

FILTERAUFNAHMEN VON POLARLICHT

VON LEIV HARANG

(Manuskript am 23. Oktober 1933 empfangen.)

Die Untersuchung der Lichtverteilung in den verschiedenen Spektralbereichen innerhalb eines individuellen Nordlichtes ist, wegen der Lichtschwäche und Bewegung des Objektes, eine schwierige Aufgabe. Vegard und Størmer haben mit Erfolg kleine lichtstarke Spektrographen benutzt, um die spektrale Zusammensetzung des Nordlichtes zu studieren, und haben mit diesen Intensitätsvariationen im Spektrum nachweisen können. Der Vorteil der Benutzung von kleinen lichtstarken Spektrographen ist, daß eine relative Intensitätsänderung der Linien photometrisch einfach und genau nachgewiesen werden kann. Der Nachteil ist die lange Belichtungszeit und ungenaue Visierung, die es kaum zuläßt, eine bestimmte Stelle im Nordlicht mit einiger Genauigkeit auszusuchen. Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, wurde im Winter 1931—32 und 1932—33 versucht, die spektrale Lichtverteilung im Nordlicht mittels Filteraufnahmen zu studieren¹. Durch Benutzung von zweckmäßigen Platten und Filter sind jetzt Filteraufnahmen in *ultrarot*, *rot*, *grün*, *blauviolett* und *ultraviolett* aufgenommen worden. Die Belichtungszeiten bei starken Nordlichtern variierten von 10 Sekunden bis 3 Minuten. Nur die Filteraufnahmen in grün und blauviolett haben bis jetzt etwas von Interesse gegeben. Wir werden deshalb nur diese Aufnahmen (wir werden sie als G- und V-Aufnahmen bezeichnen) ausführlich behandeln.

§ 1. Filteraufnahmen in grün und blauviolett.

A. Wahl der Platten und Objektive.

Nach einigen Vorversuchungen im Laboratorium über die Empfindlichkeit verschiedener Platten in gelb-grün wurde die Agfa-Isochrom-Platte als die empfindlichste gewählt, und schon die ersten Versuche, einen Nordlichtbogen durch ein Gelbfilter aufzunehmen, gaben mit Belichtungszeiten von 40 Sekunden gut exponierte Aufnahmen. Zum Photo-

¹ Størmer hat früher auf die Möglichkeit des Filterphotographierens von Nordlicht hingewiesen, vgl. *Aetis*, Heft 3—4, 1928. Nachdem die ersten Resultate der Filteraufnahmen gedruckt waren (*Zs. f. Geophys.* 7, S. 324, 1931), hat Krogness mitgeteilt, daß er schon in 1917 versucht hat, das Nordlicht durch Filter aufzunehmen, jedoch ohne Erfolg — wahrscheinlich wegen ungenügender Plattenempfindlichkeit und Lichtstärke der Objektive. Später — in 1923 — hat Vegard versucht, das Nordlicht durch Filter aufzunehmen — auch ohne Erfolg.

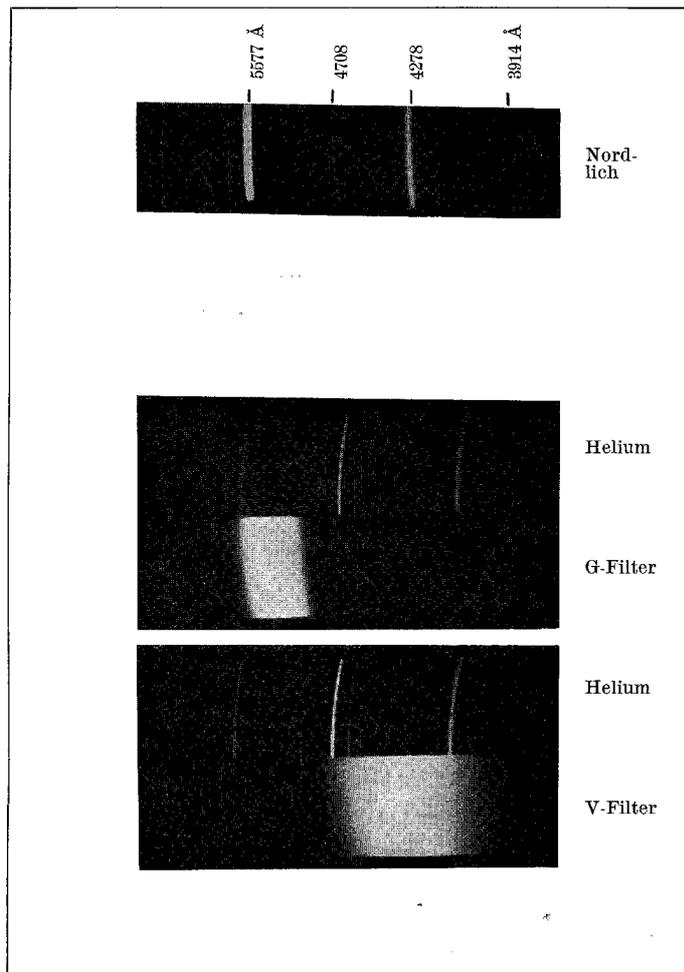


Fig. 1.

benutzt — Brennweite 50 mm, Lichtstärke $F = 1:1,5$. Beide Objektive wurden in einer Nordlichtkamera eingebaut, die Aufnahmen in grün und blauviolett sind deshalb auf dieselbe Platte aufgenommen. Im Winter 1932—33 wurden auch zwei Röntgen-Kino-Objektive von der Astro-Gesellschaft, Berlin, benutzt. Brennweite 50 mm, Lichtstärke $F = 1:1,25$.

Da die Belichtungszeit der G-Aufnahme ungefähr die doppelte der Belichtungszeit der V-Aufnahme ist, wurde die Lichtstärke des Objectives für die Aufnahme in violett durch die Blende auf 1:2,2 bis 1:2,5 reduziert. Die Aufnahmen in grün wurden mit voller Öffnung gemacht. Dadurch wurde erzielt, daß die Schwärzung im Lichtmaximum in grün gewöhnlich etwas größer herauskam als in violett, während die Schwärzung in violett im oberen Teil der Nordlichter etwas größer war als in grün. Ein möglicher Einfluß der verschiedenen Blendenöffnungen auf die Intensitätsverteilung im photographischen Felde wird später behandelt.

Wegen der Lichtschwäche dieser Anordnung konnten nur die intensivsten und verhältnismäßig ruhigen Formen vom Nordlicht photographiert werden. Bild 2 und 3, Tafel II zeigen Filteraufnahmen von einer Draperie und die gleichzeitig gemacht parallelaktischen Aufnahmen. Die Belichtungszeiten der beiden Reihen von Aufnahmen sind

graphieren durch ein violettes Filter genügte schon die Hälfte der Belichtungszeit mit gelbem Filter, trotzdem die Isochrom-Platte nicht sehr violettempfindlich ist.

Die photographisch wirksame Linie in gelbgrün ist hauptsächlich die grüne Nordlichtlinie 5577 Å, — in blau und violett eine Anzahl Stickstoffbanden. Die intensivsten sind die drei Banden 4708 Å, 4278 Å und 3914 Å, die der ersten negativen Serie des Bandenspektrums des Stickstoffmoleküls (N_2^+) zugehören¹.

Zur Isolierung der gelbgrünen Nordlichtlinie wurde ein Wratten-Gelatine-Filter No. 16 benutzt, zur Isolierung der Stickstoffbanden wurde ein Wratten-Gelatine-Filter No. 32 gewählt. Fig. 1 zeigt das Nordlichtspektrum und das Spektrum einer Glühlampe durch das grüne und das violette Filter aufgenommen.

Als Objektive wurden zwei identische Kino-Plasmat-Objektive von Hugo Meyer, Görlitz,-

¹ Vgl. L. Vegard: Handb. d. Exp. Phys. Bd. XXV, 1. Teil, S. 445.

dieselben. Die parallaktischen Aufnahmen sind stark überexponiert, während die Filteraufnahmen mäßig exponiert sind.

Von diffusen Bogen ist eine Anzahl von Aufnahmen gemacht worden. Von Bogen mit Strahlenstruktur sind keine gute Aufnahmen vorhanden. Die Bogen mit Strahlenstruktur erscheinen gewöhnlich als eine Übergangsform zwischen homogenen Bogen und Draperien — sie sind meistens kurzdauernd und bewegt. Von Strahlen sind nur einige Aufnahmen vorhanden, die für die photometrische Auswertung nicht geeignet sind. Von den schwachen diffus leuchtenden Flächen, die gewöhnlich am Ende großer Nordlichtabende erscheinen, sind mehrere Aufnahmen gemacht. Sie sind lichtschwach — da sie aber dauernd am Himmel stehen, kann man mit Belichtungszeiten von 2—3 Minuten Aufnahmen von diesen nehmen.

B. Die photometrische Auswertung der Platten.

Jede Platte wurde mit zwei Schwärzungsskalen versehen, die entsprechend der Aufnahmen mit grünem und violetttem Licht hergestellt wurden. Zur Eichung der Platten diente ein Zeiss'scher Platinstufenkeil. Dieser besteht aus einer Quarzplatte, auf welcher Platin in fünf Schichtdicken durch Kathodenzerstäubung abgelagert worden ist. Da der Transmissionskoeffizient von Platin für verschiedene Wellenlängen des Lichtes nur wenig variiert, kann man die Größe der Durchlässigkeit der einzelnen Stufen für grün-gelb und violett als konstant annehmen. Die Durchlässigkeiten der fünf Stufen waren 0,59, 0,40, 0,25, 0,16 und 0,10.

Die Auswertungen der Schwärzungen wurden mit einem selbsregistrierenden lichtelektrischen Mikrophotometer ausgeführt, das nach Angaben von P. P. Koch auf dem Observatorium zusammengesetzt worden war.

Durch die Nordlichtaufnahmen wurden bestimmte Schnitte gelegt, deren Schwärzungskurven mit dem Photometer registriert wurde. Da die Photometerkurven der G- und V-Aufnahmen miteinander verglichen werden sollten, war es unbedingt nötig, identisch gelegene Schnitte auf beide Platten zu registrieren. Es wurde deshalb dafür gesorgt, daß die zwei Photometerschnitte über denselben Stern liefen. Der Knick in der Kurve, der von der Schwärzung des Sternes herrührte, wurde zur Orientierung auf den beiden Kurven benutzt.

Was auf die Platte photographiert ist, ist die Projektion des Nordlichtes auf eine Fläche senkrecht zur Visierichtung. Die Intensität $I(x, y)$ in einem Punkte (x, y) in Projektion ist bestimmt durch folgende Integralgleichung¹:

$$I(x, y) = \int_{z_2}^{z_1} F(x, y, z) dz,$$

wo $F(x, y, z)$ die Intensität im Punkte (x, y, z) im Nordlicht ist. Die Integration ist der Visierichtung entlang auszuführen und z_1 und z_2 sind durch die Oberfläche des Nordlichtes bestimmt. Falls man die Form der leuchtenden Luftmasse kennt, kann man unter gewissen Voraussetzungen von der Intensität in Projektion auf die wahre Intensität im Raume schließen und dadurch die Flächen gleicher Helligkeit (isophote Flächen) bestimmen. Da das Volumen der leuchtenden Luftmasse im allgemeinen als unbekannt vorausgesetzt werden muß, werden wir uns damit begnügen, Variationen von $I(x, y)$ (isophote Kurven) in den Draperien in grün und violett zu vergleichen. Bei den Bogen werden wir identisch gelegene Schnitte in grün und violett vergleichen.

¹ Vgl. das Buch von P. ten Bruggencate: Sternhaufen, Berlin 1927.

C. Korrekturen.

Folgende Fehlerquellen müssen bei der Auswertung der Filteraufnahmen berücksichtigt werden:

1. Gesichtsfeldkorrektur.

Bei allen *kurzbrennweitigen* Objektiven gibt es eine nicht unbedeutende Helligkeitsabnahme vom Zentrum des Bildfeldes bis zum Rande. Diese Helligkeitsabnahme ist bei verschiedenen Typen von Objektiven etwas verschieden. Für ein bestimmtes Objektiv wird die Helligkeitsabnahme *kleiner* mit *abnehmender* Blendengröße. Die Gesichtsfeld-

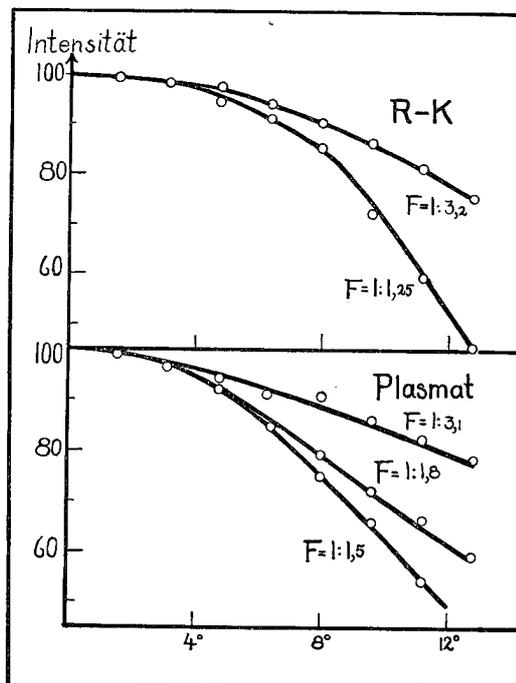


Fig. 2.

korrektur wurde in folgender Weise bestimmt: Aufnahmen mit verschiedenen Blendengrößen wurden von einem gleichmäßig beleuchteten Schirm 30×30 cm, der in einer Entfernung von 25 cm vor dem Objektiv aufgestellt war, gemacht. Die Aufnahmen wurden vom Zentrum des Bildfeldes aus photometriert und mittels einer Schwärzungsskala auf wahre Lichtintensität umgerechnet. Fig. 2 zeigt die Helligkeitsabnahme mit verschiedenen Blendengrößen bei Kino-Plasmat und Röntgen-Kino. Da bei den photometrischen Ausmessungen gewöhnlich nicht in einer größeren Entfernung als 6° vom Zentrum gemessen wird, ist der Einfluß der verschiedenen Helligkeitsabnahmen so gering, daß er vernachlässigt werden kann. Sämtliche Photometerschnitte sind deshalb nicht für die Wirkung der Helligkeitsabnahme korrigiert.

2. Einfluß der Form der Schwärzungskurve für verschiedenes Licht.

Bekanntlich hat die Schwärzungskurve einer Platte für verschiedene Wellenlängen oft einen verschiedenen Verlauf. Da die Filteraufnahmen nahezu monochromatische Aufnahmen in grün und blauviolett darstellen, sollte für jede Aufnahme eine Schwärzungsskala mit demselben Licht hergestellt werden. Jede Platte wurde deshalb auch, wie früher erwähnt, mit zwei Schwärzungsskalen versehen, die entsprechend der Spektralgebiete der Aufnahmen mit grünem und violetter Licht hergestellt wurden. Es zeigte sich indessen, daß die grüne und violette Schwärzungskurve innerhalb der Meßgenauigkeit ineinander übergeführt werden konnte. Für die Auswertung ist deshalb die mittlere Schwärzungskurve der beiden Schwärzungsskalen benutzt.

