

On 27 July, an unscheduled aircraft landing was made on the strip by RCAF C-119 which weighed 31,000 kg (fig. 4). The aircraft landed with no difficulty and ruts averaged about 7 cm. On 1—2 August, a C-130 (wheeled) which weighed 46 000 kg executed two scheduled test landings successfully. The wheel ruts averaged less than 5 cm.

\*

#### Bibliography

- Adams, P. J., and Cowie, J. W., 1953, A geological reconnaissance of the region around the inner part of Danmarks Fjord, Northeast Greenland: Medd. om Grønland, v. 111, no. 7.
- Brewer, M. C., 1958, Thermal regime of an arctic lake: Am. Geophys. Union Trans., v. 39, no. 2, p. 278—284.
- Davies, W. E., Needleman, S. M., and Klick, D. W., 1959, Report on Operation Groundhog (1958), North Greenland, Investigation of ice-free sites for aircraft landings, Polaris Promontory, North Greenland: Air Force Cambridge Research Center, Air Research and Development Command, 45 p.
- Davies, W. E. and Stoertz, G. E., 1957, Contributions to the geomorphology of Northeast Greenland: unpublished manuscript.
- Frankl, Erdhart, 1954, The geology of Kronprins Christian Land: Medd om Grønland, v. 116, no. 2.
- Freuchen, P., 1915, General observation as to natural conditions in the country traversed

- by the expedition: Medd. om Grønland, v. 51, no. 9.
- Koch, Lauge, 1920, Contributions to the glaciology of North Greenland: Medd. om Grønland, v. 65, no. 2.
- Krinsley, D. B., 1961, Late Pleistocene glaciation in Northeast Greenland: First International Symposium on Arctic Geology, Proc., Calgary, Alberta, Canada, (in press).
- Laurson, D., 1954, Emerged Pleistocene marine deposits of Peary Land (North Greenland): Medd. om Grønland, v. 127, no. 5.
- Molineux, C. E., 1955, Remote determination of soil trafficability by the aerial penetrometer: Air Force Surveys in Geophysics no 77, Air Force Cambridge Research Center, Air Research And Development Command, 46 p.
- Nielsen, Eigil, 1941, Remarks on the map and the geology of Kronprins Christians Land: Medd. om Grønland, v. 126, no. 2.
- Stoertz, G. E., and Needleman, S. M., 1957, Report on Operation Groundhog, North Greenland, 1957, Investigation of ice-free sites for aircraft landings in northern and eastern Greenland and results of test landings of C-124 at Brønlunds Fjord, North Greenland: Air Force Cambridge Research Center, Air Research and Development Command, 40 p.
- Troelsen, J. C., 1952, Notes on the Pleistocene geology of Peary Land, North Greenland: Medd fra Dansk Geologisk Forening, v. 12.
- Waterways Experiment Station, U.S. Army, Corps of Engineers, 1948, Trafficability of soils, Laboratory tests to determine effects of moisture content and density variations: Tech. Memo. no 3-240.
- First Supplement. Landing strip evaluation 1952. — Evaluation of forward airstrip criteria for soil strength: Miscellaneous Paper no. 4-104.

## Über die Sichtweite im Polar Whiteout

Von Fritz Kasten, Lyme/New Hampshire USA \*

**Zusammenfassung:** Es wird über Untersuchungen berichtet, die den whiteout als optische Erscheinung behandeln und zu einer Reihe quantitativer Aussagen über die Sichtweite von Objekten unter whiteout-Bedingungen führen.

\*

On the Visual Range in the Polar whiteout: It is reported on investigations which treat the whiteout as an optical phenomenon and lead to a series of quantitative statements on the visual range of objects under whiteout conditions.

\*

„Polar whiteout“ ist ein verhältnismäßig junges Wort für einen Begriff, der sowohl Polarforschern als auch manchen Laien, z. B. Wintersportlern, schon lange bekannt ist als eine Situation, in der die visuelle Orientierung in schneebedecktem Gelände erschwert oder gar unmöglich ist. Wohl die erste spezielle Beschreibung dieser Erscheinung stammt von Hedine (1), der für sie das Wort „arctic whiteout“ prägte; in der Antarktis wurde das Phänomen von Court (2) „milky weather“ genannt. Heute wird es

— obwohl nicht nur auf die Polargebiete beschränkt — in Anlehnung an Liljequist (3) als polar whiteout oder nur kurz whiteout bezeichnet.

