

Unsere Resultate zeigen keine Andeutung eines Maximums. Auch wenn wir Schwankungen bis zum dreifachen statistischen Fehler zulassen, können wir schließen, daß ein Maximum mit einer Amplitude von höchstens 3% mit unseren Messungen verträglich sein könnte.

In den späteren Versuchsreihen wechselten wir die Dicke des Absorbers alle 8–14 Stdn. In diesen Messungen war der statistische Fehler 0,5% oder kleiner (Tab. 2 und Abb. 4). Auch hier fanden wir,

²⁰ H. FAISSNER u. W. BOTHE, Z. Naturforschg. **10a**, 794 [1955]; J. JÄNECKE, W. BOTHE u. K. H. LAUTERJUNG, Z. Naturforschg.

abgesehen von dem ersten Maximum, keine weiteren Maxima. Ein noch mit unseren Meßpunkten statistisch verträgliches Maximum für Bleidicken größer als 10 cm Pb würde um wenigstens eine Größenordnung kleiner sein als der von BOTHE und Mitarbeitern berichtete Effekt.

Inzwischen sind von BOTHE und Mitarbeitern Arbeiten erschienen, deren Ergebnisse zum Teil mit den unsrigen im Einklang stehen²⁰.

10a, 794 [1955]; B. SCHIMMER u. K. H. LAUTERJUNG, Z. Naturforschg. **10a**, 795 [1955].

Die Form der Schauerauslösekurve bei großen Bleidicken

Von H. FAISSNER, K. H. LAUTERJUNG und B. SCHIMMER

Aus dem Institut für Physik im Max-Planck-Institut für medizinische Forschung, Heidelberg
(Z. Naturforschg. **11a**, 315–322 [1956]; eingegangen am 21. Februar 1956)

Mit einer Zählrohranordnung nach THURN⁵ wurde die Schauerauslösekurve unter Blei bis zu einer Schichtdicke von 40 cm gemessen. Die apparativen Bedingungen wurden mehrfach variiert. Höhere Maxima traten nicht auf. Die Überhöhung des Rossi-Maximums war wesentlich kleiner als die von THURN gefundene. Die abweichenden Resultate von THURN⁵ und KRÄMER⁸ wurden durch Testversuche und Kontrollen aufgeklärt. Mit einer Anordnung nach SCHMEISER⁹ ließ sich ebenfalls kein höheres Maximum finden.

Die Schauerauslösekurve oder Rossi-Kurve hat ein Maximum, das je nach den geometrischen Bedingungen bei einer Schichtdicke von 1–3 cm Blei liegt. Mehrere Autoren fanden bei größeren Schichtdicken noch ein oder mehrere Maxima, während dies von anderen nicht bestätigt werden konnte^{1, 16}. Die Existenz höherer Maxima wäre deshalb von Interesse, weil sie auf Übergangseffekte der in den Schauerstrahler einfallenden Ultrastrahlung in andersartige Strahlungsformen hinwiese.

Wie bereits kurz mitgeteilt wurde^{2–4}, konnten wir in längeren Versuchsreihen keine höheren Maxima finden. Wir waren dabei von derselben experimentellen Anordnung ausgegangen, mit der THURN^{5–7} und KRÄMER⁸ ausgeprägte höhere Maxima erhalten hatten. Auch ein Teil der Messungen von SCHMEISER⁹ wurde bei praktisch identischer Geometrie wiederholt. Diese Versuche sollen im folgenden eingehen-

der beschrieben werden. In der vorliegenden Arbeit beschränken wir uns auf Zählrohranordnungen, bei denen über die Natur der Schauer und der auslösenden Teilchen keine einschränkende Bedingungen gemacht worden waren. In einer folgenden Arbeit soll über Zählrohrmessungen berichtet werden, bei denen durch zusätzliche Zählrohrlagen ionisierende Primäre und/oder innerhalb bzw. unterhalb des Schauerstrahlers ionisierende Sekundäre verlangt worden waren¹⁰. Ergänzende Untersuchungen mit einer zählrohrgesteuerten Nebelkammer³ sind an anderer Stelle ausführlicher beschrieben¹¹.

1. Versuchsanordnung

Die Geometrie stimmte für die Messungen von Ziff. 2 und 3 mit der von THURN⁵ verwendeten überein. Unter einem Schauerstrahler aus Blei mit der Fläche 60×60

¹ Ein ausführliches Literaturverzeichnis findet sich bei H. FAISSNER u. W. BOTHE².

² H. FAISSNER u. W. BOTHE, Z. Naturforschg. **10a**, 794 [1955].

³ J. JÄNECKE, W. BOTHE u. K. H. LAUTERJUNG, Z. Naturforschg. **10a**, 794 [1955].

⁴ B. SCHIMMER u. K. H. LAUTERJUNG, Z. Naturforschg. **10a**, 795 [1955].

⁵ H. THURN u. W. BOTHE, Z. Naturforschg. **6a**, 576 [1951].

⁶ H. THURN, Z. Naturforschg. **7a**, 497 [1952].

⁷ H. THURN, Z. Naturforschg. **8a**, 134 [1953].

⁸ W. BOTHE u. H. KRÄMER, Phys. Rev. **94**, 1402 [1954].

⁹ K. SCHMEISER u. W. BOTHE, Ann. Phys., Lpz. **32**, 161 [1938].

