

Zur Zerlegung des Ytterbiums

von

C. Auer v. Welsbach,

k. M. k. Akad.

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Oktober 1909.)

Angesichts der Beharrlichkeit, mit der Herr G. Urbain die Priorität der Entdeckung der Ytterbiumelemente für sich in Anspruch zu nehmen sucht und in Anbetracht des Erfolges, den seine Bemühungen bisher bei einigen Fachgenossen gehabt haben, sehe ich mich veranlaßt, diese »Frage« noch einmal aufzurollen und an der Hand der vorliegenden Publikationen in ausführlicher Weise den wahren Sachverhalt darzulegen.

Die Spaltbarkeit des Ytterbiums habe ich zu Anfang des Jahres 1905 entdeckt. Einige Monate später berichtete ich über diese Entdeckung an die kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Dieser Bericht wurde in der Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse vom 30. März 1905 vorgelegt und ist im Akademischen Anzeiger, Jahrgang 1905, Nr. X, erschienen.

In diesem Berichte habe ich festgestellt, daß das Ytterbium hauptsächlich aus zwei Elementen besteht, deren Funkenspektren Teile des Ytterbiumspektrums sind, daß jedoch einzelne Linien beiden Spektren gemeinsam zu sein scheinen.

Der wörtliche Abdruck dieses Berichtes findet sich in der Beilage (1).¹

In der Mitte 1906 erschienenen Arbeit »Über die Elemente der Yttergruppe (erster Teil)« (Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. CXV, Abt. II b, Juli 1906) schilderte ich die Trennungsergebnisse, die durch die fraktionierte Krystallisation der Doppelammonoxalate der Ytterelemente erzielt worden waren.

¹ Die Beilage liegt separat gedruckt dieser Arbeit bei.

In dieser Abhandlung habe ich zum Schlusse hervorgehoben, daß das Funkenspektrum der Kopffraktion der Ytterbiumreihe, mit dem gewöhnlichen Ytterbiumspektrum verglichen, höchst auffallende Veränderungen zeigte; siehe Beilage (2).

Nochmals brachte ich die Zerlegung des Ytterbiums zur Sprache in der im Jahre 1906 erschienenen Arbeit »Bemerkungen über die Anwendung der Funkenspektren bei Homogenitätsprüfungen« (Festschrift Adolf Lieben und Liebig's Annalen der Chemie, 351. Bd.). Darin heißt es auf p. 464 u. f. wörtlich:

»Bei der Untersuchung der Ytterbiumammoniumoxalate waren mir eigentümliche Erscheinungen aufgefallen, die dafür sprachen, daß das Ytterbium kein einheitlicher Körper sei. Ich verglich zunächst die verschiedenen Fraktionen unter sich und auch mit früher dargestelltem reinen Ytterbium, konnte aber trotz sorgfältigsten Vergleichens keine Anhaltspunkte für die Richtigkeit meiner Vermutung finden. Dessenungeachtet setzte ich das Fraktionieren weiter fort. Nach längerer Zeit gewann ich dann ein Präparat, das bei schwachem Funken in einigen dem Ytterbium überaus charakteristischen Linien im Rot im Vergleiche zu anderen Ytterbiumpräparaten ganz deutliche Intensitätsänderungen aufwies. Bei dem Weiterschreiten des Trennungsprozesses wurden diese Veränderungen allmählich markanter. Einzelne Linien im Rot begannen zu verblassen, andere traten dafür mit um so größerem Glanze auf. Jetzt erst machten sich die Helligkeitsänderungen der Linien auch in den übrigen Teilen des Spektrums bemerkbar.

Als ich dann später, nach langwieriger Fortsetzung der Trennungsprozesse, die am weitesten voneinander abstehenden Ytterbiumfraktionen verglich, trat die völlige Verschiedenheit der beiden Spektren mit großer Deutlichkeit hervor. Mit dem Fortschreiten des Zerlegungsprozesses kam ich dann dahin, daß die reinsten Präparate auch bei starkem Funken im optischen Teile des Spektrums keine gemeinsame Linie mehr besaßen.

Ich photographierte nun die mit Hilfe eines Konkavgitters erzeugten Spektren unter völlig gleichen Versuchsbedingungen in dem Bereiche von λ 4500—2600. Die glasklaren, sehr kontrastreichen Negative boten, direkt verglichen, ein ungemein interessantes Bild. Fast alle Linien waren bei mäßiger Vergrößerung haarscharf. Nur einige waren stark verbreitert, an den Rändern zudem infolge von Lichthofbildungen etwas verwaschen und mehrfach von Geistern umgeben. Die stärksten Platinlinien sowie einige Calciumlinien durchzogen beide Spektren als zarte Linien. Im allgemeinen unterschieden sich die beiden Spektren ziemlich auffallend voneinander, obschon ihnen einzelne sehr intensive Linien augenscheinlich gemeinsam waren. Die stärksten Linien des einen Spektrums fanden sich als schwache Linien in dem anderen wieder, und zwar um so deutlicher, je kürzer die Wellenlängen wurden.

