

Über die chemische Abtrennung des Indiums III von Cadmiumtargets nach Protonenbestrahlung am Cyclotron

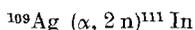
VON URSULA DREHMANN und UTA PÜRSCHEL

Mit 1 Abbildung

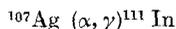
Inhaltsübersicht

Für Winkelkorrelationsmessungen der γ -Kaskade von Indium 111 wurde nach Protonenbestrahlung von Cadmiumblech das Radioindium chemisch abgetrennt und zu 90% elektrolytisch auf Kohleelektroden abgeschieden.

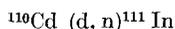
Die chemische Reindarstellung des Radionuklids Indium 111 ist aus verschiedenen Gründen schwierig durchzuführen: Die n,γ -Reaktion kann wegen des Fehlens des erforderlichen stabilen Ausgangskerns von Indium nicht angewendet werden und es ist deshalb notwendig, Bestrahlungen am Cyclotron durchzuführen. Kernreaktionen mit α -Teilchen, die unter Anwendung der beiden einzigen stabilen Silberisotope ^{109}Ag (Häufigkeit 48,65%) und ^{107}Ag (Häufigkeit 51,35%) als



und



in der Literatur zur Darstellung für Indium 111 beschrieben worden sind¹⁾²⁾³⁾ können wegen des schlechten Einfangsquerschnitts für α -Teilchen zur chemischen Gewinnung von Indium 111 nicht verwendet werden. Deuteronenbestrahlungen von natürlichem Cadmium (8 stabile Isotope), wobei Cadmium 110 nach



den Ausgangskern für Indium 111 darstellt, sind wegen der geringen Häufigkeit von ^{110}Cd (12,35%) nicht sehr aussichtsreich. Bei diesen Bestrahlungen finden neben d,n- und d,2n- auch d,p-Reaktionen statt, nach denen radioaktive Cadmiumisotope gebildet werden. Geringste Spuren

¹⁾ J. I. LAWSON u. J. M. CORK, *Physic. Rev.* **57**, 982 (1940).

²⁾ S. N. GHOSHAL, *Physic. Rev.* **73**, 417 (1948).

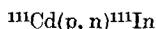
³⁾ J. M. HOLLANDER, I. PEARLMAN u. G. T. SEABORG, *Rev. mod. Physics* **25**, 469 (1953).

dieser Radionuklide, die chemisch nur sehr schwer vom Indium getrennt werden können, machen die geplanten kernphysikalischen Untersuchungen oft unmöglich.

Tabelle 1
Kernreaktionen bei Deuteronenbestrahlungen natürlichen Cadmiums

stabiles Cd-Isotop	Häufigkeit des stabilen Cd-Isotops	Kernreaktionen	Halbwertszeit der entstandenen Radionuklide
^{106}Cd	12,78%	$^{106}\text{Cd}(\text{d}, \text{n})^{107}\text{In}$	33 min
^{108}Cd	0,98%	$^{108}\text{Cd}(\text{d}, 2 \text{n})^{108}\text{In}$	55 min
		$^{108}\text{Cd}(\text{d}, \text{n})^{109}\text{In}$	4,3 h
^{110}Cd	12,35%	$^{110}\text{Cd}(\text{d}, 2 \text{n})^{110}\text{In}$	1,08 hr
		$^{110}\text{Cd}(\text{d}, \text{n})^{111}\text{In}$	2,84 d
^{111}Cd	1,22%	$^{111}\text{Cd}(\text{d}, \text{n})^{112}\text{In}$	20,7 min } Kern- 9 min } isomere
^{112}Cd	24,00%	$^{112}\text{Cd}(\text{d}, \text{p})^{113}\text{Cd}$	5,1 a
^{113}Cd	12,30%	$^{113}\text{Cd}(\text{d}, \text{n})^{114}\text{In}$	48,5 d
^{114}Cd	28,75%	$^{114}\text{Cd}(\text{d}, \text{p})^{115}\text{Cd}$	43 d } Kernisomere 2,2 } 2,3 h } Kern- 50 min } isomere 29 h }
^{116}Cd	7,62%	$^{116}\text{Cd}(\text{d}, \text{n})^{117}\text{In}$	2,3 h
		$^{116}\text{Cd}(\text{d}, \text{p})^{117}\text{Cd}$	50 min } Kern- 29 h } isomere

