# Die seltenen Erden im periodischen System.

Von Carl Renz.

Mit 1 Figur im Text.

Die Mehrzahl der seltenen Erden beeinträchtigt bekanntlich das sonst harmonische Bild des periodischen Systems in hohem Grade.

Die unteren Glieder der seltenen Erdenfamilie stehen zwar an ihren richtigen Plätzen im System, so das Scandium, Yttrium und Lanthan in der dritten Gruppe, während bereits das Cer eine schwankende Haltung zwischen der dritten und vierten Gruppe einnimmt.

Ausgesprochener prägt sich die Anomalie dann beim Praseodym aus und erstreckt sich auf sämtliche folgende Glieder der Gruppe bis hinauf zu den schwersten Typen der Yttererden.

Jener Hauptteil der seltenen Erden sollte seinen Atomgewichten und Ordnungszahlen nach die regulären Plätze der großen Lücke in der Mitte des Systems ausfüllen, dem widerspricht aber ihr chemisches und physikalisches Verhalten, das sie sämtlich der dritten Gruppe zuweist.

Die erforderliche Gleichmäßigkeit des periodischen Gesetzes wird daher sowohl durch die Anordnung dieser aperiodischen seltenen Erden nach ansteigenden Atomgewichten, wie nach zunehmender Kernladung aufs empfindlichste gestört, während sonst im allgemeinen beide Anordnungen mit den chemischen Periodizitäten übereinstimmen. Die Abweichungen von diesen Zusammenhängen gehen daher zweifellos auf tieferliegende Ursachen zurück, um so mehr, nachdem jetzt auch die früher noch im ersten Fall beim Argon, Tellur und Kobalt infolge zu hoher Atomgewichte bestandenen Widersprüche auf Grund ihrer Röntgenspektren wenigstens in dieser Hinsicht behoben sind.

Über die Einreihungsfrage der aperiodischen seltenen Erden

liegt zurzeit eine schon ziemlich umfangreiche Literatur vor, auf die verwiesen sei.[1])

Am besten tragen jedenfalls diejenigen Vorschläge dem allgemeinen Charakter der seltenen Erden Rechnung, die die aperiodischen Glieder dieser eng zusammengehörigen Gruppe als untrennbares Ganzes auffassen, wie u. a. die Einordnung von B. Brauner, der die seltenen Erdmetalle vom Cer bis Lutetium in ein Fach zusammendrängt und sie gleichsam als Knotenpunkt der achten Reihe zwischen Cer und Tantal betrachtet oder die Zusammenstellung von E. Baur, der sie als besondere Gruppe in paariger Anordnung zwischen Cer und Tantal bzw. vierter und fünfter Gruppe einfügt.

In der schraubenförmigen Darstellung des periodischen Gesetzes von F. Soddy bilden die aperiodischen seltenen Erdelemente zwischen Cer und Tantal eine einfache Schleife, die jedoch zutreffender in die dritte Gruppe verlegt wird, anstatt wie bei Brauner in die vierte. Auch B. Steele, H. Biltz und R. J. Meyer sind für die dritte Gruppe.

R. Vogel bringt die Zusammengehörigkeit der höheren seltenen Erden als horizontal gestellter neunter natürlicher Gruppe des periodischen Systems dadurch zum Ausdruck, daß er sie innerhalb der kongruenten Schraubengänge der normalen Elemente auf einer engeren, etwas exzentrisch orientierten Windung anordnet, die bereits beim Barium abbiegt und beim Tantal wieder in den normalen Schraubengang einmündet. Hierdurch wird nicht nur das Cer, sondern auch das Lanthan in die anormale Reihe einbezogen.