3. Einfluß der selektiven atmosphärischen Extinktion.

Schon bei den ersten Filteraufnahmen war die Wirkung der atmosphärischen Extinktion auffallend. Die Extinktion äußert sich als eine starke Absorption des Lichtes am unteren Rand des Nordlichtes auf die V-Aufnahmen, wenn das Nordlicht gerade zum Horizont heruntergeht — während die G-Aufnahmen am Horizont noch mäßige Intensität aufweisen können. Die Filteraufnahmen von der Draperie, die auf Bild 1, Tafel III reproduziert sind, zeigen diesen Effekt. Ein anderes Beispiel der Wirkung der selektiven atmosphärischen Extinktion sind die Spektralaufnahmen auf Fig. 3. Die beiden Spektren

sind mit einem kleinen lichtstarken Spektrograph aufgenommen, der dauernd während der Nacht automatisch jede Stunde, mit einer Belichtungszeit von einer Stunde, das Spektrum von einem eventuellen Nordlicht am Nordhimmel photographiert¹. Spektrum *a* zeigt eine Aufnahme mit normaler Intensitätsverteilung im Spektrum, aufgenommen am 24. Nov. 1930. Spektrum *b* zeigt eine fünfständige Aufnahme von Nordlicht, am 28. Nov. 1930 aufgenommen, das sich hinter den Wolken tief am Horizont bei leichtem Schneefall abspielt. Die starke Schwächung der violetten Bänder im Vergleich zur Nordlichtlinie im Spektrum *b* wird durch die starke Extinktion in violett erklärt.

Für Licht der Wellenlänge λ ist die Extinktion des Lichtes im Wegelement dm diesem und der Intensität des einfallenden Lichtes J_λ proportional:

$$dJ_\lambda = - a_\lambda \cdot J_\lambda \cdot dm$$

$$\text{d: } J_{\lambda_m} = J_{\lambda_0} \cdot e^{-a_\lambda \cdot m}. \tag{1}$$

Der Extinktionskoeffizient a_λ hängt von der Einheit ab, in der die Luftmasse m gemessen wird. Für Zenitdistanz $z = 0$ wird $m = 1$ gesetzt. Die Werte von m für andere Zenitdistanzen sind in den Tafeln von Bemporad² angegeben.

Gleichung (1) wird gewöhnlich in folgender Form geschrieben:

$$J_{\lambda_m} = J_{\lambda_0} q^m, \tag{2}$$

in welcher $q = e^{-a_\lambda}$ gesetzt wird. q_λ wird der Transmissionskoeffizient genannt. Für das vom Zenit einfallende Licht gibt der Transmissionskoeffizient den Bruchteil an, der vom einfallenden Lichte die Erde erreicht. Bei den

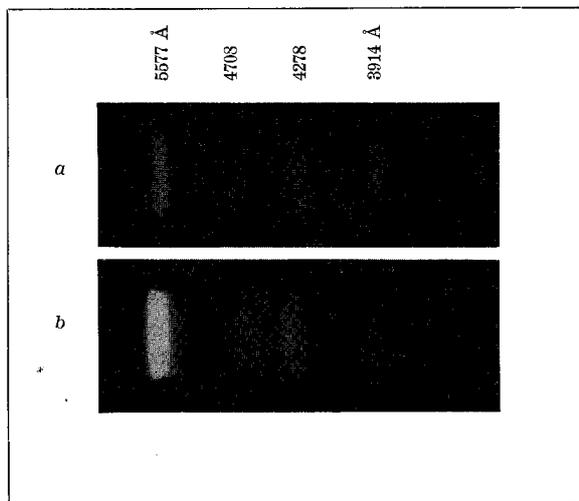


Fig. 3.

Filteraufnahmen ist das wirksame Licht bei den G-Aufnahmen 5577 Å, — bei den V-Aufnahmen besteht das photographisch wirksame Licht hauptsächlich aus den drei Stickstoffbanden 4709 Å, 4278 Å und 3914 Å. In violett sollte man deshalb mit drei verschiedenen Werten von Transmissionskoeffizienten rechnen — wir machen indessen keinen merklichen Fehler, wenn wir statt dieser drei Werte einen mittleren Wert benutzen, und zwar ist hier ein Transmissionskoeffizient der Wellenlänge 4110 Å entsprechend angewandt worden.

Die Werte der Transmissionskoeffizienten hängen im hohen Grad von der Reinheit der Luft und der Höhe des Ortes über dem Meere ab. Tabelle 1 gibt die Werte der Transmissionskoeffizienten für 5577 Å und 4110 Å — auf einigen Observatorien gemessen.

Tabelle 1.

q_λ	Washington ³ 10 m	Mt. Wilson ³ 1780 m	Mt. Whithney ³ 4420 m	Potsdam ³ 100 m	Göttingen ⁴
q_{5577}	0,740	0,878	0,920	0,818	0,841
q_{4110}	495	718	788	(630)	614

¹ Terr. mag. 37, S. 167, 1932.

² Vgl. z. B. Handb. d. Astrophys. Bd. II/2. S. 268. Berlin 1931.

³ Handb. d. Astrophys. Bd. II/2. S. 199. Berlin 1931.

⁴ Nova Acta d. Leopold. Car. Ak. Halle 1915.

Es ist anzunehmen, daß die Atmosphäre in Tromsø im Winter eine kleinere absolute Feuchtigkeit und eine kleinere Dunsttrübung besitzt als die Atmosphäre in Potsdam und Göttingen. Eine größere Transparenz, d. h. größere Werte der Transmissionskoeffizienten, sind deshalb anzunehmen. In dieser Untersuchung sind folgende Werte der Transmissionskoeffizienten benutzt:

$$q_{5577} = 0,850, \quad q_{4110} = 0,700.$$

Für die Reduktion der gemessenen Intensitäten auf wahre Intensitäten sind die Werte von q_{λ}^m für verschiedene Zenitdistanzen unter Benutzung der oben erwähnten Werte der Transmissionskoeffizienten ausgerechnet und in Tabelle 2 aufgestellt.

Tabelle 2.

z°	h°	q_{5577}^m	q_{4110}^m	z°	h°	q_{5577}^m	q_{4110}^m
0°	90°	0,850	0,700	72°	18°	0,594	0,318
10°	80°	848	696	74°	16°	558	278
20°	70°	841	684	76°	14°	516	234
30°	60°	829	663	77°	13°	491	210
40°	50°	809	628	78°	12°	465	186
50°	40°	777	575	79°	11°	435	161
60°	30°	723	491	80°	10°	402	136
65°	25°	682	431	81°	9°	366	110
70°	20°	624	355	82°	8°	327	086
				83°	7°	283	063

D. Aufnahmen von homogenen Bogen.

Im folgenden werden die Auswertungen von Photometerschnitten auf G- und V-Aufnahmen von homogenen Nordlichtbogen mitgeteilt. Die photometrische Registrierung läuft in vertikaler Richtung von unten nach oben. Wie früher erwähnt, wurde immer dafür gesorgt, daß die zwei Photometerschnitte der G- und V-Aufnahmen über denselben Stern — den Referenzstern — liefen. Außerdem konnte die Bewegung der Platte während der Registrierung kontinuierlich überwacht werden. Fig. 4 zeigt den Bau des Teiles des Photometers, der die Überwachung der Registrierung zuläßt¹. Das Licht einer Taschenlampe L wird durch eine Linse auf die photographische Platte Pl konzentriert. Durch das Mikroskop Mk wird das Bild des Plattenausschnittes 15 Mal vergrößert, geht durch eine planparallele Glasplatte Gl , die einen Winkel von 45° mit dem Strahlengang bildet, durch den Spalt Sp und fällt auf die Photozelle Pz . Durch die schräg gestellte Glasplatte Gl wird ein kleiner Teil des Lichtes auf die Mattglasplatte Mp geworfen und gibt ein vergrößertes Bild des beleuchteten Punktes der photographischen Platte. Wenn beim Registrieren der Referenzstern auf die photographische Platte eine Marke auf der Mattglasplatte erreichte, wurde der Grammophonmotor, der für die gleichzeitige Bewegung der Platte und der Registrierstreifen sorgte, einige Sekunden gehalten. Auf dem Registrierstreifen wird diese kleine Pause als ein schwarzer Strich durch das Licht registriert.

No. 1. Homogener Bogen — am 16. Nov. 1931, 16^h 8^m 20^s G. M. Z., aufgenommen. Der Bogen stand am Südhimmel einige Grade über α *Pegasi*, der als Referenzstern benutzt ist. Die Platte war besonders klar, weder auf der G-Aufnahme noch auf der V-Aufnahme konnte ein merklicher Schleier nachgewiesen werden. Fig. 5 zeigt die Registrierstreifen, Tabelle 3 die Ausmessung der Registrierkurven. Gleichzeitige parallak-

¹ Wertvolle Ratschläge für die Zusammensetzung eines zwäckmäßigen Photometers verdanke ich Dr. techn. B. Trumpy, Technische Hochschule, Trondheim.

tische Aufnahmen konnten nicht gemacht werden, da wir erst nach 20^h Verbindung mit unserer Nebenstation auf Tenness aufrechterhalten konnten.

Wie früher erwähnt, fehlt die parallaktische Messung der Höhe des Bogens. Die in Tabelle 3 angegebenen Entfernungen in km vom Intensitätsmaximum der ausgewählten Punkte auf den Registrierkurven sind berechnet unter der Annahme, daß das Intensitätsmaximum in einer Höhe von 110 km sich befindet. Da die Höhen der unteren Ränder der homogenen Nordlichtbogen fast ohne Ausnahme im Intervall 90—110 km liegen, kann die Unsicherheit dieser Entfernungsangaben nicht groß sein.

No. 2. Homogener Bogen — am 16. Nov. 1931, 16^h 11^m 20^s G. M. Z., aufgenommen. Diese Aufnahme ist von demselben Bogen wie der erste — 3 Minuten später gemacht. Der Bogen stand am Südhimmel — als Referenzsterne sind α Aquilae und γ Sagittae benutzt, die bzw. unter und über dem Bogen standen. Fig. 6 zeigt die Registrierstreifen und Tabelle 4 die Ausmessung der Registrierkurven.

No. 3. Homogener Bogen — am 16. Nov. 1931, 16^h 19^m 20^s G. M. Z., aufgenommen.

Diese Aufnahme ist von einem Bogen, der nach dem Verschwinden der Bogen No. 1 und No. 2 am Südhimmel sich neu gebildet hatte. Der Bogen war sehr intensiv. Die Platte zeigte einen merkbaren Schleier im Bildfeld, das von dem diffusen Nordlicht, das gleichzeitig auftrat, herrühren muß. Dieser Schleier ist bei der Auswertung berücksichtigt. Wegen des Schleiers steigt die Photometerkurve des Bogens erst von einem endlichen Wert an, der Betrag dieses Verschiebens des Nullwertes wird mittels der Schwärzungskurve bestimmt.

α Aquilae, der im Intensitätsmaximum des Bogens stand, ist als Referenzstern benutzt. Fig. 7 zeigt die Registrierstreifen, Tabelle 5 gibt die Auswertung der Registrierkurven an.

No. 4. Homogener Bogen am 16. Nov. 1931, 17^h 32^m 20^s G. M. Z., aufgenommen. Der Bogen stand am Südhimmel. α Andromedae, der 1°,6 über dem Intensitätsmaximum stand, ist als Referenzstern benutzt. Die Aufnahmen zeigten einen schwachen Schleier im Bildfeld, für welches es korrigiert wird. Tabelle 6 gibt die Auswertung der Registrierkurven an.

No. 5. Homogener Bogen — am 1. Nov. 1932, 19^h 21^m 0^s G. M. Z., aufgenommen. Der Bogen stand am Nordhimmel, 12 Can. Ven. ist als Referenzstern benutzt. Tabelle 7 gibt die Ausmessung der Registrierkurven an.

No. 6. Homogener Bogen am 17. März 1933 20^h 10^m 0^s, aufgenommen.

Der Bogen stand am Nordhimmel. γ Cygni ist als Referenzstern benutzt worden. Tabelle 8 gibt die Ausmessung der Registrierkurven an.

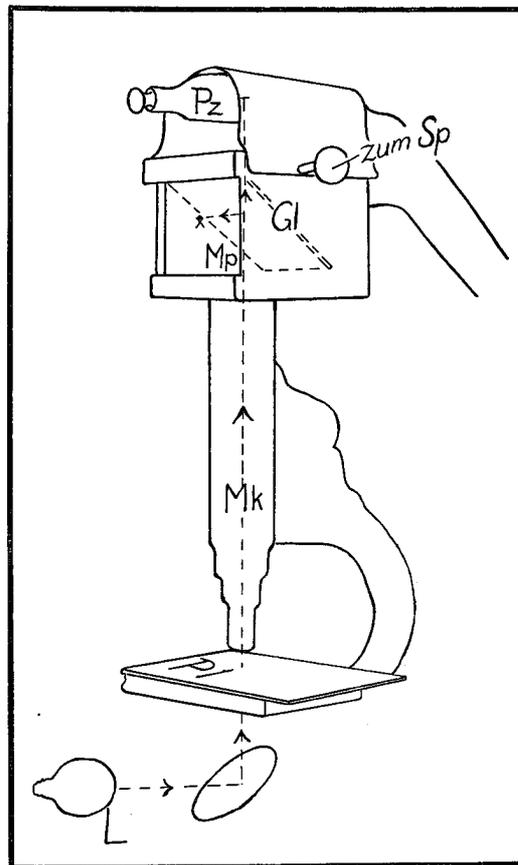


Fig. 4.

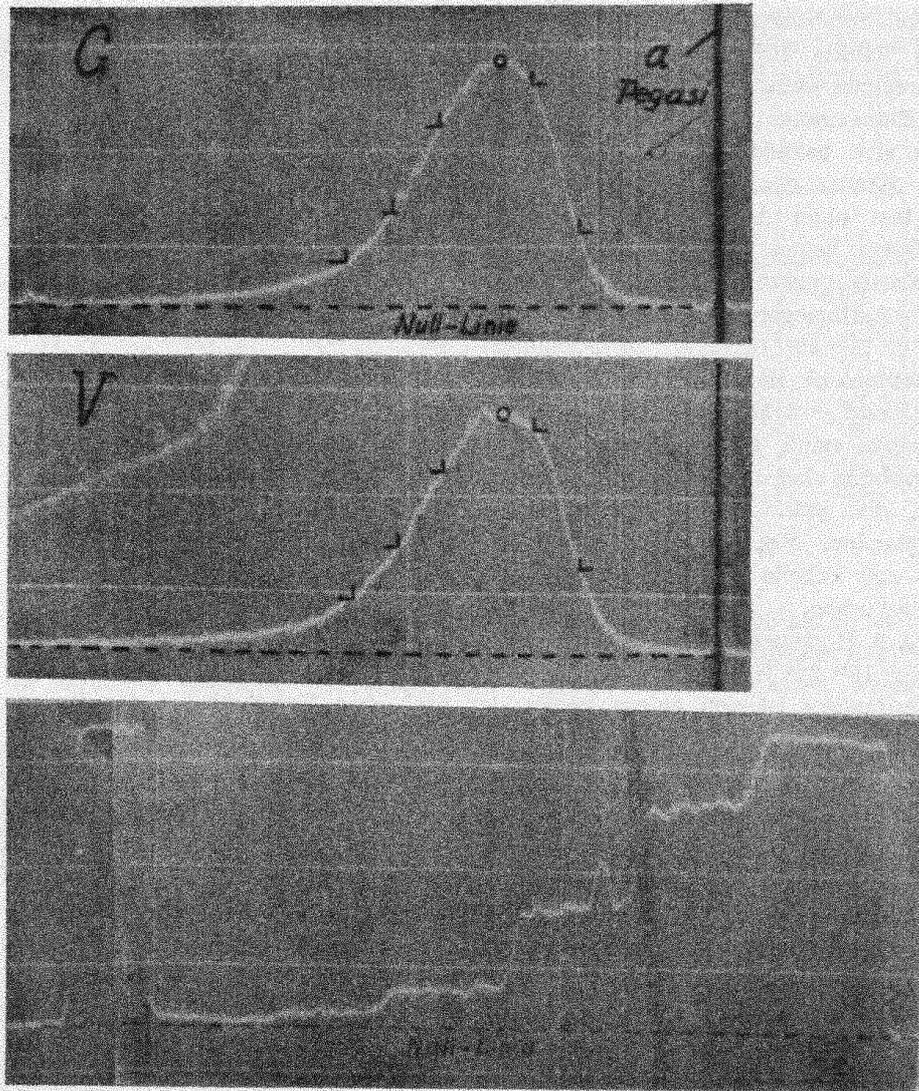


Fig. 5.