Jede Betätigung im Polargebiet hängt entscheidend von Transport und Nachschub ab. Für den Verkehr sowohl auf der Schneefläche als auch in dem bodennahen Luftraum bildet der whiteout ein schweres Hindernis. In den letzten Jahren wurden daher weitere Untersuchungen über die Ursachen und Eigenschaften des whiteout angestellt, um damit die Voraussetzungen für seine Vorhersage oder gar Überwindung zu schaffen.

Gerdel und Diamond unterscheiden in ihrer eingehenden Monographie (4) folgende Arten des whiteout: 1. „Overcast“ whiteout, verursacht durch eine dichte Wolkendecke; 2. Wassernebel-whiteout; 3. Eisnebel-whiteout; 4. whiteout durch Schneefegen; 5. Niederschlags-whiteout.

\*) Dr. Fritz Kasten, Lyme Road, Lyme/New Hampshire, USA

Vom Standpunkt der meteorologischen Optik aus lassen sich diese Bedingungen auf einen Nenner bringen: infolge Wolken, Nebels oder in der Luft befindlichen Schnees ist das einfallende Tageslicht völlig diffus (ungerichtet), so daß keine Schatten entstehen; es wird von der hellen Schneefläche fast vollständig — und ebenfalls diffus — reflektiert. Ein Beobachter sieht sich daher in einer allseitig annähernd gleich hellen, „ausgeweißten“ Umgebung: whiteout.

Die visuelle Orientierung im Freien erfolgt anhand von — natürlichen oder künstlichen — Sichtzielen. Ein quantitatives Maß für die Orientierung, die ein bestimmtes Sichtziel unter gegebenen meteorologischen Bedingungen zu liefern vermag, ist seine Sichtweite. Darunter versteht man denjenigen Abstand, von dem aus das Sichtziel vom menschlichen Auge gerade noch wahrgenommen werden kann. Entscheidend ist hierbei der Kontrast, den seine scheinbare Helligkeit gegen diejenige des Hintergrundes — meist des Horizonthimmels — bildet. Das Sichtziel wird unsichtbar, wenn sein Kontrast gegen den Hintergrund (Horizont) unter die Kontrastschwelle des Auges sinkt.

Die Faktoren, die die Sichtweite eines Objektes beeinflussen, lassen sich in 3 Gruppen einteilen: 1. die Eigenschaften des Objektes selbst, nämlich seine Größe und Gestalt sowie sein Reflexionsvermögen für sichtbares Licht („visuelle Albedo“); 2. die optischen Verhältnisse der Umgebung, nämlich die Helligkeit des Himmels an seinen verschiedenen Teilen, die visuelle Albedo des Bodens sowie die Trübung der Luft; 3. eine bestimmte Eigenschaft des Auges, nämlich seine Wahrnehmungsschwelle für Helligkeitskontraste. Einige dieser Faktoren sind eng miteinander verknüpft und hängen gegenseitig voneinander ab.

Verhältnismäßig einfach läßt sich der Fall des absolut schwarzen Sichtzieles behandeln. Da ein schwarzes Objekt alles auffallende Licht absorbiert, ist seine Helligkeit (direkt am Objekt gemessen) unabhängig von der Beleuchtung stets gleich 0 und damit unabhängig vom Himmelszustand und der visuellen Albedo des Bodens. *Koschmieder* (5) hat für die Sichtweite des schwarzen Sichtzieles eine im Resultat sehr einfache Formel abge-

leitet, in der nur der Trübungskoeffizient für sichtbares Licht („visueller Extinktionskoeffizient“) und die Kontrastschwelle des Auges auftritt. Letztere hängt allerdings vom Sehwinkel ab, unter dem das Sichtziel beobachtet wird, und damit indirekt von der Größe des Sichtzieles und seinem augenblicklichen Abstand vom Beobachter, d. h. also wiederum von der Sichtweite. In der praktischen Meteorologie setzt man daher der Einfachheit halber die Kontrastschwelle konstant gleich 2 % und erhält damit aus *Koschmieders* Formel eine direkte Beziehung zwischen der Sichtweite und dem visuellen Extinktionskoeffizienten der Luft allein, so daß jene (sog. Normsichtweite) als Maß für die Trübung der Luft benutzt werden kann.

