

**Ein  $4\pi$ -Proportionalzählrohr zur Untersuchung nicht-flüchtiger, energieärmer  $\beta$ -Strahler mit komplexem Zerfallsschema**

Von Wolfhard Beckmann und E. Huster  
Physikalisches Institut der Universität Marburg  
(Z. Naturforsch. **10a**, 85–86 [1955]; eingeg. am 6. Dezember 1954)

Für die Messung energieärmer  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung ist das Proportionalzählrohr (PZR) anderen Spektrometern überlegen. Dies gilt insbesondere, wenn der Strahler dem Zählgas als gasförmige Verbindung beigemischt werden kann. Die bei festen Präparaten unvermeidlichen Fälschungen des Energiespektrums durch Absorption im Präparat und durch Rückstreuung aus der Unterlage entfallen dann vollständig. (Fehler entstehen, wenn Teilchen die Wand erreichen, bevor sie ihre volle Energie abgegeben haben. Diese Fehler können durch entsprechende Dimensionierung und Füllung des PZR in engen Grenzen gehalten werden.) Es gibt jedoch Strahler, die keine bei beherrschbaren Zähltemperaturen flüchtigen Verbindungen bilden, so die Alkali- und Erdalkalimetalle. Bei einfachen  $\beta$ -Zerfällen liefert dann ein dünnes Präparat auf dünner Unterlage noch ein einigermaßen verlässliches Spektrum. Anders ist das bei komplexem Zerfallsschema. Folgt z. B. auf den  $\beta$ -Zerfall ein stark konvertierter  $\gamma$ -Übergang wie beim RaD, so werden bei fast allen Zerfällen  $\beta$ -Teilchen, Konversionselektronen und Auger-Elektronen (oder Röntgenquanten) gleichzeitig emittiert. Bei festem Präparat werden diese Teilchen z. Tl. ins Zählvolumen, z. Tl. in die Unterlage hinein emittiert. Die vielen möglichen Kombinationen ergeben eine komplizierte Energieverteilung, aus der das  $\beta$ -Spektrum nur schwer abzutrennen ist. — An gasförmigen Präparaten dagegen mißt man die Summe der Energien aller bei einem Zerfall emittierten Elektronen, d. h. bei all den Zerfällen, bei denen kein Quant emittiert wird, die volle Zerfallsenergie (abgesehen von der Neutrinoenergie).

Um dies auch für feste Präparate zu ermöglichen, wurde ein  $4\pi$ -PZR gebaut. Es besteht aus zwei dicht nebeneinander parallel in einen Block aus lunkerfreier Aluminiumlegierung gebohrten ZR von 7 cm Durchmesser und 35 cm Länge. (Al gibt bei  $\beta$ - oder  $\gamma$ -Bestrahlung keine störende Fluoreszenzstrahlung.) Die Wand zwischen beiden PZR ist an der dünnsten Stelle mehrfach durchbohrt. In einer dieser Bohrungen können durch einen flachen Schlitz im Al-Block Präparate auf dünnen versilberten Zaponfolien, die von einem durchlochten Al-Blech getragen werden, eingeschoben werden. Bei der Messung bildet dann die Folie einen Teil der beiden PZR gemeinsamen Wand. Schaltet man beide PZR parallel, so mißt man auch bei gleichzeitiger Emission mehrerer Teilchen die volle Zerfallsenergie, unabhängig von der Emissionsrichtung. (Die Messung wird nur durch Absorption in Präparat und Unterlage und, bei größerer Reichweite

der Teilchen, in der ZR-Wand gefälscht.) Zur Messung des Nulleffektes schiebt man das Präparat aus der Öffnung zwischen den PZR heraus.

Das  $4\pi$ -PZR wurde durch Messungen am RaD ( $^{210}\text{Pb}$ ) erprobt, dessen  $\beta$ -Zerfall eine zu über 90% konvertierte  $\gamma$ -Strahlung von 46,5 keV folgt. Die Präparate wurden elektrolytisch als Blei auf Zaponfolien ( $20\text{ }\mu\text{g/cm}^2$ ) mit einseitiger Silberauflage ( $30\text{ }\mu\text{g/cm}^2$ ) niedergeschlagen. Dünne Ag-Auflagen ergeben elektrisch schlecht leitende Folien. Solche Folien haben im Zählrohr kein definiertes Potential, was zu Zählverlusten führt<sup>1</sup>. Durch die so erforderliche Mindestdicke war die Absorption emittierter Teilchen bestimmt. (Die Absorption im Präparat dürfte klein gegen die in der Folie gewesen sein.)

