

Energieniveaus in $^{73}\text{Te}^{125}$

K. WÖLCKEN *

Strahlenzentrum der Justus Liebig-Universität Gießen,
Abteilung Großgeräte

(Z. Naturforsch. 23 a, 788–790 [1968]; eingegangen am 22. März 1968)

Der Zerfall des $^{75}\text{Sb}^{125}$ und das Niveauschema des Folgekerns $^{73}\text{Te}^{125}$ wurde in verschiedenen Arbeiten der letzten Jahre untersucht^{1–6}. Dabei ergaben sich Unterschiede bezüglich der γ -Übergänge und ihrer Intensitäten, die durch eine neue Messung des Spektrums mit Ge (Li)-Detektoren geklärt werden sollten. Gemessen wurde sowohl das Einzelspektrum des Sb^{125} als auch $\gamma\gamma$ -Koinzidenzen aller in Frage kommenden Linien.

A. Apparatur

Zur Messung von Einzelspektren wurde ein Ge(Li)-Detektor von $1,5 \text{ cm}^2 \times 0,6 \text{ cm}$ verwendet. Das System – mit angeschlossenem Vor-, Haupt- und Fensterverstärker sowie einem digital stabilisierten 1024 Kanalanalysator – hatte ein Auflösungsvermögen von 1,65 keV f. w. h. m. für die 176 keV-Linie.

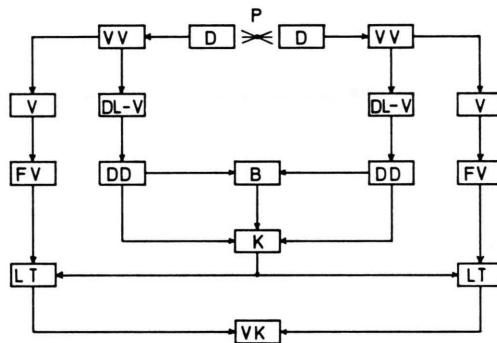


Abb. 1. Blockschematische Darstellung des symmetrischen $\gamma\gamma$ -Koinzidenzspektrometers (Erläuterung im Text).

Die Apparatur zur Messung der $\gamma\gamma$ -Koinzidenzen zeigt Abb. 1 im Blockschematische Darstellung. Die Quelle befand sich zwischen zwei koaxialen Ge(Li)-Detektoren (D) von 18 und 20 cm^3 aktivem Volumen. Durch Blei- bzw. Kupferabschirmungen wurden Koinzidenzmessungen zwischen Compton-Elektronen und gestreuten γ -Quanten ausgeschaltet. Die Ausgangsimpulse der Vorverstärker (VV) wurden geteilt und je einem Energiekanal und einem Zeitkanal zugeleitet. Die Zeitkanäle bestanden aus je einem doppelgeklixpten Verstärker (DL-V), der auf maximale Verstärkung eingestellt war, und

einem Diskriminator (DD), dessen Schwelle etwas über dem Rauschpegel lag. Die nachgeschaltete Koinzidenz (K) wurde im „leading edge mode“ betrieben und ergab ein Zeitauflösungsvermögen von $40 \cdot 10^{-9} \text{ sec}$. Ein zusätzlicher Blockerkreis (B) verhinderte die Messung von sich überlappenden Impulsen, die anderenfalls zu einer Verschlechterung der Energieauflösung geführt hätten. Die Energiekanäle bestanden aus je einem Hauptverstärker mit RC-Impulsformung (V), einem Fensterverstärker (FV) und einem linearen Tor (LT), das durch die Koinzidenz gesteuert wurde. Die Impulse der beiden Tore wurden einem zweiparametrischen Vielkanalanalysator mit nachgeschaltetem Magnetbandspeicher (VK) zugeführt. Der Kernspeicher des Analysators von 4096 Kanälen wurde während der Messung als reiner Pufferspeicher für das Magnetbandgerät benutzt. Auf diese Weise konnte das zweiparametrische Impulspektrum in $512 \times 512 = 262\,144$ Kanälen erfaßt werden. Die auf dem Magnetband gespeicherten Informationen wurden nach der Messung in maximal 64 Sortiervorgängen in den Kernspeicher zurückgelesen und von dort auf die übliche Weise über Schreiber und Drucker ausgegeben. Der besondere Vorteil dieser Anordnung bestand darin, daß während einer einzigen Messung sämtliche $\gamma\gamma$ -Koinzidenzen erfaßt werden konnten. Die energetische Lage und die Breite des Koinzidenzenfensters konnten bei der Auswertung frei eingestellt werden. Zur Energiebestimmung wurde ein Präzisionsimpulsgenerator verwendet, der an der 661,64 keV-Linie des Cs^{137} geeicht war. Die Fehler der Energiemessung blieben $< \pm 0,5 \text{ keV}$. Zur Bestimmung der Intensitäten wurden die Energie-Ausbeute-Funktionen der verwendeten Detektoren mit Ba^{133} , Cs^{137} und Na^{22} -Präparaten gemessen. Die relativen Intensitäten der γ -Übergänge dieser Isotope wurden den Arbeiten^{7–9} entnommen.

