

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE**

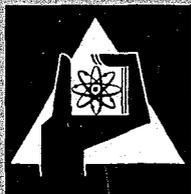
Juli 1966

KFK 486

Institut für Angewandte Kernphysik

Präzisionsmessung des  $\text{Am}^{241}$ -Gammaskpektrums

W. Michaelis



**GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.  
KARLSRUHE**



## Präzisionsmessung des $\text{Am}^{241}$ -Gammaspektrums

W. MICHAELIS

Institut für Angewandte Kernphysik, Kernforschungszentrum Karlsruhe

Eingegangen am 16. März 1966

Das beim  $\alpha$ -Zerfall von  $\text{Am}^{241}$  auftretende Gammaspektrum wurde mit Hilfe eines  $4\text{ cm}^2 \times 0,5\text{ cm}$  Ge(Li)-Zählers untersucht. Durch Reduzierung der integralen Untergrundzählrate auf 11 Impulse/min wurde eine Nachweisgrenze von etwa  $10^{-8}$   $\gamma$ -Quanten pro  $\alpha$ -Teilchen erreicht. Gegenüber einer früheren Arbeit des Autors<sup>1</sup> konnten 18 neue Übergänge im Tochterkern  $\text{Np}^{237}$  beobachtet werden. Die Ergebnisse bestätigen die Existenz folgender Bandenköpfe: 0 keV,  $5/2^+$  [642]; 59,6 keV,  $5/2^-$  [523]; 267,4 keV,  $3/2^- 1/2$  [530]; 333 keV,  $1/2^+$  [400]; 358,8 keV,  $3/2^+$  [651]; 441 keV,  $3/2^-$  [521]; 721,4 keV,  $\beta$ -Vibration zu  $5/2^-$  [523]. Für alle beobachteten Linien werden absolute Intensitäten angegeben. Die Messung ermöglicht für mehrere Anregungszustände einen Vergleich der experimentellen reduzierten Übergangswahrscheinlichkeiten mit theoretischen Voraussagen. Offenbar wird auch das zweite Niveau der  $\beta$ -Vibrationsbande entgegen theoretischen Erwartungen zur zugehörigen inneren Anregung überwiegend durch  $M1$ -Strahlung abgeregelt.

### 1. Einführung

In einer kürzlich erschienenen Arbeit<sup>1</sup> des Autors wurden die Anregungszustände des  $\text{Np}^{237}$  mit Hilfe von Feinstrukturuntersuchungen des  $\text{Am}^{241}$ -Alphaspektrums sowie mit  $\alpha$ - $\gamma$ - und  $\gamma$ - $\gamma$ -Koinzidenzmessungen eingehend untersucht. Dabei konnte eine größere Anzahl bisher unbekannter  $\gamma$ -Übergänge nachgewiesen werden. Die Ergebnisse ließen sich widerspruchsfrei durch 21 Anregungszustände deuten, die folgenden Rotationsbanden zuzuordnen sind:  $5/2^+$  [642] (0, 33, 77 keV);  $5/2^-$  [523] (60, 103, 158, 225, 307, 395 keV);  $3/2^- 1/2$  [530] (271 keV);  $1/2^+$  [400] (333, 369, 373, 456, 463 keV);  $3/2^+$  [651] (360 keV);  $3/2^-$  [521] (440, 489, 550(?) keV);  $\beta$ -Vibration zu  $5/2^-$  [523] (722, 753, 804(?) keV). Die Kompliziertheit der Niveaustuktur ließ vermuten, daß zumindest ein Teil der beim  $\text{Am}^{241}$ -Zerfall auftretenden  $\gamma$ -Übergänge mit NaJ(Tl)-Detektoren nicht aufgelöst wird. Es lag daher nahe, das Gammaspektrum mit Hilfe eines der in jüngerer Zeit entwickelten Li-gedrifteten Ge-Halbleiterzähler erneut zu untersuchen. Die Schwierigkeit bei einem solchen Experiment liegt in der geringen Intensität der höherenergetischen  $\gamma$ -Strahlung. Mehr als 99,97% der  $\alpha$ -Übergänge erfolgt zu den schon seit längerem bekannten Niveaus mit Anregungsenergien  $\leq 158$  keV. Die Intensität der meisten  $\gamma$ -Linien beträgt daher weniger als  $10^{-3}\%$ . Der Nachweis dieser Linien setzt eine erhebliche Reduzierung der Untergrundzählrate voraus.

<sup>1</sup> MICHAELIS, W.: Z. Physik **186**, 42 (1965).

Eine ausführliche Zusammenstellung der bisherigen Literatur enthält die frühere Arbeit.