¹⁰ H. FAISSNER, K. H. LAUTERJUNG u. B. SCHIMMER, im Erscheinen.

¹¹ J. JÄNECKE, Diss. Heidelberg u. Rundber. unveröff. Arb. Kernphys. u. Kosm. Höhenstrahlung.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

This work has been digitized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

cm^2 befanden sich in einem Abstand von ungefähr 1 m zwei gekreuzte Zählrohrlagen I und II von je 12 Zählrohren (Abb. 2). Die Zählrohre waren meist wie bei THURN⁵ und KRÄMER⁸ innerhalb jeder Lage auf die in Abb. 1 skizzierte Weise in Dreiergruppen zusammengefaßt (Standardanordnung). Vierfachkoinzidenzen (I, I, II, II) wurden gezählt, wenn in jeder Lage mindestens zwei benachbarte Zählrohre derselben Dreiergruppe ausgelöst worden waren. Einige der so erfaßten Zählrohrkombinationen sind in Abb. 1 schwarz eingezzeichnet. Die gestrichelt eingezzeichneten Kombinationen werden dagegen mit der Standardanordnung nicht registriert. Man kann auch sie noch erfassen, wenn man die parallel geschalteten Zählrohre gesondert betreibt und Koinzidenzen zwischen allen benachbarten Zählrohrpaaren verlangt. In beiden Fällen wird für Zweistrahlenschauer ein Divergenzwinkelbereich von $3,4^\circ \pm \text{ca. } 2^\circ$ ausgeblendet. Dieser Wert bezieht sich auf Schauer, die an der Unterseite des Schauerstrahlers ausgelöst werden (vgl. auch THURN⁵). Bei Ziff. 4 wurden spezielle Anordnungen nach SCHMEISER⁹ und THURN⁵ verwendet, auf die dort näher eingegangen wird.

Die Zählrohre waren aus Messing und hatten wie bei THURN⁵ und KRÄMER⁸ 4 cm Durchmesser, rd. 60 cm Länge und 1 mm Wandstärke. Sie waren gefüllt mit 90 Torr Argon + 10 Torr Äthylalkohol bzw. 108 Torr Argon + 12 Torr Alkohol oder wie bei THURN⁵ mit 30 Torr Argon + 20 Torr Alkohol. Die Meßergebnisse waren von der verwendeten Zählrohrfüllung unabhängig. Die Zählrohre hatten Plateaus von 200–350 Volt bei einer Steigung von 1–3% pro 100 Volt. Sie wurden im allgemeinen selbstlöschend betrieben, bei einem Teil der Versuche jedoch nach THURNschem Muster⁵ fremdgelöscht. Ihre Ansprechwahrscheinlichkeit war größer als 98%. Bei jeder Meßreihe wurde sichergestellt, daß die Koinzidenzrate innerhalb hinreichend weiter Grenzen von der angelegten Hochspannung unabhängig war.

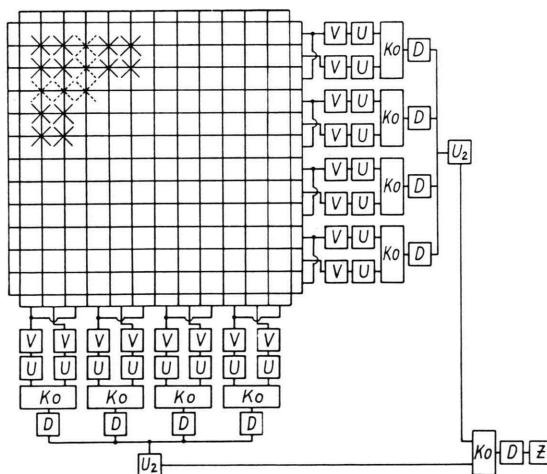


Abb. 1. Zählrohrgruppierung der Standardanordnung und Blockschema der Elektronik. V Vorverstärker, U Univibrator, Ko Koinzidenzstufe, D Diskriminatoren, Z Zählstufe (teils mit Untersteller).

Die Schaltung der Elektronik ist in Abb. 1 schematisch eingezeichnet. Sie unterscheidet sich in einer Äußerlichkeit von der von THURN⁵ und KRÄMER⁸ benutzten: Dort wurden die verschiedenen Vierfachkoinzidenzkominationen unmittelbar in Vierfachkoinzidenzstufen registriert. Bei uns werden die Zweifachkoinzidenzen jeder Lage erst in den Univibratoren U_2 gesammelt und dann durch eine weitere Zweifachkoinzidenzstufe zu Vierfachkoinzidenzen zusammengefaßt. Diese Elektronik ist einfacher als die THURNsche und hat den Vorteil kürzerer Verbindungsleitungen zwischen Eingangsunivibratoren und Koinzidenzstufen. Kopplungen zwischen den Eingangsstufen lassen sich so mit Sicherheit vermeiden. Daß sich durch diesen schaltungstechnischen Unterschied die Zahl der als Vierfachkoinzidenzen erfaßten Ereignisse nicht ändert, wurde durch einen eigenen Versuch bestätigt (s. Ziff. 3).

