

Der Verlauf der Rossi-Kurve bei großen Bleidicken

Von L. JÁNOSSY und L. NAGY

Aus dem Zentralforschungsinstitut für Physik, Abteilung für kosmische Strahlung, Budapest
(Z. Naturforsch. 11 a, 312—315 [1956]; eingegangen am 6. Februar 1956)

Messungen der Rossischen Übergangskurve wurden mit einer Anordnung ähnlich der von BOTHE und THURN ausgeführt. Im Gegensatz zu diesen Autoren wird außer dem ersten Maximum kein weiteres Maximum in der Übergangskurve gefunden. Die statistische Ungenauigkeit der Meßpunkte ist von der Größenordnung von 0,5%. Selbst wenn Schwankungen gleich der dreifachen statistischen Schwankung vorausgesetzt werden, sind die Resultate der Messungen mit einem Maximum von mehr als 1,5% unverträglich.

Im Jahre 1934 erschienen die ersten Arbeiten^{1—3}, die über die Existenz eines zweiten Maximums der Rossi-Kurve berichteten. Seither sind sehr viele Untersuchungen über diese Frage ausgeführt worden; einige Autoren fanden ein zweites Maximum^{4—8}, andere dagegen kamen zum Ergebnis, daß die Rossi-Kurve kein zweites Maximum besitzt^{9—17}.

Da die Existenz eines zweiten Maximums von theoretischem Interesse wäre und da sich sehr viele Arbeiten mit dem Problem beschäftigen, ist es wünschenswert, die Frage des zweiten Maximums zur Entscheidung zu bringen.

Einer von uns (L. J.) hat schon vor einigen Jahren das Material kritisch zusammengestellt und gezeigt, daß die positiven Ergebnisse, die die angebliche Existenz eines solchen Maximums zeigen sollten, aus statistischen Gründen nicht als einwandfrei betrachtet werden können, und die Schlußfolgerung wurde gezogen, daß die Rossi-Kurve kein zweites Maximum besitzt¹³.

Seither haben BOTHE und Mitarbeiter über Messungen berichtet⁷, die die Existenz von vier Maxima der Rossi-Kurve zeigen. Da wir mit verschiedenen Anordnungen nicht imstande waren, ein zweites Maximum zu finden, entschlossen wir uns, BOTHEs Anordnung genau zu reproduzieren und seine Messungen mit dieser Anordnung genau zu wiederholen.

¹ M. ACKEMANN, Naturwiss. 22, 169 [1934].

² J. N. HUMMEL, Naturwiss. 22, 170 [1934].

³ A. DRIGO, Ric. Sci. 5, 88 [1934]; 6, 529 [1935].

⁴ K. SCHMEISER u. W. BOTHE, Ann. Phys., Lpz. 32, 161 [1938].

⁵ J. CLAY, A. VENEMA u. K. H. J. JONKER, Physica 7, 673 [1940]; J. CLAY u. W. L. SCHEEN, Physica 14, 489 [1948].

⁶ T. KAMEDA u. J. MIURA, Prog. Theor. Phys. 5, 323 [1950].

⁷ W. BOTHE u. H. THURN, Phys. Rev. 79, 544 [1950]; H. THURN u. W. BOTHE, Z. Naturforsch. 6 a, 576 [1951]; H. THURN, Z. Naturforsch. 7 a, 497 [1952]; H. THURN, Z. Naturforsch. 8 a, 134 [1953]; W. BOTHE u. H. KRAMER, Phys. Rev. 94, 1402 [1954].

⁸ P. K. SEN CHAUDHURY, Phys. Rev. 81, 274 [1951]; Indian J. Phys. 25, 539 [1951].

Versuchsanordnung

Abb. 1 zeigt die von uns benutzte Anordnung. Auf einem Holzgestell ruht ein Bleiabsorber von $60 \times 60 \text{ cm}^2$ Fläche. In einer Entfernung von 93 cm unter dem Absorber befinden sich mit II bezeichnete G.-M.-Zähl-



0 10 20 30 cm

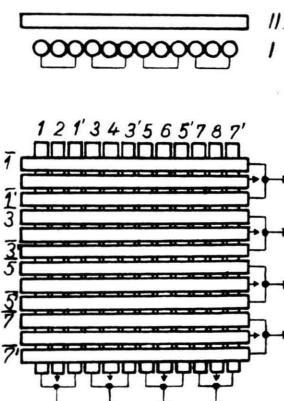


Abb. 1. Versuchsanordnung.