Schwieriger zu übersehen ist die Sichtweite nichtschwarzer Sichtziele, also Objekte mit einer von 0 verschiedenen visuellen Albedo. Diese reflektieren einen Teil des einfallenden Lichts, ihre Helligkeit hängt damit von ihrer Beleuchtung ab, folglich auch ihr Helligkeitskontrast gegen den Horizont und damit ihre Sichtweite. Im Allgemeinfall ist die Beleuchtung des Sichtzieles in komplizierter Weise von der Bewölkung des Himmels und dem Ort der Sonne abhängig. Ist der Himmel jedoch vollständig bedeckt — wie z. B. beim polar whiteout —, das einfallende Himmelslicht daher völlig diffus, so läßt sich die auf dem Sichtziel erzeugte Helligkeit berechnen. *Middleton* (6) hat für diesen Fall eine Formel angegeben, in der die Helligkeit des Sichtzieles ausgedrückt ist als Funktion seiner eigenen visuellen Albedo, der visuellen Albedo des Bodens, der Helligkeit des Horizonthimmels und einer Konstante  $n$ , die für die Helligkeitsverteilung des bedeckten Himmels charakteristisch ist. Wie jedoch aus den theoretischen Arbeiten von *Fritz* (7) oder *Shifrin* und *Minin* (8) folgt, ist die Größe  $n$  keine Konstante, sondern hängt ihrerseits in bestimmter Weise von der visuellen Albedo des Bodens ab; d. h. die Helligkeitsverteilung des bedeckten Himmels wird durch das vom Boden reflektierte Licht beeinflusst. Diese Erscheinung äußert sich z. B. als „Eisblink“ (Aufhellung des Himmels über schnee- oder eisbedeckten Gebieten) oder als „Wasserhimmel“ (Ver-

dunkelung des Himmels über großen Wasserflächen), s. z. B. *Möller* in dieser Zeitschrift (9) oder *Liljequist* (3).

Werden die Ergebnisse von (7) oder (8) in geeigneter Weise mit *Middletons* Formel (6) kombiniert, so läßt sich der sog. innere Kontrast eines Sichtziels als Funktion lediglich seiner eigenen visuellen Albedo und der visuellen Albedo des Bodens darstellen (10). Unter innerem Kontrast wird dabei derjenige Kontrast verstanden, den ein Sichtziel einem unmittelbar vor ihm stehenden Beobachter bietet. Entfernt man sich von dem Sichtziel, so erscheint sein Kontrast infolge der Trübung der Luft (Extinktion) geschwächt (11), bis er in einem gewissen Abstand auf die Kontrastschwelle des Auges gesunken ist; dieser Abstand ist die Sichtweite des betrachteten Objekts. Die Sichtweite läßt sich daher ausdrücken als Funktion von Objekt- und Bodenalbedo, Extinktionskoeffizient der Luft und Kontrastschwelle des Auges.

Wie bereits erwähnt, hängt die Kontrastschwelle des menschlichen Auges vom Sehwinkel ab, unter dem man das Objekt betrachtet. Eine umfangreiche experimentelle Untersuchung dieses physiologischen Zusammenhangs wurde von *Blackwell* (12) durchgeführt und in Kurvenform dargestellt. Man kann diese Kurven formelmäßig beschreiben (10), den Sehwinkel durch das Verhältnis Objektdurchmesser zu Sichtweite ersetzen und in die oben erwähnte Sichtweifefunktion einsetzen. Dann erhält man eine Formel, die die Sichtweite eines Objektes von gegebenem Durchmesser als Funktion seiner eigenen und der Bodenalbedo sowie des Extinktionskoeffizienten der Luft beschreibt. Diese Formel ist in (10) ausführlich diskutiert; sie liefert — für die vorausgesetzten Bedingungen, d. h. im wesentlichen: bedeckter Himmel und einheitlicher Boden — die folgenden Aussagen:

1. Das Sichtziel erscheint stets dunkler als der Horizont.
2. Die Sichtweite eines schwarzen Objektes ist bei vorgegebener Trübung der Luft größer als die jedes helleren Objektes und unabhängig von der Bodenalbedo. Sie hängt — außer vom vorgegebenen Objektdurchmesser — nur von der Trübung der Luft ab.

