

Die Tagesschwankungen der Nukleonenkomponente der kosmischen Strahlung am Jungfraujoch

Autor(en): **Debrunner, H. / Houtermans, F.G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Helvetica Physica Acta**

Band (Jahr): **35 (1962)**

Heft III

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-113271>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Tagesschwankungen der Nukleonenkomponente der kosmischen Strahlung am Jungfrauoch

von **H. Debrunner** *) und **F. G. Houtermans**
Physikalisches Institut der Universität Bern

(13. XII. 1961)

1. Einleitung

Seit Oktober 1958 registrieren wir die Intensität der Nukleonenkomponente der kosmischen Strahlung mittels eines Neutron Monitoring Pile nach SIMPSON¹⁾. Die Registrierapparatur ist in der Hochalpinen Forschungsstation Jungfrauoch aufgestellt, von Oktober 1958 bis Juli 1959 in 3450 m Höhe ü. M., ab August 1959 in 3550 m. Die geomagnetische Breite der Station beträgt $47^{\circ} 56' N$ und die geographische Länge $7^{\circ} 59' E$, so dass sich der Cut-off-Wert der Steifigkeit für primär einfallende kosmische Strahlung nach QUENBY und WEBBER²⁾ zu 3,5 BV bestimmen lässt. Die Anlage weist eine mittlere Zählrate von $3,2 \cdot 10^5$ cph oder $7,7 \cdot 10^6$ cpd auf. Die relativen statistischen Fehler betragen somit 0,23% für die Stundenwerte und 0,05% für die Tageswerte.

2. Korrelation der Tagesschwankungen von Jungfrauoch mit $[Kp]^{max}$

Es ist schon lange bekannt, dass der auf der Erde registrierte Tagesgang der kosmischen Strahlung je nach Sonnenaktivität grossen Schwankungen unterworfen ist³⁾⁴⁾. Eine genaue Analyse dieses Problemkreises ist natürlich nur möglich, wenn alle Messdaten berücksichtigt werden, die mit Satelliten und mit den im Rahmen des geophysikalischen Jahres standardisierten und über die ganze Erde zerstreut aufgestellten Registrierapparaturen gewonnen wurden. Wir begnügen uns hier mit einem kleinen Beitrag zu solch einer Arbeit, indem wir die Messungen von Jungfrauoch aufarbeiten und die Tagesschwankungen in Abhängigkeit der

*) Z. Zt.: Royal Institute of Technology, Stockholm, Schweden.

Sonnenaktivität analysieren und mit den entsprechenden Resultaten der Station Uppsala vergleichen.

Zu diesem Zwecke haben wir für jeden Tag als Mass der Sonnenaktivität den Maximalwert des geomagnetischen Störungsindex K_p , $[K_p]^{\max}$, gewählt. Der geomagnetische Störungsindex K_p stellt ein ungefähr logarithmisches Mass dar für die Abweichungen der Schwankungen des magnetischen Vektors von den «normalen» Tagesschwankungen und wird je über drei Stunden aus den Messungen neun verschiedener über die gesamte Erde verteilter Stationen ermittelt⁵⁾. Dieser Index umfasst die Skala

$$0, 0 +, 1 -, 10, 1 +, 2 -, 20 \dots 8 +, 9 -, 90$$

und wird uns in freundlicher Weise vom «IAGA Committee on Characterization of Magnetic Activity» zur Verfügung gestellt.

Die Wahl von $[K_p]^{\max}$ zur Charakterisierung der Sonnenaktivität in Verbindung mit kosmischen Strahlungsmessungen erscheint uns aus den folgenden Gründen als zweckmässig:

a) Nach den heutigen Auffassungen werden die Tagesschwankungen der kosmischen Strahlung hauptsächlich durch die magnetischen Verhältnisse in der nähern und weitem Umgebung der Erde bestimmt. Die magnetischen Bedingungen ihrerseits stehen im engen Zusammenhang mit den bei Sonneneruptionen emittierten Plasmamassen, die eingefrorene Magnetfelder mit sich führen (können). Folglich sollte sich eine gute Korrelation der Tagesschwankungen der kosmischen Strahlung mit den die Erde umflutenden solaren Plasmawolken ergeben. Als Mass für die Intensität solcher Plasmawolken wählen wir nun K_p , da die zeitlichen Störungen des Erdmagnetfeldes, festgehalten durch erhöhte K_p -Indices, auch durch solare Plasmamassen, die gegen das Magnetfeld der Erde vordringen, erzeugt werden. Es wird dabei natürlich nicht etwa die Meinung geäußert, dass die Schwankungen der Tagesperiodizität der kosmischen Strahlung durch Veränderungen des Erdmagnetfeldes hervorgerufen werden. K_p scheint uns aber die die Erde treffende Sonnenaktivität besser zu charakterisieren als beispielsweise die tägliche Sonnenfleckenrelativzahl R oder eine Masszahl, die die tägliche Anzahl und die Stärke der sichtbaren solaren Eruptionen berücksichtigt.

