

## Über den Beitrag der von $\mu$ -Mesonen angestoßenen Elektronen zu den Ultrastrahlungsschauern hinter verschieden starken Bleidicken\*

Von G. Pfozter

Max-Planck-Institut für Physik der Stratosphäre,  
Weißenuau

(Z. Naturforschg. 8a, 335—336 [1953]; eingeg. am 27. März 1953)

Von Clay<sup>1</sup> ist eine Deutung des zweiten Maximums der Rossi-Kurve vorgeschlagen worden, die geeignet schien, einige Züge der von ihm und seinen Mitarbeitern ausgeführten Messungen zu erklären. Danach sollen die Schauer, welche das zweite Maximum verursachen,  $\mu$ -Mesonen in Begleitung der von ihnen ausgelösten Stoßelektronen eventuell mit nachfolgenden Elektron-Photon-Kaskaden sein. Das Maximum soll folgendermaßen zustandekommen:

Die Zahl der Schauer unter einem  $x$  cm starken Bleiblock vermehrt sich durch Auflegen einer weiteren Schicht  $dx$  in gleichem Ausmaß wie die Zahl der Stoßelektronen, welche in der Zusatzschicht erzeugt werden, von denen ein Abkömmling noch unter dem Bleiblock nachweisbar ist. Sie vermindert sich wie die Anzahl energiearmer Elektronen, die vorher in der unteren Grenzschicht des Bleiblockes  $dx$  von Mesonen erzeugt worden sind, die nach Auflegen der Zusatzschicht gerade absorbiert werden bzw. deren Energie unter den Schwellenwert für die Erzeugung koinzidenzfähiger Elektronen gesunken ist. Ein Maximum der Schauerhäufigkeit tritt dann unter einer Schichtdicke  $x_{\max}$  auf, bei der sich Zuwachs  $d n_1(x)$  und Abnahme  $d n_2(x)$  gerade kompensieren.

Die Vorstellung, daß auch die Schauer des zweiten Maximums elektronisch sind, gewinnt einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit auf Grund von Nebelkammeraufnahmen<sup>2-5</sup>, bei denen anders geartete Schauer nur in so geringer Häufigkeit beobachtet wurden, daß sie für eine Erklärung des Maximums nicht in Frage kommen können. Der Versuch einer Erklärung des zweiten Maximums mit der Stoßelektronenhypothese ist daher von vorneherein nicht abwegig. Eine andere Frage ist allerdings, ob der Mechanismus, den Clay unter weitgehenden Vereinfachungen diskutiert hat, für die Erklärung des Maximums ausreichend ist. Vor allem widerspricht die Folgerung, daß eine merkliche Zahl von Elektronen Energiebeträge zwischen  $10^4$  und  $10^6$  MeV aufnimmt, den bisherigen Vorstellungen<sup>6</sup>.

Wir haben daher unter Beibehaltung der Clayschen Grundvorstellungen überprüft, wie sich die Ergebnisse ändern, wenn man das Energiespektrum der Elektronen berücksichtigt, welches von den Mesonen mit der in Meeresniveau vorgegebenen Energieverteilung erzeugt wird.

\* Eine ausführliche Darstellung der Rechnungen kann vom Max-Planck-Institut für Physik der Stratosphäre, Weißenuau, bezogen werden.

<sup>1</sup> J. Clay, Rev. Mod. Physics 24, 82, [1949].

<sup>2</sup> H. Maier-Leibnitz, Z. Physik 112, 569 [1939].

<sup>3</sup> S. Leisegang, Z. Physik 116, 515 [1940].

Unsere Rechnung, von der wir hier nur die Ergebnisse mitteilen wollen, gründet sich auf die Energieverteilung der  $\mu$ -Mesonen in Meeresniveau nach den experimentellen von Wilson<sup>7</sup> angegebenen Daten. Es

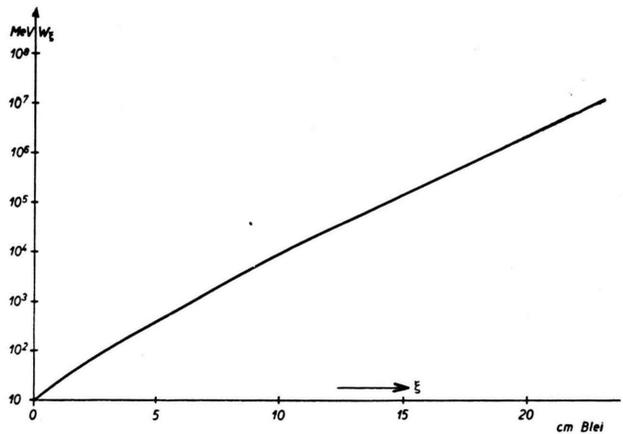


Abb. 1. Stärke einer Bleischicht, aus der im Mittel noch ein Elektron mit einer größeren Energie als 10 MeV austritt, wenn ein Elektron der Energie  $\omega_{\frac{1}{2}}$  eingeschossen worden ist.

