

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 Sichtweithetheorie 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

der Atmosphäre. Jeder einzelne dieser Aspekte würde für sich allein eine Maßzahl rechtfertigen, und diese Indizes würden zweifellos statistisch untereinander sowie mit der erdmagnetischen Aktivität eng zusammenhängen. Um jedoch die Sicherheit zu haben, daß nicht ein wesentlicher Teil des Aussagegehaltes aufgegeben wird, sollte man a priori nicht danach streben, diese verschiedenartigen Maßzahlen zu einem Einheits-Index zu kombinieren.

Andererseits gibt es praktische Umstände, welche dies doch bis zu einem gewissen Grade nötig machen. Die vielfältige statistische Verwertbarkeit etwa der Sonnenfleckenrelativzahlen oder der erdmagnetischen K-Indizes beruht darauf, daß wir lange und homogene Reihen dieser Zahlen haben. Die Sonne kann man von vielen Stellen der Erde aus beobachten, und ein weltweites Netz erdmagnetischer Observatorien, die nach einigermaßen einheitlichen Methoden arbeiten, gibt es seit etwa einem Jahrhundert. Polarlichtstationen dagegen waren bis vor kurzem weniger zahlreich, weniger günstig verteilt und ihre Beobachtungsverfahren weniger einheitlich, was zum Teil eine Folge der Vielgestaltigkeit des Phänomens an sich ist. Dazu kommt, daß in mittleren und niederen Breiten, deren Beitrag für ein planetarisches Studium der Erscheinung unerlässlich ist, die Häufigkeit an sich so gering ist, daß Beobachtungen aus diesen Gegenden früher nur selten systematisch gesammelt wurden; in höheren Breiten dagegen behindern die jährlich schwankenden Lichtverhältnisse die Aufstellung zeitlich durchgehender Reihen. Eine allen Beobachtungsarten gemeinsame Schwierigkeit rührt von der Bewölkung her. So kommt es nicht selten vor, daß ein Polarlicht, welches theoretisch beide Polkappen der Erde trifft, auf der einen Halbkugel vom Sonnenlicht überstrahlt wird, auf der andern dagegen der Sektor geographischer Längen, welcher auf der Schattenseite der Erde liegt und die richtige Lage zur Polarlichtzone hat, bewölkt ist.

Es ist offensichtlich, daß man sich für längere Zeit noch damit begnügen müssen, Polarlicht-Indizes aufzustellen, die entweder statistisch weniger dicht sind (örtlich und zeitlich), oder welche die zeitliche Dichte da-

durch erkaufen, daß ihre Definition verwaschener ist, indem man mehrere der oben genannten Aspekte in sie mit einbaut.

## 2. Der geographische Geltungsbereich

Denkbar sind örtliche, regionale und planetarische Indizes oder Charakterzahlen. Nach dem oben Gesagten wird es manchmal vorteilhaft sein, sich für gewisse Studien mit örtlichen oder regionalen Aktivitätszahlen zu begnügen. Unter einer örtlich gültigen Zahl kann man eine solche verstehen, die sich nur auf die Beobachtungen einer einzigen festen Station oder eines Netzes von wenigen hundert Kilometern Ausdehnung gründet; der von einem Punkte aus beherrschte Bereich umfaßt etwa 15 Breitengrade, wenn man die — oft nicht frei sichtbare — Himmelsgegend unmittelbar über dem Horizont bis zu einer Höhe von etwa  $3^\circ$  außer Betracht läßt. Regionale Indizes wären solche, die einen Sektor von  $30^\circ$  oder  $45^\circ$  Längenausdehnung und  $90^\circ$  Breitenausdehnung charakterisieren. Planetarische Indizes gelten für die Erde als Ganzes.

## 3. Beobachtungs-Unterlagen

Wenn man von sporadischen Sonderuntersuchungen wie etwa photogrammetrischen Bestimmungen der Raumlage absieht, die zwar für die Erforschung des Polarlichtes sehr wichtig sind, aber keine zeitlich dichten Reihen liefern, kommen im wesentlichen folgende Arten von Ausgangsmaterial in Betracht: spektrographische Beobachtungen, photometrische Registrierungen, Radar-Beobachtungen, laufende automatische Himmelsphotographie und Augenbeobachtungen. Grundlagen für Charakterzahlen aus spektrographischen und photometrischen Beobachtungen wären etwa: Intensität einer oder mehrerer der charakteristischen Spektrallinien oder Banden, wie  $4278 \text{ \AA}$ ,  $5577 \text{ \AA}$ ,  $6300 \text{ \AA}$ ,  $6364 \text{ \AA}$ ; Intensitätsverhältnis verschiedener Linien; Andauer des Vorhandenseins von Linien oder Banden, die für gesteigerte Aktivität charakteristisch sind, wie die Bande des molekularen Stickstoffes bei  $3914 \text{ \AA}$ , oder die  $H\alpha$ - und  $H\beta$ -Linien des Wasserstoffes. Natürlich sind auch Kombinationen mehrerer Ausgangsdaten zu einem einheitlichen Index denkbar.

Die Forderung nach ausreichender räumlicher und zeitlicher Dichte der Ausgangs-

daten wird vorläufig nur von den beiden zuletzt genannten Beobachtungsarten erfüllt: der laufenden Registrierung mit Konvexspiegel-Filmkammern und der Augenbeobachtung. Wir wollen daher unsere weiteren Betrachtungen auf Charakterzahlen dieses Ursprungs beschränken. Ein auf Radarbeobachtungen gegründetes Maß wird seit einiger Zeit in Alaska veröffentlicht (Geophysical Institute, University of Alaska, 1959).