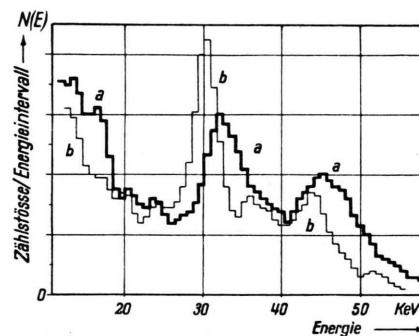


Abb. 1. Energiespektrum des RaD in  $2\pi$ -Geometrie. a) Präparatseite; b) Folienrückseite (gleiches Präparat, auf 4% gleiche Meßdauer).

Abb. 1 zeigt das Energiespektrum des RaD in  $2\pi$ -Geometrie (ein PZR abgeschaltet) a) in dem dem Präparat, b) in dem der Folienrückseite zugewandten PZR. (Da die bei einem Teil der Zerfälle emittierten  $\gamma$ - und Röntgenquanten großenteils nicht im Zählgas absorbiert werden, tragen zu den angezeigten Energien fast ausschließlich Elektronen bei.) Im Fall b (Folienrückseite) treten die Konversionslinien bei 30 und rd. 43 keV scharf hervor. Die gleichzeitig mit den Konversionselektronen (KE) in den gleichen Halbraum emittierten energieärmen  $\beta$ -Teilchen und Auger-Elektronen wurden demnach in der Folie zum größten Teil absorbiert. Die KE selbst dürften in der Folie weniger als 1 keV an Energie verloren haben. — Im Fall a (Präparatseite) wird gleichzeitig mit fast jedem KE ein  $\beta$ -Teilchen (in rd. 50% der Fälle) und bzw. oder ein Auger-Elektron (in mehr als 50% der Fälle) ins gleiche PZR emittiert. Dadurch sind hier die Maxima nach höheren Energien verschoben, und die rechten Flanken der „Linien“ sind weniger steil. Aus der Kurvenform oberhalb 43 keV läßt sich unter der Annahme, daß hier in 50% der Fälle nur das KE und in 50% der Fälle KE und  $\beta$ -Teilchen gleichzeitig ins PZR gelangt, das  $\beta$ -Spektrum des RaD ableiten<sup>2</sup>. Die Fehlerquellen sind jedoch nicht unerheblich.

<sup>1</sup> I. Geese-Bähnisch u. E. Huster, Naturwiss. **41**, 495 [1954].

<sup>2</sup> G. M. Insch, J. G. Balfour u. S. C. Curran, Phys. Rev. **85**, 805 [1952].



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.

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.

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.

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.

Abb. 2 zeigt das Spektrum in  $4\pi$ -Geometrie (beide PZR parallel) im Vergleich mit dem an einem gasförmigen Präparat gewonnenen<sup>3</sup>. Wie erwartet, sind die Konversionslinien praktisch verschwunden und die Kurvenzüge einander recht ähnlich. Wegen der Absorption energieärmer Teilchen in der Folie ist jedoch das Maximum bei festem Präparat um rd. 5 keV nach niedrigeren Energien verschoben, und Anzeigen bei kleineren Energien sind relativ häufiger. (Die Kurven sind auf gleiche Höhe der Maxima normiert.) Bei gasförmigem Präparat wird oberhalb 46,5 keV praktisch immer die Energie des  $\beta$ -Teilchens, vermehrt um 46,5 keV, angezeigt, so daß hier die Messung die Gestalt des  $\beta$ -Spektrums liefert<sup>3</sup>. Bei festem Präparat ist das wegen der zu großen Absorption in der Folie noch nicht der Fall. Bei wesentlich dünneren leitenden Folien würden jedoch die beiden Kurven in Abb. 2 sehr viel besser übereinstimmen.

Das beschriebene  $4\pi$ -PZR sollte somit erstens, wenn die Präparatunterlagen genügend dünn gemacht werden können, zur Messung von  $\beta$ -Spektren bei komplexem Zerfallsschema an festen Präparaten, zweitens zur Messung der Energieverluste von Elektronen in

<sup>3</sup> E. Huster, Z. Phys. **136**, 303 [1953].