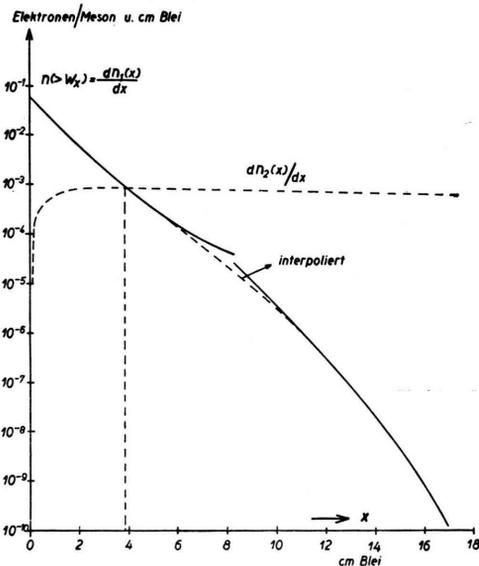


Abb. 2. Zahl der Stoßelektronen, die pro Meson in der Längeneinheit erzeugt werden und eine Reichweite von mindestens  $x$  cm Blei haben [ $n(>wx)$ ] und Verminderung der Elektronenerzeugung, wenn eine  $x$  cm dicke Bleischicht um 1 cm verstärkt wird ( $dn_2(x)/dx$ ).

<sup>4</sup> R. P. Shutt, Physic. Rev. 69, 261 [1946].

<sup>5</sup> G. Pfozter, Z. Naturforschg. 8a, Heft 6 [1953].

<sup>6</sup> Vgl. z. B. W. Heisenberg, Vorträge über kosmische Strahlung, Berlin, Springer-Verlag 1942, S. 7 oder L. Seren Physic. Rev. 62, 204 [1942].

<sup>7</sup> J. G. Wilson, Nature [London] 158, 414 [1946].



wird angenommen, daß die Verteilung sich wesentlich nur auf Grund der Energieverluste durch Ionisation (15 MeV/cm Blei) in Blei ändert. Der Stoßelektronenerzeugung werden die von Bhaba<sup>8</sup> angegebenen Wirkungsquerschnitte (Mesonspin = 0 oder 1/2) zugrunde gelegt. Die Reichweitebeziehung für die Elektronen ist die gleiche wie im Ansatz von Clay. Sie wurde von Scheen<sup>9</sup> berechnet und deckt sich im wesentlichen mit den Angaben von Rossi und Greisen<sup>10</sup>. Sie verknüpft nicht die Reichweite mit der Energie eines individuellen Elektrons, sondern gibt an, unter welcher Bleidicke  $\xi$  mindestens noch ein Kaskadenelektron einer bestimmten Energie (in unserem Falle der kritischen Energie von 10 MeV) als Abkömmling eines Stoßelektrons der Energie  $w_\xi$  noch nachweisbar ist. (Abb. 1). Mit diesen Elementen läßt sich die Zahl

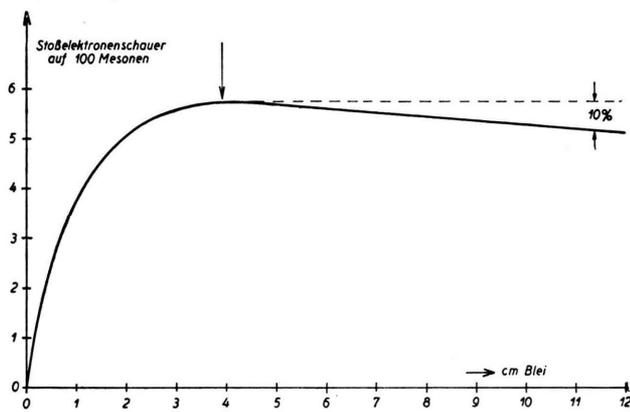


Abb. 3. Zahl der Stoßelektronenschauer auf eine konstante Mesonenintensität ( $x = 15$  cm) bezogen.