#### 4. Mögliche Kriterien

Folgende verschiedenen Aspekte einer Polarlichterscheinung können einzeln oder zu mehreren kombiniert zur Definition einer Charakterzahl benutzt werden: Farbe, Helligkeit, Bewegung, Form, Andauer, Ausbreitung (am Himmel für einen einzelnen Beobachtungspunkt, oder planetarisch für ein Netz von Beobachtungspunkten). Es ist offensichtlich, daß angesichts der Veränderlichkeit jeder dieser Variablen eine unübersehbare Mannigfaltigkeit von Indizes denkbar wäre, und daß eine gewisse Willkür dabei nicht ganz zu vermeiden sein wird, insbesondere wenn mehrere dieser Aspekte gleichzeitig berücksichtigt werden. Man sollte aber nach Möglichkeit vermeiden, die statistische Assoziation, die zweifellos zwischen mehreren dieser Attribute besteht, von vornherein in der Bildungsvorschrift für die Indexzahl als *stets* vorhanden vorauszusetzen, was zu unbefriedigenden Definitionen etwa folgender Art führt:

Grad x: schwach leuchtende Bögen,

Grad y: helle Strahlen,

wobei dann für helle Bögen oder für schwache Strahlen keine Indexzahl angesetzt wird, als kämen diese Kombinationen der Attribute Form und Helligkeit nie vor.

#### 5. Zeitliche Auflösung

Es gibt Aktivitätszahlen für das Polarlicht, die je einen ganzen Tag beschreiben; andere sind 6stündig, stündlich, halbstündlich, viertelstündlich oder zehntelstündlich. Obwohl natürlich eine möglichst hohe Zeit-Auflösung für manche Zwecke sehr erwünscht scheinen mag, stehen dem doch große Hindernisse entgegen; die Realisierbarkeit verhält sich etwa umgekehrt wie die Weite des geographischen Geltungsbereiches.

## II. Einige Beispiele von Polarlicht-Charakterzahlen

### 1. Charakterzahl aufgrund der Form allein

Man bekommt schon eine relativ hohe Korrelation zwischen erdmagnetischen und Polarlicht-Charakterzahlen, wenn man letztere für einzelne Nächte nach folgender Vorschrift ohne Rücksicht auf die Helligkeit der beobachteten Formen festlegt (Lee, 1930):

0: kein Polarlicht beobachtet, obwohl mindestens 3 Stunden günstig für die Beobachtung waren;

1: Polarlicht - Formen beobachtet, jedoch keine mit strahliger Struktur;

2: Polarlichter mit strahliger Struktur oder auch flammende Formen beobachtet.

### 2. Intensität als Aktivitätsmaß

Thomsen (1947) hat empfohlen, die Begriffe Aktivität und Intensität klar auseinander zu halten; wir verwenden demgemäß den Ausdruck Intensität im Sinne von Helligkeit. Chree (zitiert nach Bates, 1960) hat Südlichtbeobachtungen der Australischen Expedition 1912/13 auf Kap Denison auf ihren Zusammenhang mit erdmagnetischen Charakterzahlen untersucht und dazu eine Südlicht-Charakterzahl benutzt die in fünf Stufen von je  $\frac{1}{2}$  Grad von 0 bis 2 reicht, welche einfach steigenden Helligkeiten zugeordnet sind (kein Südlicht — sehr zart — zart — hell — sehr hell).

### 3. Kombination von Intensität, Formenzahl und Andauer

Sverdrup (1927; p. 488) hat aus den Beobachtungen der Maud-Expedition während der Jahre 1922 bis 1925 Charakterzahlen für ein 8stündiges Intervall jeder Nacht abgeleitet, indem er für jede einzelne Stunde einen Teilwert bildete, welcher sich als Summe von vier Einzelwerten ergab. Diese Einzelsummanden waren einfach die Helligkeitswerte (Skala 0 bis 4) der vier in seinem Beobachtungsschema berücksichtigten Formengruppen. Die Summe der 8 Stundenwerte gibt einen Nachtwert als endgültige Charakterzahl; die resultierenden Werte laufen bei den Daten Sverdrups von 0 bis 29, können aber natürlich an sich aufgrund der angenommenen Definition auch noch höher steigen.

#### 4. Zuordnung von Intensität und Form

Im Anhang zum klassischen Polarlicht-Atlas hat La Cour (1932) folgende Intensitätsskala gegeben, die (in nicht allzu glücklicher Weise) den einzelnen Helligkeitsgraden gewisse charakteristische Formen zuzuordnen versucht:

**Tafel I**  
Intensitäts-Tafel von La Cour

Zahlenwert	Intensität	Charakteristische Formen	Erscheinungen ähnlicher Intensität
0	Nichts zu sehen	—	—
1	Schwach	Sehr zarte Strahlen, Bögen und Reste	Milchstraße
2	Mäßig	Ruhige regelmäßige Bögen	Zirrus-Banden im Mondlicht
3	Hell	Gewöhnliche Strahlen und Draperien	Kumuluswolken im Mondlicht
4	Sehr hell	Helle Draperien	—

#### 5. Kombination von Intensität und Andauer

Ausgehend von derselben Intensitäts-Skala 0 bis 4, die Sverdrup für die Beobachtungen auf der Maud-Expedition verwendet hatte, definiert Davies (1931) eine tägliche Charakterzahl, indem er die für halbstündliche Zeitabschnitte ermittelten Intensitätszahlen eines Tages addiert. Ein helles Polarlicht der Stärke 4, das nur  $\frac{1}{2}$  Stunde zu sehen ist, trägt also zur täglichen Charakterzahl ebensoviel bei wie ein schwaches der Stärke 1, das während des gleichen Tages vier halbe Stunden lang am Himmel stand.

#### 6. Kombination von Intensität, Andauer, Bewegung und Ausdehnung

Ohne eine feste oder überwiegende Assoziation der verschiedenen Aspekte eines Polarlichtes von vornherein zu postulieren, haben Currie und Jones (1941) für kanadische Beobachtungen eine Maßzahl eingeführt, welche die wichtigsten Attribute (außer Farbe und Typ) rein additiv in Rechnung stellt, nach folgendem Schema:

**Tafel II**  
Polarlicht-Charakterzahl von Curri und Jones

Summand für Charakterzahl	0	1	2
Andauer	0	$\leq \frac{1}{2} h$	$> \frac{1}{2} h$
Helligkeit	schwach	mäßig bis hell	hell oder sehr hell
Bewegung a) innerhalb der Gesamt-erscheinung	nein	ja	ja
b) Verlagerung als Ganzes	wenig oder keine	wenig oder keine	ja
Ausdehnung	nirgends mehr als $15^{\circ}$ über dem Horizont	mehr als $15^{\circ}$ über dem Horizont Fläche nicht größer als etwa $\frac{1}{3}$ des Himmels	Fläche größer als $\frac{1}{3}$ des Himmels

Die resultierende Charakterzahl erhält man als Summe von vier unabhängigen Summanden, deren jeder die Werte 0, 1 oder 2 annehmen kann.

