

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

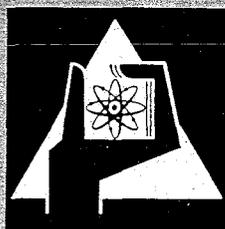
März 1967

KFK 497

Institut für Radiochemie

Über Spalt-Technetium

A. v. Baeckmann, H. Feuerstein



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE

Über Spalt-Technetium I

Von A. VON BAECKMANN und H. FEUERSTEIN*, Institut für Radiochemie, Kernforschungszentrum Karlsruhe

Mit 2 Abbildungen. (Eingegangen am 29. Januar 1965)

Das Auffinden und Untersuchen neuer kurzlebiger Spaltprodukte ist im wesentlichen ein Problem der schnellen und sauberen Abtrennung des zu untersuchenden Nuklides aus der Spaltproduktmischung. Während in den letzten Jahren besonders KIENLE et al. [1, 2, 3, 4] mittels einer Molybdäncarbonylsublimation als Trennverfahren die Halbwertszeiten der Mo-Isotope 103, 104 und 105, sowie die deren Töchter ^{103}Tc , ^{104}Tc und ^{105}Tc bestimmten, ist über die Nuklide ^{106}Tc und ^{107}Tc noch nichts bekannt. Lediglich in einer Arbeit von BORN und SEELMANN-EGGEBERT aus dem Jahre 1943 [5] wird darauf hingewiesen, daß die Halbwertszeit von ^{107}Tc kürzer als 1,5 Minuten sein muß. Bei unseren Versuchen gelang es durch Verwendung eines kombinierten Extraktionsverfahrens die chemische Trennung so schnell durchzuführen, daß die Halbwertszeiten dieser Nuklide auf indirektem Wege bestimmt werden konnten. Dabei wurden auch die Halbwertszeiten der kurzlebigen Spalt-Molybdän-Isotope bestimmt. Halbwertszeiten größer als 10 Sekunden können mit dem verwendeten Verfahren noch erfaßt werden.

^{103}Rh 57 m	^{104}Rh 4,4 m 42 s	^{105}Rh 45 s 35 h	^{106}Rh 2,2 h 30 s	^{107}Rh 23 m	^{108}Rh 17,5 s	^{109}Rh 50 s -30 s
^{102}Ru	^{103}Ru 40 d	^{104}Ru	^{105}Ru 4,5 h	^{106}Ru 1,0 a	^{107}Ru 4,8 m	^{108}Ru 4,5 m
^{101}Tc 14 m	^{102}Tc 4,1 m 5 s	^{103}Tc 50 s	^{104}Tc 18 m	^{105}Tc 7,7 m	^{106}Tc	^{107}Tc
^{100}Mo	^{101}Mo 14,5 m	^{102}Mo 11,5 m	^{103}Mo 70 s	^{104}Mo 1,1 m	^{105}Mo 40 s	

Abb. 1. Auszug aus der Nuklidkarte

In der Rohrpost des FR-2 Reaktors in Karlsruhe wurde Plutonium-239 mit einem Fluß von 3×10^{13} thermischen Neutronen pro cm^2s bestrahlt. Die Bestrahlungsdauer betrug 10 bis 30 Sekunden. Bei der Bestimmung der Molybdän-Halbwertszeiten wurde 20 s nach Bestrahlungsende alles zu diesem Zeitpunkt vorhandene Technetium aus der Spaltproduktmischung quantitativ extrahiert. Dabei blieben Mo-Ru-Rh usw. quantitativ in der wäßrigen Phase zurück und nur ein Teil des Jods begleitete das Tc, was aber nicht stört. In Zeitabständen von 20, später 60 Sekunden wurde das jeweils aus dem Mo nachgebildete Tc in analoger Weise abgetrennt. Nach dem

Zerfall des Technetium in den organischen Phasen und Präparation konnten ^{106}Ru und ^{103}Ru bzw. das ^{105}Rh und das ^{107}Rh gemessen werden.

Der genetische Zusammenhang ist aus Abb. 1 zu sehen. In den Ru-Präparaten, die das ^{103}Ru und das ^{106}Ru gemeinsam enthalten, wurden beide Aktivitäten über eine β -Absorptionsanalyse bestimmt.

Gefunden wurden folgende Halbwertszeiten:

^{103}Mo	62 s
^{105}Mo	42 s
^{106}Mo und ^{107}Mo	kleiner als 10 s.

Die Werte für ^{103}Mo und ^{105}Mo stimmen mit den von KIENLE et al. [1, 3] angegebenen Werten überein.

Bei der Bestimmung der Halbwertszeiten der Tc-Isotope wurde wie oben 20 s nach Bestrahlungsende das Tc aus der Mischung der Spaltprodukte extrahiert. Aus der organischen Phase wurde das jeweils gebildete Ruthenium extraktiv abgetrennt. Die Ru- bzw. Rh-

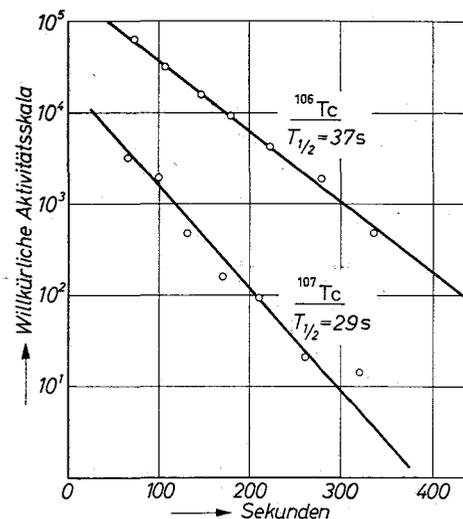


Abb. 2 Abfall von ^{106}Tc und ^{107}Tc

* Dissertation H. FEUERSTEIN, voraussichtlich 1965 TH Karlsruhe.

