

# Zum Zerfall von $\text{Ga}^{65}$

## I. Halbwertzeit und $\beta$ -Spektrum

Von H. DANIEL

Aus dem Institut für Physik im Max-Planck-Institut für medizinische Forschung, Heidelberg

(Z. Naturforsch. 12 a, 363—365 [1957]; eingegangen am 13. März 1957)

Der Zerfall von  $\text{Ga}^{65}$  ( $15,2 \pm 0,2$  min) wurde mit einem magnetischen Linsenspektrometer untersucht. Das  $\beta^+$ -Kontinuum wurde in die folgenden Gruppen aufgelöst:  $(2,237 \pm 0,015)$  MeV (15%);  $(2,113 \pm 0,020)$  MeV (56%);  $(1,39 \pm 0,04)$  MeV (19%) und  $(0,82 \pm 0,08)$  MeV (10%). Eine Gruppe von 2,5 MeV wurde nicht gefunden (Intensität  $< 0,2\%$ ).

Der Zerfall von  $\text{Ga}^{65}$  ist wiederholt untersucht worden, ohne daß sich bisher ein Zerfallschema angeben ließ. Die Grenzenergie des  $\beta^+$ -Spektrums wurde nach der Absorptionsmethode durch KOESTER<sup>1</sup> zu  $(2,1 \pm 0,1)$  MeV und durch ATEN u. a.<sup>2,3</sup> zu  $(1,9 \pm 0,2)$  MeV bestimmt. CRASEMANN<sup>4</sup> fand mit einem Linsenspektrometer zwei  $\beta$ -Komponenten von  $(2,1 \pm 0,1)$  MeV (90%) und  $(2,52 \pm 0,05)$  MeV (10%).  $\gamma$ -Linien von  $(53,8 \pm 0,5)$  keV und  $(117,0 \pm 1,0)$  keV wurden von VALLEY und McCREARY<sup>5</sup> beobachtet; eine weitere Linie von  $(92 \pm 4)$  keV wurde von CRASEMANN<sup>6</sup> gefunden. Als Halbwertzeit werden angegeben: 15,0 min<sup>7</sup>,  $(15 \pm 1)$  min<sup>1</sup> und 15 min<sup>6</sup>. CRASEMANN<sup>6</sup> teilt außerdem die Existenz einer  $\beta^+$ -Aktivität von  $(8,0 \pm 0,5)$  min Halbwertzeit

mit, die er einem isomeren Zustand von  $\text{Ga}^{65}$  zuschreibt.

Für die im folgenden beschriebene Untersuchung standen chemisch abgetrennte Gallium-Quellen zur Verfügung; die Herstellung ist in Teil II (nachstehende Arbeit) beschrieben.

### 1. Bestimmung der Halbwertzeit

Um bei der Bestimmung der Halbwertzeit die Störung durch andere Gallium-Isotope weitgehend auszuschalten, wurde der Abfall der Aktivität im Linsenspektrometer<sup>8</sup> mit einem Szintillationszähler als Detektor<sup>9</sup> bei 1,83 MeV Positronenenergie gemessen. Die Energiediskriminierung am Szintilla-