### Zerfallsschema und $\beta$ -Spektrum des natürlichen Aktiniums

Von Wolfram Beckmann und E. Huster

Physikalisches Institut der Universität Marburg

(Z. Naturforsch. **10a**, 86—87 [1955]; eingeg. am 6. Dezember 1954)

Nach Messungen von Lecoin, Perey, Riou und Teillac<sup>1</sup> (LPRT) mußte angenommen werden, daß dem  $\beta$ -Zerfall des  $^{227}\text{Ac}$  bei einem Teil der Zerfälle ein  $\gamma$ -Übergang von ca. 37 keV folgt. LPRT fanden auf 100 Zerfälle rd. 17 Elektronen (in der Wilson-Kammer bei niedrigem Druck) und 5 Photonen (mit Xe-Zählrohr). Sie deuteten die Elektronen als Konversions-elektronen und die Photonen, deren Energie sie durch selektive Absorption zu etwa 15 keV bestimmten, als der Konversion folgende Röntgenquanten. Nach dem danach vorgeschlagenen Zerfallsschema führen rd. 15% der Zerfälle auf ein angeregtes Niveau des RaAc ( $^{227}\text{Th}$ ) bei 37 keV, 85% gehen auf das Grundniveau. LPRT fanden jedoch keine dem letzteren Übergang entsprechenden  $\beta$ -Teilchen. Für 95% dieser Teilchen mußten sie deshalb Energien unter 3 keV annehmen, obwohl die obere Grenzenergie  $E_0 > 37$  keV sein müßte.

Unter diesen Umständen wäre eine Untersuchung des Zerfalls an einem gasförmigen Ac-Präparat im Proportionalzähler (PZR) angebracht. Flüchtige Ac-Verbindungen sind uns jedoch nicht bekannt, und für

<sup>1</sup> M. Lecoin, M. Perey, M. Riou u. J. Teillac, J. Phys. et Rad. **11**, 227 [1950].

<sup>2</sup> W. Beckmann u. E. Huster, Z. Naturforsch. **10a**, 85 [1955]; voranstehend.

dünnen Folien und drittens für Koinzidenzmessungen verwendbar sein.

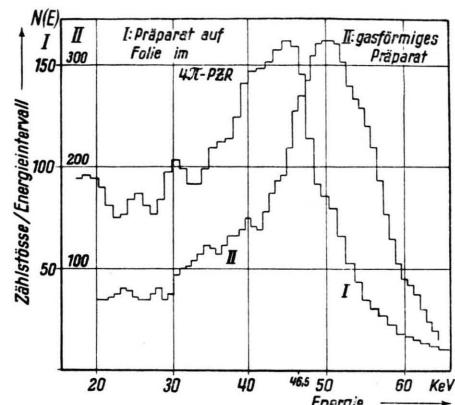


Abb. 2. Energiespektrum des RaD in  $4\pi$ -Geometrie.

Eine ausführliche Darstellung ist in Vorbereitung.

Den Chemischen Werken Hüls, Marl b. Recklinghausen, und der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken wir für apparative Hilfe.

Versuche zur Chemie solcher Verbindungen war der Ac-Vorrat zu klein. Deshalb wurde das  $\beta$ -Spektrum in dem von uns<sup>2</sup> beschriebenen  $4\pi$ -PZR an festen Präparaten auf versilberten Zaponfolien gemessen. (Folienstärke  $50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ , Kristallgröße im Präparat, mit Insulin als Benetzer hergestellt, kleiner als  $0.2 \mu\text{m}$ .)

Anders als beim RaD<sup>2</sup> ergab sich in  $2\pi$ - und  $4\pi$ -Geometrie nahezu die gleiche Form des Spektrums, insbesondere fand sich in  $2\pi$ -Geometrie keine Andeutung von Konversionslinien, wie sie bei komplexem  $\beta$ -Zerfall zu erwarten wären. Abb. 1 zeigt das Ergebnis in  $2\pi$ -Geometrie auf der Präparatseite der Folie. (Bei Messungen auf der Folienrückseite oder in  $4\pi$ -Geometrie findet man wegen der Absorption in der Folie unterhalb 20 keV geringere Teilchenzahlen.) Der aus Abb. 1 unter Annahme eines erlaubten Überganges abgeleitete Kurie-Plot ist gerade von einer Energie von  $E \approx 7$  keV ab bis zur oberen Grenzenergie

$$E_0 = (45.5 \pm 1) \text{ keV.}$$

(Freedman et al.<sup>3</sup> fanden  $E_0 = 0.04$  MeV. Leider war uns der zitierte Bericht nicht zugänglich.) Ob das Spektrum unterhalb 7 keV infolge der Abschirmung des Kernes durch die Hülle von der für den nackten Kern theoretisch geforderten Form abweicht, kann nicht gesagt werden. Eine genauere Messung in diesem Bereich dürfte erst sinnvoll sein, wenn wesentlich dünner leitende Präparatunterlagen und dünneren Präparaten hergestellt sind, so daß Rückstreuung und Ab-

<sup>3</sup> M. Freedman, J. May, R. Pairs, W. Ramler u. M. Rusnak, ANL-4380, März 1950 (Classified Report); zitiert nach J. M. Hollander, I. Pearlman u. G. T. Seaborg, Rev. Mod. Phys. **25**, 479 [1953].