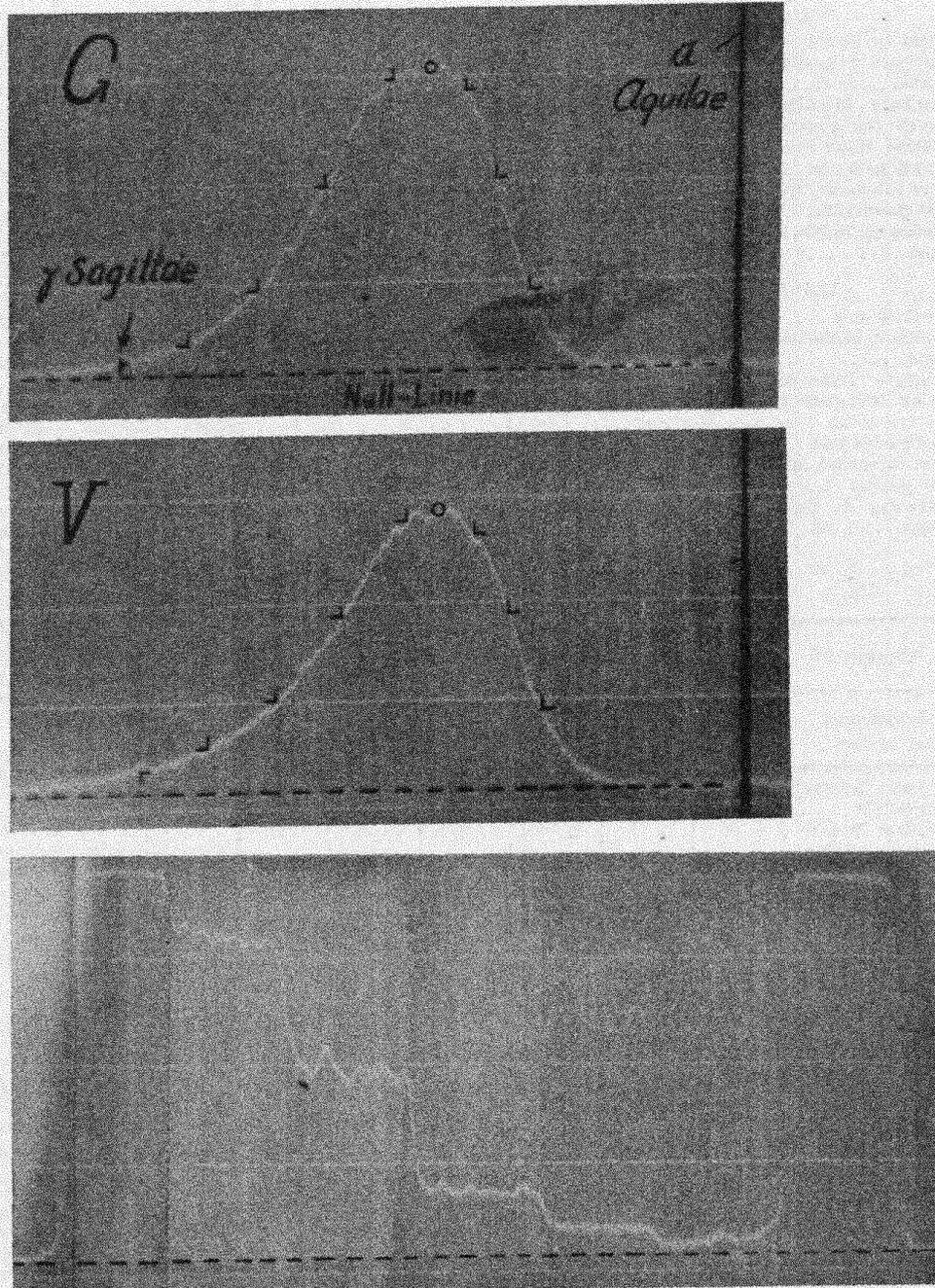


Fig 6.

Tabelle 3.

Punkt	1	2	3	4	5	6
<i>G-Aufnahme.</i>						
Ordinat in mm	16 ,3	49 ,0	54 ,1	39 ,8	20 ,7	9 ,9
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala	33 ,8	58 ,0	63 ,0	51 ,4	37 ,7	26 ,5
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	53 ,7	92 ,1	100 ,0	81 ,6	59 ,8	42 ,1
Anguläre Höhe über dem Horizont	36° ,4	37° ,2	37° ,8	38° ,8	39° ,6	40° ,4
Extinktionsfaktor	0 ,760	0 ,763	0 ,766	0 ,771	0 ,775	0 ,779
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	54 ,1	92 ,5	100 ,0	81 ,1	59 ,1	41 ,4
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum	5 ,6	2 ,4	0	4 ,0	7 ,2	12 ,4
<i>V-Aufnahme.</i>						
Ordinat in mm	18 ,8	49 ,1	52 ,3	40 ,1	23 ,5	12 ,3
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala	35 ,8	58 ,0	61 ,1	51 ,6	40 ,0	29 ,7
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	58 ,6	94 ,9	100 ,0	84 ,5	65 ,5	48 ,6
Anguläre Höhe über dem Horizont	36° ,4	37° ,2	37° ,8	38° ,8	39° ,6	40° ,4
Extinktionsfaktor	0 ,550	0 ,556	0 ,560	0 ,568	0 ,572	0 ,578
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	59 ,7	95 ,6	100 ,0	83 ,2	64 ,1	47 ,1
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum	5 ,6	2 ,4	0	4 ,0	7 ,2	12 ,4

Tabelle 4.

Punkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>G-Aufnahme.</i>									
Ordinat in mm ...	17 ,3	41 ,8	60 ,5	65 ,5	63 ,0	40 ,2	17 ,9	6 ,6	3 ,0
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala	32 ,5	49 ,8	60 ,8	65 ,5	63 ,1	49 ,0	33 ,3	20 ,0	13 ,3
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	49 ,6	76 ,0	92 ,8	100 ,0	96 ,3	74 ,8	50 ,8	30 ,5	20 ,3
Anguläre Höhe über dem Horizont	33° ,5	34° ,1	34° ,7	35° ,4	36° ,0	37° ,2	38° ,4	39° ,7	40° ,9
Extinktionsfaktor	0 ,744	0 ,748	0 ,751	0 ,754	0 ,758	0 ,764	0 ,770	0 ,776	0 ,781
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	50 ,3	76 ,6	93 ,2	100 ,0	95 ,8	73 ,8	49 ,7	29 ,7	19 ,6
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum	7 ,5	5 ,0	2 ,5	0	2 ,5	7 ,5	12 ,5	17 ,5	22 ,5
<i>V-Aufnahme.</i>									
Ordinat in mm ...	17 ,0	38 ,7	56 ,0	61 ,4	59 ,8	38 ,0	19 ,8	9 ,7	5 ,0
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala	32 ,3	48 ,2	57 ,4	61 ,5	60 ,1	47 ,8	34 ,9	24 ,1	17 ,5
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	52 ,5	78 ,4	93 ,3	100 ,0	97 ,7	77 ,7	56 ,7	39 ,2	28 ,5
Anguläre Höhe über dem Horizont	33° ,5	34° ,1	34° ,7	35° ,4	36° ,0	37° ,2	38° ,4	39° ,7	40° ,9
Extinktionsfaktor	0 ,523	0 ,529	0 ,534	0 ,540	0 ,546	0 ,556	0 ,565	0 ,573	0 ,581
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	54 ,2	80 ,0	94 ,4	100 ,0	96 ,7	75 ,5	54 ,3	37 ,0	26 ,4
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum	7 ,5	5 ,0	2 ,5	0 ,0	2 ,5	7 ,5	12 ,5	17 ,5	22 ,5

Tabelle 5.

Punkt	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>G-Aufnahme.</i>								
Ordinat in mm.....	10,8	24,0	45,5	56,1	46,5	33,1	21,1	13,8
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala.....	29,0	44,7	71,7	91,0	73,0	56,8	41,0	31,9
Schleierkorrektur.....	÷18,0	-	-	-	-	-	-	-
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt.....	15,1	36,6	73,6	100,0	75,4	53,2	31,5	19,0
Anguläre Höhe über dem Horizont.....	27°8	28°2	28°6	29,4	30°6	31°4	32°2	33°0
Extinktionsfaktor.....	0,708	0,711	0,714	0,720	0,728	0,733	0,738	0,742
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt.....	15,3	37,1	74,2	100,0	74,5	52,2	30,8	18,4
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum.....	7,4	5,6	3,7	0,0	5,4	9,0	12,6	16,2
<i>V-Aufnahme.</i>								
Ordinat in mm.....	10,7	21,6	35,6	47,2	38,8	28,0	20,3	14,6
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala.....	29,0	41,5	59,6	74,2	63,5	50,1	40,0	33,5
Schleierkorrektur.....	÷18,6	-	-	-	-	-	-	-
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt.....	18,7	41,2	73,7	100,0	80,8	56,7	38,5	26,8
Anguläre Höhe über dem Horizont.....	27°8	28°2	28°6	29°4	30°6	31°4	32°2	33°0
Extinktionsfaktor.....	0,463	0,469	0,445	0,484	0,497	0,505	0,512	0,519
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt.....	19,6	42,5	75,1	100,0	78,6	54,3	36,4	25,0
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum.....	7,4	5,6	3,7	0,0	5,4	9,0	12,6	16,2

Tabelle 6.

<i>G-Aufnahme.</i>								
Ordinat in mm.....	36,2	90,0	93,5	90,8	82,8	61,5	27,7	15,5
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala.....	13,2	35,7	43,2	37,3	26,2	16,7	12,2	10,2
Schleierkorrektur.....	÷ 8,4	-	-	-	-	-	-	-
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt.....	13,8	78,4	100,0	83,0	51,1	23,9	11,2	5,4
Anguläre Höhe über dem Horizont.....	43°1	43°9	44,7	45°5	46°3	47°1	47°9	48°7
Extinktionsfaktor.....	0,790	0,793	0,795	0,798	0,800	0,802	0,804	0,806
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt.....	13,9	78,8	100,0	82,6	50,9	23,6	11,1	5,4
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum.....	6,2	3,1	0,0	3,1	6,2	9,3	12,4	15,5
<i>V-Aufnahme.</i>								
Ordinat in mm.....	37,5	86,5	90,5	88,0	79,0	62,0	34,0	21,5
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala.....	13,3	30,5	36,7	32,5	23,3	16,8	13,0	11,1
Schleierkorrektur.....	÷ 9,0	-	-	-	-	-	-	-
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt.....	15,5	78,6	100,0	84,8	51,6	28,2	14,4	7,6
Anguläre Höhe über dem Horizont.....	43°1	43°9	44°7	45°5	46°3	47°1	47°9	48°7
Extinktionsfaktor.....	0,595	0,599	0,603	0,607	0,611	0,615	0,619	0,623
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt.....	15,7	78,2	100,0	84,3	51,0	27,7	14,1	7,3
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum.....	6,2	3,1	0,0	3,1	6,2	9,3	12,4	15,5

Tabelle 7.

Punkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>G-Aufnahme.</i>										
Ordinat in mm	21,0	39,8	43,0	42,5	40,1	35,8	29,8	22,8	15,5	10,0
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala	13,8	31,0	37,0	36,0	31,6	24,8	18,5	14,5	11,8	9,1
Schleierkorrektion	÷5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	26,3	81,0	100,0	96,8	82,6	61,3	41,3	28,6	20,0	11,4
Anguläre Höhe über dem Horizont	18°7	19°5	20°3	21°1	22°0	22°8	23°6	24°4	25°3	26°1
Extinktionsfaktor	0,604	0,616	0,628	0,639	0,650	0,659	0,668	0,677	0,685	0,692
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	27,3	82,5	100,0	95,0	80,1	58,4	38,8	26,5	18,3	10,4
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum	9,6	4,8	0,0	4,8	9,6	14,4	19,2	24,0	28,8	33,6
<i>V-Aufnahme.</i>										
Ordinat in mm	27,5	40,7	43,1	42,8	41,2	38,5	36,0	33,0	28,5	26,1
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala	16,9	32,7	37,1	36,2	33,7	28,7	25,0	22,0	17,5	16,0
Schleierkorrektion	÷8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	29,4	84,6	100,0	96,8	88,1	70,6	57,7	47,2	31,4	26,6
Anguläre Höhe über dem Horizont	18°7	19°5	20°3	21°1	22°0	22°8	23°6	24°4	25°3	26°1
Extinktionsfaktor	0,331	0,346	0,360	0,374	0,387	0,399	0,411	0,423	0,435	0,444
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	32,0	88,0	100,0	93,3	82,0	63,7	50,5	40,2	26,1	21,5
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum	9,6	4,8	0,0	4,8	9,6	14,4	19,2	24,0	28,8	33,6

Tabelle 8.

Punkt	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>G-Aufnahme.</i>								
Ordinat in mm	6,1	24,0	31,0	26,5	19,0	11,5	6,5	3,5
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala	10,8	26,5	32,8	28,5	22,2	16,0	11,2	8,5
Schleierkorrektion	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	32,9	80,8	100,0	86,9	67,7	48,8	34,1	24,4
Anguläre Höhe über dem Horizont	31°8	32°6	33°4	34°2	35°0	35°8	36°7	37°5
Extinktionsfaktor	0,735	0,740	0,744	0,748	0,752	0,757	0,761	0,765
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	33,3	81,2	100,0	86,4	66,9	47,8	33,3	23,8
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum	6,8	3,4	0	3,4	6,8	10,2	13,6	17,0
<i>V-Aufnahme.</i>								
Ordinat in mm	13,3	28,5	34,0	32,3	27,7	22,1	16,5	11,5
Scheinbare Intensität nach Schwärzungsskala	17,5	30,5	37,2	34,2	29,8	25,0	20,4	16,0
Schleierkorrektion	÷6,5	-	-	-	-	-	-	-
Scheinbare Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	36,2	78,2	100,0	90,2	75,9	60,3	45,3	30,9
Anguläre Höhe über dem Horizont	31°8	32°6	33°4	34°2	35°0	35°8	36°7	37°5
Extinktionsfaktor	0,508	0,516	0,524	0,530	0,538	0,544	0,550	0,556
Wahre Intensität, Maximalintensität gleich 100 gesetzt	37,4	79,4	100,0	89,2	73,9	58,0	43,2	29,2
Entfernung in km vom Intensitätsmaximum	6,8	3,4	0,0	3,4	6,8	10,2	13,6	17,0

Stellt man den Intensitätsverlauf jedes Bogenschnittes graphisch dar, kann man die Intensitätswerte jeder 2,5 km ausnehmen. Tabelle 9 gibt die Intensitätswerte I für jeden 2,5 km der Bogenschnitte der G- und V-Aufnahmen an.