Die Bewegung innerhalb der Gesamterscheinung und die Verlagerung als Ganzes werden, wie in der Tafel angegeben, nur als ein einheitlicher Aspekt bewertet; die drei angegebenen Kombinationen (nein-nein; ja-nein; ja-ja) lassen für die vierte, freilich ungewöhnliche Möglichkeit „nein-ja“ keinen Raum. Das Ausgangsmaterial sind stündliche Beobachtungen von genügender Ausführllichkeit, um die in der Tabelle geforderten Andauerwerte ermitteln zu können. Die resultierende Charakterzahl ist also stündlich.

#### 7. Kombination von Intensität, Form, Helligkeit, Bewegung, Andauer und Formenzahl

Thomsen (1947) hat eine feingestufte Skala von 1 bis 15 aufgestellt, welche die im Titel genannten Aspekte erfaßt, jedoch keine beliebigen Kombinationen zwischen ihnen zuläßt; so werden zum Beispiel Helligkeiten nur bei den Formen G (Diffuses Leuchten über dem Horizont) und HA (Homogener Bogen) unterschieden und in Rechnung gestellt, Bewegungszustände nur bei RA (Strahliger Bogen), Verdoppelung bei HA; bei der Form D (Draperie) wird als ein-

ziger die Zenitnähe durch einen zusätzlichen Punkt bewertet; bei den Homogenen Banden (HB) schließlich werden einfach und mehrfach gefaltete zugelassen und gesondert bewertet, jedoch so, daß die ersteren mäßig hell und die letzteren hell sein sollen. Es besteht also wieder nicht die Möglichkeit, beliebige Kombinationen zwischen allen berücksichtigten Aspekten vorzunehmen. Eine etwas ausführlichere Beschreibung des Schemas von Thomsen ist im übernächsten Abschnitt gegeben in Form einer Vergleichstabelle mit dem Index von Stoffregen. Die Thomsensche Charakterzahl wird aufgebaut aus Einzelsummanden, die für jede am Himmel stehende Polarlichtform nach der erwähnten Skala ermittelt werden. Durch Summierung wird also die Formenmannigfaltigkeit berücksichtigt. Das Ausgangsmaterial sind nicht-gleichabständige Augenbeobachtungen einzelner Stationen. Durch räumliche und zeitliche Interpolation werden für ein größeres Stationsnetz als Ganzes gültige Teil-Indizes für 6-Minuten-Intervalle gewonnen und diese zu Stunden-Indizes addiert. Typische Werte dieser Stunden-Charakterzahlen schwanken zwischen etwa 10 oder 20 und 120. Alle stündlichen Zahlen eines Tages werden zu einer Tageszahl summiert, womit implizite die Andauer der Erscheinung berücksichtigt wird.

#### 8. Die Charakterzahl von Stoffregen

Eine sorgfältig abgewogene Punktbewertung der verschiedenen Polarlichtformen und -intensitäten hat Stoffregen (1959) aufgestellt. Dieses Schema wird für die Auswertung vieler Himmelskammer-Registrierungen des Internationalen Geophysikalischen Jahres (IGJ) in Form der sogenannten „Ascaplots“ (All-sky-camera-plots) benutzt. Der Index und das Diagramm von Stoffregen wurden nach langen, wiederholten Beratungen der im IGJ an Polarlichtregistrierungen Interessierten eingeführt. Über den Stand dieser Vorstudien bis Anfang 1959 berichtet Chapman (1960). Das Ausgangsmaterial sind Bilder des ganzen Himmels, die in Abständen von etwa 1 Minute gewonnen werden. Ein vorläufiger Index wird für 15-Minuten-Abschnitte durch Anwendung eines Schlüssels ermittelt, welcher Form und Intensität des Polarlichtes berücksichtigt, ohne eine feste Beziehung zwischen beiden vorauszu-

setzen. Die Andauer wird nur schwach bewertet, indem ein Zusatzpunkt in Rechnung gestellt wird, wenn eine Polarlichtform länger als die Hälfte des viertelstündlichen Einheits-Intervalles am Himmel stand. Auch für das gleichzeitige Erscheinen mehrerer Formen wird nur ein Zusatzpunkt angerechnet, nicht aber die Summe der Einzelwerte; nur die bedeutendste Form zählt.

Für die Auswertung der Registrierungen nach dem Schema von Stoffregen muß man den Himmel in drei Bereiche teilen: je zwei Bereiche zwischen  $10^{\circ}$  und  $30^{\circ}$  Höhe im Norden und Süden und der dazwischenliegende zenitnähere Bereich, die zur Abkürzung N, S und Z genannt werden. Nur der Z-Bereich wird zur Bildung der Index-Zahl benutzt, aber im Diagramm wird das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Polarlicht auch in den beiden anderen verzeichnet.

Die Maßzahlen für die Viertelstunden-Intervalle laufen von 1 bis 8, im Falle des Zusatzpunktes bis 9. Je zwei Einheits-Intervalle werden zu einem halbstündlichen Intervall zusammengefaßt, indem man die höhere der beiden ursprünglichen Index-Zahlen wählt und diese schließlich in eine nur dreistufige Skala verdichtet.