## 2. Experimenteller Aufbau

Während der durch eine vorgesehene Leistungserhöhung bedingten Betriebspause des Karlsruher Reaktors FR 2 wurde in der Abschirmung eines ( $n, \gamma$ )-Strahlrohrexperiments<sup>2</sup> ein Ge(Li)-Detektor mit 4 cm<sup>2</sup> empfindlicher Fläche und 5 mm Feldzone installiert. Die Abschirmung besteht im wesentlichen aus 10 bis 20 cm Blei und 30 cm Borparaffin. Die integrale Untergrundzählrate oberhalb einer Schwelle entsprechend 100 keV konnte in dieser Anordnung auf 11 Impulse/min herabgedrückt werden. Die Nachweisgrenze lag bei etwa  $10^{-8}$   $\gamma$ -Quanten pro  $\alpha$ -Teilchen. Der Detektor wurde bei 77 °K und 600 V Vorspannung betrieben. Bei einer Zählrate von etwa 1500 Impulsen/sec betrug die Energieauflösung einschließlich Langzeitinstabilitäten und Zählraten-einflüssen vom Verstärker 5,8 keV für die Cs<sup>137</sup>- $\gamma$ -Linie.

Als Quelle diente die bereits bei den früheren Untersuchungen benutzte Probe mit einer Quellstärke von 106  $\mu$ C. Um die durch die intensive 60 keV-Strahlung bedingte hohe Zählrate zu reduzieren, wurde ein Absorber von 0,50 mm Cd verwandt. Die Daten wurden in einem 1024 Kanal-Impulshöhenanalysator gespeichert.

## 3. Experimentelle Ergebnisse und Diskussion

*3.1. Gammaenergien und -intensitäten. Fehlergrenzen.* Das gemessene Kanalmaspektrum ist in Fig. 1 und 2 wiedergegeben. Die Kanalbreite beträgt jeweils 0,929 keV. Um hinreichende Statistik zu erhalten, war für den Energiebereich oberhalb 125 keV eine Meßzeit von 6120 min erforderlich. Der Untergrund ist unterhalb 250 keV vernachlässigbar. Darüber zeigt er im wesentlichen einen glatten Verlauf. Einige wenige schwach ausgeprägte Linien können ohne Schwierigkeiten im Gesamtspektrum identifiziert werden. Folgende Eichlinien wurden zur Bestimmung der Gammaenergien herangezogen: Am<sup>241</sup> ( $59,568 \pm 0,017$ ) keV<sup>3</sup>, Na<sup>22</sup> ( $511,006 \pm 0,002$ ) keV<sup>4</sup> und Cs<sup>137</sup> ( $661,595 \pm 0,076$ ) keV<sup>5</sup>. Oberhalb 725 keV wurden Spektrum und Untergrund über 3 Kanäle geglättet.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Die angegebenen Fehlergrenzen für die Energien enthalten im wesentlichen Unsicherheiten in der Bestimmung der Lage einer Linie sowie den Einfluß der Nicht-linearität des Impulshöhenanalysators. Die Unsicherheiten in den Eichwerten waren gegenüber diesen Fehlerquellen vernachlässigbar.

<sup>2</sup> WEITKAMP, C., W. MICHAELIS, H. SCHMIDT u. U. FANGER: Z. Physik **192**, 423 (1966).

<sup>3</sup> DAY, P. P.: Phys. Rev. **97**, 689 (1955).

<sup>4</sup> COHEN, E. R., and J. W. M. DU MOND: Rev. Modern Phys. **37**, 537 (1965).

<sup>5</sup> GRAHAM, R. L., G. T. EWAN, and J. S. GEIGER: Nuclear Instr. and Meth. **9**, 245 (1960).

Die Intensitäten der Gammalinien wurden aus den Flächen der Photo-Peaks ermittelt. Dabei wurde der Untergrund unter den Linien durch eine glatte Kurve angenähert. Die in Tabelle 1 angegebenen Werte sind auf Absorption zwischen Quelle und Detektor, auf Photobruuch sowie auf Ansprechwahrscheinlichkeit korrigiert. Bei der Berechnung der Absorption waren folgende Beiträge zu berücksichtigen: 0,50 mm Cd-Absorber, 2,0 mm Al von der Wand der Vakuumkammer, 0,51 mm Fe und 0,13 mm In von der Detektoreinfassung sowie 0,5 mm Ge von der toten Zone des Zählers. Die entsprechenden Absorptionskoeffizienten wurden, z.T. durch Interpolation, aus den von GRODSTEIN<sup>6</sup> angegebenen Koeffizienten gewonnen. Photobruuch und Ansprechwahrscheinlichkeit für Ge(Li)-Zähler verschiedener Dicke sind von WAINIO<sup>7</sup> berechnet worden. Die von diesem Autor angegebenen Resultate wurden auf eine Feldzonendicke von 5 mm interpoliert. Die absoluten Intensitäten in Tabelle 1 beruhen auf einem Absolutwert von 38% für die 59,6 keV-Strahlung. Dieser Wert wurde aus der früheren Arbeit<sup>1</sup> übernommen. Die Fehler in den Intensitäten sind im wesentlichen bedingt durch Unsicherheiten in der absoluten Intensität der 59,6 keV-Linie, durch Unsicherheiten im Verlauf des Compton-Untergrundes sowie bei höheren Energien durch mögliche Fehler in der Korrektur auf Photobruuch und Ansprechwahrscheinlichkeit. Oberhalb 500 keV ist für einen Halbleiter mit 5 mm Feldzone die Wahrscheinlichkeit für totale Absorption kleiner als 2%.