Die verwendeten Schaltelemente waren meist nach ELMORE¹² gebaut. Sie wurden im Verlauf der Versuche mehrfach verändert und ausgewechselt. So wurden die Zweifachkoinzidenzen durch eine Rossi-Stufe¹² mit nachfolgendem SCHMITT-Trigger¹² oder durch Addition der Univibratorimpulse direkt am Gitter eines Diskriminators aussortiert. Alle Impulsleitungen waren sorgfältig abgeschirmt. Die Koinzidenzauf lösezeit wurde zwischen 2 und 400 μsec variiert. Bei den im folgenden mitgeteilten Messungen lag sie zwischen 3 und 12 μsec . Die Eingangsempfindlichkeit, d. h. die zur Auslösung eines Eingangsunivibrators mindestens erforderliche Impulsgröße, betrug zwischen $-0,1$ und $-1,5$ Volt. Alle an der Elektronik vorgenommenen Änderungen hatten auf die Ergebnisse keinen Einfluß.

2. Messungen mit der Vierfachkoinzidenzanordnung

Bei den ersten Messungen befand sich die Apparatur im Dachgeschoß des Instituts unter einer Luke, die entweder offen oder mit $0,5 \text{ g/cm}^2$ Aluminium bedeckt war. In beiden Zählrohrlagen wurden Zweifachkoinzidenzen zwischen beliebigen benachbarten Zählrohren verlangt, so daß alle in Abb. 1 eingezzeichneten Zählrohrkombinationen erfaßt wurden. Im allgemeinen wurde das Blei nach jeweils ein bis zwei Stunden umgeschichtet, doch wurde auch die Nacht hindurch bis zu 14 Std. bei konstanter Bleischicht gemessen. Ein außerstatistischer Unterschied zwischen beiden Meßarten zeigte sich nicht. Während des größten Teils der Messungen herrschte ein Luftdruck von 763,5 Torr; bei den übrigen lag er zwischen 760 und 753 Torr. Der Barometereffekt der bei Bleidicken über 10 cm gemessenen Vierfachkoinzidenzen (I, I, II, II) ergab sich zu $-(2,7 \pm 0,4)\%$ pro 10 Torr.

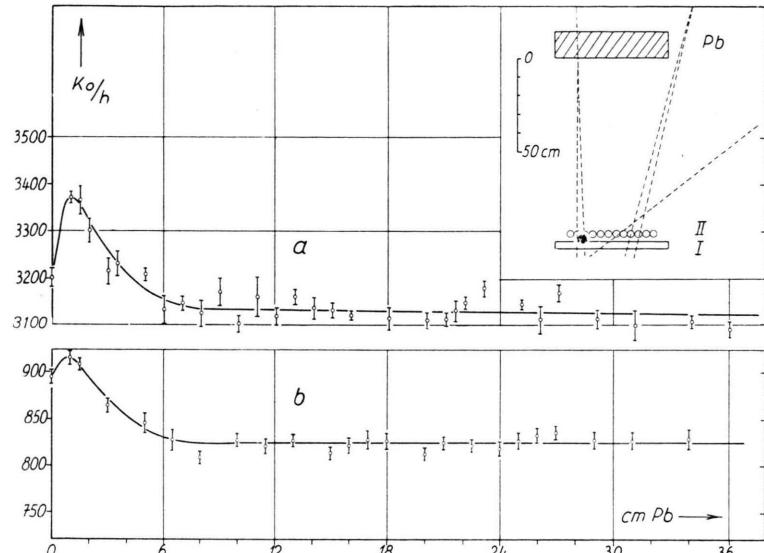
¹² W. C. ELMORE u. M. SANDS, Electronics, McGraw Hill, New York 1949.

Abb. 2a zeigt die Rossi-Kurve der Vierfachkoinzidenzen (I, I, II, II). Die Werte sind auf einen Luftdruck von 763,5 Torr korrigiert. Angegeben ist der mittlere statistische Fehler. Die Kurve zeigt das Rossi-Maximum bei 1–1,5 cm Pb über einem ziemlich hohen Untergrund. Schwankungen des Untergrundes, etwa bei 23 cm Pb, sind noch mit rein statistischen Schwankungen verträglich.

stellt. Zählrohrgruppierung und -betrieb entsprachen nun völlig den THURNSchen Bedingungen. Die Elektronik unterschied sich von der THURNSchen nur durch schaltungstechnische Äußerlichkeiten. Der einzige physikalische Unterschied bestand in der etwas verschiedenen Vorfilterung: Hier befanden sich $\approx 70 \text{ g/cm}^2$ Beton über der Apparatur, bei THURN nur $\approx 30 \text{ g/cm}^2$.

Abb. 2. Vierfachkoinzidenzen (I, I, II, II).

- a) In jeder Lage Zweifachkoinzidenzen zwischen je zwei benachbarten Zählrohren. Keine Vorfilterung.
- b) Standardanordnung in Dreiergruppen. Vorfilterung: ca. 70 g/cm^2 Betondecken.



Zum Untergrund tragen außer den von durchdringenden Teilchen erzeugten Schauern auch weiche Seitenschauer bei. Als Seitenschauer bezeichnen wir unabhängig vom Entstehungsort alle Schauer, die seitlich am Schauerstrahler vorbeigehen. Sie wurden zum Teil in einigen seitlich oberhalb der Zählrohrlagen angebrachten Verstärkerkästen und Transformatoren erzeugt. Außerdem können schräge Einzelstrahlen Vierfachkoinzidenzen hervorrufen, wenn sie nur die Zählrohrtablets ungefähr diagonal durchsetzen.

