

Beobachtungen der Dämmerungsbögen und des Zodiakallichtes in Grönland

Von

Alfred Wegener, Graz

k. M. d. Akad. Wiss.

(Mit 3 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 20. Mai 1926)

Im Winter 1912/13 habe ich gemeinsam mit J. P. Koch an der Station »Borg« in Nordost-Grönland ($\varphi = 76^{\circ} 41' \text{ N}$, $\lambda = 22^{\circ} 25' \text{ westlich Greenwich}$, Seehöhe 62 *m*) Beobachtungen über das Verschwinden der verschiedenen Dämmerungsbögen und über das Zodiakallicht ausgeführt. Obwohl diese Beobachtungen in den wissenschaftlichen Ergebnissen von Kochs Expedition ausführlich veröffentlicht werden sollen, möchte ich doch an dieser Stelle gesondert über sie berichten, weil sie einen Beitrag zu der gegenwärtig sehr aktuellen Frage nach der Natur der obersten Atmosphärenschichten liefern, und weil andererseits noch nicht abzu-
sehen ist, wann die ausführliche Veröffentlichung der wissenschaftlichen Ergebnisse von Kochs Expedition wird erscheinen können.

Nach Sonnenuntergang wird die Atmosphäre über dem Beobachter noch durch direkte Sonnenstrahlen erhellt. Je tiefer die Sonne unter den Horizont herabsinkt, auf um so höhere Luftschichten beschränkt sich diese Erhellung, wobei sie wegen der dünneren Beschaffenheit derselben immer schwächer wird. Obwohl diese Lichtabnahme kontinuierlich erfolgt, läßt sich bei genauer Prüfung doch eine Reihe von »Dämmerungsbögen« von immer geringerer Helligkeit erkennen, welche nacheinander, der Sonne folgend, zum Horizont hinabsinken. Da man für jede Sonnentiefe den Gang der Strahlen berechnen kann, läßt sich aus dem Zeitpunkt des Verschwindens eines solchen Dämmerungsbogens ermitteln, welche Höhenschichten es waren, durch deren Beleuchtung er erzeugt wurde. So hat man bisher einen »leuchtenden Dämmerungsbogen« festgestellt, der bei einer Sonnendepression von 8° verschwindet und daher offenbar die durchstrahlte Troposphäre (bis zur Höhe von etwa 11 *km*) darstellt, sowie namentlich den sogenannten »Hauptdämmerungsbogen«, der bei 16 bis $17\frac{1}{2}^{\circ}$ Sonnendepression verschwindet und auf die Beleuchtung der Schichten bis zu etwa 70 *km* Höhe zurückzuführen ist. Diese letztere Höhe ist deswegen von besonderem Interesse, weil sie dieselbe ist, in welcher nach dem Dalton'schen Diffusionsgesetz die Zusammensetzung des atmosphärischen Gasgemisches sich entscheidend ändern muß und der Übergang von der Stickstoffsphäre zur Sphäre der leichten Gase anzunehmen ist.

Aber auch nach dem Versinken des Hauptdämmerungsbogens ist der Himmel über dem Ort der Sonne noch nicht ganz dunkel. See hat in Washington beobachtet, daß dann noch immer ein schwacher Lichtschimmer von bläulicher Färbung erkennbar war, dessen Verschwinden auf eine Höhe der reflektierenden Luftschichten von etwa 214 *km* führte.

Unsere Station Borg eignete sich besonders gut zur Beobachtung gerade der letzten, lichtschwachen Teile dieser Dämmerungserscheinungen, weil im Umkreise von mehr als 1000 *km* wegen des Fehlens menschlicher Ansiedlungen jede Störung durch künstliche Lichtquellen ausgeschlossen war. Auch erleichterte die ständige Dunkelheit der Winternacht und die Langsamkeit, mit der die Sonne ihren Depressionswinkel unter dem Horizont änderte, die Anpassung der Augen und die Bildung einer klaren Auffassung des Gesehenen, was bei diesen äußerst lichtschwachen, an der Grenze des Wahrnehmbaren liegenden Erscheinungen von großem Wert ist. Nur das Polarlicht war störend, und wenn es auftrat, mußte die Beobachtung abgebrochen werden. Eine Verwechslung mit demselben war aber stets ausgeschlossen, schon durch die gelbgrüne Farbe des Polarlichtes.

