

Rotation des Neptun begründet zu sein schienen und deren Periode 1923 von E. Oepik und R. Livländer mit $7^h 50^m$ gefunden wurde. Indessen haben J. H. Moore und D. H. Menzel 1928 aus spektroskopischen Rotationsbestimmungen eine Umdrehungszeit von 15,8 Stdn. abgeleitet, der damit doppelt so groß wird wie der photometrische Wert.

Neptun wird von einem Mond begleitet, der Ende 1846 als Sternchen 13. Größe entdeckt wurde und in 5 Tagen und 21 Stdn. seine Bahn durchläuft. Sein Abstand vom Planeten beträgt etwa 454 000 km.

Abschließend bleibt zu erwähnen, daß auch nach der Entdeckung des Neptun und einer ent-

sprechenden Berücksichtigung seiner störenden Einflüsse auf die Uranusbewegung ein Ausgleich aller Fehler unmöglich war. Diese Eigenschaften führten bald zu neuen theoretischen Spekulationen über das Dasein eines transneptunischen Planeten. Andere Versuche bemühten sich, aus den Aphelien der Kometenbahnen gewisse Rückschlüsse auf die Bahnverhältnisse mehrerer hypothetischer Planeten außerhalb der Neptunbahn zu ziehen. Wenn diesen Bemühungen auch lange der Erfolg versagt blieb, so wurde doch im Jahre 1930 durch die Entdeckung des transneptunischen Planeten Pluto der analytischen Astronomie ein neues Ruhmesblatt dargeboten.

Diedrich Wattenberg (Bremen).

Die neuen Elemente Neptunium, Plutonium, Americium und Curium

Auf der Tagung der American Chemical Society in Atlantic City im April 1946 gab G. T. Seaborg¹ einen Bericht über Entdeckung und Eigenschaften der neuen Transurane. Das zuerst entdeckte war ein Element 93 und erhielt den Namen *Neptunium* (Np). Es wurde von McMillan und Abelson durch Beschießen von Uran mit Neutronen des großen Lawrenceschen Cyclotrons hergestellt². Das dabei aus U^{238} entstehende U^{239} zerfällt mit 23 Min. Halbwertszeit in Np^{239} , und dieses ist ebenfalls ein β -Strahler von 2,3 Tagen Halbwertszeit.

Als nächstes wurde ein Element 94, das den Namen *Plutonium* erhielt, von Seaborg, McMillan, Wahl und Kennedy gefunden. Durch Bombardieren von Uran mit Deuteronen des Lawrenceschen Cyclotrons entsteht in einem (d, 2n)-Prozeß aus U^{238} ein Np^{238} . Dieses Element zerfällt mit 2 Tagen Halbwertszeit in Pu^{238} , einen α -Strahler von 50 Jahren Halbwertszeit. Das wichtigste Isotop des Plutoniums, das heute in den Piles in technischem Ausmaß hergestellt wird, ist Pu^{239} , die Tochtersubstanz des 2,3-Tage- Np^{239} . Es wurde 1941 von Seaborg, Segre, Kennedy und Lawrence entdeckt. Es ist ein α -Strahler von 24 000 Jahren Halbwertszeit. Ebenso wie U^{235} wird es von langsamen Neutronen gespalten. Die ersten chemischen Untersuchungen von Plutonium wurden mit wenigen Mikrogrammen Pu^{239} , hergestellt im Cyclotron, vorgenommen. Eine besondere „ultramikrochemische“ Methode wurde dafür von Kirk entwickelt. Sie lieferte die Basis für den technischen Trennprozeß, der jetzt in den Pile-Fabriken in rund

10^{10} -mal größerem Ausmaß das Plutonium 239 aus dem bestrahlten Uran abscheidet. Als größere Mengen vorhanden waren, wurde festgestellt, daß Pu die Oxydationsstufen VI, V, IV und III hat, und daß, verglichen mit Np und U, eine Tendenz zu den niedrigeren Oxydationsstufen hin vorhanden ist. Es gibt in Analogie zum Uranylion ein Plutonylion (PuO_2)⁺⁺. $Pu^{IV} \rightarrow Pu^{III}$ kann durch Reduktion mit U^{III} erzielt werden.

Wahl und Seaborg entdeckten 1942 das *Neptuniumisotop* Np^{237} . Es entsteht aus U^{237} , das ein β -Strahler mit 7 Tagen Halbwertszeit ist und seinerseits aus U^{238} durch (n, 2n)-Prozeß gebildet wird. Np^{237} ist ein α -Strahler von $2,25 \cdot 10^6$ Jahren Halbwertszeit. Es wird heute in den Piles hergestellt und ist rein in kleinen Mengen verfügbar. Damit angestellte Untersuchungen ergaben die Oxydationsstufen VI, V, IV, III, ebenfalls mit größerer Stabilität der niedrigen Oxydationsstufen, verglichen mit Uran.