Ein Vergleich mit den von THURN gemessenen Zählraten ist für Kurve 2a nicht ohne weiteres möglich. Jedenfalls wäre die von THURN (s. Anm. 5, Abb. 3b, 3,4°) bei stärkerer Vorfilterung und geringerer Ausnutzung der Zählfläche gefundene Überhöhung von rd. 500 Ko/h für das erste und etwa 200 Ko/h für die höheren Maxima eine untere Schranke für die Höhe der erwarteten Maxima gewesen. Kurve 2a ist damit nicht verträglich.

Um möglichst die gleichen Versuchsbedingungen zu erhalten wie bei THURN⁵, wurde die Apparatur umgebaut und ein Stockwerk tiefer wieder aufge-

Trotz der praktisch identischen Versuchsbedingungen zeigt die hier gemessene Kurve (Abb. 2b) ein wesentlich kleineres Rossi-Maximum als die vergleichbare THURNSche (s. Anm. 5, Abb. 3b, 3,4°) und keine höheren Maxima. Die Überhöhung des Rossi-Maximums über dem praktisch horizontalen Teil der Kurve ist $(90 \pm 9) \text{ Ko/h}$, also $(11 \pm 1)\%$ des Untergrundes. Der stark hochgedrückte Nullpunkt der Kurve erklärt sich durch weiche Deckenschauer. Zwei weitere, bei etwas verschiedener Aufstellung und Betriebsweise der Apparatur gemessene Kurven ergaben, abgesehen von geringfügigen Verschiebungen des konstanten Untergrundes, die gleichen Resultate.

Um einen Aufschluß über den Anteil mitgemessener Seitenschauer und Einzelstrahlen zu erhalten, wurde während der beschriebenen Meßreihen eine zweite Zählrohrapparatur im Dachgeschoß in Betrieb genommen. Diesmal war dafür gesorgt, daß sich seitlich und oberhalb der Zählrohrlagen möglichst wenig Material befand. Die unter Ausnutzung aller Kombinationen benachbarter Zählrohre gemessene Kurve (Abb. 3a) hat deshalb einen niedrigeren Un-

tergrund als Kurve 2a. Die Überhöhung des Rossi-Maximums von ungefähr 250 Ko/h stimmt mit der bei Kurve 2a erhaltenen innerhalb der Fehler überein. Die Kurve 3b wurde mit der Standardanordnung (Abb. 1) gemessen.

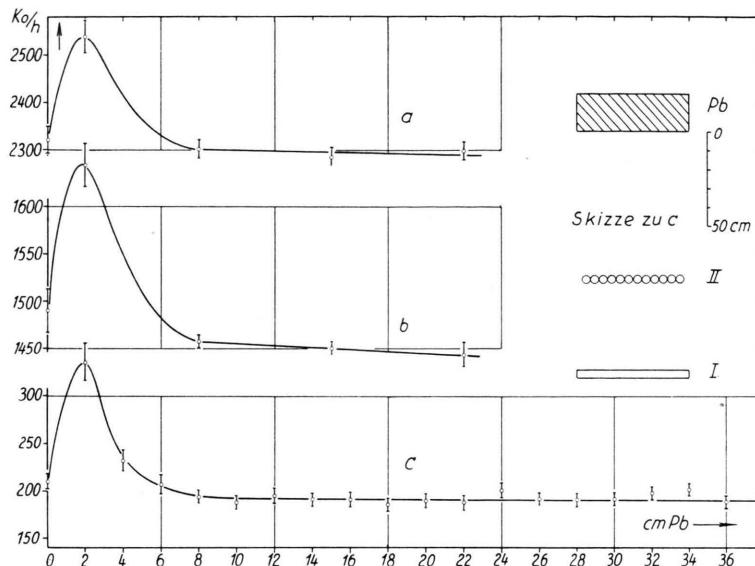


Abb. 3. Vierfachkoinzidenzen (I, I, II, II).

a) Ausnutzung aller Kombinationen zwischen benachbarten Zählrohren.
b) Standardanordnung.
c) Standardanordnung mit auseinandergezogenen Zählrohrlagen (s. Skizze). Keine Vorfilterung.

Das Verhältnis der Koinzidenzraten der Kurven 3a und 3b beträgt bei 15 cm Pb ungefähr 1,6. Daraus lässt sich eine Abschätzung des Anteils der mitgemessenen Einzelstrahlen gewinnen. Das Verhältnis der Nachweiswahrscheinlichkeiten für enge Zweistrahlshauer ergibt sich durch Abzählen der jeweils möglichen Zählrohrkombinationen (s. Abb. 1) zu 1,9. Für schräge Einzelstrahlen findet man 1,4. Aus dem gemessenen Wert 1,6 ergäbe sich der Anteil der Einzelstrahlen zu rd. 60%. Der wirkliche Wert wird etwas darunter liegen, da man auch teilchenreiche, weite Seitenschauer erfasst, für die das Verhältnis der Nachweiswahrscheinlichkeiten $< 1,9$ ist.

Bei Kurve 3c waren die Zählrohre wie bei Kurve 3b in Dreiergruppen zusammengefasst. Die Lagen I und II waren hier aber 50 cm auseinandergezogen. Einzelstrahlen werden so nicht mehr erfasst. Außerdem wird der nutzbare Raumwinkel für enge Schauer um einen Faktor $\frac{1}{3}$ verkleinert. Die Nachweiswahrscheinlichkeit für die aus dem Blei kommenden Schauer sollte sich dagegen nicht sehr ändern. Das Rossi-Maximum ist in Kurve 3c in der Tat nicht viel kleiner als in 3b. Der Untergrund nahm dagegen auf ≈ 200 Ko/h ab.