b) Wie bereits erwähnt, stellt K_p ein ungefähr logarithmisches Mass der Störungen des Erdmagnetfeldes dar. Bei einer Mittelung der acht Tageswerte von K_p würden deshalb schwache und mittelstarke Störungen des Erdmagnetfeldes, die sich nur während wenigen Stunden manifestieren, zu wenig stark gewichtet.

Wir legen deshalb den Maximalwert von K_p , $[K_p]^{\max}$, unserer Korrelation zugrunde und unterteilen unsere vollständigen Messtage von Oktober 1958 bis Juni 1961 (Tage, die aussergewöhnliche Schwankungen

wie «Forbush decreases» und «solar bursts» aufweisen, wurden weggelassen) nach $[Kp]^{max}$ in folgende fünf Gruppen (Tab. 1):

Tabelle 1
Gruppeneinteilung der Tage nach $[Kp]^{max}$

Gruppe	$[Kp]^{max}$	Anzahl der zur Verfügung stehenden Tage
I	$[Kp]^{max} \leq 1 +$	26
II	$1 + < [Kp]^{max} \leq 3 +$	280
III	$3 + < [Kp]^{max} \leq 5 +$	280
IV	$5 + < [Kp]^{max} \leq 7 +$	100
V	$[Kp]^{max} > 7 +$	8

Aus statistischen Gründen*) spalten wir die fünf Gruppen in Untergruppen weiter auf:

- Gruppe I in 3 Untergruppen zu 9, resp. 8 Tagen
 Gruppe II in 28 Untergruppen zu 10 Tagen
 Gruppe III in 28 Untergruppen zu 10 Tagen
 Gruppe IV in 10 Untergruppen zu 10 Tagen
 und Gruppe V in 2 Untergruppen zu 4 Tagen

Mit den Zweistundenwerten bestimmen wir nun für jede Untergruppe die gemittelte Tagesperiodizität (X_1, X_2, \dots, X_{12}) und approximieren diese durch die Harmonischen

$$X_i^1 = I_0 + \sum_{k=1}^5 I_k \sin\left(\frac{2\pi}{12} k i + \varphi_k\right)$$

nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate

$$\sum_{i=1}^{12} (X_i^1 - X_i)^2 = \text{Minimum}.$$

*) Haben wir die Punkte X_1, X_2, \dots, X_{12} nach der weiter unten beschriebenen Methode durch die Harmonischen

$$X_i^1 = I_0 + \sum_{k=1}^5 I_k \sin\left(\frac{2\pi}{12} k i + \varphi_k\right)$$

zu approximieren, sind die Werte I_0, I_k und φ_k eindeutig bestimmt. Stellen nun die X_1, X_2, \dots, X_{12} Messdaten mit Fehlergrenzen dar, sind die daraus resultierenden Fehlergrenzen der I_0, I_k und φ_k nur unter bestimmten Voraussetzungen abzuschätzen⁶⁾. Wir umgehen nun diese Schwierigkeit durch die Bildung von Untergruppen und erhalten damit, wie im folgenden erläutert wird, eine gute Abschätzung der Fehlergrenzen von I_0, I_k und φ_k direkt.