B. Ergebnisse

Die im γ -Spektrum des Sb^{125} gemessenen Linien sind in Tab. 1 wiedergegeben.

Koinzidenzen mit dem 35,5 keV γ -Übergang konnten auf Grund der relativ starken toten Zone der koaxialen Ge(Li)-Detektoren nicht mit genügender Genauigkeit gemessen werden. Aus demselben Grunde wurde die Intensität der 35,5 keV γ -Linie nicht bestimmt.

Die Linien von 198,5 keV, 227,4 keV, 407,6 keV und 443,1 keV, die erstmals im γ -Spektrum gefunden wurden, gehören zu einem Niveau von 443,1 keV, über das bereits MAZETS und SERGEENKOV⁶ berichteten. Die Autoren fanden im β -Spektrum des Sb^{125} Konversionselektronen der drei stärksten Übergänge und bestimmten die Intensitäten relativ zur Intensität der Konversionselektronen des 427 keV-Überganges.

* Auszug aus D 26.

¹ N. H. LAZAR, Phys. Rev. **102**, 1058 [1956].

² R. S. NARCISI, AECU Report 4336 [1958].

³ G. CHANDRA u. V. R. PANDHARIPANDE, Nucl. Phys. **46**, 119 [1963].

⁴ K. C. MANN, F. A. PAYNE u. R. P. CHATURVERDI, Can. J. Phys. **42**, 1700 [1964].

⁵ N. J. STONE, R. B. FRANKEL, J. J. HUNTZICKER u. D. A. SHIRLEY, UCRL 11828, 58 [1965].

⁶ E. P. MAZETS u. Y. V. SERGEENKOV, 16th All-Union Conf. Nucl. Spectr. and Structure of Atomic Nuclei, 23 [1966].

⁷ Y. GURFINKEL u. A. NOTEA, Nucl. Instr. Meth. **57**, 173 [1967].

⁸ P. BLASI, M. BOCCOLINI, P. R. MAURENZIG, P. SONA u. N. TACCHETTI, Nuovo Cim. LB, N **2**, 298 [1967].

⁹ K. ŹARNOWIECKI, Nucl. Instr. Meth. **55**, 329 [1967].



Energie (keV)	relative γ -Intensität	relative Intensität der Konversions- elektronen *	Koinzidenzlinien		
35,5	—	—	—	—	—
109,4	0,54	$\pm 0,2$	—	—	—
117,0	0,95	$\pm 0,1$	5,3	175,9	203,8
172,6	0,68	$\pm 0,2$	4,7	427,3	462,8
175,9	25,3	$\pm 3,0$	265,8	117,0	203,8
198,5	0,05	$\pm 0,02$	—	407,6	443,1
203,8	1,1	$\pm 0,15$	6,8	117,0	175,9
207,7	0,78	$\pm 0,15$	5,7	427,3	462,8
227,4	0,41	$\pm 0,1$	2,9	407,6	443,1
320,8	1,49	$\pm 0,15$	1,1	175,9	—
379,7	4,9	$\pm 0,5$	6,3	117,0	—
407,6	0,6	$\pm 0,1$	0,9	198,5	227,4
427,3	100,00	—	100,0	172,6	207,7
443,1	0,97	$\pm 0,1$	1,1	198,5	227,4
462,8	35,1	$\pm 3,0$	27,5	172,6	207,7
599,9	62,0	$\pm 4,0$	21,8	—	—
606,1	16,3	$\pm 1,5$	5,6	—	—
635,0	38,5	$\pm 3,5$	14,0	—	—
670,5	6,6	$\pm 0,6$	1,7	—	—

* Intensitäten der Konversionselektronen nach MAZETS und SERGENKOV⁶.