Nimmt man die obige Abschätzung als richtig an, so werden mit der Standardanordnung (Kurve 3b)

bei 15 cm Pb rd. 600 enge Schauer/h erfasst. Die Verkleinerung des nutzbaren Raumwinkels auf $\frac{1}{3}$ des ursprünglichen Wertes verringert auch die Zahl der erfassten engen Schauer um den Faktor $\frac{1}{3}$. Ihre zenitale Verteilung ist also ungefähr isotrop. Bei

der Standardanordnung nimmt der Schauerstrahler nur etwa $\frac{1}{10}$ des Raumwinkels ein, aus dem überhaupt enge Schauer nachgewiesen werden können. Von den rd. 600/h registrierten engen Schauern kommen daher nur ungefähr 60/h aus dem Schauerstrahler.

3. Kontrollversuche zur Thurn-Krämerschen Elektronik

Zur Aufklärung der Diskrepanzen zwischen den THURN-KRÄMERSCHEN und den eigenen Messungen wurde untersucht, ob THURN und KRÄMER durch die Eigenart ihrer Schaltung andere Ereignisse erfasst haben könnten als wir. Dazu wurde als erstes mit 6 Zählrohren in jeder Lage simultan mit den eigenen Zweimal-Zweifach-Koinzidenzstufen und Kopien der KRÄMERSCHEN Vierfach-Koinzidenzstufen gemessen (Abb. 4). Die Koinzidenzraten stimmen für alle Bleidicken praktisch überein. Die geringen Unterschiede sind auf etwas verschiedenes Auflösungsvermögen von Koinzidenz- und Zählstufen zurückzuführen.

Bei THURN und KRÄMER gingen mehrere Vierfachkoinzidenzstufen auf einen Diskriminator. Wenn

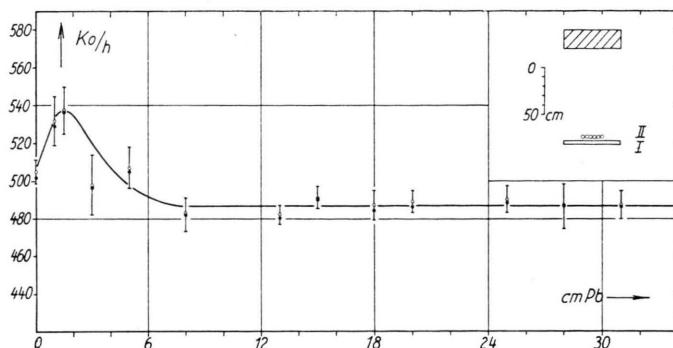


Abb. 4. Vergleich der Koinzidenzstufen:

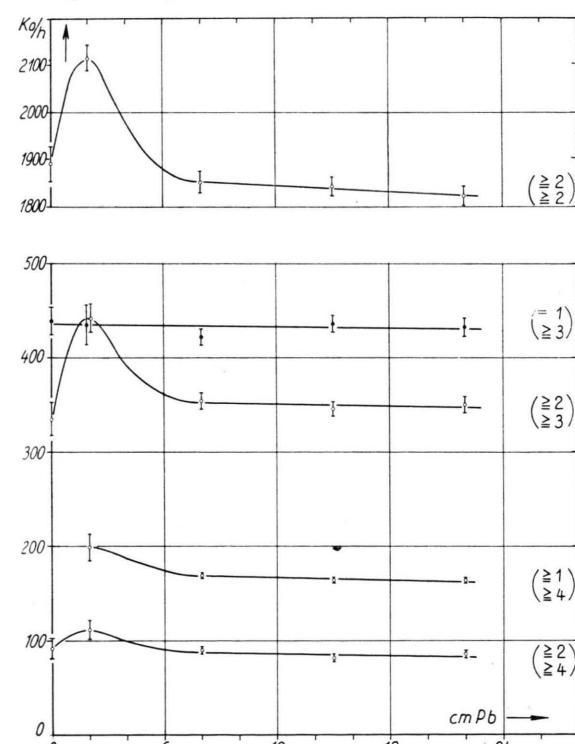
- KRÄMERSche Vierfach-Koinzidenzstufen.
- Eigene Zweimal-Zweifach-Koinzidenzstufen.

dort ein Diskriminatior innerhalb der Auflösezeit z. B. von zwei Dreifachkoinzidenzen getroffen wurde, hätten diese bei ungenügender Diskriminierung wie eine Vierfachkoinzidenz registriert werden können. Andererseits hätte bei zu scharfer Diskriminierung zwar z. B. eine Vierfach- + eine Dreifach-Koinzidenz, nicht aber eine Vierfachkoinzidenz allein registriert werden können.