Zur Orientierung sei vorweggenommen, daß in Borg nach Verschwinden des Hauptdämmerungsbogens noch zwei weitere Dämmerungsbögen beobachtet wurden, nämlich der bläuliche »Nachdämmerungsbogen« und der silberne »letzte Dämmerungsbogen«. Nur bei dem Nachdämmerungsbogen konnte der Zeitpunkt (und also der Sonnenstand) des Verschwindens beobachtet werden. Der letzte Dämmerungsbogen stand dagegen auch im Mittwinter um Mitternacht noch etwa 20° hoch über dem Horizont, so daß jedenfalls außerordentlich hohe Luftschichten an seiner Entstehung beteiligt sein müssen. Von besonderem Interesse war sein Verhältnis zu der flach am Horizont liegenden Pyramide des Zodiakallichtes, das hier wohl zum erstenmal in so hohen Breiten beobachtet worden ist.

Die Beobachtungsmethode.

Wegen der Langsamkeit der Sonnenhöhenänderung war es natürlich nicht möglich, den ganzen Verlauf der Dämmerung ohne Unterbrechung im Freien abzuwarten. Die beiden Beobachter gingen vielmehr in etwa halbstündigen Zwischenräumen ins Freie und blieben dort nur so lange, bis das Auge sich den Lichtverhältnissen völlig angepaßt hatte und sie zu einer sicheren Auffassung des Gesehenen gekommen waren. Dann wurde diese Auffassung jedesmal sofort mit der zugehörigen mittleren Ortszeit zu Papier gebracht und meist erst nach Abschluß der ganzen Beobachtungsserie die Zeiten des Verschwindens der in Frage kommenden Dämmerungsbögen interpoliert. Ein Beispiel möge dies erläutern:

5. Dezember 1912, nachmittags.

- Zirka 4^h 10^m Verschwinden des Hauptdämmerungsbogens.
 4 45 Nachdämmerungsbogen noch vorhanden.
 5 00 Desgleichen.
 5 45
 6 05 Nachdämmerungsbogen wohl noch nicht ganz verschwunden.
 6 25 Desgleichen.
 6 40 Nachdämmerungsbogen wohl verschwunden.
 7 00 Desgleichen.
 7 20
 7 45
 8 10 » Im Azimut der Sonne aber immer noch Helligkeit.
 9 00 Desgleichen.

Aus dieser Reihe wurde dann das Verschwinden des Hauptdämmerungsbogens zu 4^h 10^m und dasjenige des Nachdämmerungsbogens zu 6^h 30^m entnommen. Da die ausführliche Mitteilung des Wortlautes dieser Aufzeichnungen kein Interesse besitzt, werden im folgenden nur diese nachträglich abgeleiteten Zeiten des Verschwindens mitgeteilt werden. Nur für den letzten Dämmerungsbogen und das Zodiakallicht, die ja überhaupt nicht verschwanden, wird der Wortlaut der Aufzeichnungen mitgeteilt werden.