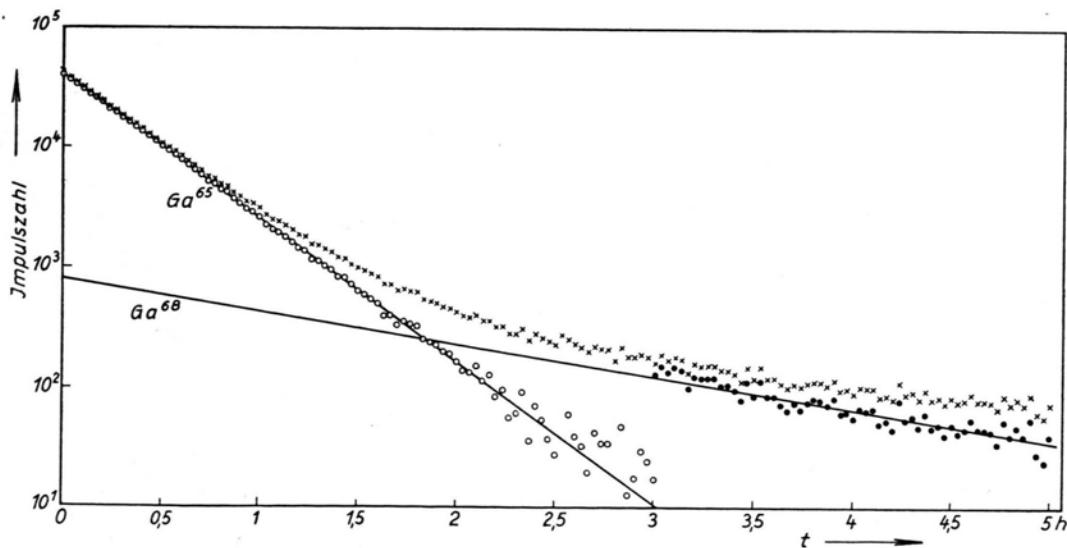


Abb. 1. Bei 1,83 MeV gemessene Abfallkurve einer Gallium-Quelle. Die Meßpunkte zur Fixierung des langlebigen Untergrundes sind fortgelassen. Kreuze: gemessene Impulszahl, Punkte:  $\text{Ga}^{68}$ -Anteil, Kreise:  $\text{Ga}^{65}$ -Anteil.

<sup>1</sup> L. KOESTER, Z. Naturforsch. 9 a, 104 [1954].

<sup>2</sup> A. H. W. ATEN, H. DE WIJS u. M. BOELHOUWER, Physica 18, 1032 [1952].

<sup>3</sup> A. H. W. ATEN, Physica 22, 288 [1956].

<sup>4</sup> B. CRASEMANN, Phys. Rev. 90, 995 [1953].

<sup>5</sup> G. E. VALLEY u. R. L. McCREARY, Phys. Rev. 56, 863 [1939].

<sup>6</sup> B. CRASEMANN, Phys. Rev. 93, 1034 [1954].

<sup>7</sup> M. L. POOL, Physica 18, 1304 [1952].

<sup>8</sup> H. DANIEL u. W. BOTHE, Z. Naturforsch. 9 a, 402 [1954].

<sup>9</sup> H. DANIEL, Z. Naturforsch. 12 a, 194 [1957].

tionszähler war dabei so eingestellt, daß alle Impulse oberhalb des Minimums der Auflösekurve<sup>9</sup> gezählt wurden. Abb. 1 zeigt den wesentlichen Teil der gemessenen Abfallkurve; weitere Meßpunkte dienten zur Fixierung des langlebigen Untergrundes. Als Resultat ergab sich eine Halbwertzeit von  $(15,2 \pm 0,2)$  min für das  $\text{Ga}^{65}$ ; der angegebene Fehler ist, wie stets in dieser Arbeit, die geschätzte Fehlergrenze.

Eine Gallium-Aktivität von 8 min Halbwertzeit wurde bei keiner Messung beobachtet.

## 2. $\beta$ -Spektrum

Das  $\beta^+$ -Kontinuum wurde mit dem magnetischen Linsenspektrometer<sup>8</sup> aufgenommen, als dessen Detektor ein Szintillationszähler diente; Anordnung und Meßverfahren sind früher angegeben worden<sup>9</sup>.

Abb. 2 zeigt die FERMIZerlegung des energiereichen Endes des Spektrums in zwei Komponenten. Eine Gruppe von 2,5 MeV wurde nicht gefunden. Wie weitere Messungen zeigten, kann eine solche Komponente in höchstens 0,2% aller Zerfälle des  $\text{Ga}^{65}$  (15 min) auftreten.

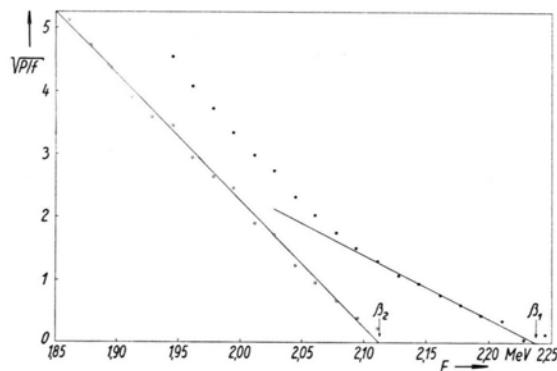


Abb. 2. FERMIZerlegung des energiereichen Endes des  $\beta$ -Spektrums von  $\text{Ga}^{65}$ .

Bei der Ausmessung des Spektrums unterhalb 1,9 MeV war die stets mitvorhandene Aktivität des  $\text{Ga}^{68}$  (68 min)<sup>10</sup> zu berücksichtigen. Abb. 3 zeigt eine Meßkurve. Aufgetragen ist die Impulszahl pro Meßpunkt als Funktion von Spulenstrom und Zeitdauer seit Meßbeginn. Die gemessene Intensität wurde, für jeden Wert des Spulenstroms einzeln, nach der Methode der kleinsten Quadrate in  $\text{Ga}^{65}$ - und  $\text{Ga}^{68}$ -Anteil zerlegt. Abb. 4 zeigt die FERMIZerlegung des  $\beta^+$ -Kontinuums.