Die Gesamtheit der eigentlichen seltenen Erdmetalle[2]) bildet

---

[1]) J. W. Retgers, *Z. f. phys. Chem.* **16** (1895), 651; B. D. Steele, *Chem. News* **84** (1901), 245; H. Biltz, *Ber. chem. Ges.* **35** (1902), 562; B. Brauner, *Z. f. anorg. Chem.* **32** (1902), 1; A. Reychler, *Les théories physico-chemiques* **3** (1903), 50; G. Rudorf, *Z. anorg. Chem.* **37** (1903), 177 und Das periodische System (1904), 247; Benedicks, *Z. anorg. Chem.* **39** (1904), 41; A. Werner, *Ber. chem. Ges.* **38** (1905), 914; B. Brauner, *Z. f. Elektrochemie* **14** (1908), 525; E. Baur, *Z. f. phys. Chem.* **76** (1911), 583; R. J. Meyer, Die Analyse der seltenen Erden 1912 (die diesbezüglichen Abschnitte wurden hier kurz referiert) und Die Naturwissenschaften **2** (1914), 781; F. Soddy, Die Chemie der Radioelemente II. Teil. Die Radioelemente und das periodische Gesetz. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1914; R. Vogel, Über das Verhältnis der seltenen Erdmetalle zum periodischen System, *Z. anorg. u. allg. Chem.* **102** (1918), 177; Leo Graetz, Die Atomtheorie nach ihrer neuesten Entwicklung, Tabelle 4; K. Fajans, Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen, Tabelle 9.

[2]) Exkl. Zirkonium und Thorium, die vielfach noch zu den seltenen Erden gezählt werden.

jedenfalls eine einheitliche und eng zusammengedrängte Gruppe von Elementen, bei denen sich keine prinzipiellen Unterschiede in den Eigenschaften der einzelnen elementaren Individuen festhalten lassen. Mit ansteigenden Atomgewichten und Ordnungszahlen verschieben sich die Affinitäten und Löslichkeiten ihrer Verbindungen sozusagen unmerklich, wobei äußerliche Kennzeichen nur in der Färbung der Salze und Oxyde mancher Typen hervortreten. Die eigenartig zarten Nuancen der festen, wie gelösten Salze der bunten Erden finden sich jedoch niemals bei einfachen Salzen anderer anorganischer Stoffe.

Ihrem Grundcharakter und ihrer beständigen dreiwertigen Oxydationsstufe nach gehören die seltenen Erdmetalle zur dritten Gruppe des periodischen Systems. Die elektrische Leitfähigkeit ihrer wäßrigen Salzlösungen, die Molekulargewichtsbestimmungen ihrer Chloride und die Atomwärme der Metalle der Ceriterden spricht deutlich hierfür. Daran ändern auch einige Nebenvalenzen nichts, die beim Praseodym und Terbium mit höheren Oxyden und beim Europium und Samarium mit Subchloriden bekannt sind.

Nur das Cer geht neben dreiwertigen auch vierwertige Verbindungen mit stabilen Salzen ein, so daß hiernach seine Eingruppierung, wie schon bemerkt, nicht eindeutig feststeht. Das Verhalten des elementaren Cers gegenüber den Metallen der vierten Gruppe verlangt indessen nach R. Vogel seine Loslösung von der Titan-Thoriumreihe. In den natürlichen Komplexen der seltenen Erden scheint das Cer ebenfalls eine Sonderstellung einzunehmen, indem es die Gemische der anderen Erden nach Art der Spinelle oder Manganite an sich gebunden hält.

Ihrer nahen Verwandtschaft entsprechend, treten die seltenen Erden in der Natur, trotz ihrem sporadischen Vorkommen, in der Regel zusammen auf, und zwar meist derart, daß gruppenweise je eine Untergruppe Hauptbestandteil und dann die andere Nebenbestandteil ist; nur selten sind entweder Cerit- oder Yttererden allein vorhanden. Mehrere Mineralien enthalten sogar Praseodym und Neodym in einem konstanten Mengenverhältnis 1 : 2. Lediglich das Scandium erscheint als erster Repräsentant der Reihe auch selbständig außerhalb der spezifischen Mineralien.

Die seltenen Erden stehen sich daher in jeder Hinsicht untereinander so nahe, daß bei ihnen die bei anderen Elementen zur Isolierung und Erkennung üblichen Methoden versagen. Da sie sich in ihrem analytischen Verhalten, wiederum abgesehen vom Cer

in seinem vierwertigen Zustand, nur graduell unterscheiden, kann ihre Trennung nur durch Fraktionierung, wie fraktionierte Fällungen bzw. Zersetzungen oder fraktionierte Kristallisationen erfolgen; ihre genaue Identifizierung ergibt ihr Spektrum.