Aus der mittleren Ortszeit des Verschwindens wurde durch Anbringung der Zeitgleichung der Stundenwinkel t der Sonne und aus ihm die Sönnenhöhe nach der Formel

$$\sin h_s = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

berechnet. Die Refraktion wurde, wie meist üblich, nicht berücksichtigt, doch wurde, um ihre Einwirkung abzuschätzen, die numerische Rechnung auch noch in der Weise durchgeführt, daß der Depressionswinkel der Sonne um den doppelten Betrag der astronomischen Horizontalrefraktion korrigiert wurde. Aus der Sonnen-depression wurde dann die Höhe der durchstrahlten Luftschichten berechnet. Pernter-Exner¹ geben hierfür die Formel (gültig für den Zeitpunkt des Verschwindens):

$$H = R \frac{1 - \cos \frac{\eta}{2}}{\cos \frac{\eta}{2}}$$

¹ Pernter-Exner, Meteorologische Optik. Aufl., Wien und Leipzig. 1922, p. 842.

oder

$$s = \frac{2 R \sin \frac{\eta}{2} \sin \left(h + \frac{\eta}{2} \right)}{\sin (h + \eta)}$$

Aus der Ähnlichkeit der beiden Dreiecke ACD und ACC' folgt nun

$$s^2 = H (H + 2 R),$$

so daß wird $H (H + 2 R) = \frac{4 R^2 \sin^2 \frac{\eta}{2} \sin^2 \left(h + \frac{\eta}{2} \right)}{\sin^2 (h + \eta)}$,

oder wenn wir H gegen $2 R$ vernachlässigen:

$$H = \frac{2 R \sin \frac{\eta}{2} \sin \left(h + \frac{\eta}{2} \right)}{\sin (h + \eta)}$$

Diese Formel ist wesentlich bequemer als die übliche. Die begangene Vernachlässigung ist natürlich bei diesen Rechnungen durchaus zulässig. Spezialisieren wir für den Zeitpunkt des Verschwindens, indem wir $h = 0$ setzen, so wird

$$H = \frac{R}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{\eta}{2}$$

Mit Hilfe dieser letzten Formel sind die im folgenden angegebenen Höhen der durchstrahlten Luftschichten berechnet.¹

I. Hauptdämmerungsbogen.

Datum		M. O. Z. zur Zeit des Verschwindens	Sonnendepression	Höhe der durch- strahlten Luftschicht ohne Refraktion
1912	15. November ..	6p 00	18° 28'	84 km
	16. ..	5p 30	17 25	
	5. Dezember ..	4p 10	16 18	
	6. ..	7a 05	17 41	
1913	2. Jänner ...	8a 30	14 41	
	2.	3p 45	14 58	52 km
	3. .	8a 15	15 18	
	5. .	8a 10	15 20	
	6. Februar ..	6p 30	16 07	
	7. ..	6p 45	16 42	
	26. ..	8 00	14 32	
	März ..	9p 30	16 03	
		Mittel	16° 08'	63·9 km

¹ Herr F. M. Exner macht darauf aufmerksam, daß sich diese Formel auch aus der oben mitgeteilten exakten ergibt, wenn man diese in der Form $H = R \left(\sqrt{\operatorname{tg}^2 \frac{\eta}{2} + 1} - 1 \right)$ schreibt und $\operatorname{tg}^2 \frac{\eta}{2}$ als kleine Größe behandelt.

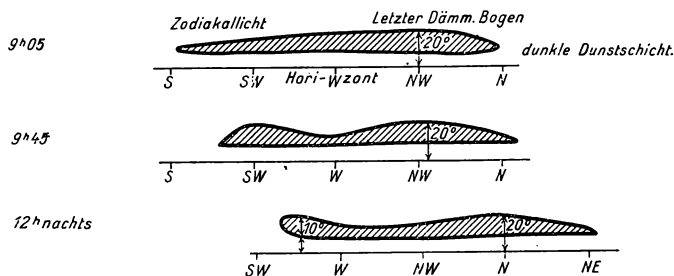
Im Mittel fand also das Verschwinden des Hauptdämmerungsbogens bei einer Sonnendepression von $16^{\circ} 08'$ statt, was auf eine Höhe der durchstrahlten Luftschicht von 63.9 km schließen läßt. Um die Schwankungen der Einzelwerte zu zeigen, ist diese Höhe auch für den größten und kleinsten Einzelwert angegeben (84 und 52 km). Korrigiert man η um die doppelte Horizontalrefraktion ($1^{\circ} 10'$), so erhält man als Mittelwert sogar nur 55.0 km . Diese Werte sind kleiner als die in niedrigeren Breiten erhaltenen und legen nahe, daß die Grenze zwischen Stickstoffsphäre und der Sphäre der leichten Gase im Polargebiet merklich tiefer liegt als in den gemäßigten und subtropischen Breiten.