Zum Vergleich sind in Tabelle 1 die Ergebnisse der früheren Arbeit ebenfalls aufgeführt. Sie waren zum Teil aus dem Gesamtspektrum, zum Teil auch aus Koinzidenzmessungen hergeleitet worden. Mit dem Halbleiterzähler konnten 18 neue Übergänge beobachtet werden. Die Übereinstimmung zwischen den alten und den jetzigen Resultaten ist für die meisten  $\gamma$ -Linien bemerkenswert gut. Merbliche Abweichungen treten nur dort auf, wo in der früheren Messung, bedingt durch das für NaJ(Tl) typische schlechte Auflösungsvermögen, benachbarte Linien entweder nicht nachgewiesen wurden oder nur schwer abgetrennt werden konnten.

3.2. *Das Niveauschema des  $Np^{237}$ .* Alle beobachteten  $\gamma$ -Übergänge können durch das in Fig. 3 wiedergegebene erweiterte Niveauschema gedeutet werden. Es enthält 24 Anregungszustände und 57 Gammaübergänge. Abgesehen von geringfügigen Energieverschiebungen entspricht die Termfolge dem Niveauschema\* der ersten Arbeit<sup>1</sup>. Bezüglich der

\* Fig. 7 in Zitat<sup>1</sup> enthält einen Zeichenfehler: Bei 456 keV und 463 keV muß es heißen  $9/2^+$  bzw.  $7/2^+$  und nicht  $9/2^-$  bzw.  $7/2^-$ .

<sup>6</sup> GRODSTEIN, G. W.: X-Ray attenuation coefficients from 10 keV to 100 MeV. Nat. Bur. Standards, Circ. 583 (1957).

<sup>7</sup> WAINIO, K. M.: Thesis, University of Michigan 1965.

