

Die Versuchsprotokolle<sup>18</sup> zeigen bei genauerer Durchsicht erhebliche apparative Schwankungen und große Korrekturfaktoren auf.

Die Messungen mit der SCHMEISERSCHEN Anordnung (Ziff. 4) sind mit einer Reihe älterer, mit vergleichbaren Apparaturen durchgeführten Messungen<sup>19–23</sup> in Einklang zu bringen. Mit einer etwas modifizierten Anordnung hat kürzlich PFOTZER<sup>16</sup> ebenfalls keine höheren Maxima gefunden. Offenbar ist bei SCHMEISER wie bei vielen älteren Untersu-

chungen, in denen höhere Maxima gefunden worden waren, der Kurvenverlauf nicht mit genügender statistischer Genauigkeit gemessen worden.

Herrn Prof. Dr. W. BOTHE danken wir herzlich für sein ständiges Interesse und für viele wertvolle Ratschläge. Den Herren Professoren HAXEL und MAIER-LEIBNITZ sind wir für anregende Diskussionen zu Dank verbunden. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken wir für die Bereitstellung apparativer Mittel.

<sup>18</sup> Herrn THURN danken wir für die freundliche Überlassung der Protokollbücher.

<sup>19</sup> K. Z. MORGAN u. W. M. NIELSEN, Phys. Rev. **52**, 564 [1937].

<sup>20</sup> W. M. NIELSEN, J. E. MORGAN u. K. Z. MORGAN, Phys. Rev. **55**, 995 [1939].

<sup>21</sup> G. O. ALTMANN, H. N. WALKER u. V. F. HESS, Phys. Rev. **58**, 1011 [1940].

<sup>22</sup> E. P. GEORGE, L. JÁNOSY u. M. McCAIG, Proc. Roy. Soc., Lond. A **180**, 219 [1942].

<sup>23</sup> M. FORRÓ u. Z. OZORAI, Naturwiss. **31**, 140 [1943].

## NOTIZEN

### Ein neuer Ausbruch solarer Ultrastrahlung

Von A. EHMERT und G. PFOTZER

Max-Planck-Institut für Physik der Stratosphäre, Weißenau  
(Z. Naturforschg. **11** a, 322–324 [1956]; eingegangen am 6. März 1956)

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 FORBUSH<sup>1</sup>, von EHMERT<sup>2</sup> und von CLAY, JONGEN und DIJKER<sup>3</sup> gemessen und als Ausbruch energiereicher Partikel von der Sonne gedeutet, die bei chromosphärischen Eruptionen beschleunigt werden.

Insgesamt wurden bisher vier größere Intensitätsanstiege an verschiedenen Stationen der Erde gleichzeitig registriert, die sicher der gleichen Kategorie zuzuordnen sind. (Am 28. 2. 1942, am 7. 3. 1942, am 25. 7. 1946 und am 19. 11. 1949\*.)

Während nämlich normalerweise die Intensitätsschwankungen nach Berücksichtigung meteorologischer und erdmagnetischer Einflüsse höchstens die Größenordnung 1% des Mittelwertes erreichen, stieg die In-

tensität geladener Teilchen in Meeresniveau bei den erwähnten Ereignissen von 10 bis maximal 62% an.

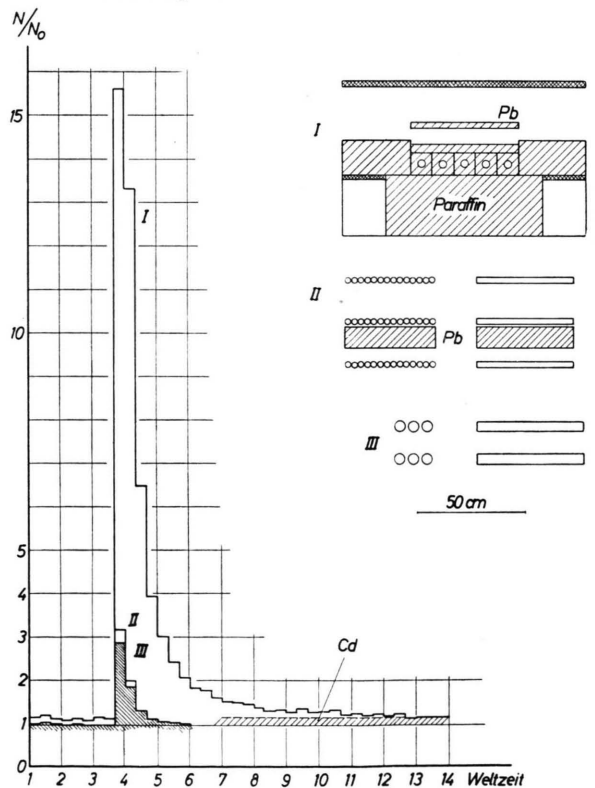


Abb. 1. Anstieg der Neutronenzahl (I) und der Mesonenzahl (II bzw. III) in Weißenau (47° N, 9° E; geomagn. Breite 48° N, 445 m ü. M.). Cd bezeichnet den Anteil des Cadmiumuntergrundes (Text), der in der hier aufgetragenen Gesamtintensität der Neutronenstrahlung einbegriffen ist.

<sup>1</sup> S. E. FORBUSH, Phys. Rev. **70**, 771 [1946].

<sup>2</sup> A. EHMERT, Z. Naturforschg. **3** a, 246 [1948].

<sup>3</sup> J. CLAY, H. F. JONGEN u. H. DIJKER, Proc. Ned. Akad. Wet. **52**, 923 [1949].

