**2. Die Höhe des Nordlichts
vermitteltst parallaktischer Aufnahmen an dem
Halde-Observatorium;
von L. Vegard und O. Krogness.**

Das Halde-Observatorium, das auf Initiative von Professor Kr. Birkeland in den Jahren 1911—13 gebaut wurde, liegt auf der Haldespitze im nördlichen Norwegen, 904 m über dem Meere.

Die Untersuchung des Nordlichts bildet eine der wichtigsten Aufgaben des Observatoriums. In den bis jetzt verlaufenen Jahren hat es in dieser Richtung besonders die Aufgabe verfolgt, ein ausgedehntes Material zur Bestimmung der Lage des Nordlichts im Raume zu verschaffen.

Die Entwicklung der Photographie und vor allem die Herstellung sehr empfindlicher Platten hat uns ein wertvolles Mittel in der Nordlichtforschung gegeben.

Mit Hilfe sehr empfindlicher Platten und lichtstarker Kinematographlinsen konnte Störmer¹⁾ im Jahre 1910 die Expositionszeit bis unter eine Sekunde herabsetzen. Wenn man dasselbe Nordlicht gleichzeitig von zwei Stationen photographiert, kann man, wie Störmer gezeigt hat, aus der verschiedenen Lage der beiden Bilder relativ zu den Sternen die Höhe irgendeines identifizierbaren Punktes des Nordlichts bestimmen. Dies photographische Verfahren ist auch an dem Halde-Observatorium in Anwendung gebracht.

Zuerst haben wir zusammen im Jahre 1912—13 Aufnahmen gemacht, deren Ergebnisse in Christiania Vid. selsk. Skr. 1914 schon erschienen sind. Wir bekamen unter anderem eine durchschnittliche Höhe von 111,5 km.

Seitdem ist es dem Halde-Observatorium unter der Leitung von Krogness gelungen, im Laufe der Jahre 1913

1) C. Störmer, Vid. selsk. Skr. Nr. 17. 1911. Christiania.

bis 1914 ein sehr bedeutendes Material von mehr als 400 guten parallaktischen Aufnahmen zu sammeln.

Die Bearbeitung ist unter der Leitung von Vegard an dem physikalischen Institut in Christiania vorgenommen.

Die Berechnungen betreffs des größten Teiles dieses Materials aus den Jahren 1913—14 im ganzen 415 guten Doppelaufnahmen sind jetzt abgeschlossen; etwa 200 parallaktische Bilder von dieser Periode sind noch nicht bearbeitet.

Die Ergebnisse mit Einzelheiten betreffs der Observationen und mit Reproduktionen der Nordlichtaufnahmen werden bald in einem ausführlicheren Werke erscheinen.

Wir beabsichtigen jetzt nur ganz kurz einige, wie wir glauben, ganz bedeutungsvolle statistische Resultate mitzuteilen.

Die erwähnte photographische Methode fordert zwei Stationen mit Telephonverbindung. Die zu verschiedenen Zeiten verwendeten Stationen, die Länge und Richtung der Basislinien und die Anzahl der an jedem Orte wohlgelungenen parallaktischen Aufnahmen sind in Tab. I gegeben.

Tabelle I.

Station	Richtung	Basis- linie km	Zeitintervall für Observationen	Anzahl der Auf- nahmen
Haldde-Öxfjord- Alteidet	H.-Ö. NW H.-A. WNW	39,8 33,3	} 7. II. 1913	5
Haldde-Elvebakken	ONO	17,2		
Haldde-Gargia	SO	26,3	2. III. 1914	4
Haldde-Bossekop	ONO	12,5	14.—24. III. 1914	260
			1. IV.—26. XI. 1914	146

Bei der Berechnung dieser großen Zahl von Platten, wovon jede eine ganz erhebliche Arbeit erfordert, sind wir ganz systematisch verfahren, und um die Rechnung zu vereinfachen, haben wir die Zahlenrechnungen größtenteils durch einfache graphische oder graphisch-mechanische Methoden ersetzen können. Bis jetzt haben wir die Lage von 2487 Nordlichtpunkten bestimmt.

Bei der statistischen Behandlung dieser Wertmengen haben wir die folgenden sechs Nordlichttypen untersucht: 1. diffuse Bogen, 2. draperieförmige Bogen, 3. Draperien, 4. Strahlen, 5. pulsierende Lichtflächen, 6. geteilte Bänder.