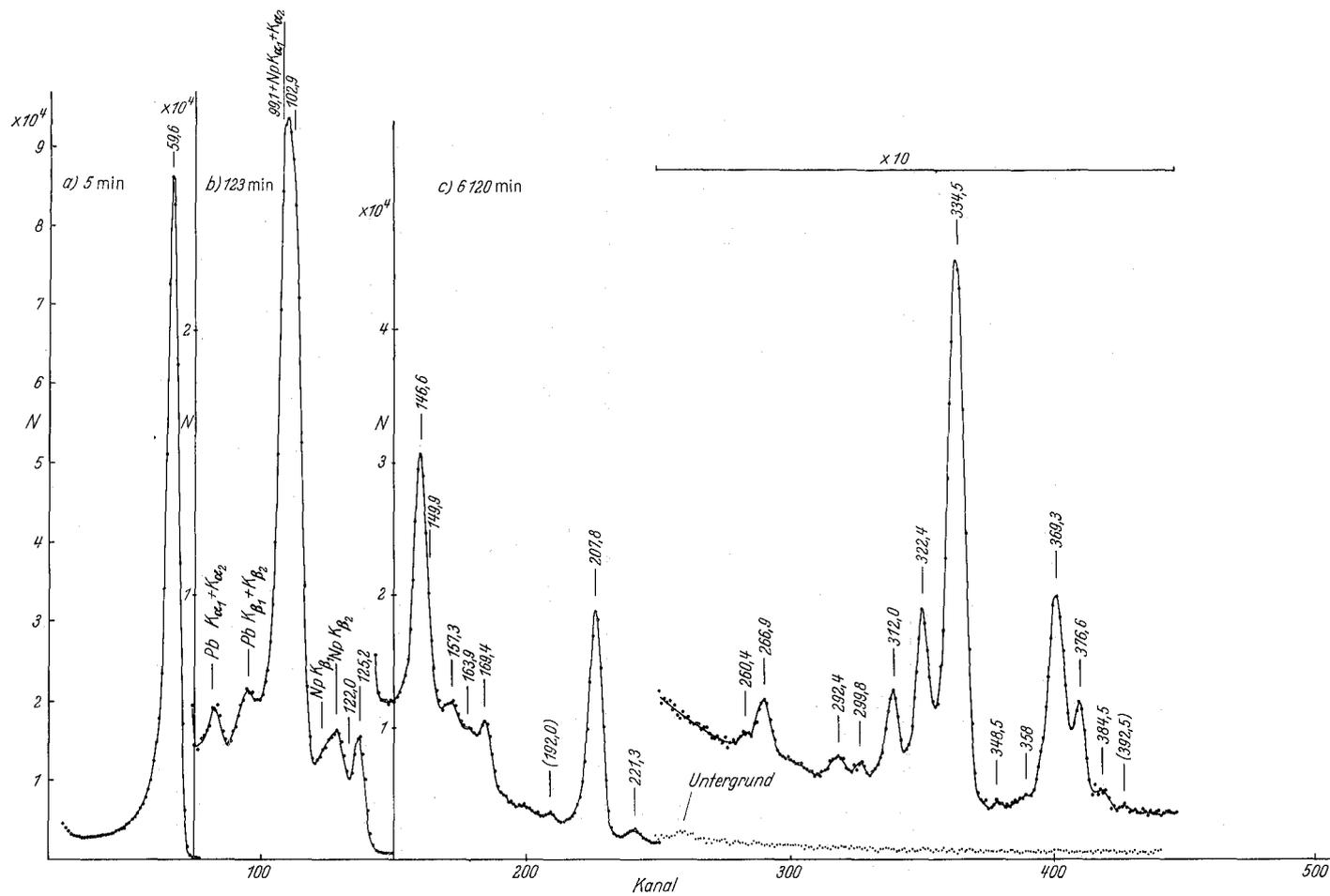


Fig. 1 a - c. Gammasktrum des  $Am^{241}$ , gemessen mit einem Ge(Li)-Zähler. Energiebereich 0 bis 400 keV. Alle Gammaenergien in keV. Meßzeiten: a) 5 min, b) 123 min, c) 6120 min

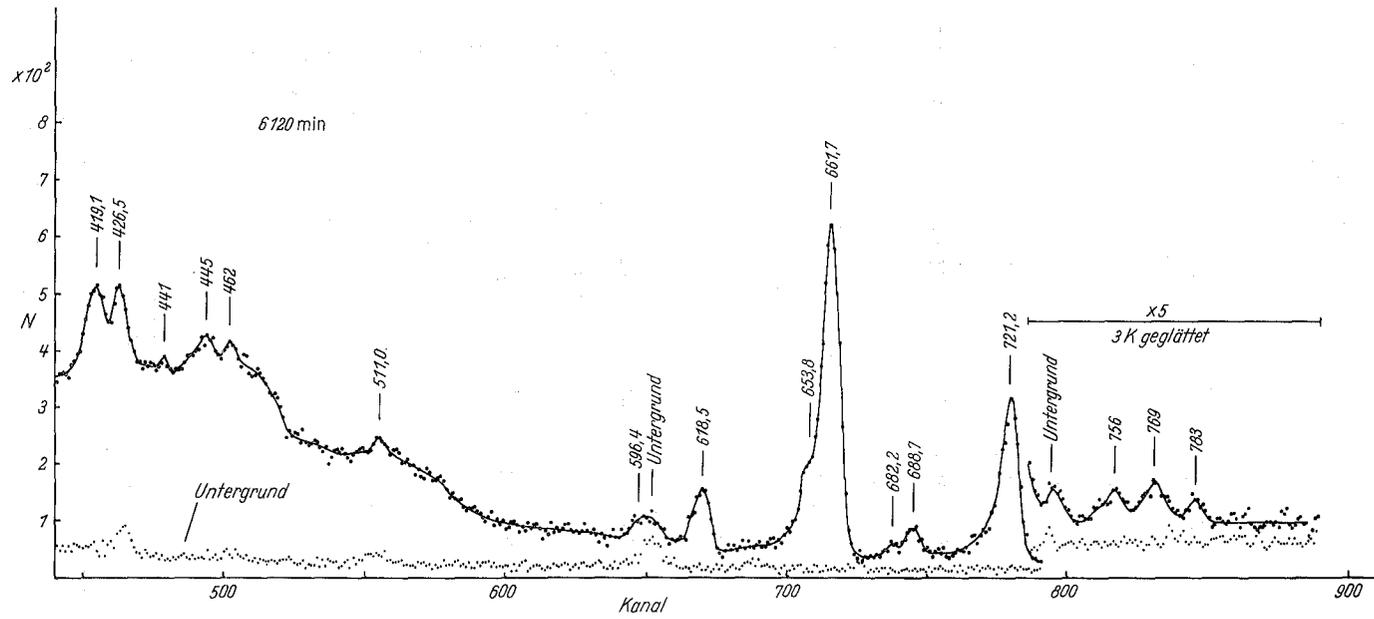


Fig. 2. Gammaskpektrum des  $\text{Am}^{241}$ , gemessen mit einem Ge(Li)-Zähler. Energiebereich 400 bis 820 keV. Alle Gammaenergien in keV. Meßzeit 6120 min

