, daß Mayer daraus gerade dieselbe Folgerung zog, welche die Regeln der Perspective nachweisen. *Biot.*

nen Umständen eintreten kann, ist, daß die meteorische Säulenreihe nicht mit einem Male leuchtend wird, (denn diese Erleuchtung scheint stets etwas Zufälliges zu seyn), sondern daß zuerst nur eine gewisse Anzahl von Säulen leuchten. Stehen diese Säulen so weit von einander ab, daß sie einander nicht bedecken, so kann man sie getrennt, selbst einzeln, wahrnehmen. Dieses war der Fall bei dem großen Nordlichte im J. 1716, nach Halley's Beschreibung. Es zeigten sich kleine, parallele Säulen von gleichen Längen, deutlich von einander getrennt in einem Himmelsraume, den zwei leuchtende fast horizontale Streifen umgaben. Eine ähnliche Erscheinung dieser Art findet sich in einer Abhandlung Halley's aus dem J. 1719 aufgezeichnet (*Philos. transact.* No. 363, p. 1099). Er sah von Zeit zu Zeit in großer Höhe Systeme von Säulen oder leuchtenden Streifen in der Luft erscheinen, die einer neben dem andern wie die Orgelpfeifen standen, und so plötzlich zum Vorschein kamen, als hätten sie hinter einem Vorhang gestanden, der schnell aufgezogen würde.

Nimmt man sich überhaupt die Mühe, die vielen Beschreibungen mit Aufmerksamkeit zu lesen, welche uns Beobachter in den nördlichen Ländern von Nordlichtern gegeben haben, so findet man darin eine Menge Einzelheiten, die der Beschaffenheit des Meteors, wie wir sie nach den Gesetzen der Perspektive gefolgert haben, vollkommen entsprechen. Die zufälligen Abweichungen, welche man in dem Azimuth der Krone von dem magnetischen Meridiane bemerkt, darf man nicht als dieser Erklärung widersprechend ansehen; denn dieses Azimuth wird durch den horizontal-wir-

kenden Theil der magnetischen Kraft bestimmt, welcher in diesen Gegenden so außerordentlich schwach ist, daß die kleinste störende Urfach den meteorischen Säulen eine andere azimuthale Richtung geben kann. Da das Meteor in unserer Atmosphäre ist, so reicht schon das Spiel der Winde und Luftströme zu solchen Störungen hin; und besonders muß dieses in den Gegenden des hohen Nordens Statt finden, wo, wie wir gleich sehen werden, das Meteor manchmal sehr niedrig, ja bis in die untern Schichten der Atmosphäre herab steigt.

4. Höhe und Geräusch des Nordlichts.

Nächst dieser allgemeinen Beschaffenheit ist die wahre Höhe des Meteors über der Oberfläche der Erde einer der wichtigsten Umstände, die wir kennen müssen. Es ist sehr häufig versucht worden, sie durch dieselben Mittel zu bestimmen, deren sich die Geometer bedienen, um Entfernungen unzugänglicher Gegenstände durch gleichzeitige Winkel-Messung mit astronomischen Instrumenten zu finden. Aber die Schwierigkeit hier einerlei Zeit und einerlei Gegenstand zu erlangen, macht das Verfahren sehr ungewiß; auch hat es zu sehr ungleichen Resultaten, von 20 bis 100 und mehr franzöf. Meilen Höhe, geführt. Eine noch gröfsere Ungewißheit herrscht über die Länge der meteorischen Säulen selbst, welche man durch ein ähnliches Verfahren zu messen versucht hat.

Da sich aus der Lehre von der Perspective darthun läßt, daß das Meteor in Säulenreihen erscheint, so setzen die Kreisbogen das wirkliche Vorhandenseyn einer Reihe von Säulen voraus, welche sich eine neben der