⁹ A. SCHWEGLER, Z. Phys. 101, 93 [1936].

¹⁰ B. ROSSI u. L. JÁNOSSY, Rev. Mod. Phys. 11, 281 [1939].

¹¹ W. M. NIELSEN, J. E. MORGAN u. K. Z. MORGAN, Rev. Mod. Phys. 11, 287 [1939]; Phys. Rev. 55, 995 [1939].

¹² G. O. ALTMANN, H. N. WALKER u. V. F. HESS, Phys. Rev. 58, 1011 [1940].

¹³ E. P. GEORGE, L. JÁNOSSY u. M. McCAG, Proc. Roy. Soc., Lond. A 180, 219 [1940].

¹⁴ R. MAZE u. TSAI-CHÜ, C. R. Acad. Sci., Paris 232, 224 [1951]; R. MAZE, Phys. Rev. 85, 697 [1952].

¹⁵ J. B. HARDING, Proc. Roy. Soc., Lond. A 68, 352 [1955].

¹⁶ C. B. A. McCUSCER u. B. G. WILSON, Proc. Phys. Soc., Lond. A 68, 1086 [1955].

¹⁷ G. PFOTZER, Z. Naturforsch. 10 a, 718 [1955].



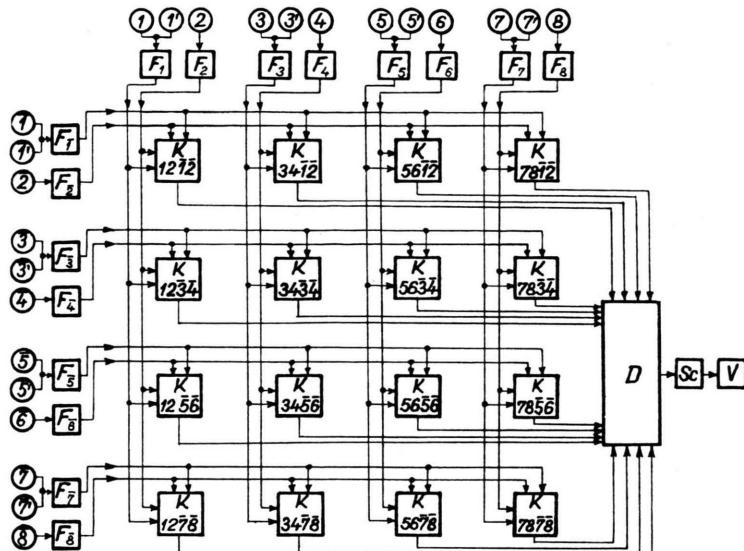


Abb. 2. Blockschema der elektronischen Schaltung.

rohre und in 100 cm Entfernung zu den ersten senkrecht stehende Zählrohre, die mit I bezeichnet sind. Jede dieser Zählrohrserien besteht aus 12 Zählrohren, deren Dimensionen die folgenden sind: Wanddicke des Kupferzyllinders: 0,1 cm, innerer Durchmesser: 3,8 cm, empfindliche Länge: 56 cm, wirkliche Länge: 61 cm. Die Zählrohre waren mit 90 mm Hg Argon und 10 mm Hg Alkohol gefüllt. Vor Inbetriebnahme bestimmten wir für jedes Zählrohr die Ansprechwahrscheinlichkeit als Funktion der an das Zählrohr angelegten Spannung. Jedes Zählrohr arbeitete mit der Spannung, bei der seine Ansprechwahrscheinlichkeit ein Maximum hatte. Die Ansprechwahrscheinlichkeiten unserer Zählrohre waren größer als 99,8% in einem breiten Spannungsgebiet¹⁸. Die Entfernung zwischen den Mittelpunkten zweier benachbarter Zählrohre war 4,5 cm. Zwischen den Rohren waren abschirmende Platten angebracht. Unsere Anordnung war also identisch mit jener Anordnung von BOTHE und Mitarb., mit der sie am stärksten ausgeprägten Maxima erhielten.

Die mit 1 und 1', 1 und 1', 3 und 3' usw., also mit ungeraden Zahlen bezeichneten Zählrohre waren parallelgeschaltet. Wir registrierten mit unserer Anordnung die folgenden Vierfach-Koinzidenzen: (1, 2, 1, 2), (1, 2, 3, 4), (1, 2, 5, 6), (1, 2, 7, 8), (3, 4, 1, 2), (3, 4, 3, 4), ..., (7, 8, 7, 8).

