

Bestimmung der Bildkurve bei einem elektromagnetischen Isotopenseparator mit inhomogenem magnetischen Sektorfeld

Von F. P. VIEHBÖCK,

Physikinstitut des Reaktorzentrums Seibersdorf,
Österreichische Studiengesellschaft für Atomenergie G.m.b.H.,
Österreich,

H. WOTKE *

Institut für Experimentalphysik der Technischen Hochschule
Wien

und F. RÜDENAUER,

I. Physikalisches Institut der Universität Wien
(Z. Naturforsch. 19 a, 1333–1334 [1964]; eingegangen am 19. Mai 1964)

Die Dimensionierung der Vakuumkammer und des Magnetfeldes des Seibersdorfer Isotopenseparators wurde so vorgenommen, daß Massen, die sich um $\pm 5\%$ von der Mittelmasse M_0 unterscheiden, gleichzeitig gesammelt werden können^{1, 2}. Dabei müssen die Eintrittsspalte der Kollektortaschen für die einzelnen Isotope entlang der Richtungsfokussierungskurve des magnetischen Sektorfeldes angeordnet werden. Würden sich die Eintrittsspalte der Kollektortaschen nicht entlang der Richtungsfokussierungskurve befinden, so würde infolge unscharfer Abbildung eine Kontaminierung durch die Nachbarmassen erfolgen und der gewünschte Anreicherungsfaktor verlorengehen.

Als Ablenkmagnetfeld wird ein inhomogenes Sektorfeld verwendet, das durch konische Polschuhe realisiert wurde. Das Feld hat einen Sektorwinkel von $\varPhi = 169^\circ 42'$ und einen logarithmischen Feldgradienten von $n = 1/2$. Der Radius der mittleren Ionenbahn beträgt $r_m = 100$ cm; der mittlere Polschuhabstand $2Z_0 = 15$ cm.

Die Koordinaten für den Gegenstandspunkt entsprechenden Bildpunkt können mit Hilfe der von TASMAN und BOERBOOM³ angegebenen Formeln berechnet werden. Berücksichtigt man nur Glieder 1. Ordnung in α_m und das gemischte Glied $\alpha_m \beta$ (α_m ist der halbe radiale Öffnungswinkel des Ionenstrahls in der Symmetrieebene), so erhält man für den Abstand l'' des Bildpunktes vom Polschuhrand den Ausdruck:

$$l'' = -r_m \frac{M_1 + M_{12} \beta}{N_1 + N_{12} \beta} \quad (1)$$

(siehe Abb. 1), wobei die relative Geschwindigkeitsstreuung

$$\beta = \frac{1}{2} \delta m/m \quad (2)$$

ist und die Koeffizienten M_1 , M_{12} , N_1 und N_{12} nur von den Magnetfeldparametern abhängig sind³. r_m ist der Radius der mittleren Ionenbahn. Der Abstand des Bildpunktes vom Feldrand ist, wie aus (1) zu sehen

* Derzeit Laboratoire Joliot-Curie de Physique Nucléaire, Orsay.

¹ F. P. VIEHBÖCK, The Design of the E. M. Isotope Separator in Reactor Center Seibersdorf, in E. M. Sep. of Radioact. Isotopes, p. 91, Springer-Verlag, Wien 1961.

ist, eine Funktion der relativen Massendifferenz. Der senkrechte Abstand einer Ionenbahn vom Bildpunkt der mittleren Ionenbahn ($r = r_m$) ist (unter Berücksichtigung der Glieder 1. Ordnung in β) gegeben durch

$$y_2 = r_m \left(M_2 - \frac{M_1}{N_1} N_2 \right) \beta = 2 D_m \cdot \beta, \quad (3)$$

wobei D_m der Dispersionskoeffizient des inhomogenen Sektorfeldes ist. Die Neigung der Bildkurve im System x_2, y_2 ist also gegeben durch (Abb. 1)

$$\operatorname{tg} \chi = \frac{\delta x_2}{\delta y_2} = \frac{\delta l''}{\delta \beta} \cdot \frac{\delta \beta}{\delta y_2}. \quad (4)$$