Während also im Gebiete der längeren Wellen von λ 7000—5000 bei okularer Beobachtung die beiden Spektren sich als total verschieden erwiesen, ließ die Photographie des ultravioletten Teiles, ganz abgesehen von den gemeinsamen Linien, diesen Unterschied in beträchtlichem Maße zurücktreten.«

Durch diese ganz bestimmt gehaltenen Ausführungen war der wissenschaftlich exakte Beweis für die erfolgte Zerlegung des Ytterbiums in zwei neue Körper erbracht worden. Das schien mir zur Wahrung der Priorität vollauf genügend. Ich unterließ es daher, meinen vorläufigen Mitteilungen einzelne Näherungswerte über die Wellenlängen oder die Atomgewichte beizufügen. Was übrigens die letzteren anbelangt, so will ich bemerken, daß ich sie bereits im Jahre 1906 jedem, der danach fragte, mitgeteilt habe. So gab ich zu wiederholten Malen für die eine Konstituente des Ytterbiums — das Cassiopeium — den Wert $C_p = 174 \cdot 28$, für die andere — Aldebaranium — den Wert $A_d = 172 \cdot 52$ bekannt. Ferner sei noch betont, daß ich um jene Zeit meine Arbeiten in keinerlei Geheimnis mehr gehüllt habe; sowohl ich wie auch meine Assistenten gaben über die neuen Körper anderen Forschern auf deren Anfragen hin stets bereitwilligst Auskunft.

Schließlich sei noch erwähnt, daß in der oben zitierten Arbeit auch der Beginn und der Verlauf der Trennungsercheinungen gekennzeichnet ist. Für denjenigen, der neue Trennungsvorfahren anwenden wollte, war das von nicht zu unterschätzendem Wert.

Auf Grund meiner Erfahrungen kann ich sagen, daß es unter den gegebenen Umständen einem mit dem nötigen Material ausgerüsteten Chemiker keine Schwierigkeiten hätte bereiten können, innerhalb eines halben Jahres etwa, vorausgesetzt, daß er sich nicht mit ganz unzulänglichen Trennungsmethoden abmühte, die Spaltungsprodukte des Ytterbiums soweit zu reinigen, daß die Intensitätsänderungen der Linien der Funkenspektren schon deutlich zu erkennen und damit die den einzelnen Körpern zugehörenden Hauptlinien auswählbar gewesen wären.

Nach alledem, was ich über die Zerlegung des Ytterbiums bekanntgemacht habe, durfte ich wohl mit Recht annehmen, daß man mir zur gründlichen Ausarbeitung dieser mit unend-

licher Mühe und großen Kosten verbunden gewesenen Entdeckung auch die nötige Zeit lassen werde.

Ein Jahr etwa nach meiner letzten Veröffentlichung waren diese mühsamen Arbeiten abgeschlossen worden und gegen Ende 1907 lag die etwas umfangreich gewordene Abhandlung druckfertig vor.

Da veröffentlichte G. Urbain anfangs November seine erste Notiz: »Un nouvel élément: le lutécium, résultant du dédoublement de l'ytterbium de Marignac.« *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 145, p. 759.

Die wichtigsten Stellen dieser Arbeit sind in der Beilage (3) abgedruckt.

Diese Arbeit, die nach keiner Richtung hin abgeschlossen ist, trägt ersichtlich den Stempel der Eilfertigkeit an sich.

Bestimmte Atomgewichte werden nicht angegeben. »Das Atomgewicht des Neo-Ytterbiums wird nicht weit entfernt von 170 sein und das Atomgewicht des Luteciums nicht viel höher als 174 liegen.« Das ist eine für die Ytterbiumelemente durchaus ungenügende Angabe, insbesondere wenn man berücksichtigt, daß das Atomgewicht des Ytterbiums = $173\cdot 0$, das der zweiten Konstituente des Ytterbiums — des Aldebaraniums — aber $172\cdot 90$ ist.

Daß Urbain's Fraktionen sich zur Zeit seiner ersten Veröffentlichung noch im Zustande starker Verunreinigung befanden, geht überdies aus den von ihm mitgeteilten Beobachtungen und Messungen der Funkenspektren hervor. Er sagt: »Unabhängig von diesen Linien (Tu-Linien) zeigten die beiden Spektren eine große Anzahl gemeinsamer Linien von gleicher Stärke. Diese Linien sind jene, welche die Hauptmenge des Ausgangsmaterials kennzeichnen, von dessen Verunreinigungen (Thulium und ein neues Element) sich die eine am Kopfe, die andere am Schwanz meiner Fraktionen ansammle.«

Er sagt dann weiter unter 2: »Die folgenden Linien sind die kennzeichnenden Linien des neuen Elementes. Innerhalb der Grenzen, zwischen denen ich meine Messungen ausgeführt habe, geben diese 34 Linien das relativ sehr vollständige Funkenspektrum des neuen Elementes.«

Wir wollen diese Angaben etwas schärfer ins Auge fassen. Zunächst habe ich zu bemerken, daß sich fünf dieser Linien in meinen Aufnahmen des Cassiopeiumspektrums nicht finden. Es sind die folgenden: 2798·3, 3080·3, 3183·5, 3275·5 und 3506·8. Eine dieser Linien, nämlich 2798·3, gehört dem Aldebaranium an. 3080·3 und 3506·8 dürften Thorlinien sein (siehe Wellenlängentafeln von F. Exner und E. Haschek).

