

Der Parallelismus zwischen Sonnenflecken, Erdmagnetismus und Nordlichtern als feste Grundlage für einen Erklärungsversuch des Polarlichtes.

„Der Reichthum der Naturwissenschaften ist nicht die Fülle, sondern die Verkettung des Beobachteten.“

Alexander v. Humboldt.

Das prachtvolle Polarlichtphänomen, welches schon in den vorigen Jahrhunderten von den Naturforschern mit grosser Aufmerksamkeit beobachtet und mit vielem Fleiss in seinem glanzvollen Verlaufe oft nicht ohne poetische Begeisterung ausführlich beschrieben wurde, hat in den letzten Jahren, wo mehrere intensive Nordlichter sichtbar waren, mehr als zuvor das Interesse der Physiker in hohem Grade wieder rege gemacht, und Anlass zu neuen schärferen Beobachtungen sowie theoretischen Erörterungen gegeben.

Trotz dieses erneuten Anlaufes, trotz des neuen Eifers in der Beobachtung und Spekulation hat aber die Wissenschaft bis jetzt das Räthsel noch nicht gelöst, und den Schleier noch nicht gehoben, mit welchem dieses merkwürdige Naturphänomen so geschickt seine Geheimnisse verhüllet, und wir müssen gegenwärtig, ungeachtet alles Vordringens auf dem Gebiete der Naturwissenschaften, wenn wir aufrichtig sein wollen, gestehen, dass wir im Kampfe mit der Natur, die Erscheinung des Polarlichtes zu erklären, den Sieg bei weiten noch nicht errungen haben; vielmehr ist dasselbe noch immer ein wahres Bild zu Saïs in seiner ganzen Riesengrösse verschleiert vor uns stehend, trotzdem schon Griechen und Römer mit heiliger Scheu es beschrieben, indem sie in den nach alten Volksglauben mit Geräusch aufschliessenden Strahlenbündeln hauptumstrahlte Göttergestalten zu erblicken glaubten (Tacit. Germ. cap. 45), trotzdem ferner die Bewohner der nordischen Zone seit vielen Jahrhunderten seine strahlende Pracht täglich bewundern, und es so sehr zu einer ihrer nordischen Heimath eigenthümlichen Zierde rechnen, dass es ihnen den Abschied von den eisbedeckten heimathlichen Triften ebenso erschwert, wie dem Bergbewohner seine traulich stillen Thäler und Berge.

„Du Nordlichtkrone,
Der nord'schen Zone

Du heilst die Nacht
Mit Rosenpracht

Umströmst mit Flüssen von Gold den Pol!

Dich soll ich missen?“

klagt Frithjof (in Tegnér's Gedicht) bei seinem Abschiede vom Nordlande. Ja selbst dann blieb dieses glanzvolle Naturphänomen noch in ein geheimnisvolles Dunkel gehüllet, als die grössten Physiker der letzten 2 Jahrhunderte „getrieben von des Wissens heissem Durst“ es versuchten den Schleier zu lüften; denn keiner von ihnen hat je die Wahrheit geschau't. — Es fehlt uns zur Enträthselung dieses Phänomens nicht an Beobachtungsmaterial, vielmehr droht seine Fülle den dasselbe ordnenden Geist zu erdrücken, und es verursacht dem Forscher eine nicht zu unterschätzende Schwierigkeit den ganzen Wust des rohen Stoffes empirischer Anschauungen, welchen die Wissenschaft seit zwei Jahrhunderten aufgespeichert hat, mit einer Idee zu beherrschen und Einheit in die grosse Mannigfaltigkeit zu bringen. Diess ist jedoch nicht das einzige Hinderniss. Ist nämlich das umfangreiche Beobachtungsmaterial geordnet, dann stehen doch nur vor dem Naturforscher Thatsachen unverkettet neben einander, oft jeder Wechselbeziehung entbehrend ja zeitweilig jeder Anreihung widerstrebend. Eine neue Arbeit beginnt nun, die der Speculation. Der Naturforscher hat nun das todte Material durch eine organische Verbindung zu beleben, den Zusammenhang zwischen den einzelnen Erscheinungen herzustellen, die scheinbaren Widersprüche zu lösen und die ganze Macht von Thatsachen, welche unter den verschiedensten Himmelsstrichen zu verschiedenen Zeiten von verschiedenen Beobachtern gesammelt wurden, mit einem Blick zu erfassen, damit der combinirende Verstand auf dem Wege logischer Induktion an der Hand der Beobachtung und des Experimentes dem geheimnisvollen Gange dieser räthselhaften Erscheinungen nachspüre, und so endlich den Geist der Natur ergreife, welche unter der Hülle einer glanzvollen Erscheinung geheimnisvoll und verborgen wirkt.

Es haben, zum Ruhme der Wissenschaft sei es gesagt, derlei äussere Schwierigkeiten, welche die Erforschung dieser Erscheinung mit sich bringt, die Männer der Wissenschaft nie zurückgeschreckt, vielmehr hat das Räthselhafte und Geheimnisvolle dieses Phänomens stets eine ganz besondere Anziehungskraft auf die Geister ausgeübt und dieselben zu den mannigfaltigsten Erklärungsversuchen veranlasst, so dass schon Gehler in seinem 1833 herausgegebenen physikalischen Wörterbuch nicht weniger als 10 verschiedene Erklärungsversuche anführen kann, denen er selbst noch, weil durch die 10 unbefriedigt, einen 11ten hinzufügt, womit jedoch die Zahl der Erklärungsversuche keineswegs ihren Abschluss gefunden hat, denn die letzten Decennien sind in dieser Beziehung nicht minder fruchtbar gewesen als die vorhergehenden.

Aus dieser grossen Zahl von Erklärungsversuchen leuchtet ein, dass die Ergründung dieses räthselhaften Naturphänomens ein höchst schwieriges Unternehmen sein müsse. Wenn wir es aber nichtsdestoweniger wagen, gerade über dieses schon so vielseitig erörterte aber noch immer nicht gelöste Thema eine Abhandlung zu schreiben, so kann uns nur der Umstand von dem gerechten Vorwurfe der Dreistigkeit entschuldigen, dass es nicht in unserer Absicht liegt, die Wissenschaft mit neuem unnützen Ballast von fruchtlosen Hypothesen, welche weder in der Sache selbst, noch in den Resultaten der Beobachtung eine genügende Stütze finden, zu bereichern, sondern mit der ganzen Arbeit vielmehr nur bezwecken,

eine feste Grundlage für künftige Erklärungsversuche zu schaffen, da leider die bisherigen einer solchen sämmtlich entbehren.

Und wenn wir es uns nicht versagen können zum Schlusse der Arbeit auf Grund der vorliegenden Abhandlung unsere ganz eigene Ansicht über die Natur dieses räthselhaften Phänomens in Form einer Hypothese niederzulegen, so wollen wir hiemit die gelehrte Welt keineswegs mit einem neuen Erklärungsversuche überraschen, sondern hiemit nur eine neue Anregung zu neuen diessbezüglichen Forschungen geben und den Weg andeuten, von dem wir glauben, dass er zur Entdeckung der Wahrheit führen dürfte.

Veranlassung zu dieser Arbeit war die neue „optische Theorie des Nordlichtes“ von Dr. A. Wolfert (Petermann's geogr. Mitth. Jahrg. 1872 S. 412 u. f.)

Im Gegensatze zu den bisher herrschenden angeblich auf ungenaue oder unwesentliche Beobachtungen sich stützenden Ansichten, welche das Polarlicht mit dem Erdmagnetismus in Zusammenhange bringen, scheint es Wolfert an der Zeit mit Hintansetzung des ganzen bisher angesammelten Beobachtungsmaterials eine Anschauung zur Geltung zu bringen, welche das Polarlicht als eine Erscheinung der Brechung und Reflexion der Sonnenstrahlen an den unermesslichen Eisfeldern des Nord- und Südpoles erklärt. Diese Eisfelder sind einem Spiegel gleich zu achten, der das einfallende Licht unregelmässig und zerstreut reflektirt.

Diess in gedrängter Kürze Wolfert's Theorie, welche er durch mancherlei Scheingründe zu stützen sucht.

Wir erachten diese Theorie, welche übrigens nicht neu ist, da schon Cartesius und später Hell (1769) mit derselben das Nordlicht zu erklären versuchten im 19. Jahrhundert vorgebracht als einen sehr bedauerlichen Rückschritt auf dem Wege zur Wahrheit und erblicken darin eine unverzeihliche Verwirrung jener Geister, welche nicht in der Lage sind das Nordlicht mit dem Spectroskop und Polariscop analysiren zu können.

Da uns die Ursache solcher unglücklicher Erklärungsversuche in dem Mangel einer auf fest gegründeten Thatsachen sich stützenden Grundlage für die Erklärung dieses Phänomens zu liegen scheint, so haben wir es uns zur Aufgabe gesetzt, eine solche in dem Parallelismus von 3 verschiedenen Naturerscheinungen zu schaffen und zwar der *Sonnenflecken, des Erdmagnetismus und des Nordlichtes*.

Dem Zwecke unserer Arbeit entsprechend werden wir die ganze Abhandlung in 3 verschiedene Gruppen theilen und zwar werden wir

- I. *die Periodicität jeder der 3 genannten Phänomene ziffermässig nachweisen,*
- II. *hieraus den Parallelismus dieser 3 Erscheinungen ableiten, und endlich*
- III. *denselben als feste und sichere Grundlage für einen Erklärungsversuch des Polarlichtes hinstellen.*

I. Periodicität der Sonnenflecken, des Erdmagnetismus und der Polarlichter.

a) Periodicität in der Häufigkeit der Sonnenflecken.

Die älteren Beobachter der Sonne hielten den Wechsel in der Häufigkeit der Sonnenflecken für gesetzlos, so liest man z. B. (Mem. Par. 1713) „Les temps de l'apparition des tâches ne suivent nullement réglés.“

Wohl der Erste, der in dieser Sache etwas weiter sah, war Christian Horrebow (Kopenhagen 1718—1776), der, nachdem er von 1738 an die Sonnenflecken ziemlich regelmässig beobachtete, schon 1776 folgendes notirte: „Obgleich zwar aus den Beobachtungen der Flecken noch nichts Sicheres erschlossen werden kann, so scheint doch *nach einem bestimmten Zeitraume von Jahren die nämliche Gestalt der Sonne wiederzukehren in Bezug auf die Zahl und Grösse der Flecken.*“

Dann fährt er gleichsam im prophetischen Geiste fort zu schreiben: „Die Astronomen haben bis jetzt zu wenig Sorge getragen, häufige Beobachtungen der Flecken anzustellen, ohne Zweifel, weil es ihnen schien, es können daraus keine Resultate erzielt werden, welche für die Astronomie und Physik von erheblichem Interesse wären. Es steht jedoch zu hoffen, dass durch fleissige Beobachtung auch in dieser Sache, wie in den Bewegungen der übrigen Himmelskörper eine *bestimmte Periode* werde gefunden werden. Leider fanden es die meisten Astronomen von 1776—1826 bequemer, statt dieser gesunden Ansicht zu folgen, lieber auf Delambres Ausspruch hin: „Il est du nombre de ceux auxquels on ne doit songer qu'une fois dans la vie“ die Hände müssig in den Schooss zu legen. Und so kommt es, dass wir vom Jahre 1776—1826 regelmässiger Beobachtungen der Sonnenflecken entbehren. Wohl hat Johann Caspar Staudacher zu Nürnberg und mit ihm gleichzeitig noch Andere die Flecken beobachtet, aber ihre Beobachtungen waren nicht eigentlich auf die Erforschung der Flecken und auf das Studium ihrer Natur und Häufigkeit gerichtet, sondern bestanden in einer Aufzählung alles dessen, was sie bei den täglichen Meridianbeobachtungen auf der Sonnenscheibe bemerkenswerthes vorfanden.

Erst im Jahre 1826 begann man wieder nach 50jähriger Unterbrechung die Sonnenflecken regelmässig zu beobachten, und zwar war es der Hofrath Heinrich Schwabe in Dessau, welcher die erste Anregung dazu gab; er fing nämlich mit dem Jahre 1826 ein Verzeichniss aller Sonnenflecken anzufertigen an, welche er täglich, so oft es die Witterung erlaubte, an der Sonnenscheibe beobachtete. Wir lassen im Nachstehenden die interessante Tabelle folgen, in welcher Schwabe die Resultate seiner Beobachtungen der Sonnenflecken vom Jahre 1826—1870 niederlegt.

Jahr	Beobachtungs-Tage	Flecken-freie Tage	Zahl der Flecken	Jahr	Beobachtungs-Tage	Flecken-freie Tage	Zahl der Flecken
1826	277	22	118	1849	285	0	238
1827	273	2	161	1850	308	2	186
1828	282	0	225	1851	308	0	141
1829	244	0	199	1852	337	2	125
1830	217	1	190	1853	299	4	91
1831	239	3	149	1854	334	65	67
1832	270	49	84	1855	313	146	38
1833	267	139	33	1856	321	193	34
1834	273	120	51	1857	324	52	98
1835	244	18	173	1858	335	0	202
1836	200	0	272	1859	343	0	205
1837	168	0	333	1860	332	0	211
1838	202	0	282	1861	322	0	204
1839	205	0	162	1862	317	3	160
1840	263	3	152	1863	330	2	124
1841	283	15	102	1864	325	4	130
1842	307	64	68	1865	307	26	93
1843	312	149	34	1866	349	76	45
1844	321	111	52	1867	312	195	25
1845	332	29	114	1868	301	12	101
1846	314	1	157	1869	179	0	188
1847	276	0	257	1870	147	0	295
1848	278	0	330				

Diese werthvollen Beobachtungen von Schwabe treffen glücklicher Weise mit den Beobachtungen von Carrington und der Sternwarte von Kew zusammen, und da die Beobachtungsreihen sich zum Theile decken, so hat Warren de la Rue dieselben Jahre der Reihen mit einander verglichen und daraus für die Jahre von Schwabe einen Faktor abgeleitet, mit welchem man die Zahlen Schwabes einfach zu multiplizieren hat, um sehr nahe die Zahlen von Carrington und des Heliographen von Kew zu erhalten, welche Uebereinstimmung ein glänzender Beweis für die Richtigkeit der Zahlen Schwabes ist.

Bei einer Durchmusterung dieser langen Beobachtungsreihe von 45 Jahren ergibt sich eine deutlich ausgesprochene Periodicität in dem Auftreten der Sonnenflecken und zwar derart, dass jedesmal in einem Zeitraum von ungefähr 11 Jahren abwechselnd Maxima und Minima der Fleckenzahlen auf einander folgen, also eine Periode von nahezu 11 Jahren sich in der Häufigkeit der Sonnenflecken offenbart.

Mit dieser Wahrnehmung erwachte bei mehreren Physikern der glückliche Gedanke zu untersuchen, ob sich nicht auch vor dem Jahre 1826 eine solche

Periodicität nachweisen und aus den älteren Beobachtungen die Beobachtungsreihe von Schwabe ergänzen und verlängern liesse.

Da das Beobachtungsmaterial vor dem J. 1826 sehr dürftiger Art ist, so versuchte zuerst der Engländer Carrington nach dem Vorgange William Herschel's auf eine indirekte Weise für die Jahre vor 1826 die Periodicität der Sonnenflecken zu beweisen, nämlich nach den mittleren Getreidepreisen, wie sie das Londoner statistische Bureau in diesen Jahren angibt. Er glaubte nämlich in den Sonnenflecken Symptome einer sehr gesteigerten Wärmeentwicklung zu erblicken und schloss daher, wie es schon vor ihm W. Herschel gethan, aus der Abwesenheit der Sonnenflecken auf eine schwache Wärmeentwicklung und daher auf einen minder wohlthätigen Einfluss der Sonne auf die Temperatur unserer Erde und das Gedeihen der Vegetation.

Indessen kann auf diese Weise, wie denn Carrington schliesslich selbst zugesteht, über die Frage nicht entschieden werden; denn aus höheren Kornpreisen u. dgl., ja aus einer nachgewiesenen Temperaturerniedrigung in einem Theile Europas folgt noch keineswegs, dass die Sonne überhaupt weniger Wärme der Erde zugesandt habe.

Wenn wir aber ungeachtet dieses gescheiterten Unternehmens aus den Jahren vor 1826 ein diessbezügliches Beobachtungsmaterial besitzen, so verdanken wir diese Errungenschaft dem Direktor der Züricher Sternwarte, Wolf, der mit bewunderungswürdigem Eifer und seltener Ausdauer die älteren Beobachtungen aus den Archiven und Repertoiren, in denen sie vergraben lagen, an das Tageslicht förderte und mit unsäglicher Mühe derartig geordnet hat, dass man die einzelnen Beobachtungsreihen leicht vergleichen und sogar annähernd die Lücken zwischen ihnen ausfüllen kann. Um die von verschiedenen Beobachtern und mit verschiedenen Instrumenten erhaltenen Beobachtungsergebnisse homogen zu machen, führte Wolf die sog. Relativzahlen ein, d. i. Produkte, deren einer Faktor aus correspondirenden Beobachtungen für jeden Beobachter und jedes Instrument bestimmt wurde, während der andere die mit den Gewichten 10 und 1 in Rechnung gebrachten Abzählungen der Gruppen und Flecken enthielt.