<sup>10</sup> K. WAY, R. W. KING, C. L. MCGINNIS u. R. VAN LIESHOUT, Nuclear Level Schemes,  $A=40$  bis  $A=92$ , Washington 1955.

Analyse des  $\text{Ga}^{65}$ -Anteils aus den in Abb. 3 dargestellten Kurven; die zwei energiereichen Komponenten konnten bei dieser Messung natürlich nicht getrennt werden.

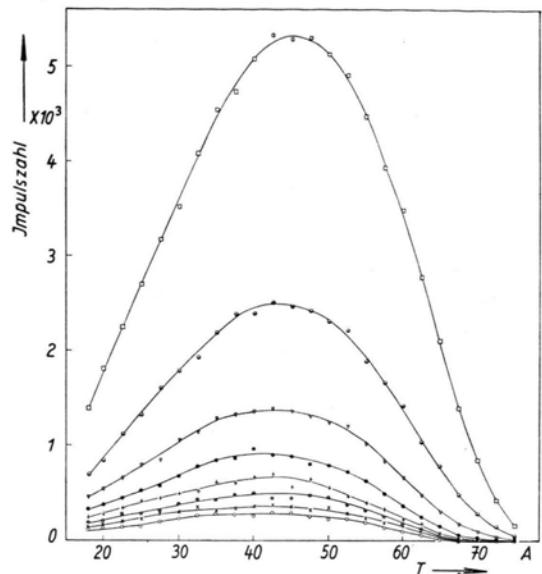


Abb. 3.  $\beta$ -Kontinuum einer Gallium-Quelle. Aufgetragen: Impulszahl pro Meßpunkt gegen Spulenstrom. Gemessen wurde wiederholt von großen zu kleinen Stromwerten fortschreitend. Zeitdifferenz zwischen zwei Meßpunkten stets 1 min. Meßpunkte zur Fixierung des langlebigen Untergrundes fortgelassen.

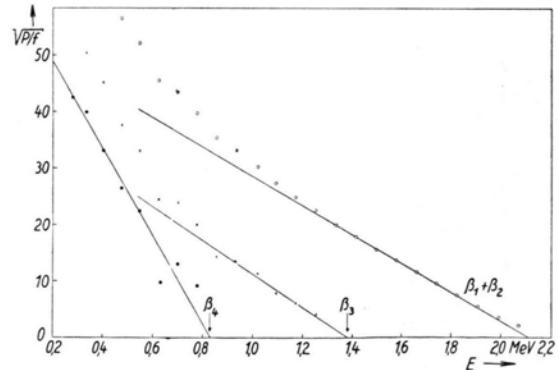


Abb. 4. FERMIZerlegung des  $\text{Ga}^{65}$ -Kontinuums.

Die gemittelten Ergebnisse aller Messungen am  $\beta^+$ -Kontinuum des  $\text{Ga}^{65}$  sind in Tab. 1 zusammengestellt. Spalte 3 enthält den Anteil der jeweiligen Komponente am  $\beta^+$ -Zerfall, Spalte 4 den Anteil des jeweiligen Übergangs ( $\beta^+$ - und Einfangintensität) am Gesamtzerfall. Als Einfanganteil wurden die theoretischen Werte für K-Einfang genommen<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> E. FEENBERG u. G. TRIGG, Rev. Mod. Phys. 22, 399 [1950].

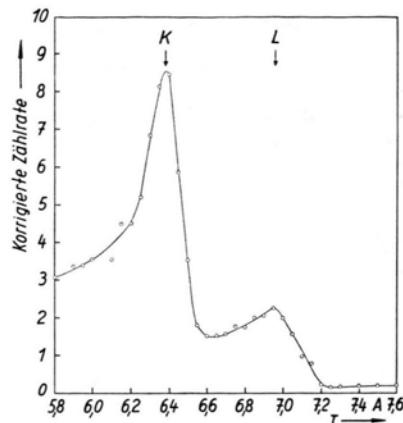
1	2	3	4	5
	Grenzenergie (MeV)	Intensität pro $\beta^+$ (%)	Intensität pro Zerfall (%)*)	$\log ft$
	(2,5)	< 0,2	< 0,2	> 7,7
$\beta_1$	$2,237 \pm 0,015$	$15 \pm 2$	13	5,8
$\beta_2$	$2,113 \pm 0,020$	$56 \pm 3$	49	5,1
$\beta_3$	$1,39 \pm 0,04$	$19 \pm 6$	19	4,7
$\beta_4$	$0,82 \pm 0,08$	$10 \pm 4$	19	4,1

Tab. 1.  $\beta^+$ -Gruppen des  $\text{Ga}^{65}$  (\* siehe Text).