Wir benutzten die Zählrohre in der üblichen Koinzidenzanordnung (Abb. 2). Insbesondere wurde dafür Sorge getragen, die Impulse mit Hilfe eines Unibrators schnell zu löschen (F) *.

Für die Auswahl der Vierfach-Koinzidenzen benutz-

ten wir die Rossische Schaltung (K). Die Vierfach-Koinzidenzimpulse wurden über die Dioden (D) auf den Impulsteiler (Sc) geleitet. Die Endstufe (V) diente als Impulszähler¹⁹.

Ergebnisse

Die Messungen wurden im Holzgebäude des Institutes für kosmische Strahlenforschung in 400 m Höhe ü. d. M. ausgeführt. Die Wände des Gebäudes sind ungefähr 5 cm dick.

Eine Meßreihe wurde ausgeführt, in der die Absorberdicke alle zwei Stunden gewechselt wurde. In Tab. 1 sind unsere Ergebnisse zusammengestellt und in Abb. 3 veranschaulicht. Die ausgezogene Gerade ist mit der Methode der kleinsten Quadrate

den Meßpunkten angepaßt. Der statistische Fehler ist höchstens 1%. Es ist ersichtlich, daß zwischen

cm Pb	Meßzeit	Koinz./h
10,0	10	1088,6 ± 10,4
11,5	10	1091,2 ± 10,4
12,5	16	1075,9 ± 8,2
13,5	12	1083,6 ± 9,5
15,0	10	1089,6 ± 10,4
16,5	12	1084,8 ± 9,5
17,5	12	1087,0 ± 9,5
18,5	10	1087,0 ± 10,4
20,0	10	1082,1 ± 10,4
22,5	14	1076,4 ± 8,8
25,0	12,5	1096,8 ± 9,4

Tab. 1.

10 cm und 25 cm kein Maximum auftritt. Zum Vergleich haben wir in der Abb. die von BOTHE und THURN bei gleicher Geometrie erhaltene Kurve gestrichelt eingezeichnet (Z. Naturforschg. 6a, 580, Abb. 3b, Kurve 3,4°). Wir haben dabei die Ordinaten ihrer Kurve mit einem solchen Faktor multipliziert, daß das bei 7,5 cm erscheinende Minimum auf die Verlängerung unserer zwischen 10 und 25 cm gezogenen Geraden fällt. Auf diese Weise ist ein Vergleich unmittelbar möglich.

¹⁸ E. FENYVES, Acta Phys. Hung. 4, 363 [1955].

* Die von unserem Mitarbeiter J. Koch ausgearbeitete Schaltung formiert die Zählrohrimpulse in Rechteckimpulse von 2 μ sec Breite (Veröffentlichung in Vorbereitung).

¹⁹ K. ZSDÁNSZKY, KFKI Közleményei 3, 22 [1955]; 3, 32 [1955] (Mitteilungen des Zentralen Forschungsinstituts für Physik; ungarisch).