Mit Zuhilfenahme dieser Relativzahlen wurde es möglich, das für mehr als anderthalb Jahrhunderte (1700—1874) ziemlich reichliche aber etwas heterogene Material in einheitlicher Weise zu bearbeiten und alle einzelnen Jahre durch vergleichbare Zahlen nach ihrem Fleckenreichthum zu charakterisiren, wodurch die folgende Tafel der mittleren jährlichen Relativzahlen entstand.

Jahr	170	171	172	173	174	175	176	177	178
0	5,0	2,5	25,3	40,0	60,0	68,2	48,9	79,4	72,6
1	10,0	0,0	23,8	25,0	35,0	40,9	75,0	73,2	67,7
2	15,0	0,0	20,0	10,0	18,3	33,2	50,6	49,2	33,2
3	21,0	2,2	10,0	5,0	14,6	23,1	37,4	39,8	22,5
4	31,4	9,6	19,4	15,0	5,0	16,4	34,5	47,6	5,0
5	48,6	24,7	34,5	30,0	10,0	7,3	23,0	27,5	21,2
6	25,8	39,9	64,0	58,0	20,0	10,9	17,5	35,2	68,6
7	18,8	52,3	90,0	66,0	35,0	35,0	33,6	63,0	104,8
8	9,7	50,0	80,0	85,0	50,0	55,2	52,0	94,8	107,8
9	7,1	34,0	60,0	78,5	63,8	48,6	108,3	90,2	110,7

Jahr	179	180	181	182	183	184	185	186	187
0	84,4	18,5	0,0	8,9	59,1	51,8	64,5	98,6	137,2
1	53,4	38,6	1,2	4,3	38,8	29,7	61,9	77,4	111,3
2	47,5	57,8	5,4	2,9	22,5	19,5	52,2	59,4	101,7
3	40,2	65,0	13,7	1,3	7,5	8,6	37,7	44,4	66,3
4	34,3	75,0	20,0	6,7	11,4	13,0	19,2	47,1	44,6
5	22,3	50,0	35,0	17,4	45,5	33,0	6,9	32,5	—
6	15,1	25,0	45,5	29,4	96,7	47,0	4,2	17,5	—
7	7,8	15,0	43,5	39,9	111,0	79,4	21,6	8,0	—
8	4,4	7,2	34,1	52,5	82,6	100,5	50,9	40,2	—
9	10,2	3,4	22,5	53,5	68,5	95,6	96,4	84,1	—

*

Aus dieser ebenso interessanten als inhaltsschweren Tabelle lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Es gibt Maxima- und Minima-Perioden, deren Dauer zwischen 10 und 12 Jahren liegt und die im Mittel 11 Jahre und einen Bruchtheil umfassen.
2. Ein jedes Maximum liegt nicht in der Mitte zwischen den benachbarten Minimen, sondern es steht dem vorangehenden Minimum näher als dem nachfolgenden.
3. Die Länge der ganzen Periode ist veränderlich.

Um dieses in der Tabelle enthaltene Gesetz in seinem ganzen Umfange übersichtlich hervortreten zu lassen, geben wir in der dieser Abhandlung beiliegenden Tafel I eine grafische Darstellung des in vorhergehender Tabelle aus-

*) Mit Hilfe der chinesischen Beobachtungen lässt sich gegenwärtig die Periodicität der Sonnenflecken bis zum Jahre 400 rückwärts darthun.

gesprochenen Gesetzes. Wir tragen zu diesem Behufe die Relativzahlen an einer nach Jahren zählenden Zeitskala als Ordinaten auf und erhalten dann durch Verbindung der Endpunkte der Ordinaten eine Sonnenfleckenkurve, welche uns ein anschauliches Bild von der Ab- und Zunahme der Fleckenzahl gewährt.*

Aus der Betrachtung dieser Fleckenkurve ergibt sich folgendes:

1. Die Curve steigt rascher auf als sie sinkt, so dass das Aufsteigen bei mittlerem Verlauf nur 3,7 Jahre, das Absteigen dagegen 7,4 Jahre in Anspruch nimmt.
2. Einem verzögerten oder beschleunigten Aufsteigen entspricht in der Regel auch ein verzögertes oder beschleunigtes Absteigen.

Hiemit ist also bewiesen, dass eine Periodicität in der Häufigkeit der Sonnenflecken bestehe und die Sonne gewissen periodischen Veränderungen unterliege, welche nothwendig auf die Intensität ihres Lichtes und die Wärmestrahlung von Einfluss sein müssen, und wir können schon im Voraus ahnen, dass sich deshalb dieselbe Periodicität in einigen von der Sonne abhängigen terrestrischen Erscheinungen reproduciren werde.

b) Periodicität des Erdmagnetismus (*in seinen drei Bestimmungsstücken: der magnetischen Declination, Inclination und Intensität.*)

Eine nach allen Richtungen frei bewegliche Magnetnadel verharret nicht in einer festen Stellung gegen die Erdoberfläche, sie ist vielmehr in fortwährender Bewegung begriffen. Diese Bewegung ist jedoch eine sehr complicirte und anscheinend ganz gesetzlose; denn nicht nur dass die Declination, Inclination und Intensität nach Ort und Zeit verschieden sind, zeigen auch die Verbindungslinien der gleichen Intensitäten (Isodynamen) durchaus einen unregelmässigen Verlauf, und stehen weder untereinander noch mit den terrestrischen Meridianen und Parallelkreisen in einer geometrischen Beziehung, auch fallen sie mit letzteren ebenso wenig zusammen, wie die magnetischen Pole (wo die Inclination = 90° oder die Intensität ein Maximum ist) mit den terrestrischen Polen und die magnetischen Aequatoren (wo die Inclination = 0 oder die Intensität ein Minimum ist) unter sich oder mit dem terrestrischen Aequator coincidiren. Bei dieser complicirten Bewegung der Magnetnadel darf es uns nicht Wunder nehmen, dass es bisher der wissenschaftlichen Forschung noch nicht vollständig gelungen ist, das dieser verwickelten Bewegung zu Grunde liegende Gesetz in seinem ganzen Umfange aufzufindig zu machen, doch ist man demselben auf der Spur und hat bereits wenigstens einen Theil jenes Gesetzes erforscht, nach welchem die Schwankungen der Magnetnadel erfolgen; denn ist uns auch der unregelmässige Verlauf der Isogonen, Isoclinen und Isodynamen noch immer ein ungelöstes Räthsel, so ist doch diess gegenwärtig nicht mehr von den Variationen der Declination, Inclination und Intensität an denselben Punkten der Erdoberfläche der Fall, vielmehr ist die Regelmässigkeit und Periodicität dieser Variationen aus zahlreichen an vielen Orten der Erdoberfläche vorgenommenen Beobachtungen ausser allen Zweifel gesetzt.

Es ist diese wissenschaftliche Errungenschaft zum grossen Theil das Verdienst des Alex. v. Humboldt, welcher nicht allein selbst im Jahre 1806 im Thiergarten von Berlin seine stündlichen magn. Beobachtungen begann, sondern auch die Regierungen der verschiedensten Länder zu bewegen wusste, in vielen Punkten ihres Reiches magnetische Observatorien zu errichten. Vor allen gebührt hier der englischen Regierung der Ruhm der Anregung und dem Beispiele Humboldt's folgend auf beiden Hemisphären zahlreiche magnetische Beobachtungsstationen errichtet und mit den vorzüglichsten nach Gauss Angabe konstruirten Massinstrumenten ausgerüstet zu haben. Das Ergebnis dieser seit 70 Jahren unausgesetzt unter den verschiedensten Himmelsstrichen gepflogenen magnetischen Beobachtungen ist vornehmlich die Erforschung einer 3fachen Periodicität in der magnetischen Bewegung und zwar:

1. einer täglichen Periodicität,
2. einer jährlichen Periodicität,
3. einer säcularen Periodicität.

ad 1. Tägliche Periodicität.

Zerlegt man die magnetische Intensität der Erde in eine in den magnetischen Meridian liegende horizontale und in eine verticale Seitenkraft, und beobachtet die erstere an der Declinationsnadel, so ist der Verlauf ihrer täglichen Variation für Deutschland folgender:

Morgens circa 8 Uhr hat die Declinationsnadel im Durchschnitt ihre östliche Stellung; bald nach Sonnenaufgang bewegt sich das Nordende der Nadel gegen Westen, und erreicht erst $1\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Durchgang der Sonne durch den magnetischen Meridian ihren westlichen Wendepunkt.

Von da ab kehrt das Nordende der Nadel wieder nach und nach bis zum Untergang der Sonne in ihre anfängliche Stellung zurück und wiederholt diese periodische Bewegung, wenn auch in geringerer Stärke, während der Nacht. Diese Periodicität ist jedoch bloss das Ergebnis der Beobachtungen, welche ohne Rücksicht auf die Jahreszeit bloss in Tagesstunden angestellt wurden und muss daher als eine unvollständige bezeichnet werden: daher haben neuere Beobachter die magnetischen Beobachtungen nicht bloss über alle Jahreszeiten, sondern auch über die Nachtstunden ausgedehnt und zwar geschah dieses zuerst von den Astronomen der Prager Sternwarte. Dasselbst hat man schon in den vierziger Jahren angefangen auch während der Nacht von 2 zu 2 Stunden zu beobachten.

Wir geben im nachfolgenden nicht die lange Beobachtungsreihe der Monatmittel von den Aenderungen der Declination, wie sie die Prager Jahrbücher der Meteorologie anführen, sondern haben es der bessern Uebersicht wegen vorgezogen, eine grafische Darstellung von der interessanten Beobachtungsreihe des J. 1840 zu geben*). (Taf. II.) Die Abszissen sind der Zeit, die Ordinaten der Variation der Deklination proportional und zwar entspricht der Abstand zweier Vertical-

*) Astronomisch-meteorologisches Jahrbuch für Prag. Erster Jahrgang 1842, Seite 204.

Theilstriche einem Zeitintervall von einer Stunde, während der Abstand zweier Horizontallinien einer Winkeldifferenz von einer Minute entspricht. Am oberen Rande ist die Zeit nach astronomischer Weise, am untern nach bürgerlicher Weise gezählt. Ein Steigen der 12 Curven entspricht einer nach Westen, ein Sinken einer nach Osten gerichteten Bewegung des Nordendes der Declinationsnadel.

Noch wollen wir bemerken, dass wir ein Maximum der Deklination jenen Ablenkungswinkel nennen, welcher grösser als der in der nächstvorhergehenden oder nächstfolgenden Stunde beobachtete ist; dagegen verstehen wir unter absolutem Maximum der Declination den grössten Ablenkungswinkel des ganzen Tages. Derselbe Unterschied gilt zwischen Minimum überhaupt und absoluten Minimum.

Bei Durchmusterung der 12 Monatscurven drängt sich uns unwillkürlich eine gewisse Aehnlichkeit im Verlaufe derjenigen Curven auf, welche den Sommermonaten (Juni, Juli, August), den Herbstmonaten (September, October, November), den Wintermonaten (December, Jänner, Februar) und den Frühlingsmonaten (März, April, Mai) entsprechen.

Im *Sommer*, nämlich in den Monaten Juni, Juli, August, erreicht die Declination ihren kleinsten Werth schon zwischen 6 und 7 Uhr Morgens, steigt dann rasch bis nach 1 Uhr, wo sie ihren grössten Werth erreicht, nimmt dann ebenfalls, wie der Verlauf der 3 entsprechenden Monatscurven zeigt, rasch bis gegen 6 Uhr Abends ab und vermindert sich von da an langsam bis nach Mitternacht um 3 Uhr, hierauf eilt sie schnell ihrem kleinsten Werthe am Morgen entgegen. In dieser Jahreszeit findet also nur ein Maximum und ein Minimum statt.

Im *Herbst*, d. h. in den Monaten September, October, November tritt das Minimum etwas später ein, nämlich zwischen 7 und 8 Uhr Morgens, die Zunahme geschieht nicht mehr so rasch. Das Maximum zeigt sich aber wieder zur selben Stunde, wie im Sommer, hierauf erfolgt eine rasche Abnahme und es ereignet sich im Spätherbste schon regelmässig, dass die Declination in den Abendstunden von 8—10 Uhr unter den Werth herabsinkt, den sie Morgens zur Zeit des Minimums hatte. Dann erhebt sie sich während der Nachtstunden wieder und erreicht nach Mitternacht noch ein kleineres Maximum, nach welchem sie erst zu dem Minimum in den Morgenstunden herabsinkt. Es treten also in dieser Jahreszeit 4 Wendestunden ein, nämlich 2 Maxima, das absolute Nachmittags und ein kleineres nach Mitternacht, und 2 Minima, das absolute Abends und ein weniger merkliches Morgens.

Im *Winter*, nämlich in den Monaten December, Jänner, Februar, werden die Aenderungen viel kleiner, sie betragen oft kaum die Hälfte von denen im Sommer; doch zeigt sich auch hier in den Morgenstunden ein Minimum und sowie in den übrigen Jahreszeiten nach 1 Uhr ein absolutes Maximum. Die Declination nimmt dann fortwährend ab bis gegen Mitternacht, wo sie ihr absolutes Minimum erreicht, hierauf erhebt sie sich und erreicht wenigstens im Februar noch ein Maximum, von welchem sie zum Minimum des Morgens herabsinkt. Auch in dieser Jahreszeit treten daher 4 Wendungen ein, die aber wegen der bereitserwähnten Trägheit der Nadel und den vielen gerade um diese Zeit häufigen Störungen, nicht in allen Monaten sich deutlich genug darstellen.

Im *Frühlinge* (März, April, Mai) hat der Gang der Nadel wenigstens in der ersten Hälfte noch das Gepräge des Winters an sich. Es zeigen sich noch

4 Wendungen, 2 Maxima und 2 Minima, das absolute Maximum ist wie immer zwischen 1 Uhr und 2 Uhr Nachmittags, ein kleineres hat nach Mitternacht Statt. Das absolute Minimum tritt Abends, das kleinere Morgens ein.

Alle diese Beobachtungen können wir kurz in folgende Regel für die tägliche, ja gewissermassen selbst jährliche Periodicität aufstellen:

Die Declination erreicht das ganze Jahr hindurch zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags ihr absolutes Maximum, ihr absolutes Minimum tritt im Sommer Morgens, im Winter in den späten Abendstunden ein. Im Sommer hat nur ein Maximum und ein Minimum Statt, im Winter aber 2 Maxima, eines zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags, das andere nach Mitternacht, und 2 Minima, eines Morgens um 8 Uhr, das andere Abends gegen Mitternacht.

Die Zeit des absoluten Maximums ist das ganze Jahr hindurch nahezu dieselbe, das Minimum des Morgens tritt aber im Sommer um 1 oder 2 Stunden früher ein als im Winter. Die Grösse der täglichen Aenderung oder der Unterschied zwischen dem absoluten Maximum und dem absoluten Minimum ist am grössten im April und August; er beträgt nämlich:

im August durchschnittlich 16' 17"
im April " 14' 28"

Am kleinsten ist die Aenderung im December und Jänner; sie ist nämlich durchschnittlich im December 5' 51"
" im Jänner 8' 11".

Sowie die Declination zeigt auch die Inclination ihre tägliche Periode, welche sich in einem 3fachen täglichen Maximum und einem Minimum zeigt. Es treten nämlich bei der Inclination das ganze Jahr hindurch um 8 Uhr Morgens, um 3 Uhr Nachmittags und vor Mitternacht 3 Maxima auf, während um die Mittagstunde sich ein Minimum ergibt.

Auch die Intensität hat, sowie die übrigen bisher betrachteten Elemente, einen täglichen Gang gezeigt, welcher aus den hierüber angestellten Beobachtungen mit grosser Entschiedenheit hervortritt. In den Morgenstunden bis 10 Uhr nimmt sie ab und erreicht um diese Zeit ihren kleinsten Werth, fängt hierauf zu wachsen an und ist bis in die späten Abendstunden in fortwährendem Zunehmen begriffen. Derselbe Gang der täglichen Variation der Declination zeigt sich im Wesentlichen für alle Orte, welche nördlich vom magnetischen Aequator liegen, nur werden sie um so schwächer, je mehr man sich von den Polargegenden aus dem magnetischen Aequator nähert, für welchen sie fast alle verschwinden, um auf der Südhalfte der Erde in gleicher Weise, aber in entgegengesetzter Richtung aufzutreten, d. h. auf der südlichen Hemisphäre bewegt sich das Südende der Nadel zu denselben Tageszeiten nach Westen, in welchen auf der nördlichen Hemisphäre das Nordende der Nadel nach Westen geht.

ad 2. Jährliche Periodicität.

Sowie die Declinationsnadel eine tägliche Periode zeigt, ebenso weist ihr Gang auch eine jährliche Periode nach.

Wie der Anblick der 12 Monatscurven zeigt, resultiren die täglichen Oscillationen der Declinationsnadel aus 2 Elementen, von denen das eine constant ist, das andere aber von der Declination der Sonne abhängt.

Diese beiden Bewegungen summiren oder differenziren sich, je nachdem sich die Sonne mit der Nadel über einer und derselben Erdhälfte befindet oder nicht. Nicht so ist es bei der jährlichen Periode der Fall; denn das jährliche Maximum und Minimum sind beide von dem Stand der Sonne in Bezug auf die Erdhälfte, auf welcher sich die Nadel befindet unabhängig, wohl aber durch die Stellung der Sonne zur Erde in ihrer Bahn (Apogäum oder Perigäum) bedingt; und zwar findet sich das Maximum der jährlichen Declination im April, das Minimum im Dezember, wie die folgende Tabelle, welche die Mittelwerthe der monatlichen Oscillationen enthält, wie solche in Göttingen beobachtet wurden, lehrt.

