

Werk

Jahr: 1970

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:36

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0036

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0036

LOG Id: LOG_0042

LOG Titel: Raketexperiment zur Untersuchung von Nordlichtern. Meßergebnisse des Protonendetektors EI 101

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Raketexperiment zur Untersuchung von Nordlichtern

Meßergebnisse des Protonendetektors EI 101

Von E. KIRSCH, Lindau¹⁾

Eingegangen am 15. Mai 1969

Zusammenfassung: Mit Nike-Apache-Raketen wurden in Fort Churchill, Kanada (11. 11. 1966) und in Kiruna, Schweden (5. 12. 1967) Geräte erprobt, die für den ersten deutschen Forschungssatelliten vorgesehen sind. Die Raketen wurden in ein sichtbares Polarlicht geschossen. Die Messungen mit dem omnidirektionalen Protonendetektor EI 101 (beschrieben in 1) ergaben folgendes:

Während in Kiruna die normal erwartete Aufstiegskurve für die galaktische kosmische Strahlung gemessen wurde, konnte in Fort Churchill eine Zusatzstrahlung nachgewiesen werden, die auf relativistische Elektronen ($E > 3,2$ MeV) zurückgeführt wird. Der Fluß betrug $0,19 e^-/\text{cm}^2 \text{ sec ster} \pm 25\%$.

Dieses Ergebnis spricht für die sporadische Ausfällung relativistischer Elektronen aus dem äußeren Strahlungsgürtel bis zu L -Werten von 8,7.

Summary: Scientific experiments of the first German Research Satellite have been tested with Nike-Apache rockets at Fort Churchill, Canada (November 11, 1966) and at Kiruna, Sweden (December 5, 1967). The rockets were launched into a visible aurora. The results of the omnidirectional proton detector EI 101 (described in 1) are as follows:

The normally expected galactic cosmic ray intensity was measured at Kiruna. An additional radiation which is interpreted as relativistic electrons ($E > 3.2$ MeV) was measured at Fort Churchill. The measured flux was $0.19 e^-/\text{cm}^2 \text{ sec ster} \pm 25\%$. This result shows the sporadic precipitation of relativistic electrons from the outer radiation belt up to L -values of 8.7.

1. Einleitung

Der für den ersten deutschen Forschungssatelliten (Projekt AZUR) vorgesehene Detektor zur Messung omnidirektionaler Protonenflüsse [KEPPLER, KIRSCH, MÖRL, MUSMANN, ROSSBACH, ROSSBERG, 1967] wurde in Fort Churchill, Kanada, am 11. 11. 1966 und in Kiruna, Schweden, am 5. 12. 1967 mit Nike-Apache-Raketen erprobt. Die Raketen wurden in ein sichtbares Polarlicht geschossen. Für den Protonendetektor wurde dabei die Aufstiegskurve für die galaktische kosmische Strahlung erwartet, da Polarlichtelektronen die Abschirmung nicht durchdringen können.

¹⁾ E. KIRSCH, Max-Planck-Institut für Aeronomie, Institut für Stratosphärenphysik, 3411 Lindau/Harz.

2. Eigenschaften des Detektors

Er besteht aus einem halogengelöschten GM-Zählrohr von 10 cm² omnidirektionalem Geometriefaktor. Die Schwellenenergien sind 30 MeV für Protonen und 3,2 MeV für Elektronen.

Die Ansprechwahrscheinlichkeit für Bremsstrahlung wurde experimentell mit einem parallel gebündelten Elektronenstrahl bestimmt, der direkt auf die zylindrische Zählrohrabschirmung gerichtet war (Abb. 1).

Die in Abb. 1 angegebene, auf konstanten Elektronenfluß normierte Zählrate ist eine Funktion aus der Elektronenstreuung (am Al-Zylinder), der Erzeugung von Bremsstrahlung im Al-Zylinder, der Absorption in Aluminium, Blei und Zählrohrwand sowie der Nachweiswahrscheinlichkeit für Bremsstrahlungsquanten im Halogenzählrohr. In Abb. 1 ist außerdem die Ansprechwahrscheinlichkeit des omnidirektionalen Untergrundzählrohres von EI 95 (vgl. 1) für Bremsstrahlung eingezeichnet worden.