Tabelle 1. Gammaenergien und Intensitäten

$E_\gamma$ [keV]	Frühere Arbeit <sup>1</sup> NaJ(Tl)		$E_\gamma$ [keV]	Vorliegende Arbeit Ge(Li)	
	Abs. Int. <sup>a</sup> [%]	Fehler <sup>b</sup> [%]		Abs. Int. <sup>a</sup> [%]	Fehler <sup>b</sup> [%]
60	38	15	59,6	38	15
99	$2,0 \times 10^{-2}$	30	$99,1 \pm 0,4$	$2,0 \times 10^{-2}$	30
103	$1,5 \times 10^{-2}$	30	$102,9 \pm 0,4$	$1,6 \times 10^{-2}$	30
$122 \pm 2$	$1,3 \times 10^{-3}$	25	$122,0 \pm 1,5$	$1,1 \times 10^{-3}$	30
$125 \pm 2$	$3,8 \times 10^{-3}$	25	$125,2 \pm 0,4$	$2,8 \times 10^{-3}$	20
$150 \pm 5$ ( $\rightarrow 9/2^-$ )	$2,1 \times 10^{-4}$	35	$146,6 \pm 0,9$	$4,8 \times 10^{-4}$	25
$150 \pm 5$ ( $\rightarrow 9/2^+$ )	$1,1 \times 10^{-4}$	35	$149,9 \pm 1,5$		
$160 \pm 8$	$3,1 \times 10^{-5}$	50			
			$157,3 \pm 1,5$	$1,6 \times 10^{-4}$	30
$170 \pm 5$ ( $\rightarrow 7/2^-$ )	$1,4 \times 10^{-4}$	35	$163,9 \pm 1,5$	$1,2 \times 10^{-4}$	30
$170 \pm 5$ ( $\rightarrow 11/2^-$ )	$4,6 \times 10^{-5}$	35	$169,4 \pm 0,9^c$	$1,4 \times 10^{-4}$	30
			$192,0 \pm 1,5^d$	$2,2 \times 10^{-5}$	50
$210 \pm 2$ ( $\rightarrow 5/2^-$ )	$5,7 \times 10^{-4}$	20	$207,8 \pm 0,5$	$6,0 \times 10^{-4}$	20
$210 \pm 10$ ( $\rightarrow 3/2^-$ )	$< 4 \times 10^{-5}$	—	$221,3 \pm 0,9$	$2,8 \times 10^{-5}$	35
			$260,4 \pm 1,5$	$5,8 \times 10^{-6}$	35
$267 \pm 6$	$9,1 \times 10^{-5}$	25	$266,9 \pm 0,9$	$2,0 \times 10^{-5}$	30
			$292,4 \pm 1,5$	$1,7 \times 10^{-5}$	30
$295 \pm 6$	$6,5 \times 10^{-5}$	30	$299,8 \pm 1,5$	$1,8 \times 10^{-5}$	30
			$312,0 \pm 0,9$	$7,1 \times 10^{-5}$	30
			$322,4 \pm 0,9$	$1,4 \times 10^{-4}$	20
$335 \pm 7$ ( $\rightarrow 5/2^+$ )	$1,1 \times 10^{-4}$	20	$334,5 \pm 0,9^e$	$4,7 \times 10^{-4}$	20
$335 \pm 7$ ( $\rightarrow 7/2^+$ )	$4,6 \times 10^{-4}$	20			
			$348,5 \pm 2,0$	$7,7 \times 10^{-6}$	50
$360 \pm 10$	$\sim 2 \times 10^{-4}$	—	$358 \pm 2$	$1,4 \times 10^{-5}$	50
$373 \pm 7$	$2,9 \times 10^{-4}$	25	$369,3 \pm 0,9^f$	$2,0 \times 10^{-4}$	20
			$376,6 \pm 0,9$	$1,1 \times 10^{-4}$	25
			$384,5 \pm 2,0$	$2,2 \times 10^{-5}$	40
			$392,5 \pm 2,0^d$	$9,2 \times 10^{-6}$	50
			$419,1 \pm 1,5$	$2,9 \times 10^{-5}$	30
$420 \pm 10$	$6,1 \times 10^{-5}$	30	$426,5 \pm 1,5$	$2,7 \times 10^{-5}$	30
			$441 \pm 2$	$2,8 \times 10^{-6}$	60
			$455 \pm 2$	$1,4 \times 10^{-5}$	30
$460 \pm 10$	$4,2 \times 10^{-5}$	30	$462 \pm 2$	$1,4 \times 10^{-5}$	30
			$596,4 \pm 2,0$	$9,1 \times 10^{-6}$	60
$620 \pm 10$	$7,6 \times 10^{-5}$	25	$618,5 \pm 0,5$	$3,6 \times 10^{-5}$	30
			$653,8 \pm 1,2$	$4,4 \times 10^{-5}$	50
$660 \pm 6$	$3,3 \times 10^{-4}$	20	$661,7 \pm 0,4$	$3,0 \times 10^{-4}$	30
			$682,2 \pm 1,5$	$9,4 \times 10^{-6}$	50
$690 \pm 20$	$7,2 \times 10^{-5}$	30	$688,7 \pm 0,9$	$2,0 \times 10^{-5}$	40
			$721,2 \pm 0,4$	$1,7 \times 10^{-4}$	30
$720 \pm 7$	$1,7 \times 10^{-4}$	20	$756,0 \pm 1,5$	$7,8 \times 10^{-6}$	50
			$769,0 \pm 1,5$	$1,1 \times 10^{-5}$	50
			$783,0 \pm 1,5$	$4,8 \times 10^{-6}$	50