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	Dezember
Mittelwerthe der monatl. Variationen der Declination f. Göttingen.	6,7'	7,4'	11,9'	13,9'	13,5'	12,5'	12,1'	13,0'	11,8'	10,3'	6,9'	5,0'

Auch die Inclination hat ihre jährliche Periode und zwar scheint nach den bisherigen Beobachtungen das Maximum der Inclination mit der mittleren Wärme des Frühjahres, das Minimum mit der mittleren Wärme im Herbste zusammenzufallen; die jährliche Periode der Intensität zeigt ein Maximum im Juli und ein Minimum im December.

ad 3. Säculare Periodicität.

Schon seit 3 Jahrhunderten weiss man, dass die Declination in einer grösseren Reihe von Jahren eine bedeutende Aenderung erleidet, so bedeutend, dass sie auch aus weniger genauen Beobachtungen mit Sicherheit erkannt wurde.

So gibt die älteste bekannte Beobachtung in Paris im J. 1541 eine östliche Abweichung von 7° , im J. 1550 eine von 8° und erreichte im J. 1580 ihre grösste östliche Abweichung $11^{\circ} 30'$; dann im J. 1603 wurde sie schon kleiner, nämlich $8^{\circ} 45'$ gefunden. Im J. 1666 beobachtete Picard in Paris die Declination 0° d. h. die Declinationsnadel zeigte genau nach Norden. Von dieser Zeit an war die Declination in Paris eine westliche und zwar stets zunehmend bis zum J. 1814 also durch 148 Jahre hindurch und erreichte ein Maximum von $23^{\circ} 34'$. Insofern diese Beobachtungen als richtig angenommen werden können, hätte also die Nadel zu ihrer Wendung vom östlichen bis zum westlichen Punkte 234 J. gebraucht und in dieser Zeit einen Bogen von 33—34 Graden zurückgelegt. Gegenwärtig ist die Nadel auf dem Rückweg, indem die westliche Abweichung von Jahr zu Jahr kleiner wird, und 1875 für Prag im Mittel $12^{\circ} 28' 89$ betrug.

Ausser dieser schon lange bekannten säcularen Periodicität der Declination entdeckte zuerst Lamont eine nahezu 11jährige Periode der Declination, welche er im Jahre 1845 mit den Worten ankündigte: „An jedem Orte der Erde zeigen die Jahresmittel der Declination eine Periode von einer bestimmten Länge“. Im Jahre 1851 ergänzte er diesen Satz mit dem Beifügen: dass die Periode $10\frac{1}{3}$ Jahr umfasse. Im darauffolgenden Jahre (1852) fand jedoch Wolf, Director der eidgenoss. Sternwarte in Zürich durch noch genauere Bestimmungen eine Periode von $11\frac{1}{9}$ Jahr und berechnete noch in diesem Jahre aus den Sonnenflecken-Relativzahlen nach einer Formel, welche eine gewöhnliche Skalenänderung darstellt die magnetischen Variationen. So z. B. berechnete er für das Jahr 1859 nach seinen Fleckentabellen die damals noch nicht für das gleiche Jahr veröffentlichte magnetische Variation für Prag zu 10,36 Minuten und erhielt alsbald nach der Veröffentlichung dieses Resultates von dem damaligen Director der Prager Sternwarte T. G. Böhm das Resultat der Beobachtung, das 10,44 Minuten betrug.

Dieser Anschauung entsprechend stellte er nicht bloss für Prag (p) sondern auch für München und Göttingen (g), für Manheim (m), für Paris (π) und für London (l) eigene Formeln auf und berechnete darnach die in folgender Tabelle für die genannten Orte angeführten Variationen:

Jahr	178	179	180	181	182	183	184	185	186
0	—	8,33 m	7,14 l	—	7,79 l	12,40 π	8,84 p	9,97 p	10,05 p
1	9,12 m	12,27 l	7,14 l	—	9,10 π	12,17 π	7,43 p	8,32 p	9,17 p
2	8,11 m	8,87 l	8,58 l	—	8,83 π	—	6,34 p	8,09 p	8,59 p
3	8,77 m	8,43 l	9,16 l	6,56 l	8,18 π	—	6,57 p	7,09 p	8,84 p
4	6,98 m	8,27 l	8,48 l	7,62 l	8,20 π	7,79 g	6,05 p	6,81 p	8,02 p
5	8,56 m	7,48 l	8,72 l	7,66 l	9,67 π	9,57 g	6,99 p	6,41 p	7,80 p
6	14,00 π	8,02 l	—	—	9,76 π	12,34 g	7,65 p	5,98 p	6,63 p
7	15,14 π	8,30 l	—	8,55 l	11,31 π	12,27 g	8,78 p	6,95 p	6,47 p
8	13,48 π	7,44 l	—	8,81 l	11,52 π	12,74 g	10,75 p	7,41 p	7,27 p
9	8,75 m	7,56 l	—	7,77 l	13,74 π	11,03 g	10,27 p	10,37 p	9,44 p

In dieser Tabelle fehlen wohl die Beobachtungen bis zum Jahre 1781, und vom Jahre 1806—1813 sowie von 1832—1834; allein sie sind durch die der übrigen Jahre so reichlich ersetzt, dass eine Täuschung in der darin auftretenden Periodicität wohl nicht möglich ist.

Bei einer Durchmusterung dieser Zahlreihen tritt ganz dasselbe Gesetz vor unsere Augen, welches wir schon bei der Periodicität der Sonnenflecken angeführt, nämlich:

1. Es gibt Maxima- und Minima-Perioden, deren Dauer zwischen 10 und 12 Jahren liegt und die im Mittel 11 Jahre und einen Bruchtheil umfasst.
2. Ein jedes Maximum liegt nicht genau in der Mitte zwischen beiden benachbarten Minimen, sondern steht dem vorangehenden Minimum näher als

dem nachfolgenden; so z. B. war im J. 1848 ein Maximum der Variation; dasselbe liegt aber nicht genau in der Mitte zwischen 2 Minimen, sondern steht dem vorangehenden Minimum des Jahres 1844 näher als dem nachfolgenden des Jahres 1856.

3. Die Länge der Periode ist veränderlich.

Wenn wir trotz der in obiger Beobachtungsreihe vorkommenden Lücken, (die auszufüllen wir uns vergebens an die verschiedenen in- und ausländischen Sternwarten gewendet haben) dennoch eine ununterbrochen vom Jahre 1781 bis zum Jahre 1875 fortlaufende Variationcurve auf der Tafel I zu verzeichnen in der Lage sind, so verdanken wir diese Vervollständigung unserer Arbeit nur der freundlichen Mittheilung des Schweizer Physikers Herrn H. Fritz, Professors am Polytechnikum zu Zürich. Die Betrachtung dieser ruhig verlaufenden Variationscurve lehrt uns, dass dieselbe ganz so wie die Sonnenfleckencurve

1. im Allgemeinen rascher steigt als sinkt,
2. dass einem verzögerten oder beschleunigten Aufsteigen in der Regel auch ein verzögertes oder beschleunigtes Absteigen entspricht.

c. Periodicität in der Häufigkeit und Intensität der Polarlichter.

Es steht schon seit alten Zeiten fest, dass die Nordlichter zu gewissen Zeiten häufiger und intensiver sind als zu anderen. Dasselbe wurde in neuerer Zeit auch von den Südlichtern beobachtet. Ueber die Nordlichter hat schon Aristotiles und nicht minder Plinius Beobachtungen angestellt; allein dieselben sind wegen ihrer Unvollständigkeit kaum geeignet bei der Frage über die Periodicität als Grundlage zu dienen; bessere Dienste leisten jedoch in dieser Beziehung die chinesischen Beobachtungen, welche bis zum Jahre 400 n. Chr. zurückreichen.

Der Erste, welcher das Nordlicht mit gebührender Aufmerksamkeit beobachtete und auch die ältesten Nachrichten hierüber in seinem berühmten Werke (*Traite de l'aurore boréale*, Paris 1733) zusammenstellte, war Mairan. Ausserdem sind von wissenschaftlichem Interesse die Aufzeichnungen des Professors Elias Loomis, des französischen Physikers Renou, des Dr. Boué*) und vor allen der sehr werthvolle Nordlichtkatalog**) des Prof. H. Fritz in Zürich.

Mit Benützung dieser wissenschaftlichen Aufzeichnungen wollen wir im Nachfolgenden es versuchen, die Periodicität des Polarlichtes darzuthun.

Das Polarlicht ist, soweit gegenwärtig die Aufzeichnungen reichen, in Bezug auf seine Häufigkeit und Intensität an folgende Perioden gebunden:

1. an eine tägliche,
2. an eine jährliche,
3. an eine eilfjährige und säculare.

*) Chronologischer Nordlichtkatalog von Boué veröffentlicht im 22. Bde. der Sitzungsberichte der Academie der Wissenschaften in Wien.

**) Verzeichniss beobachteter Polarlichter, zusammengestellt von H. Fritz, gedruckt auf Kosten der k. k. Academie der Wissenschaften in Wien 1873.

Diese Perioden werden möglicherweise durch den Mond und zwar theils direct durch seinen Umlauf um die Erde, theils durch seine Einwirkung auf die Stellung der Erdaxe (Nutation) noch etwas modificirt.

ad 1. Tägliche Periodicität.

Die Polarlichter zeigen sich in der Regel bei der Nacht, so dass das Gegen-
theil als eine Ausnahme hingestellt werden muss. So berichtet unter andern der
fleissige Beobachter F. C. Maier in Petersburg, dass er nie eines bei Tag beobachtet
habe. Es gibt indess doch Fälle, dass man ihren leuchtenden Schein und ihre
Wirkungen auf die Magnetnadel und die Telegrafleitungen auch bei Tag wahr-
nahm. Auch Franklin behauptet auf Grund seiner zu Fort Franklin und am Bären-
see gemachten Beobachtungen, dass die Nordlichter der Nacht angehören. Nur
Thienemann behauptet, dass die Nordlichter ebenso häufig bei Tag als bei Nacht
erscheinen, aber ihre Sichtbarkeit sei durch die Abwesenheit des Sonnenlichtes bedingt.

Fassen wir alle diese Berichte zusammen, so geht daraus hervor, dass im
Allgemeinen das Nordlicht doch eine *nächtliche* Erscheinung zu nennen sei, welche
1 oder 2 Stunden nach Sonnenuntergang ihren Anfang nimmt und meist noch vor
Mitternacht, manchmal aber auch erst nach Mitternacht endigt.

Die tägliche Periode des Polarlichtes erreicht selbst in den hohen Breiten,
bei Monate langer Polarnacht, nur *ein* Maximum, welches für die meisten Orte der
Erde nur wenige Stunden vor Mitternacht eintritt und im Mittel um 10 Uhr vor
Mitternacht angesetzt werden kann. Dieses Maximum gilt hauptsächlich für die
Häufigkeit der Erscheinung, kann jedoch mit geringer Abweichung auch auf die
Intensität ausgedehnt werden.

Für die *südliche Halbkugel* fehlen bis jetzt die auf diese Periode bezüg-
lichen Beobachtungen.

ad 2. Jährliche Periodicität.

Zur Bestimmung der höchst wichtigen jährlichen Periodicität wollen wir
die in einzelnen oder in mehreren Jahren monatlich gesehenen Nordlichter nach
Monaten ordnen und hieraus die Maxima und Minima in Bezug auf Häufigkeit und
Intensität bestimmen.

Zählen wir zu den von Gehler (Bd. VII. S. 147) angeführten und nach
Monaten geordneten Zusammenstellung von Nordlichtbeobachtungen noch die in
neuerer Zeit zu Boston, Newyork und Canada und vom Smith-sonian-Institut in den
Jahren 1869, 1870 und 1871 gemachten Beobachtungen dazu, so ergibt sich das
in folgender Tabelle angeführte summarische Zahlenverhältniss in Bezug auf Häu-
figkeit und Intensität der Nordlichter in den einzelnen Monaten.

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	Dezember
Nach Gehler	175	234	351	239	150	48	70	177	302	410	228	178
In Boston	81	93	110	104	86	83	123	102	143	99	115	83
In Newyork	76	86	106	125	83	79	100	122	131	110	74	60
In Canada	16	31	24	38	22	17	21	14	19	27	26	16
Smith-sonian-Institut	43	44	56	60	53	48	47	47	56	53	46	42
Summa	391	488	647	566	394	275	321	462	651	699	489	379

In Frankreich hat Renou die jährliche Periode dargethan. Nach seinen Angaben fallen von 100 Nordlichtern auf den

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
Nach Renou	7,7	9,5	15,6	7,5	2,0	2,0	1,2	5,2	14,2	18,1	9,5	7,5

Die in diesen Tabellen enthaltenen Zahlen scheinen mir sprechend genug zu sein, um hieraus mit Sicherheit folgendes Gesetz, welchem die jährliche Periode der Nordlichter unterliegt, ableiten zu können:

1. Bei einer längeren Reihe von Jahren bleibt kein Monat ohne Nordlicht.
2. Die Zahl der Nordlichter ist in den Wintermonaten grösser als in den Sommermonaten.
3. Es zeigen sich 2 stark ausgedrückte Maxima der Frequenz der Nordlichter zur Zeit der 2 Aequinoctien und 2 Minima zur Zeit der 2 Solstitien.

Anmerkung 1. Das tiefe Minimum in den Sommermonaten erklärt sich nur theilweise aus den der Polarlichtbeobachtung ungünstigen langen Tagen, da die Beobachtungsreihen der in niederen Breiten gelegenen Stationen mit dunkeln Sommernächten die gleichen Resultate ergeben, und da ein ganz ähnliches Verhältniss auf der südlichen Hemisphäre mit ihren den unsern entgegengesetzten Tageslängen sich ebenso entschieden in den Beobachtungen von Hobarton, Melbourne und in dem gesammten Südlicht-Verzeichnisse von H. Fritz zeigt, wodurch bewiesen wird, dass hier, wie beim Erdmagnetismus, der Einfluss der geringen Entfernung der Erde von der Sonne sich geltend macht. Mit zunehmender Breite ver-

schwindet das Winterminimum immer mehr und mehr, wie denn überhaupt das Polarlicht sich am häufigsten zeigt, wenn die Erde von einem Nachtgleichenpunkt durch das Perihel zum andern sich bewegt.

Anmerkung 2. Die nachgewiesene jährliche Periode der Nordlichter gilt bloss für die Gegenden südlich vom Polarkreise und nicht mehr für die Polarregionen selbst, wo dieselben vielmehr authentischen Nachrichten zufolge zu den *täglichen* Erscheinungen gehören. Da manche Physiker im Gegensatz zu Loomis das tägliche Auftreten der Nordlichter in den Polargegenden läugnen, so suchten wir hierüber einen entscheidenden Aufschluss in den neuesten Berichten der österreichisch-ungarischen Nordpol-Expedition, und da wir ihn daselbst nicht fanden, wandten wir uns hierüber brieflich an den Nordpolfahrer und Herausgeber der obgenannten Berichte, Julius Payer, von dem wir folgendes Rescript erhielten: „Loomis hat Recht, Nordlichter gehören in der Polarregion zu den täglichen Erscheinungen. Wenn ich diess in meinen Berichten nicht gesagt habe, so war diess ein Versehen von mir.“

ad 3. Die eilfjährige und säculare Periodicität.

Da in der Zone der grössten Frequenz der Polarlichter d. i. in der Polarregion die Anzahl der Polarlichter in allen Jahren fast ziemlich dieselbe ist, so darf man annehmen, dass die Periodicität vorzüglich nur in dem grösseren oder geringeren Glanze der Erscheinung liegt; und in der That je mehr man sich von der Zone der grössten Häufigkeit entfernt, desto mehr wird das periodische Auftreten bemerkbar. Da aber die Polarlichter eine gewisse Intensität haben müssen, um über die polaren Gegenden hinaus gesehen zu werden, so kann man behaupten, dass vornehmlich ihre Intensität der Periodicität unterliege.

Wir erklären demnach die Polarlichter als ein konstantes Phänomen, das in der Nähe der magnetischen Erdpole stattfindet, deren Intensität jedoch einem regelmässigen und periodischen Auftreten unterworfen ist, und wenn wir auch von einer Periodicität in Bezug auf die Häufigkeit sprechen, so zählen wir nur die südlich vom Polarkreise in Sicht gekommenen Nordlichter.

Nachdem wir so den Standpunkt, von welchem aus wir die Frage über die eilfjährige und säculare Periodicität behandelt wissen möchten, festgestellt haben, lassen wir die Bestimmung der eilfjährigen und säcularen Periode selbst nachfolgen.

Der Erste, dem es gelang eine Nordlichtperiode überhaupt nachzuweisen war (1733) Mairan. Die Bestimmung der Periodenlänge gelang ihm jedoch nicht, obwohl er nahe daran war das glanzvolle Thor zur Wahrheit zu finden. Später im Jahre 1752 schrieb Wargentin: „Des Nordlichtes Perioden scheinen unordentlich und vermuthlich wird eine Zeit kommen, da die Nachkommen dasselbe vergebens zu sehen verlangen werden“. In den spätern Jahren rückte man der Wahrheit näher, indem man es wagte die Periodenlänge durch Zahlen auszudrücken. So glaubte 1788 Pilgram die Länge der Periode zu 47 oder 54 Jahren bestimmen zu sollen, während 1809 Pfaff und 1830 Muncke eine Periode von nahe 100 Jahren

annahmen. Hansteen kürzte 1831 diese Zahl auf 95 und Olmstedt 1856 auf 65 Jahre ab. In neuester Zeit hat Professor H. Fritz in Zürich mit Zugrundelegung von 12000 Beobachtungstagen eine kürzere *11jährige* und eine längere *55jährige* Periode in unzweideutiger Weise ziffermässig dargethan.