Tabelle 9.

km	5,0	2,5	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	
<i>G-Aufnahmen.</i>									
No. 1	57,6	91,0	100,0	92,4	74,3	57,5	48,3	41,1	I_g
» 2	76,6	93,2	100,0	95,8	84,8	73,8	61,7	49,7	-
» 3	44,2	88,0	100,0	92,4	77,0	61,6	45,3	30,2	-
» 4	47,9	88,4	100,0	89,5	63,1	36,2	17,0	11,0	-
» 5	80,7	98,0	100,0	98,8	93,0	86,0	78,6	66,3	-
» 6	57,5	89,3	100,0	90,5	76,5	63,0	49,0	37,2	-
Mittel . . .	60,7	91,3	100,0	93,7	78,1	63,0	50,0	39,2	-
<i>V-Aufnahmen.</i>									
No. 1	61,8	94,1	100,0	93,0	77,1	62,6	52,0	47,1	I_v
» 2	80,0	94,4	100,0	96,7	86,1	75,5	64,9	54,3	-
» 3	50,5	88,6	100,0	94,7	80,9	64,4	48,6	35,9	-
» 4	48,9	89,0	100,0	90,6	64,4	38,1	21,1	14,0	-
» 5	86,8	99,0	100,0	99,2	94,0	87,8	80,8	70,0	-
» 6	60,4	90,5	100,0	93,0	81,1	70,6	59,0	36,0	-
Mittel . . .	64,7	92,3	100,0	94,5	80,6	66,5	54,4	47,0	-
$\frac{I_g \text{ Mittel}}{I_v \text{ Mittel}}$:	0,938	0,989	1,000	0,994	0,969	0,947	0,919	0,834	

Folgende charakteristische Züge des Intensitätsverlaufes bei homogenen Bogen sind aus Tabelle 9 ersichtlich:

1. Die Intensitätsmaxima in grün und violett sind im Vergleich zueinander innerhalb der Meßgenauigkeit nicht merklich verschoben.
2. Vom Intensitätsmaximum nach *unten* hin nimmt das grüne Leuchten schneller ab als das violette Leuchten.
3. Vom Intensitätsmaximum nach *oben* zu nimmt das grüne Leuchten schneller ab als das violette Leuchten¹.

¹ Vegard hat schon in 1923 (vgl. Handb. d. Exp.phys. Bd. 25, S. 447 und die ausführliche Beschreibung der Aufnahmen in Geofys. Publ. Vol. IX, No. 11, 1932, S. 22—41) das Spektrum von dem unteren und oberen Teil eines draperieförmigen Nordlichtbogens aufgenommen. Zwei Paar Spektren bzw. vom unteren und oberen Teil zeigen beide eine relative Abnahme der grünen Nordlichtlinie im Verhältnis zu den violetten Stickstoffbändern. Die Intensitätsverschiebung auf diesen Spektralaufnahmen sind unzweifelhaft wesentlich ein Effekt der verschiedenen Höhen. Man muß indessen berücksichtigen, daß die selektive atmosphärische Extinktion, für welche man auf Spektralaufnahmen wegen der ungenauen Visierung schwierig korrigieren kann, eine Wirkung in derselben Richtung hervorruft. Aus Tabelle 2 kann man berechnen, daß die selektive Extinktion von 30° bis 40° Höhe über dem Horizont eine relative Abnahme von 5577 Å im Verhältnis zu 4110 Å von der Größe von 0,918 hervorruft. — Wie später behandelt werden soll, muß man an intensiven Nordlichtabenden auch eine Typenänderung des Nordlichtspektrums annehmen. Nach intensiven Nordlichtern erscheinen gewöhnlich die schwachen diffus leuchtenden Flächen, die eine größere Intensität in violett haben, als gewöhnliches Nordlicht. Falls man den oberen schwachen Teil eines Nordlichtbogens, der nach Abspielen von intensiven Nordlichtern auftritt, spektrographisch aufnimmt, muß man erwarten, daß man neben dem Lichte von dem Bogen auch das Licht des kontinuierlichen Hintergrundes von Nordlicht mitnimmt — der größere Intensität in violett hat als gewöhnliches Nordlicht.

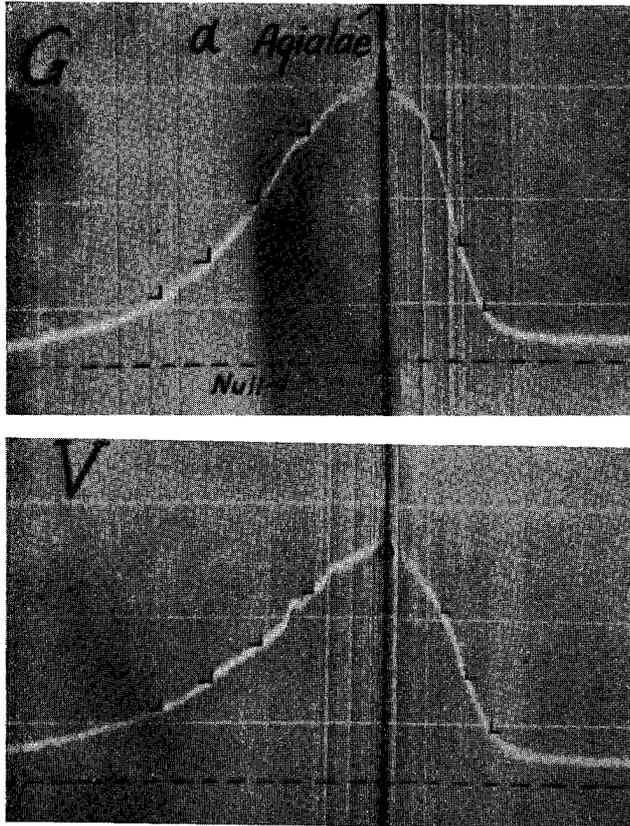


Fig. 7.

Auf den Registrierstreifen sieht man ferner, daß das violette Leuchten von Intensitätsmaximum nach oben zu nicht nur ein anderes Abklingungsgesetz als das grüne Leuchten hat, sondern daß das violette Leuchten sich merklich *höher* erstreckt als das grüne Leuchten. Vom Intensitätsmaximum nach unten zu ist dagegen kein merkbarer Unterschied in der Eindringungstiefe des grünen und violetten Leuchtens — die Photometerkurven der G- und V-Aufnahmen steigen beide innerhalb der Meßgenauigkeit von demselben Punkte an.

Es wäre von Interesse zu untersuchen, ob der Intensitätsabfall nach unten durch einen einfachen mathematischen Ausdruck sich formal darstellen läßt. Das einfachste wäre, den Intensitätsabfall als eine angenäherte exponentielle Abnahme anzunehmen. Die Exponentialformel lautet bekanntlich:

$$I = I_{max} \cdot e^{-a \cdot x}$$

I_{max} ist die Intensität im Lichtmaximum, die wir zu 100 gesetzt haben, I ist die Intensität in der Entfernung von x km vom Intensitätsmaximum nach unten hin gerechnet. Die Exponentialformel kann auch in folgender Weise geschrieben werden:

$$\log I_{max} - \log I = a \cdot x \cdot \log e,$$

d. h. die Differenz ist eine lineare Funktion von x . In Fig. 8 sind die Werte von $\log I_{max} - \log I$ als eine Funktion von x graphisch dargestellt. Die Mittelwerte der 6 Bogenschnitte in Tabelle 9 sind benutzt. Wie aus Fig. 8 ersichtlich ist, läßt die Intensitätsabnahme sich nicht durch eine Exponentialformel darstellen, indem die Intensitäten wesentlich *schneller* abnehmen. Eine Durchrechnung der Intensitätsabnahmen sämtlicher Bogen zeigt, daß dies immer der Fall ist.

E. Aufnahmen von Draperien.

Wegen der unregelmäßigen Form dieser Erscheinungen ist es schwierig, die Draperien photometrisch genau aus-

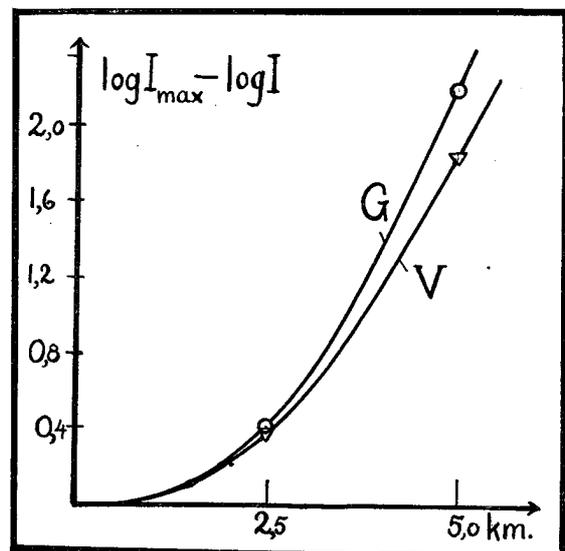


Fig. 8.

zuwerten. Eine Reihe von Aufnahmen sind gemacht, die alle die schnellere Abnahme des grünen Leuchtens im Vergleich zu dem violetten Leuchten mit der Höhe zeigen. Bild 2, Tafel II und Bild 1 und 2, Tafel III zeigen drei Doppelaufnahmen von Draperien. Von diesen soll die photometrische Auswertung von Bild 2, Tafel II mitgeteilt werden.

Die Aufnahme wurde am 8. Nov. 1931, 17^h 19^m 41^s M. G. Z., gemacht. Die Draperie erschien NE im Sternbild *Auriga*. Parallaxische Aufnahmen mit der Basis Tromsø—Tenness wurden gleichzeitig gemacht. Durch Auswertung dieser Aufnahmen nach bekannten Methoden wurden folgende Punkte bestimmt:

Punkt	h°	a°	r km	H km	D km
I_1	11°,3	180° + 56°,2	435	100	420
I_2	15°,35	53°,6	337,5	98	322
I_3	20°,85	54°,3	274,7	103	252
I_4	27°,1	53°,7	226,1	106,5	198
I_5	32°,1	49°,1	199,1	108	166
I_6	35°,0	45°,9	197	116,5	158

h = Höhe des Punktes über dem Horizont von Tromsø,
 a = Azimut des Punktes am Horizont von Tromsø,
 r = Entfernung des Punktes von Tromsø,
 H = Höhe des Punktes über die Erdoberfläche in km,
 D = Entfernung des Höhenfußpunktes von Tromsø in km.

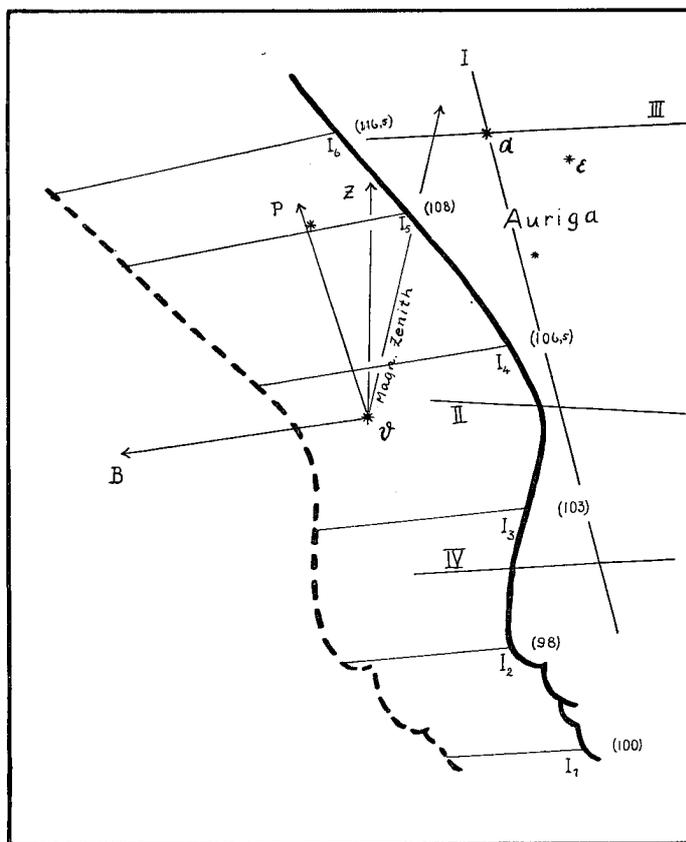


Fig. 9.

Die Höhenbestimmungen zeigen, daß die Höhe der unteren Grenze der Draperie in nördlicher Richtung etwas steigt, vgl. Fig. 9.

Vier Photometerschnitte wurden durch die Filteraufnahmen gelegt. Als Schwärzungswert 100 wurde die Maximalintensität auf Schnitt I gewählt. Tabelle 10 a, b, c und d

Schnitt I.

Tabelle 10 a.

Punkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
h°	17°,2	18°,5	19°,9	21°,2	22°,5	23°,5	24°,8	26°,0	27°,4	28°,6	29°,8	31°,1	32°,2	33°,5	34°,4	35°,6
I_g	79	91	96	100	100	100	97	88	74	61	55	54	50	45	39	34
I_v	84	93	97	100	101	101	97	93	77	66	66	61	59	57	56	49

Schnitt II.

Tabelle 10 b.

Punkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h°	24°,7	24°,6	24°,5	24°,4	24°,3	24°,2	24°,1	24°,0	24°,7
I_g	63	88	98	82	64	48	40	39	27
I_v	67	91	100	87	70	55	48	45	45

Schnitt III. Tabelle 10 c.

Punkt	1	2	3	4	5	6	7
h°	33°,5	33°,3	33°,0	32°,8	32°,7	32°,6	32°,7
I_g	-	-	24	34	42	38	31
I_v	18	24	40	49	57	54	45

Schnitt IV.

Tabelle 10 d.

Punkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
h°	18°,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I_g	63	97	107	105	94	88	79	68	57	50	46	43
I_v	64	101	114	112	96	96	87	77	73	66	64	63

geben die Intensitätswerte an ausgewählten Punkten der vier Photometerschnitte entlang an, und Fig. 10 zeigt die Intensitätsverteilung durch isophote dargestellt.

Fig. 10 zeigt den bei den Bogen wohlbekannten Effekt: das grüne Leuchten nimmt schneller ab als das violette Leuchten. Bei den Bogen war das Intensitätsverhältnis zwischen grün und violett im oberen Teil, wo die Intensitäten noch mäßige Werte zeigten, von der Größenordnung 0,8. Bei dieser Draperie kann das Intensitätsverhältnis im oberen Teil bedeutend kleiner werden — was damit zusammenhängt, daß die Draperie sich zu größeren Höhen erstreckt.

Für das genaue Studium der Intensitätsverteilung in Draperien wäre es sehr wünschenswert, Objektive mit größerer Brennweite zu benutzen, damit man mit größeren Bildern arbeiten könnte. Versuchsweise Filteraufnahmen im Herbst 1933 mit einem »Ernostar«-Objektiv, Brennweite 10,5 cm, Lichtstärke $F = 1 : 1,8$ — auf 9×12 cm-Platten — scheinen mit den jetzt eben erschienenen hochempfindlichen Platten durchführbar zu sein.

F. Aufnahmen von diffus leuchtenden Flächen.

Eine eigentümliche Nordlichtform, welche am Ende ungewöhnlich starker Nordlichtausladungen auftritt, sind die diffus leuchtenden Flächen. Die Lichtintensität ist klein und die Farbe scheint bei visueller Betrachtung mehr grau-grün als bei gewöhnlichen Nordlichtern. Filteraufnahmen dieser Flächen zeigen eine bedeutende Zunahme der Intensität in violett im Vergleich zu grün. Die Bildung dieser Flächen kann beim dauernden Abspielen von Nordlichtern an einem Abend mittels Filteraufnahmen verfolgt werden. Die ersten Filteraufnahmen von Bogen und Draperien frühabends besitzen keinen oder nur schwachen

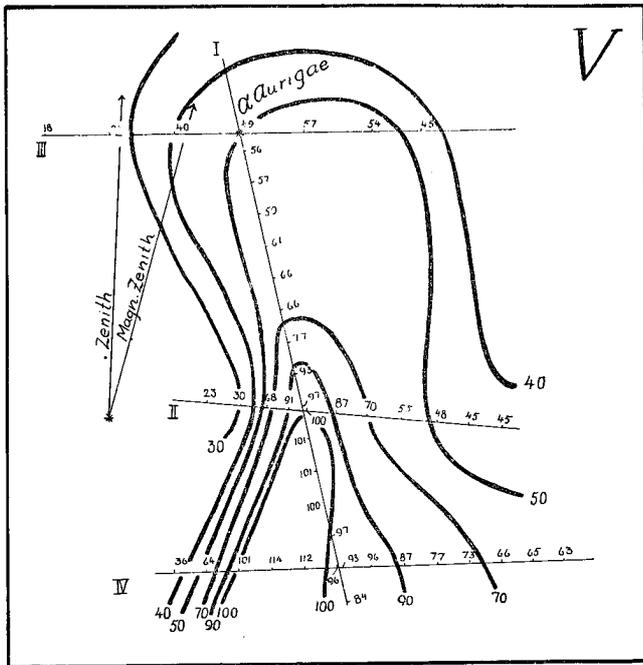


Fig. 10 a.

