

Mitteilungen

aus dem

Max Planck-Institut für Physik der Stratosphäre
Weissenau bei Ravensburg

Nr. 5

1956

A. Ehmert u. G. Pfozter

Ein neuer Ausbruch solarer Ultrastrahlung

am 23. Februar 1956



W
1956/1
5

Ein neuer Ausbruch solarer Ultrastrahlung. x

Von A. Ehmert und G. Pfozter

Mitteilung aus dem Max-Planck-Institut für Physik der
Stratosphäre in Weissenau.

In den Morgenstunden des 23. Februar dieses Jahres wurde ein aussergewöhnlich starker Anstieg der Ultrastrahlungsintensität mit 4 voneinander unabhängigen Messapparaturen registriert:

Einer Anordnung zur Registrierung der von der nuklearen Komponente ausgelösten Neutronen und drei verschiedenen Koinzidenzanordnungen zur Registrierung geladener Teilchen.

Solche plötzlichen Anstiege wurden erstmals von Forbush¹⁾ und gleichzeitig von Ehmert²⁾ gemessen und als Ausbruch energiereicher Partikel von der Sonne gedeutet, die bei chromosphärischen Eruptionen beschleunigt werden.

1) S.E. Forbush, Phys.Rev. 70, 771, 1946

2) A. Ehmert, Z.f.Naturf. 3a, 246, 1948

Insgesamt wurden bisher vier grössere Intensitätsanstiege an verschiedenen Stationen der Erde gleichzeitig registriert, die sicher der gleichen Kategorie zuzuordnen sind. (Am 28.2.42, am 7.3.42, am 25.7.46 und am 19.11.49)³⁾

3) Eine Zusammenstellung der Daten findet sich z.B. in "Vorträge über Kosmische Strahlung", herausgegeben von W. Heisenberg, Springer-Verlag 1953, Seite 42 - 47

Während nämlich normalerweise die Intensitätsschwankungen nach Berücksichtigung meteorologischer und erdmagnetischer Einflüsse höchstens die Grössenordnung 1 % des Mittelwertes erreichen, stieg die Intensität geladener Teilchen in Meeresniveau bei den erwähnten Ereignissen von 10 bis maximal 62 % an.

Bei dem bisher stärksten Ausbruch am 19.11.49 wurde von Adams und Braddick⁴⁾ gleichzeitig ein Anstieg der Neutronenintensität um 550 % des Normalwertes registriert, der wesentlich länger anhielt als die Störung der Mesonenstrahlung und nach fünf Stunden noch merklich war.

4) N. Adams und H.J. Braddick, Phil.Mag. 41, 505, 1950
Z.f.Naturf. 6a, 592, 1951

Der neue am 23.2.56 registrierte Anstieg übertraf nun den bisher stärksten um etwa das Fünffache. Der Zeitpunkt des Ereignisses war für die europäischen Stationen offenbar besonders günstig. Das Magnetfeld der Erde bewirkt nämlich, dass von der Sonne kommende Teilchen nur begrenzte Zonen der Erde erreichen können und dass die Lage dieser Zonen von der Teilchenenergie abhängt.^{2, 5-9)}

-
- 5) A. Schlüter, Z.f.Naturf. 6a, 613, 1951
6) K. Dwight, Phys.Rev. 78, 40, 1950
7) K.G. Malmfors, Arkiv Mat.Astronom.Fysik A³², No.8, 1945
8) E. Brunberg, I.Geophys.Research 58, 272, 1953
9) I. Firor, Phys.Rev. 94, 1017, 1954

Wenn man annimmt, dass allein das Magnetfeld der Erde ablenkend auf die Teilchen wirkt, müssten unter den nach früheren Beobachtungen vorherrschenden Energieverhältnissen die Morgenstunden mit Schwerpunkten gegen 5.00 und 8.00 Uhr Ortszeit bevorzugt sein.⁹⁾ Das trifft für diesen neuen Anstieg zu.

Abb. 1 zeigt unsere Ergebnisse und die Geometrie der Registrieranlagen. Alle Anlagen arbeiten auf mechanische Druckzählwerke, deren Stand alle 20 Minuten gleichzeitig auf Papierstreifen registriert wird.