Professor Fritz theilt die Nordlichter in 5 Gruppen. Alle Nordlichter, welche zwischen dem 55° n. B. und dem Polarkreise beobachtet wurden, stellt er in die Gruppe I; alle zwischen dem 46° n. B. und dem Polarkreise gesehenen Nordlichter bringt er in die Gruppe II; alle an südlicher als dem 46° n. B. aber mindestens auch noch an einem nördlicher gelegenen Orte wahrgenommenen Nordlichter reiht er in die Gruppe III ein; die Gruppe IV enthält alle im mittleren Europa und in dessen südlichen Theilen weitverbreiteten und durch besondere Pracht sehr auffallenden Erscheinungen; und endlich die Gruppe V alle jene grossen aber seltenen Polarlichter, die mit glanzvoller Intensität *gleichzeitig* einen sehr grossen Theil der Erde erleuchteten, wie z. B. die Erscheinungen vom 7. Januar 1831, 28. August und 1. September 1859, 24. und 25. Oktober 1870 u. s. w. Jede Gruppe ist dann ein der Gruppenzahl entsprechendes Gewicht beigelegt, so dass beispielweise alle Erscheinungen der Gruppe III oder IV 3 oder 4mal so viel zählen, als diejenigen der Gruppe I. Daraus entstanden eine Reihe von *Relativzahlen*, welche wir vom Jahre 1700—1872 in nachstehender Tabelle für Europa anführen:

Jahr	170	171	172	173	174	175	176	177	178
0	0	2	53	206	62	148	67	85	123
1	0	0	54	100	181	100	72	103	168
2	2	0	101	158	134	72	44	124	157
3	0	0	49	93	98	70	17	140	181
4	3	0	41	156	47	110	27	165	120
5	2	2	62	164	55	53	20	139	121
6	2	36	71	190	126	61	2	96	261
7	26	36	96	183	130	71	15	156	299
8	9	23	170	113	147	49	31	165	288
9	4	36	110	181	115	85	82	261	261

Jahr	179	180	181	182	183	184	185	186	187
0	191	12	2	16	128	118	151	118	258
1	160	13	0	8	108	113	170	118	268
2	138	16	0	5	30	95	239	138	299
3	38	15	4	1	37	87	178	122	
4	18	24	12	7	21	74	72	141	
5	16	44	4	30	29	95	42	147	
6	7	13	6	25	37	100	52	139	
7	29	8	40	57	88	143	21	92	
8	5	3	13	66	63	223	88	82	
9	12	1	27	84	109	152	180	188	

Die in dieser Tabelle niedergelegten Beobachtungen unter Berücksichtigung der Intensität der Erscheinungen bestimmen uns zur Festsetzung der *Polarlicht-Maxima* während der letzten 172 Jahre auf die Jahre: 1707, 1722, 1736, 1750, 1759, 1774, 1779, 1787, 1805, 1817, 1830, 1840, 1848, 1859, 1872.

Aus diesen Zahlen erhalten wir für die mittleren Längen der 15 Perioden der Maxima von 1707—1872 *11 Jahre*. Von den genannten Maxima-Perioden waren durch grosse und häufige Erscheinungen ganz besonders ausgezeichnet die Jahre 1736, 1787 und 1848, woraus sich die Länge der säcularen Periode zu nahe *55 Jahren* bestimmt. Dasselbe gilt nahezu auch von Minima-Perioden.

In Anbetracht dieses Zahlenergebnisses können wir zur Fixirung der Nordlicht-Perioden folgende Sätze aufstellen:

1. Es gibt in der Frequenz der in mittleren Breiten in Europa erscheinenden Nordlichter Maxima und Minima Perioden, deren Dauer im Mittel 11 Jahre und 55 Jahre beträgt.
2. Ein jedes Maximum liegt nicht in der Mitte zwischen den benachbarten Minimen, sondern steht dem vorangehenden Minimum näher als dem nachfolgenden, so z. B. war im Jahre 1848 ein Maximum der Frequenz, während 1844 und 1857 Minima waren.
3. Die Länge der Periode ist veränderlich. Beim Mangel an längeren Beobachtungsreihen für das *Südlicht* lassen sich nur die eilffährigen Perioden, diese aber ganz entschieden nachweisen.

Zur besseren Versinnlichung dieses periodischen Verlaufes geben wir in Taf. I. eine grafische Darstellung desselben durch eine Curvenzeichnung*). Die Jahre bilden die Abszissen, während die Anzahl der im betreffenden Jahre stattgefundenen in mittleren Breiten sichtbaren grossen Nordlichter die Ordinaten vorstellt. Ein flüchtiger Blick auf diese Curve geworfen sagt uns in Analogie mit der Fleckencurve und Variationscurve folgendes:

1. Die Curve steigt rascher auf als sie sinkt.
2. Ein verzögertes oder beschleunigtes Aufsteigen hat in der Regel auch ein verzögertes oder beschleunigtes Absteigen zur Folge.

II. Der Parallelismus zwischen den drei genannten Erscheinungen.

a. Der Parallelismus zwischen der Häufigkeit der Sonnenflecken und den Variationen des Erdmagnetismus.

Man hat wohl in den letzten Jahrzehnten zu wiederholten Malen beobachtet, dass auffallende Aenderungen auf der Sonnenoberfläche mit grösseren Aenderungen in der Richtung und Stärke des Erdmagnetismus gleichzeitig stattfinden; aber erst im Jahre 1852 fanden Sabine, Lamont und Wolf unabhängig von einander, dass

*) Die punktirte Curve resultirt aus den Jahressummen, wie sie in der Tabelle angeführt sind, die ausgezogene dagegen aus den 5jährigen Mitteln.

zwischen diesen beiden Naturphänomenen ein inniger Parallelismus bestehe, obwohl das eine Phänomen nur der Sonne, das andere aber nur der Erde angehört.

Wolf, der Direktor der Züricher Sternwarte, unterliess nicht die berühmtesten Physiker dieser Zeit nämlich Humboldt, Arago und Faraday von diesem merkwürdigen Funde zu benachrichtigen, und hatte die Freude denselben von allen 3 Männern der Wissenschaft als etwas ebenso Neues wie Hochwichtiges und Interessantes begrüsst zu sehen.

Diesen eigenthümlichen Zusammenhang zweier sonst ganz heterogener Naturerscheinungen, der sich in einem vollkommen parallelen Verlauf derselben offenbart, durch wissenschaftlich strenge Beweise festzustellen, wird nun im Folgenden unsere Aufgabe sein.

1. Schon eine oberflächliche Vergleichung der beim Nachweis der säcularen Periodizität der Sonnenflecken und des Erdmagnetismus angeführten Beobachtungsreihen zeigt ein überraschendes Zusammenfallen der Maxima- und Minima-Werthe in der Häufigkeit der Sonnenflecken und der Grösse der magnetischen Variation der Declination. Bei einer genauern Vergleichung und Nebeneinanderstellung der beiderseitigen Beobachtungsreihen und noch auffallender bei einer Zusammenhaltung der ihnen entsprechenden auf Taf. I verzeichneten Curven zeigt sich jedoch, dass die Sonnenfleckenperiode sich in den erdmagnetischen Störungen und Variationen der Declination sowohl nach Länge als nach Lage von Berg und Thal auf das Schönste reproducire, und dass die Jahresmittel der täglichen Variationen der magnetischen Declination dieselbe 11jährige Periode zeigen wie die Sonnenflecken, woraus wir auf einen kausalen Zusammenhang und innigen Parallelismus beider Erscheinungen nicht allein schliessen dürfen, sondern geradezu schliessen müssen.

2. Eine weitere Bestätigung dieses Parallelismus liefert uns die Berechnung der Declinations-Variationen aus den Sonnenflecken-Relativzahlen. Es ist das grosse Verdienst des Directors der Züricher Sternwarte Wolf zuerst gefunden zu haben, dass die Variationen der Declination nicht nur dieselbe Periode wie die Sonnenflecken zeigen, sondern sich auch sehr angenähert aus den Sonnenflecken-Relativzahlen nach einer Formel berechnen lassen, welche eine gewöhnliche Skalenänderung darstellt. So z. B. erhielt Wolf aus der von Lamont für 1835—1850 bestimmten Münchner-Variationen der Declination die Formel

$$v = 6', 273 + 0', 051 r$$

wo r die dem betreffenden Jahre entsprechende mittlere Sonnenflecken-Relativzahl bezeichnet.

Mit dieser Formel berechnete nun Wolf im J. 1850 die Variationen der Declination für die folgenden Jahre 1851—1860 voraus, und dieselben stimmten mit einer überraschenden genauen Annäherung mit den nachher von Lamont beobachteten Variationen der Declination überein.

Diese so merkwürdige Uebereinstimmung der Rechnung mit der Beobachtung lässt wohl keinen begründeten Zweifel mehr übrig, dass ein inniger Zusammenhang und Parallelismus zwischen den beiden Erscheinungen obwalte; trotzdem aber wollen wir wegen der grossen Wichtigkeit, welche dieser Parallelismus für unsere Zwecke hat, noch einen 3. Beweisgrund anführen.

3. Wir schöpfen diesen 3. Beweis aus der Berechnung der Rotationszeit des Sonnenkörpers, welche der Direktor der Prager Sternwarte, Hornstein aus den Variationen des Erdmagnetismus geliefert und in der Mai-Sitzung des Jahres 1871 der Akademie der Wissenschaft in Wien vorgelegt hat. Ist es nämlich möglich aus den Variationen des Erdmagnetismus die Rotationszeit und umgekehrt aus der Rotationszeit der Sonne die Variationen des Erdmagnetismus zurück oder voraus zu berechnen, so ist ein kausaler Zusammenhang zwischen den Vorgängen auf der Sonne und den Variationen des Erdmagnetismus vernünftiger Weise nicht mehr wegzuläugnen. Beide Berechnungen hat nun Hornstein durchgeführt.

a) Bei der Berechnung der Rotationszeit aus den Variationen des Erdmagnetismus ging Hornstein von folgenden Gedanken aus:

Da während einer Rotation der Sonne alle Fleckenregionen sich der Erde zuwenden und innerhalb dieser Rotationsperiode jeder Punkt der Fleckenzone seine Entfernung von der Erde um den ganzen Durchmesser der Sonne ändert, so muss sich im Falle eines Zusammenhanges des Erdmagnetismus mit der Fleckenoberfläche eine periodische Veränderung in den Elementen des Erdmagnetismus zeigen, bei welcher die Dauer einer Periode gleich ist der synodischen Rotationszeit. Hornstein hat diese Untersuchungen auf alle 3 Elemente des Erdmagnetismus (Declination, Inclination und horizontale Intensität) ausgedehnt, und ist nach mehrjährigen Beobachtungen in Prag, Wien und andern Orten zu dem Ergebniss gelangt, dass die Aenderungen jedes dieser 3 Elemente eine Periode von nahe $26\frac{1}{3}$ Tagen andeuten, also eine Zeit umfassen, welche mit der aus astronomischen Beobachtungen der Flecken gefundenen Rotationszeit ($25\frac{1}{3}$ Tage) mit staunenswerter Annäherung übereinstimmt. Hornstein berechnete dann aus der synodischen Rotationszeit die wahre Rotationszeit 24,55 Tage, ein Wert, welcher als das Resultat der ersten Versuche die Rotationszeit der Sonne mit Hilfe der Magnetnadel zu bestimmen betrachtet werden kann.

b) Aber auch den umgekehrten Weg ist Hornstein bei seinen Berechnungen gegangen. Er hat nämlich aus der Rotationszeit der Sonne $S = 26\frac{1}{3}$ durch Zurückrechnung von 1870 bis 1869, also um volle 20 Rotationen, die Variation der Declination in dieser Zeitperiode auf dem Wege der Rechnung gefunden, grafisch dargestellt und die so erhaltene Variations-Curve mit der auf dem Wege der Beobachtungen erhaltenen verglichen, und eine volle Uebereinstimmung beider Variationscurven gefunden.

In Erwägung aller dieser angeführten Thatsachen glauben wir ohne Bedenken, die Behauptung aufstellen zu können, dass zwischen der Häufigkeit der Sonnenflecken und den Variationen des Erdmagnetismus ein inniger und kausaler Zusammenhang obwalte, dessen Wirkung der parallele Verlauf beider Erscheinungen ist.

b) Der Parallelismus zwischen den Sonnenflecken und Polarlichtern.

1. Die Hauptperioden des Polarlichtes stehen in inniger Beziehung zu den Sonnenfleckenperioden.

William Stevenson war der Erste, welcher die Sonnenfleckenbeobachtungen des Hofrath Schwabe dazu benutzte, um seine zehnjährigen (1838 bis 1848) zu Duse angestellten Nordlichtbeobachtungen mit den Vorgängen auf der Sonne zu vergleichen, wobei sich das Resultat ergab, dass fleckenreichen Jahren grosse und häufige Nordlichter entsprachen. Im folgenden Jahre sandte R. Wolf eine ähnliche Zusammenstellung an Faraday, aus welcher ähnliche Verhältnisse hervorgingen. Endlich im Jahre 1862 gelang es dem Prof. H. Fritz in Zürich unter Benutzung eines von Wolf angelangten Nordlichtkataloges aus den Beobachtungen von 1710 bis 1861 den Parallelismus beider Erscheinungen wissenschaftlich festzustellen und in folgende Gesetze einzukleiden:

- a) *Das Polarlicht ist eine periodische Erscheinung mit kleineren nahe 11jährigen und grösseren etwas über 55jährigen Perioden, wovon beide sich den entsprechenden Sonnenfleckenperioden in der Weise anschmiegen, dass je die Maxima und je die Minima mit einander korrespondiren.*
- β) *Bei den Polarlichtern zeichnen sich die Hauptmaxima mehr aus als bei den Sonnenflecken.*

Zur Erläuterung haben wir auf Tafel I die Nordlichtcurve über der Fleckencurve mit gleichen Jahres-Abszissen konstruirt, so dass es sehr leicht ist, die Correspondenz der Maxima und Minima zu erkennen, und damit die beiden angeführten Gesetze auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

2. In entsprechender Weise stimmen nicht nur die Beobachtungen aus dem 18. und 19. Jahrhundert, sondern es schmiegen sich selbst *die ältesten auf uns gekommenen Beobachtungen beider Erscheinungen innig an einander an.* Man beobachtete z. B.

Sonnenflecken:	Grosse Nordlichter:
626	616, 624, 629
778	776 bis 793
807	800 bis 808
840	836 bis 849
1096	1095 bis 1099 (Hauptmaximum)
1547	1541 bis 1549

3. *Grossen Nordlichtern entsprechen starke Fleckenbildungen und umgekehrt.* Besonders fleckenarm war die Sonne um das Jahr 1810, aus welcher Zeit uns beinahe keine Polarlichtbeobachtungen vorliegen, während sich die Bewohner höherer und mittlerer Breiten der zahlreichen und grossen Nordlichter aus den Jahren 1830, 1837, 1848, 1859, 1870 erinnern, um welche Zeit die Sonne mit vielen und grossen oft dem blossen Auge erkennbaren Flecken wahrhaft übersät war. Ganz besonders ausgezeichnet waren beide Erscheinungen in den Jahren 1848, 1859 und 1870, in welchen Jahren einzelne Polarlichter von beiden Seiten her fast bis zu dem Aequator hin sichtbar waren.

4. Ein Blick auf die Fleckencurve (Tafel I) zeigt uns, dass die Sonnenflecken in ihrer Häufigkeit und Grösse keineswegs immer ununterbrochen stetig wechseln, sondern häufig in der Weise, dass nachdem sie einige Zeit lang zugenommen, ein kleiner Rückgang oder wenigstens eine Verminderung in der Geschwindigkeit der Zunahme eintritt. — Z. B. 1759 bis 1760, 1802 bis 1804, 1828 bis 1830.

Solche Abweichungen der Fleckencurve vom regelmässigen Verlaufe reproduzieren sich in der Nordlichtcurve durch gleiche Unregelmässigkeiten, nur treten dieselben hier viel bedeutender gewissermassen übertrieben hervor. Den relativen Erhebungen der Sonnenfleckenhäufigkeit in den Jahren 1758, 1775, 1782 namentlich aber von 1851 und 1864 entsprechen starke Erhebungen der Häufigkeit der Polarlichter, ebenso gingen in den Jahren 1780, 1795, 1849, 1850 und 1863, in welchen die Sonnenfleckenzahl schnell abnahm, die Polarlichter schnell an Zahl und Grösse wieder zurück, um sich in den folgenden Jahren wieder zu erheben, aber mit mehr Energie als diess bei den Sonnenflecken der Fall ist; wie denn überhaupt der periodische Wechsel bei den Polarlichtern mehr markirt hervortritt als bei den Sonnenflecken.

Gegen alle diese Gründe für den Parallelismus der beiden in Rede stehenden Erscheinungen könnte man jedoch den nahe gelegenen Einwurf vorbringen, dass, wie schon eine oberflächliche Vergleichung der beiderseitigen Curven lehrt, in gewissen Epochen der Wendepunkte Differenzen auftreten, d. h. es erscheinen die Maxima der Nordlichter gegen die correspondirenden Maxima der Sonnenflecken oft etwas verschoben und ebenso die Minima.