3. Meßergebnisse

Abb. 2 (untere Kurve) zeigt die Ergebnisse des Protonendetektors EI 101 von Fort Churchill, Abb. 3 (obere Kurve) die von Kiruna zusammen mit Meßergebnissen der anderen Raketenexperimente [Payload Test with Sounding Rockets, 1967, unveröffentlicht].

In Tabelle 1 sind die aus den Raketenschüssen und einem in Kiruna am 15. 8. 1967 durchgeführten Ballonaufstieg mit dem Protonendetektor erhaltenen Ergebnisse aufgeführt. Zum Vergleich werden noch die von MCDIARMID [1961] in Fort Churchill gemessenen Normalwerte der galaktischen kosmischen Strahlung aufgeführt ($E > 25$ MeV).

Tabelle 1.

	Sekundärstrahlungsmaximum	Galaktische kosmische Strahlung
Fort Churchill Rakete	14 ± 1 pps	11 ± 1 pps
Kiruna Rakete	16,9 ± 1,5 pps	11,4 ± 1 pps
Kiruna Ballon	14,7 ± 1 pps	11,5 ± 1 pps
EI 101 berechnet nach MCDIARMID [1961] (pps = Pulse/sec)		16 ± 1 pps

Die Ergebnisse stimmen für beide Raketenschüsse gut überein. Der nach MCDIARMID [1961] für den Detektor EI 101 erwartete Wert der galaktischen kosmischen Strahlung wird nicht ganz erreicht. Messungen an Zählrohren der gleichen Lieferung ergaben, daß ihre Nachweiswahrscheinlichkeit für kosmische Strahlung nicht bei 85% (wie von der Herstellerfirma angegeben), sondern bei 75% liegt, wodurch die Differenzen erklärt werden.