In Abb. 1 ist ein Ausschnitt aus einem „Ascaplot“ der argentinischen Station Base General Belgrano ( $77^{\circ} 58' S$ ,  $38^{\circ} 48' W$ ) wiedergegeben. Jede Zeile umfaßt zwei Tage, die Daten sind links angeschrieben. Von den fünf Reihen jeder Zeile enthalten die beiden unteren die kondensierte dreistufige Indexzahl für den Z-Bereich (beide weiß = 0; eine schwarz = 1; beide schwarz = 2), die drei oberen dagegen die Information über Vorhandensein (ganz schwarz) oder Abwesenheit (ganz weiß) von Polarlicht, sowie über ganze oder teilweise Bewölkung (Strich oder Punkt), in den Bereichen N, Z und S.

#### 9. Vergleich der Skalen von Thomsen und Stoffregen

Die Zuordnung der Index-Punkte 1 bis 8 zu den verschiedenen Formen und Intensitäten ist aus der Abb. 2 zu ersehen, die zum Vergleich auch den Schlüssel von Thomsen mit enthält. Die Breite wurde dabei so bemessen, daß die Skala 1 bis 8

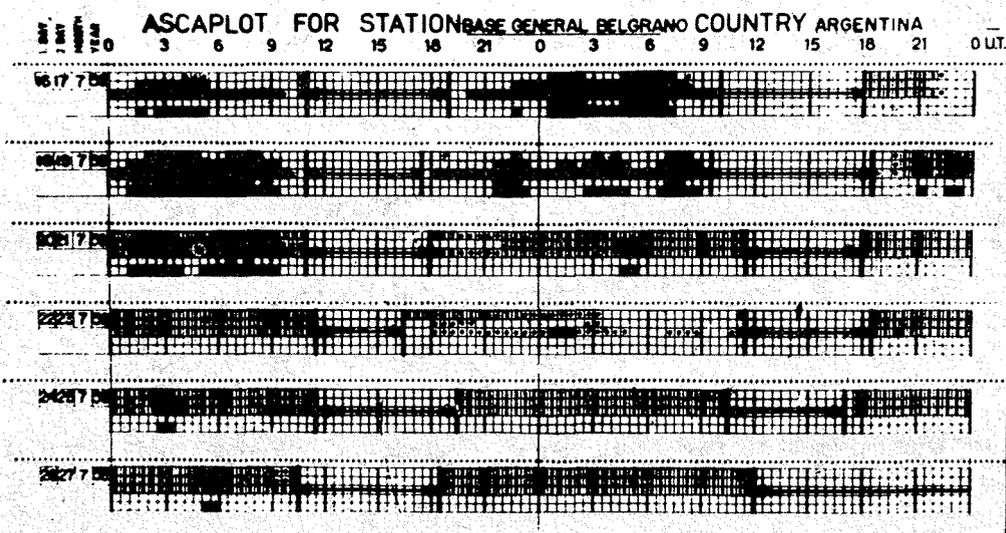


Abb. 1: Ausschnitt aus einem „Ascplot“ der argentinischen Station Base General Belgrano

von Stoffregen denselben Raum einnimmt wie die Skala 1 bis 15 von Thomsen. Von den Symbolen der Äquivalenzen nach Stoffregen (Kreise) gilt bei jeder Polarlichtform jeweils die höhere, mittlere und untere Reihe für schwache, mittelstarke und helle Polarlichter, und in jeder Reihe der kleinere Wert für kürzere, der größere für längere Andauer. Für die Deutung der verschiedenen Äquivalenzen bei den Symbolen nach Thomsen (Kreuze) muß auf die Originalarbeit verwiesen werden.

#### 10. Äquatorwärtige Erstreckung

Ein gutes planetarisches Maß der Polarlicht-Aktivität ist der während einer einzelnen Erscheinung aufgetretene größte geomagnetische Polabstand. Lange-Hesse (1960) hat gezeigt, wie eng dieser mit dem erdmagnetischen Aktivitätsindex Kp zusammenhängt. Um allerdings eine zeitlich dichte und homogene Reihe zu erhalten, müßte man ein gleichmäßiges über die Erde verteiltes Beobachter-Netz haben. Die summarische Zusammenfassung verschiedenartiger solarer, erdmagnetischer und ionosphärischer Daten des IGJ im „IGY Calendar Record“ wird ein Aktivitätsmaß enthalten, das für jedes sechsstündige Intervall angibt, in welchem von je 8 Sektoren der Nord- und Südhalbkugel das Polarlicht am weitesten äquatorwärts vorgedrungen ist, und bis zu welcher geomagnetischen Breite (ausgedrückt als Pol-

distanz, damit steigender Aktivität höhere Werte entsprechen).

#### 11. Eine experimentelle Reihe aus Himmelskammer-Registrierungen

Für den Monat Februar 1958 hat Stanley (1958) als Beitrag zu einer Zusammenstellung verschiedener Indexzahlen für Störungen in der hohen Atmosphäre zwei Arten von örtlichen Polarlicht-Indizes aus Regi-

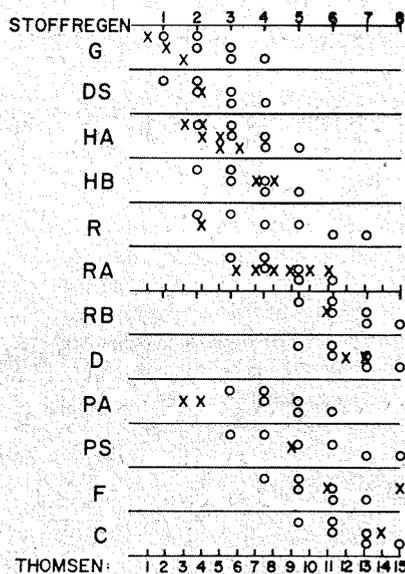


Abb. 2: Vergleichsdiagramm der Äquivalenzen von Indexpunkten nach Stoffregen (Kreise) und Thomsen (Kreuze)

strierungen einer Himmelskammer in College, Alaska, hergeleitet: eine stündliche und eine viertelstündliche. Bei der ersteren wurde die maximale Intensität der gefilmten Polarlichter während jedes Stundenintervalles in einer Skala von 0 bis 4 geschätzt, und zwar ähnlich wie bei Stoffregen für die Gebiete N, Z und S. Bei dem zweiten Index wurden dagegen die durchschnittlichen Intensitäten über den ganzen Himmel während jedes 15-Minuten-Intervalles geschätzt, diesmal in einer Skala von 0 bis 5.