Um zu prüfen, ob hierdurch höhere Maxima verursacht worden waren, wurden die Rossi-Kurven für eine Reihe solcher Ereignisse aufgenommen, bei denen in der oberen Lage mindestens a und gleichzeitig in der unteren Lage mindestens b Zählrohre ausgelöst worden waren. Sie sind in Abb. 5 mit $(\geq a \geq b)$ bezeichnet. Mit guter Statistik wurde bei 8, 15 und 22 cm Pb gemessen, also dort, wo THURN und KRÄMER das 2. Maximum und die beiderseits anschließenden Minima gefunden hatten. Ein Maximum bei 15 cm Pb zeigte sich bei keiner Kurve. Mit Hilfe eines Differentialdiskriminators wurde zudem die Kurve der Ereignisse gemessen, bei denen in der oberen Lage genau ein Zählrohr und gleichzeitig in der unteren mindestens drei angesprochen hatten $(= 1 \geq 3)$. Erwartungsgemäß zeigte sie nicht einmal mehr ein Rossi-Maximum.

Nach dem negativen Ausfall aller Versuche, für die von THURN und KRÄMER gemessenen höheren Maxima physikalische Ursachen zu finden, wurde die KRÄMERSche Apparatur⁸ wieder in Betrieb genommen. Sie war von Herrn KRÄMER selbst eingestellt worden. Die Empfindlichkeit der Eingangsstufen (Pentodenunivibratoren ohne Vorverstärker) betrug ca. -10 Volt. Bei den KRÄMERSchen Versuchen⁸ hatte sie bei -6 Volt gelegen. Bei dieser Eingangsempfindlichkeit beobachteten wir aber starke Kopplungen zwischen den Eingangsstufen. Auch bei der geringeren Eingangsempfindlichkeit war die Apparatur häufig zeitlich inkonstant. Die Schwankungen betrugen bis zu +70% des bei konstanter Apparatur gemessenen Wertes. An der Apparatur wurde dabei nichts geändert. Der Gang der Apparatur ließ sich durch besseres Erden der Abschirmbleche zwischen den Zählrohren⁵ verringern.

War die Koinzidenzrate bei einer festen Bleidicke über mehrere Stunden hinweg konstant geblieben, so wurde die Bleidicke variiert und die Rossi-Kurve aufgenommen. Die Meßdauer pro Einzelmeßpunkt betrug im allgemeinen nur $\frac{1}{2}$ oder 1 Std. Häufig

Abb. 5. Rossi-Kurven für Ereignisse, bei denen in der oberen Lage mindestens (genau) a und simultan in der unteren mindestens b Zählrohre angesprochen hatten. Symbol $(\geq a \geq b)$

wurde alternierend an den Stellen gemessen, wo THURN und KRÄMER Maxima und Minima gefunden hatten. Das Ergebnis zeigt Abb. 6: Auch hier traten keine außerhalb der Fehler liegenden höheren Maxima auf. Die Überhöhung des Rossi-Maximums von (90 ± 10) Ko/h stimmt mit der früher erhaltenen (Abb. 2b) überein. Die kleine Verschiebung von Untergrund und Nullpunkt dürfte durch die geringere Vorfilterung von $\approx 30 \text{ g/cm}^2$ gegenüber früher $\approx 70 \text{ g/cm}^2$ Betondecken bedingt sein.

SCHMEISER unten $40 \times 40 \text{ cm}^2$ groß war und sich nach oben stufenförmig verbreiterte.

Gezählt wurden Dreifachkoinzidenzen (1, 2, 3) zwischen den beiden unteren Zählrohren 1 und 2 und den parallel geschalteten oberen beiden 3. Bei allen Meßreihen befand sich zwischen den oberen und unteren Zählrohren wie bei SCHMEISER ein Bleiabsorber A von 1 cm Dicke. Eine bei SCHMEISER zwischen den Zählrohren 1 und 2 angebrachte senkrechte Bleiplatte fehlte bei den in Abb. 7 wieder-

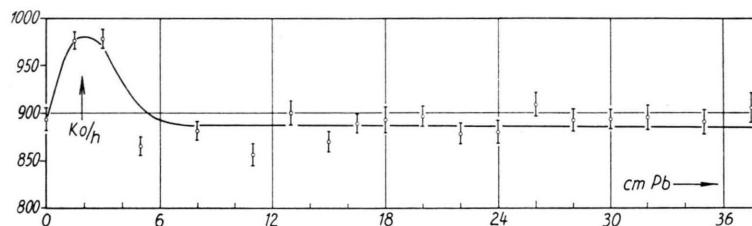


Abb. 6. Messungen mit der KRÄMERSchen Apparatur. Vierfachkoinzidenzen (I, I, II, II) bei konstanter Apparatur. Vorfilterung: ca. 30 g/cm^2 Beton.

4. Messungen ohne gekreuzte Zählrohrlagen

Auf Grund des Ergebnisses der vorstehend beschriebenen Untersuchungen wurden die älteren Messungen von SCHMEISER⁹ nachgeprüft. Die verwendete Anordnung ist in Abb. 7 skizziert. Sie wurde der SCHMEISERSchen für einen scheinbaren Schauerwinkel von 7° weitgehend nachgebaut. Die Abmessungen der hier verwendeten Zählrohre waren (SCHMEISERSche Daten in Klammern): Effektive Länge 280 (270) mm, Innendurchmesser 22 (29) mm, Mantel 1 mm Messing (0,5 mm Al). Die Fläche des Bleischauerstrahlers war $60 \times 60 \text{ cm}^2$, während er bei

gegebenen Messungen. Durch spätere Kontrollversuche wurde sichergestellt, daß sich dadurch nur der Untergrund etwas verschiebt.