Hintergrund von Schleier. (Wie es aus den Zeitangaben der photometrisch ausgemessenen Aufnahmen von Bogen und Draperie hervorgeht, sind die Aufnahmen frühabends gemacht, bevor intensive Nordlichtausladungen erschienen). Mit der Zeit bekommen die *V-Aufnahmen* einen immer dunkler werdenden Hintergrund von Schleier, welcher an Abenden mit großen Ausladungen von Nordlicht die Filteraufnahmen *in violett* zur photometrischen Auswertung ungeeignet machen. Um 23^h bis 24^h gehört gewöhnlich die Bildung von Bogen und Draperien für einige Stunden auf, und zurück am Himmel stehen schwach leuchtende Flächen.

Bild 1, Tafel IV zeigt eine Aufnahme am 2. Februar 1932, von einem Bogen gegen

das Sternbild *Orion* aufgenommen. Der Bogen erschien am Südhimmel nachdem erst intensive Draperien am Himmel gespielt hatten. Die Aufnahme in grün zeigt nur einen schwachen Schleier, während man auf der Aufnahme in violett das Dach eines Häuschens und die Spitzen der Bäume gegen den gleichmäßig erhellten Hintergrund erblicken kann.

Bild 2, Tafel IV zeigt Filteraufnahmen einer diffus leuchtenden Fläche, am 18. Januar 1931 gegen Zenit aufgenommen. Die Aufnahmen zeigen die bedeutende Zunahme der Intensität in violett. — Die Höhe dieser Flächen beträgt nach den parallaktischen Messungen am Nordlichtobservatorium 100 bis 110 km — d. h. dieselbe Höhe wie die Bogen und Draperien. Die größere Intensität in *violett* dieser Nordlichter darf deshalb nicht als ein Verschiebungseffekt gedeutet, sondern muß als einen *Typeneffekt* angesehen werden¹.

¹ Nachdem die Filteraufnahmen die bedeutende Verstärkung der Lichtintensität in violett gezeigt hatten, wurde versucht, das Licht der diffus leuchtenden Flächen spektrographisch aufzunehmen. Die Spektren zeigten auch eine Verstärkung der Intensität der violetten Stickstoffbanden. Die Resultate der spektrographischen Aufnahmen sind von Vegard veröffentlicht — vgl. Geof. Publ. Vol. X. No. 4, S. 27—28.

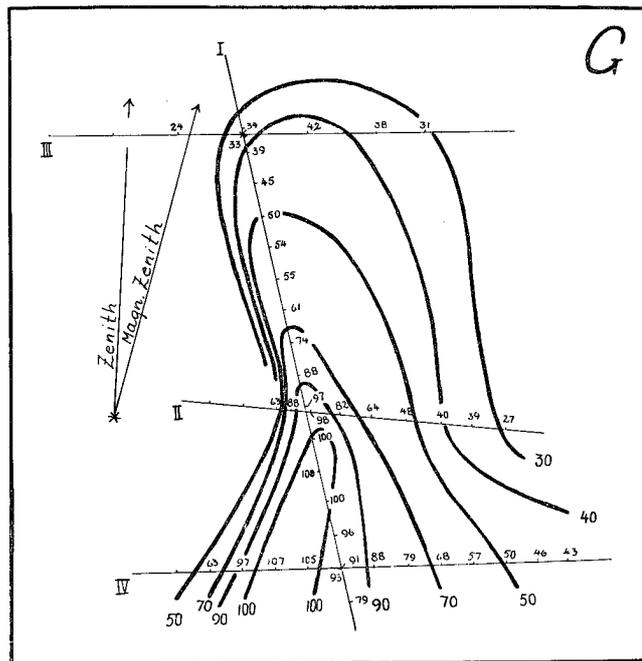


Fig. 10 b.

Es darf in dieser Verbindung erwähnt werden, daß nach Diesen und Krogness¹ dieser Nordlichttypus den größten Einfluß auf die Empfangbedingungen der Kurzwellen beim Radioverkehr ausüben. Die Signale einiger Stationen erscheinen verstärkt, während die Signale anderer Stationen völlig unterdrückt werden können — was auf starke Änderungen in der Elektronendichte der jonisierten Schichten, die in einer Höhe von 100—400 km sich befinden, deuten.

G. Aufnahmen von Nordlicht durch Objektivprisma.

Störmer² hat schon in 1913 versucht, die spektrale Zusammensetzung der individuellen Nordlichter zu studieren, indem er die Nordlichter durch Objektivprisma aufnahm. In seinem Bericht ist auch eine Aufnahme von einer Draperie durch Objektivprisma aufgenommen reproduziert. Da indessen die verschiedenen Farben sich auf dem Bilde einander überlagern, lassen sich keine Schlüsse auf die verschiedene Lichtverteilung in einzelnen Spektralgebieten ziehen.

Im Winter 1931—32 wurden Versuche gemacht, verschiedene Nordlichtformen durch Objektivprisma aufzunehmen. Um die Dispersion zu erhöhen, wurden Flüssigkeitsprismen mit Schwefelkohlenstoff- und Monobromnaphtaleinfüllung verwendet. Die Brechungsverhältnisse dieser Flüssigkeiten sind temperaturabhängig, sie sind deshalb nicht für Spektrographen geeignet. Für Objektivprismen, wo höchste Abbildungsschärfe nicht nötig ist, sind sie dagegen völlig brauchbar.

Um die Überlagerung der verschiedenen Farben auf dem Bilde zu entgehen, wurden die Nordlichtbogen durch einen 1,0 cm breiten Spalt photographiert, der in einer Entfernung von 25 cm vor dem Prisma gestellt war. Um die Krümmung der Spektrallinien zu vermeiden, wurde der Spalt in entgegengesetzter Richtung gekrümmt. Fig. 11 zeigt die Anordnung.

Bild 3, Tafel III zeigen einige Objektivprisma Aufnahmen von Bogen — durch den Spalt photographiert. Diese Aufnahmen zeigen nur die Bilder bei 5577 Å und 4278 Å mit einiger Intensität — 3914 Å wird stark von Monobromnaphtalein absorbiert.

Die reprozierten Aufnahmen zeigen deutlich die schnellere Abnahme der grünen Nordlichtlinie 5577 Å im Verhältnis zu der Stickstoffbande 4278 Å.

Da bei mäßigen Belichtungszeiten nur die stärksten Sterne als ausgezogene Striche auf der Platte erscheinen, ist das Objektivprisma vorläufig für quantitative Intensitätsmessungen wenig geeignet. Es ist indessen möglich, daß das Objektivprisma mit Spalt durch Verwendung von größerem Objektiv und Prisma ein geeignetes Mittel werden kann, um die Intensitätsverläufe innerhalb jeder Linie und jeder Bande senkrecht zur Richtung eines Nordlichtbogens zu studieren.

H. Zur Erklärung der Änderung der spektralen Zusammensetzung von grün und violett im Nordlicht.

Ein Versuch zur Erklärung der Intensitätsvariationen in grün und violett muß sich auf die gegenwärtigen Vorstellungen über den physikalischen Zustand in der Nordlichtregion stützen. Die grüne Nordlichtlinie 5577 Å wird gemäß der Deutung von Mc Lennan einem verbotenen Übergang im metastabilen Sauerstoffatom zugeschrieben — das violette Leuchten besteht hauptsächlich aus den drei stärksten Bändern der ersten negativen Bandengruppe des Stickstoffmoleküls. Die lichterregende Strahlung, die als Elektronen-

¹ Krogness: Short Report of various Researches regarding Aurora Borealis and allied Phenomena, Tromsø 1928, S. 4.

² Geof. Publ. Vol. I, No. 5, 1921, S. 11 und 156.

strahlung angenommen wird, folgt nach der mathematischen Theorie von Störmer geodätischen Kurven auf einem Kegel.

Die Änderungen in der spektralen Zusammensetzung des Lichtes der Strahlenbahn entlang müssen zwei Gruppen von Ursachen zugeschrieben werden: 1. Änderungen der Geschwindigkeit und Intensität der elektrischen Strahlen. 2. Änderungen des physikalischen Zustandes der Atmosphäre der Strahlenbahn entlang.

Das Elektronenbündel wird beim Durchgang der Atmosphäre dauernde Absorption erleiden. Die Absorption ist ein komplizierter Prozeß, der sich aus echter Absorption, d. h. Intensitätsabnahme, Streuung und Geschwindigkeitsverlust zusammensetzt. Man muß deshalb mit einem Elektronenbündel von kontinuierlich abnehmender Geschwindigkeit und Intensität rechnen.

Die Lichterregung eines Elektronenbündels mit kontinuierlich abnehmender Geschwindigkeit ist besonders durch eine Reihe Arbeiten von Hanle¹ klar gemacht. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind in kurzem: 1. Die Anregungsfunktion, d. h. die Lichtausbeute bei konstanter Stromstärke weist mit *abnehmender* Geschwindigkeit ein Maximum an Lichtintensität auf. 2. Linien Serie einer zeigen ähnlichen Verlauf der Anregungsfunktionen, d. h. jeder Term besitzt eine charakteristische Anregungsfunktion. 3. Linien verschiedener Serien zeigen typisch verschiedene Anregungsfunktionskurven.

Die Anregungsfunktion der Bandenspektren des Stickstoffes sind noch nicht untersucht — es ist doch kein Zweifel darüber, daß sie Anregungsfunktionen von demselben Charakter wie oben erwähnt haben.

Von der Sauerstofflinie 5577 \AA darf man wegen der speziellen Anregungsbedingungen im Laboratorium nicht von einer Anregungsfunktion in dem oben erwähnten einfachen Sinn sprechen. Eine der letzten Untersuchungen von Mc Lennan² zeigt indessen, daß die Intensität von 5577 \AA stark mit der Stromstärke im Entladungsrohr variiert — mit winziger Stromstärke kommt die Linie 5577 \AA als einzige Sauerstofflinie im Spektrum vor.

Neben der Wirkung der verschiedenen Form der Anregungsfunktionskurven von 5577 \AA und den Stickstoffbanden kommt die Wirkung der wechselnden Zusammensetzung

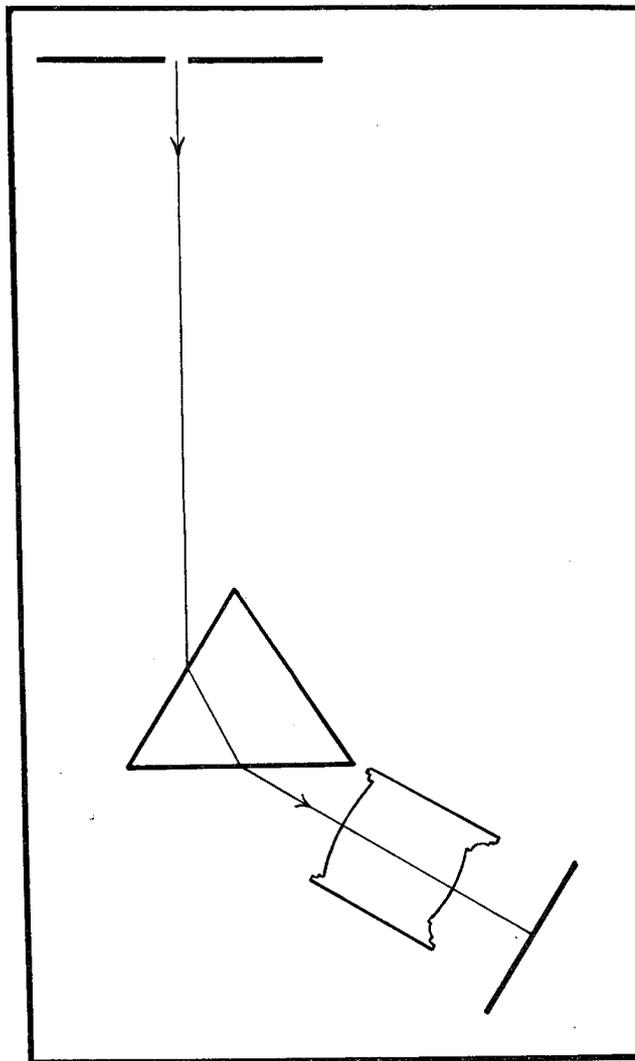


Fig. 11.

¹ Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, 1931, S. 285.

² Proc. Roy. Soc. London (A) 129, 41, 1930.

der Atmosphäre mit der Höhe. Berechnungen über die Zusammensetzung der Atmosphäre in der Nordlichtregion, die unter der Annahme von isothermem Gleichgewicht von einer bestimmten Höhe aus ausgeführt sind (Wegener, Jeans, Størmer), zeigen — neben allgemeiner Druckabnahme mit der Höhe — daß die Menge des leichteren Stickstoffs im Vergleich zu dem schwereren Sauerstoff mit der Höhe immer zunimmt. Obgleich diese Berechnungen nur als eine Überschlagsrechnung, wegen der unsicheren Annahmen über Temperatur und Mengenverhältnisse im Ausgangsniveau des isothermen Gleichgewichts, angesehen werden muß, muß die Zunahme des Stickstoffgehaltes mit der Höhe als sicher angesehen werden. Wahrscheinlich wird dies eine Zunahme der Intensität der Stickstoffbanden mit der Höhe hervorrufen.

Wie aus diesen Überlegungen hervorgeht, kann man die spezielle Form der Anregungskurven und die wechselnde Zusammensetzung der Atmosphäre als Erklärung für die Unterschiede im Intensitätsverlaufe von Intensitätsmaximum nach *oben* zu ansehen¹.

Schwieriger sind die Unterschiede im Intensitätsverlauf der G- und V-Aufnahmen von Intensitätsmaximum nach *unten* zu erklären. Die Geschwindigkeit der Elektronen im Intensitätsmaximum beim Nordlicht muß weit über die Geschwindigkeit liegen, die dem Maximum der Anregungsfunktion entspricht — das nur wenige Volt über der Anregungsspannung der entsprechenden Spektrallinie liegt. Falls man annimmt, daß die Anregungsfunktion der Linie 5577 Å vom Lichtmaximum nach oben steiler abfällt als die Anregungsfunktion der Stickstoffbanden, wäre es anzunehmen, falls die Anregungsfunktionen stetig verlaufen, daß vom Intensitätsmaximum nach *unten* das grüne Leuchten langsamer abnehmen sollte als das violette Leuchten. Bei den untersuchten Bogen ist das Entgegengesetzte der Fall. Wie man diesen Effekt ungezwungen erklären soll, scheint deshalb schwierig.

§ 2. Filteraufnahmen in rot und grün.

Die Steigerung der Rotempfindlichkeit der pankromatischen Platten während der zwei letzten Jahre hat es möglich gemacht, Filteraufnahmen von Nordlicht im Lichte des roten Spektralgebietes zu nehmen. Für das Filterphotographieren wurde Ilford Hyper-sensitive Pancromatic verwendet. Fig. 12 zeigt die Transparenz der verwendeten Filter im Vergleich zu dem Nordlichtspektrum.