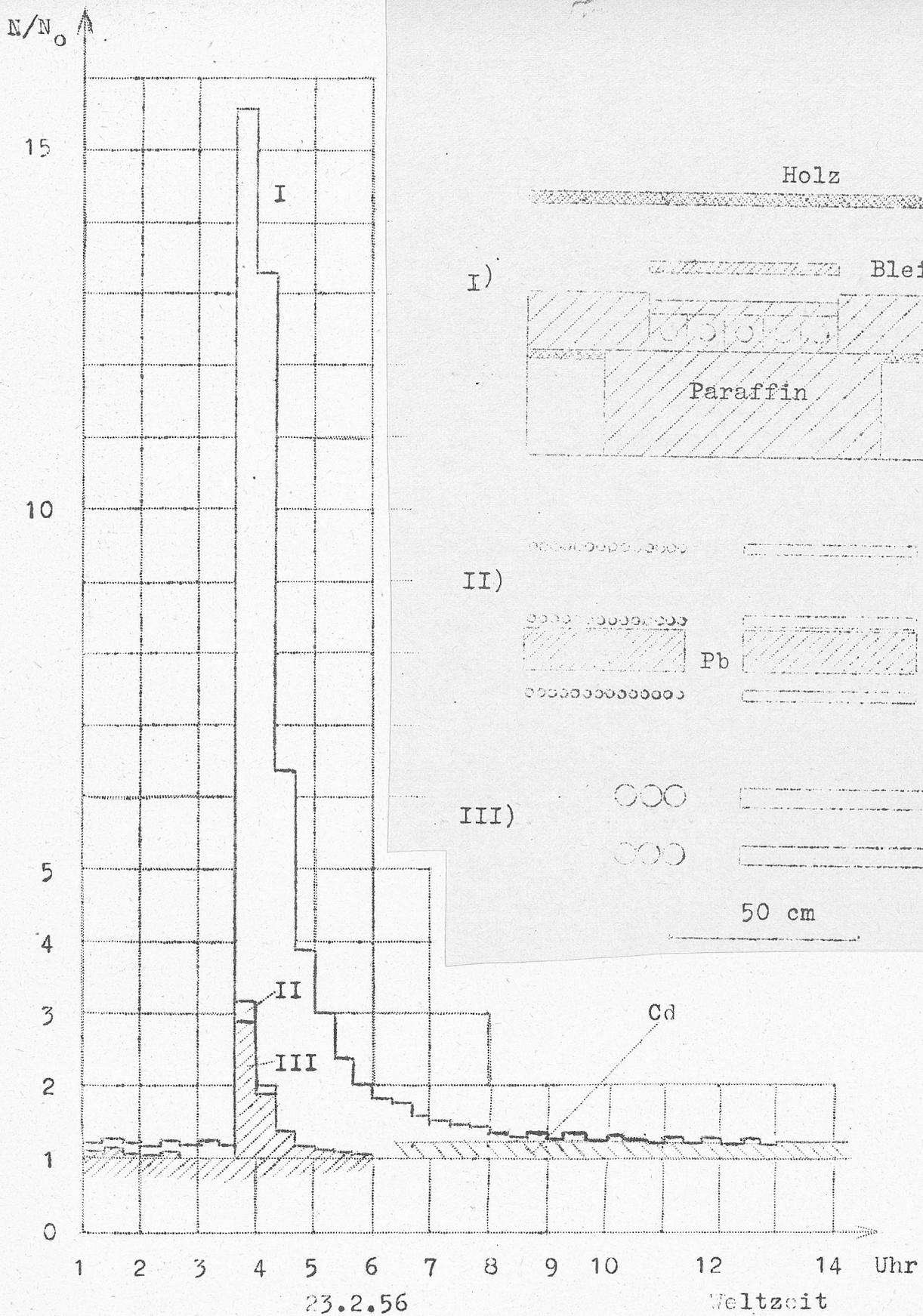


Abb.1 Anstieg der Neutronenzahl (I) und der Mesonenzahl (II),(III) in Weissenau ($47^{\circ}\text{N}, 9^{\circ}\text{E}$; geomagn Br. 48°N , 445 m ü.M). "Cd" bezeichnet den Anteil des Kadmiumuntergrundes (Text), der in der hier aufgetragenen Gesamtintensität der Neutronenstrahlung mit einbegriffen ist.