1. P. KIENLE und B. WECKERMANN, Naturwissenschaften **49**, 294 (1962).
2. P. KIENLE und B. WECKERMANN, Naturwissenschaften **49**, 295 (1962).
3. P. KIENLE, F. BAUMGÄRTNER, B. WECKERMANN und U. ZAHN, Radiochim. Acta **1**, 84 (1963).
4. P. KIENLE, K. WIEN, U. ZAHN und B. WECKERMANN, Z. Physik **176**, 226 (1963).
5. H. J. BORN und W. SEELMANN-EGGEBERT, Naturwissenschaften **31**, 420 (1943).

Weiterverarbeitung erfolgte wie bei der Bestimmung der Mo-Halbwertszeiten.

In Übereinstimmung mit den Angaben von KIENLE et al. [2, 3] wurden die Halbwertszeiten von ^{103}Tc und ^{105}Tc zu 50 s bzw. 7,8 m gefunden.

Für ^{106}Tc und ^{107}Tc ergaben sich die Halbwertszeiten zu 37 ± 4 s und zu 29 ± 3 s.

In Abb. 2 sind typische Zerfallskurven für diese beiden Nuklide dargestellt. Die chemische Ausbeute für die ^{106}Tc -Abfallkurve wurde über ^{103}Tc korrigiert.

Herr Prof. Dr. SEELMANN-EGGEBERT danken wir für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Über Spalt-Technetium II

Von A. v. BAECKMANN und H. FEUERSTEIN, Institut für Radiochemie, Kernforschungszentrum Karlsruhe

Mit 3 Abbildungen. (Eingegangen am 26. November 1965)

In unserer ersten Mitteilung über Spalt-Technetium [1] beschrieben wir die Bestimmung der Halbwertszeiten von ^{105}Tc , ^{106}Tc und ^{107}Tc . In der vorliegenden Arbeit wird über einige weitere Messungen an diesen Nukliden berichtet. Die ausführliche Beschreibung der verwendeten chemischen Trennverfahren sowie Einzelheiten der Berechnungen sind in der Dissertation H. FEUERSTEIN [2] angegeben.

I. γ -Spektren von ^{105}Tc , ^{106}Tc und ^{107}Tc

Spalt-Technetium wurde durch Extraktion mit Tetrapropylammoniumhydroxid-Bromoform aus alkalischer Lösung, mehrmaliges Auswaschen der organischen Phase, Rückextraktion mittels 0,01 m HClO_4 und Fällung als CsTcO_4 zusammen mit CsClO_4 [2] von den übrigen Spaltprodukten und von Uran bzw. Plutonium abgetrennt. In den γ -Spektren und β -Abfallkurven der Tc-Präparate konnten niemals andere Nuklide als die Technetiumisotope und ihre Zerfallsprodukte nachgewiesen werden.

Um möglichst saubere ^{105}Tc -Präparate zu erhalten, wurden jeweils 100 μg ^{239}Pu in schwach salpetersaurer Lösung 30 sec lang im FR-2 bei einem Fluß von $3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$ bestrahlt und innerhalb von 20 Sekunden nach Bestrahlungsende das Technetium extrahiert. Unter diesen Bedingungen wird das ^{103}Tc bis ^{107}Tc weitgehend erfaßt, während erst wenig ^{101}Tc aus dem ^{101}Mo gebildet ist. Die weitere Präparation, bei welcher Ruthen und Rhodium nochmals abgetrennt wurden (Nachwaschen, Rückextraktion und CsClO_4 -Fällung), erfolgte erst 8–9 min später, nachdem das ^{103}Tc , ^{106}Tc und ^{107}Tc zerfallen waren. Die so gewonnenen Präparate enthielten neben wenig ^{101}Tc nur noch ^{104}Tc und ^{105}Tc . Abb. 1 zeigt den niederenergetischen Teil des γ -Spektrums eines auf diesem Wege hergestellten Tc-Präparates nach Abzug der Spektren von ^{104}Tc und ^{101}Tc . Oberhalb von 144 keV waren im ^{105}Tc -Spektrum keine markanten Linien zu erkennen.

Außer der von KIENLE et al. [3] bereits beschriebenen Linien bei 110 keV konnten zwei weitere Linien bei 80 und 144 keV aufgefunden werden, die mit einer Halbwertszeit von etwa 8 min abfallen und somit dem ^{105}Tc zuzuordnen sind. Daß KIENLE et al. [3] die intensivste Linie des ^{105}Tc bei 144 keV nicht gefunden hatten, ist wohl darauf zurückzuführen, daß ihre Tc-Präparate neben ^{103}Tc , ^{104}Tc und ^{105}Tc auch relativ große Anteile an ^{101}Tc enthielten.