Was nun zuerst interessiert, sind die oberen und unteren Grenzen des Nordlichts, und dazu kommt noch die Richtung der Strahlen bei den verschiedenen Formen, die Lichtverteilung und viele andere Einzelheiten. Jetzt wollen wir uns mit den beiden Grenzwerten beschäftigen.

Die obere Grenze schwankt zwischen 100–330 km; sie ist jedoch gewöhnlich sehr unscharf, und da die photographische Schwärzung schneller aufhört als das Leuchten selbst, wird gewöhnlich die photographische Methode zu geringe Werte geben. Die für einige der häufigsten Formen gefundenen Mittelwerte der oberen Grenze sind in Tab. II zusammengestellt.

Tabelle II.
Obere Grenze des Nordlichts.

Form	Anzahl	Höhe
Diffuse Bogen	57	144,5 km
Draperieförmige Bogen	189	174,3 „
Draperien	214	174,8 „
Strahlen	46	240,3 „
Mittel von:	506	177,0 km

Die Bogen geben die geringste, die Strahlen die höchste obere Grenze.

Die untere Grenze ist im Gegensatz zu der oberen gewöhnlich außerordentlich scharf und läßt sich mit großer Genauigkeit und ohne systematische Fehler bestimmen. Der Fehler kann unter den günstigsten Umständen bis unter 1 Proz. heruntergedrückt werden. Die Genauigkeit ist jedoch von mehreren Umständen, wie Schärfe und Lage des Nordlichts, abhängig, und der Fehler kann unter Umständen sicher 10 Proz. überschreiten.

Für die untere Grenze besitzen wir im ganzen 1920 Höhenmessungen, und wir haben ein genügendes Material für eine nähere Untersuchung über die Verteilung der verschiedenen Nordlichtformen auf die verschiedenen Höhen.

Für diesen Zweck sind wir folgendermaßen verfahren:

Das ganze Höhengebiet ist in gleiche Teilintervalle geteilt und man hat für jede Nordlichtform die Anzahl von Fällen, wo die untere Grenze des Nordlichts innerhalb jedes Intervalls fällt, aufgezählt. Die Resultate sind in Tab. III gegeben.

Tabelle III.
Untere Grenze des Nordlichts.

Höhen- intervalle km	Diffuse Bogen	Draperieför- mige Bogen	Draperien	Strahlen	Geteilte Bänder	Pulsierende Flächen	Gesamtzahl (Halde- Gargia)	Gesamtzahl (Halde- Bossekop)	Gesamtzahl
85—87	2	5					7		7
87—89	5	5	7		2		8	11	19
89—91	5	15	5		1		16	10	26
91—93	4	22	10		2	1	21	17	38
93—95	9	26	14		1	2	33	18	51
95—97	15	52	17		2	2	61	27	88
97—99	10	73	25		3	3	69	44	113
99—101	24	132	45	1	4	7	131	78	209
101—103	17	71	25			6	76	44	120
103—105	23	77	32		3	5	100	41	144
105—107	44	115	44	2	4	1	151	63	214
107—109	35	81	25	6		4	108	40	148
109—111	30	61	20	10	5	2	96	34	130
111—113	27	55	20	4		1	68	40	108
113—115	17	60	12	3			60	33	93
115—117	17	40	14	4			45	30	75
117—119	11	23	15	5	1		35	20	55
119—121	15	18	9	6	1		31	18	49
121—123	13	15	9	2	1		29	11	40
123—125	11	25	7	2			26	19	45
125—127	5	9	5	3			13	9	22
127—129	4	6	5	1			11	5	16
129—131	5	8	1		3		11	7	18
131—133	4	6	2				5	8	13
133—135	2	6	4	1	1		5	8	13
135—137	2	3	1				3	4	7
137—139	3	3	6	1	1		6	7	13
139—141	2	1	5		3		9	2	11
141—143		1	3				3	3	6
143—145			3		1		2	2	4
145—147			2				1	1	2
147—149		2	4		1		3	4	7
149—151			3		1		2	2	4
151—153		1	2		1		2	2	4
153—155			3		1		2	2	4
155—157			1					1	1
157—159									
159—161									
161—163			2				1	1	2
163—165									
165—167			4				3	1	4
Anzahl	361	1017	414	51	43	34	1253	667	1920
Mittlere Höhe in km	109,4	106,5	110,2	115,5	114	104	107,9	108,9	108,2

In den unteren Zeilen der Tabelle ist die Gesamtzahl und der Durchschnittswert für jede Gruppe gegeben. Als Durchschnitt aller gemessenen Höhen bekommen wir den Wert 108,2 km, der sich nicht viel von dem von uns früher gefundenen unterscheidet. Beide Basislinien geben auch ziemlich genau denselben Wert.