Die Grenzenergie des mitgemessenen  $\beta^+$ -Kontinuums des  $\text{Ga}^{68}$  ergab sich zu  $(1,88 \pm 0,02)$  MeV.

Ferner wurden die Konversionslinien des 53-keV-Übergangs mit dem Linsenspektrometer aufgenommen. Als Detektor fand hier ein Endfensterzählrohr Verwendung. Abb. 5 zeigt die auf zeitlichen Abfall und Zählerfensterabsorption korrigierte Zählrate als Funktion des Spulenstroms. Man erkennt die K- und L-Konversionslinien einer  $\gamma$ -Strahlung von  $(53,0 \pm 0,6)$  keV (Konversion in Zink vorausgesetzt). Rückdiffusion und Selbstabsorption erklären die energiearmen Ausläufer der Linien. Das Verhältnis K-Konversion zu (L+M)-Konversion beträgt etwa 3,8. Das Intensitätsverhältnis zwischen Konversions-elektronen des 53-keV-Übergangs und Positronen liegt bei 0,1. Als Halbwertzeit für den Abfall der Konversionslinien wurden  $(15 \pm 3)$  min gefunden.

Sichere Werte der theoretischen K/L-Verhältnisse für den 53-keV-Übergang liegen nicht vor. Der Vergleich mit ähnlichen Fällen<sup>10</sup> und mit den Daten

Abb. 5. K- und L-Konversionslinien der  $\gamma$ -Strahlung von 53 keV.

von GOLDHABER und SUNYAR<sup>12</sup> lässt jedoch die Interpretation der 53-keV-Strahlung beim  $\text{Ga}^{65}$  als Quadrupol- oder allenfalls M 3-Übergang gerechtfertigt erscheinen. Auf jeden Fall ist Dipolcharakter auszuschließen. Der Übergang muß also hochkonvertiert sein und tritt deshalb insgesamt in *etwa* 10% aller  $\text{Ga}^{65}$ -Zerfälle auf.

Herrn Prof. W. BOTHE † schulde ich für sein fördern des Interesse, das er stets an meiner Arbeit genommen hat, herzlichen Dank. Herrn Dr. U. SCHMIDT-ROHR sei für die Durchführung der Bestrahlungen am Zyklotron und Herrn Dr. MAYER-KUCKUK für die chemischen Trennungen gedankt. Für die Untersuchung wurden Apparate der Deutschen Forschungsgemeinschaft mitbenutzt.

<sup>12</sup> M. GOLDHABER u. A. W. SUNYAR, Phys. Rev. **83**, 906 [1951].

## Zum Zerfall von $\text{Ga}^{65}$

### II. $\gamma$ -Spektrum und Koinzidenzmessungen

Von TH. MAYER-KUCKUK

Aus dem Institut für Physik im Max-Planck-Institut für medizinische Forschung, Heidelberg  
(Z. Naturforsch. **12 a**, 365—367 [1957]; eingegangen am 13. März 1957)

Im  $\gamma$ -Spektrum von  $\text{Ga}^{65}$  wurden mit einem Szintillationsspektrometer Linien von  $(118 \pm 3)$  keV,  $(738 \pm 6)$  keV,  $(906 \pm 8)$  keV,  $(1378 \pm 30)$  keV und  $(1858 \pm 30)$  keV gefunden. Ferner wurden Koinzidenzmessungen mit zwei Szintillationsspektrometern ausgeführt. Ein vorläufiges Zerfallschema wird angegeben.

Um ein Zerfallschema für das  $\text{Ga}^{65}$  zu gewinnen, wurden Messungen am  $\gamma$ -Spektrum sowie  $\gamma$ - $\gamma$ - und  $\beta$ - $\gamma$ -Koinzidenzmessungen durchgeführt, die im folgenden beschrieben sind. Messungen am  $\beta^+$ -Spek-

trum werden von DANIEL<sup>1</sup> in der vorstehenden Arbeit mitgeteilt (hier kurz als „I“ zitiert). Dort finden sich auch Angaben über die früheren Messungen an diesem Isotop.

<sup>1</sup> H. DANIEL, Z. Naturforsch. **12 a**, 363 [1957], voranstehend.