Die Neutronenanlage I diente gleichzeitig der Untersuchung von Übergangseffekten der kosmischen Strahlung. Fünf BF_3 -Zählrohre (38 mm \varnothing , 91 cm effektive Länge, gefüllt mit 96 % angereichertem $^{10}\text{BF}_3$ unter einem Druck von 450 mm Hg) sind in einem Paraffinblock eingebettet. Die Dicke der Paraffinschicht unterhalb, seitlich und an den Stirnseiten der Zählrohre beträgt 30 cm, die Abdeckung 6,7 cm Paraffin. Darüber befand sich zur Zeit des Ausbruchs eine Bleischicht von 2 x 50 x 100 cm und eine Holzplatte von 3 x 120 x 140 cm.

Unter normalen Strahlungsverhältnissen werden die registrierten Neutronen von der nuklearen Komponente teils in der Atmosphäre, zum Teil im Paraffin (das gleichzeitig als Abschirmung von aussen kommender thermischer Neutronen und als Bremsmittel für mittelschnelle Neutronen dient) und zu 15 % in der Bleischicht erzeugt. Neutronen aus der Atmosphäre und aus der Bleischicht müssen eine Energie ≈ 7 MeV aufweisen.

Die Energieverteilung der Neutronen aus dem Paraffinblock entspricht dem Spektrum der Verdampfungsneutronen. Diese Verhältnisse können mit Vorbehalt auf diejenigen während des Strahlungsausbruchs übertragen werden. Im ganzen gesehen wird die Intensitätsänderung der nuklearen Komponente, welche die Kernverdampfungen auslöst, registriert. Bei ungestörter Strahlung werden im Intervall von 20 Minuten einschliesslich des Kadmiumuntergrundes 890 Ausschläge gezählt, was einer Standardabweichung von $\pm 3,3$ % entspricht. Der Kadmiumuntergrund, (d.h. die Zählrate nach Einhüllung der Zählrohre mit Kadmiublech, im wesentlichen durch die natürliche Radioaktivität des Wandmaterials verursacht) beläuft sich auf 101 Ausschläge / 20 min, der Normalwert der Neutronenintensität, auf den wir die Zunahme während des Strahlungsausbruchs beziehen, somit auf 789 Ausschläge / 20 min.

Die Koinzidenzanlage II ist nach den Vereinbarungen für die Standardregistrierungen im Geophysikalischen Jahr aufgebaut. Eine 10 cm starke Bleischicht schliesst die weiche Komponente aus. Normalwert: 10910 Koinzidenzen / 20 min, Standortabweichung $\pm 1 \%$.

Die Koinzidenzanlage III ist eine ältere Anordnung, die seit Jahren in Betrieb ist. Die Zählrohrachsen sind ostwestlich ausgerichtet. Normalwert: 6560 Koinzidenzen / 20 min $\pm 1,2 \%$.

Gegenüber dem Kubus der Anlage II ist der Empfangswinkel nach Osten und Westen erweitert. Beide Apparate zeigten nahezu dieselbe relative Zunahme der Teilchenzahl, woraus zu schliessen ist, dass innerhalb des Gesichtsfeldes der beiden Anordnungen die solare Strahlung etwa die gleiche Winkelverteilung hatte wie die allgemeine kosmische Strahlung.

Eine weitere Koinzidenzanlage IV arbeitete zur Zeit des Ausbruchs mit einem gegenüber den Anlagen II und III stark veränderten Gesichtsfeld. Dieses war nach Norden und Süden noch enger, nach Osten und Westen aber sehr weit. Der Normalwert bezieht sich hier über alle Azimute gemittelt auf grosse Zenitwinkel. Mit dieser Anordnung wurde zwischen 3.40 bis 4.20 Uhr Weltzeit nur das 1,5-fache des Normalwertes registriert, während ab 4.20 Uhr die relative Störung genau so gross wie bei den anderen Teleskopen war. Allerdings ist diese aus grossen Zählrohren aufgebaute Anordnung bezüglich ihres inneren Auflösungsvermögens stärker beansprucht. Die Entladungszahl der einzelnen Zählrohre war nicht registriert worden und es bleibt deshalb offen, wie weit der abweichende Verlauf des relativen Anstiegs auf die veränderten Ausblendungsbedingungen und wie weit auf eine eventuelle Überlastung der Apparatur durch den ungewöhnlichen Effekt zurückzuführen ist.

Die Erhöhung der Neutronenzahl dauerte, wie auch schon am 19.11.49 von Adams und Braddick⁴⁾ beobachtet wurde, wesentlich länger als die der Mesonen.