Tab. 1. Energien, relative Intensitäten und $\gamma\gamma$ -Koinzidenzen.

Einige γ -Übergänge, über die verschiedentlich berichtet wurde, können nach unseren Messungen nicht bestätigt werden. Linien von 80 keV und 123 keV wurden von CHANDRA und PANDHARIPANDE³ angegeben. Sie würden energetisch gut in unser Niveauschema (Abb. 2) passen unter Verknüpfung des neuen Niveaus bei 443,1 keV mit den Niveaus von 524,6 keV und 320,8 keV. Weder im Einzel- noch im Koinzidenzspektrum konnte aber ein Hinweis auf ihre Existenz gefunden werden. Die relative γ -Intensität beider Linien muß $< 0,05$ sein. Es wurde auch keine Linie von 109 keV gefunden. γ -Quanten dieser Energie wurden in vielen Arbeiten einem Zerfall des 635 keV-Niveaus zum 525 keV-Niveau zugeordnet. Im Einzelspektrum wäre eine solche Linie nicht von der dem Zerfall des isomeren 144,9 keV-Zustandes zugehörigen 109,4 keV-Linie zu trennen, im Koinzidenzspektrum müßte sie sich jedoch deutlich abzeichnen. Nach unseren Ergebnissen muß ihre relative Intensität $< 0,1$ sein. Weiterhin konnten γ -Übergänge von 62 keV, 490 keV und 652 keV weder direkt noch indirekt festgestellt werden.

C. Diskussion

Abb. 2 zeigt das aus unseren Messungen ermittelte Termschema des Te^{125} , soweit es aus dem Zerfall des Sb^{125} resultiert. Spin und Parität aller Niveaus — ausgenommen das 443,1 keV-Niveau — wurden der Lite-

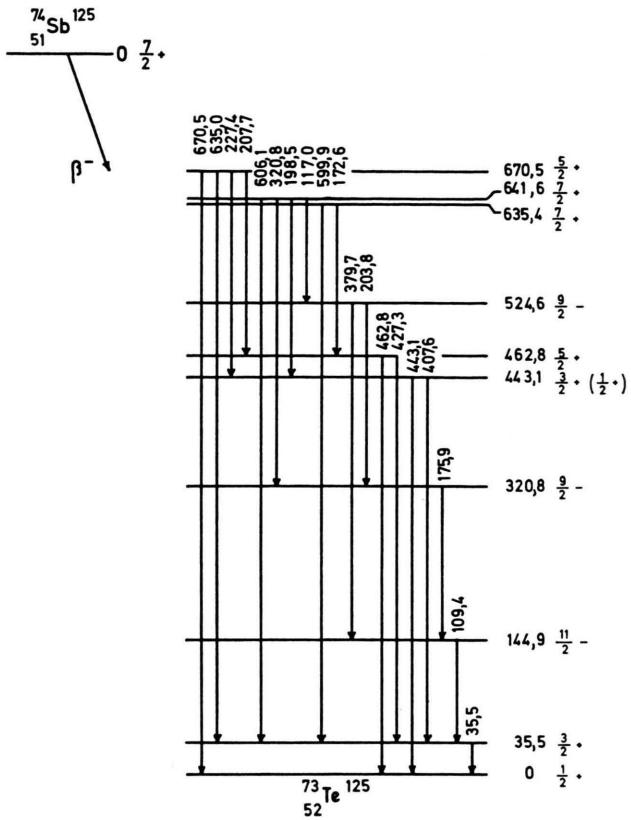


Abb. 2. Zerfallschema des $^{75}\text{Sb}^{125}$.

ratur^{2, 4, 5, 10, 11} entnommen. Für alle Übergänge wurde aus unseren γ -Intensitäten und den von MAZETS gemessenen Intensitäten der Konversionselektronen der Konversionskoeffizient ermittelt. Als Eichpunkte wurden dabei die von MANN et al.⁴ gemessenen Konversionskoeffizienten der 176 keV- und der 427 keV-Linien gewählt, die sowohl mit der Theorie als auch mit Messungen anderer Autoren gut übereinstimmen. In Tab. 2 sind diese Faktoren sowie die Gesamtintensitäten der Übergänge wiedergegeben.