II. Nachdämmerungsbogen.

Datum	M. O. Z.	Sonnendepression	Höhe d. durchstrahlten Luftschichten • (ohne Refrakt.)
	zur Zeit des Verschwindens		
1912 5. Dezember	6p 30	$24^{\circ} 03'$	112 km
6.	6a 00	21 17	
16.	5a 45	$> 23 16$	
28.	6p 10	23 06	
29.	6p 30	24 10	
1913 1. Jä .	7p 00	36	164 km
..	7p 00	29	
4. Februar ..	8p 45	24 01	
.. {	nach 7p 30	$> 19 50$	
.. {	9p 00	$< 24 25$	
6. .	7p 50	24 35	139 km
..	8p 30	24	
8. . {	nach 8p 00	$> 20 33$	
.. {	10p 00	$< 25 53$	
		Mittel $23^{\circ} 38'$	

Im Mittel fand also das Verschwinden des blauen Nachdämmerungsbogens bei einer Sonnendepression von $23^{\circ} 38'$ statt, was einer Höhe der durchstrahlten Luftschichten von 139 km ohne Refraktion entspricht. Bei der Mittelbildung wurde die Beobachtung vom 16. Dezember nicht mitgenommen, weil hier nur ein Grenzwert vorliegt. Am 5. Februar und 8. Februar wurde das Mittel aus den beiden angegebenen Grenzwerten benutzt. Die Einzelbeobachtungen variieren zwischen 112 und 164 km . Bringt man wieder die doppelte Horizontalrefraktion an, so erhält man als Mittelwert 126 km .

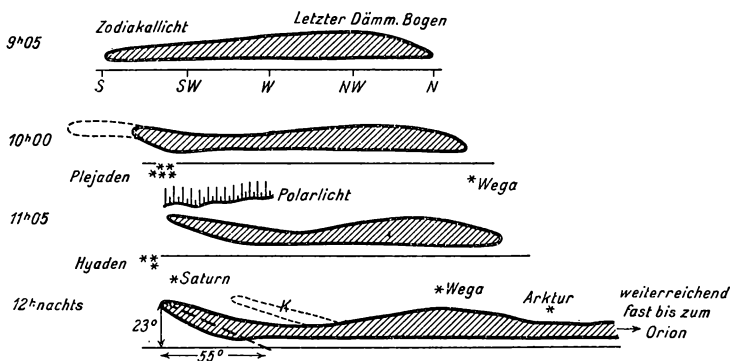
Die Höhe der Luftschichten, die den Nachdämmerungsbogen erzeugen, ergibt sich hiernach als etwas mehr als doppelt so groß wie diejenige für den Hauptdämmerungsbogen. Es ist anzunehmen, daß in niedrigeren Breiten auch hier der absolute Betrag entsprechend größer ausfällt.



Letzter Dämmerungsbogen und Zodiakallicht
am 1. Jänner 1913.

Fig. 2.

Während der Hauptdämmerungsbogen von milchweißer Färbung ist und in seinem Gebiet das Licht der Fixsterne noch auslöscht, sind die Sterne in dem bläulich gefärbten Nachdämmerungsbogen bereits sichtbar.



Letzter Dämmerungsbogen und Zodiakallicht
am 2. Jänner 1913.

Fig. 3.

III. Letzter Dämmerungsbogen.

Für den letzten Dämmerungsbogen und das Zodiakallicht wurden hauptsächlich am 1. und 2. Jänner wertvolle Beobachtungen gewonnen, von denen im folgenden ein gekürzter Auszug gegeben sei. Fig. 2 und 3 stellen Wiedergaben der zugehörigen Skizzen dar.