andern, in einerlei horizontaler Richtung senkrecht auf den magnetischen Meridian befinden; und in der That geht alles genau so vor sich, wie es der Fall seyn würde, wenn die Fortbewegung der leuchtenden Säulen von selbst (*spontanement*) in einer ruhigen Luft, kreisartig divergirend, wie wirkliche Wellen, von einerlei Mittelpunkt aus geschähe, als aus einem gemeinschaftlichen Heerd von dem sie ausgehen. Es könnte indeß auch dann noch ein Bogen erscheinen, wenn das Fortbewegen der Säulen durch einen horizontalen Widerstand verhindert würde, zum Beispiel dadurch, daß sie auf einem in der höhern Luft aus entgegengesetzter Richtung kommenden Luftstrom stießen, und sich an dessen Gränzen einige Zeit lang anhäuften. In diesem Falle müßte aber der entgegengesetzte Luftstrom nur gerade so stark seyn, daß er das Fortschreiten der Säulen hemmte, und nicht so stark, daß er sie zurücktriebe oder zerstreute; denn selbst wenn er ihren Parallelismus auch nicht störte, würde doch die Richtung eines solchen Luftstroms auf die Lage der Gränze Einfluß haben, wo das Fortschreiten der meteorischen Säulen aufhörte, und würde daher der höchste Theil des Bogens nicht in dem magnetischen Meridian liegen können, wenn nicht ein ganz außerordentlicher Zufall obwaltete. In der That hat man oft Bogen gesehen, die von dieser Richtung sehr merklich abwichen.

Wie ungewiß übrigens auch die Ursachen seyn mögen, die diese Eigenthümlichkeit des Meteors [das ist die Erscheinung der Kreisbogen] bedingen, so ergiebt sich doch immer aus dieser Erörterung hinlänglich, wie unrichtig die von F. C. Mayer in den

Schriften der Petersburger Akademie der Wissenschaften, Th. 4, vorgeschlagenen Methode ist, die Höhe des Nordlichts aus der scheinbaren Höhe dieser Bogen und ihrer Oeffnung (*amplitude*) unter der Voraussetzung zu bestimmen, daß sie Theile von Kreisen sind, deren Mittelpunkte in der Erdaxe liegen. Denn gesetzt auch, sie wären vollkommen kreisförmig, welches erst durch genaue Beobachtungen dargethan werden müßte, so ist doch auf jeden Fall so viel gewiß, daß ihr Mittelpunkt fast nie in der Erdaxe liegt. Ihr wahrer Pol scheint vielmehr der magnetische zu seyn; bevor aber nicht die Lage dieses Pols durch zuverlässige Beobachtungen außer Streit gesetzt ist, läßt sich aus der scheinbaren Höhe und Oeffnung der Bögen ihre wahre Höhe nicht berechnen.

Zu etwas Brauchbarerem scheinen gleichzeitige Beobachtungen der Höhe zu führen, welche diese höchsten Punkte der Bogen an verschiedenen Orten haben; doch sind auch die so erhaltenen Bestimmungen immer sehr ungewiß.

Unter allen bisher versuchten Anwendungen dieser Methode scheint mir Cavendish's Bestimmung der Höhe eines in England im Jahr 1790 beobachteten Lichtbogens die mindest ungewisse zu seyn; und doch bemerkt Cavendish selbst (*Philos. transact. for 1790*), daß wenn man die Beobachtungen um sehr kleine Größen verändere, für die sich keineswegs stehen lasse, oder wenn man die Data statt auf die Grundflächen auf die höchsten Punkte der Säulen beziehe, in den absoluten Höhen des Meteors sich außerordentliche Verschiedenheiten finden, indem danach die Höhe seines Bogens entweder 50 oder 70 geogr. Meilen be-

trage. Ueberdem macht Cavendish mit Recht darauf aufmerksam, daß, da die Säulen bloß ein optisches Phänomen sind, sich mittelst ihrer die Höhe des Meteors nicht bestimmen lasse, ungeachtet Mairan und Bergman sich ihrer dazu bedient haben.

Wenn wir indessen auch, dieser Gründe ungeachtet, zugeben, daß einige von den Schätzungen, die man auf diese Art unter günstigen Umständen über die Höhe des Nordlichts erhalten hat, einiges Vertrauen verdienen, so können sie doch auf keinen Fall für etwas allgemein geltendes ausgegeben werden. Daß das Meteor, manchmal wenigstens, sehr viel tiefer herabsteigt, als man diesen Schätzungen zu Folge glauben sollte, darauf scheint mir nicht nur die lebhafte und beständige Bewegung der leuchtenden Strahlen *) zu deuten, sondern auch das gleichzeitige Fortschreiten aller Theile der Bogen als würden sie von einem leichten Winde fortgetrieben, und die langsame und regelmäßige Fortbewegung der Flocken leuchtender Materie, welche nach Versicherung von Bewohnern des hohen Nordens man dort nicht selten einzeln in der Atmosphäre schweben sieht **).