Die Basizität schwächt sich vom Lanthan stufenweise ab. Beim Übergang von den Cerit- zu den Yttererden scheint dann einsetzend mit dem Gadoliniumoxyd wieder eine Verstärkung der Basizität einzutreten, worauf sich wieder ein regelmäßiges Abklingen durch die Reihe der Yttererden hindurch vollzieht. Die Basizität ändert sich also nicht kontinuierlich, sondern man kann zwei Reihen La-Sm und Gd-Lu unterscheiden, es handelt sich daher um eine sich nach kurzem Wiederaufflackern in der Mitte in abgeschwächt wiederholtem Rhythmus bewegende Entwicklung.

Die Bestimmung des Hydrolysengrades der Chloride spricht ebenfalls für eine absteigende Unterreihe vom Lanthan bis Europium; darauf folgt ein vorübergehender Anstieg bis zum Gadolinium und von hier ab eine zweite parallele Unterreihe, dann eine dritte wieder ansteigende Reihe beginnend beim Thulium (nach R. J. Meyer).

Die Löslichkeitskurve der Oxalate zeigt eine Abnahme der Löslichkeit vom Lanthan bis Europium, darauf vom Gadolinium eine Zunahme bis zum Thulium und ein abermaliges Abfallen (nach R. J. Meyer).

Trotz dieser Oszillationen bildet aber die seltene Erdengruppe im allgemeinen eine gleichartig weiterlaufende Formenreihe, innerhalb der sich die Eigenschaften von Glied zu Glied nur schrittweise verändern.

Ihr ganzes Verhalten, sowie ihr stetes Zusammenvorkommen in der Natur stimmt daher weitaus besser mit den sonst in den vertikalen Homologenreihen, d. h. den natürlichen Familien, obwaltenden Verhältnissen überein, als mit den Beziehungen, die unter benachbarten Elementen der Horizontalreihen bestehen. Außerdem ähneln sich aber selbst die auseinanderliegenden Glieder noch mehr, als etwa zwei sich unmittelbar folgende homologe Stufen der anderen Reihen. Die der Homologie wesensverwandten Züge weisen auf einen inneren Zusammenhang der aperiodischen seltenen Erdengruppe mit den vertikalen Homologenreihen hin.

Unter Zugrundelegung des Gesamtverhaltens der aperiodischen seltenen Erdmetalle habe ich versucht, ihre anormale Stellung im Rahmen des periodischen Systems durch nebenstehende An-

ordnung (Fig. 1) zum Ausdruck zu bringen. Als Basis zur Einzeichnung diente ein Ausschnitt aus der allgemeinen Schraubenform des periodischen Gesetzes von F. Soddy.[1])

Das langsame Ansteigen der Elementenreihe in den normalen Schraubenwindungen würde nach Erreichung des Lanthans in einen weit steileren Aufstieg übergehen und zwar derart, daß sich die einzelnen elementaren Glieder im Bezirke der aperiodischen seltenen Erden um eine gedachte Achse, die mit der Vertikalachse Scandium-Yttrium-Lanthan-Actinium zusammenfällt, in zwei ihr angenäherten, stark verengten, langgezogenen Spiralen hinaufwinden. Bei der Einzeichnung in die hierbei direkt von oben zu betrachtende zylindrische Aufwicklung wurde der Deutlichkeit halber ein etwas weiterer Krümmungsradius der Sonderspiralen beibehalten.

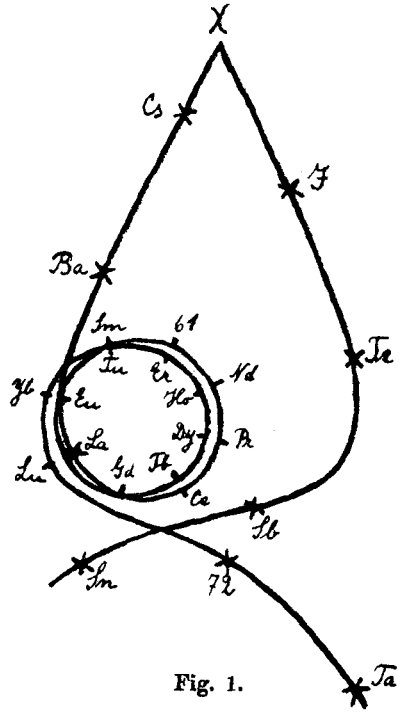

Fig. 1.

Das Hinaufwinden der Sonderspiralen um die betreffende Homologenachse verkörpert die allgemeine Zugehörigkeit der seltenen Erden zu einer, d. h. der dritten Gruppe (a-Reihe).