Da sowohl Amplituden wie Phasenwinkel der höheren Harmonischen grosse, nicht systematische Schwankungen zeigen und im Zusammenhang mit unserer Korrelation keine gesicherten Resultate zulassen, berücksichtigen wir im weitern nur die Werte I_0 , I_1 und φ_1 und bestimmen für jede Untergruppe daraus die relative Amplitude A_1

$$A_1 = \frac{I_1}{I_0}$$

und die Zeit des Intensitätsmaximums T_1^{\max}

$$T_1^{\max} = 6 - \frac{12}{\pi} \varphi_1$$

(ausgedrückt in der Lokalzeit). Die Vernachlässigung der höhern Harmonischen beeinflusst unsere Resultate dabei nur unwesentlich, da die Amplituden I_2, \dots, I_5 um mindestens eine Grössenordnung kleiner sind als I_1 . Für jede Gruppe gewinnen wir die entsprechenden Werte nach dem üblichen statistischen Verfahren durch Mittelung über die Untergruppen und erhalten dabei – wie Tab. II und die Figuren 1 und 2 zeigen – folgende Korrelationen mit $[Kp]^{\max}$:

a) Die Amplitude der ersten Harmonischen der Tagesperiodizität A_1 nimmt für unsere Station mit zunehmendem $[Kp]^{\max}$ zu, und zwar stärker als linear.

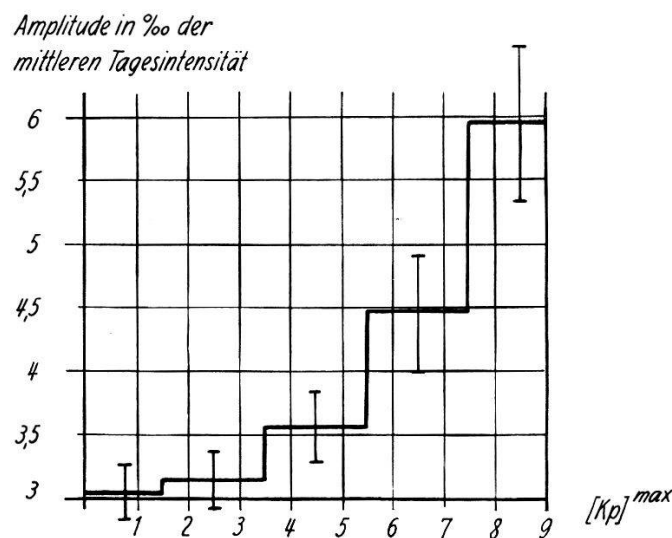


Fig. 1

Amplitude der ersten Harmonischen der Tagesschwankung der kosm. Strahlung in Abhängigkeit von $[Kp]^{\max}$.

b) Die Zeit maximaler Intensität ist für Tage mit $[Kp]^{\max} \leq 7 +$ innerhalb der Fehlergrenzen konstant. Für Tage mit $[Kp]^{\max} > 7 +$ hingegen verschiebt sich T_1^{\max} und $(4,7 \pm 1,4)$ Stunden in den frühen Morgen.

Tabelle 2

Amplitude der ersten Harmonischen (A_1) und Zeit des Intensitätsmaximums (T_1^{\max}) der Tagesperiodizität von Jungfrauoch in Abhängigkeit von $[Kp]^{\max}$.

Gruppe	A_1 (in ‰)	T_1^{\max} (Lokalzeit)
I	$3,05 \pm 0,21$	$14,51 \pm 0,35$
II	$3,24 \pm 0,23$	$14,50 \pm 0,40$
III	$3,56 \pm 0,28$	$14,14 \pm 0,26$
IV	$4,46 \pm 0,46$	$14,48 \pm 0,70$
V	$5,96 \pm 0,62$	$9,68 \pm 1,28$