### III. Ein experimenteller örtlicher Südlicht-Index

#### 1. Kurze Beschreibung der Station und des Materials

Die im folgenden beschriebenen Index-Zahlen stammen von der argentinischen Antarktis-Station Base General Belgrano (geogr. Breite:  $77^{\circ} 58' S$ ; geogr. Länge:  $38^{\circ} 48' W$ ; geomagnetische Breite:  $67^{\circ} 4' S$ ), welche 2 bis 4 Breitengrade außerhalb der Südlichtzone liegt (Schneider, 1961). Dort ist vom 16. März bis 20. September 1958 mit einigen Unterbrechungen eine Südlicht-Kammer in Betrieb gewesen, deren Aufzeichnungen (etwa 120 000 minütliche Einzelaufnahmen) in einer ersten Sichtung zwecks Aufstellung der „Ascaplots“ durchgearbeitet sind. Die Station hat gleichzeitig auch Augenbeobachtungen ausgeführt, die zwar eine weit geringere Ausbeute gebracht haben als die Filmregistrierungen, aber bei der Auswertung als Stützung gelegentlich mit hinzugezogen werden konnten.

Der Horizont ist auf dieser Station nach allen Seiten völlig frei; dennoch ist ein relativ hoher Bruchteil der erhaltenen Aufnahmen in Horizontnähe nicht ablesbar, weil die zu niedrig installierte Kammer öfter im Bereich des bodennahen Schneetreibens lag, und die Schutzhaube infolge unzulänglicher Beheizung gelegentlich vereiste. Die so entstehenden Störungen reichten manchmal über den Grenzwinkel von  $10^{\circ}$  herüber, welcher für die Anfertigung der „Ascaplots“ festgelegt ist, und müssen für die weitere Auswertung den Fällen „Bewölkt“ oder „Teilweise bewölkt“ gleichgesetzt werden; Entsprechendes gilt für Mondlicht. In Zenitnähe sind diese Störungen weniger häufig, und man

kann dann solche Bilder, die nur bis zu mittleren Höhenwinkeln unbrauchbar sind, für die Bestimmung des Index nach Stoffregen noch benutzen, nicht aber für unseren experimentellen Index S (siehe nächsten Abschnitt).

Durch eine Feuersbrunst war die Station ihrer photographischen Einrichtungen beraubt worden; die Registrierungen mußten also während des ganzen Jahres unentwickelt bleiben, so daß der Beobachter die Bildgüte nicht laufend überwachen konnte, die daher etwas ungleichmäßig ausgefallen ist. Auch die Zeitmarkierung arbeitete unzulänglich wegen des Versagens eines Frequenz-Stabilisators; durch häufigen Uhrenvergleich konnte man einigermaßen Abhilfe schaffen, aber es mußten für sämtliche Viertelstunden-Intervalle des Halbjahres, in denen Registrierungen gewonnen wurden, durch Interpolation die Angaben der eingebauten Registrieruhr korrigiert werden. Die resultierende Zeitgenauigkeit kann man auf etwa  $\pm 1$  Minute veranschlagen, was für unseren gegenwärtigen Zweck ausreicht.

#### 2. Der versuchsweise definierte Index S

Ausgehend von dem 9-stufigen Index nach Stoffregen, wurden zwei Modifikationen eingeführt: die Berücksichtigung des ganzen Himmelsgewölbes oberhalb von  $10^{\circ}$  (statt nur der Z-Region) und die Rückkehr zur Viertelstunden-Einteilung. Die erstgenannte Modifikation geht von der Überlegung aus, daß eine Station, die so dicht an der Polarlichtzone liegt, daß man die entsprechende Ionosphärenschicht noch im Sichtbereich hat, die aus dieser Schicht und Breite stammende Information mitbenutzen sollte; das Verfahren wird daher nicht ohne weiteres auf andere Gegenden übertragbar sein. Eine Folge der Erweiterung des Himmelsbereiches ist, daß man die Ausbeute verkleinert: die ohnehin zeitlich nicht dichte Reihe wird noch unvollständiger. Die Wiedereinführung des Viertelstunden-Intervalls erschien ratsam, um den Anschluß an den erdmagnetischen Q-Index wiederzugewinnen, der ja besonders im Hinblick auf die Bedürfnisse der Polarlichtforschung so geschaffen worden ist (Bartels und Fukushima, 1956).

Der experimentelle Index wird folgendermaßen errechnet: Nur Viertelstunden-Intervalle, in denen gleichzeitig die 3 Bereiche, S, Z und N ablesbar sind, werden verwendet. Es gab in der hier verarbeiteten Reihe nur  $n = 1301$  solche Intervalle. Nach dem Schlüssel von Stoffregen werden für die Bereiche S und N des Himmels ebenfalls Indexwerte  $i_S$  und  $i_N$  der 9-stufigen Skala ermittelt, die mit dem Wert  $i_Z$  des Zenithbereiches zu einem gewogenen Mittel zusammengefaßt werden nach der Formel

$$S = (2i_S + 3i_Z + 5i_N)/10$$

Der Index S bekommt also dieselbe Größenordnung wie die 9-stufige Stoffregen-Zahl; die Gewichte sind so angesetzt, daß äquatorseitiges Herausrücken des Polarlichtes aus der Zone größter Häufigkeit steigend bewertet wird. Die gewählten Zahlenwerte erleichtern die Berechnung; die einzelnen Indexzahlen S ergeben sich mit einer Dezimale hinter dem Komma.