Zur Widerlegung dieses Einwurfes bestimmen wir uns nach dem Vorgange Fritzes die Wendepunkte der Nordlichtcurve, legen der Relativzahlenreihe den doppelten Werth bei, berechnen dann die mittleren Maxima und Minima und stellen diese mit denjenigen zusammen, welche Wolf für die Sonnenflecken gefunden, so erhalten wir folgende Zusammenstellung, bei welcher gleich die Differenzen der Wendepunkte beider Erscheinungen der Zeit nach angegeben sind.

Minima	Polarl. im Mittel	17	12,4	24,0	32,8	44,6	54,4	65,1	76,2	82,4	98,8	18	10,9	22,2	34,3	43,9	56,3	66,3
	Sonnenflecken	17	12,0	23,5	34,0	45,0	55,5	66,5	75,8	84,8	98,5	18	10,5	23,2	33,8	44,0	56,2	67,2
	Differenzen		+ 0,4	+ 0,5	- 1,2	- 0,4	- 1,1	- 1,4	+ 0,4	- 2,4	+ 0,3		+ 0,4	- 1,0	+ 0,5	- 0,1	+ 0,1	- 0,9
Maxima	Polarl. im Mittel	17	07,4	19,7	30,1	38,3	48,8	59,6	72,7	80,3	87,9	18	04,7	18,4	29,6	40,3	49,9	60,6
	Sonnenflecken	17	05,5	18,2	27,5	38,7	50,0	61,5	69,9	79,5	89,0	18	04,0	16,8	29,5	37,2	48,6	60,2
	Differenzen		+ 1,9	+ 1,5	+ 2,6	- 0,4	- 1,2	- 1,9	+ 2,8	+ 0,8	- 1,1		+ 0,7	+ 0,7	+ 0,1	+ 3,1	+ 1,3	+ 0,4

In dieser Doppeltabelle erscheinen die Differenzen der Epochen der Wendepunkte der Polarlichter gegenüber jenen der Sonnenflecken bald positiv bald negativ. Im Ganzen verspäten sich die Polarlichter gegen diejenigen der Sonnenflecken im Mittel um 0,73 Jahre, während die Minima um 0,30 Jahre im Mittel früher eintreffen. Diese Differenzen sind aber klein genug, dass man dieselben noch zu den Beobachtungsfehlern rechnen kann und das um so mehr, als es eine alte Erfahrung ist, dass erst nach dem Erscheinen der ersten grossen Polarlichter einer Periode die Aufmerksamkeit der Beobachter rege wird und einige Zeit anhält, wodurch nothgedrungen die Zahl der Beobachtungen nach dem Maximum grösser werden muss, als kurz vorher und dadurch eine scheinbare Verschiebung des Maximums selbst hervorgerufen wird. Diess gilt z. B. für die Periode nach 1768, da um diese Zeit Beguelin und Van Swinden's fleissig beobachteten. Die starke Verschiebung nach 1837 ist wesentlich den zahlreichen Beobachtungen Hansteéns in Christiania zuzuschreiben. Wir können daher mit Vernachlässigung dieser Differenzen die Behauptung aussprechen, dass die beiden Erscheinungen ihre Maxima und Minima gleichzeitig erreichen.

Auf alle diese vorgebrachten Thatsachen hin scheint es uns ausser allen Zweifel zu stehen, dass zwischen den Vorgängen auf der Sonnenoberfläche und den Polarlichterscheinungen auf unserer Erde ein paralleler Verlauf obwalte, und ein Kausalnexus bestehe.

e) Der Parallelismus zwischen den Variationen des Erdmagnetismus und der Häufigkeit der Nordlichter.

Das Nordlicht steht mit dem Erdmagnetismus in so inniger Beziehung und diese beiden Erscheinungen sind so eng mit einander verschwistert, dass einige Physiker so weit gegangen sind auf Grund dieser Wahrnehmung das Nordlicht für eine Emanation des Erdmagnetismus zu erklären; nichts destoweniger fordert es der bisher eingehaltene strengbeweisende Vorgang unserer Abhandlung auch für diesen Zusammenhang einige Belege anzuführen, und zwar um so mehr, da ja gerade die Sicherstellung eines derartigen Zusammenhanges sich für einen Erklärungsversuch des Polarlichtes von ganz besonderem Nutzen erweisen dürfte. Für diesen Zusammenhang sprechen aber folgende Gründe:

1. Das Polarlicht (Nordlicht und Südlicht) ist, wie schon der Name bekundet, gerade so an die magnetischen Erdpole gebannt, wie das Maximum der Intensität des Erdmagnetismus; letzteres beweist die verticale Stellung der Inclinationsnadel an den beiden magnetischen Erdpolen, ersteres der Anblick der von Prof. Elias Loomis durch Zusammenstellung der Nachrichten von 128 Beobachtungsstationen angefertigten Nordlichtkarte (Jahrb. d. Erfind. v. Hirzel u. Gretschel 1868). Die Betrachtung dieser Karte lehrt uns, dass die Zone der grössten Häufigkeit der Nordlichter den magnetischen Erdpol ($70^{\circ} 5' \text{ n. B. und } 263^{\circ} 14' \text{ östl. v. Greenwich nach der letzten Bestimmung}$) in ovaler Form umgebe.

2. Der Culminationspunkt des Nordlichtbogens liegt im magnetischen Meridian und die Ebene der Nordlichtbögen steht senkrecht auf den magnetischen Meridian; so berichten einstimmig alle Beobachter.

3. Bildet das Nordlicht eine Krone, so befindet sich dieselbe jederzeit an derjenigen Stelle des Himmels, wohin die Südspitze der Inclinationsnadel gerichtet ist.

4. Sprechen für einen solchen Zusammenhang die magnetischen Störungen zur Zeit eines Nordlichtes.

Jeden Zweifel in dieser Beziehung beseitigt das astronomisch-meteorologische Jahrbuch für Prag 1842, worin Dr. Kreil das gleichzeitige Auftreten dieser verschwisterten Erscheinungen durch 6 Jahre hindurch nachweist. Des beschränkten Raumes wegen können wir das hochinteressante Verzeichniss der Nordlichter und gleichzeitigen magnetischen Störungen in diesen 6 Jahren hier nicht anführen und verweisen daher auf das obengenannte Jahrbuch, woselbst alle Nordlichter seit 1836—1842 eingetragen sind, sowie die Orte, an welchen gleichzeitig magnetische Störungen beobachtet wurden. Nach dieser Tabelle wurden im

Jahre	1836	5 Nordlichter,	3 gleichzeitige magnetische Störungen
"	1837	30	23
"	1838	28	23
"	1839	43	42
"	1840	47	43
"	1841	47	42

Wenn wir nun das Verhältniss aufsuchen, in welchem beide Erscheinungen der Zahl nach stehen, so finden wir, dass im Allgemeinen die Zahl der magnetischen Störungen geringer ist, als die der Nordlichter. Doch kommt diese Verschiedenheit in der Anzahl von den Mängeln in der Beobachtung der magnetischen Störungen; denn in späteren Jahren, wo die Beobachtungen genauer werden, wird auch der Exponent des Verhältnisses kleiner, so ist im

Jahre 1836 der Exponent d. V. 0.6

„ 1837 „ „ „ 0.76

„ 1838 „ „ „ 0.82

„ 1839 „ „ „ 0.98

„ 1840 „ „ „ 0.96

„ 1841 „ „ „ 0.91.

Es nähert sich somit der Exponent des Verhältnisses in den späteren Jahren, in welchen mit bessern Instrumenten und genauer beobachtet wurde, der Einheit oder mit andern Worten: es wurden nur sehr wenig Nordlichter beobachtet, die nicht von gleichzeitigen magnetischen Störungen begleitet waren.

Da auch diese geringe Differenz noch in dem Umstande ihre natürliche Erklärung findet, dass die magnetischen Beobachtungen während der Nachtzeit, wo gerade die meisten Nordlichter auftreten, nicht in der Ausdehnung angestellt wurden, wie während der Tageszeit, so kann man mit genügender Sicherheit annehmen, dass die magnetischen Störungen und die Nordlichter zwei verschwisterte Erscheinungen seien, welche gleichzeitig auftreten und derselben Quelle entspringen.

5. Eine Vergleichung der Wendestunden und Perioden der verschiedenen Elemente des Erdmagnetismus und des Polarlichtes ergibt, dass das tägliche gegen 10 Uhr Abends eintretende Maximum des Polarlichtes durchgehends mit dem Minimum der Declination, welches sich ähnlich wie das Maximum des Polarlichtes mit zunehmender Breite verspätet, übereinstimmt, und dass dasselbe ferner mit dem Minimum der Inclination oder mit dem Maximum der Intensität zusammenfällt.

6. Die jährlichen Perioden des Erdmagnetismus und der Nordlichter harmoniren in schönster Weise, indem von beiden Erscheinungen 2 Maxima in der Nähe der beiden Aequinoctien und 2 Minima in der Nähe der beiden Solstitien auftreten, wie aus nachfolgender Tabelle zu ersehen ist:

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
Mittel der magnet. Variat. v. Göttingen und Hobarton	8,05	8,72	10,46	9,98	8,64	7,61	7,82	8,78	9,51	9,87	8,69	7,24
Nach Renou fallen von 100 Nordl. auf den Monat	7,7	9,5	15,6	7,5	2,0	2,0	1,2	5,2	14,2	18,1	9,5	7,5

7. Die Untersuchungen über die säculare Periodicität ergeben bei den Nordlichtern ebenso wie bei der magnetischen Declination eine Periode von nahezu

11 Jahren und über diess läuft die Nordlichtcurve in Bezug auf Thal und Berg parallel zur Variationscurve. Alle diese hier angeführten Beweisgründe scheinen uns überzeugend genug, um auf Grund derselben einen innigen Zusammenhang und Parallelismus beider Phänomene constatiren und daraus später wichtige Folgerungen für die Natur des Polarlichtes ableiten zu können.

Nachdem wir im Vorhergehenden bewiesen haben, dass zwischen je 2 der 3 in Rede stehenden Phänomene ein paralleler Verlauf bestehe, folgt von selbst der Parallelismus zwischen allen 3 Erscheinungen.

Ueberdiess erhellt dieser 3fache Parallelismus unmittelbar aus dem blossen Anblick der auf Tafel I verzeichneten Fleckencurve, Nordlichtcurve und Variationscurve, denn bei einer vergleichenden Durchmusterung derselben bemerkt man nicht bloss eine Coincidenz der gleichen Zeiten entsprechenden Maxima und Minima, sondern sieht zugleich, dass die Sonnenfleckencurve sich in der Nordlichtcurve und Variationscurve auf das Schönste reproduzire, woraus ein inniger kausaler Zusammenhang der 3 Erscheinungen sich ergibt.

Art des Zusammenhanges der drei Erscheinungen.

Nachdem wir hiemit den Parallelismus dieser 3 Erscheinungen constatirt haben, lassen sich aus demselben für die Art und Weise des Zusammenhanges der 3 genannten Phänomene einige interessante Schlussfolgerungen ziehen:

Besteht nämlich zwischen diesen 3 Naturphänomenen, wovon eines der Sonne und die beiden andern unserer Erde angehören, ein kausaler Zusammenhang, so kann vernünftiger Weise derselbe doch nur so gedacht werden, dass die beiden verschwisterten Erscheinungen auf der Erde als unmittelbare oder mittelbare Wirkungen des solaren Phänomens aufgefasst werden.

Diess vorausgesetzt müssen sich diese beiden in Rede stehenden tellurischen Phänomene unter irgend eine Spezies der Sonnenwirkungen auf unserer Erde einreihen lassen. Mit Ausschluss der Massenanziehung lassen sich alle andern solaren Einwirkungen auf optische, magnetische, elektrische und thermische zurückführen.

1. Gehören die beiden tellurischen Phänomene, Erdmagnetismus und Nordlichter, zu den optischen Sonnenwirkungen?

Wir müssen aus folgenden Gründen diese Frage verneinen:

a) Weil es trotz wiederholter mit der grössten Genauigkeit angestellter Versuche nicht gelungen ist, eine magnetische Wirkung des directen Sonnenlichts auf die Magnetnadel nachzuweisen;

b) weil das Nordlichtspectrum wesentlich verschieden ist von dem Sonnenspectrum, denn ersteres ist von hellen, letzteres von dunkeln Vertical-Linien durchzogen;

c) weil dann ein gleichzeitiges Auftreten der Nord- und Südlichter eine Unmöglichkeit wäre, was doch erst vor einigen Jahren nämlich vom 24.—25. September und 25.—26. October 1870 in ganz auffallender Weise beobachtet wurde.

In Erwägung dieser Gründe leuchtet die Grundlosigkeit der im Eingange unserer Abhandlung erwähnten optischen Theorie des Polarlichtes des Dr. Wolfert wohl von selbst ein.

2. Gehören die beiden tellurischen Phänomene zu den unmittelbar magnetischen Wirkungen des Sonnenkörpers?

Die Anhänger dieser Theorie setzen voraus, dass die Sonne in einem permanent magnetischen Zustand sich befinde und unmittelbar auf unseren Erdkörper inducirend einwirke; doch sprechen gegen eine derartige Ansicht folgende Gründe:

a) erscheint in Erwägung der grossen Entfernung der Erde von der Sonne und der raschen Abnahme der magnetischen Fernwirkung in der 3. Potenz der Entfernung schon im Voraus eine directe magnetische Einwirkung zum mindesten als unwahrscheinlich;

b) ist es eine feststehende Thatsache, dass der Magnetismus eines Stahlstabes durch die Weissglühhitze vernichtet wird; nun ist aber die Temperatur der Sonne eine viel grössere als die der Weissglühe; denn die meisten Physiker schätzen die Temperatur des Sonnenkörpers auf 1 bis 2 Millionen Grade Celsius, doch meint Secchi, dieser emsige Sonnenbeobachter, dass die wahre Temperatur noch höher liege. Somit kann nach physikalischen Gesetzen dem Sonnenkörper kein Magnetismus adhären.

c) müsste bei einer directen magnetischen Einwirkung der Sonne auf unsere Erde das Maximum der magnetischen Abweichung in das Wintersolstitium fallen, wo die Erde der Sonne am nächsten steht; diess findet jedoch in Wirklichkeit nicht statt, sondern im Gegentheil zeigt die jährliche Periode der magnetischen Abweichung um diese Zeit ein Minimum.

Obwohl bei Erwägung dieser angeführten Gründe die Unhaltbarkeit der Ansicht von einer direkten magnetischen Einwirkung der Sonne auf unsere Erde von selbst einleuchtet, halten wir es demnach der Wichtigkeit des Gegenstandes wegen für zweckdienlich auch in eine Widerlegung der Gründe einzugehen, mit denen in neuester Zeit Prof. Odstrčil (Sitzungsb. d. k. k. Academie d. Wissensch. LXIX Bd. II. Abth.) diese Theorie zu stützen sucht, und die sich auf folgende 2 zurückführen lassen:

1. Spricht für diese Theorie die Uebereinstimmung der Resultate der Beobachtung mit denen des Kalküls. Odstrčil kommt nämlich auf dem Wege einer sehr scharfsinnigen mathematischen Deduction zu denselben Ergebnissen, welche Joh. Müller in seiner kosmischen Physik als auf dem Wege der Beobachtung gewonnen anführt. Die Uebereinstimmung ist für den ersten Augenblick überraschend, doch erblasst sie im Lichte der Logik betrachtet; denn sie beweist nichts mehr als die mathematische Realität dieser Theorie d. h. die abstracte Möglichkeit, nicht aber die physikalische und concrete Wirklichkeit.

Odstrčil scheint selbst die Schwäche dieser Theorie gefühlt zu haben, daher er dieselbe durch äussere Gründe zu halten sucht, indem er als

2. Grund die Analogie mit der Einwirkung des Mondes anführt. Er geht dabei von dem Grundsatz aus, dass die Sonne und der Mond in vieler Beziehung einen ihrer Entfernung proportionalen Einfluss auf unseren Erdball ausüben; da es nun constatirt ist, dass der Mond einen directen magnetischen Einfluss auf unsere Erde ausübe, so sei ein Gleiches auch von der Sonne zu behaupten.

Wir sind weit entfernt einen direkten magnetischen Einfluss des Mondes auf unsere Erde in Abrede stellen zu wollen, denn die Thatsachen sprechen hiefür

zu laut und die Wärmemenge, welche unsere Erde von dem Monde empfängt, ist zu gering, um daraus die vom Monde herrührenden magnetischen Störungen erklären zu können; aber einer analogen magnetischen Einwirkung der Sonne auf unsere Erde können wir trotzdem nicht das Wort reden, denn nach Dr. Kreils Beobachtungen äussert der Mond seinen stärksten Einfluss auf die Declinationsnadel, wenn sich derselbe in der Schwingungsebene der Nadel befindet, und den geringsten zur Zeit der Culmination; bestände nun eine analoge Einwirkung der Sonne, so müsste sie bei ihrem Auf- und Untergange die grössten und bei ihrer Culmination die geringsten Störungen an der Declinationsnadel hervorrufen. Ein Blick auf die 12 Variationcurven der täglichen Declination in den 12 Monaten (Taf. II) belehrt uns aber vom geraden Gegentheil; denn beim Auf- und Untergange ist die Declination immer nahe dem Minimum, bei ihrer Culmination jedoch nahe dem Maximum.