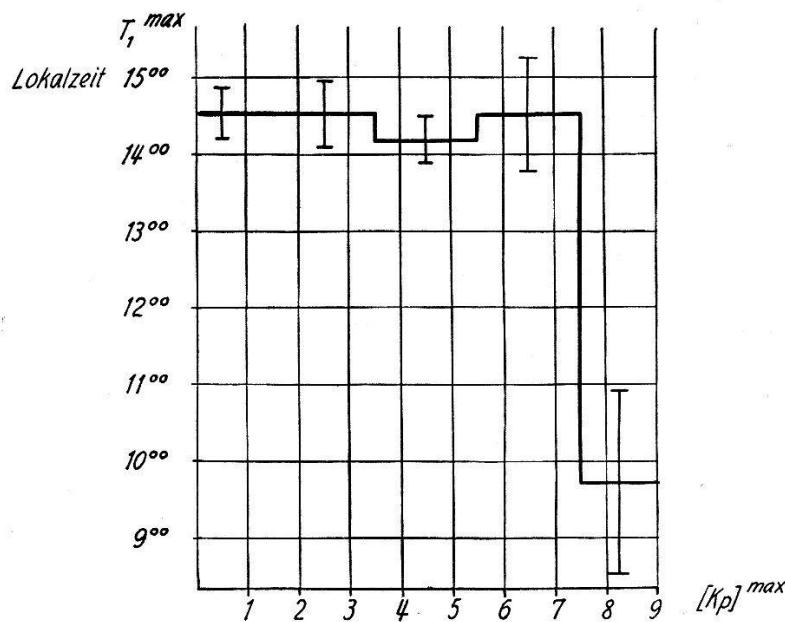


Fig. 2

Intensitätsmaximum der ersten Harmonischen der Tagesschwankung der kosm. Strahlung in Abhängigkeit von $[Kp]^{\max}$.

3. Vergleich der Korrelationen der Tagesperiodizitäten mit $[Kp]^{\max}$ der Stationen Jungfrauoch (B 203) und Uppsala (B 003)

Von den Intensitätsschwankungen der Nukleonenkomponente einer Station lässt sich bekanntlich wenig über die Veränderungen des Primärspektrums der kosmischen Strahlung aussagen. Für eine erste Diskussion unserer Ergebnisse ist es deshalb von Bedeutung, dass auch die Station Uppsala, die einen gleichen Neutron Monitoring Pile betreibt, ihre Messungen von August 1957 bis April 1959 in ähnlicher Weise aufgearbeitet hat⁷⁾ und dabei die Korrelation ihrer Tagesperiodizität mit $[Kp]^{\max}$ erhielt, wie sie aus Tabelle 3 ersichtlich ist.

Tabelle 3

Amplitude der ersten Harmonischen (A_1) und Intensitätsmaximum (T_1^{\max}) der Tagesperiodizität von Uppsala in Abhängigkeit von $[Kp]^{\max}$.

Gruppe	A_1 (in ‰)	T_1^{\max} (Lokalzeit)
I	$4,04 \pm 0,53$	$18,88 \pm 0,50$
II	$2,81 \pm 0,13$	$14,65 \pm 0,18$
III	$2,35 \pm 0,11$	$14,43 \pm 0,18$
IV	$3,01 \pm 0,22$	$14,02 \pm 0,28$
V	$3,86 \pm 0,72$	$12,33 \pm 0,77$

Eine Gegenüberstellung der Resultate von Jungfrauoch und Uppsala erscheint uns angebracht, trotzdem sich die beiden Messperioden nur in einem Intervall von acht Monaten überdecken. Auch ist zwar die Sonnenfleckenrelativzahl R seit Mitte 1959 bedeutend gesunken, was auf eine verminderte Sonnenaktivität schliessen lässt. Andererseits aber zeigt die mittlere Intensität der kosmischen Strahlung noch keinen wesentlichen Anstieg, was, wenn wir uns des starken Intensitätsbefalls von 1956 und anfangs 1957 erinnern, für gegebene $[Kp]^{\max}$ doch auf einigermaßen konstante magn. Verhältnisse in der Umgebung der Erde von August 1957 bis Juni 1961 hinweist. Für die Gegenüberstellung haben wir aber noch die folgenden Punkte zu berücksichtigen:

a) Während der Cut-off-Wert der Steifigkeit für Jungfrauoch 3,5 BV beträgt, misst der entsprechende Wert für Uppsala etwa 2 BV (atmosphärischer Cut-off).

b) Die Bahnrichtung eines kosm. Strahlungspartikels fern des Erdmagnetfeldes ist für Teilchen gleicher Steifigkeit, die zur selben Lokalzeit zenital bei den beiden Stationen einfallen, verschieden. Die Unterschiede werden aus Figur 3 ersichtlich. Dabei bezeichnet $\psi(r)$ den in die Äquator-ebene projizierten Winkel zwischen der Bahnrichtung eines kosmischen Strahlungspartikels der Steifigkeit r ausserhalb dem Wirkungsbereich des Erdmagnetfeldes, der für den Beobachter in Jungfrauoch (J) oder Uppsala (U) aus dem Zenit einfällt, und dem Radiusvektor, der durch den Erdmittelpunkt und den Beobachtungsstandort definiert wird. $\Phi(r)$ ist die geogr. Breite, aus der der Strahlungspartikel ausserhalb des Erdmagnetfeldes stammt (siehe dazu BRUNBERG⁸)).