Nach den Tabellen von SLV und BAND¹² zeigt der Konversionskoeffizient des 117,0 keV-Überganges, daß es sich hier um E1-Strahlung handeln muß. Bei den Übergängen von 198,5 keV, 227 keV, 407 keV und 443 keV konnte keine so eindeutige Zuordnung bezüglich der Multipolarität der Strahlung getroffen werden. Dennoch zeigt die Konversion dieser Linien deutlich, daß dem Niveau 443,1 keV Spin und Parität $\frac{3}{2}+$ oder $\frac{1}{2}+$ zugeordnet werden müssen. Bei negativer Parität müßten die Konversionskoeffizienten der drei betrachteten Linien um den Faktor 2 bis 5 kleiner bzw. größer sein als die in Tab. 2 angegebenen.

¹⁰ Nuclear Data Sheets of the National Academy of Sciences, Nuclear Research Council, Washington, D.C.

¹¹ C. M. LEDERER, J. M. HOLLANDER u. I. PERLMAN, Table of Isotopes, 6th Edition, New York 1967.

¹² K. SIEGBAHN, α - β - γ -Ray Spectroscopy, North-Holland Publishing Co., Amsterdam 1967.

Energie (keV)	I_e/I_γ	$I_e + I_\gamma$
35,5	—	—
109,4	—	—
117,0	0,07	1,0
172,6	0,09	0,7
175,9	0,14	27,9
198,5	—	$\sim 0,05$
203,8	0,08	1,2
207,7	0,09	0,8
227,4	0,09	0,4
320,8	0,009	1,5
379,7	0,017	4,9
407,6	0,019	0,6
427,3	0,013	100,0
443,1	0,015	1,0
462,8	0,010	35,0
599,9	0,0047	61,5
606,1	0,0045	16,2
635,0	0,005	38,2
670,5	0,0032	6,5

Tab. 2. Konversionskoeffizienten I_e/I_γ und Gesamtintensitäten $I_e + I_\gamma$.

Aus den ermittelten Intensitäten ergibt sich ein Fehl-
betrag in der Auffüllung des 443,1 keV-Niveaus, der
erheblich über unsere Fehlertgrenzen hinausgeht. Es ist
deshalb anzunehmen, daß dieses Niveau noch auf einem
weiteren Weg als nur über die 198,5 keV- und 227,4
keV-Linien gefüllt wird. Hierfür kommen entweder
 γ -Quanten vom Niveau 462,8 keV mit einer Energie
von 19,7 keV in Frage oder ein β -Übergang vom $(\frac{1}{2}^+)$ -
Grundzustand des Sb^{125} . Zur Messung von 19,7 keV
 γ -Strahlung waren unsere Detektoren nur noch sehr be-
dingt brauchbar, quantitative Messungen in diesem
Energiebereich waren nicht möglich. Obwohl im γ -Spek-
trum keinerlei Hinweis auf diesen Übergang gefunden
werden konnte, kann seine Existenz nicht völlig aus-
geschlossen werden. Wird das Niveau über den β -Zerfall
aufgefüllt, so ergibt sich hierfür $\log(f/t)$ zu $10,2 \pm 0,2$.
Dieser Wert ist mit Spin $\frac{3}{2}^+$ für das 443,1 keV-Niveau
und einem 2-fach verbotenen β -Übergang gut verträg-
lich.

Herrn Prof. Dr. H. SCHNEIDER danke ich für die Unter-
stützung bei der Durchführung dieser Arbeit. Dem Bundes-
ministerium für wissenschaftliche Forschung sei für die Be-
reitstellung von Forschungsmitteln gedankt.

BERICHTIGUNG

Zu H. G. KUBALL u. W. GALLER, Die optische Polarisierbarkeit im Bereich einer Absorp-
tionsbande, Z. Naturforsch. **23 a**, 295 [1968].

In den Gleichungen für $V_1^{(e)}$ und $V_2^{(e)}$, $V_3^{(e)}$ [Gl. (3)] ist, ebenso wie in der Arbeit II
(H. G. KUBALL u. W. GALLER, Ber. Bunsenges. Phys. Chem. **71**, 646 [1967]) in den Gln.
(1) und (5), der Faktor 1/3 zu streichen.