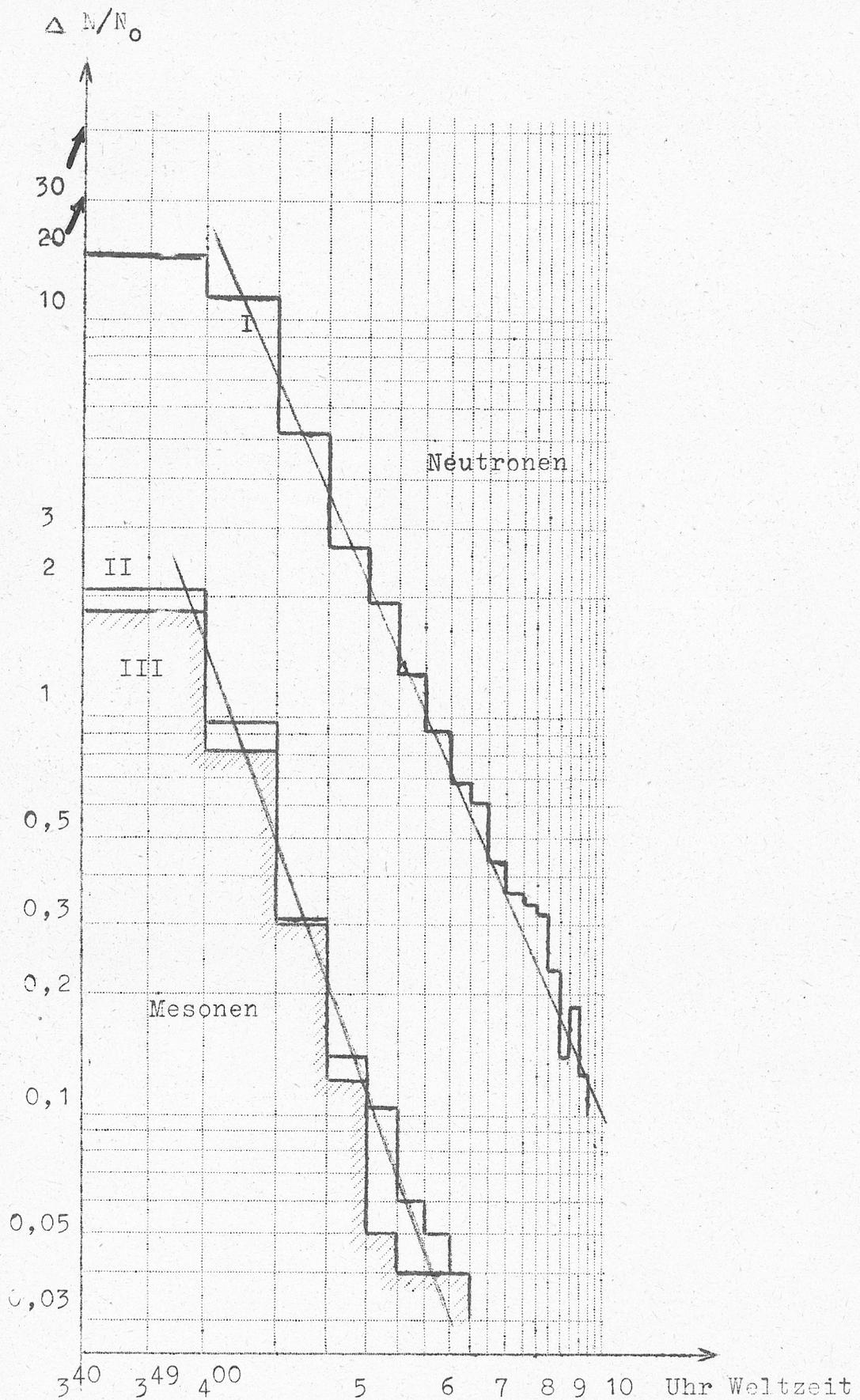


Abb. 2 Das Abklingen der Störung am 23.2.56
 (I) Zusätzliche Neutronenstrahlung
 (II bzw. III) Zusätzliche geladene Teilchen
 in Einheiten des Normalwertes.

Abbildung 2 zeigt das Abklingen der Störung in doppelt logarithmischer Darstellung. Man sieht hieraus, dass der Abfall überraschend gut durch ein Potenzgesetz nach der folgenden Gleichung beschrieben werden kann:

$$\Delta N(t) = 39 N_0 \left(\frac{t_0}{t + t_0} \right)^{2,3}$$

Mit $\Delta N(t)$ als Überschuss gegenüber dem Normalwert N_0 und $t_0 = 29,4$ min. nach 3.20 Uhr Weltzeit, $t =$ Zeit nach Erreichen der Intensitätsspitze.