### 3. Einige statistische Ergebnisse

a) Die Abb. 3 zeigt die Häufigkeitsverteilung für alle Tagesstunden. Sie ähnelt in der Form den öfter bei erdmagnetischen Aktivitätszahlen vorkommenden Verteilungen, besonders wenn man die Werte  $S = 0$  ausschließt. Wollte man, nach Ausschluß der Werte  $S = 0$ , aus S einen standardisierten Index ableiten, der angenähert eine von Bartels empfohlene vorgegebene Häufigkeitsverteilung haben sollte (Chapman 1960), so müßte dieser neue Index (o) durch folgende Äquivalenzen mit S definiert werden:

Tafel III

o	S	Resultierende Häufigkeit für 1958 %	Empfohlene Häufigkeit %
1	0,1...0,6	23,3	20
2	0,7...1,4	20,4	20
3	1,5...2,5	16,2	18
4	2,6...3,9	15,0	15
5	4,0...4,9	10,2	10
6	5,0...5,9	7,3	8
7	6,0...6,5	4,0	4
8	6,6...6,9	1,9	3
9	$\geq 7,0$	1,7	2

Es wurde jedoch fürs erste auf eine solche Standardisierung verzichtet.

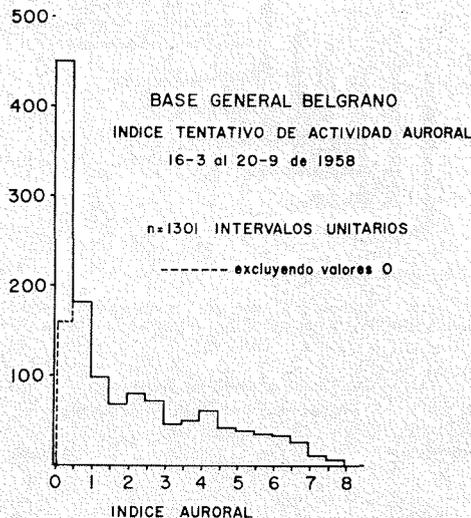


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung des experimentellen Südlicht-Index S.

b) Die Häufigkeitsverteilung hat einen ziemlich klaren Tagesgang, der in Abb. 4 gezeigt ist, mit Hilfe dreistündlich zusammengefaßter Verteilungen. Man erkennt sehr gut, wie gegen Mitternacht nach Ortszeit, — also etwa zu einer Zeit, die auch erdmagnetisch die gestörteste zu sein pflegt —, die mittleren und höheren S-Werte häufiger werden, während in den Abend- und Morgenstunden die Polarlichtaktivität durch starkes Überwiegen des Wertes  $S = 0$  gekennzeichnet ist. Die sich aus den Verteilungen ergebenden Mittelwerte der Polarlicht-Aktivität für jedes 3-Stunden-Intervall sind durch eine punktierte Kurve auf der Grundfläche des Diagrammes verbunden; gesondert ist der mittlere tägliche Gang noch einmal für Stunden-Intervalle in Abb. 5 gezeigt.

Das Maximum nach Mitternacht drückt natürlich zum Teil auch einfach das Häufigkeits-Maximum aus, welches um diese Zeit eintritt. Wollte man diesen Einfluß der Andauer ausschließen und nur die Aktivität der tatsächlich sichtbaren Polarlichter beschreiben, so müßte man die Fälle  $S = 0$  weglassen.

c) Beziehungen zur erdmagnetischen Aktivität kann man sehr schön an Hand der Q-

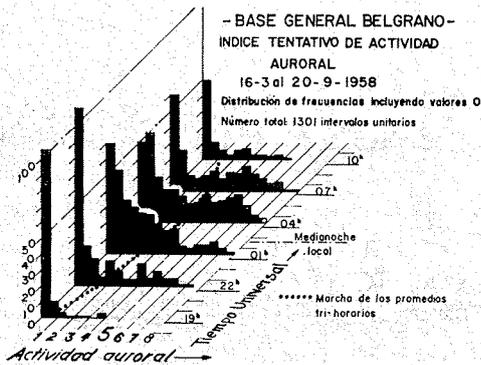


Abb. 4: Täglicher Gang der Häufigkeits-Verteilung der experimentellen Polarlicht-Charakterzahl S.

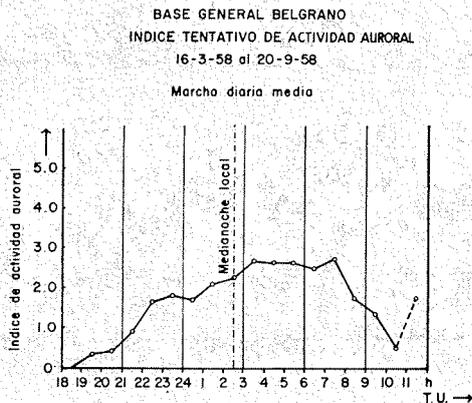


Abb. 5: Täglicher Gang der mittleren Polarlicht-Aktivität S (Der Punkt bei 11h beruht auf nur 6 Einzelwerten).

Indizes \*) der nicht allzu weit entfernt gelegenen Station Halley Bay (geograph. Breite:  $75^{\circ} 31' S$ ; geogr. Länge:  $26^{\circ} 36' W$ ; geomagnetische Breite:  $65^{\circ} 8' S$ ) untersuchen: der Breitenabstand beträgt also nur etwa  $2\frac{1}{2}^{\circ}$ , die Entfernung rund 400 km.

Abb. 6 zeigt die Korrelation von S Belgrano mit Q Halley-Bay für das zweistündige Intervall  $23^h 53^m$  bis  $01^h 52^m$  Weltzeit; zur Zeit der Anfertigung dieses Diagramms waren erst die  $3\frac{1}{2}$  Monate Mitte Juni bis Ende September 1958 ausgewertet. Trotz des überraschend glatten Verlaufes muß man wohl annehmen, daß eine größere Zahl von Fällen nicht unbedingt dieselbe Form der Abhängigkeit bringen würde; die Zahl der Fälle ist noch zu klein ( $n = 110$ ).

\*) Freundlicherweise zur Verfügung gestellt von den World Data Centers A (Washington) und C (Charlottenlund).