Vergleichen wir vorerst die Resultate der Tage mit $[Kp]^{\max} \leq 1$, so ergeben sich für die statistisch gesichteten Unterschiede der Amplituden und namentlich der Zeiten der Intensitätsmaxima die folgenden Interpretationsmöglichkeiten:

a) Bei geringer Sonnenaktivität treten in der primären kosmischen Strahlung zwei verschiedene Anisotropien auf. Diese unterscheiden sich

hinsichtlich Quellstärke und Energieabhängigkeit so, dass die Anisotropie I, die eine Quelle in Richtung 24 h vortäuscht, im Bereich $r < 3,5$ BV überwiegt, während die Anisotropie II, deren Maximum in Richtung 18 h liegt, für $r > 3,5$ BV deutlich in Erscheinung tritt. Deshalb auch sind die Tagesschwankungen von Uppsala mit dem Cut-off-Wert von 2 BV hauptsächlich durch die Anisotropie I bestimmt, während am Jungfraujoch namentlich die Komponente II analysiert werden kann. Der Unterschied der A_1 in Uppsala und am Jungfraujoch rührt nun von der Verschiedenheit der natürlich energieabhängigen Quellstärken her und die Differenz der T_1^{\max} von $(4,37 \pm 0,85)$ Stunden ist den verschiedenen Richtungen der Maxima zuzuschreiben.

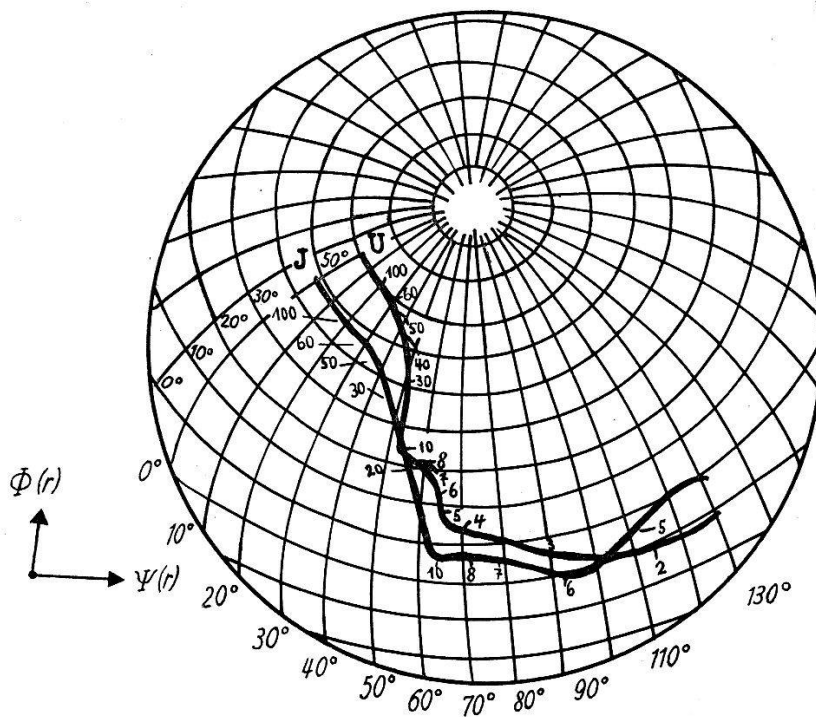


Fig. 3

Längen- und Breitenkorrektur der in den Stationen Uppsala (U) und Jungfraujoch (J) zenital einfallenden kosm. Strahlung in Abhängigkeit der Steifigkeit r (in BV).
Siehe BRUNBERG⁸).

b) Der Unterschied der Tagesschwankungen der Nukleonenkomponente in Uppsala und am Jungfraujoch bei geringer Sonnenaktivität ist auf eine starke Breitenabhängigkeit der wirkenden Anisotropie zurückzuführen. Diese Anisotropie, die namentlich im Bereich $r \geq 5$ BV ausgeprägt sein muss und das Maximum ungefähr in Richtung 22 h besitzt, ist stark ausgebildet in mittleren (nördlichen) Breiten und wird schwächer gegen die Äquator- resp. Ekliptikebene hin. Eine Veränderung der Breite um 25° bedingt eine Änderung der Quellstärke um $\sim 40\%$. Die gegenüber Jungfraujoch erhöhte Amplitude der Tagesschwankungen von