Die Aufnahme von γ -Spektren der kurzlebigen Technetiumisotope 103, 106 und 107 erforderte eine möglichst schnelle und saubere Abtrennung des Spalt-

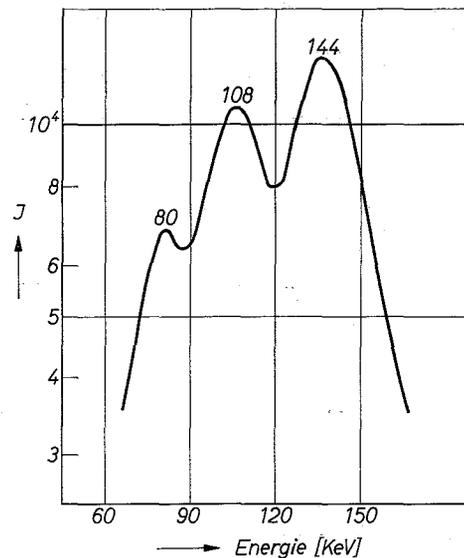


Abb. 1. Niederenergetischer Teil des γ -Spektrums von ^{105}Tc

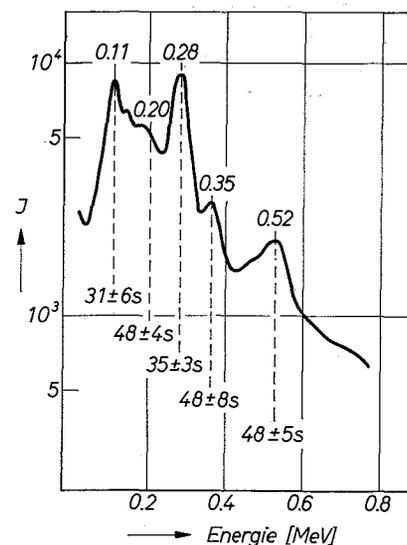


Abb. 2. γ -Spektrum der kurzlebigen Spalt-Tc-Nuklide

Technetiums von den anderen Spaltprodukten und vom Plutonium, welche innerhalb von 60 sec gelang.

Abb. 2 zeigt ein Differenzspektrum von zwei Spektren, die jeweils 20 sec lang von der 70. und 120. sec nach Bestrahlungsende an aufgenommen wurden. Die Halb-

1. A. v. BAECKMANN und H. FEUERSTEIN, diese Zeitschrift **4**, 111 (1965).
2. H. FEUERSTEIN, KFK 358 (1965) Kernforschungszentrum Karlsruhe. Dissertation, TH Karlsruhe, Juli 1965.
3. P. KIENLE, K. WIEN und B. WECKERMANN, Z. Physik **176**, 226 (1963).

wertszeiten, mit denen die einzelnen Linien abfallen, sind eingetragen. Die Linien bei 110 und 280 keV gehören eindeutig zum ^{106}Tc oder ^{107}Tc . Da man nach einer Arbeit von EICHLER [4] über Anregungszustände in gg-Kernen durch Extrapolation den 1. Anregungszustand (2+) im ^{106}Ru zu $0,25 \pm 0,05$ MeV abschätzen kann, ist die 280 keV-Linie wahrscheinlich dem ^{106}Tc - ^{106}Ru -Übergang zuzuordnen.

2. Kumulative Spaltausbeuten und wahrscheinlichste Ladungen für die Massenzahlen 105, 106 und 107

Spalt-Technetium wurde zur Bestimmung der kumulativen Spaltausbeute der Technetiumisotope 105, 106 und 107 nach dem Zerfall der Molybdänisotope 105, 106 und 107 möglichst rasch aus einer Lösung von Spaltprodukten quantitativ extrahiert. Aus der Technetiumfraktion sowie aus der verbleibenden Spaltproduktlösung wurden nach dem Tc-Zerfall die Folgeprodukte präpariert und gemessen, und zwar für ^{105}Tc und ^{107}Tc das ^{105}Rh bzw. ^{107}Rh , für ^{106}Tc das ^{106}Ru . Aus den so erhaltenen Werten der Ruthen- bzw. Rhodium-Aktivitäten kann man eine mit einem geringen Fehler behaftete relative kumulative Ausbeute für Technetium errechnen [2].

In Tabelle 1 sind die erhaltenen y_k^{Tc} -Werte in Prozent der Isobarenausbeute eingetragen. Diese Werte sind als Grenzwerte aufzufassen. Möglicherweise liegen sie um einige Prozent zu niedrig, da nicht auszuschließen war, daß ein geringer Anteil des Technetiums nach der Bestrahlung in einer unter den benutzten Bedingungen nicht extrahierbaren Form vorlag. Aufgrund der Ergebnisse mehrerer Experimente kann es sich aber dabei nur um einen geringen Bruchteil des gebildeten Technetiums handeln.