a) Intensität der nichtkonvertierten Gammastrahlung. — b) Geschätzte Werte. — c) Einschließlich einer möglichen Gammastrahlung von  $\sim 170$  keV (entspricht der Linie mit 160 keV in Spalte 1). — d) Gammalinie nicht eindeutig gesichert. — e) Dublett oder Triplett. Energie und Energieunsicherheit beziehen sich auf den Schwerpunkt. — f) Vermutlich Dublett. Energie und Energieunsicherheit beziehen sich auf den Schwerpunkt.

Interpretation der Anregungszustände kann daher auf die dortige ausführliche Diskussion verwiesen werden. In verschiedenen Punkten hat das Zerfallsschema wesentliche Ergänzungen erfahren. Die Abregung der höheren Niveaus der  $1/2^+$  [400]-Rotationsbande ist jetzt sehr genau bekannt. Existenz und Lage der bereits früher vom Autor vorgeschlagenen Übergänge mit 420 und 460 keV wurden bestätigt. Beide Linien erwiesen sich als Dubletts. Einige der zusätzlich beobachteten Übergänge von der  $1/2^+$  [400]-Rotationsbande erfordern die Einführung von Anregungszuständen bei 129 keV und 190 keV. Beide Niveaus passen energetisch ausgezeichnet in die Rotationsbande des Grundzustandes. Sie haben daher mit großer Wahrscheinlichkeit Spin und Parität  $11/2^+$  bzw.  $13/2^+$ . Die Existenz eines Niveaus bei 129 keV wird gestützt durch die Beobachtung einer schwachen  $\alpha$ -Gruppe bei 5417 keV in der Untersuchung von BARANOV et al.<sup>8</sup>

$\alpha$ - $\gamma$ -Koinzidenzmessungen des Autors<sup>1</sup> deuteten auf die mögliche Existenz einer  $\alpha$ -Gruppe bei 4754 keV hin. Diese Energie entspräche einem Anregungszustand im Np<sup>237</sup> bei 804 keV. Der Nachweis einer 769 keV-Linie in der vorliegenden Arbeit bestätigt das Auftreten eines Niveaus bei 802 keV. Aus energetischen Gründen können die 769 keV-Quanten keinem Übergang von einem anderen Zustand zugeordnet werden. Übergänge vom 802 keV-Niveau mit niedrigerer Energie wurden nicht beobachtet. Ihre Existenz kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, da sie im  $\gamma$ -Spektrum durch die intensiveren Übergänge von den Zuständen bei 721,4 keV und 757 keV mit großer Wahrscheinlichkeit verdeckt werden. Die Beobachtung einer  $\gamma$ -Linie bei 783 keV erfordert die Einführung eines neuen Niveaus bei 859 keV. Hier gelten ähnliche Überlegungen wie für den 769 keV-Übergang. Berechnet man mit Hilfe der Rotationsformel aus den Zuständen bei 721,4 keV und 757 keV die zu erwartende energetische Lage der  $9/2^-$ - und  $11/2^-$ -Mitglieder der Bande, so ergibt sich eine bemerkenswert gute Übereinstimmung mit den geforderten Niveaus bei 802 keV und 859 keV. Die Existenz dieser Zustände und ihre Interpretation als drittes bzw. viertes Mitglied der  $\beta$ -Vibrationsbande können daher als gesichert angesehen werden.