Uppsala kann nun dadurch erklärt werden, dass Uppsala – wie aus Figur 3 ersichtlich – für Steifigkeiten $\nu \geq 5$ BV die zenital einfallende kosmische Strahlung aus höheren Breiten empfängt als Jungfrauoch. Auch der grosse Unterschied der T_1^{\max} wird, mindestens qualitativ, verständlich, wenn wir bedenken, dass die Ost-West-Ablenkung der Primärstrahlung infolge des Erdmagnetfeldes bei $\nu = 5$ BV für Uppsala um ungefähr 50° kleiner ausfällt als für Jungfrauoch. Entspricht nun diese zweite Annahme der Wirklichkeit, so sollte sich wegen der verschiedenen Lage des Erdäquators und des Sonnenäquators ein deutlicher Jahresgang der Tagesschwankungen bei geringer Sonnenaktivität ergeben. Für eine solche Analyse reicht aber unser Zahlenmaterial nicht aus und unseres Wissens ist bis jetzt auch nach keiner solchen Jahresperiodizität gesucht worden. Deshalb sind vorläufig beide Theorien als gleichberechtigt hinzunehmen, trotzdem die Interpretation b) den theoretischen Voraussagen, die eine erhöhte Anisotropie in der Ekliptik fordern, widerspricht.

Versuchen wir nun aber das Verhalten der A_1 und der T_1^{\max} auch bei erhöhter Sonnenaktivität zu verstehen (Tage der Gruppen I–IV), so stossen wir mit der zweiten Annahme auf Widersprüche. Von Jungfrauoch aus müsste sich nämlich die Anisotropie mit zunehmendem $[\text{Kp}]^{\max}$ verstärken, ohne dabei ihre Energieabhängigkeit und ihre Richtung wesentlich zu verändern. Auch eine Verlagerung des Schwergewichtes der Anisotropie zu tiefen Energien wäre denkbar, wobei aber die Vergrößerung der mittleren Ost-West-Ablenkung durch eine Verlagerung des Maximums in Richtung 24 h wettgemacht werden müsste. Von Uppsala aus hingegen muss gefordert werden, dass sich die Anisotropie bei zunehmender Sonnenaktivität abschwächt und gegen kleinere Energien verschiebt, ohne dabei die Richtung des Maximums zu verändern, oder aber abbaut und das Maximum um ungefähr vier Stunden in Richtung 18 h verlagert.

Diese Widersprüche vermeiden wir mit der Interpretation a), wenn wir weiter annehmen, dass die Anisotropie I mit Maximum in Richtung 24 h, die namentlich den Spektralbereich $\nu < 3,5$ BV erfasst, sich bei zunehmender Sonnenaktivität rasch abbaut, während sich die Anisotropie II dabei verstärkt. Das Anwachsen der A_1 und die Konstanz der T_1^{\max} für Jungfrauoch wurden demnach durch die Verstärkung der schon bei den Tagen der Gruppe I hier deutlich in Erscheinung tretenden Anisotropie II zustandekommen, während für Uppsala die Verminderung von A_1 und der darauf folgende Wiederanstieg durch die Superposition der sich abbauenden Quelle in Richtung 24 h und der sich verstärkenden Anisotropie in Richtung 18 h verstanden werden können. Auch die Verschiebung der T_1^{\max} von Uppsala beim Übergang von Gruppe I zu Gruppe IV wird durch diese Annahme erklärt.

Eine Bestätigung unserer Ergebnisse glauben wir in einer theoretischen Arbeit von DATNER und VENKATESAN⁹⁾ zu finden, die für die Tagesschwankungen der kosm. Strahlung sieben verschiedene mögliche Komponenten verantwortlich machen. Dabei sagen sie bei geringer Sonnenaktivität eine Komponente voraus, die durch die Regeneration des solaren Magnetfeldes¹⁰⁾ erzeugt wird und das Maximum in Richtung 24 h aufweist. Weiter fordern sie eine Komponente mit Maximum in Richtung 18 h, die ihre Erklärung in der Rotation des solaren Magnetfeldes findet und sich mit zunehmender Eruptionstätigkeit verstärkt. Dass diese Komponenten unseren Anisotropien I und II entsprechen können, ist nicht zu verkennen. Diese Arbeit legt uns aber auch eine Erklärung für die Resultate der Tage der Gruppe V nahe, deren Analyse bekanntlich viele Fehlerquellen in sich birgt, da die Autoren bei sehr starker Sonnenaktivität eine Anisotropie voraussagen in Richtung 12 h, die durch magnetische Felder in den von der Sonne emittierten Plasmastrahlen und vielleicht sogar durch solare Protonen erzeugt wird. Die Verschiebung der T_1^{\max} in den Morgen bei Tagen mit $[Kp]^{\max} > 7 +$ könnte also durch die bei solaren Eruptionen stark ausgeprägte Komponente in Richtung 12 h zustande kommen.