In Anbetracht dieser Thatsachen erscheint die Ansicht von einem directen magnetischen Einfluss der Sonne auf unsere Erde unhaltbar.

3. Gehören die beiden tellurischen Phänomene zu den directen elektrischen Einwirkungen der Sonne?

Es ist wohl an und für sich nicht ungereimt zu behaupten, dass die Sonne von kräftigen elektrischen Störungen umkreist sei, die wie ein Magnetstab in die Ferne wirken und ihre Wirkungen bis zu unserer Erde gelangen lassen; allein dieselben Gründe, welche gegen eine directe magnetische Einwirkung vorgebracht würden, sprechen auch gegen eine directe elektrische; denn wenn elektrische Ströme die Sonne umkreisen würden, so könnte doch in Folge des durch die hohe Temperatur erzeugten grossen Leitungswiderstandes die elektrische Fernwirkungskraft nur eine sehr unbedeutende sein und nicht mehr auf unsere so weit entfernte Erde reichen und wenn es der Fall wäre, so könnte die Einwirkung dieser elektrischen Ströme auf die Declinationsnadel nur dieselbe sein, als sich bei der Annahme einer magnetischen Sonnenmaterie ergibt. Letztere Annahme steht aber mit festbegründeten Thatsachen im vollen Widerspruche; also auch die erstere.

4. Gehören die beiden verschwisterten tellurischen Phänomene zu den thermischen Wirkungen?

Nachdem die Entstehungsursache des Erdmagnetismus und der Polarlichter weder in den optischen noch directen magnetischen oder elektrischen Wirkungen des Sonnenkörpers gefunden werden kann, andererseits aber die Abhängigkeit dieser beiden tellurischen Phänomene von den Vorgängen auf der Sonne ausser allen Zweifel steht, so bleibt uns nur übrig den Entstehungsgrund dieser beiden Erscheinungen in den thermischen Wirkungen der Sonne zu suchen und dieselben als indirecte Wirkungen derselben aufzufassen.

Es ist gegenwärtig die allgemeine Ansicht der hervorragendsten Physiker dass die Sonne, als die Hauptquelle des Lichtes und der Wärme, auf unseren Planeten elektrische Ströme erzeugen und magnetische Kräfte hervorrufen könne; denn die schon frühere Kenntniss thermoelektrischer Erscheinungen in kristallisirten Körpern und in einer Wismuth-Antimon-Kette, sowie Oersted's grosse Entdeckung (1820), nach welcher jeder von der Electricität durchströmte Leiter, während der Dauer des elektrischen Stromes eine bestimmte Einwirkung auf die Magnet-

nadel hat, offenbaren factisch einen innigen Verkehr zwischen Wärme, Electricität und Magnetismus. Auf die Idee solcher Verwandtschaft gestützt, stellte der geistreiche Ampère, der allen Magnetismus electricischen Strömen zuschreibt, die Hypothese auf: dass der Erdmagnetismus durch electricische Ströme erzeugt werde, welche den Planeten von Osten nach Westen umfließen, ja dass die stündlichen Variationen der magnetischen Declination desshalb Folge der mit dem Sonnenstand wechselnden Wärme, als des Erregers der Strömungen, sei.

Diese Ampér'sche Theorie, der wir uns unbedingt anschliessen, mit Gründen zu stützen, wollen wir im Folgenden versuchen.

1. Da die Sonne unsere Erde von Ost nach West umkreist, so muss auch die dadurch erzeugte Erwärmung von Ost nach West erfolgen, mithin auf die hiedurch hervorgerufenen Ströme in derselben Richtung unsere Erde umkreisen. Ein von Ost nach West unsere Erde umkreisender Strom erzeugt aber im terrestrischen Süden einen Nordpol und im terrestrischen Norden einen Südpol, wie es in Wirklichkeit auch der Fall ist; denn das Nordende der Declinationsnadel weist nach dem terrestrischen Norden hin, während das Südende nach dem terrestrischen Süden zeigt; da aber nur ungleichnamige Pole sich anziehen, so beweist diess, dass am terrestrischen Süd der magnetische Nordpol und am terrestrischen Nordpol der magnetische Südpol sich befinden müsse. Durch diesen Einklang der Wirklichkeit mit der Theorie gewinnt letztere nicht wenig zunächst an Wahrscheinlichkeit.

2. Die täglichen Variationen der Lufttemperatur zeigen denselben parallelen Verlauf mit den täglichen Variationen der Declination, wie der blosser Anblick der auf Tafel II verzeichneten beiderseitigen Variationcurven lehrt.

Sowohl die 12 Declinationcurven als auch die 12 Temperaturcurven sind auf Grund der von Dr. Kreil im Jahre 1840 beobachteten Monatsmittel konstruirt. Es darf nicht auffallend erscheinen, dass das Maximum der täglichen Variation der Declination fast durch alle 12 Monate hindurch um 1 Uhr auftritt, während das Maximum der Lufttemperatur zwischen 2 und 3 Uhr fällt; denn wenn die Sonne ihren höchsten Stand erreicht hat, so ist die Temperatur der Erdoberfläche noch keineswegs so hoch gestiegen, dass sie eben so viel Wärme gegen den Himmelsraum ausstrahlen könnte, als sie von den Sonnenstrahlen empfängt, desshalb dauert das Steigen der Temperatur nach Mittag fort und erst nach der Culmination der Sonne tritt ein momentaner Gleichgewichtszustand zwischen Ein- und Ausstrahlung ein, womit das Maximum der Temperatur erreicht ist; übrigens haben wir eine analoge Erscheinung bei den chemischen Wirkungen der Sonnenstrahlen, welche sogar 2 bis 3 Stunden vor der Lufttemperatur ihr Maximum erreichen; denn wie Secchi in seiner „Sonne“ (Bd. II S. 655) durch eine Curvenzeichnung anschaulich nachweist, erreicht die chemische Wirkung der Sonnenstrahlen um 12 Uhr Mittags das Maximum der Intensität.

Der parallele Verlauf der beiderseitigen Variationcurven offenbart sich am deutlichsten bei einer Unterscheidung der Sommer- und Wintermonate; denn so wie die thermischen Curven in den Wintermonaten flacher verlaufen als in den Sommermonaten, so auch die magnetischen; ferner fällt von beiden Curven in den

Sommermonaten ein Minimum gegen 6 Uhr Fröh in den Wintermonaten aber gegen 8 Uhr Fröh.

Sowie die täglichen Variationen zeigen auch die jährlichen von beiden Erscheinungen einen ähnlichen Gang, wie aus nachfolgenden Beobachtungsreihen zu ersehen ist.

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
12jährige Monatsmittel der Temperatur für Prag	-1,5	0,2	2,1	7,2	11,2	14,5	15,5	15°	11,5	8,1	2,8	-0,4
16jährige Monatsmittel der magnetischen Declination in Prag	6,4	6,9	7,6	11,1	11,0	10,7	10,2	11,3	7,4	6,3	6,6	6,6
Mittlere monatl. Temperaturdifferenzen in Prag	1,4	2,8	3,5	6,1	4,6	6,2	5°	4,6	4,8	3,4	2,4	2°

Halten wir die erste und zweite Beobachtungsreihe zusammen, so kann uns die Anomalie nicht entgehen, dass die jährlichen Temperaturvariationen bloss ein Maximum (Juli) aufweisen, während die jährlichen Variationen der Declination zwei (April und August) besitzen. Diese Anomalie findet aber darin ihre Erklärung, dass die mittlere monatliche Declination nicht bloss abhängig ist von der Höhe der monatlichen Temperatur, sondern auch von der monatlichen Temperaturdifferenz; denn die 3. Beobachtungsreihe für die mittleren monatlichen Temperaturdifferenzen enthält ebenfalls 2 Maxima, wovon das im April sogar mit dem der Declination zusammenfällt.

Halten wir daher die Beobachtungsreihe für die Declination gleichzeitig mit den beiden andern auf die Temperatur bezüglichen zusammen, so finden wir uns bemüßiget die Declination als eine Funktion der Temperatur zu erklären; denn es zeigt sich in auffallender Weise beim Eintritt der kälteren Jahreszeit eine Abnahme und bei Wiederkehr der wärmeren Jahreszeit eine Zunahme der Declination.

Wegen des obwaltenden Parallelismus müssen aber dann auch die Polarlichter somit beide tellurische Erscheinungen als Funktionen von der thermischen Activität des Sonnenkörpers betrachtet werden. Da aber das Wärmestrahungsvermögen der Sonne von der Fleckenzahl abhängig ist, so widerstrebt nichts der Annahme, dass der Wechsel im Fleckenbestande der Sonne auf die Erde einen Einfluss übe und daselbst durch Aenderung des Wärmezustandes magnetische und electriche Erscheinungen hervorrufe, vielmehr findet in dieser Annahme der nachgewiesene Parallelismus zwischen Sonnenflecken, Erdmagnetismus und Nordlichtern seine ungezwungene Erklärung.

Diese Aenderungen in der Fleckenhäufigkeit der Sonne können aber nicht als die letzte Ursache der beiden tellurischen Phänomene angesehen werden; sondern im Gegentheile müssen wir in diesen Aenderungen nur die Wirkungen von

einer andern allen 3 Erscheinungen gemeinschaftlicher Ursache erblicken. In Rücksicht auf die Grossartigkeit der Wirkung kann aber die Ursache doch nur eine kosmische sein und wird zunächst in unserem Sonnensystem selbst gesucht werden müssen.

Die Massenanziehung der Himmelskörper ist eine vollkommen gegenseitige. Die Sonne zieht die Planeten an und erhält sie in ihren Bahnen, aber andererseits wirken auch die Planeten, wenn gleich in weit geringerem Grade, anziehend auf den Sonnenkörper. Ist nun die Sonnenhülle oder vielleicht gar die ganze Sonnenmasse im flüssigen oder gasförmigen Zustande (welch Letzteres in Anbetracht der geringen mittleren Dichte 1,46 nicht ungereimt erscheint), dann müssen in Folge der Massenanziehung der Planeten auf der Sonne Erscheinungen auftreten, welche an die Ebbe und Fluth unserer irdischen Gewässer, hervorgebracht durch die Massenanziehung des Mondes, erinnern.

Diese Vermuthung gewinnt um so mehr Raum, wenn wir die Umlaufzeiten der Planeten mit den periodischen Aenderungen auf der Sonnenoberfläche zusammenhalten, da Erstere in den Letzteren sich auf's Schönste reproduciren.

In auffallender Weise findet diese Uebereinstimmung bei dem Planeten Jupiter statt, dessen Umlaufzeit 11,86 Jahre an die 11jährige Periode der Sonnenflecken sehr stark erinnert. Es lag daher sehr nahe die Stellung dieses Planeten gegenüber der Sonne, als nächste Ursache der Veränderungen auf der Sonnenoberfläche, zu untersuchen. Solche Untersuchungen wurden denn auch wirklich von Dr. Wolf und Prof. Fritz angestellt, welch Letzterer bei seinen diessbezüglichen Untersuchungen bald zu der Ueberzeugung gelangte, dass die Umlaufzeit des Planeten Jupiters allein nicht genüge, um uns einerseits die oft bedeutenden Abweichungen von der mittleren Sonnenfleckenperiodenlänge, andererseits die sehr ungleichen Längen dieser Perioden, wodurch die Maxima und Minima auf fast alle Stellungen dieses Planeten in seiner Bahn vertheilt werden, zu erklären; denn nur die Mittelsummen zeigen eine ziemlich regelmässig verlaufende Zahlenreihe mit einem Maximum etwa 90° vom Perihel entfernt.

Dieser Umstand veranlasst uns auch die Wirkung der andern Planeten auf die flüssige Sonnenhülle in Betracht zu ziehen. In Rücksicht ihrer Masse und Entfernung von der Sonne ordnen sich die wichtigsten Planeten in Bezug auf ihre störenden Wirkungen in folgender Weise: Jupiter, Venus, Merkur, Erde, Saturn; da jedoch der eigene Einfluss bei manchen Planeten, der geringen Excentrizität halber, wenig wechselt, so kommen bei denselben wesentlich nur die gegenseitigen Constellationen in Betracht und zwar hauptsächlich die Conjunctionen und Quadraturen. Um aber den Einfluss der verschiedenen Constellationen deutlich hervortreten zu lassen so ist es unumgänglich nothwendig die synodischen Umläufe der genannten Planeten in Betracht zu ziehen, wie es auch in folgender Tabelle geschieht:

	Merkur	Venus	Erde	Jupiter	Jahre
mit Venus	0,396	—	—	—	
„ Erde	0,317	1,598	—	—	„
„ Jupiter	0,246	0,649	1,092	—	„
„ Saturn	0,243	0,628	1,035	19,858	„

Sind nun die Wirkungen der Planeten auf die flüssige Sonnenhülle ähnlich den Wirkungen des Mondes auf den flüssigen Theil unserer Erde, so müssen bei jedem synodischen Umlauf 2 Maxima und 2 Minima entstehen, entsprechend einer 2maligen Fluth und einer 2maligen Ebbe während eines Mondumlaufes von 24 St. 50 M., so dass demnach die Entfernung je 2er Maxima oder 2er Minima der halben synodischen Umlaufszeit gleich kommt.

Wir wollen nun der Reihe nach untersuchen, ob nicht die halbe synodische Umlaufszeit von 2 der genannten Planeten in dem periodischen Wechsel des Fleckenbestandes auf der Sonne wieder zu finden sei.

1. *Merkur — Venus.* Wenn wir die kleinen Maxima von 1844 VII 30; X 31; 1845 VIII 12; 1846 VI 10; VIII 24; XI 13; 1847 I 21; 1850 I 26; VI 11; X 22; 1851 I 7; 1852 IV 7; X 22, 1854 IV 10; 1857 V 7; X 11; XII 15; 1859 II 10; XII 12 u. s. w. in das Auge fassen, finden wir Periodenlängen von durchschnittlich 0,198 J., den Quadraturen von Merkur und Venus entsprechend, indem die angeführten Zeitabschnitte sich in 78 kleinere zu 0,198 Jahren theilen, welche alle sehr nahe den angeführten Epochen entsprechen.

2. *Merkur — Erde und Merkur — Jupiter.* Für die Perioden Merkur—Erde von 0,158 J. und Merkur—Jupiter von 0,123 J. oder nahe $45\frac{1}{4}$ Tagen lassen sich ebenfalls Fleckenvermehrungen nachweisen; jedoch müssen alle diese rasch aufeinander folgenden Einflüsse auf den Fleckenstand sich in länger andauernden oder kräftiger ausgeprägten Einflüssen verstecken. So z. B. ergibt sich in Bezug auf die Jupiterbahn in 90° vom Perihel ein Maximum der Flecken. Da nun kein Planet eine so starke excentrische Bahn durchläuft als Merkur, dessen Perihel in 75° liegt (das des Jupiters in 12°), so dürfte wahrscheinlich das Uebergewicht für diesen Theil der Jupiterbahn diesem zwar kleinen, aber durch die Sonnennähe, namentlich im Perihel, einflussreichen Planeten zuzuschreiben sein.

3. *Venus — Erde.* Den so eben angeführten sehr rasch verlaufenden Wechsell schliessen sich, wenn auch weniger entschieden, die durch die Constellation von Venus und Erde hervorgerufenen Einflüsse innerhalb einer längeren Periode von 0,799 J. an. Gehen wir z. B. von den Quadraturen der Venus mit Erde im März 1848 aus, so treffen wir regelmässig auf meistens geringere Fleckenvermehrungen; so 1848 III; 49 I, X; 50 VIII; 51 V; 52 III, XII; 53 IX; 54 VII; 55 V; 56 II, XI; 57 X; 58 VII; 59 III; 60 II, XII; 61 XI; 62 VII; 63 V; 64 III; 65 I, X; 66 VIII, 67 V; 68 III; 69 I. Diese Perioden entsprechen genau 26 Quadraturen der in Frage stehenden Planeten.

4. *Venus — Jupiter.* Heben wir aus den Wolf'schen Relativzahlentabellen einige scharf ausgeprägte kleinere Maxima heraus, so erhalten wir folgende Tabelle:

Fleckenmaxima	Zwischenzeit in Jahren	Kleinere Periode
1828, 468 (VII. 20)	— 0,827 =	3.0,278
29, 295 (IV. 4)	— 0,987 =	3.0,329
30, 282 (IV. 13)	— 0,844 =	3.0,281
31, 126 (II. 5)	— 1,024 =	3.0,341
32, 150 (II. 24)	— 4,872 =	15.0,325
37, 022 (I. 8)	— 10,758 =	33.0,326
47, 770 (X. 8)	— 1,285 =	4.0,326

Fleckenmaxima	Zwischenzeit in Jahren	Kleinere Periode
49, 055 (I. 20)	— 1,616 =	5.0,324
50, 671 (IX. 12)	— 9,118 =	28.0,326
59, 789 (X. 14)	— 4,825 =	15.0,322
64, 614 (VIII. 12)	— 1,515 =	5.0,303
66, 129 (II. 15)	— 3,494 =	10.0,349
1869, 623 (VIII. 14)		
Summe:		127.0,324

Diese kleinern Perioden sind nahezu die Hälften der oben angeführten synodischen Umlaufszeit von Venus und Jupiter; denn das Mittel ist nahezu die Hälfte von 0,649.