\* Eine Zusammenstellung der Daten findet sich z. B. in „Vorträge über Kosmische Strahlung“, herausgegeben von W. HEISENBERG, Springer-Verlag 1953, Seite 42–47.



Bei dem bisher stärksten Ausbruch am 19. 11. 1949 wurde von ADAMS und BRADDICK<sup>4</sup> 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.

Der neue am 23. 2. 1956 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<sup>2, 5-9</sup>.

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<sup>9</sup>.

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

Die Neutronenanlage I diente gleichzeitig der Untersuchung von Übergangseffekten der kosmischen Strahlung. Fünf BF<sub>3</sub>-Zählrohre (38 mm  $\phi$ , 91 cm effektive Länge, gefüllt mit 96% angereichertem <sup>10</sup>BF<sub>3</sub> 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 2×50×100 cm<sup>3</sup> und eine Holzplatte von 3×120×140 cm<sup>3</sup>.

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  $\approx 7$  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 min einschließlich des Cadmiumuntergrundes 890 Ausschläge gezählt, was einer Standardabweichung von  $\pm 3,3\%$  entspricht. Der Cadmiumuntergrund (d. h. die Zählrate nach Einhüllung der Zählrohre mit Cadmiumblech, 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 10 910 Koinzidenzen/20 min, Standardabweichung  $\pm 1\%$ .

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 Anstieges 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. 1949 von ADAMS und BRADDICK<sup>4</sup> beobachtet wurde, wesentlich länger als die der Mesonen.

Abb. 2 zeigt das Abklingen der Störung in einer logarithmischen Darstellung. Man sieht hieraus, daß der Abfall überraschend gut durch ein Potenzgesetz nach der folgenden Gleichung beschrieben werden kann:

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

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

<sup>4</sup> N. ADAMS u. H. J. BRADDICK, Phil. Mag. **41**, 505 [1950]; Z. Naturforschg. **6a**, 592 [1951].

<sup>5</sup> A. SCHLÜTER, Z. Naturforschg. **6a**, 613 [1951].

<sup>6</sup> K. DWIGHT, Phys. Rev. **78**, 40 [1950].

<sup>7</sup> K. G. MALMFORS, Ark. Mat. Astr. Fys. **A 32**, No. 8 [1945].

<sup>8</sup> E. BRUNBERG, J. Geophys. Res. **58**, 272 [1953].

<sup>9</sup> I. FIROR, Phys. Rev. **94**, 1017 [1954].

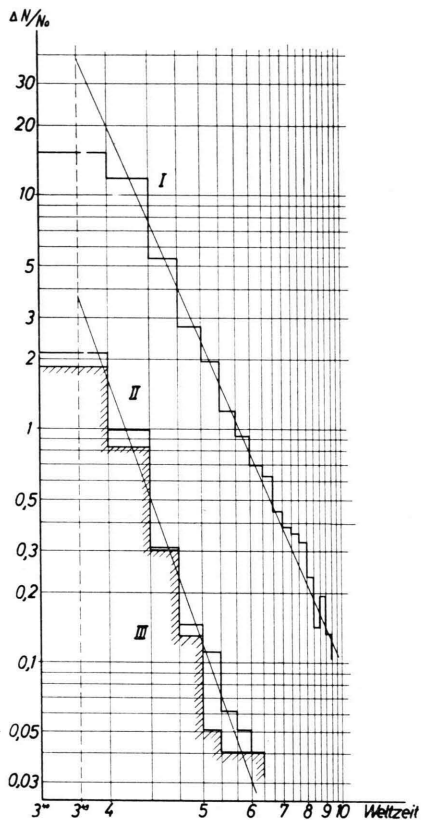


Abb. 2. Das Abklingen der Störung am 23. 2. 56 in Weißenau. (I) Zusätzliche Neutronenstrahlung, (II) bzw. (III) zusätzliche Mesonenstrahlung in Einheiten des Normalwertes.

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<sup>10</sup>.

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.

<sup>10</sup> Private Mitteilung von Dr. A. SITTKUS, Freiburg; vgl. Z. Naturforschg. **11** a, 325 [1956].

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 min-Intervall und dem Abklinggesetz abschätzen, daß die Mesonenzusatzstrahlung im Maximum *rund das 4-fache* des Normalwertes erreicht haben muß.

Beim Anstieg am 19. 11. 1949 liegen ganz ähnliche Verhältnisse, wenn auch auf 5–6-mal 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, STINCHOMB und SCHEIN<sup>11</sup> in Climax, USA, der Exponent 2,2 ableiten.

Diese bei beiden Ereignissen gleichartige Gesetzmäßigkeit ist um so überraschender, als sie über Zeiten anhielt, in denen sich der Meßort aus der bevorzugten Trefferzone herausdreht.

Daß hier beim Übergang von einer Intensitätszone<sup>9</sup> in die andere keine Änderung des Abklingexponenten auftritt, scheint mit dem Mechanismus zusammenzuhängen, der das Eintreffen solarer Strahlung auch in Godhavn (Grönland,  $\varphi_{\text{magn}} = 79^\circ \text{ N}$ ) 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<sup>5</sup>.

Andererseits zeigt aber beispielsweise das Ausbleiben des Effektes am 28. 2. 1942 in Friedrichshafen<sup>2</sup> (Ortszeit 12.40) gegenüber 7% in Cheltenham, USA, (Ortszeit 6.00) und der relativ kleine Effekt von rund 15% am 19. 11. 1949 in Europa (Ortszeit ca. 12.20 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. Z. noch keine näheren Angaben vor.

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

<sup>11</sup> S. E. FORBUSH, TH. B. STINCHOMB u. B. SCHEIN, Phys. Rev. **79**, 501 [1950].