<sup>8</sup> H. J. Bhaba, Proc. Roy. Soc. [London] Ser. A, **164**, 257 [1938].

<sup>9</sup> W. L. Scheen, Physica **13**, 669 [1947].

<sup>10</sup> B. Rossi u. K. Greisen, Rev. Mod. Physics **13**, 240 [1941].

der Elektronen berechnen, die in der oberen Grenzschicht erzeugt werden und unter der Schichtdicke  $x$  noch durch ein Elektron vertreten sind. Ihre Häufigkeit, bezogen auf die Häufigkeit der  $\mu$ -Mesonen, welche unter einer Schicht zwischen 10 und 20 cm nachgewiesen werden können, ist in Abb. 2 eingezeichnet [ $n(>w_x)$  = Anzahl der Elektronen, die pro Meson und cm Blei erzeugt werden und eine Energie  $> w_x$ , also eine größere „Reichweite“ als  $x$  haben]. Die Kurve stellt gleichzeitig den positiven Änderungsbetrag  $dn_1(x)/dx$  dar, den wir zur Ermittlung der Maximumlänge benötigen. Der negative Änderungsbetrag infolge der Mesonenabsorption  $dn_2(x)/dx$  ist ebenfalls eingezeichnet. Die beiden Kurven schneiden sich bei der Maximumlänge  $x = 4$  cm. Aus den Änderungsbeträgen gewinnt man durch Integration über die Schichtdicke  $x$  den in Abb. 3 eingezeichneten Intensitätsverlauf der Stoßelektronenschauer unter Blei.

Das Ergebnis, daß etwa 5 Schauer auf 100 Mesonen unter dickeren Bleischichten als 10 cm kommen, deckt sich mit der Häufigkeit, welche Verf. bei Nebelkammeraufnahmen direkt beobachtet hat. Der Mechanismus erklärt aber offenbar nicht das Maximum bei 15 cm Blei. Das flache Maximum bei 4 cm wird durch die Ausläufer des normalen Rossi-Maximums überdeckt. Möglicherweise ist der kleine Buckel, der experimentell u. a. auch bei den Clayschen Kurven angedeutet ist, hierauf zurückzuführen. Es ist aber offensichtlich, daß mit obigen Annahmen nur der Schaueruntergrund erklärt wird und – unter der Voraussetzung, daß die Maximumsschauer auch elektronisch sind – eher an einen genetischen Zusammenhang des zweiten Maximums mit der weichen Komponente zu denken ist, wie er von Chaudhary<sup>11</sup> und Tsai-Chü<sup>12</sup> diskutiert wurde.

<sup>11</sup> P. K. Sen Chaudhary, Physic. Rev. **81**, 274 [1951].

<sup>12</sup> Tsai-Chü, Physic. Rev. **83**, 867 [1951].

## ZUSAMMENFASSUNGEN AUS BAND 8b

### Keto-Enol-Gleichgewichte cyclischer $\beta$ -Ketocarbonsäureester im Gaszustand am Beispiel des Cyclopentanon-Cyclohexanon- und Cycloheptanon-carbonsäureäthylesters \*

Von Walter Strohmeier und Irmtraud Höhne

Physikalisch-chemische Abteilung des Chemischen Institutes der Universität Würzburg

Es werden die Keto-Enolgleichgewichte von cyclopentanon-(I)-Hexanon (II)- und Heptanon (III)-carbonsäureester im Gaszustand bei verschiedenen Tem-

peraturen  $T$  gemessen. Der Enolgehalt ist stark und zwar alternierend von der Ringgröße abhängig. I hat nur einen kleinen Enolgehalt im Vergleich zu II und III. Der geringe Enolgehalt von I kann auf das sterisch verursachte Ausbleiben eines Chelatringes in der Enolform zurückgeführt werden. Dementsprechend ist auch die Enolisierungswärme (Enthalpie = Änderung) und die Entropieänderung bei I nur klein im Vergleich zu II und III. Es wird die  $T$ -Abhängigkeit der K, E-Gleichgewichte an Hand thermodynamischer Daten diskutiert.

\* Vgl. diese Z. **8 b**, 53 [1953].