5. *Erde — Jupiter.* Die Fleckenzahlen—Erhebungen folgen regelmässig für die Quadraturen von Erde und Jupiter in Perioden von 0,546 J., wenn z. B. von 1849 XI ausgangen wird. Diese Zahl 0,546 ist aber genau die Hälfte von der synodischen Umlaufszeit dieser beiden Planeten (1,092).

6. *Jupiter — Saturn.* Um den Einfluss der Constellation dieser 2 größten Planeten auf die flüssige Sonnenhülle zu erforschen, stellen wir die Wolf'schen 11 $\frac{1}{9}$ jährigen Perioden mit den Jahren der Quadraturen und Conjunctionen der Planeten Jupiter und Saturn nebst der Differenz der je zu Paaren gegenüberstehenden Jahreszahlen in folgender Tabelle zusammen:

Maxima nach Wolf	Quadraturen von Jupiter und Saturn	Differenzen beider Reihen	Minima nach Wolf	Conjunctionen v. Jupiter und Saturn	Differenzen beid. Reihen.
1616	1619	+ 3	1611	1614	+ 3
1626	1629	+ 3	1619	1623	+ 4
1640	1638	— 2	1634	1633	— 1
1649	1648	— 1	1645	1643	— 2
1660	1658	— 2	1155	1653	— 2
—	1668	—	1666	1663	— 3
1675	1678	+ 3	—	1673	—
1685	1688	+ 3	1680	1683	+ 3
1693	1698	+ 5	1690	1693	+ 3
1706	1708	+ 2	1698	1703	+ 5
1718	1718	0	1712	1713	+ 1
1728	1728	0	1724	1723	— 1
1739	1738	— 1	1734	1733	— 1
1750	1748	— 2	1745	1743	— 2
1762	1758	— 4	1756	1753	— 3
1770	1768	— 2	1767	1763	— 4
1780	1777	— 3	1776	1773	— 3
1788	1787	— 1	1785	1782	— 3
—	1797	—	—	1792	—
1804	1807	+ 3	1799	1802	+ 3
1817	1817	0	1811	1812	+ 1
1830	1827	— 3	1823	1822	— 1
1837	1837	0	1834	1832	— 2
1849	1847	— 2	1844	1842	— 2
1860	1857	— 3	1856	1852	— 4
			1857	1862	— 5

Diese Tabelle lehrt:

1. dass zeitweise die Maxima der Sonnenfleckperioden genau oder sehr nahe mit den Quadraturen der Planeten Jupiter und Saturn zusammenfallen; entsprechend treffen die Minima mit den Conjunctionen zusammen;

2. dass, wenn man die relativen Grössen der Maxima berücksichtigt, die Differenzen in jenen Perioden am kleinsten sind, in welchen der Fleckenreichtum auf der Sonne am grössten und die Polarlichter auf der Erde am häufigsten und schönsten sich entwickeln; so in den Jahren 1638, 1648, 1718, 1727, 1738, 1837, 1848.
3. dass mit den Quadraturen von 1668 und 1797, welchen den Beobachtungen nach keine Maxima entsprechen, die beiden grössten Perioden 1660—1675 und 1789—1804 zusammenfallen.

Aehnliches trifft für die Minima zu; ja selbst die ältesten von Chinesen und Römern gemachten Beobachtungen von besondern Veränderungen an der Sonnenoberfläche entsprechen häufig den besprochenen Planetenconstellationen.

Endlich hat H. Fritz durch genaue Untersuchung seines in den letzten Jahren noch bedeutend vervollständigten Nordlichtkataloges nachgewiesen, dass ganze Serien von den Nordlichterscheinungen in obiger Weise wie die Sonnenflecken den Quadraturen des Jupiters und Saturns entsprechen, so namentlich 397, 454, 556, 577, 616, 675, 775, 874, 904, 924, 993, 1013, 1102, 1191, 1271, 1351, 1460, 1519, 1528, 1725, 1837.

Nach dem Gesagten scheinen die Planetenstellungen von Jupiter und Saturn vor allen andern einen wesentlichen Einfluss auf die an der flüssigen Sonnenhülle beobachteten Störungen zu haben.

Werden aber die Störungen auf der flüssigen Sonnenhülle nach Art unserer Ebbe und Fluth durch planetarische Einwirkung hervorgerufen, so müssen dieselben auch stets an diametral entgegengesetzten Stellen der Sonnenoberfläche gleichzeitig auftreten. Es lässt sich in der That das gleichzeitige Auftreten der Sonnen-Protuberanzen, welche der Entstehung von Flecken vorangehen, an diametral entgegengesetzten Stellen nachweisen.

Wir wählen zu dieser Nachweise die negative Photographie der Corona, welche Lord Lindsay durch seinen Astronomen Davis bei der totalen Sonnenfinsterniss am 12. Dezember 1871 in Indien anfertigen liess, weil sich dieselbe vor Andern durch Feinheit des Details auszeichnet. Taf. I enthält eine Zeichnung hievon. Die Chromosphäre erscheint dem negativen Bilde der Photographie entsprechend schwarz, die Protuberanzen schraffirt gezeichnet und die vom Mond bedeckte Sonnenscheibe weiss.

Der Sonnenrand zeigt auf diesem Bilde 7 grössere Gruppen von Protuberanzen.

1. Gruppe A zwischen 359° und 11° . Der Gruppe A diametral gegenüber findet sich die Gruppe B; denn dieselbe liegt zwischen 182° und 187° ; der mittlere Abstand der beiden Gruppen A und B beträgt also 178° , 5. Es können somit die beiden Gruppen A und B in Anbetracht ihrer Längenausdehnung immerhin als diametral gegenüber liegend angesehen werden.

2. Gruppe C von 67° — 85° . Dieser Gruppe fast diametral gegenüber liegt die Gruppe D von 235° — 243° . Der mittlere Abstand der beiden Gruppen, beträgt also 163° . Mit Eiubeziehung der kleineren Gruppe d zur Gruppe D kommen jedoch auch hier die beiden Gruppen diametral einander gegenüber zu liegen.

3. *Gruppe E* von 100° — 107° . Ihr diametral gegenüber liegt die Gruppe *F* von 281° — 289° . Der mittlere Abstand der beiden Gruppen beträgt also $181,5^{\circ}$; es liegen somit auch hier die beiden Gruppen diametral gegenüber; denn die Differenz von $1,5^{\circ}$ ist noch immer klein genug, um zu den Beobachtungsfehlern gerechnet zu werden.

4. *Die Gruppe G* von 130° — 135° . An der diametral gegenüberliegenden Stelle ($312^{\circ},5$) findet sich wohl keine ausgebildete Protuberanz auf der negativen Photographie; aber es zeigt das Bild, daselbst dichte Lichtbündel, welche von der Sonnenoberfläche emporsteigen, sowie fadenartige Flämchen, sogenannte Büschelprotuberanzen und eine auffallende locale Anschwellung der Chromosphäre, Erscheinungen, welche die Basis oder den letzten Rest der heftigen Eruptionsmassen, welche von der Sonne ausgeworfen werden, bilden.

Solche Anomalien dürfen uns übrigens nicht beirren, denn wenn die an diametralen Stellen auftretenden Protuberanzen nicht eine bedeutende Höhe haben, so werden die Randstrahlen der zu oberst befindlichen nicht mehr in die Camera des photographischen Apparates gelangen können.

Für das gleichzeitige Auftreten der Protuberanzen an diametral entgegengesetzten Punkten der Sonnenoberfläche scheint uns übrigens auch die ziemlich genaue Uebereinstimmung zwischen den Summen der am Ost- und Westrande der Sonnenscheibe gleichzeitig während einer halben synodischen Rotation beobachteten Protuberanzen zu sprechen. Nach einer von Secchi*) in 3 synodischen Rotationen (vom 23. April bis zum 17. Juli 1871) zusammengestellten Protuberanzentabelle beträgt die Summe der Flecken

in der	I. Rotation	{	am Ostrande	179
			am Westrande	178
in der	II. Rotation	{	am Ostrande	196
			am Westrande	194
in der	III. Rotation	{	am Ostrande	195
			am Westrande	194.

Auf Grund dieser Untersuchungen scheint uns die Ansicht, welche als letzte Ursache von der Entstehung der Sonnenflecken und hiemit auch der beiden von den Sonnenflecken abhängigen tellurischen Phänomene die Massenanziehung der Planeten auf die flüssige Sonnenhülle annimmt, mehr als wahrscheinlich zu sein.

Wenn wir aber dieser Hypothese, welche den Grund der Fleckenbildung in den Wirkungen der Planeten sucht, das Wort reden, so können wir doch nie der Ansicht beipflichten, welche einen *directen* Einfluss der Planeten auf die Erscheinungen an der Sonne annimmt, so dass die Fleckenbildung eine *unmittelbare* Folge von der Anziehungskraft der Planeten wäre; denn die Wirkungen der Planeten müssen sich nach der Natur ihrer Bewegung viel gleichmässiger und fast kontinuierlich äussern und können unmöglich die zahlreichen Erscheinungen der *plötzlichen* Fleckenausbrüche oder der Fleckensprünge erklären. Wir sind vielmehr mit Secchi der Ansicht, dass die nächste Ursache der Fleckenerscheinungen

*) Secchi's „Sonne“ II. Bd. S. 521 Tab. A.

in den zahlreichen physischen und chemischen Kräften des Sonneninnern zu suchen ist; die astronomischen Constellationen der Planeten aber bereiten die Wirkungen jener Sonnenkräfte durer periodisches Heben und Senken der flüssigen Sonnenhülle vor und unterstützen dann dieselben.

III. Erklärungsversuch des Polarlichtes.

Was sind die hellen Bogen, die aufgewölbt
Von Strahlen, die zum Scheitel steigen,
Bald Wellen und bald Flammen gleichen,
Durchdrungen und durchschnitten?

Mit dieser Frage tritt 1750 der Verfasser „Nützlicher Sammlungen zur Natur und Kunstgeschichte“ Pastor G. an die Wissenschaft heran Antwort verlangend.

Hören wir die Antwort, welche nach 123 Jahren der Nordpolfahrer Schiffslieutenant Weyprecht überwältigt durch den grossartigen Eindruck dieses „nordischen Feuerwerkes“ am Entstehungsherde desselben im Namen der Wissenschaft gibt: „Das war das Nordlicht in seiner Pracht. Keine Farbe und kein Pinsel vermögen es zu malen, keine Worte vermögen es in seiner Grossartigkeit zu schildern. Und da unten stehen wir arme Menschlein und reden von Wissenschaft und Fortschritt und bilden uns etwas ein auf unsern Verstand, mit dem wir der Natur die Geheimnisse ablauschen; da stehen wir und schauen hinauf zu dem Räthsel, das die Natur da oben mit flammenden Letter auf den dunkeln Nachthimmel geschrieben hat und können nur staunen und gestehen, *dass wir im Grunde nichts wissen.*“

Und so ist es auch in der That. Die Natur und die Ursache des Polarlichtes ist bis heute der Wissenschaft ein ungelöstes Räthsel; denn Muthmassungen und zahlreiche, theilweise geistreiche Hypothesen, wie für keine andere Erscheinung aufgestellt, vermögen wohl mehr oder weniger *Einzelheiten* des glanzvollen Phänomens zu erklären; keine aber — selbst nicht durch kühnste Aufeinanderhäufung von Hypothesen — genügt bis jetzt zur Erklärung der *Gesammterscheinung*. Auch der Nordpolfahrer Julius Payer schreibt in seinem Berichte über „die österreichisch-ungarische Nordpolexpedition im J. 1873“, dass er keine der bisher aufgestellten Theorien mit dem sichtbaren Eindruck völlig in Einklang bringen konnte; besonders unerklärbar war ihm jenes Wallen und geballte Fortwälzen der Lichtwellen, gleich einer sturmbewegten Rauchsäule.

Die Ursache aber, warum keine der bisher aufgestellten Hypothesen zur Enträthselung dieser feurigen Himmelsgluth führte, liegt in dem Mangel von *gründlicher Beobachtung und wissenschaftlicher Erforschung der Gesetzmässigkeit dieser geheimnissvollen Erscheinung*. Bevor man einen Erklärungsversuch anstellt, muss eine streng wissenschaftliche Grundlage geschaffen werden, sonst hat die neue Theorie das Schicksal eines auf Sand aufgeführten Gebäudes, das beim ersten Windstoss in sich zusammen fällt.

Wir wagen es daher erst jetzt in einen Erklärungsversuch dieses räthselhaften Phänomens einzugehen, nachdem wir im 1. und 2. Theile unserer Abhand-

lung ein breites nicht wankendes, weil auf langjähriger Beobachtung gegründetes, Fundament hiezu gelegt haben.

Mit der Sicherstellung des 3fachen Parallelismus zwischen Sonnenflecken, Erdmagnetismus und Nordlichtern ist auch die Abhängigkeit der beiden letzten tellurischen Phänomene von der Sonne und zwar, wie wir eingehend bewiesen haben, von ihren thermischen Wirkungen ausser Zweifel gestellt, und hiemit der „ruhende Pol in der Erscheinung Flucht gefunden.“ Erzeugen aber die thermischen Wirkungen der Sonne die Variationen des Erdmagnetismus, so können sie diess nach physikalischen Gesetzen nur durch die in Folge der Temperatur-Differenz geweckten thermo-elektrischen Ströme, welche unsere Erde von Ost nach West umkreisen und dieselbe zu einem Thermoelektromagnet machen, dessen magnetische Constante ebenso immerwährenden grösseren und kleineren Aenderungen in der Intensität unterworfen ist, wie die durch den beständigen Temperaturwechsel bedingten thermoelektrischen Ströme, welche den Erdmagnetismus erzeugen.

Jede Aenderung der magnetischen Constanten inducirt aber einen elektrischen Strom zwischen den beiden magnetischen Erdpolen, die einerseits durch die Erdrinde, andererseits durch die unteren feuchten, weil an den Polen mit Wasserdämpfen stets gesättigten, und die oberen sehr verdünnten Luftschichten in gut leitender Verbindung stehen. Aehnlich wie in Geisslerischen Röhren versetzt dieser elektrische Strom bei seinem Durchgang die höheren verdünnten Luftschichten in glühenden Zustand, wodurch jene nächtliche Himmelsgluth entsteht, die wir, weil sie besonders intensiv an den beiden magnetischen Erdpolen auftritt, mit dem Namen Polarlicht bezeichnen.

Um jeden Zweifel an dem Auftreten eines elektrischen Stromes zwischen den in leitender Verbindung stehenden Polen eines Magnetes bei Aenderung seiner magnetischen Constanten zu beheben, haben wir nicht unterlassen durch wiederholte Experimente uns volle Gewissheit davon zu verschaffen. Ein Elektromagnet wurde mit einer Batterie von 12 Grove'schen Elementen so in Verbindung gebracht, dass nach Belieben mittelst eines Telegrafentasters 6 Elemente davon aus- oder einschaltet werden konnten. Jede durch Ein- oder Ausschalten der 6 Elemente herbeigeführte Aenderung in der Stromstärke, musste gleichfalls die magnetische Constante des Elektromagnetes verändern. Der in Folge dieser Aenderung der magnetischen Constanten zwischen den beiden Polen des Elektromagnetes auftretende elektrische Strom und dessen Richtung wurden durch einen Multiplicator angezeigt, der in einigen Metern Entfernung aufgestellt mit den Polen des Elektromagnetes in Verbindung stand. Nachdem der Multiplicator richtig eingestellt war, wurden die 12 Elemente eingeschaltet. Da die Nadel nicht die geringste Ablenkung zeigte, so war eine *unmittelbare* Einwirkung des Elektromagnetes auf dieselbe ausgeschlossen. Nachdem durch einen Druck auf den Taster 6 Elemente ausgeschaltet wurden, begann jedoch die Multiplicatornadel alsogleich in grossen Bögen zu schwingen, die oft 40° — 50° betrug. Einen überraschenden Eindruck rief das Wiedereinschalten der 6 Elemente hervor. Die Nadel blieb auf halben Wege stehen und schlug in ihren Schwingungen die entgegengesetzte Richtung ein.

Bei Beobachtung dieser eigenthümlichen Oscillationen der Magnetennadel wurden wir lebhaft an die Beschreibung einer magnetischen Störung erinnert, wie

solche Dr. Kreil in Prag zur Zeit eines Nordlichtes zu beobachten so vielfach Gelegenheit hatte und wovon er uns in dem astronom. meteorolog. Jahrbuch 1844 S. 72 folgende Schilderung entwirft: „Diese Erscheinung (magnet. Störung) tritt oft so schnell und so plötzlich ein, dass die Nadel, welche bis zu diesem Augenblick sich gar nicht oder nur langsam bewegte, plötzlich in einen grossen Bogen zu schwingen anfängt, oder gleichsam als hätte jemand daran gestossen auf halben Wege stehen bleibt und eine ganz entgegengesetzte Richtung einschlägt.“

Die Entstehung der Polarlichter hat man sich nach dieser Theorie folgender Massen zu denken: Durch entsprechende Planetenkonstellationen werden Perturbationen auf der flüssigen Sonnenhülle erzeugt, welche an unsere terrestrische Ebbe und Fluth erinnern und in den Sonnenprotuberanzen und Sonnenflecken sich uns offenbaren. Die Veränderungen auf der Sonnenoberfläche rufen wieder Aenderungen der magnetischen Constanten des Erdmagnetismus hervor, wodurch zwischen den beiden magnetischen Erdpolen ein Strom inducirt wird, der bei seinem Durchgang in den obern Regionen die verdünnten Gase der Luft zum Glühen bringt, so dass sie selbstleuchtend werden.

