

Anreicherung der Uranisotope in einer Gegenstrom-Gaszentrifuge

Von W. GROTH, E. NANN und K. H. WELGE

Institut für Physikalische Chemie der Universität Bonn
(Z. Naturforsch. 12 a, 81 [1957]; eingegangen am 5. Dezember 1956)

In früheren Arbeiten^{1,2} war gezeigt worden, daß in einer gemeinsam mit BEYERLE³ entwickelten Gaszentrifuge Multiplikationen des einfachen Trennschnittes, der durch den für binäre Mischungen mit der seltenen Komponente M_1 gültigen Ausdruck

$$C_i = C_a \exp \left\{ \frac{(M_1 - M_2) \omega^2 r_a^2}{2 R T} \right\} \quad (M_1 < M_2)$$

gegeben ist, auch dann eintreten, wenn ein Zentrifugenrotor ohne Einbauten verwendet wird. Bei diesen Versuchen stellte sich das eine Thermokonvektion bewirkende Temperaturgefälle durch zufällige konstruktive Anordnungen innerhalb des Vakuummantels von selbst ein; dem zu trennenden Isotopengemisch war Wasserstoff im Überschuß zugegeben worden, um störende Turbulenzen im Innern des Rotors zu vermeiden. Anschließend Untersuchungen von HERTZ und dem einen von uns⁴ zeigten, daß mit den gleichen Gaszentrifugen Multiplikationseffekte auch ohne Wasserstoffzusatz zu erzielen sind und daß diese Effekte durch zusätzlich hervorgerufene axiale Temperaturgradienten verstärkt werden können.

Wir haben frühere, während des Krieges begonnene Versuche zur Anreicherung der Uranisotope unter Verwendung des Uranhexafluorids³ nach dieser Methode wieder aufgenommen. Das Gas wurde dem Rotor durch eine in den oberen Deckel hineinragende Rotorwelle zugeführt; gleichzeitig wurde vom oberen Rand des Rotors und aus der Achse am unteren Ende durch weitere Rotorwellen je die Hälfte der zugeführten Menge abgepumpt. Die Temperaturen des oberen und unteren Deckels wurden durch Temperierelemente variiert. Es ergab sich eine Anreicherung, die mit steigendem Temperaturunterschied anstieg, ein Maximum erreichte und bei weiterer Vergrößerung des Temperaturgradienten wieder absank (Abb. 1). Bei Umkehrung der Richtung des axialen Temperaturgradienten kehrte auch die Anreicherung ihr Vorzeichen um.

Die Theorie der thermisch gesteuerten Gegenstromzentrifuge ist von MARTIN und KUHN⁵ und von COHEN⁶ entwickelt worden. Aus ihr ergibt sich für den Fall optimaler (durch den Temperaturgradienten gegebener) Konvektionsgeschwindigkeit unter vereinfachenden Voraussetzungen (z. B. für das Geschwindigkeitsprofil der Strömung) für das Konzentrationsverhältnis an den Enden des Rotors:

$$C_L/C_0 = e^{\delta L/2r_a} \quad \left(\delta = \frac{\Delta M \omega^2 r_a^2}{2 R T} \right),$$

¹ W. GROTH u. P. HARTECK, Z. Elektrochem. 54, 129 [1950].

² V. FALTINGS, W. GROTH u. P. HARTECK, Naturwiss. 37, 490 [1950]. — V. FALTINGS u. F. SEEHOFER, Z. Elektrochem. 57, 445 [1953].

³ K. BEYERLE, W. GROTH, P. HARTECK u. H. JENSEN, Beihefte zu „Angewandte Chemie“ und „Chemie-Ingenieur-Technik“ Nr. 59, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße 1950.

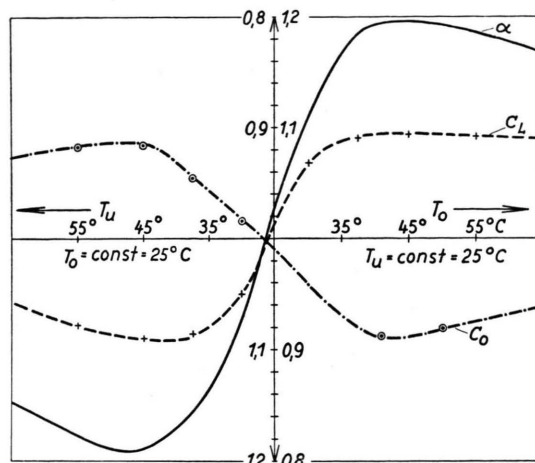


Abb. 1.

$$C_L = \frac{(U^{235}/U^{238})_{\text{angereichert}}}{(U^{235}/U^{238})_{\text{normal}}},$$

$$C_0 = \frac{(U^{235}/U^{238})_{\text{abgereichert}}}{(U^{235}/U^{238})_{\text{normal}}},$$

$$\alpha = C_L/C_0 \text{ (Trennfaktor);}$$

T_u, T_o = Temperaturen des unteren bzw. oberen Temperierelementes.

wobei L die Länge der Zentrifuge, r_a ihr lichter Radius ist.

Bei unseren Versuchen war $\delta = 0,0381$, $L = 63,5$ cm, $r_a = 6,7$ cm, woraus sich C_L/C_0 zu 1,185 ergibt. Experimentell wurde $C_L/C_0 = 1,190$ gefunden, wenn der Temperaturgradient die optimale Konvektionsgeschwindigkeit erzeugte. Die massenspektrometrische Bestimmung der Konzentration des U^{235} in den Einzelproben war mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ möglich. Die Einstellzeit für den gesamten Zentrifugeninhalt (mittlerer Druck $\bar{p} = 19$ Torr) wurde unerwartet klein zu etwa 12 min bestimmt. Daraus folgt, daß es möglich ist, pro sec $4,9 \cdot 10^{-3}$ g UF_6 , d. h. etwa 155 kg UF_6 pro Jahr durchzusetzen, bei dem das Konzentrationsverhältnis des U^{235} in der angereicherten gegen die abgereicherte Fraktion um 20% verschoben ist. Es ist technisch möglich, die Umfangsgeschwindigkeit des Rotors von 250 m/sec, dem zur Zeit verwendeten Wert, auf 300 m/sec, seine Länge von 63,5 cm auf 120 cm zu vergrößern (ein Zentrifugenmodell mit diesen Abmessungen ist zur Zeit im Bau); mit ihm ist nach unseren bisherigen Ergebnissen eine Verschiebung der U^{235} -Konzentration zwischen der leichten und der schweren Fraktion um 60% zu erwarten.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Ministerium für Wirtschaft und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen danken wir für die großzügige Unterstützung dieser Arbeiten.

⁴ G. HERTZ u. E. NANN, Z. Elektrochem. 58, 612 [1954]; Z. Naturforsch. 10 a, 170 [1955].

⁵ H. MARTIN u. W. KUHN, Z. Phys. Chem. A 189, 219 [1940].

⁶ K. COHEN, The Theorie of Isotope Separation, McGraw Hill, New York 1951.



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 digitalized 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.