Tabelle 1. Relative kumulative Spaltausbeuten von Technetium 105, 106 und 107 und wahrscheinlichste Ladung bei der Kernspaltung für die Isobarenreihen 105, 106 und 107

	^{235}U -Spaltung		^{239}Pu -Spaltung	
	y_k^{Tc}	Z_P	y_k^{Tc}	Z_P
^{105}Tc	$76 \pm 4\%$	$43,0 \pm 0,1$	$72 \pm 8\%$	$43,1 \pm 0,2$
^{106}Tc	nicht bestimmt		$80 \pm 10\%$	$42,9 \pm 0,2$
^{107}Tc	$33 \pm 5\%$	$43,7 \pm 0,1$	$41 \pm 5\%$	$43,7 \pm 0,1$

Aus diesen Spaltausbeuten wurde mit Hilfe der WAHLschen Formel [5] die wahrscheinlichste Ladung Z_P bei der Spaltung von ^{235}U und ^{239}Pu mit thermischen

Neutronen errechnet und in Tabelle 1 eingetragen. Nach TALÂT-ERBEN und GÜVEN [6] bilden die Z_P -Werte gegen die Massenzahl aufgetragen zwei Geraden, die unabhängig vom Spaltkern sind. Außerdem sind diese Geraden nahezu identisch mit den Geraden, die bei der Auftragung der mittleren Masse gegen die mittlere Ladung [6] für verschiedene Spaltkerne erhalten werden. Abb. 3 zeigt die TALÂT-ERBENSche Darstellung. Die hier bestimmten Z_P -Werte liegen nur wenig über der unteren Geraden.

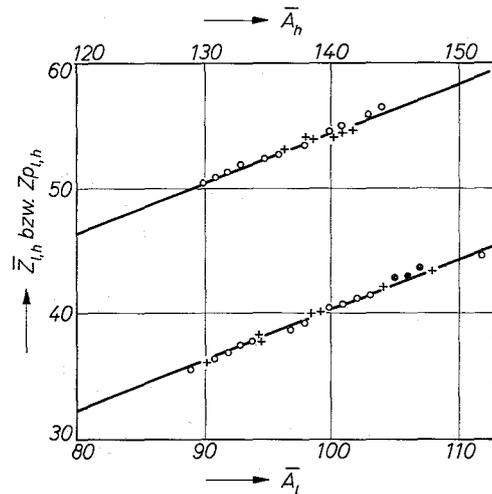


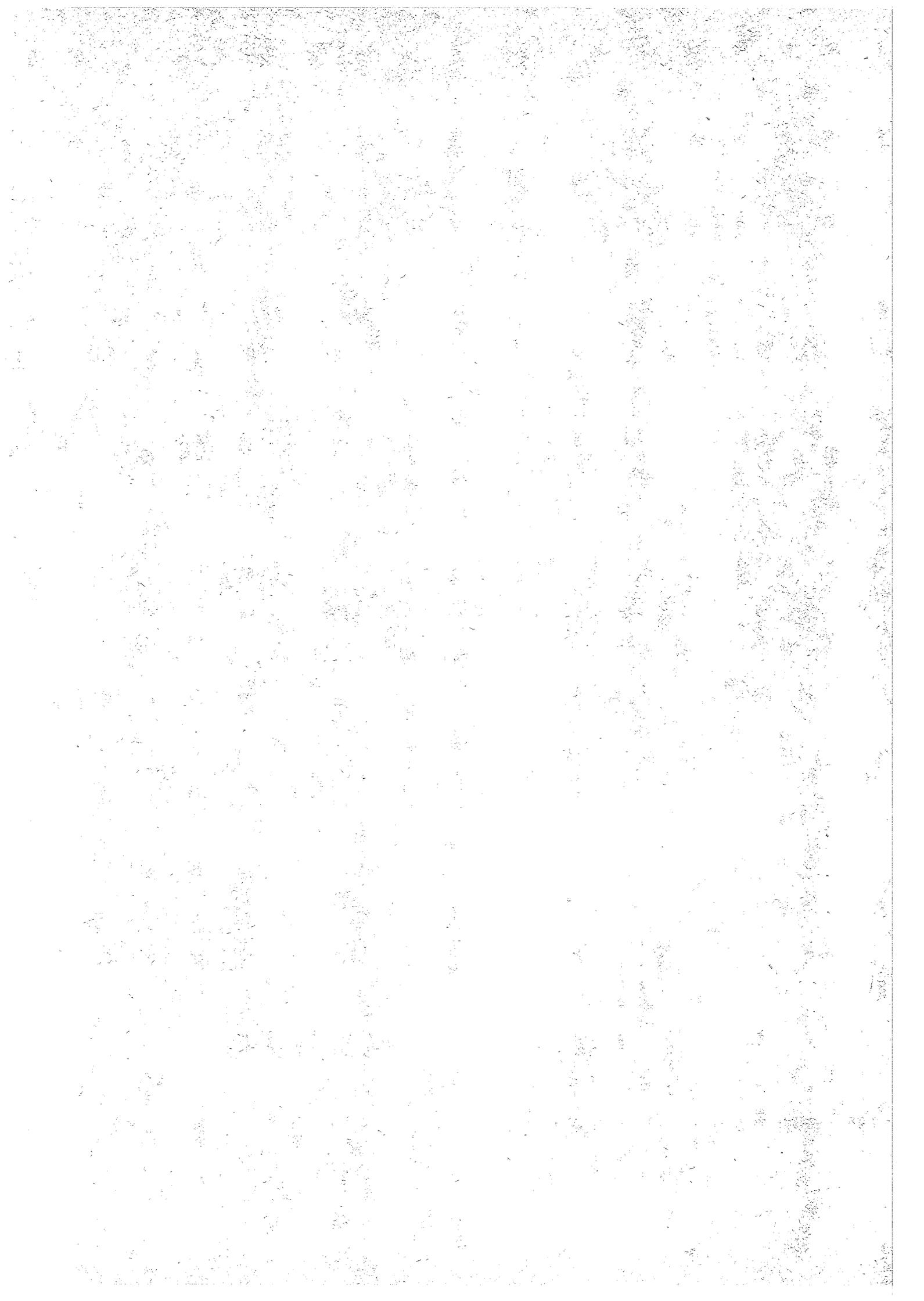
Abb. 3. Z_P -Funktion nach TALÂT-ERBEN [6]
 ○ : Z_P -Werte aus der Literatur
 ● : Hier bestimmte Werte
 × : Werte der mittleren Ladung \bar{Z} gegen die mittlere Masse \bar{A} für die Spaltung der Compoundkerne ^{233}Th , ^{234}U , ^{236}U , ^{238}U , ^{239}U , ^{240}Pu , ^{242}Cm , ^{252}Cf .