1. Jänner 1913.

7p 05: Deutliche Helligkeit im Westen, doch fraglich, ob Rest der Nachdämmerung oder letzter Dämmerungsbogen. — 7p 35: Nur noch letzter Dämmerungsbogen, sehr deutlich, wohl mehr als 20° hoch, durch eine 8 bis 10° dicke, schwärzliche Dunstschicht vom Horizont getrennt. — 8p 00: Der letzte Dämmerungsbogen wird von Koch und Wegener 20 bis 30° hoch geschätzt. Er ist sehr deutlich, der übrige Himmel ist außergewöhnlich rein und dunkel. — 9p 05: Man bemerkt jetzt die in Fig. 2, oberste Abb., dargestellte unsymmetrische Form des letzten Dämmerungsbogens. Größte Höhe etwa 20° im NW. Ende rechts im N. links im SSW bis S. — 9p 45. (Vgl. 2. Bild in Fig. 2): Die Unsymmetrie ist noch auffallender. Größte Höhe 20° im NW. Ende rechts im NNE, links SW oder SSW. Aber die Lichtgrenze hebt sich im SW wieder auf 20° , so daß es aussieht, als habe man es mit zwei verschiedenen Erscheinungen zu tun, die durch eine niedrige Lichtbrücke miteinander verbunden sind. — 10p 30: Ähnlich wie bisher, aber mit der Sonne weitergerückt. Größte Höhe 18 bis 20° im NZW, Ende rechts in NEZN, links in SW. Größte Höhe des besonderen linken Lichtscheins im W. — 11p 15: Dieselbe Form, nur mit der Sonne weiter gerückt. Größte Höhe 15 bis 20° im N. Ende rechts in NE, links SWZW. Größte Höhe des linken Lichtscheins, der jetzt als Spitze der Zodiakallichtpyramide angesehen wird, im WSW. Die Verbindung zwischen ihm und dem letzten Dämmerungsbogen ist noch flacher geworden. — 12 Uhr nachts: Die Form hat sich jetzt verändert, indem die Pyramide sich scheinend vom Horizont abhebt. Ihre untere Begrenzung lag sehr deutlich schief. An diesem Unterrand konnte noch ein Stern gesehen werden. Größte Höhe des letzten Dämmerungsbogens im N, Ende rechts im NE, linkes Ende des eigentlichen Bogens im NW, tiefste Stelle der Lichtbrücke im WNW, breiter Teil der Zodiakallichtpyramide im WzS, linkes Ende in SWZW (vgl. letztes Bild in Fig. 2). Es wurde besonders darauf geachtet, ob sich eine der Zodiakallichtpyramide ähnliche Lichterscheinung etwa auch rechts vom Dämmerungsbogen zeigte. Das war nicht der Fall. Allerdings zeigte der ganze Quadrant zwischen N und E (vielleicht sogar bis SE) noch einen äußerst schwachen Lichtschimmer. Aber dieser lag an der Grenze der Wahrnehmbarkeit. Das Zodiakallicht im W war viel lichtstärker.

Jänner 1913.