Seaborg, James, Morgan und Chiorso haben neuerdings die Elemente 95 und 96 „identifiziert“ und ihre chemischen Eigenschaften durch tracer-Methoden studiert. Sie erhielten diese Elemente durch Bombardierung von U^{238} und Pu^{239} mit 40 MeV α -Teilchen im Cyclotron. Angaben über radioaktives Verhalten werden nicht gemacht. Die Entdecker schlagen den Namen *Americium* (Am) für Element 95 und *Curium* (Cm) nach den Curies für Element 96 vor. Dies wird auf folgende Weise begründet.

„Die Elemente 90 bis 94 liegen an den entsprechenden Stellen unter den Übergangselementen der 6. Periode von Hf_{72} bis Os_{76} , in denen die 5d-Elektronenschale aufgefüllt wird. Die Übergangselemente Hf bis Os sind in ihren chemischen Eigenschaften ähnlich

¹ Chem. Engng. News 24, 1192 [1946].

² Hahn u. Straßmann in Deutschland kannten dieses Element bekanntlich auch.

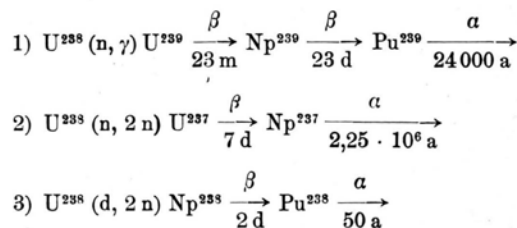
den entsprechenden 4d-Übergangselementen in der 5. Periode (Zr₄₀ bis Ru₄₄). Obgleich die ersten Glieder (Th₉₀ und Pa₉₁) der Gruppe 90 bis 94 eine große Ähnlichkeit in den chemischen Eigenschaften zu den ersten Gliedern (Zr₄₀ und Nb₄₁) in der 4d-Übergangsreihe zeigen, weisen die späteren Glieder (Np₉₃ und Pu₉₄) praktisch keine Ähnlichkeit zu Re₇₅ und Os₇₆ und zu Element 43 und Ru₄₄ auf. Dies legt nahe, daß es die 5f-Elektronenschale ist, die aufgefüllt wird, obgleich es nicht möglich ist, aus diesem chemischen Hinweis allein abzuleiten, ob Uran das erste Element der Reihe ist, für die das der Fall ist.“ Ohne auf alle Argumente einzugehen, stellen die Autoren die Hypothese zur Diskussion, „daß diese den Seltenen Erden ähnliche Reihe mit Actinium im selben Sinn beginnt, wie die ‚Lanthaniden‘ mit Lanthan beginnen. Aus diesem Grund mag sie ‚Actinidenreihe‘ heißen und das erste 5f-Elektron im Thorium erscheinen. So ist die Oxydationsstufe — d. h. die Oxydationsstufe solcher Glieder, die sieben und vierzehn 5f-Elektronen besitzen — für diese Übergangsreihe III.“

„Die Oxydationsstufe IV, die bei Thorium nachgewiesen ist, ist dann analog zu IV bei Cer. Aus dem Verhalten von U, Np und Pu muß geschlossen werden, daß drei der angenommenen 5f-Elektronen bereitwillig abgegeben werden, so daß das Versagen von Thorium, eine Oxydationsstufe III zu zeigen, verständlich ist. Auf Grund dieser Hypothesen sollten

die Elemente 95 und 96 sehr stabile dreiwertige Zustände zeigen. Und zwar sollte Element 96 den IIIwertigen Zustand fast ausschließlich zeigen, weil es mit seinen sieben 5f-Elektronen eine Elektronenstruktur haben sollte, die dem Gadolinium mit seinen sieben 4f-Elektronen analog sein sollte.“

Für das Element 96 wird danach der Name Curium deshalb vorgeschlagen, weil es in Analogie zu Gadolinium steht. Gadolin erforschte die Seltenen Erden, die Curies waren „historical leading investigators in the field of radioactivity“. Ebenso heißt Element 95 mit seinen sechs 5f-Elektronen Americium nach der Neuen Welt, in Analogie zu Europium mit sechs 4f-Elektronen, das nach der Alten benannt ist.

Entstehung von Neptunium und Plutonium



K. Wirtz, Göttingen.