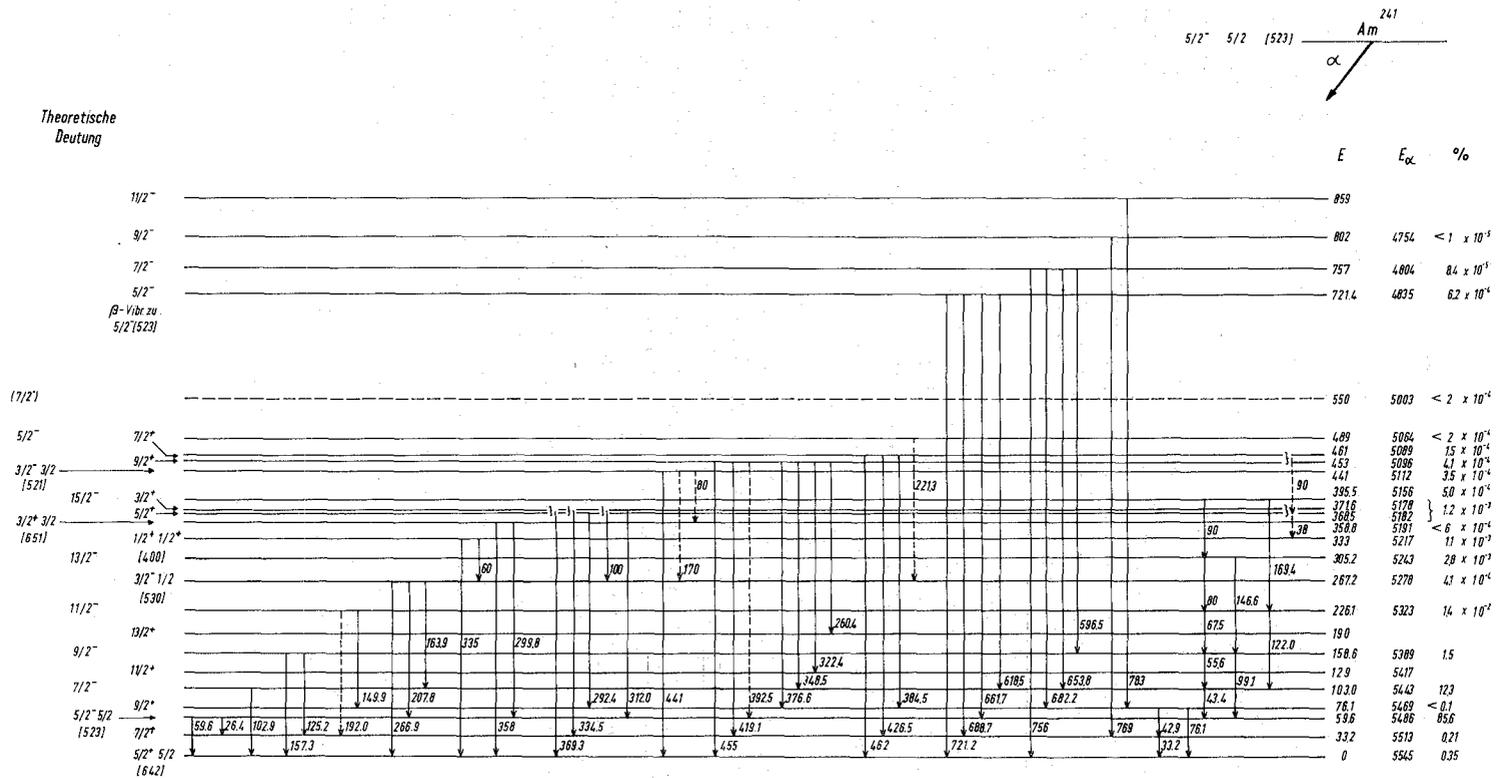
3.3. *Reduzierte Übergangswahrscheinlichkeiten.* Nach der einfachen Alaga-Regel<sup>9</sup> können die Verhältnisse der reduzierten Übergangswahrscheinlichkeiten aus den Clebsch-Gordan-Koeffizienten berechnet werden:

$$\frac{B(L; J_i \rightarrow J_f)}{B(L; J_i \rightarrow J_{f'})} = \frac{[(J_i L K_i K_f - K_i | J_i L J_f K_f)]^2}{[(J_i L K_i K_f - K_i | J_i L J_{f'} K_f)]^2}.$$

<sup>8</sup> BARANOV, S. A., V. M. KULAKOV, and V. M. SHATINSKY: Nuclear Phys. **56**, 252 (1964).

<sup>9</sup> ALAGA, G., K. ALDER, A. BOHR u. B. R. MOTTELSON: Kgl. Danske Videnskab. Selskab, Mat.-fys. Medd. **29**, No. 9 (1955).