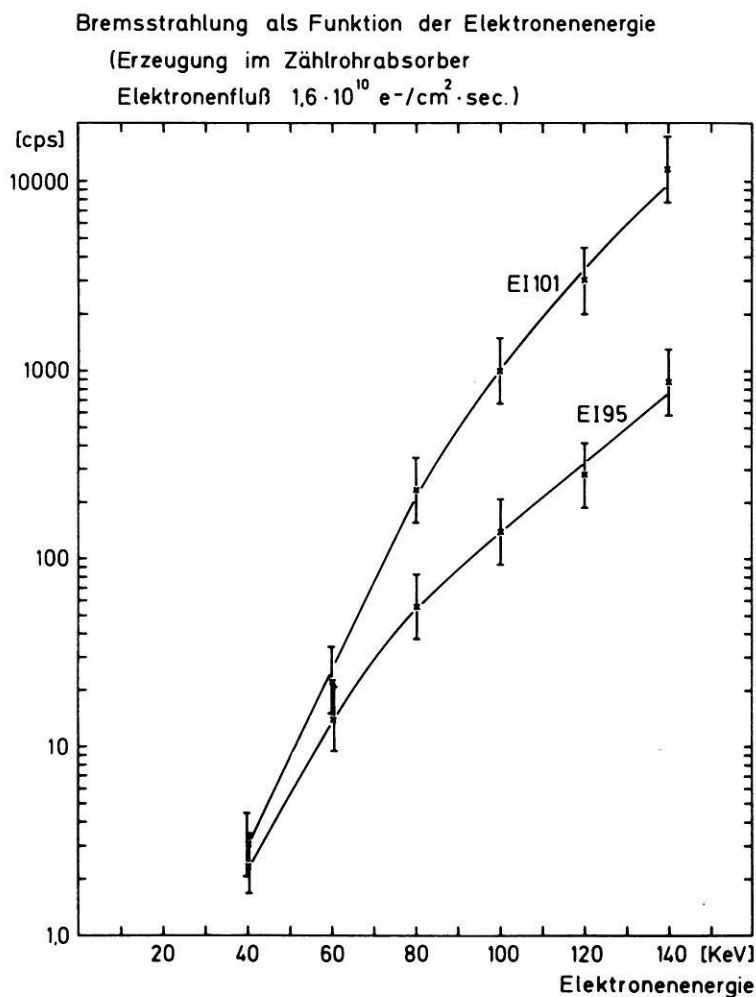


Abb. 1: Ansprechwahrscheinlichkeit der Detektoren EI 101 und EI 95 (Untergrundzählrohr) für Bremsstrahlung.

Abzisse: Energie der eingestrahnten Elektronen,

Ordinate: Zählrate der Detektoren in Impulsen/sec.

Response of the detectors EI 101 and EI 95 (background counter) to bremsstrahlung.

Abcissa: Energy of the electrons,

Ordinate: Counting rate of the detectors in pulses/sec.

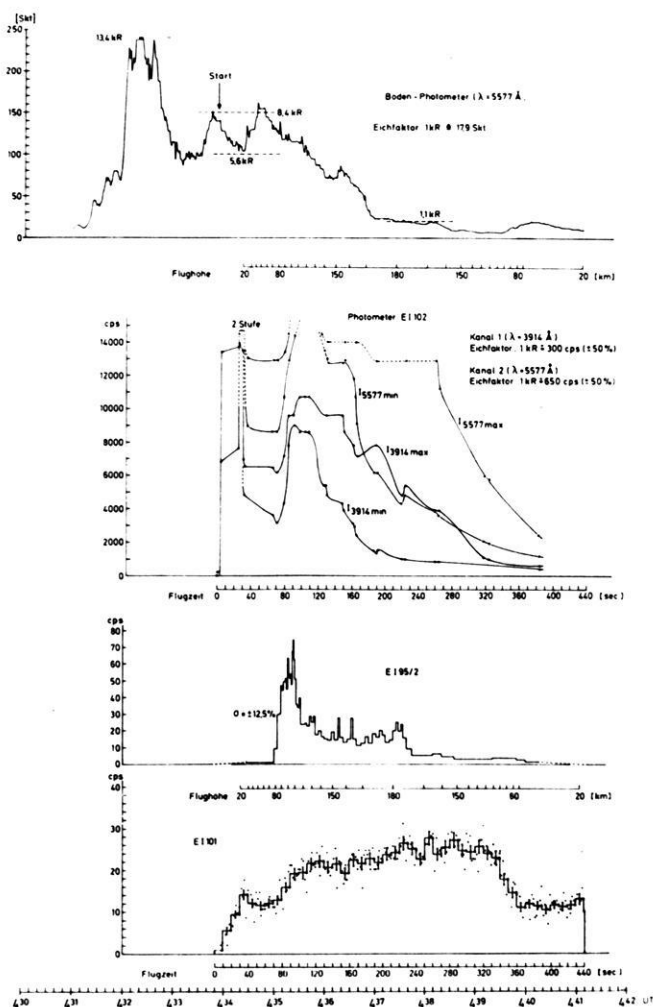


Abb. 2: Ergebnisse des Raketenfluges von Fort Churchill (Protonendetektor EI 101, Elektronendetektor EI 95/2, Photometer EI 102 und Bodenphotometer).

Results of the rocket flight at Fort Churchill (proton detector EI 101, electron detector EI 95/2, photometer EI 102, and ground photometer).