Die Abhängigkeit vom Durchmesser wird erst bei Sehwinkeln kleiner als  $0,3^\circ$  merklich.

3. Das absolute Sichtmaximum (schwarzes Objekt und klare Luft) beträgt  $V_{\max} = 5400 D$ , wo  $D$  den Objektdurchmesser bedeutet ( $D$  und  $V_{\max}$  sind in derselben Längeneinheit zu messen).

4. Die Sichtweite von Objekten mit kleiner oder mittlerer Albedo hängt — wie diejenige eines schwarzen Objektes — ebenfalls praktisch nur von der Trübung der Luft und dem Objektdurchmesser ab. Für sehr kleine Trübungen ist die Sichtweite nur noch Funktion des Objektdurchmessers. — Erst sehr helle Objekte weisen eine stärkere Abhängigkeit ihrer Sichtweite von der Bodenalbedo auf.

5. Die Sichtweite weißer Objekte geht gegen 0, wenn die Bodenalbedo größer als 94 % ist, und zwar unabhängig von der Lufttrübung, also auch bei klarer Luft.

Für die optische Deutung des whiteout sind vor allem die Folgerungen 4. und 5. maßgebend. Reiner Schnee hat eine visuelle Albedo von über 90 %. Daher sind nach der Theorie helle Objekte auf einer Schneefläche (und unter bedecktem Himmel) nur schlecht zu erkennen, weiße überhaupt nicht. Das bedeutet z. B., daß man keine Schnee-Verwehungen wahrnimmt; auch die Schneefläche als Ganzes, gegen den Horizont als Hintergrund betrachtet, ist „unsichtbar“, d. h. es gibt keine Horizontlinie, Himmel und Schneefläche gehen ununterscheidbar ineinander über, selbst bei klarer Luft. Im Gegensatz dazu können dunkle oder gar schwarze Objekte gut wahrgenommen werden; ihre Sichtweite wird nach 2. nur durch die Trübung der Luft (z. B. Nebel) beeinträchtigt.

Das typische Merkmal des whiteout ist somit das Verschwinden der Kontraste heller Objekte, während solche schwarzer Objekte unbeeinflusst bleiben. Diese Tatsache wurde bereits von *Gerdel* und *Diamond* (4) empirisch erkannt: „Perspective, involving the judgement of distance, was limited to a few feet, but actual horizontal visibility of dark objects was not materially reduced“. Voraussetzung zum whiteout ist eine hohe visuelle Bodenalbedo (Schneefläche) und ein dicht bedeckter Himmel; atmosphärische

Trübung durch Nebel, Schneefegen oder Niederschlag kann diesem Effekt überlagert sein, bildet jedoch für sich noch keinen whiteout.

Im Juni und Juli 1959 hatten wir Gelegenheit, auf dem Inlandeis Nordgrönlands (77.0° N, 56.1° W, 2125 m über NN) gleichzeitige Messungen von optischen Größen durchzuführen, die in der skizzierten Sichtweitentheorie auftreten, und zwar besonders unter whiteout-Bedingungen (10). Gemessen wurden Leuchtdichteverteilung des Himmels, visuelle Albedo der Schneefläche, visueller Extinktionskoeffizient der Luft und Kontraste künstlicher Sichtziele verschiedener visueller Eigenalbedo und Entfernung vom Beobachter. Die Meßergebnisse stehen mit der Theorie in gutem Einklang, sofern deren Voraussetzungen im Verlaufe der Messungen hinreichend erfüllt waren und konstant blieben.