Ich habe selbst am 6 September 1817 ein Phänomen dieser Art auf den Schetländischen Inseln erlebt. Eine dicke Wolke stieg langsam aus Nordwest an dem Horizonte herauf: sie trug in ihrem Innern den Heerd des phosphorischen Scheins, der bald zurück zu bleiben und zu erlöschen, bald voran zu schießen und die Ränder derselben zu erleuchten schien. Ich weiß von

*) *agitation des jets phosphoriques.*

**) *séparés et flottant dans l'atmosphère.*

dieser phosphorescirenden Wolke *) keine richtigere Vorstellung zu geben, als indem ich sie mit den undurchsichtigen von hinten durch Lampen erleuchteten Wolken unserer Theater vergleiche. Indefs bemerkte ich während einiger Augenblicke auf ihrer untern Fläche eine kleine Stelle, wo nur das Licht zwischen ihr und mir zu seyn schien. Als diese Wolke bis 45° Höhe angestiegen war, blieb sie eine Zeit lang stehen, und zog dann langsam nach Westen, immer von dem leuchtenden Wesen begleitet **); und einige Feuer-Strahlen (*jets de feu*), welche auch von dem Horizonte an der Nordseite aufschossen, beugten sich ebenfalls nach Westen, als wenn ein in der Höhe aus Südost kommender Wind das Meteor hier nach andern Gegenden führte. Aehnliche Erscheinungen habe ich am 14 September wieder gesehen.

Diese Beobachtungen, nach welchen das Nordlicht bis in die Region der hohen Wolken, geschähe es auch nur durch Zufall, herab zu kommen scheint, geben, wie mich dünkt, einer in allen Gegenden des hohen Nordens allgemein verbreiteten Meinung viel Wahrscheinlichkeit, daß man nämlich bei sehr lebhaften Nordlichtern *ein Brausen (bruissement)* höre, welches manchmal sehr stark werde. Ich weiß hinlänglich, wie wenig Vertrauen Auslagen des Volks verdienen, welche durch Furcht eingegeben, oder durch den täuschenden Schein schneller Bewegungen veranlaßt seyn können: doch giebt es auch bei Auslagen dieser Art Grade der Wahrscheinlichkeit, und es würde eben so unphilosophisch

*) *nuée phosphorescente.*

**) *toujours accompagnés de son phosphore.*

seyn, sie geradezu zu verwerfen ohne sie zu untersuchen, als sie ungeprüft für wahr anzunehmen. Wer in den letzten dreißig Jahren sich damit beschäftigt hätte, das zu prüfen und zu sichten, was man Volks-Vorurtheile nannte, würde daraus haben eine gute Anzahl schöner Entdeckungen hervorziehen können. Ich für meinen Theil nehme keinen Anstand zu erklären, daß man, wenn man die Sache ohne Vorurtheil untersucht, bei der so auffallenden Uebereinstimmung der Zeugnisse nicht umhin könne, an das Brausen des Nordlichts als Thatfache zu glauben.

Der vortreffliche Physiker Muschenbroek, der um die Mitte des vorigen Jahrhunderts in Holland schrieb, führt an, alle Matrosen der Grönlandsfahrer versicherten diese Thatfache einstimmig. Noch bestimmter drückt sich darüber Gmelin in seiner Reise durch Sibirien aus. „So schön auch, sagt er, das Schauspiel eines Nordlichts ist, so glaube ich doch, daß man es schwerlich, das erste Mal wenigstens, ohne Furcht sehen würde; ein solches Getöse begleitet dasselbe, wie mir viele unterrichtete Leute versichern; ein Zischen und Brausen, wie bei den größten Feuerwerken. Die Jäger, welche an der Küste des Eismees auf die Jagd der blauen Füchse gehen, werden häufig von dem Nordlicht überfallen, und ihre Hunde erschreckt es so, daß sie nicht aus der Stelle zu bringen sind, und sich an die Erde legen, bis das Geräusch vorüber ist.“ Es giebt in der Landessprache einen eigenen Volks-Ausdruck um den Eindruck den das Phänomen macht zu bezeichnen. Alle, fügt Gmelin hinzu, stimmten überein diese Thatfache zu bezeugen *).