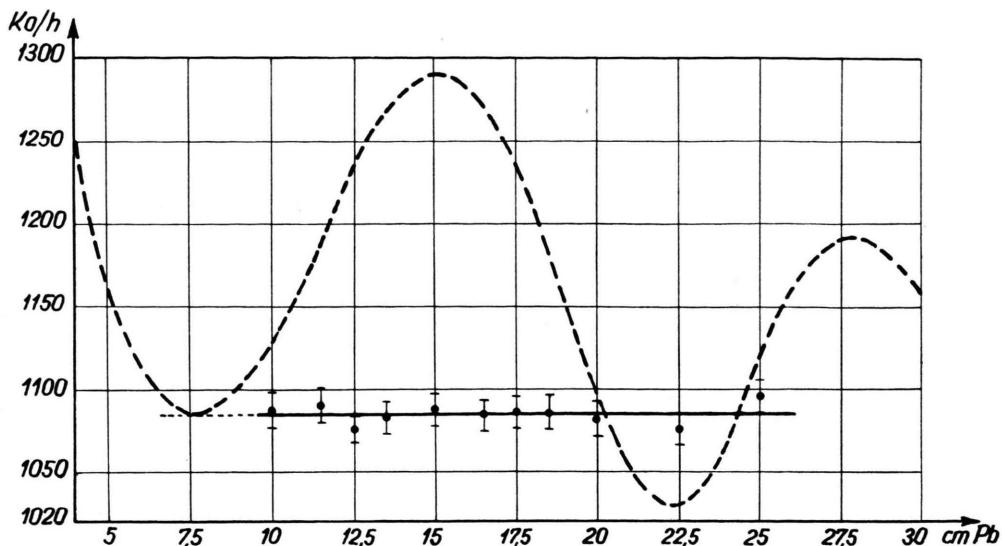
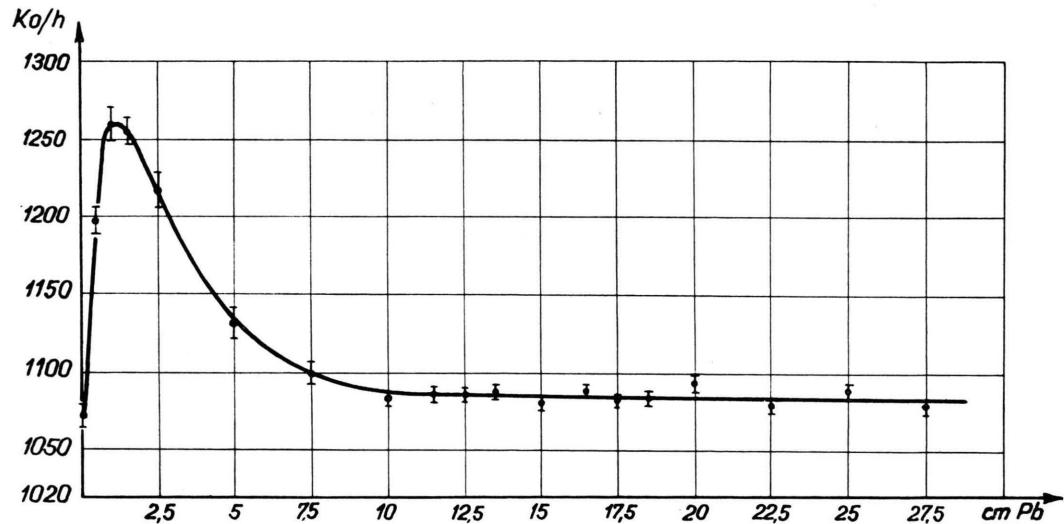


Abb. 3. Meßergebnisse bei schnellem Wechsel der Absorberdicke. BOTHES und THURN'S Kurve ist gestrichelt eingezeichnet.

Abb. 4. Meßergebnisse bei langsamem Wechsel der Absorberdicke. Unsere Messungen ergaben einen Barometerkoeffizienten von $-1,6\%/\text{cm Hg}$. Die eingezeichneten Werte sind dafür korrigiert.

cm Pb	Meßzeit	Koinz./h	Koinz./h (für Barometer korr.)	cm Pb	Meßzeit	Koinz./h	Koinz./h (für Barometer korr.)
0,0	19	1071,5 \pm 7,5		13,5	41	1089,3 \pm 5,2	1088,2 \pm 5,2
0,5	13	1197,7 \pm 9,6		15,0	39	1081,3 \pm 5,3	1080,0 \pm 5,3
1,0	10	1259,7 \pm 11,2		16,5	42	1079,6 \pm 5,1	1087,8 \pm 5,1
1,5	18	1255,2 \pm 8,4		17,5	47	1077,8 \pm 4,8	1082,1 \pm 4,8
2,5	10	1219,1 \pm 11,0		18,5	47	1087,5 \pm 4,8	1084,2 \pm 4,8
5,0	11	1130,6 \pm 10,1		20,0	39	1097,5 \pm 5,3	1093,6 \pm 5,3
7,5	21	1099,9 \pm 7,2		22,5	39	1086,0 \pm 5,3	1078,6 \pm 5,3
10,0	46	1080,7 \pm 4,8	1082,8 \pm 4,8	25,0	39	1087,5 \pm 5,3	1087,4 \pm 5,3
11,5	43	1086,3 \pm 5,0	1086,4 \pm 5,0	27,5	39	1075,1 \pm 5,3	1077,4 \pm 5,3
12,5	40	1087,6 \pm 5,2	1085,8 \pm 5,2				

Tab. 2.

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. **10 a**, 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.

10 a, 794 [1955]; B. SCHIMMER u. K. H. LAUTERJUNG, Z. Naturforschg. **10 a**, 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. **11 a**, 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. **10 a**, 794 [1955].

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

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

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

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

⁷ H. THURN, Z. Naturforschg. **8 a**, 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.