Theoretische  
Deutung



<sup>237</sup>Np

Fig. 3. Zerfallsschema des Am<sup>241</sup>. Alle Energien in keV

Tabelle 2. Reduzierte Übergangswahrscheinlichkeiten

Niveau $E_i$ [keV]; $J_i \pi_i K_i$	$K_f \pi_f$	$J_f J_{f'}$	$\frac{B(L; E_f)}{B(L; E_f')}$	Theorie	Experiment
453; 9/2 <sup>+</sup> 1/2	5/2 <sup>+</sup>	7/2 5/2	$\frac{B(E2; 419)}{B(E2; 455)}$	17,6	3,1 <sup>+2,6</sup> -1,4
		9/2 7/2	$\frac{B(E2; 377)}{B(E2; 419)}$	3,82	6,5 <sup>+5,2</sup> -2,9
	13/2 11/2	11/2 9/2	$\frac{B(E2; 322)}{B(E2; 377)}$	1,31	2,7 <sup>+1,7</sup> -0,9
		13/2 11/2	$\frac{B(E2; 260)}{B(E2; 322)}$	0,42	0,12 <sup>+0,08</sup> -0,05
461; 7/2 <sup>+</sup> 1/2	5/2 <sup>+</sup>	7/2 5/2	$\frac{B(E2; 427)}{B(E2; 462)}$	6,00	2,9 <sup>+2,3</sup> -1,3
		9/2 7/2	$\frac{B(E2; 385)}{B(E2; 427)}$	1,59	1,4 <sup>+1,3</sup> -0,7
721; 5/2 <sup>-</sup> 5/2	5/2 <sup>+</sup>	7/2 5/2	$\frac{B(E1; 689)}{B(E1; 721)}$	0,40	0,14 <sup>+0,13</sup> -0,08
	5/2 <sup>-</sup>	7/2 5/2	$\frac{B(M1; 619)}{B(M1; 662)}$	0,40	0,17 <sup>+0,14</sup> -0,08
			$\frac{B(E2; 619)}{B(E2; 662)}$	1,33	
757; 7/2 <sup>-</sup> 5/2	5/2 <sup>+</sup>	9/2 5/2	$\frac{B(E1; 682)}{B(E1; 756)}$	1,82	1,6 <sup>+3,8</sup> -1,1
			$\frac{B(M1; 654)}{B(M1; 697)}$	1,86	> 1,0
	5/2 <sup>-</sup>	7/2 5/2	$\frac{B(E2; 654)}{B(E2; 697)}$	0,027	
			$\frac{B(M1; 597)}{B(M1; 654)}$	0,98	0,3 <sup>+0,6</sup> -0,2
			$\frac{B(E2; 597)}{B(E2; 654)}$	40	
802; 9/2 <sup>-</sup> 5/2	5/2 <sup>+</sup>	11/2 7/2	$\frac{B(E1; 673)}{B(E1; 759)}$	1,54	< 3,8
859; 11/2 <sup>-</sup> 5/2	5/2 <sup>+</sup>	11/2 9/2	$\frac{B(E1; 730)}{B(E1; 783)}$	0,48	< 2

In Tabelle 2 sind für einige Anregungsniveaus die theoretischen Voraussetzungen den experimentellen Ergebnissen gegenübergestellt. Der Vergleich ist vor allem in zweierlei Hinsicht interessant. Er scheint einmal auf merkliche  $E2$ -Anteile in den Übergängen von den höheren Niveaus der  $1/2^+$  [400]-Rotationsbande hinzudeuten, zum anderen erfolgt die Abregung auch des zweiten Mitglieds der  $\beta$ -Vibrationsbande zur zugehörigen inneren Konfiguration offenbar überwiegend durch  $M1$ -Strahlung.

Die erste Folgerung läßt sich daraus ableiten, daß die „Tendenz“ der reduzierten Übergangswahrscheinlichkeiten in etwa den Voraussagen für  $E2$ -Strahlung entspricht. Merkliche  $E2$ -Anteile stehen in Einklang mit der theoretischen Interpretation der Rotationsbande: Dipolübergänge zwischen den Konfigurationen  $1/2^+$  [400] und  $5/2^+$  [642] sind  $K$ -verboten.

Die Abregung des 721 keV-Niveaus zu der  $5/2^-$  [523]-Bande durch  $M1$ -Strahlung wurde bereits in früheren Arbeiten<sup>1, 10</sup> gezeigt. Wie Tabelle 2 zeigt, sind die reduzierten Übergangswahrscheinlichkeiten für die entsprechenden Übergänge vom 757 keV-Zustand in zufriedenstellender Übereinstimmung mit den Erwartungen für  $M1$ -Übergänge, sie stehen jedoch in deutlichem Gegensatz zu der Annahme von  $E2$ -Strahlung. Diese Beobachtungen widersprechen den Voraussagen des Vibrationsmodells.

3.4. Rotationskonstanten der Banden in  $Np^{237}$ . Auf Grund der genaueren Energiewerte ergeben sich leichte Änderungen für einige der in der früheren Arbeit aufgeführten Rotationskonstanten. Tabelle 3 enthält die

Tabelle 3. Rotationskonstanten der Banden in  $Np^{237}$

Bande	$\frac{\hbar^2}{2\mathcal{I}}$ [keV]	$E^{(2)}$ [keV]	Entkopplungs- parameter [keV]
$5/2^+$ [642]	4,75		—
$5/2^-$ [523]	6,254	0,0020	—
$1/2^+$ [400]	6,224		+1,14
$3/2^-$ [521]	9,4		—
$\beta$ -Vibration	5,086		—

korrigierten Werte. Da die  $\beta$ -Vibrationsbande jetzt bis zum  $11/2^-$ -Niveau bekannt ist, läßt sich insbesondere das Trägheitsmoment für diese Bande genauer bestimmen. Es ist nach Tabelle 3 etwa 23 % größer als das der zugehörigen inneren Konfiguration.

<sup>10</sup> LEDERER, C. M.: UCRL-11028.