Die letzte Entstehungsursache des Polarlichtes ist hiernach in kosmischen Vorgängen zu suchen, wie es schon die Grossartigkeit und der periodische Wechsel der Erscheinung erfordern.

Abgesehen von der festen Grundlage, auf welche diese Theorie gebaut ist, spricht für ihre grosse Wahrscheinlichkeit auch der Umstand, dass sich die selbe in bester Uebereinstimmung mit andern über das Polarlicht als zuverlässig constatirten empirischen Kenntnissen befindet. Zu diesen aber zählen wir:

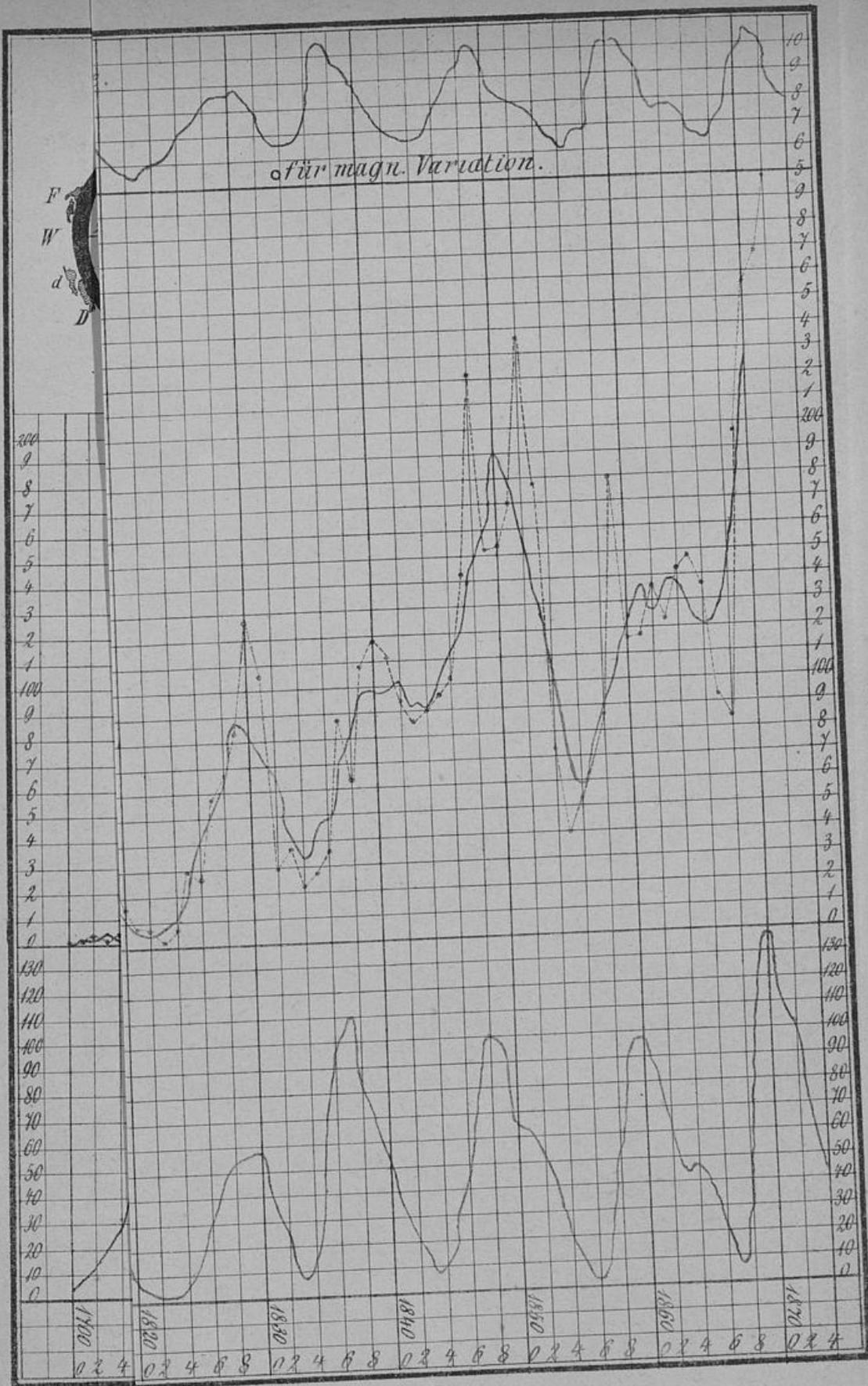
1. *Die electricische Natur des Polarlichtes*, welche theils durch spectroscopische und polariscopische Untersuchungen, theils durch directe Beobachtungen von Venablés in Labrador mittelst mit schwefelsaurem Chinin präparirten Papier sicher gestellt ist.

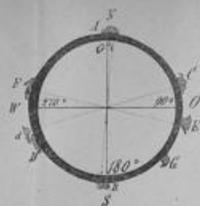
2. *Die Intensitätsverminderung der magnetischen Constanten bei Polarlichtern*, welche nach den Berichten des J. Payer in den Polargegenden während der Polarlichter oft sehr beträchtlich ist.

3. *Die vollkommene Aehnlichkeit und Gleichzeitigkeit der Nord- und Südlichter*; denn sowie die Südlichter gleichzeitig mit den Nordlichter auftreten zeigen sie auch dieselben 2 Arten von Spektren, je nach dem man das Spectroscop auf den rothen oder grünen Antheil richtet.

4. *Das Auftreten der Polarlichter innerhalb unserer Erdatmosphäre*, was ihre oft geringe Höhe des Entwicklungsherdes, noch mehr aber ihre Theilnahme an der Erdrotation beweist.

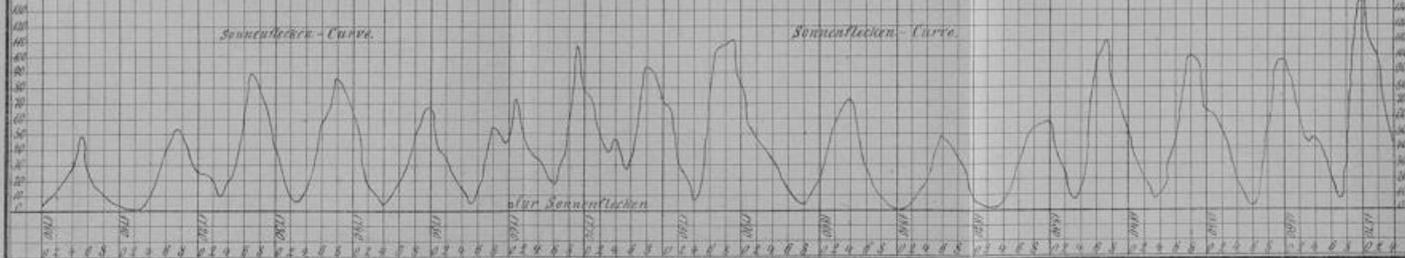
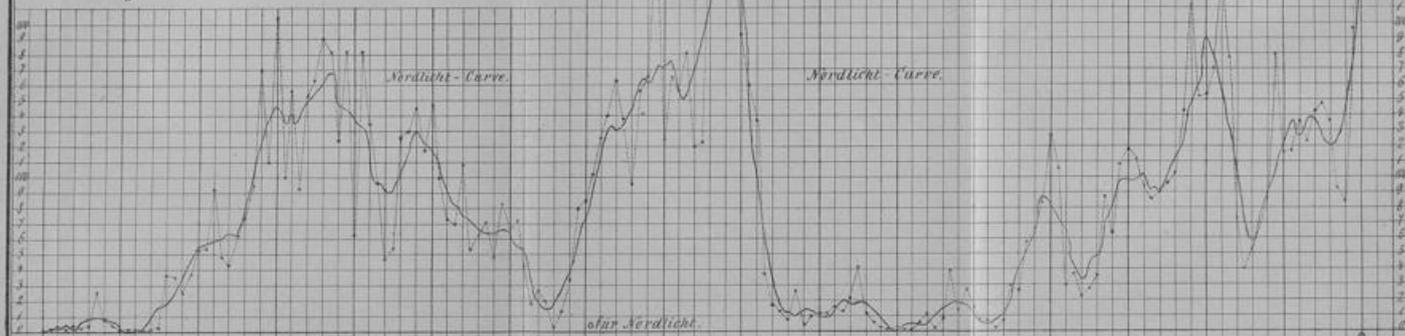
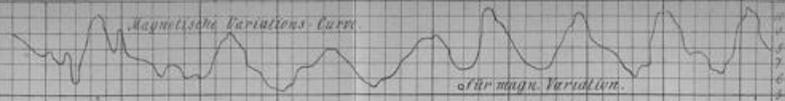
Auf Grund dieser feststehenden Thatsachen kann das Polarlicht nur als eine electricische unserer Erdatmosphäre angehörige Erscheinung betrachtet werden, welche mit dem Erdmagnetismus in engstem Zusammenhange steht und gleichzeitig und in gleicher Weise an den beiden magnetischen Erdpolen auftritt, womit die aus der aufgestellten Polarlicht-Theorie fliessenden Folgerungen im schönsten Einklange stehen.



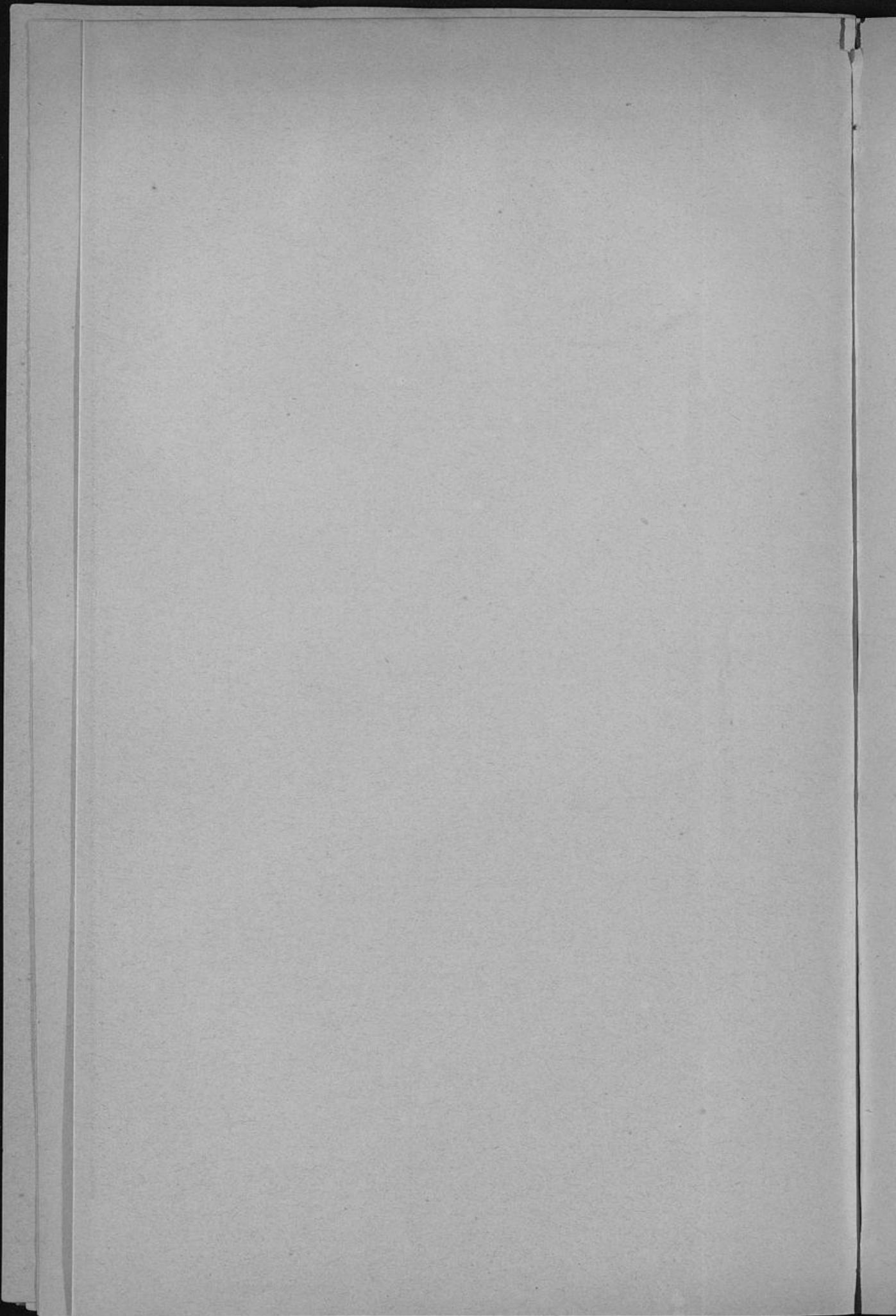


Corona der Sonne

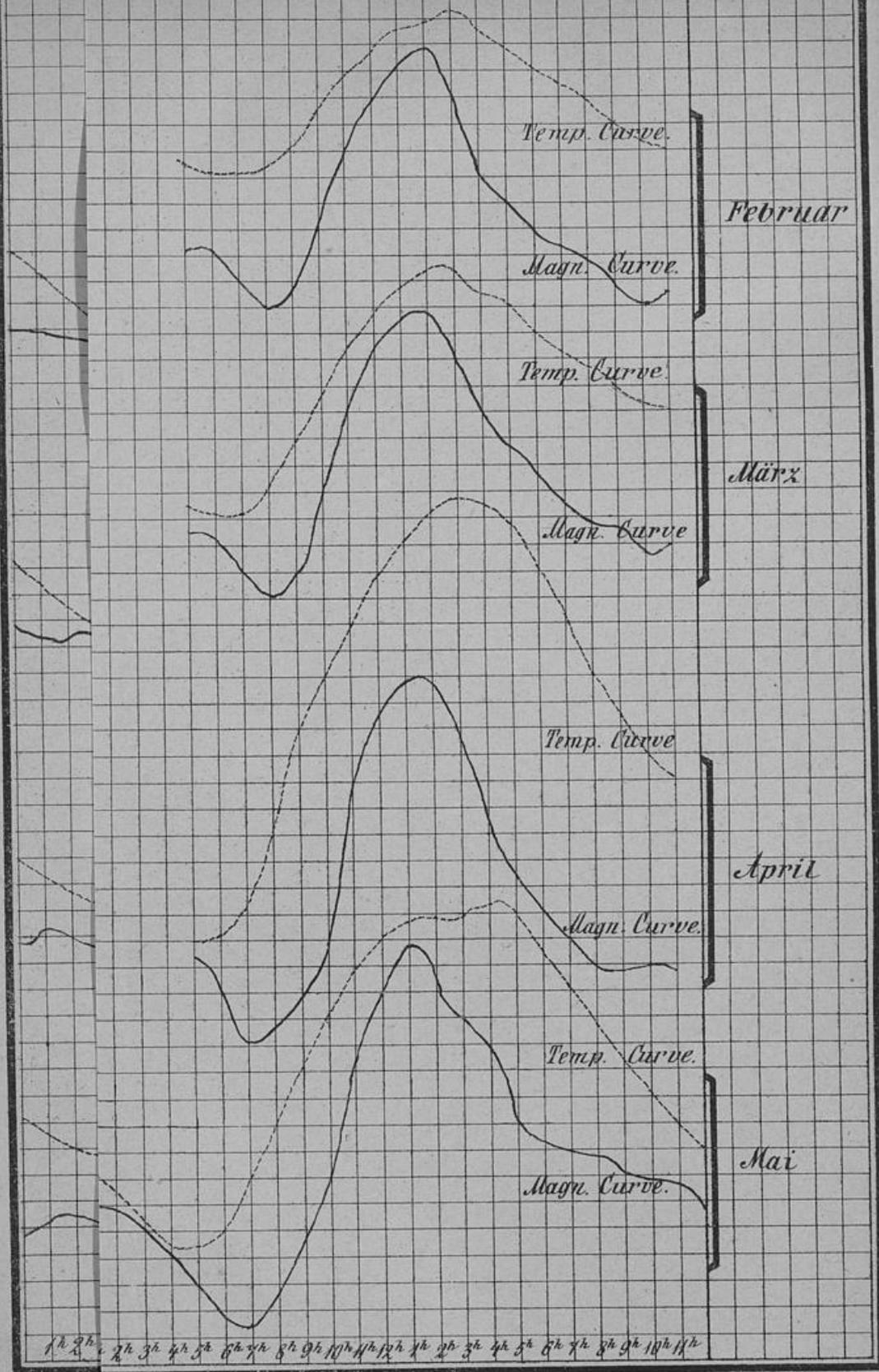
nach der von Astronomen Davis bei der totalen Finsternis am 12. December 1871 in Bekul (Indien) aufgenommenen negativen Photographie.



1870 1871 1872 1873 1874



14^h 15^h 16^h 17^h 18^h 19^h 20^h 21^h 22^h 23^h 24^h 25^h 26^h 27^h 28^h 29^h 30^h 31^h 1^h 2^h 3^h 4^h 5^h 6^h 7^h 8^h 9^h 10^h 11^h



1^h 2^h 3^h 4^h 5^h 6^h 7^h 8^h 9^h 10^h 11^h 12^h 13^h 14^h 15^h 16^h 17^h 18^h 19^h 20^h 21^h 22^h 23^h 24^h 25^h 26^h 27^h 28^h 29^h 30^h 31^h