\*

#### Literatur:

- (1) Hedine, L. J. C.: The „Arctic Whiteout“. Bull. Amer. Meteor. Soc. 27, 130—131 (1946)
- (2) Court, A.: Correspondence on the „Arctic Whiteout“. Bull. Amer. Meteor. Soc. 27, 359—360 (1946)
- (3) Liljequist, G. H.: Energy Exchange of an Antarctic Snow-Field. Norwegian-British-Swedish Antarctic Expedition, 1949-52, Scientific Results, Bd. 2, Teil 1A, 73—74 (1956)
- (4) Gerdel, R. W., Diamond, M.: White-out in Greenland. U. S. Army Snow Ice and Permafrost Research Establishment, Res. Rep. 21, Wilmette (Ill.) (1956)
- (5) Köschmieder, H.: Theorie der horizontalen Sichtweite. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 12, 33-35 u. 171-181 (1926)
- (6) Middleton, W. E. K.: Note on the Visual Range of White and Grey Objects. Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 73, 456-459 (1947)
- (7) Fritz, S.: Illuminance and Luminance under Overcast Skies. J. Opt. Soc. Amer. 45, 820-825 (1955)
- (8) Shifrin, K. S., Minin, I. N.: Nonhorizontal Visibility at Solid Cloud Cover. Bull. (Izvest.) Akad. Sci. SSSR, Geophys. Ser. (Engl. ed.) 1959, 80-84 (1959)
- (9) Möller, F.: Zur Erklärung des Eisblinks. Polarforschung 23, 236 (1953)
- (10) Kasten, F.: Sichtweite und Albedo insbesondere im Polargebiet. Diss. Mainz (1960) und Beitr. Phys. Atmosph. (im Erscheinen)
- (11) Duntley, S. Q.: The Reduction of Apparent Contrast by the Atmosphere. J. Opt. Soc. Amer. 38, 179-191 (1948)
- (12) Blackwell, H. R.: Contrast Thresholds of the Human Eye. J. Opt. Soc. Amer. 36, 624-643 (1946)

## Aktivitäts-Indizes für das Polarlicht\*

Von Otto Schneider, Buenos Aires \*\*)

**Zusammenfassung:** Der Begriff der Aktivität beim Polarlicht wird erklärt. Der geographische Bereich, die Beobachtungsunterlagen und sonstige Kriterien werden untersucht. Es wird dargelegt, daß verschiedene Polarlicht-Indizes (Charakterzahlen) möglich sind. Die von verschiedenen Autoren bisher benutzten Indizes werden dargestellt. Schließlich werden die auf der argentinischen Antarktis-Station Base General Belgrano zwischen dem 16. 3. und 20. 9. 1958 gewonnenen Beobachtungen und die dabei gefundenen Indexzahlen und Ergebnisse geschildert.

\*

**Activity indices for polar light.** The term of the activity of polar light is explained. The geographic area, the results of the observations, and other criterions are examined. It is made clear, that different indices for the polar light (index numbers) are possible. The indices till now used by several authors are demonstrated. At last the observations, index numbers and results found out on the Argentine Antarctic Station Base General Belgrano from the 16th of March to the 20th of September 1958 are described.

\*

### 1. Der Begriff Aktivität beim Polarlicht

#### 1. Einleitung

Der Gedanke, die „Aktivität“ des Polarlichtes durch eine Maßzahl zu beschreiben,

liegt angesichts der engen Beziehung zum Erdmagnetismus und des Erfolges solcher Maßzahlen in dieser Wissenschaft nahe. Erdmagnetische Aktivitätszahlen beschreiben den Störungsgrad des erdmagnetischen Feldes; obwohl sie — meistens — so definiert sind, daß sie keine physikalische Dimension haben, sondern reine Index-Zahlen sind, besitzen sie einen hohen physikalischen Aussagegehalt als Ausdruck der Schwankungen korpuskularer Strahlung solaren Ursprungs.

Wenn man eine analoge Index-Zahl für das Polarlicht definieren will, stößt man auf einige begriffliche und auch auf gewisse technische Schwierigkeiten: Das Polarlicht ist formenreich, manchmal bewegt, manchmal ruhig, sein Licht ist von wechselnder spektraler Zusammensetzung und Helligkeit; dazu ist es höchst ungleichförmig über die Erde verteilt, sowie über verschiedene Höhen

\*) Contribución del Instituto Antártico Argentino No. 56

\*\*\*) Dr. Otto Schneider, Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, Cerrito 1248