Nimmt man an, dass der Abklingvorgang schon unmittelbar nach Erreichen der Intensitätsspitze dem obigen Potenzgesetz folgte und die Dauer des stärksten Intensitätsanstieges kurz gegen die Intervallbreite von 20 min. war, so folgt aus dem gemessenen Integralwert für das erste Intervall die Höhe des Maximums zu:

$$\Delta N(0) \approx 39 N_0$$

und ferner für die Lage des Maximums:

$$3.20 \text{ Uhr} + t_0 \text{ min.} = 3.49,4 \text{ Uhr Weltzeit.}$$

Dieses Ergebnis wird durch die Beobachtungen in Freiburg gestützt, wo der Beginn des Anstieges um 3.42 Uhr und die grösste Intensität der Mesonenkomponente um etwa 3.52 Uhr Weltzeit direkt beobachtet werden konnte.¹⁰⁾

10) Private Mitteilung von Dr. Sittkus, Freiburg

Die Spitze der Neutronenzusatzstrahlung betrug daher mindestens das 30-fache des Normalwertes, kann jedoch bei sehr steilem Verlauf der Hauptanstiegsphase sogar den 39-fachen Normalwert erreicht haben.

Wie aus Abb. 2 weiter hervorgeht, klingt auch die Intensität der geladenen Teilchen im Rahmen der Messgenauigkeit nach dem gleichen Gesetz ab. Ein noch etwas grösserer Exponent wäre auch vertretbar. Die späteren Anteile gehen in der statistischen Streuung der normalen kosmischen Strahlung unter.

In ähnlicher Weise wie für die Neutronen kann man aus dem Integralwert im ersten 20-Minuten-Intervall und dem Abklinggesetz abschätzen, dass die Mesonenzusatzstrahlung im Maximum rund das Vierfache des Normalwertes erreicht haben muss.

Beim Anstieg am 19.11.49 liegen ganz ähnliche Verhältnisse, wenn auch auf 5-6mal tieferem Niveau vor. So lässt sich aus den Messungen von Adams und Braddick für das Abklingen der Neutronenintensität ebenfalls das Potenzgesetz mit dem wenig kleineren Exponenten 1,8 und aus den Ionisationsmessungen von Forbush, Stinchcomb und Schein¹¹⁾ in Climax, USA der Exponent 2,2 ableiten.

¹¹⁾ S.E.Forbush, Th.B.Stinchcomb und B.Schein, Phys.Rev.

79,501,1950

Diese bei beiden Ereignissen gleichartige Gesetzmässigkeit ist umso überraschender als sie über Zeiten anhielt, in denen sich der Messort aus der bevorzugten Trefferzone herausdreht.

Dass hier beim Übergang von einer Intensitätszone⁹⁾ in die andere keine Änderung des Abklingexponenten auftritt, scheint mit dem Mechanismus zusammenzuhängen, der das Eintreffen solarer Strahlung auch in Godhavn (Grönland $\varphi_{\text{mgn}} = 79^\circ \text{ N}$)-ermöglicht.

Da dort keine Strahlung von der Sonne eintreffen sollte, wenn allein das Magnetfeld der Erde ablenkend auf die Teilchen einwirkt, hat man zusätzliche Ablenkungen in Feldern vorläufig noch unbekannter Art und Lage angenommen.⁵⁾

Andererseits zeigt aber beispielsweise das Ausbleiben des Effektes am 28.2.42 in Friedrichshafen²⁾ (Ortszeit 12.40) gegenüber 7 % in Cheltenham, USA (Ortszeit 6.00) und der relativ kleine Effekt von rund 15 % am 19.11.49 in Europa (Ortszeit ca. 11.00 Uhr) gegenüber 40 % in Cheltenham (Ortszeit 5.40 Uhr), dass positive Partikel in erster Näherung auch direkt aus Richtung von der Sonne in das Erdfeld, also bevorzugt in den frühen Morgenstunden (OZ), einfallen können.

Wir vermuten, dass uns die weltweite Verteilung der Abklingexponenten ein neues, nicht unwesentliches Kriterium für die noch ungeklärten Mechanismen bieten kann.

Über den Verlauf der Eruption optischer Strahlung liegen z.Zt. noch keine näheren Angaben vor.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken wir für die finanzielle Unterstützung der Registrierarbeiten.