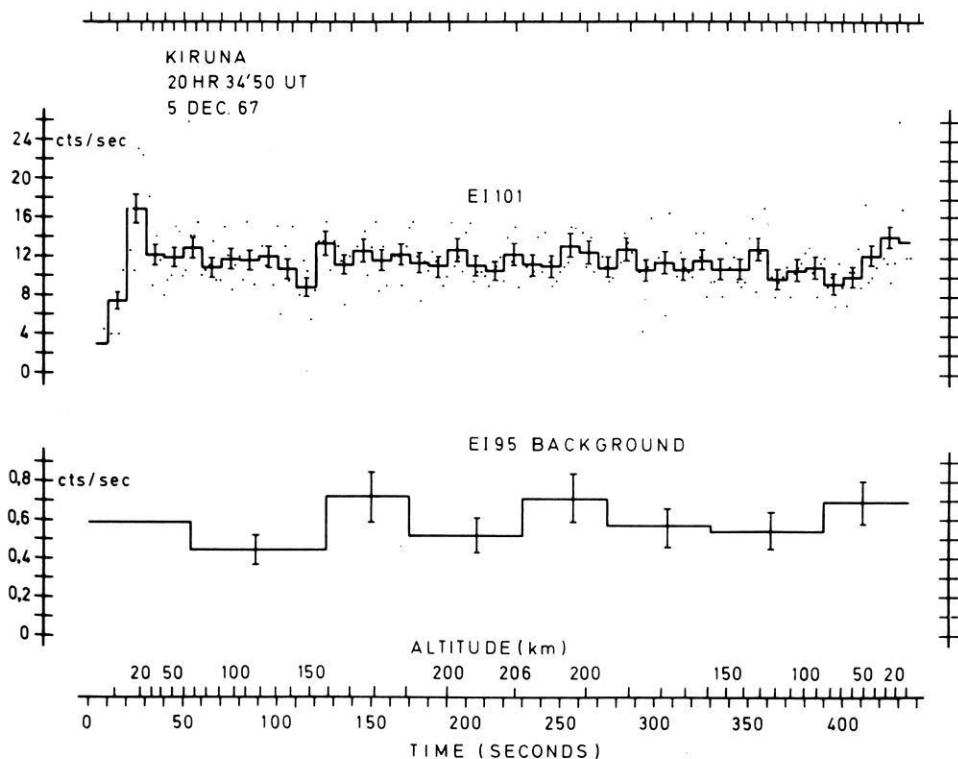


Abb. 3: Ergebnisse des Raketenfluges von Kiruna (Protonendetektor EI 101 und Untergrundzählrohr EI 95).

Results of the rocket flight at Kiruna (proton detector EI 101 and background counter EI 95).

Bei dem Raketenanschlag in Kiruna (Abb. 3) wurde die normal erwartete Intensitäts-Höhenkurve gemessen (PFOTZER-Maxima in der Auf- und Abstiegsphase, dazwischen die Intensität der galaktischen kosmischen Strahlung). Die Meßkurve demonstriert die normale Funktion des Detektors EI 101.

In Fort Churchill (Abb. 2) ist zwischen $T = 70$ und $T = 330$ sec Flugzeit ein unerwarteter Intensitätsanstieg registriert worden. In Flughöhen ≤ 60 km zeigt der Detektor die normal erwarteten Intensitätswerte an.

Es wurde zunächst vermutet, daß die Zusatzstrahlung durch ein Sprühen der 1000 V Hochspannung des Zählrohres vorgetäuscht worden ist. Gegen einen Sprüheffekt sprechen aber folgende Tatsachen:

- a) Alle vor dem Start ausgeführten Tests gaben keinen Hinweis auf eine abnormale Funktion des Gerätes.
- b) Der mit dem Housekeeping-Kanal gemessene Corotronstrom der 1000 V Hochspannung zeigt die normal erwarteten Werte.
- c) Die 10 sec Mittelwerte der Zählrate (Abb. 2) zeigen nur statistische Schwankungen und keine sprungartigen Änderungen.
- d) Eine Koronaentladung hätte oberhalb 80 km Flughöhe aussetzen müssen. Abb. 2 zeigt aber eine nahezu konstante Zählrate oberhalb 120 km Flughöhe.
- e) Gegen ein allmähliches Ausgasen einer Luftblase im Vergußmaterial spricht das Plateau oberhalb 120 km Höhe und andererseits die Tatsache, daß die Zählrate proportional zur Flughöhe der Rakete ist (Abb. 4).