Zwei der erhaltenen Rossi-Kurven sind in Abb. 7 gezeichnet. Kurve a wurde ohne die zusätzliche Bleiplatte B gemessen. Sie stimmt bis auf den Meßpunkt bei 15 cm Pb sehr gut mit der entsprechenden SCHMEISERSchen Kurve (s. Anm. ⁹, Abb. 4, 7°) überein.

HARDING^{13, 14} fand, daß seine Rossi-Kurven ein schwaches 2. Maximum zeigten, wenn sich unmittelbar unter dem untersten Zählrohr Materie befand, während sie im anderen Fall glatt verliefen. Er

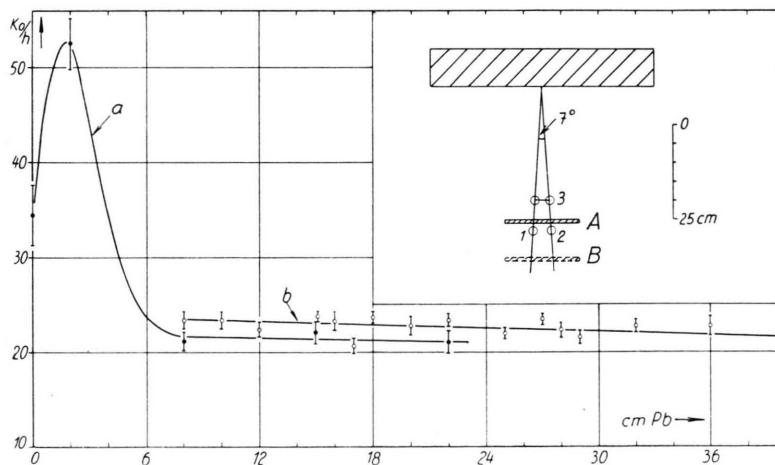


Abb. 7. SCHMEISERSche Anordnung. Dreifachkoinzidenzen (1, 2, 3) a) ohne, b) mit Bleiplatte B.

¹³ J. B. HARDING, Proc. Phys. Soc., Lond. A **68**, 354 [1955].

¹⁴ J. B. HARDING u. P. R. ROBINSON, A.E.R.E. Report N/R 1550 [1954].

versucht, dies durch rückwärts laufende Zerfalls-elektronen der in der Materieschicht abgebremsten μ -Mesonen zu erklären. Aus diesem Gesichtspunkt heraus wurde die 1 cm dicke Bleiplatte B unterhalb der Zählrohre 1 und 2 angebracht und die Rossi-Kurve zwischen 8 und 40 cm Pb genauer durchgemessen (Kurve 7b). Wie man sieht, bringt die Bleiplatte B nur eine kleine Erhöhung des Untergrundes. Ein höheres Maximum zeigt sich auch hier nicht.

Eine gewisse Ähnlichkeit mit der SCHMEISERSchen hat eine von THURN benutzte Anordnung (s. Anm.⁵, Ziff. 13 a), bei der zwei übereinander liegende Lagen paralleler Zählrohre von 2 cm Durchmesser benutzt worden waren. THURN fand ein sehr hohes 2. Maximum, wenn er übereinanderliegende Zählrohre parallel schaltete und Zweifachkoinzidenzen zwischen jeweils übernächsten Zählrohrpaaren registrierte. Das entsprach in der Projektion auf eine zu den Zählrohren senkrechte Ebene wieder Schauerwinkeln von $3,4^\circ$. Diese Anordnung wurde ungefähr nachgebaut. Da die verwendeten Zählrohre 3 cm Durchmesser hatten, wurden Zweifachkoinzidenzen zwischen benachbarten Zählrohrpaaren gezählt. Dazwischen angebrachte Bleiplatten von 1 cm Dicke sollten wie bei THURN den Beitrag weicher Einzelstrahlen herabsetzen.

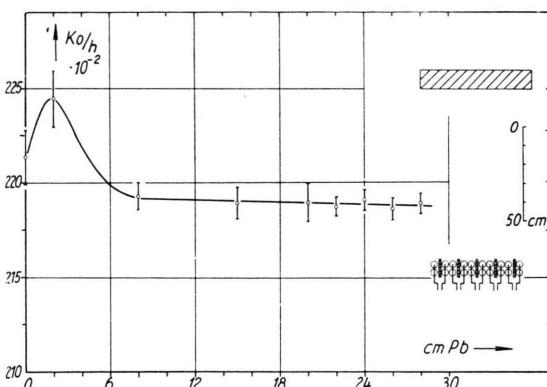


Abb. 8. Zweifachkoinzidenzen mit erhöhter Nachweiswahrscheinlichkeit für Nichtionisierende.

Die gemessene Auslösekurve (Abb. 8) zeigt nur das Rossi-Maximum über einem sehr hohen Untergrund. Die Kurve ist zwar mit der von THURN erhaltenen (s. Anm.⁵, Abb. 11) wegen der etwas ver-

änderten Geometrie nicht exakt zu vergleichen, scheint aber doch schwer mit ihr vereinbar.