Ein Vergleich zwischen den verschiedenen Typen zeigt, daß die durchschnittliche Höhe des unteren Randes sich überraschend wenig unterscheidet. Die Bogen und Draperien geben so ziemlich genau denselben Wert. Ganz auffallend ist es, daß die Strahlen nicht so tief in die Atmosphäre eindringen wie die Bogen und Draperien. Wenn man eine Nordlichterscheinung sich abspielen sieht, hat man gewöhnlich den Eindruck, als kämen die Draperien tiefer als der ruhige Bogen, und die Strahlen viel tiefer als alle übrigen Formen. Man muß deshalb sehr vorsichtig sein, zuviel Gewicht auf subjektive Beobachtungen zu legen.

Aus der Tab. III sehen wir, daß in unserem ganzen Material keine niedrigere Höhe als 85 km vorkommt, und die Fälle tiefster Nordlichter sind gewöhnlich zweifelhaft. Die günstigsten Bedingungen geben immer Höhen größer als etwa 95 km.

Um irgendeine mögliche Gesetzmäßigkeit in der Höhenverteilung feststellen zu können dürfen wir, besonders wegen der möglichen Fehler, eine ziemlich große Anzahl von Beobachtungen haben. Für die drei häufigsten Typen liegt eine bedeutende Anzahl von Messungen vor, und die Verteilung der Höhen dieser Typen ist in Fig. 1 dargestellt.

Kurve I gibt die Verteilung der Bogen,

„ II „ „ „ Draperien,

„ III „ „ „ draperieförmigen Bogen,

„ IV „ „ „ ganzen Anzahl.

Wir sehen sofort, daß die meisten Nordlichter bis zu einer Höhe von 100–110 km hinunterdringen. Sämtliche drei Formen besitzen ziemlich genau dieselbe Verteilung, und zwar zeigen sie zwei ganz besonders hervortretende Maxima, die für sämtliche Kurven an genau denselben Höhen liegen.

Wahrscheinlich existieren noch mehrere Maxima, aber sie sind verhältnismäßig schwach und teilweise durch Nordlichter der zwei Hauptmaxima maskiert.

Fig. 1.

Daß die Hauptmaxima reell sind, unterliegt aber gar keinem Zweifel, denn selbst wenn wir jede Basislinie für sich behandeln, bekommen wir die beiden Hauptmaxima für genau dieselbe Höhe. Dies wird aus den Kurven Fig. 2 ersichtlich.

Die Kurve I gibt die Verteilung für Haldde-Bossekop,

„ „ II „ „ „ „ Haldde-Gargia,

„ „ III „ „ „ „ die Gesamtmenge.

Dies Resultat ist um so mehr beachtenswert, als die Kurven I und II auch verschiedenen Zeitintervallen entsprechen.

Auch Störmers Messungen von dem Jahre 1913 geben ganz bestimmte Andeutungen zu der Existenz derselben

zwei Maxima, obwohl sie bei ihm viel weniger ausgeprägt sind.¹⁾

Die Maxima scheinen deshalb auch nicht mit der Zeit zu variieren. Mit Sicherheit läßt sich die unveränderte Lage

Fig. 2.

der Maxima erst dann feststellen, wenn wir Beobachtungen über einen größeren Zeitraum besitzen.

Die Existenz von zwei hervortretenden Maxima ist eine Tatsache von großer Tragweite. *Die fast unmittelbare Folge ist die Annahme, daß ein großer Teil der kosmischen Strahlen*

1) Nach einer Mitteilung auf der Naturforscherversammlung in Christiania Juli 1916.

aus zwei Gruppen besteht, wovon jede eine ganz bestimmte Durchdringungsfähigkeit besitzt; und da die drei häufigsten Nordlichtformen dieselben Maxima zeigen, haben wir also den Nachweis geliefert, daß diese Formen durch dieselbe Strahlungsart verursacht sind, ein Resultat, das auch aus anderen Gründen wahrscheinlich ist.

Wegen des geringen Unterschiedes der unteren Grenze scheint es auch wahrscheinlich, daß auch sämtliche hier behandelte Nordlichttypen durch dieselbe Strahlungsart verursacht sind. Die Verschiedenheit dieser Typen wäre dann eine Verschiedenheit der Form und des Verlaufs.

(Eingegangen 26. September 1916.)