Die in Abb. 2 ersichtliche Asymmetrie der Kurve ist, wie mit dem Magnetometer-Experiment EI 15 gezeigt werden konnte, auf eine asymmetrische Flugbahn der Rakete zurückzuführen. Sie wurde in ihrer Wiedereintrittsphase durch eine Präzessionsbewegung abgebremst, so daß das PFOTZER-Maximum zeitlich verzögert erscheint.

Die Ergebnisse von Fort Churchill können somit auch oberhalb 60 km Flughöhe nicht auf eine fehlerhafte Funktion des Detektors zurückgeführt werden.

4. Interpretation der Meßergebnisse von Fort Churchill

Die Interpretation der Zusatzstrahlung wird erschwert durch die Tatsache, daß mit einem GM-Zählrohr die Art der registrierten Teilchen nicht erkannt werden kann. Das in der gleichen Nutzlast geflogene Untergrundzählrohr des Experimentes EI 95 lieferte auf Grund seines kleinen Geometriefaktors statistisch zu ungenaue Werte. Satellitenmessungen vom 11. 11. 1966 geben keinen Hinweis auf eine Zusatzstrahlung.

Für die Interpretation der Zusatzstrahlung stehen folgende Hypothesen zur Verfügung:

a) Bremsstrahlung von Polarlichtelektronen

Abb. 2 zeigt, daß keine qualitative Korrelation zwischen dem Polarlicht (gemessen mit Photometer-Experiment EI 102, Bodenphotometer und dem Elektronendetektor EI 95) und den Meßergebnissen des Protonendetektors vorhanden ist. Die Polarlichtintensität klingt ab, während EI 101 noch maximale Zählraten zeigt. Nach Abb. 1 wären $\approx 10^9 e^-/\text{cm}^2\text{sec}$ von 60 keV erforderlich, um den Zählratenanstieg auf Bremsstrahlung zurückführen zu können.

Aus dem Elektronendetektor EI 95 ergibt sich unter Berücksichtigung des Geometriefaktors und der atmosphärischen Elektronenreflexion ($\approx 10\%$) für das Maximum des Polarlichtes ($T \approx 90 \text{ sec}$) ein Elektronenfluß ($E > 40 \text{ keV}$) von $\approx 2 \cdot 10^4 e^-/\text{cm}^2\text{sec}$ ster. Bremsstrahlung von Polarlichtelektronen kann somit für die Interpretation ausgeschlossen werden.

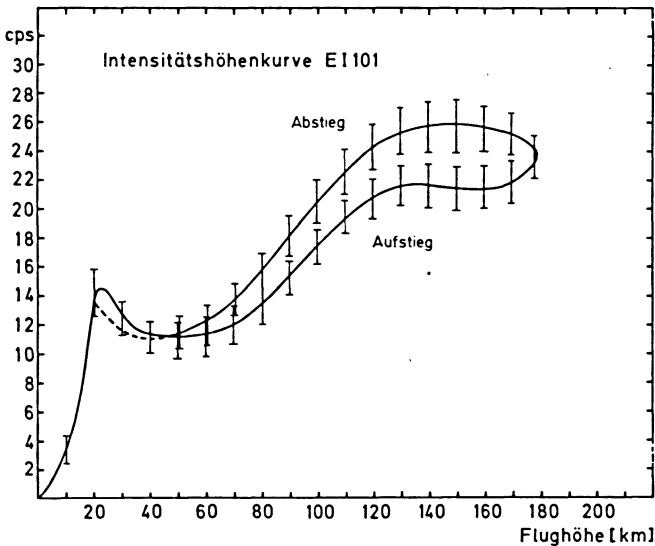


Abb. 4: Gemittelte Zählraten von Fort Churchill als Funktion der Flughöhe.
Mean counting rate at Fort Churchill as function of the height.

b) Solare Protonen

Am 8. 9. und 10. 11. 1966 wurden auf der Sonne ca. 30 Flares der Klasse 1 registriert. Wir wissen heute, daß solche Flares keine Protonen mit Energien > 30 MeV erzeugen.