5. Diskussion

Die mit gekreuzten Zählrohrlagen unter mannigfacher Variation der Versuchsbedingungen und mit einer Genauigkeit von teilweise besser als 1% gemessenen Rossi-Kurven (Ziff. 2) zeigen übereinstimmend keine außerhalb der Fehler liegenden höheren Maxima. Überhöhungen von mehr als 20 Ko/h, das sind rund 2% des mit der Standardanordnung durchschnittlich gemessenen Untergrundes, sind mit unseren Messungen nicht verträglich. Die erhaltenen Kurven stimmen mit den von anderen Autoren^{15, 16} unter ähnlichen Bedingungen gemessenen gut überein. Das gilt nicht nur für die Abwesenheit der höheren Maxima, sondern auch für die relative Überhöhung des Rossi-Maximums.

Die unter Ziff. 3 beschriebenen Kontrollversuche zeigen überdies, daß auch die von KRÄMER benutzte Apparatur⁸ bei Vermeidung elektronischer Kopplungen eine Kurve lieferte, deren Verlauf mit dem von uns hier erhaltenen übereinstimmte. Ihre Inkonstanz war bei seinen mit größerer Eingangsempfindlichkeit durchgeführten Messungen⁸ sicher noch stärker gewesen als bei unseren Kontrollversuchen. Sie ist wahrscheinlich auf unkontrollierbare, lokale Temperaturschwankungen zurückzuführen, durch die sich einzelne Widerstandswerte und damit die Empfindlichkeit der Eingangsunivibratoren änderten. Die empfindlicher gewordenen Univibratoren konnten dann leicht zu Kopplungen Anlaß geben, zumal ungenügend abgeschirmt war. Dies wird dadurch gestützt, daß die von KRÄMER gemessene Vierfachkoinzidenzrate während seiner Hauptversuche einen starken Temperaturgang gezeigt hatte¹⁷. Mit der Inkonstanz der Apparatur allein ist freilich das Zustandekommen höherer Maxima noch nicht zu erklären, doch können auf der anderen Seite KRÄMERS Messungen auch nicht als beweisend angesehen werden.

Die Testversuche über die THURNsche Koinzidenzanordnung (Ziff. 3) machen es unwahrscheinlich, daß THURN bei einwandfreier Elektronik etwas wesentlich anderes als unsere Kurven hätte messen können. Seine Apparatur war nicht mehr verfügbar.

¹⁵ R. MAZE, Phys. Rev. **85**, 697 [1952].

¹⁶ G. PFOTZER, Z. Naturforsch. **10a**, 718 [1955].

¹⁷ Mündliche Mitteilung Herrn KRÄMERS.

Die Versuchsprotokolle¹⁸ 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 durchgeföhrten Messungen¹⁹⁻²³ in Einklang zu bringen. Mit einer etwas modifizierten Anordnung hat kürzlich PFOTZER¹⁶ 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.

¹⁸ Herrn THURN danken wir für die freundliche Überlassung der Protokollbücher.

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

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

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

²² E. P. GEORGE, L. JÁNOSSY u. M. McCAG, Proc. Roy. Soc., Lond. A **180**, 219 [1942].

²³ 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, Weißnau
(Z. Naturforsch. **11a**, 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 FORBUSH¹, von EHMERT² und von CLAY, JONGEN und DIJKER³ 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 zuordnen sind. (Am 28. 2. 1942, am 7. 3. 1942, am 25. 7. 1946 und am 19. 11. 1949*).

Während nämlich normalerweise die Intensitätschwankungen 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.

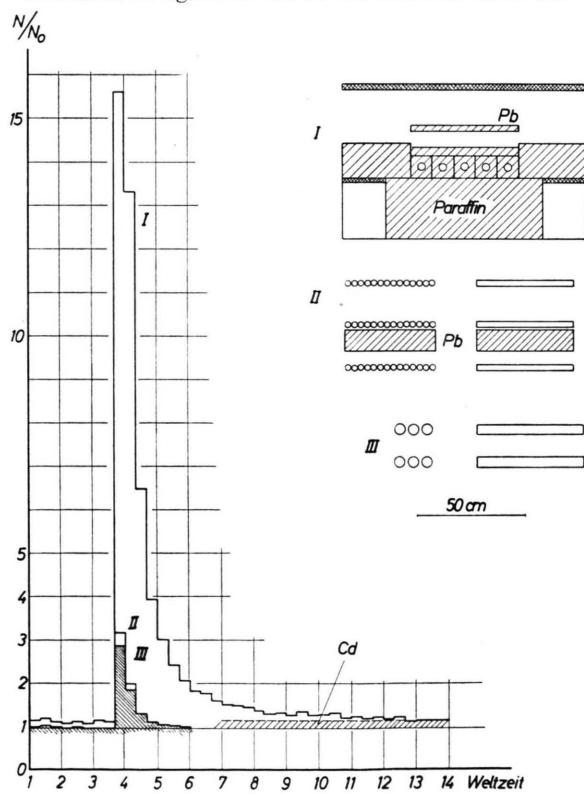


Abb. 1. Anstieg der Neutronenzahl (I) und der Mesonenzahl (II bzw. III) in Weißnau (47° N, 9° E; geomagn. Breite 48° N, 445 m ü. M.). Cd bezeichnet den Anteil des Cadmiumuntergrundes (Text), der in der hier aufgetragenen Gesamtintensität der Neutronenstrahlung einbegriffen ist.

¹ S. E. FORBUSH, Phys. Rev. **70**, 771 [1946].

² A. EHMERT, Z. Naturforsch. **3a**, 246 [1948].

³ 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.