Der Hauptanteil des roten Spektralgebietes im Nordlicht besteht aus zwei benachbarten Linien oder Banden bei 6550 Å und zwei Linien bei 6312 Å (6302 Å und 6364 Å)². Auf der reproduzierten Spektralaufnahme in Fig. 12 sind die Linien wegen der kleinen Dispersion nicht getrennt. Für genauere Wellenlängenangaben wird auf die unten erwähnte Mitteilung von Vegard und Verfasser verwiesen. Eine Reihe von Spektralaufnahmen in rot, die während des Winters 1932—33 aufgenommen wurden, zeigten, daß der Hauptanteil im roten Spektralgebiet bei »normalen« Nordlichtern immer aus diesen Liniengruppen besteht. Die zwei ersten Linien oder Banden gehören wahrscheinlich zu der ersten positiven Bänderserie des Stickstoffes³ — die Identifizierung der zwei letzten Linien ist unsicher, es ist nicht ausgeschlossen, daß sie in Serienzusammenhang mit der grünen Nordlichtlinie stehen⁴.

¹ Es darf in dieser Verbindung erwähnt werden, daß Vegard schon früher die Wirkung des Geschwindigkeitsverlustes auf die Änderung der spektralen Zusammensetzung der Lichtemission im Nordlicht hervorgehoben hat — und hat dies als Erklärungsmöglichkeit für die gelegentliche Rotfärbung der Strahlen vorgeschlagen, vgl. Vegard & Krogness: Geof. Publ. Vol. I. No. 1, 1920, S. 169.

² Vegard & Harang: Geof. Publ. Vol. X, No. 5, 1933, S. 10.

³ Vegard: Geof. Publ. Vol. IX, No. 11, 1932, S. 24.

⁴ L. A. Sommer: Naturwissenschaften, 18, 1930, S. 752.

Im Winter 1932—33 wurde eine Reihe von Doppelaufnahmen in rot und grün gemacht. Bild 4, Tafel III zeigt eine Doppelaufnahme von einer Draperie, am 19. Februar 1933 aufgenommen. Die Intensität an der unteren Spitze der Aufnahme in rot ist etwas intensiver als die Aufnahme in grün, was durch die selektive Wirkung der atmosphärischen Extinktion erklärt werden kann — sonst stimmen die Aufnahmen miteinander überein. Von Bogen sind einige Doppelaufnahmen vorhanden. Photometrische Auswertung der Bogenschnitte in rot und grün zeigten, daß die Intensitätsverteilung innerhalb der Meßgenauigkeit miteinander übereinstimmt.

Bei »normalen« gelb-grünen Nordlichtern scheint der rote und der grüne Spektralbereich dieselbe Intensitätsverteilung mit der Höhe zu haben. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß es innerhalb dem roten Spektralbereich Intensitätsvariationen der einzelnen Linien gibt.

Die gelegentlich auftretende Rotfärbung am unteren Rand eines Nordlichtes, die man visuell beobachten kann, wirkt auf die Filteraufnahmen in rot sehr stark. Bild 5, Tafel III zeigt eine Doppelaufnahme — am 19. Februar 1933 aufgenommen — von einer diffusen Zwischenform von Bogen und diffuser Fläche, wo plötzlich eine kurze Draperie mit tiefrotem unteren Rand sich bildete. Der große Unterschied in Intensität ist auf der Doppelaufnahme ersichtlich.

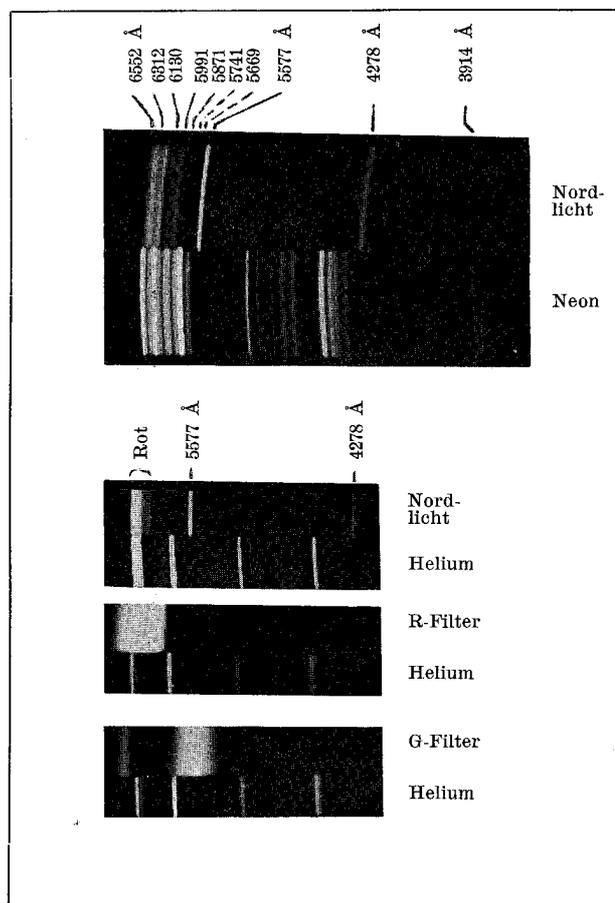


Fig. 12.

§ 3. Filteraufnahmen in ultrarot und ultraviolett.

Die Filteraufnahmen in ultrarot und ultraviolett sollen nur kurz erwähnt werden, da sie nicht zu brauchbaren Messungen verwendet werden können.

Von Bauer¹ wurden im Frühling 1932 die ersten Filteraufnahmen in ultrarot gemacht, die zur Entdeckung des ultraroten Spektralgebietes führten. Spektralaufnahmen, die kurz nachher gemacht und von Vegard² veröffentlicht wurden, zeigten, daß die Lichtemission einer Reihe von Banden, die wahrscheinlich dem Stickstoffmolekül gehören, zugeschrieben werden muß.

Die ultrarotempfindlichen Platten sind, außerhalb ultrarot, nur für blau und für Licht nach kürzeren Wellenlängen empfindlich. Einige Doppelaufnahmen in ultrarot und blauviolett sind gemacht. Diese Aufnahmen sind indessen nicht für quantitativen Ver-

¹ Naturwissenschaften 20, 1932, S. 287.

² Naturwissenschaften 20, 1932, S. 268.

gleich geeignet, erstens sind die Ultrarotplatten hartarbeitend und grobkörnig, und zweitens gibt es einen deutlichen Unterschied im Verlauf der Schwärzungskurven in ultrarot und violett.

Filteraufnahmen in ultraviolett wurden im Winter 1931—32 mit einem Quarzobjektiv mit Lichtstärke $F=1:1,8$ — der mit einem ultraviolettdurchlässigen Filter versehen war — gemacht. Das Objektiv war auf dem Observatorium zusammengesetzt. Die Abbildung war indessen beim Quarzobjektiv nicht scharf — außerdem trat auf allen Aufnahmen Schleier auf, was Fehler beim Objektiv zugeschrieben werden muß. Auf Bild 2, Tafel II ist eine gleichzeitige Aufnahme in ultraviolett von der Draperie, die auf Seite 19—20 behandelt ist, wiedergegeben. Die Lichtverteilung in ultraviolett scheint der Lichtverteilung in blauviolett nahezu zu liegen.

§ 4. Untersuchung der Polarisation des Nordlichtes.

Schon frühzeitig ist nach einer möglichen Polarisation beim Nordlicht gesucht worden, und zwar mit negativem Resultat. Die visuellen Beobachtungen beziehen sich auf das Licht von 5577 \AA . Nach den in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchungen über die Polarisation des von einem Elektronenstrahl erregten Leuchtens wäre es nicht ausgeschlossen, daß bei den violetten Stickstoffbanden eine Polarisation auftreten könnte.

Um eine mögliche Polarisation nachzuweisen, wurde im Winter 1932—33 versucht, das Nordlicht durch Nicolsche Prismen zu photographieren. Vor zwei identische Objektive, die in einer Kamera eingebaut waren, wurden zwei identische Nicolsche Prismen gestellt. Hinter den Nicholschen Prismen wurden zwei gelb-grüne, bzw. zwei violette Filter gestellt. Die Prismen wurden mit ihren Schwingungsebenen senkrecht zueinander orientiert. Die auf die Platte aufgenommenen Doppelbilder werden dann von Lichtwellen erzeugt, die senkrecht zueinander schwingen. Diese Anordnung war wegen der kleinen Öffnung der verwendeten Nicols ziemlich lichtschwach, es gelang aber damit einige Aufnahmen von sehr intensiven Draperien zu machen. Fig. 13 zeigt die Anordnung schematisch, Bild 3, Tafel IV zeigt eine Doppelaufnahme einer Draperie im Lichte der violetten Stickstoffbanden. Die Doppelaufnahmen wurden visuell miteinander verglichen, ein merkbarer Intensitätsunterschied konnte nicht nachgewiesen werden.

Wegen der Lichtschwäche dieser Anordnung wurde eine andere Anordnung verwendet, die sich als bedeutend lichtstärker und genauer erwies. Vor das Objektiv wurde ein Wollastonprisma aus Kalkspat gestellt. In einer Entfernung von 20 cm vor dem Prisma befand sich ein Schirm mit einem 1,5 cm breiten Spalt. Fig. 14 zeigt die Anordnung schematisch. Fällt ein Bündel unpolarisierten Lichtes mit der Intensität I_0 durch den Spalt auf das Prisma, so sind die Intensitäten der beiden austretenden, senkrecht zueinander polarisierten Bündel:

$$I_{\text{vertikal}} = \alpha \cdot \frac{I_0}{2}, \quad I_{\text{horizontal}} = \beta \frac{I_0}{2}.$$

α und β setzen sich aus den Durchlässigkeitskoeffizienten des ordentlichen und außerordentlichen Strahles im Kalkspat zusammen. Da die Durchlässigkeitskoeffizienten nur wenig voneinander verschieden sind, darf man mit großer Annäherung $\alpha = \beta$ setzen.

Mit diesem Apparate wurden vertikale Schnitte von ruhigen Nordlichtbogen aufgenommen. Das Wollastonprisma wurde abwechselnd nach jeder Aufnahme um 180° gedreht, wodurch eine mögliche Asymmetrie der Intensitäten der zwei senkrecht zueinander polarisierten Streifen leichter entdeckt werden konnte.

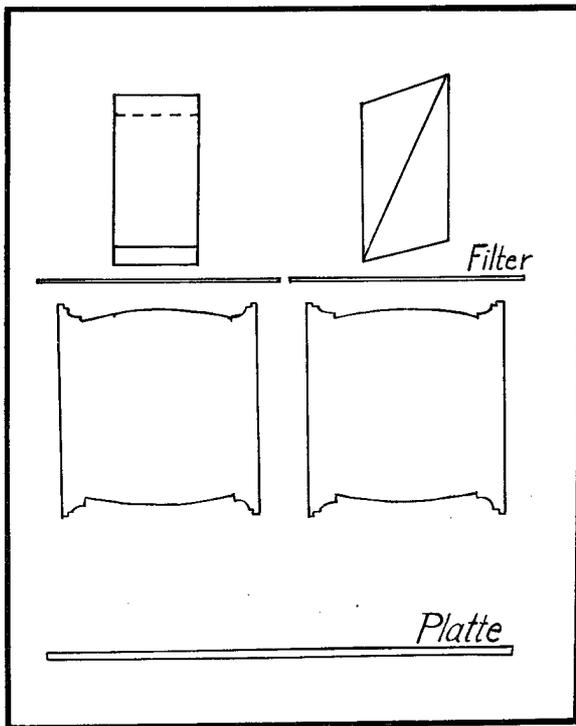


Fig. 13.

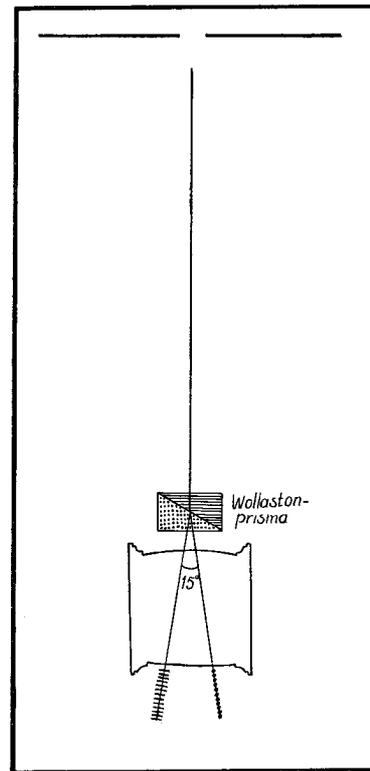


Fig. 14.

Bild 4 und 5, Tafel IV zeigen einen homogenen Nordlichtbogen und einen Schnitt desselben, durch das Wollastonprisma im Lichte der violetten Stickstoffbänder photographiert. Der Schnitt geht über den Stern α Lyrae. Die Intensitäten der zwei Streifen wurden visuell miteinander verglichen. Ein merkbarer Intensitätsunterschied der zwei zueinander polarisierten Streifen konnte nicht nachgewiesen werden.

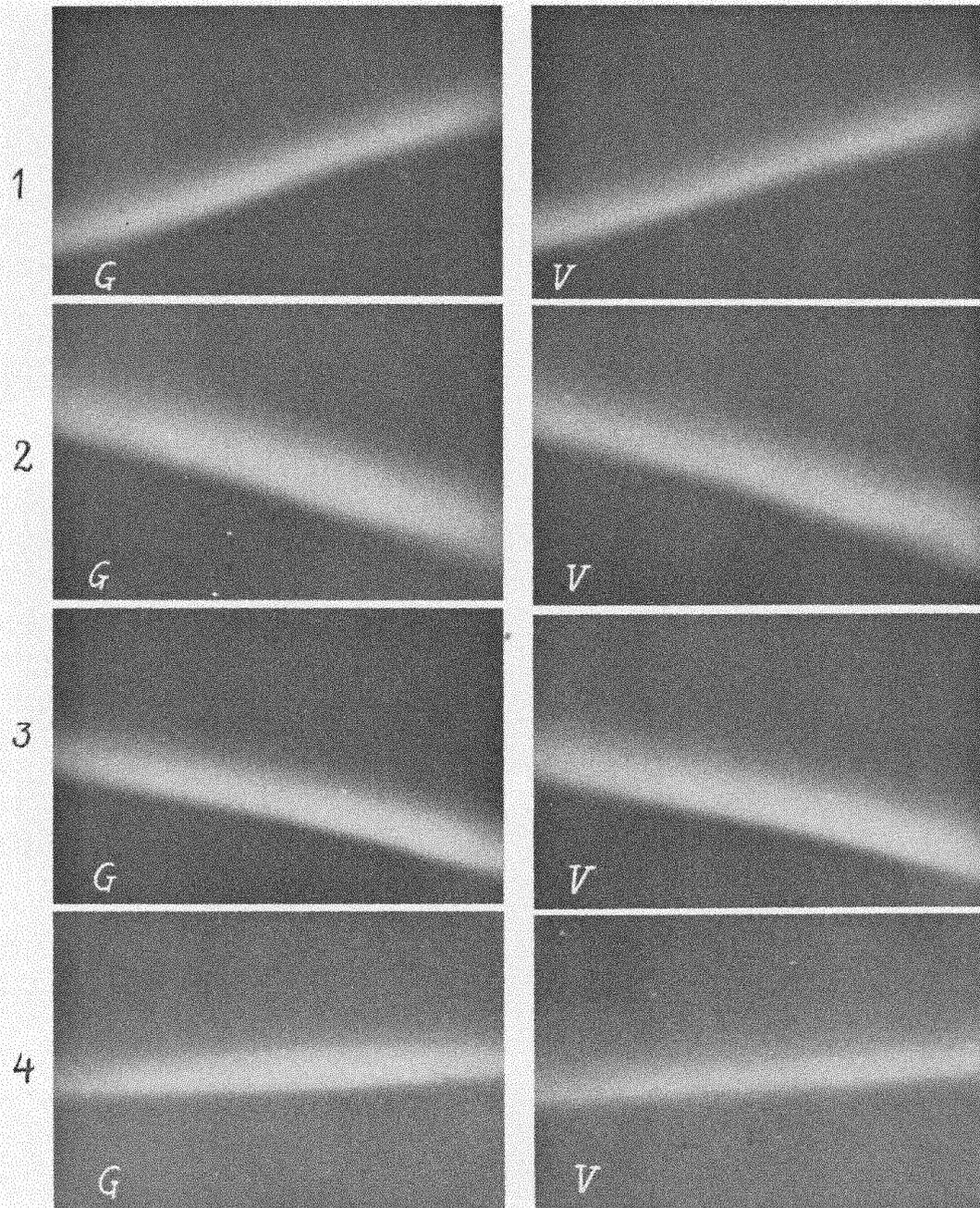


Bild 1, 2, 3 und 4 — Filteraufnahmen in *grün* und *blauviolett* von homogenen Nordlichtbogen.