Die Gegenüberstellung der Tagesschwankungen von Uppsala und Jungfraujoch legen also folgende Schlüsse nahe:

a) Die Tagesperiodizität der kosmischen Strahlung wird durch verschiedene Anisotropien verursacht, deren Quellstärke je nach der Sonnenaktivität und den magnetischen Verhältnissen in der Umgebung der Erde ändert.

b) In Uppsala und am Jungfraujoch treten drei Komponenten in Erscheinung. Eine erste mit steilem Spektrum und der Richtung 24 h, die sich nur bei geringer Sonnentätigkeit und in Stationen mit niedrigem Cut-off-Wert manifestiert. Eine zweite mit Maximum in Richtung 18 h, die sich bei geringer Sonnenaktivität nur in den Resultaten der Stationen mittlerer Breite widerspiegelt, bei erhöhtem $[Kp]^{\max}$ aber auch bei polnahen Stationen deutlich zum Ausdruck kommen. Eine dritte Komponente in Richtung 12 h scheint nur an Tagen mit sehr starken magnetischen Störungen, wenn die Erde von solaren Plasmawolken umflutet wird, in Erscheinung zu treten.

Eine genauere Analyse ist – wie einleitend erwähnt – natürlich nur unter Berücksichtigung der Daten aller Stationen für kosmische Strahlungsmessungen und der Satelliten möglich. Diese Arbeit hat nur das Ziel, auf die Wirkung verschiedener Anisotropien aufmerksam zu machen, und die weitere Analyse dieses Fragenkomplexes mit allen erhältlichen Registrierdaten wird ins Auge gefasst.

4. Verdankungen

Herrn P. JOST danken wir für die tatkräftige Mithilfe bei der Wartung der Apparatur und bei der Aufarbeitung unserer Messresultate, den Herren E. Å. BRUNBERG, G. CVIJANOVICH, E. DYRING und A. E. SANDSTRÖM für die vielen anregenden Diskussionen. Zu besonderem Dank sind wir auch der gesamten «Kosmischen Strahlungsgruppe» in Uppsala verpflichtet, die uns die aufgearbeiteten Resultate ihrer Station zur Verfügung stellte. Weiter gilt unser Dank dem Schweiz. Nationalfonds und der Kommission für Atomwissenschaft, deren finanzielle Unterstützung die Registrierung der kosmischen Strahlung am Jungfraujoch ermöglichte, und der Stiftung Hochalpine Forschungsstation Jungfraujoch, in deren Gebäuden unsere Anlage untergebracht ist.

Literaturverzeichnis

- 1) J. A. SIMPSON, Special Report: Cosmic Radiation, Neutron Intensity Monitor, University of Chicago (1955).
- 2) J. J. QUENBY und W. R. WEBBER, *Phil. Mag.* 4, 90 (1959).
- 3) Y. SEKIDO und S. YOSHIDO, *Rep. Jon. Res. Japan* 4, 37 (1950).
- 4) A. E. SANDSTRÖM, *Tellus* 7, 204 (1955).
- 5) J. BARTELS, Special Report: Note to Accompany the Tables of Kp-Indices, Publication Committee CSAGI, London (1959).
- 6) E. DYRING und B. ROSEN, *Tellus* 8, 113 (1961).
- 7) A. E. SANDSTRÖM, E. DYRING und S. LINDGREN, Special Report: The Daily Variation of the Cosmic Ray Nucleonic Component at Murchison Bay and Uppsala; Uppsala University, Sweden (1960).
- 8) E. A. BRUNBERG, *Tellus* 8, 215 (1956).
- 9) A. DATNER und D. VENKATESAN, *Tellus* 11, 239 (1959).
- 10) H. ALFVEN, *Tellus* 8, 1 (1956).