*) Hr. Patrin hat den Berichten Gmelin's in dies. Annal. B. 37

Ich kann versichern, daß die Uebereinstimmung in den Schetländischen Inseln nicht minder allgemein ist, obgleich man dort dem Meteore nicht eine so große Heftigkeit (*violence*) zuschreibt, wahrscheinlich weil diese Inseln nicht so weit nach Norden liegen. Hr. Edmonston, dem diese Stelle Gmelin's eben so unbekannt war, als mir, beschrieb uns das Geräusch des Nordlichts mit denselben Charakteren, und sprach davon als von etwas, das er gar manches Mal selbst ge-

S. 346 widersprochen; sie beruhten, meint er, bloß auf ein Märchen, das ihm in Jeniseisk 1741 erzählt worden sey, und bei 3 Nordlichtern, die Gmelin selbst gesehen habe, erwähne er keines Geräusches; Pallas, der 6 Jahre in Sibirien herumgereist sey, habe über Gmelin's Leichtgläubigkeit in diesem Punkte gelacht, und er selbst (Patrin) habe 9 Jahr an verschiedenen Orten Sibiriens zugebracht, und mehrere der vollständigsten Nordlichter gesehen, auch genau zugehört, aber nie ein Geräusch wahrgenommen, oder von andern, daß sie es wahrgenommen hätten, gehört. Nirgends gebe es mehr und lebhaftere Nordlichter als in Island und in Grönland; aber weder der Bischof Egede, der 15 Jahre in Grönland gelebt, noch der Prediger Horrebow, der 116 Nordlichter, die er in Island gesehen, beschrieben habe, erwähnten eines Geräusches. — Noch ein wichtiges Zeugniß ist das des Hrn von Buch im ersten Theile seiner Reise durch Norwegen S. 361. Selbst im nördlichsten Theile Norwegens sind, sagt er, Nordlichter keine häufige Erscheinung, sondern etwa wie bei uns Gewitter. „Ein Zischen, ein Brausen, oder überhaupt nur das geringste Geräusch haben aufmerksame Beobachter weder in Nordland noch in Finmarken je dabei bemerkt. Ich habe danach viele bis zum Nordcap hin befragt; allein alle versicherten einstimmig, daß sie nur stille Nordlichter kannten, und nie etwas von Geräusch dabei erfahren hätten etc.“ *Gilb.*

hört habe; er verglich es vorzüglich mit dem Brausen (*bruiffement*) eines großen Feuers. Bei dem großen Nordlichte, das ich in Unst beobachtet habe, war die Brandung des Meers an der Küste der Insel, an welcher ich mich befand, zu heftig, als daß ein solches Geräusch hätte können bemerkt werden. Auch wird nicht behauptet, daß man immer das Geräusch des Meteors höre, sondern nur, daß dieses manchmal der Fall sey, wenn gerade die leuchtenden Strahlen in großer Anzahl vorhanden sind, und sich mit der größten Lebhaftigkeit bewegen, durchkreuzen und vermischen. Man kann hierüber aufs Gerathe wohl jeden Einwohner der Schetländischen Inseln befragen, nicht leicht wird sich einer finden, der nicht versicherte, dieses Geräusch gehört zu haben, der es nicht ganz auf gleiche Weise wie die andern beschrieb, und den es nicht verwundern sollte, daß irgend jemand daran zweifeln könne. Einige Grade weiter nördlich scheint jedoch dieses Meteor noch sehr viel stärker zu seyn. In einem Briefe, in welchem mir Hr. Edmonston Nachricht von einem großen Nordlichte gab, das er am 1 November 1818 in Unst beobachtete, führte er an, er habe gerade zwei glaubwürdige Personen in seinem Hause, welche auf der Fahrt von London nach den Schetländischen Inseln vom Winde bis $63\frac{1}{2}$ Grad Breite, also fast bis zur Höhe von Island hinauf getrieben worden waren, als dieses Nordlicht eintrat. Es machte ein solches Geräusch, daß die Matrosen sich fürchteten auf dem Verdeck zu bleiben, und verbreitete ein so starkes Licht, daß es hinreichte um dabei den Schiffskompass zu beobachten.