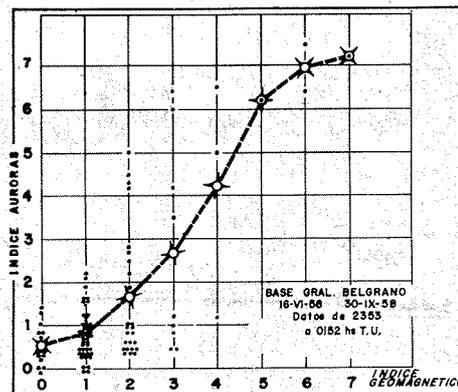


Abb. 6: Korrelation zwischen Polarlicht-Aktivität in Base General Belgrano und erdmagnetischer Aktivität in Halley Bay kurz vor (örtl.) Mitternacht.

Die Beziehung ist auch nicht zu allen Nachtstunden ähnlich glatt, obwohl der allgemeine Sinn der Korrelation erhalten bleibt, wie man aus Abb. 7 ersehen kann; diese gilt ebenfalls für den kürzeren Zeitraum von Mitte Juni bis Ende September. Die Kurven stützen sich bei den höheren Werten im allgemeinen auf viel zu wenige Punkte. Soviel ist aber zu erkennen, daß die Polarlicht-Aktivität am Morgen und Vormittag unempfindlicher wird gegenüber einem Zuwachs an erdmagnetischer Aktivität.

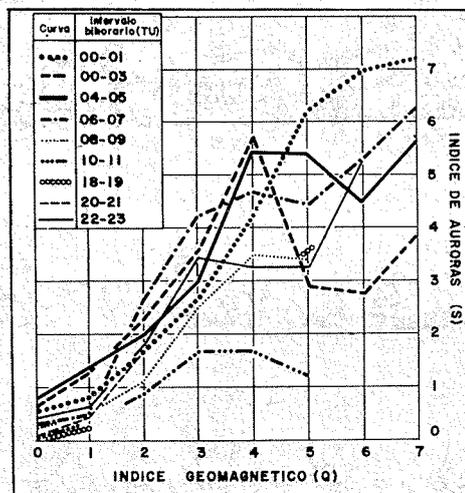


Abb. 7: Zusammenhang zwischen Polarlicht-Aktivität und erdmagnetischer Aktivität für verschiedene Tageszeiten.

Einen Begriff der Streuung in der Beziehung von S zu Q gab schon Abb. 6; wenn man die Gesamtheit aller Stunden betrachtet und nach einzelnen Beispielen schlechter Korrelation sucht, findet man unter den 17 Fällen, bei denen  $S \geq 7.0$  ist, die also nach Tafel III den Wert 9 der standardisierten Charakterzahl o erhalten würden, folgende vier Fälle mäßiger Aktivität Q (Tafel IV):

Tafel IV

Datum	Stunde (Weltzeit)	Viertelstunde	S	Q
10. VI. 58	01	II	7.0	5
26. VI. 58	05	IV	7.3	3
18. VII. 58	03	II	7.5	3
3. IX. 58	23	II	7.1	5

Wenn man bedenkt, daß die Bestimmung der Polarlichtformen nicht immer eindeutig möglich ist, und daß wolkenbedeckte, aber unverkennbare Polarlichter nach Form und

und die erdmagnetische Aktivität als Parameter benutzt, bekommt man Diagramme von der Art der Abb. 8, in welcher der Einfachheit halber nur der Fall erdmagnetisch ruhiger Verhältnisse dargestellt ist. Es ergibt sich ein interessanter Einblick in den Tagesgang der „Restaktivität des Polarlichtes“, also jener Polarlicht-Aktivität die in der Nähe der Polarlichtzonen auch bei völliger erdmagnetischer Ruhe nicht ganz zum Abklingen kommt, am stärksten 2 Stunden nach (örtlicher) Mitternacht.

#### 4. Weitere Möglichkeiten

Es ist beabsichtigt, den hier versuchsweise eingeführten Index an folgenden weiteren Fragen zu erproben: Gang nach Sturmzeit; Gang während Bai- Störungen; Korrelation mit der Nordhalbkugel; tägliche Wiederkehr-Neigung. Die mangelnde zeitliche Dichte der Reihe erfordert für die Behandlung solcher Fragen besondere Methoden; in manchen Fällen ist sie ein vorläufig noch unüberwindbares Hindernis.

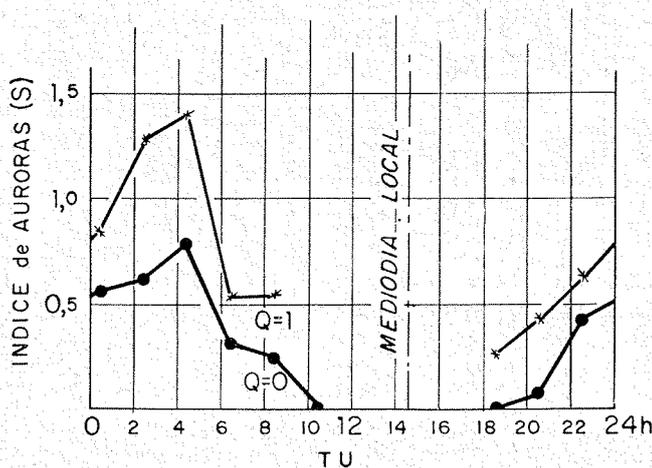


Abb. 8: Tagesgang der mittleren Polarlicht-Aktivität bei erdmagnetisch ruhigen Verhältnissen.

Helligkeit nur mit einer gewissen Willkür bewertet werden können, und wenn man ferner die ungleichmäßige photometrische Intensität der erhaltenen Registrierungen bedenkt, ist es eigentlich verwunderlich, daß solche Anomalien wie die in Tafel IV verzeichneten Fälle mit  $Q = 3$  bei hoher Südlicht-Aktivität nicht noch viel häufiger vorkommen.