Weiters sei hervorgehoben, daß unter den 34 Linien, die nach Urbain das »neue Element« kennzeichnen sollen, die starken und charakteristischen Linien 2796·75, 3279·15, 3281·87 und 3507·56 fehlen. Das ist umso auffallender als Urbain es nicht unterlassen hat in seiner Liste selbst solche Linien aufzuzählen, die nur zu den ganz schwachen Linien des Cassiopeiumspektrums zählen.

Urbain spricht auch von den Banden der Funkenspektren. Er sagt, daß die Bande (λ 517·5—513) dem neuen Element angehören dürfte. Das ist nicht genau, denn diese Cp-Bande läßt sich bis 520 deutlich verfolgen.

Die im Blau liegende Bande (λ 466—472·5), die charakteristischste und schönste Bande des Cassiopeiumspektrums, wird nicht erwähnt.

Die Urbain'schen Angaben sind somit zur Identifizierung des Spektrums des Cassiopeiums nicht brauchbar.

Daß Herr Urbain zur Zeit seiner ersten Veröffentlichung die wirkliche Zerlegung des Ytterbiums noch nicht geglückt war, steht nach den obigen Ausführungen fest. Demzufolge lag auch gar kein Grund vor, die stark verunreinigten Spaltungsprodukte, die naturgemäß jede Prüfung auf Homogenität ausgeschlossen, mit neuen Namen und Symbolen auszustatten.

Seine am Schlusse angeführte Bemerkung: »Herr Auer v. Welsbach hat kürzlich angekündigt, daß die Fraktionierung der Ammondoppeloxalate des Ytterbiums ihm Gelegenheit gegeben hatte, spektroskopische Abweichungen zu beobachten, die er nicht genau gekennzeichnet hat. Er hat keinerlei Messung der Linien, die er zwischen λ 7000 und λ 5000 beobachtet hat, gegeben und hat die Elemente, deren Vorhandensein er im alten Ytterbium vermutet, nicht unterschieden«, erledigt sich nach dem oben mitgeteilten Wortlaut von selbst.

Wenige Tage, nachdem ich auf das Erscheinen der Notiz Urbain's aufmerksam gemacht worden war, überreichte ich meine Arbeit der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien unter dem bereits 1905 angekündigten Titel: »Die Zerlegung des Ytterbiums in seine Elemente« (Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. CXVI, Abt. II b, Dezember 1907).

Diese Arbeit knüpft direkt an meine Abhandlung »Über die Elemente der Yttergruppe« an und bestätigt alle Angaben, die ich in meinen früheren Veröffentlichungen gemacht habe. Sie enthält die Atomgewichtsbestimmungen, die Wellenlängentabellen sowie die naturgetreuen, durch Bromsilberdruck vervielfältigten Spektrogramme der neuen Elemente für den Bereich von 6130—2570.

Einige der wichtigsten Stellen dieser Arbeit sind in der Beilage (4) wiedergegeben.

Um diese Arbeit weiteren Kreisen leicht zugänglich zu machen, erkläre ich mich bereit, sie — soweit mein Vorrat reicht — jedem Fachgenossen auf Verlangen zur Verfügung zu stellen.

Urbain hat später noch einiges über die Ytterbiumelemente veröffentlicht, was ich jedoch im Grunde genommen übergehen kann, weil es weder für die Prioritätsfrage noch auch sonst von besonderem Belang ist.

Nur kurz erwähnen möchte ich noch, daß ihm in seiner zweiten Publikation, die im Februar 1908 der Akademie in Paris überreicht worden ist, bei Besprechung meiner oben zitierten Arbeit, die übrigens erst im Mai 1908 zur Ausgabe gelangte, das Malheur passiert ist, nicht nur die von mir gefundenen Atomgewichte teilweise unrichtig anzugeben, sondern auch zu behaupten, daß ich mich begnügt hätte zu sagen, daß Unterschiede in ihren Spektren (der Ytterbiumelemente) beständen, die ich aber nicht angegeben hätte. Er sagt dann noch, das Aldebaranium sei sicher identisch mit dem Lutecium und das Cassiopeium mit dem Neo-Ytterbium. Richtig sollte es wohl heißen: Das Cassiopeium hat mit dem Lutecium nicht viel, das Aldebaranium aber mit dem Neo-Ytterbium fast gar nichts zu tun.