Diesen vielen Zeugnissen zu Folge halte ich es für wahrscheinlich, daß das Meteor manchmal so tief herabkömmt, daß es hörbar wird. Und es scheinen mir die Reisenden Glauben zu verdienen, welche, wie Torbern Bergman (*Opuscula phys. et chimica* t. 5. p. 297) anführt, versicherten, auf dem Norwegischen Gebirge von dem Nordlichte umhüllt worden zu seyn, und dabei einen starken Schwefelgeruch um sich her verspürt zu haben. Daß ein Physiker von Bergman's Verdienst sich begnügen konnte, diese, wie er sagt, sehr verbreitete Meinung zu verwerfen, ohne der Sache weiter nachzuforschen, muß befremden. Sie sey ungereimt, meint er, weil die Luft in der Höhe der Nordlichter viel zu *dünn* ist, als daß sie ein hörbares Geräusch machen könnten, und er selbst habe bei aller Aufmerksamkeit nie etwas bei einem Nordlichte gehört. Welchen Täuschungen ist indess nicht selbst der beste Beobachter ausgesetzt, wenn er von einer Meinung eingenommen ist! — In den Schriften der Londner Gesellschaft der Wissenschaften findet sich ein am 18 November 1756 geschriebener Brief abgedruckt, eines Professors J. John an damaligen Collegium zu Edinburg, worin ein sehr großes Nordlicht beschrieben wird, das sich wenige Tage zuvor gezeigt hatte. Der Verfasser erwähnt darin ausdrücklich des Geräusches, womit die Feuerstrahlen erschienen; er nennt es *a flashing noise*, und dieser Ausdruck ist sehr passend um das durch einen Luftzug oder eine *Flamme* verursachte Brausen (*bruissement*) zu bezeichnen. — Blagden in seiner Beschreibung eines Nordlichts vom 28 August 1783 führt an (*Philos.*

Transact. for 1784) Nairne sey überzeugt, er habe selbst zu Northampton das Geräusch des Nordlichts gehört; dieser geschickte Künstler verglich es mit dem Sausen eines Luftstroms (*a hissing or whizzing sound*), und einer seiner Arbeiter, der in der Hudsonsbai geboren war, bezeugte die Sache als dort bekannt *). Der geschickte Physiker Cavallo sagt irgendwo, er habe von Nordlichtern ein solches Geräusch gehört; und dasselbe behauptete der durch seine Aufmerksamkeit auf das kleinste Detail der himmlischen Erscheinungen und seine naive Genauigkeit im Beschreiben derselben bekannte Pariser Astronom Messier von dem Nordlichte, das er am 21 März 1762 in Paris beobachtet hatte (*Journ. des Savans* t.6). Negative Zeugnisse, *dass kein Geräusch gehört worden sey*, können solche bejahende schwerlich aufheben, da diese nicht behaupten, dass *immer*, sondern nur dass *manchmal* bei Nordlichtern ein Geräusch gehört werde; und die völlige Uebereinstimmung in ihrer Beschreibung des Geräusches, giebt ihren Zeugnissen noch viel mehr Wahrscheinlichkeit **).

*) Nach Steward's Beschreibung der Prinz-Edward's Insel in der St. Lorenz-Bucht in Nord-Amerika, unter 46° nördl. Breite, zeigt sich dort das Nordlicht in allen Jahreszeiten, verkündigt gewöhnlich Südwind und Regen, fängt gewöhnlich in Norden an, steigt bis zum Zenith hinauf, erfüllt oft das ganze Himmelsgewölbe mit bläulichen, röthlichen und gelben Feuerstrahlen, und man kann, nach ihm, in stiller Nacht dort deutlich das Geräusch desselben hören. *Gilb.*

**) Herr de Chézy, der als Mitglied der Akademie der Inschriften mit beauftragt war, die in der öffentlichen Sitzung der vier Akademien vorzulesenden Aufsätze auszuwählen, bezeugte

5. Nochmaliger Ueberblick der Theorie.

Fassen wir die hier entwickelten physikalischen Charaktere zusammen, unter die ich, wie ich glaube, bisher keine Hypothese gemengt habe, so sehen wir uns genöthigt folgendes anzuerkennen: Das Nordlicht besteht aus wahren Wolken (*de véritables nuées*),