Wenn man die Beziehung zwischen Q und S in Abhängigkeit von der Zeit darstellt

#### Literatur:

- Bartels, J. und Fukushima, N. (1956): Ein Q-Index für die erdmagnetische Aktivität in viertelstündlichen Intervallen: Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., Sonderheft Nr. 2. Göttingen.
- Bates, D. R. (1960): General Character of Auroras; in: Physics of the Upper Atmosphere (Hsg.: J. A. Ratcliffe). New York und London.
- Chapman, S. (1960): Report of the Moscow meeting of the Working Group (IV) on Aurora and Airglow; Annals of the IGY, vol. X, Fifth Meeting of the CSAGI. London.
- Chree, C. (1927): Magnetic Disturbance and Aurora at Cape Denison in 1912 and 1913. Proceedings Physical Society, vol. 39, p. 389-407. London.

- Currie, B. W. und Jones, C. K. (1941): Directional and diurnal characteristics of auro-  
ras at some places in Canada; *Terrestrial  
Magnetism*, vol. 46, p. 269—278. Baltimore.
- Davies, F. T. (1931): Observations of the  
Aurora Australis, Byrd Antarctic Expedition,  
1929. *Terrestrial Magnetism*, vol. 36, p. 199—230.  
Baltimore.
- Geophysical Institute, University of Alaska (seit  
1959): High Latitude Geophysical Data, College,  
Alaska.
- La Cour, D. (1932): Visual observations of polar  
aurora; Supplements to the Photographic  
Atlas of Auroral Forms, I, p. 12—13. Oslo.
- Lange-Hesse, G. (1960): Südlichste Aus-  
dehnung von Nordlichtern nach deutschen  
Land- und Seebeobachtungen im Internationalen  
Geophysikalischen Jahr; *Die Naturwissen-  
schaften*, Bd. 47, Heft. 18, p. 423—424. Berlin,  
Göttingen, Heidelberg.
- Lee, A. W. (1930): Auroral Observations at Ler-  
wick Observatory, 1924—1929. *Meteorological  
Office, Professional Notes*, No. 56. 11 pp. Lon-  
don.
- Schneider, O. (1961): Die Polarlichtzone der  
Südhälfte. *Tagung „Neue Ergebnisse der  
Polarforschung“*, der Deutschen Gesellschaft  
für Polarforschung, Münster. *Contribución del  
Instituto Antártico Argentino* No. 55. *Polar-  
forschung* V. Bd., Heft 2/1961, Holzwinden.
- Stanley, G. M. (1958): Auroral Indices using  
the All-Sky-Camera film from College, Alaska,  
February 1958. *Indices of Upper Atmospheric  
Disturbance Phenomena in Auroral Zone* (Hsg.:  
C. T. Elvey und M. Sugiura); Geophysical In-  
stitute, University of Alaska, Scientific Report  
No. 2, IGY Project No. 1. 14; p. G-1. College,  
Alaska.
- Stoffregen, W. (1959): Instructions for scal-  
ing auroral ascaplots and auroral indices:  
Meddelande från Uppsala Jonosfärobservato-  
rium, Nr. 5. Uppsala.
- Sverdrup, H. U. (1927): Magnetic, Atmo-  
spheric-Electric, and Auroral Results, Maud  
Expedition, 1918—1925. *Researches of the De-  
partment of Terrestrial Magnetism*, vol. VI  
(= Carnegie Institution of Washington, Publi-  
cation No. 175, vol. VI). Washington.
- Thomsen, I. L. (1947): A proposed auroral  
index-figure; *Terrestrial Magnetism*, vol. 52,  
p. 453—467. Baltimore.

## Fragen der Ernährung unter extremen Klimabedingungen

Von A. Seher, Münster \*)

**Zusammenfassung:** Es werden grundsätzliche Fragen über die Ernährung unter Berücksichtigung des Einflusses arktischen Klimas besprochen. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß heute einer Gefahr gesundheitlicher Schäden durch Fehlernährung wirksam begegnet werden kann.

\*

**Questions of nourishment under the extreme climate-conditions.** It will be discussed about questions of the nourishment under the consideration of the influence of the arctic climate. The author finds out that people can fight against the danger of healthy disadvantage, which comes from the unhealthy nourishment.

\*

Bei einer Diskussion von Fragen der Ernährung unter extremen Klimabedingungen muß vorwiegend an die Verpflegung der vielen Expeditionen in arktischem oder antarktischen Gebiet gedacht werden. Es liegt daher nahe, an die dabei gemachten Erfahrungen anzuknüpfen. Verfolgt man die Literatur, die darüber Auskunft geben könnte, so stellt man zweierlei fest:

1. Alle auf eine Expedition mitzunehmende Ausrüstung stellt Ballast dar, der über unwegsames Gelände mit z. T. großer Anstrengung transportiert werden muß. Die Nahrungsvorräte sind in dieser Sicht nur ein notwendiges Übel.
2. Jede auf sich gestellte Gruppe ist der Gefahr ausgesetzt, daß Nahrungsvorräte durch Verzögerungen auf dem Wege vor-

zeitig erschöpft werden oder durch Unfall verloren gehen.

Daher sind viel Mühe und Opfermut aufgewendet worden, um für Notfälle Ernährungsmöglichkeiten aus dem Expeditionsgebiet zu finden. *Stefansson* hat aus solchen Überlegungen seine Methode „vom Lande zu leben“ ausgeführt. Es ist klar, daß die dabei gewonnenen Erfahrungen, ohne ihre Bedeutung einschränken zu wollen, nicht Grundlage der zu behandelnden Fragen sein können.

Ganz anders sind die Voraussetzungen, unter denen z. B. die Vereinigten Staaten ihre Südpolexpeditionen im Geophysikalischen Jahr 1957/58 vorbereitet und ausgestattet haben. Hier stehen aber militärische Interessen einer öffentlichen Diskussion der Ergebnisse im Wege. Es sei in diesem Zusammenhang nur der amerikanische Stützpunkt Thule erwähnt. *E. Müller* teilt in einer Publikation mit, daß bereits 1954 ca. 8000 Mann US-Personal im Raum der Arktis stationiert waren, 4000 davon auch in den Wintermonaten.

Wir müssen daher versuchen, der Frage nach einer zweckmäßigen und ernährungsphysiologisch einwandfreien Nahrung von einer

\*) Prof. Dr. Artur Seher, Münster/Westf., Hedwigstraße 10