3. ^{108}Tc und ^{109}Tc

Es wurde versucht, die Halbwertszeiten von ^{108}Tc und ^{109}Tc zu bestimmen. Die Ergebnisse waren jedoch nicht mehr eindeutig. Sicher ist nur, daß beide Halbwertszeiten kürzer als 10 sec sind.

Herrn Professor Dr. W. SEELMANN-EGGEBERT danken wir für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

4. E. EICHLER, Rev. Mod. Physics **36**, 809 (1964).
 5. A. C. WAHL, R. C. FERGUSON, D. R. NETHAWAY, D. E. TROUTNER und K. WOLFSBERG, Physic. Rev. **126**, 1112 (1962).
 6. M. TALÂT-ERBEN und B. GÜVEN, CNAEM 12 (1963), Physic. Rev. **129**, 1762 (1963).



Über Spalt-Technetium III: 5 s ^{102}Tc [1]

Von A. VON BAECKMANN, Institut für Radiochemie, Kernforschungszentrum Karlsruhe

Mit 5 Abbildungen. (Eingegangen am 24. Mai 1966)

Zusammenfassung Mittels einer schnellen chemischen Trennung - Extraktion mit Tetrabutylammoniumjodid in Bromoform - gelang es, die Halbwertszeit des ^{102}Tc mit $5,28 \pm 0,15$ sec neu zu bestimmen. Zur Aufnahme des γ -Spektrums wurde das ^{102}Tc kontinuierlich von dem als Phosphormolybdänsäure auf einer Anionenaustauschersäule fixierten Spaltmolybdän mit 8 n HNO_3 abgemolken. Starke Linien wurden bei 0,475; 0,630; 0,865 und 1,11 MeV beobachtet. Schwächere Linien waren bis zu 2,45 MeV hinauf erkennbar.

Summary The half-life of ^{102}Tc was determined again to 5.28 ± 0.15 sec. by means of a fast chemical separation making use of extraction of tetrabutylammoniumiodide in bromoform. In order to record the γ -spectrum the ^{102}Tc was continuously separated from fission-molybdenum, which was fixed as phosphomolybdenic acid on an anion exchange column. 8 n HNO_3 was used as eluting solvent. Strong lines were observed at 0.475, 0.630, 0.865, and 1.11 MeV. Weaker lines were visible corresponding to energies up to 2.45 MeV.

Résumé En utilisant une méthode de séparation chimique rapide, l'extraction par l'iodure de tétrabutylammonium en solution dans le bromoforme, on a déterminé à nouveau la période du ^{102}Tc . On a trouvé $T = 5,28 \pm 0,15$ sec. Pour l'enregistrement du spectre γ le ^{102}Tc a été séparé en continu du molybdène de fission en fixant ce dernier à l'état d'acide phosphomolybdique sur un échangeur d'anions. L'éluant utilisé est HNO_3 8N. On a observé des raies intenses 0,475-0,865 et 1,11 MeV. Des raies plus faibles sont visibles jusqu'à 2,45 MeV.

Während bei der Bestrahlung von ^{102}Ru mit 14 bis 20 MeV Neutronen gemäß $^{102}\text{Ru} (n, p) ^{102}\text{Tc}$ das 4,5 m Isomere des Technetiums-102 entsteht, dessen Gamma-spektrum kürzlich ausführlich untersucht wurde [2], wird als Tochter des bei der Kernspaltung entstehenden 11,5 m ^{102}Mo ein ^{102}Tc -Isomer mit einer Halbwertszeit von etwa 5 sec gebildet [3]. Außer seiner Halbwertszeit und seiner β -Maximalenergie - 4,2 MeV - war von diesem Nuklid bisher noch nichts bekannt, so daß es uns sinnvoll erschien, seine Zerfallseigenschaften näher zu untersuchen.