Hrn Biot seine Verwunderung, daß er es für nöthig halte, zu beweisen, daß das Nordlicht in unserer Atmosphäre sey; denn außer derselben, sagte er, könne es doch unmöglich seyn, da man es manchmal höre. Und nun erzählte er, daß er noch als Knabe, bei vollkommen stillem Wetter, um 10 Uhr Abends, auf einer von allen Wohnungen entfernten Wiese, mit seinem Vater und dessen Familie ein großes Nordlicht gesehen habe; sein Vater, ein gelehrter Ingenieur, von dem sich in den *Mémoires des Savans étrangers* eine sehr gute Abhandlung über die Construction der Niveaux findet, war sehr überrascht ein Geräusch zu hören, und machte seine Kinder darauf aufmerksam als auf eine sehr seltene und merkwürdige Erscheinung. Hr. von Chézy beschrieb das Geräusch gerade so, wie es die andern Augenzeugen gethan haben. Ein so förmliches Zeugniß von so aufgeklärten Personen, lasse, meint Hr. Biot, gar keinen Zweifel an der Wahrheit der Sache übrig; und doch könne er es noch dadurch verstärken, daß der berühmte Physiker Hr. Charles ihm versichere, er habe auch einmal Gelegenheit gehabt, das Geräusch des Nordlichts zu hören, und daß auch dieser es genau mit denselben Charakteren schilderte, deren sich alle anderen, welche das Brausen selbst gehört zu haben versichern, dazu bedient haben. Biot. [Diesen Zeugnissen verdient noch beigefügt zu werden, daß auch Herr Dalton unter seinen sehr vielen Beobachtungen von Nordlichtern, die er zu Kendal gemacht hat, eins aufführt, das er *very grand* characterisirt, dessen äußerst lebhaft und glänzende Strahlen am 1 Aug. 1788 von 10 bis 11 Uhr Abends fast den ganzen Himmelsraum bedeckten, und bemerkt: *the were said to be heard.* Gilb.]

welche gewöhnlich aus Norden kommen, und eine ziemlich leichte Materie oder ein so feiner Stoff sind, daß sie sich lange Zeit in der Luft schwebend zu erhalten vermögen; sie können unter Umständen leuchtend werden, und sind, was man besonders nicht übersehen darf, für den Erdmagnetismus empfindlich, und reihen sich dem zu Folge von selbst in Säulen, welche sich gerade so nach der Erde zu richten, wie es wahre Magnetnadeln thun würden.

Nun aber kennen wir bis jetzt unter den irdischen Materien keine andern, deren Theilchen dem Magnetismus folgbar sind, als einige Metalle. Es ist daher wahrscheinlich, daß die Säulen des Meteors, wenigstens größtentheils, aus metallischen Theilchen von äußerster Feinheit bestehen.

Daraus ergibt sich aber sogleich eine andere Folgerung. Alle bekannten Metalle sind gute electriche Leiter; die verschiedenen Luftschichten aber sind gewöhnlich mit sehr ungleichen Mengen von Electricität angefüllt. Ein electriche Drachen giebt am untern Ende seiner metallischen Schnur gewöhnlich Zeichen positiver Electricität, indess wir, Hr. Gay-Lussac und ich, bei unserer gemeinschaftlichen Luftfahrt *) an dem obern Ende eines Drahtes, den wir aus der Gondel in die tiefer liegenden Luftschichten herab gelassen hatten, Zeichen negativer Electricität erhielten. Es bieten daher die in der Luft schwebenden, aus metallischen Theilchen bestehenden Säulen des Nordlichts, welche in den Gegenden um den magnetischen Pol fast lothrecht hängen, den ungleichen Electricitäten der

*) Siehe diese Annal. Jahrg. 1805 B. 20 S. 1.

Luftschichten in verschiedenen Höhen, mehr oder minder vollkommene Leiter dar. Uebertrifft das Bestreben dieser Electricitäten sich gleichmäfsig zu verbreiten den Widerstand, den ihnen die Unvollkommenheit des Leitungs-Vermögens der Säulen entgegenstellt, so müssen die Electricitäten längs diesen Säulen hinfliefsen, und dabei mufs ihr Weg *leuchtend* erscheinen, wie das allgemein bei nicht stetigem Zusammenhang der Leitung geschieht. Geht dieses Ueberströmen in sehr hohen Regionen der Atmosphäre vor, wo die Luft bei ihrer Dünnhcit der Bewegung der Electricität nur wenig Widerstand leisten kann, so ist das Ueberströmen von keinem Geräusche begleitet, gerade so, wie in unsern luftleeren Röhren; erstreckt es sich aber bis in die untern Luftregionen hinab, so mufs hier nothwendig das Blasen und das Knistern *) entstehen, welche in der That das Nordlicht zu begleiten scheinen, wenn es bis zu der Oberfläche der Erde herab kömmt.