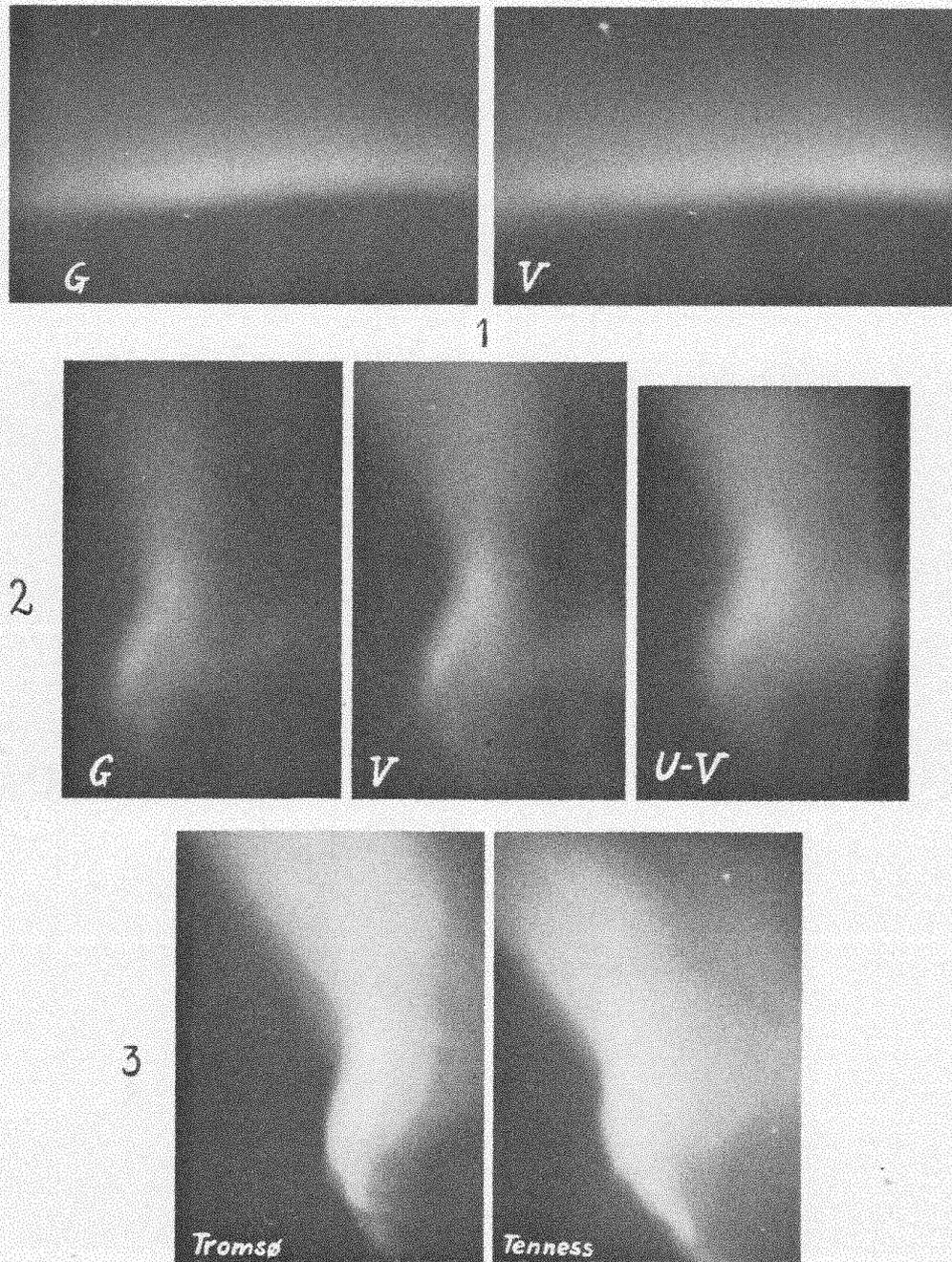


Bild 1 — Filteraufnahmen in grün und blauviolett von einem homogenen Nordlichtbogen.
• 2 — Filteraufnahmen in grün, blauviolett und ultraviolett von einer Draperie;
• 3 — die gleichzeitig gemachten parallaxischen Aufnahmen von Tromsø und Tenness aus aufgenommen.

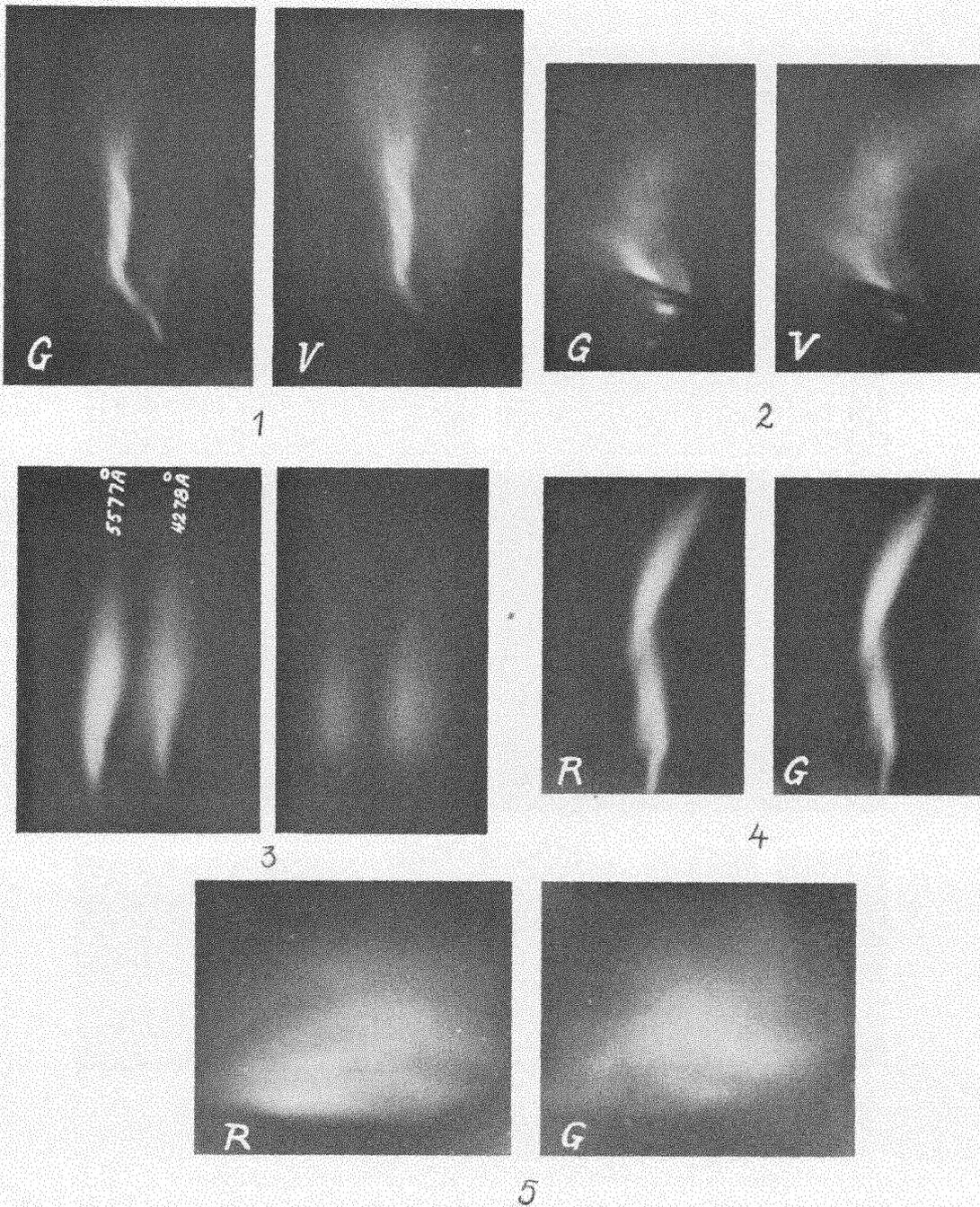


Bild 1 und 2 — Filteraufnahmen in *grün* und *blauviolett* von Draperien.
• 3 — zwei Objektivprisma-Aufnahmen von einem vertikalen Schnitt durch einen Nordlichtbogen.
• 4 — Filteraufnahmen in *rot* und *grün* von einer Draperie.
• 5 — Filteraufnahmen in *rot* und *grün* von einer Draperie mit rotem unteren Rand.

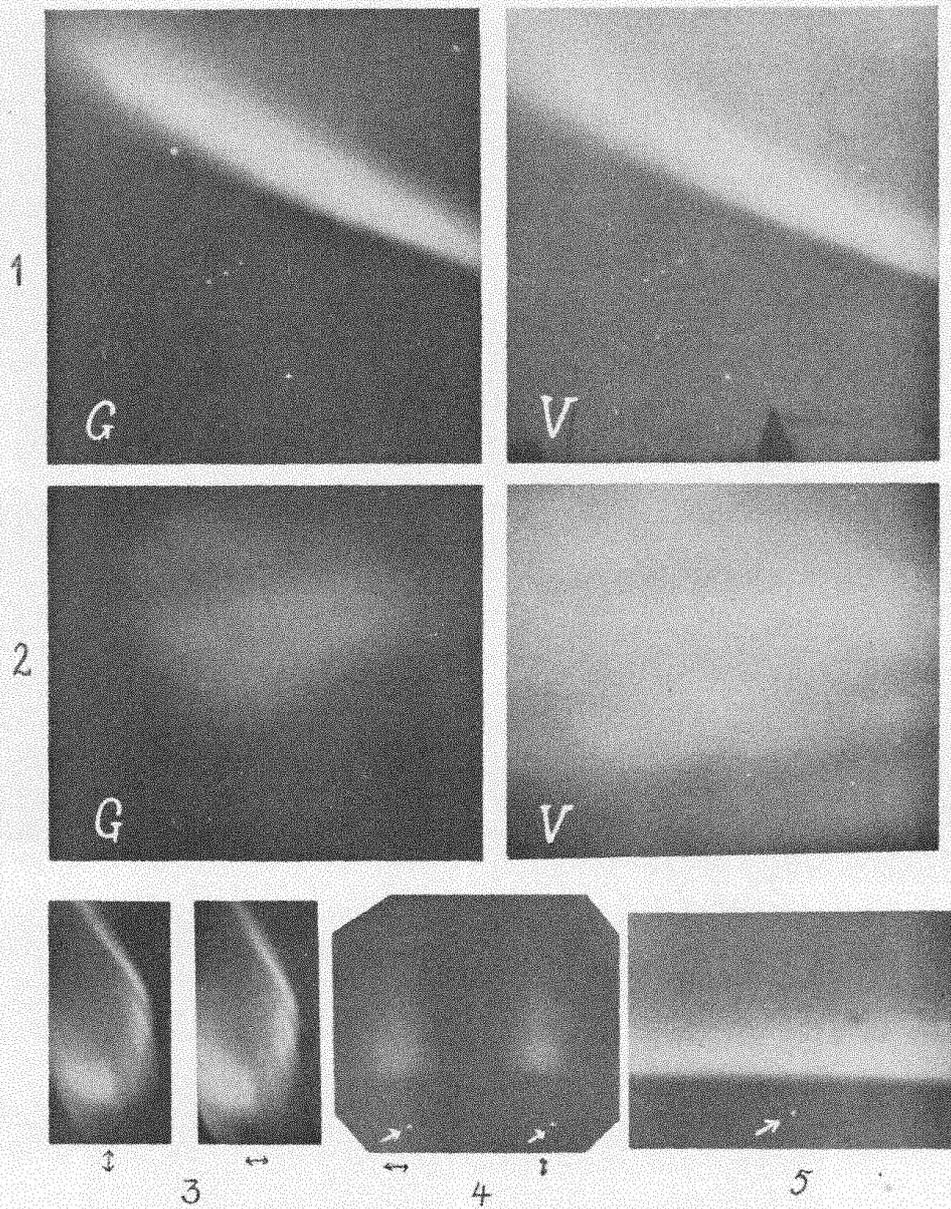


Bild 1 — Filteraufnahmen in *grün* und *blauviolett* von einem Bogen.
 * 2 — Filteraufnahmen in *grün* und *blauviolett* von einer diffus leuchtenden Fläche.
 * 3 — Doppelaufnahme von einer Draperie — durch zwei senkrecht zueinander gestellte Nicolsche Prismen aufgenommen.
 * 4 und 5 — Aufnahme von einem vertikalen Schnitt eines Bogens — durch ein Wollastonprisma photographiert.

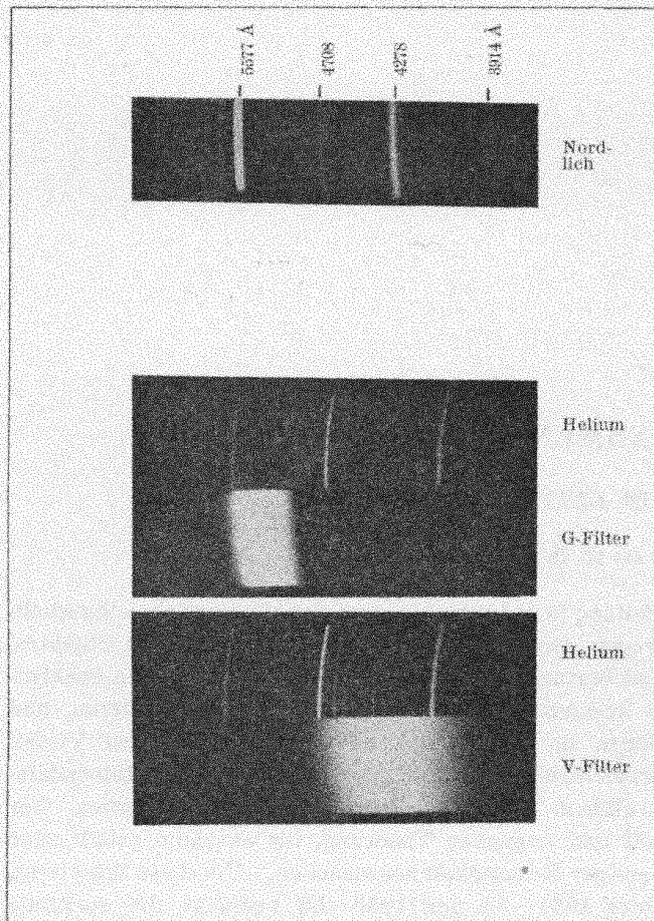


Fig. 1.

benutzt — Brennweite 50 mm, Lichtstärke $F = 1:1,5$. Beide Objektive wurden in einer Nordlichtkamera eingebaut, die Aufnahmen in grün und blauviolett sind deshalb auf dieselbe Platte aufgenommen. Im Winter 1932—33 wurden auch zwei Röntgen-Kino-Objektive von der Astro-Gesellschaft, Berlin, benutzt. Brennweite 50 mm, Lichtstärke $F = 1:1,25$.