6p 55: Nachdämmerung fast verschwunden. — 7p 40: Nur noch letzter Dämmerungsbogen und Zodiakallicht. Sie bilden zusammen einen matten, beinahe auf dem Horizont liegenden Lichtstreifen von fast überall gleicher Breite von NW bis S. Im SSW Höhe auf 30° geschätzt. — 8p 15: Der Lichtstreifen reicht von N über W nach S, Form etwa wie Bild 1 auf Fig. 3. ohne Höcker. Unten durch Dunststreifen vom Horizont getrennt. Himmel nicht so tiefschwarz wie gestern. — 9p 05: Form siehe Bild 1 in Fig. 3. Das linke Ende ist bis in den Orion hinein zu verfolgen. — 10p 00: Die Form hat sich etwas geändert (siehe Bild 2 in Fig. 3). indem links die Pyramide herauskommt. Ihre Spitze liegt zirka 40° rechts vom Orion, doch zieht sich von ihr noch ein viel lichtschwächerer Streifen ganz bis zum Orion. — 11p 05: Beobachtung durch Polarlicht gehindert. Koch und Wegener erkennen beide gut den letzten Dämmerungsbogen, Koch konnte trotz des Polarlichtes auch die Spitze der Zodiakallichtpyramide unter den Plejaden erkennen. Bild 3 in Fig. 3 stammt von Koch. — 12 Uhr nachts: Wegen etwas diesigen Himmels ist die Erscheinung heute nicht ganz so deutlich wie gestern. Die Neigung der Pyramidenachse des Zodiakallichts wurde durch Schätzung der Kathetenlängen (23 und 55°) zu 25° ermittelt (vgl. Bild 4 in Fig. 3). Koch sah noch einen parallelen schwachen Lichtstreifen (K in der Figur). Auch nach E zieht sich jetzt vom letzten Dämmerungsbogen aus ein breites Lichtband längs dem Horizont fast bis zum Orion, ohne Unregelmäßigkeiten der Begrenzung. Himmel nicht ganz frei von Polarlicht, auch besteht Verdacht einer geringen Wolkentrübung. — 1a 00: Dämmerungsbogen und Zodiakallichtpyramide ähnlich wie das letztmal, etwas gestört scheinend durch a-str-Bank. Der östliche Himmel zeigt jetzt eine auffallende Helligkeit, namentlich zwischen Procyon und Arctur; obere, etwa horizontale Grenze des Lichtes bei Regulus. Diese Partie steht in Verbindung mit dem

Dämmerungsbogen. — 2^a 00: Einige dunkle Wolkenstreifen vor dem Dämmerungsbogen und im SSE stören die Beobachtung. Vom letzten Dämmerungsbogen zieht sich ein kontinuierliches Lichtband nach rechts fast bis S, während der Horizont links vom Dämmerungsbogen jetzt dunkel ist. Auf der ganzen westlichen Hälfte des Himmels ist jetzt keine Spur von Licht mehr erkennbar. Das erwähnte Lichtband rechts vom Dämmerungsbogen ist am breitesten im SE, aber ohne Pyramidenform.

Februar 1913.

9^p 05: Nachdämmerung verschwunden. Nur noch letzter Dämmerungsbogen und Zodiakallicht, letzteres in Form der flachen Pyramide links vom Bogen. Sehr deutlich, etwas heller als die Milchstraße.

6. Februar 1913.

7^p 50: Nachdämmerung noch nicht verschwunden. Trotzdem ist schon die schräge Zodiakallichtpyramide links vom Dämmerungsbogen zu erkennen. — 8^p 45: Nur letzter Dämmerungsbogen und Zodiakallicht. Letzteres besteht aus der schrägen, sehr unscharfen Pyramide. — 9^p 15: Keine wesentliche Änderung. Die Durchsichtigkeit der Luft ist heute die denkbar beste. Ein wenig stört der Glanz der Venus.

Februar 1913.

9^p 05: Nachdämmerungsbogen endgültig verschwunden, nur noch letzter Dämmerungsbogen und Zodiakallicht, und zwar ebensostark wie bei den Nachtbeobachtungen zu Neujahr.

8. Februar 1913.

7^p 05: Noch sehr deutlicher Nachdämmerungsbogen. Die Lichtpyramide des Zodiakallichtes ist bereits schwach erkennbar. — 8^p 08: Fraglich, ob Nachdämmerung noch vorhanden. Dämmerungsbogen aber noch sehr hell. Die Zodiakallichtpyramide tritt jetzt oberhalb der Venus mehr heraus. — 8^p 30: Anscheinend noch immer Rest der Nachdämmerung. Die schräge Zodiakallichtpyramide erscheint jetzt deutlicher, aber immer noch viel schwächer als der Dämmerungsbogen. — 9^p 40: Noch immer erscheint es mir fraglich, ob man den deutlichen Dämmerungsbogen bereits als letzten Dämmerungsbogen anzusprechen hat. Er ist erheblich heller als die von ihm nach links ausgehende Lichtpyramide des Zodiakallichtes.