Gegen solare Protonen spricht auch die Form der Aufstiegskurve. Ab 80 km Höhe ist der Luftdruckeinfluß zu vernachlässigen. Die Aufstiegskurve sollte daher schon ab 80 km ihr Maximum erreichen und nicht erst ab 120 km (Abb. 2). Solare Protonen können also ausgeschlossen werden.

c) Relativistische Elektronen ($E > 3,2$ MeV)

Als letzte Möglichkeit für die Interpretation bleibt die Annahme energiereicher Elektronen, wie sie im äußeren Strahlungsgürtel vorkommen.

Für das Polarlicht vom 11. November 1966 in Fort Churchill muß dann angenommen werden, daß zwei Elektronengruppen ($E > 40$ keV und $E > 3,2$ MeV) gleichzeitig vorhanden waren. Die Elektronen mit $E > 40$ keV klingen mit dem Polarlicht ab, während die relativistischen Elektronen mit nahezu konstanter Intensität während des Raketenfluges vorhanden waren.

Mit dem Detektor EI 95/2 wurden zwischen $T = 250$ und $T = 360$ sec noch ≈ 3 Teilchen/sec registriert, die vermutlich auf die hochenergetischen Elektronen zurückzuführen sind. Daraus ergibt sich unter Berücksichtigung des Geometriefaktors ($G = 4 \cdot 10^{-2}$ cm² ster) und der Annahme von 10% Elektronenreflexion (mit EI 95/2

wurden die durch das Magnetfeld und die Atmosphäre reflektierten Elektronen gemessen) ein Fluß von $N_0 = 750 \text{ e}^-/\text{cm}^2 \text{ sec ster}$ ($E > 40 \text{ keV}$). Unter Annahme eines Spektrums der Form

$$N = N_0 \cdot e^{-E/E_0} \text{ mit } E_0 = 400 \text{ keV}$$

folgt daraus für Elektronen mit $E > 3,2 \text{ MeV}$ ein Fluß von

$$N = 0,25 \text{ e}^-/\text{cm}^2 \text{ sec ster.}$$

Mit EI 101 werden ≈ 12 Teilchen/sec ($= 0,19 \text{ e}^-/\text{cm}^2 \text{ sec ster} \pm 25\%$) zusätzlich zur galaktischen kosmischen Strahlung gemessen. Bei Annahme energiereicherer Elektronen stimmen also die Meßergebnisse von EI 95 und EI 101 überein.