A. Bestimmung der Halbwertszeit

Zur genauen Bestimmung der Halbwertszeit des 5 s ^{102}Tc bestrahlten wir 1-2 g $(\text{NH}_4)_2 \text{U}_2\text{O}_7$ 10 min lang im FR-2 bei einem Fluß von $2 \times 10^{10} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$, lösten die Probe unmittelbar nach der Bestrahlung unter Zusatz von 20 mg Molybdänträger in 15 ml 2 n HCl unter Erwärmen, gaben 8 ml $n/10 \text{ KMnO}_4$ zur Lösung hinzu und machten sie mit 4 n NaOH gerade alkalisch. Nach Zusatz von 2 ml 4 n NH_4OH , in denen 20 mg Na_2CO_3 gelöst waren, reduzierten wir mit 2 ml Äthanol und kochten kurz auf. Das ausgefallene MnO_2 wurde abzentrifugiert, zur Lösung das gleiche Volumen konzentrierter HCl zugesetzt und mit einer Lösung von 0,5 g Tetrahexylammoniumjodid in 10 ml Methylisobutylketon extrahiert. Nach Reextraktion mit 10 ml 3 n NaOH wurde die wäßrige Phase, die das Molybdän enthielt, in einen neuen Scheidetrichter gegeben und die Technetium-Töchter (101 und 102) mit jeweils 1 g Tetrabutylammoniumjodid in 10 ml Bromoform extrahiert. Um den ^{102}Tc -Anteil in der organischen Phase möglichst gering zu halten, führten wir im Abstand von je 30 sec zwei Vortrennungen durch, deren organische Phasen verworfen wurden, und benutzten die organische Phase einer dritten Extraktion zur Messung. Mit einiger Übung war es möglich, die Trennung innerhalb von 7-8 sec auszuführen. Die technetiumhaltige organische Phase ließen wir in ein Becherglas laufen, das auf einer mit Plastikfolie abgedeckten Methandurchflußsonde stand - Gesamtabdeckung etwa 400 mg/cm^2 . Die Zählimpulse der Methansonde wurden mit einem Multiscaler (TMC-Vielkanalanalysator) registriert. In jeden Kanal wurde eine Sekunde lang eingezählt.

Abb. 1 zeigt die so gemessene Zerfallskurve des 5 s ^{102}Tc . Durch mehrmaliges Wiederholen des Versuchs

konnte seine Halbwertszeit zu $5,28 \pm 0,15$ sec bestimmt werden.

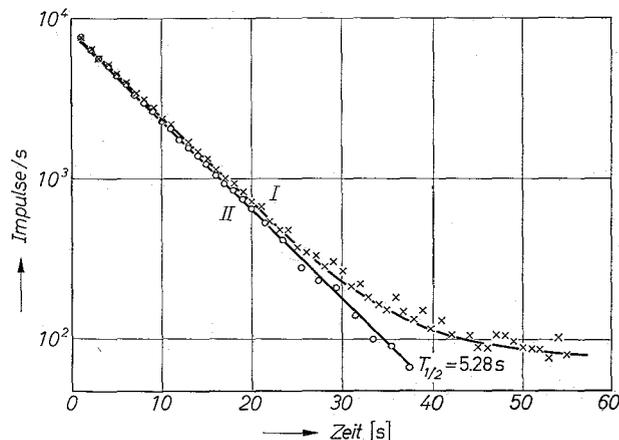


Abb. 1. Zerfallskurve des 5 s ^{102}Tc . I: Meßwerte, II: Restaktivität und Totzeitverluste korrigiert

B. Bestimmung des γ -Spektrums

Versuche, unter Verwendung des oben beschriebenen Trennverfahrens, das γ -Spektrum des 5 s ^{102}Tc zu bestimmen, zeigten, daß bei seinem Zerfall auch γ -Quanten mit den Energien 0,475; 0,630 und 1,11 MeV emittiert werden. Außerdem wurde noch eine γ -Linie bei 0,865 MeV beobachtet, die gleichfalls mit einer Halbwertszeit von wenigen Sekunden abfiel.

Um zu besseren γ -Spektren zu kommen, wurde die chemische Abtrennung variiert: Im FR-2 wurden Lösungen von 10 bis $70 \mu\text{g } ^{235}\text{U}$ in 1 n HNO_3 10 min lang bei einem Fluß von $2-3 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ bestrahlt. Nach der Abtrennung des Spalt-

1. Über Spalt-Technetium I und II, A. v. BAECKMANN und H. FEUERSTEIN, diese Zeitschrift 4, 111-112 (1965); 5, 234-235 (1966).
2. A. R. ZANDER, P. R. GRAY und T. G. EBREY, Nucl. Physics 75, 209-214 (1966).
3. J. FLEGENHEIMER und W. SEELMANN-EGGEBERT, Proc. Int. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy Vol. 7, 152 Genf 1955.

molybdäns von den anderen Spaltprodukten gemäß Vorschrift ASp 42 1-BI 1-9, KFK 387 [4] und der Reextraktion des Molybdäns mit 5 ml 1,5 n NaOH wurde es als Phosphormolybdänsäure in 2 n HNO_3 an 2 g Anionenaustauscher Dowex 1 X 8 200-400 mesh fixiert, der Anionenaustauscher in eine

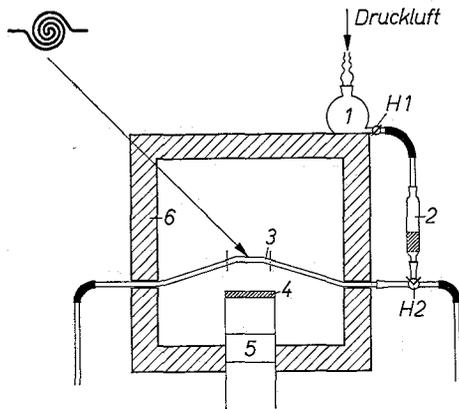


Abb. 2. Meßanordnung zur Bestimmung des γ -Spektrums des 5 s ^{102}Tc . 1. Vorratsgefäß für 8 n HNO_3 , 2. Spaltmolybdän als $\text{H}_3\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4$ auf Dowex 1 in Ionenaustauschersäule, 3. Meßspirale - Inhalt 20 ml, Totvolumen zwischen der Ionenaustauschersäule und der Meßspirale 9 ml, 4. Graphitabsorber 1 cm ϕ , 5. 3'' \times 3'' NaJ(Tl)-Szintillationssonde, 6. Bleiabschirmung