Die allgemeinen Ergebnisse dieser Beobachtungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Der »letzte Dämmerungsbogen« stand auch um Mitternacht vom 1. bis 2. Jänner, d. i. bei einer Sonnendepression von $36^{\circ} 18'$, etwa 20° über dem Horizont. Helligkeit und Licht waren ähnlich der der Milchstraße (silbern). In den Stunden vor Mitternacht setzt sich dieser Dämmerungsbogen, dessen größte Höhe immer über dem Ort der Sonne steht, nach links in das Zodiakallicht von gleicher Stärke fort. Die Spitze der Zodiakallichtpyramide liegt gegen 9 Uhr abends noch im Horizont, etwa 120° links vom Sonnenazimut, hebt sich aber bis Mitternacht auf etwa 20° . In der zweiten Hälfte der Nacht zeigt der letzte Dämmerungsbogen eine entsprechende weite Verlängerung nach rechts, aber ohne daß dabei die Pyramidenform des Zodiakallichtes erkennbar wird. Links von ihm herrscht dann Dunkelheit. Die Zodiakallichtpyramide konnte im Februar in den Abendstunden bereits bei Anwesenheit des Nachdämmerungsbogens gesehen werden, war aber lichtschwächer als dieser.

Diese Beobachtungen scheinen mir für die Zugehörigkeit des Zodiakallichtes zu den atmosphärischen Dämmerungserscheinungen zu sprechen.

Von besonderem Interesse ist die außerordentlich große Höhe der Luftschichten, welche den letzten Dämmerungsbogen erzeugen. Rechnet man die Höhe derselben nach der oben angegebenen allgemeinen Formel, so erhält man 680 *km*. Es kann aber kein Zweifel bestehen, daß diese Höhe noch erheblich zu klein ist. Es ist nämlich eine bekannte Tatsache, daß man für die Höhe der Luftschichten, die einen Dämmerungsbogen erzeugen, um so kleinere Werte erhält, je größer die der Rechnung zugrunde gelegte Winkelhöhe ist. Auch unsere grönländischen Beobachtungen bestätigten diese Regel. Z. B. wurden am 15. November 1912 um 8^h 17 die Höhen des Hauptdämmerungsbogens (Mittel aus fünf Einstellungen: 15° 56') und des blauen Nachdämmerungsbogens (Mittel aus vier Einstellungen: 42° 24') über dem Horizont gemessen, welche die zu kleinen Werte 49 und 63 *km* liefern, und zwar ist der Fehler bei dem blauen Nachdämmerungsbogen, der die größte Winkelhöhe hatte, am größten. Dies ist ja auch der Grund, warum zur Berechnung der Höhe der Luftschichten immer nur die Zeit des Verschwindens des betreffenden Dämmerungsbogens benutzt wird. Der Grund für die Fehlerhaftigkeit bei größeren Winkelhöhen muß ein physiologischer sein. Offenbar neigt der Beobachter wegen des allmählichen Lichtabfalls am Rande des Dämmerungsbogens und der Blendung durch dessen hellere Partie dazu, die Grenze zu tief anzusetzen. Wie groß der Fehler in unserem Falle beim letzten Dämmerungsbogen gewesen sein wird, ist schwer abzuschätzen. Man sieht aber jedenfalls, daß an dem Zustandekommen des letzten Dämmerungsbogens noch Luftschichten bis über 700 *km* Höhe beteiligt sein müssen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: [135_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Wegener Alfred Lothar

Artikel/Article: [Beobachtungen der Dämmerungsbögen und des Zodiakallichtes in Grönland. 323-332](#)