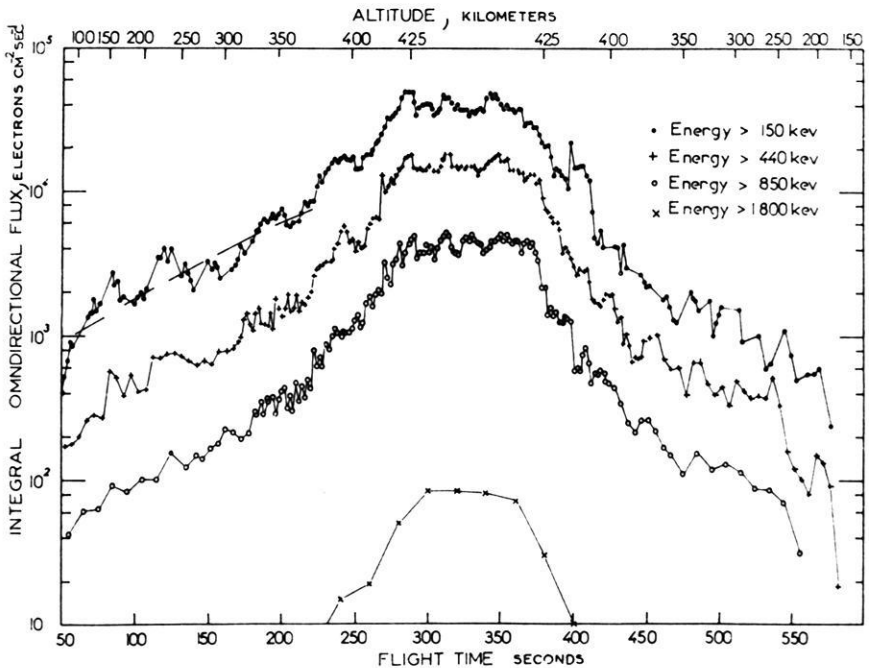


Abb. 5: Meßergebnis von MOZER [1965].

Aufstiegskurve für energiereiche Elektronen bei $L = 5,6$. Die Form der Kurve wird mit der Pitchwinkelverteilung der gemessenen Elektronen erklärt.

Result of MOZER [1965].

Counting rate for energetic electrons ($L = 5.6$). The form of the curve is due to the pitch angle distribution of the electrons.

Ein ähnliches Polarlichtereignis wie in Fort Churchill wurde von MOZER und BRUSTON [1966] von Island aus am 3. 9. 1965 ($L = 5,7$) ebenfalls mit Raketen gemessen. Die Autoren fanden, daß zwei Energiegruppen gleichzeitig vorhanden waren, die zeitlich unabhängig voneinander variieren. Die hochenergetischen Elektronen hatten bei 400 keV ihr Intensitätsmaximum. Aus dem Spektrum geht hervor, daß sehr wahrscheinlich auch Elektronen mit Energien ≥ 3 MeV vorhanden waren.

Für das Polarlicht von Fort Churchill muß noch die Form der Aufstiegskurve gedeutet werden (nahezu konstante Zählrate oberhalb 120 km Höhe). Eine ähnlich aussehende Aufstiegskurve wurde von MOZER [1965] am 7. 8. 1964 bei einem Raketen-schuß in Island erhalten (Abb. 5). Die Abbildung zeigt einen Intensitätsanstieg mit zunehmender Höhe und ein Plateau oberhalb 425 km. Das Plateau wird auf die Pitchwinkelverteilung dieser Elektronen (maximale Intensität für $\approx 90^\circ$) zurückgeführt. Diese Deutung kann für die Meßergebnisse von Fort Churchill übernommen werden.

Die Ergebnisse von Fort Churchill zeigen also, daß die Ausfällung relativistischer Elektronen aus dem äußeren Strahlungsgürtel (bis zu $L = 8,7$) zeitweilig möglich ist. Vermutlich gelangen relativistische Elektronen durch radiale Diffusion bis in diese Bereiche des äußeren Strahlungsgürtels.

Die beiden Raketenexperimente wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft ausgeführt. Für fördernde Diskussionen bei der Auswertung der Meßergebnisse danke ich Herrn Professor Dr. A. EHMERT und Herrn Professor Dr. G. PFOTZER.

Literatur

- KEPPLER, E., E. KIRSCH, P. MÖRL, G. MUSMANN, A. ROSSBACH, L. ROSSBERG: Zs. f. Geophys. 33, S. 346, 1967
- German Research Project GRS-A/AZUR, Phase I: Payload Test with Sounding Rockets, Report on the Results, compiled by E. KEPPLER, 1967 (unveröffentlicht)
- MCDIARMID, I. B., D. C. ROSE and E. BUDZINSKI, Can. J. Phys. 39, S. 1888, 1961
- MOZER, F. S. and P. BRUSTON: J. Geophys. Res. 71, S. 4451, 1966
- MOZER, F. S.: J. Geophys. Res. 70, S. 5709, 1965