Einsetzen der Differentialquotienten von (1) und (3) in (4) ergibt:

$$\operatorname{tg} \chi = \frac{M_{12} N_1 - N_{12} M_1}{(M_1/N_1) N_2 - M_2} \cdot \frac{1}{[N_1 + (N_{12}/2 D_m) y_2]^2}. \quad (5)$$

Für $y_2 = 0$ ist

$$\operatorname{tg} \chi (y_2 = 0) = \frac{M_{12} - N_{12} (M_1/N_1)}{N_1 [M_2 - (M_1/N_1) N_2]}. \quad (5a)$$

Bei einem Sektorwinkel von $169^\circ 42'$ und bei $l' = l''$ (symmetrische Anordnung) schneidet somit die Bildkurve unter einem Winkel von $\chi_0 = 56^\circ 42'$ die Senkrechte zur optischen Achse.

In der Nähe der mittleren Ionenbahn läßt sich die Bildkurve näherungsweise durch Integration von (5) berechnen und man erhält folgenden Ausdruck:

$$s = 2 D_m \cdot \frac{(M_{12}/N_{12}) N_1 - M_1}{(M_1/N_1) N_2 - M_2} \left\{ \frac{1}{N_1 - (N_{12}/2 D_m) t} - \frac{1}{N_1} \right\}. \quad (6)$$

Das Koordinatensystem (s, t) ist aus Abb. 1 ersichtlich.

Es ist zu berücksichtigen, daß eine zusätzliche Ablenkung des Ionenstrahls im Streufeld erfolgt und ins-

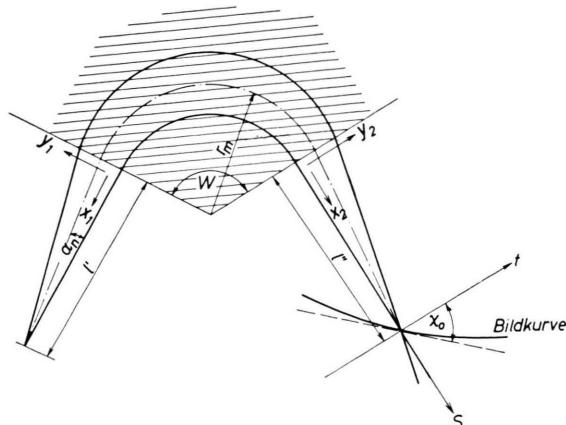


Abb. 1. Koordinatensystem. $s \parallel x_2$.

² F. P. VIEHBÖCK u. F. BUSCHBECK, Atomkernenergie 7, 362 [1962].

³ H. A. TASMAN u. A. J. H. BOERBOOM, Z. Naturforsch. 14 a, 121 [1959].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

besondere die von der mittleren Ionenbahn abweichen- den Bahnen im Streufeld eine verschieden starke Ab- lenkung erfahren können, daher wurde auch eine ex- perimentelle Bestimmung der Kollektorebene durchge- führt. Als Grundlage für die Berechnung der Gl. (5) wurden die Feldkoeffizienten M_1 , M_2 , N_1 und N_{12} , wie sie sich ohne Berücksichtigung des Streufeldes ergeben, herangezogen. Das Streufeld wurde dadurch berücksichtigt, daß der Ursprung des Koordinatensystems s , t in den experimentell ermittelten Bildpunkt der mittleren Ionenbahn verlegt wurde (97,7 cm vom Polschuhrand).

Für die experimentelle Bestimmung der Richtungs- fokussierungskurve wurde folgende Methode angewandt (siehe Abb. 2):

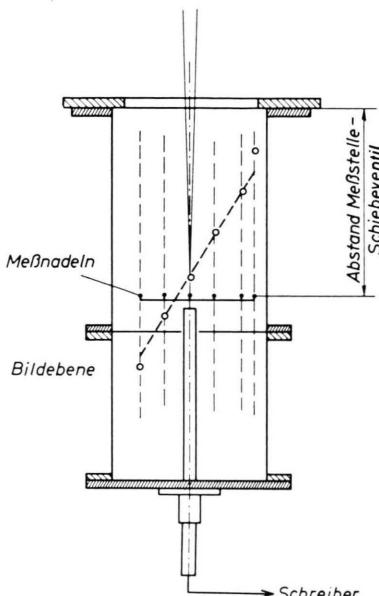


Abb. 2. Meßanordnung in der Kollektorkammer.