Bei den Bestrahlungen mit Deuteronen, die durch Verkürzung der Bestrahlungszeit so gelenkt werden können, daß Indium 114, Cadmium 113 und Cadmium 115 nur in geringen Mengen gebildet werden, gelang es uns nicht, Indium völlig vom Cadmium zu trennen. Halbwertszeit- und Absorptionsmessungen zeigten die Anwesenheit von Cadmium 115 neben Indium 111 und Indium 114. Die Strahlungen dieses Radionuklids störten die geplanten physikalischen Untersuchungen so sehr, daß wir zu Cyclotronbestrahlungen mit Protonen übergehen mußten. Hierbei treten zwar geringere Aktivitätsausbeuten auf als bei Deuteronenbestrahlungen und die Häufigkeit des Ausgangsnuklids für



ist auch nur 12,78%.

Da bei Protonenbestrahlungen von Cadmium keine Cadmiumisotope entstehen können und neben ^{111}In nur kurzlebige Indiumisotope neben sehr wenig Indium 114 ($t_{1/2}$ 48,5 d) gebildet werden, wird jedoch ein einwandfreier Verlauf der anschließenden kernphysikalischen Untersuchungen ermöglicht.

Bei der Ausarbeitung unseres Trennverfahrens versuchten wir zunächst die radiochemische Mitfällungsmethode, die bereits von

E. JACOBI⁴⁾ und von GRUVERMAN und KRUGER⁵⁾ auf das Problem Cd/¹¹¹In angewendet wurde, zu benutzen. E. JACOBI verwendet zur Trennung des Indium 111 vom Cadmiummetall des Targets die Mitfällung an Magnesiumhydroxyd. Er erzielte trotz Auswaschens mit (NH₄)₂SO₄-haltigem Wasser eine Aktivitätsausbeute von etwa 70%. Die bei uns wegen der großen Cadmiummengen zur Trennung des an Mg(OH)₂ absorbierten ¹¹¹In erforderlichen Umfällungen hätten wegen der Löslichkeit des Mg(OH)₂ in Ammonsalzen zu keinem Resultat geführt. GRUVERMAN und KRUGER absorbierten ¹¹¹In an Eisenhydroxyd und führten die Trennung Fe/In mit Isopropyläther durch. Uns gelang es auf diese Weise nicht, das Radioindium auf die für die Verdampfung notwendigen Kohleelektroden völlig frei von Eisen, das die kernphysikalischen Untersuchungen gestört hätte, niederzuschlagen. Adsorptionsversuche an Aluminiumhydroxyd erschienen erfolgversprechend; jedoch wurde durch die notwendigen Umfällungen viel ¹¹¹In wieder in Lösung gebracht. Da für die geplanten kern-

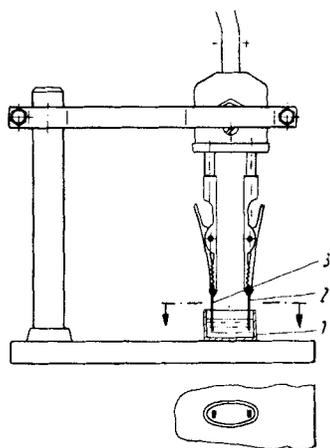


Abb. 1. Elektrolyseapparatur. 1. Ovale Glasgefäß von 2 ml Inhalt; 2. Platinanode; 3. Kohlekathode

physikalischen Verwendungszwecke Radioindium mit etwa 1 mg inaktivem Trägerindium benötigt wurde, adsorbierten wir das durch Protonenbestrahlung am Cyclotron erhaltene Radionuklid an Indiumhydroxyd aus 1 mg natürlichem Indium zu etwa 90% und gewannen es elektrolytisch auf Kohleelektroden:

Das am Cyclotron 4 h mit Protonen bestrahlte Cadmiumblech (etwa 1 g) wurde in möglichst wenig konzentrierter Salpetersäure gelöst und vorsichtig bis zur sirupösen Konsistenz eingedampft. Nach Aufnehmen des Rückstandes in 10 ml frisch destilliertem⁶⁾ 12proz. Ammoniak erhielten wir Indiumhydroxyd durch Zugabe von 1 ml Indiumnitratlösung (1 ml = 1 mg In).

Nach Abzentrifugieren lösten wir In(OH)₃ in 2 ml 10proz. Salpetersäure und fällten erneut mit 2 ml 12proz. Ammoniak. Die Lösung der 2. Indiumhydroxydfällung in 1 ml 2n Ameisensäure wurde wieder mit 2 ml 12proz.

⁴⁾ E. JACOBI, *Helv. chim. Acta* **22**, 66 (1949).

⁵⁾ I. J. GRUVERMAN u. P. KRUGER, *International Journal of Applied Radiation and Isotopes* **5**, 21 (1959).

⁶⁾ Bei Verwendung von nicht destilliertem Ammoniak zur Bildung des Amminkomplexes erhielten wir stets unlösliche Rückstände von Cadmiumcarbonat. Zur vollständigen Ausfällung des In(OH)₃ erwies sich halbkonzentrierter Ammoniak als vorteilhaft.

Tabelle 2
 Abhängigkeit der Ausscheidung von $\text{In}(\text{OH})_3$ und metallischem Indium von den Fällungs- und Lösungsmittelkonzentrationen

Nr.	1. Umfällung		2. Umfällung		Auswaschen ml H_2O	Menge des elektrolytisch ausgeschiedenen Indium mg
	ml HNO_3 , 10%	ml NH_4OH , 12% frisch dest.	ml HCOOH , 2h	ml NH_4OH , 12% frisch dest.		
1.	2	10	—	—	5	0,5 silberweiß
2.	2	10	—	—	5	0,47
3.	2	5	—	—	5	0,65 grau
4.	2	5	—	—	5	0,75
5.	2	7	3	3	—	0,67
6.	2	7	3	3	—	0,9
7.	2	5	—	—	—	—
8.	2	NH_3OH , 25% 5	—	—	—	—
9.	2	keine Ausfällung	3	3	—	0,68 grau
10.	2	NH_4OH , 25%, sehr geringe Ausfällung	3	3	—	—
11.	1	1	1	2	—	0,85 weiß
12.	1	1	1	2	—	0,48
13.	1	1,5	1	1	—	1,1 körnig, grau, Mitausschei-
14.	1	1,5	1	1	—	1,1 dung von Cd
15.	1	2	1	4	—	0,8 krümelig, weiß
16.	1	2	1	4	—	0,88
17.	1	1	1	2	—	0,9 grau
18.	1	1	1	2	—	0,68
19.	2	1,5	1	1	—	0,968 grau
20.	2	2	1	2	—	1,055 weiß

Ammoniak gefällt. Nach Lösen des zweimal umgefällten Indiumhydroxyds in 0,2 ml 2n Ameisensäure, Einstellen der Lösung auf pH 2–3 mit Ammoniak wurde In in 4 h mit 0,2 mA/mm² auf einer Kohleelektrode von 10 mm² mit etwa 90% Aktivitätsausbeute abgeschieden. Wir benutzen eine Anordnung nach Abb. 1.

Die Ausscheidung des In(OH)₃ bzw. des metallischen Indiums bei der Elektrolyse ist in hohem Maße von den verwendeten Flüssigkeitsmengen abhängig (Tab. 2).

Zeuthen, Kernphysikalisches Institut der Forschungsgemeinschaft der naturwiss., techn. und med. Institute, Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

Bei der Redaktion eingegangen am 27. Januar 1961.