kleine Austauschersäule (ϕ 18 mm mit Fritte G 2) übergespült und mit etwa 250 ml 8 n HNO_3 gewaschen. Danach wurde die Austauschersäule in die in Abb. 2 skizzierte Apparatur eingebaut, und der Preßluftdruck soweit erhöht (etwa 0,5 atü), daß ca. 180 ml 8 n HNO_3 /min durch die Säule mit dem Ionenaustauscher liefen. Nach etwa 2 min wurde der Dreiweghahn H 2 umgestellt, so daß die Lösung nunmehr durch die Meßspirale lief. Darauf wurde 10 min lang (live) das γ -Spektrum des -kontinuierlich von dem an der Säule fixierten Molybdän abgemolkenen - Technetiums mit einer 3 \times 3'' Harshaw Integralline und nachgeschaltetem Nuclear Data 512-Kanalanalysator (Typ ND-130 AT) gemessen (Abb. 3A). Mit dieser Messung wurde 26 min nach Bestrahlungsende begonnen. Sodann wurde der Preßluftdruck soweit vermindert, daß nur noch ca. 50 ml 8 n HNO_3 /min durch die Säule liefen und erneut das Tc-Spektrum 10 min lang aufgenommen (Abb. 3B).

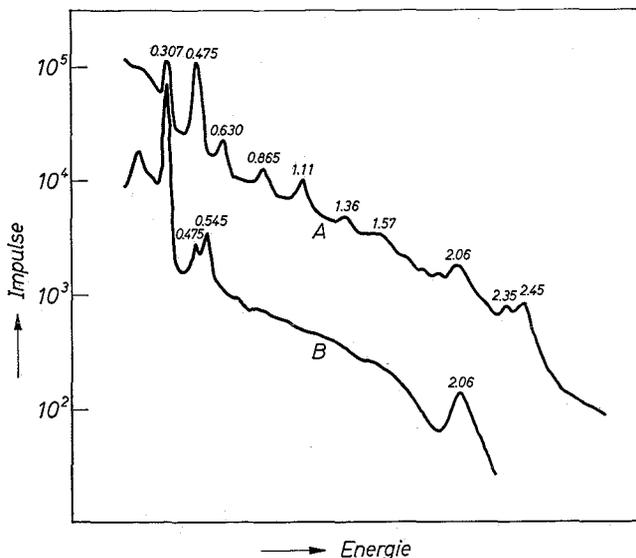


Abb. 3. γ -Spektrien der vom Spaltmolybdän abgemolkenen Technetium-Töchter. A: Aufgenommen bei hoher Durchflußgeschwindigkeit (^{102}Tc und ^{101}Tc), B: Aufgenommen bei geringerer Durchflußgeschwindigkeit (vorwiegend ^{101}Tc)

Während das bei hoher Durchflußgeschwindigkeit aufgenommene γ -Spektrum neben den Linien des ^{101}Tc vor allem die Linien des ^{102}Tc zeigte, war in dem γ -Spektrum, das bei geringerer Durchflußgeschwindig-

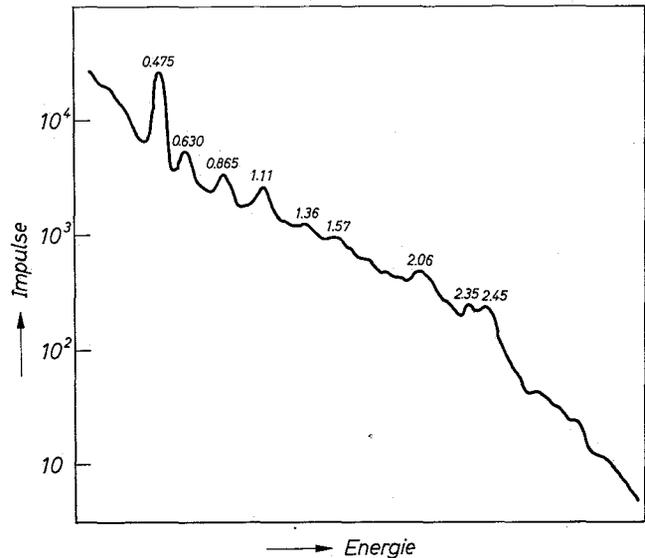


Abb. 4. γ -Spektrum des 5 s ^{102}Tc

keit aufgenommen wurde, kaum noch ^{102}Tc zu erkennen. Beide Spektren zeigten kleine Anteile von ^{101}Mo . Nach Abzug des ^{101}Tc -Anteils (Abb. 3B) von der ersten Aufnahme (Abb. 3A) erhielten wir ein γ -Spektrum, von dem wir annehmen, daß es weitgehend dem 5 s ^{102}Tc zuzuschreiben ist (Abb. 4). In ihm sind neben dem hohen Bremsstrahlenuntergrund Linien bei 0,475 (100 †); 0,630 (18 †); 0,865 (16 †); 1,05 und 1,11 (zusammen 25 †); 1,36; 1,57; 2,06 (Mo?); 2,35 und 2,45 MeV zu erkennen. Die in Klammern angegebenen relativen Häufigkeiten der einzelnen Übergänge sind grob geschätzt. Im Bereich von 1,0-3,0 MeV ist das Spektrum sehr komplex. Wir vermuten, daß hier mehrere γ -Linien - evtl. auch Summenlinien und Escapelinien - zusammenfallen. Unter den gleichen Versuchsbedingungen, jedoch unter Verringerung der Abstände und unter Verwen-