Es werden mehrere parallel geschaltete vertikale Na- deln in einer Ebene senkrecht zur optischen Achse in Abständen von einigen cm montiert. Der Ionenstrahl wird durch Änderung des Magnetfeldes oder der Hoch- spannung mit konstanter Geschwindigkeit quer durch die Kollektorkammer bewegt. Dadurch trifft er der Reihe nach auf Nadel 1, 2, 3 usw. auf. Der auf den Nadeln auftreffende Strom wird mit Hilfe eines Schreibers registriert. Die auf diese Weise erhaltenen Ionenstrompeaks werden verschieden breit und hoch sein, je nach der Lage der Nadel zum Bildpunkt. Durch Ver- schieben der Nadel in Richtung der Achse der Kollek- torkammer und Wiederholung der Messungen an meh- reren Stellen kann man jene Punkte ermitteln, wo der Ionenstrahl bei Nadel 1, 2, 3 usw. am besten fokussiert ist. Die Punkte bester Fokussierung sind dadurch ge- kennzeichnet, daß bei ihnen die vom Schreiber regi- strierten Ionenstromkurven möglichst schmal und mög- lichst hoch sein müssen.

Ausführung der Messung

Es wurden fünf parallel geschaltete Nadeln (Mate- rial: Kupfer 1,4 mm \varnothing) verwendet, deren Abstand ca. 50 mm betrug. Auf der Innenseite war noch eine sechste Nadel (Richtung zum Krümmungsmittelpunkt) in geringerem Abstand montiert. Die Nadeln wurden isoliert an einem in Richtung der Achse der Kollektorkammer verschiebbaren Stahlrohr befestigt.

Durch Messung der Länge des aus der Kollektorkammer herausragenden Teiles des Rohres konnte je- weils die genaue Position der Nadeln in der Kammer bestimmt werden. Es wurde in einer Entfernung von 47 mm vom Schiebeventil, das die Kollektorkammer vom übrigen Vakuumsystem trennt, mit den Messun- gen begonnen. Die Messungen wurden in Abständen von 20 mm wiederholt. Insgesamt wurde der Bereich von 47 mm bis 602 mm (Abstand Schiebeventil – Meß- stelle) untersucht (Abb. 2).

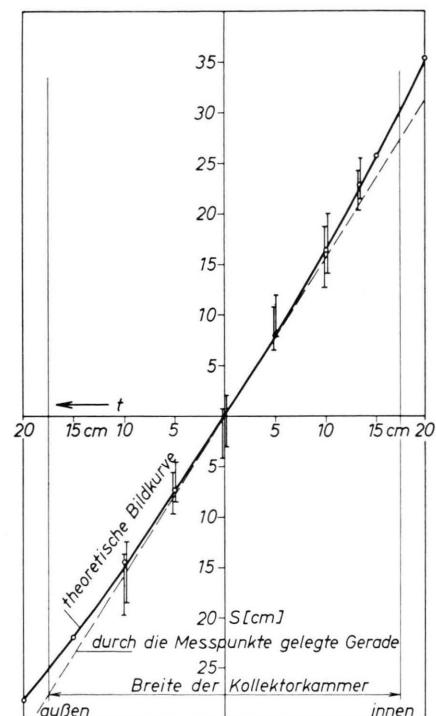


Abb. 3. Bildkurve.

In Abb. 3 ist die rechnerische und experimentelle Bildkurve dargestellt. Wie daraus ersichtlich ist, stim- men beide innerhalb der Meßgenauigkeit überein. Das magnetische Streufeld hat also keinen wesentlichen Ein- fluß auf die Fokussierungseigenschaften. Aus herstel- lungstechnischen Gründen wurden die Kollektortaschen in einer Ebene angeordnet, die innerhalb des praktisch verwendeten Bereichs in der Kollektorkammer mit der theoretischen Bildkurve fast identisch ist.