Noch folgt hieraus, dafs, da das Meteor nur durch diese zufällige Urfach sichtbar wird, es in der Luft vorhanden seyn, und auf die Magnetsadel wirken könne, ohne dafs man es gewahr wird. Auch ist es möglich, dafs es nur in gewissen Stellen glänzend wird, an allen andern dunkel bleibt, indess in andern Fällen, wenn das electriche Gleichgewicht plötzlich und allgemein aufgehoben wird, sich die ganze meteorische Säulenreihe in einem Augenblicke zu entzünden vermag. Endlich übersieht man hieraus, warum das Meteor an Stärke in dem Maafse abnehmen mufs, als

*) *ce souffle et ces petillemens.*

die meteorischen Wolken weiter nach den südlichen Gegenden hinziehen: dort können sie sich nicht nur weiter ausbreiten, sondern es müssen auch die die Electricität leitenden Säulen, welche überall die Richtung der Magnetnadel annehmen, dort der horizontalen Lage sich immer mehr nähern, und folglich ihre beiden entgegengesetzten Enden in minder von einander entfernten Luftschichten haben, die eben deshalb mit minder verschiedenen Mengen von Electricität geladen sind. Ueberdem giebt in diesen südlichen Gegenden die größere Feuchtigkeit den Luftschichten viel häufigere Gelegenheit sich zu entladen, als in den nördlicheren.

Alle diese den Beobachtungen völlig entsprechenden Folgerungen, ergeben sich, wie man sieht, aus der einzigen Idee, daß die Säulen, welche das Nordlicht ausmachen, wenigstens größtentheils, metallischer Natur sind. Ihre Uebereinstimmung mit den Erscheinungen erhöht daher gar sehr die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme, auf welche der Magnetismus der meteorischen Säulen uns zuerst hingewiesen hat; und die innere Verbindung und genaue Abhängigkeit, in welche die so zahlreichen und so verschiedenartigen Eigenheiten des Nordlichts mit einander unter dieser Idee treten, geben ihr einen Charakter von Realität, welchen man selten in denjenigen physikalischen Betrachtungen antrifft, die nicht der Wahrheit gemäß sind.

Aber außer den leuchtenden Strahlen *), die durch das bloße Ueberströmen der Electricität zu entstehen

*) *jets lumineux.*

scheinen, kömmt in Nordlichtern noch ein anderes Leuchten vor, das man sich schwerlich erwehren kann für eine Erscheinung wahren Verbrennens in denjenigen phosphorischen Wolken *) anzuerkennen, die, wie viele Beobachter bezeugen, und ich selbst gesehen habe, sich manchmal von dem Heerde des Meteors ablösen, das Princip ihrer Phosphorescenz mit sich führen, und von Zeit zu Zeit leuchtende Strahlen ausstoßen **), welche Raketenartig eine Spur weissen Lichts in der Luft hinter sich lassen. Man muß es daher wenigstens als etwas Wahrscheinliches zugeben, daß die Materie des Nordlichts Substanzen enthalten kann, die fähig sind sich zufällig zu entzünden, sey es von selbst, oder durch electriche Entladungen, welche in der Substanz, die diese Wolken in sich schliessen, vergehen, und von deren mächtiger verbindender Kraft unsere Laboratorien uns täglich Beweise geben.

Nachschrift von Gilbert.

Um die Leser nicht zu ermüden, mache ich hier einen Ruhepunkt, und verspare die zweite Hälfte des Aufsatzes für das nächste Heft. Hr. Biot bildet in ihr die Dalton'sche Theorie weiter aus, und sie ist einigermaßen ein für sich bestehendes Ganzes. Dafür sey es mir erlaubt hier noch ein Paar Worte über Dalton's Theorie und Herrn Biots Darstellung derselben zu sagen, und einige zuverlässige Nachrichten von den Nordlichtern, wie sie sich in Norwegen und in Lappland zeigen

*) *nuages phosphoriques,*

**) *lancent par intervalles des jets de lumière.*