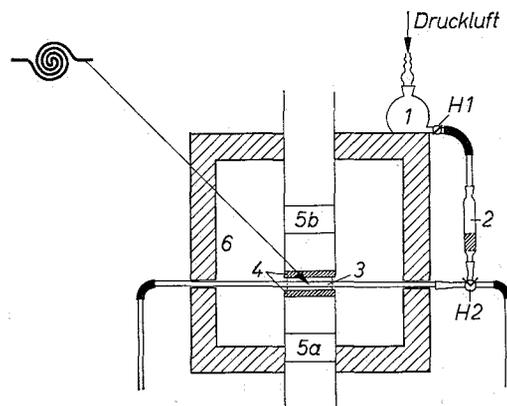


Abb. 5. Meßanordnung zur Bestimmung der γ - γ -Koinzidenzen im 5 s ^{102}Tc . Numerierung wie Abb. 2

4. A. v. BAECKMANN, H. SCHROEDER, H.-H. STAMM UND H. WERTENBACH, KFK 387 (1965).

dung einer zweiten γ -Szintillationssonde (Abb. 5), konnten wir mit Hilfe einer langsamen Koinzidenzanordnung folgende γ - γ -Koinzidenzen feststellen: 475-630; 475-865; (475-1,050?); 475-1,110; 475-1,36; 475-1,57; 630-475; (630-865?); 865-475; 865-630; (865-1,110?).

Durch das Auftreten dieser Koinzidenzen und durch die Beobachtung, daß trotz Variation des chemischen Trennungsgangs, das Intensitätsverhältnis der 0,475; 0,630; 0,865 und der 1,11 MeV-Linien immer konstant blieb, konnte eindeutig sichergestellt werden, daß die 0,865 MeV-Linie dem 5 s ^{102}Tc zuzuordnen ist, obgleich sie bisher weder beim Zerfall des 4,5 m ^{102}Tc noch beim Zerfall von ^{102}Rh bzw. ^{102m}Rh beobachtet wurde. Da diese Linie mit den Linien 0,475, 0,630 und (oder) 1,105 MeV koinzident ist, nehmen wir an, daß das ^{102}Ru bei 1,97 MeV ein bisher nicht bekanntes Niveau besitzt, was durch Untersuchungen von P. MASON et al. [5] gestützt wird, die ein solches Niveau bei der Vermessung der Protonenenergie nach der Reaktion $^{101}\text{Ru}(\text{d}, \text{p})^{102}\text{Ru}$ bei 1,94 MeV vermuten. Zu einem späteren Zeitpunkt werden wir versuchen, unter Verwendung eines Halbleiterdetektors den mittel- bis hochenergetischen Teil des γ -Spektrums besser aufzulösen. Auf Grund der kurzen Halbwertszeit des 5 s ^{102}Tc und der Beobachtung, daß offensichtlich ein großer Teil der β -Zerfälle – nach der Stärke der Brems-

strahlung mindestens 50% – direkt in den Grundzustand (0^+) und ein merklicher Anteil der β -Zerfälle in den 0,475 MeV (2^+)-Zustand des ^{102}Ru erfolgt, schließen wir nach den Auswahlregeln, daß das 5 s ^{102}Tc den Spin 1 und positive Parität besitzt. Durch das Auffinden der γ -Linien bei 0,475, 0,630 und 1,105 MeV, die den beiden niedrigsten Anregungszuständen im ^{102}Ru entsprechen [6], ist nunmehr eindeutig der Beweis erbracht, daß dem 11,5 m Molybdän und dem 5 s Technetium die Masse 102 zuzuordnen ist. Da im γ -Spektrum des 4,5 m ^{102}Tc die 0,865 MeV-Linie nicht auftritt und seine β -Maximalenergie – im Gegensatz zu der des 5 s ^{102}Tc ($\sim 4,2$ MeV) – nur 2 MeV [7] beträgt, gibt es keinen Hinweis darauf, daß das 4,5 m ^{102}Tc – auch nicht partiell – die Mutter des 5 s ^{102}Tc ist. Auf der anderen Seite konnten wir kein 4,5 m ^{102}Tc als Tochter des ^{102}Mo bzw. des 5 s ^{102}Tc nachweisen.

Herrn Dr. E. GANTNER und Fräulein E. SCHLEMEIER danke ich für Ihre Hilfe bei den Experimenten und den Messungen. Herrn Prof. Dr. W. SEELMANN-EGGEBERT danke ich für seine freundliche Unterstützung.

5. P. MASON, F. C. FLACK and G. PARRY, Proc. Physic. Soc. [London] **73**, 138 (1959).

6. National Academy of Sciences, Washington DC, Nuclear Data Sheets NRC 61-2-37.

7. D. GEITHOFF, Dissertation T. H. Karlsruhe (1959).