Da die Belichtungszeit der G-Aufnahme ungefähr die doppelte der Belichtungszeit der V-Aufnahme ist, wurde die Lichtstärke des Objectives für die Aufnahme in violett durch die Blende auf $1:2,2$ bis $1:2,5$ reduziert. Die Aufnahmen in grün wurden mit voller Öffnung gemacht. Dadurch wurde erzielt, daß die Schwärzung im Lichtmaximum in grün gewöhnlich etwas größer herauskam als in violett, während die Schwärzung in violett im oberen Teil der Nordlichter etwas größer war als in grün. Ein möglicher Einfluß der verschiedenen Blendenöffnungen auf die Intensitätsverteilung im photographischen Felde wird später behandelt.

Wegen der Lichtschwäche dieser Anordnung konnten nur die intensivsten und verhältnismäßig ruhigen Formen vom Nordlicht photographiert werden. Bild 2 und 3, Tafel II zeigen Filteraufnahmen von einer Draperie und die gleichzeitig gemacht parallelen Aufnahmen. Die Belichtungszeiten der beiden Reihen von Aufnahmen sind

graphieren durch ein violettes Filter genügte schon die Hälfte der Belichtungszeit mit gelbem Filter, trotzdem die Isochrom-Platte nicht sehr violett empfindlich ist.

Die photographisch wirksame Linie in gelbgrün ist hauptsächlich die grüne Nordlichtlinie 5577 Å, — in blau und violett eine Anzahl Stickstoffbanden. Die intensivsten sind die drei Banden 4708 Å, 4278 Å und 3914 Å, die der ersten negativen Serie des Bandenspektrums des Stickstoffmoleküls (N_2^+) zugehören¹.

Zur Isolierung der gelbgrünen Nordlichtlinie wurde ein Wratten-Gelatine-Filter No. 16 benutzt, zur Isolierung der Stickstoffbanden wurde ein Wratten-Gelatine-Filter No. 32 gewählt. Fig. 1 zeigt das Nordlichtspektrum und das Spektrum einer Glühlampe durch das grüne und das violette Filter aufgenommen.

Als Objektive wurden zwei identische Kino-Plasmat-Objektive von Hugo Meyer, Görlitz,-

¹ Vgl. L. Vegard: Handb. d. Exp. Phys. Bd. XXV, 1. Teil, S. 445.

sind mit einem kleinen lichtstarken Spektrograph aufgenommen, der dauernd während der Nacht automatisch jede Stunde, mit einer Belichtungszeit von einer Stunde, das Spektrum von einem eventuellen Nordlicht am Nordhimmel photographiert¹. Spektrum *a* zeigt eine Aufnahme mit normaler Intensitätsverteilung im Spektrum, aufgenommen am 24. Nov. 1930. Spektrum *b* zeigt eine fünfständige Aufnahme von Nordlicht, am 28. Nov. 1930 aufgenommen, das sich hinter den Wolken tief am Horizont bei leichtem Schneefall abspielt. Die starke Schwächung der violetten Bänder im Vergleich zur Nordlichtlinie im Spektrum *b* wird durch die starke Extinktion in violett erklärt.

Für Licht der Wellenlänge λ ist die Extinktion des Lichtes im Wegelement dm diesem und der Intensität des einfallenden Lichtes J_λ proportional:

$$dJ_\lambda = -a_\lambda \cdot J_\lambda \cdot dm$$

$$\text{d.} J_{\lambda_m} = J_{\lambda_0} \cdot e^{-a_\lambda \cdot m}. \quad (1)$$

Der Extinktionskoeffizient a_λ hängt von der Einheit ab, in der die Luftmasse m gemessen wird. Für Zenitdistanz $z = 0$ wird $m = 1$ gesetzt. Die Werte von m für andere Zenitdistanzen sind in den Tafeln von Bemporad² angegeben.

Gleichung (1) wird gewöhnlich in folgender Form geschrieben:

$$J_{\lambda_m} = J_{\lambda_0} q^m, \quad (2)$$

in welcher $q = e^{-a_\lambda}$ gesetzt wird. q_λ wird der Transmissionskoeffizient genannt. Für das vom Zenit einfallende Licht gibt der Transmissionskoeffizient den Bruchteil an, der vom einfallenden Lichte die Erde erreicht. Bei den

Filteraufnahmen ist das wirksame Licht bei den G-Aufnahmen 5577 Å, — bei den V-Aufnahmen besteht das photographisch wirksame Licht hauptsächlich aus den drei Stickstoffbänden 4709 Å, 4278 Å und 3914 Å. In violett sollte man deshalb mit drei verschiedenen Werten von Transmissionskoeffizienten rechnen — wir machen indessen keinen merklichen Fehler, wenn wir statt dieser drei Werte einen mittleren Wert benutzen, und zwar ist hier ein Transmissionskoeffizient der Wellenlänge 4110 Å entsprechend angewandt worden.

Die Werte der Transmissionskoeffizienten hängen im hohen Grad von der Reinheit der Luft und der Höhe des Ortes über dem Meere ab. Tabelle 1 gibt die Werte der Transmissionskoeffizienten für 5577 Å und 4110 Å — auf einigen Observatorien gemessen.

Tabelle 1.

q_λ	Washington ³ 10 m	Mt. Wilson ³ 1780 m	Mt. Whithney ³ 4420 m	Potsdam ³ 100 m	Göttingen ⁴
q_{5577}	0,740	0,878	0,920	0,818	0,841
q_{4110}	495	718	788	(630)	614

¹ Terr. mag. 37, S. 167, 1932.

² Vgl. z. B. Handb. d. Astrophys. Bd. II/2. S. 268. Berlin 1931.

³ Handb. d. Astrophys. Bd. II/2. S. 199. Berlin 1931.

⁴ Nova Acta d. Leopold. Car. Ak. Halle 1915.

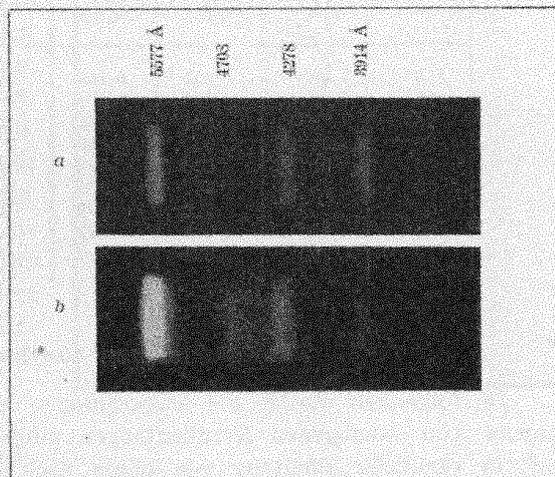


Fig. 3.

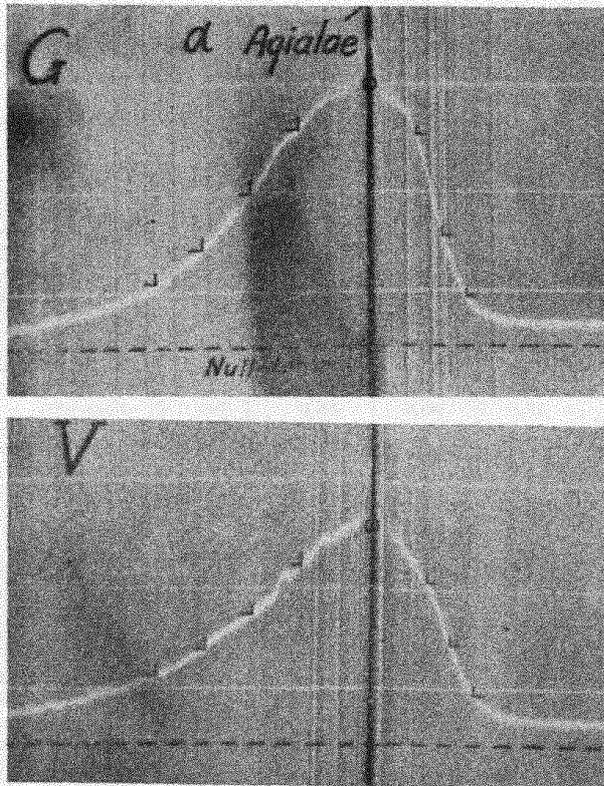


Fig. 7.

Auf den Registrierstreifen sieht man ferner, daß das violette Leuchten von Intensitätsmaximum nach oben zu nicht nur ein anderes Abklingungsgesetz als das grüne Leuchten hat, sondern daß das violette Leuchten sich merklich *höher* erstreckt als das grüne Leuchten. Vom Intensitätsmaximum nach unten zu ist dagegen kein merkbarer Unterschied in der Eindringungstiefe des grünen und violetten Leuchtens — die Photometerkurven der G- und V-Aufnahmen steigen beide innerhalb der Meßgenauigkeit von demselben Punkte an.

Es wäre von Interesse zu untersuchen, ob der Intensitätsabfall nach unten durch einen einfachen mathematischen Ausdruck sich formal darstellen läßt. Das einfachste wäre, den Intensitätsabfall als eine angenäherte exponentielle Abnahme anzunehmen. Die Exponentialformel lautet bekanntlich:

$$I = I_{\max} \cdot e^{-a \cdot x},$$

I_{\max} ist die Intensität im Lichtmaximum, die wir zu 100 gesetzt haben, I ist die Intensität in der Entfernung von x km vom Intensitätsmaximum nach unten hin gerechnet. Die Exponentialformel kann auch in folgender Weise geschrieben werden:

$$\log I_{\max} - \log I = a \cdot x \cdot \log e,$$

d. h. die Differenz ist eine lineare Funktion von x . In Fig. 8 sind die Werte von $\log I_{\max} - \log I$ als eine Funktion von x graphisch dargestellt. Die Mittelwerte der 6 Bogenschnitte in Tabelle 9 sind benutzt. Wie aus Fig. 8 ersichtlich ist, läßt die Intensitätsabnahme sich nicht durch eine Exponentialformel darstellen, indem die Intensitäten wesentlich *schneller* abnehmen. Eine Durchrechnung der Intensitätsabnahmen sämtlicher Bogen zeigt, daß dies immer der Fall ist.

E. Aufnahmen von Draperien.

Wegen der unregelmäßigen Form dieser Erscheinungen ist es schwierig, die Draperien photometrisch genau aus-

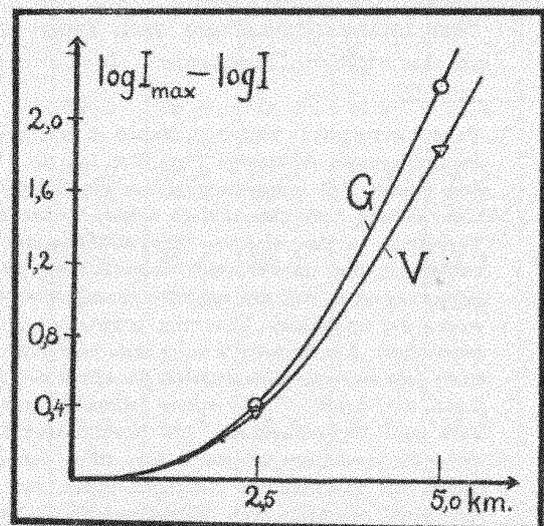


Fig. 8.

Im Winter 1932—33 wurde eine Reihe von Doppelaufnahmen in rot und grün gemacht. Bild 4, Tafel III zeigt eine Doppelaufnahme von einer Draperie, am 19. Februar 1933 aufgenommen. Die Intensität an der unteren Spitze der Aufnahme in rot ist etwas intensiver als die Aufnahme in grün, was durch die selektive Wirkung der atmosphärischen Extinktion erklärt werden kann — sonst stimmen die Aufnahmen miteinander überein. Von Bogen sind einige Doppelaufnahmen vorhanden. Photometrische Auswertung der Bogenschnitte in rot und grün zeigten, daß die Intensitätsverteilung innerhalb der Meßgenauigkeit miteinander übereinstimmt.

Bei »normalen« gelb-grünen Nordlichtern scheint der rote und der grüne Spektralbereich dieselbe Intensitätsverteilung mit der Höhe zu haben. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß es innerhalb dem roten Spektralbereich Intensitätsvariationen der einzelnen Linien gibt.

Die gelegentlich auftretende Rotfärbung am unteren Rand eines Nordlichtes, die man visuell beobachten kann, wirkt auf die Filteraufnahmen in rot sehr stark. Bild 5, Tafel III zeigt eine Doppelaufnahme — am 19. Februar 1933 aufgenommen — von einer diffusen Zwischenform von Bogen und diffuser Fläche, wo plötzlich eine kurze Draperie mit tiefrotem unteren Rand sich bildete. Der große Unterschied in Intensität ist auf der Doppelaufnahme ersichtlich.

§ 3. Filteraufnahmen in ultrarot und ultraviolett.

Die Filteraufnahmen in ultrarot und ultraviolett sollen nur kurz erwähnt werden, da sie nicht zu brauchbaren Messungen verwendet werden können.

Von Bauer¹ wurden im Frühling 1932 die ersten Filteraufnahmen in ultrarot gemacht, die zur Entdeckung des ultraroten Spektralgebietes führten. Spektralaufnahmen, die kurz nachher gemacht und von Vegard² veröffentlicht wurden, zeigten, daß die Lichtemission einer Reihe von Banden, die wahrscheinlich dem Stickstoffmolekül gehören, zugeschrieben werden muß.

Die ultrarotempfindlichen Platten sind, außerhalb ultrarot, nur für blau und für Licht nach kürzeren Wellenlängen empfindlich. Einige Doppelaufnahmen in ultrarot und blauviolett sind gemacht. Diese Aufnahmen sind indessen nicht für quantitativen Ver-

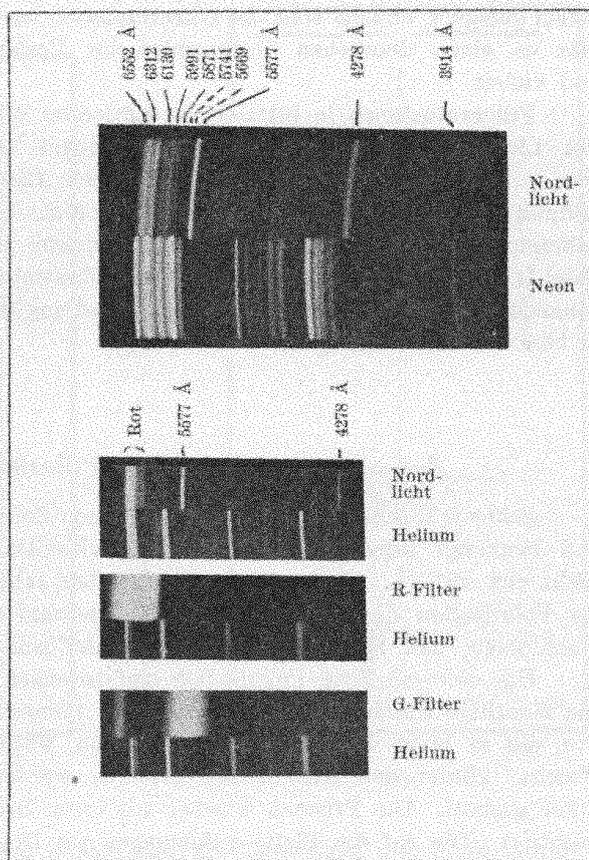


Fig. 12.

¹ Naturwissenschaften 20, 1932, S. 287.

² Naturwissenschaften 20, 1932, S. 268.