Der Abstand zwischen den einzelnen Elementen wird in den verjüngten Spiralen gegenüber der Distanz in den weiteren Normalwindungen entsprechend verkürzt, da die Entwicklung in den letzteren einen längeren Weg zu nehmen hat, um dieselbe Höhe zu gewinnen.

In der steilen aperiodischen seltenen Erdenreihe wächst lediglich die Kernladung gleich der jeweiligen Zunahme in den schwach geneigten Horizontalreihen, während sich in der planetaren Anordnung und Ausgestaltung der äußeren Elektronenhüllen, auf der die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Elemente beruhen, in Übereinstimmung mit der allgemeinen Gleichartigkeit der seltenen

[1]) F. Soddy, Die Chemie der Radioelemente. II. Teil. Die Radioelemente und das periodische Gesetz. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1914. S. 21, Fig. 3.

Erdengruppe, keine eingreifenden Änderungen vollziehen werden. Dabei ist auch zu beachten, daß das übernächste Homologe des Lanthans, das Actinium, dem Lanthan wieder chemisch analog wird.

Hieraus ergibt sich im Verein mit der Spiralenorientierung um die Homologenachse, daß der Zunahme der Kernladung um eine Einheit, die sonst entlang der Horizontalreihen mit stark ausgeprägten Periodenschwingungen des chemischen Charakters einhergeht, nur ein geringfügiges Hin- und Herpendeln der Eigenschaften um einen bestimmten Eigenschaftstyp folgt, wodurch periodische Schwankungen nurmehr angedeutet werden.

Bei den sich nach dem Basizitätsabfall usw. abhebenden Unterreihen könnte es sich auch schon deshalb nicht mehr um richtiggehende Perioden handeln, weil sie nicht mit den Anfangsgruppen, sondern erst in der dritten Gruppe beginnen.

Für die graphische Abgrenzung dieser Unterreihen ist zunächst noch zu bemerken, daß nach den Röntgenspektren ein weiteres, zurzeit unbekanntes Glied der aperiodischen Gruppe zu erwarten ist, nämlich ein Zwischenglied mit der Ordnungszahl 61 zwischen Neodym und Samarium. Außerdem fehlt noch ein Element mit der Ordnungszahl 72 als Übergang vom Lutetium zum Tantal.

Ferner nähert sich als Folge der naturgemäß nicht abrupt, sondern ausgeglichen in den Steilaufstieg übergehenden Sonderspiralen der Ausschlag mit dem Cer noch am meisten dem Normalplatz des Elementes Nr. 58 im System, wodurch die Zwischenstellung des Cers zwischen beiden Gruppen klar heraustritt. Am oberen Ende der Reihe wird daher eine entsprechende, jedoch entgegengesetzt ausholende Bewegung als Übergang zum Tantal zu erwarten sein.

Hierdurch ist die gegenseitige Verschiebung der beiden an sich schon abweichenden Spiralen gegeben, während die Achse beim Lanthan eine mehr randständige Lage einnimmt.

Nach der Abschwächung der Basizität lassen sich, wie gesagt, zwei Unterreihen annehmen, und zwar die erste vom Lanthan bis Europium, die zweite nach einer vorübergehenden Verstärkung bis zum Gadolinium mit weiter abnehmender Tendenz. Die erste Spiralwindung verläuft demgemäß als Ceriterdenspirale vom Lanthan bis zum Europium bzw. Gadolinium als Übergangsgliedern, die zweite vom Gadolinium ab weiter als Ring der oberen Yttererden.

Anfangs deckt sich diese Linie mit den Bestimmungen des Hydrolysengrades der Chloride, beim Thulium beginnt jedoch hier wieder ein rasches Ansteigen. In letzterem Fall befinden sich, ebenso

wie nach der Löslichkeitskurve der Oxalate, Minima beim Europium am Anfang der engen inneren Schleife und die nächsten Drehpunkte beim Thulium an ihrem Ende, während der Spiralast zwischen Barium und Lanthan an der Kreuzung zwischen Thulium und Yttrium bereits eine weitere Etage tiefer liegt.

Demnach ist nicht nur eine Windung anzunehmen, sondern zwei Sonderspiralen, um so mehr als auch die Lücke des Systems, die die aperiodischen seltenen Erden (nebst La u. Nr. 72) überbrücken, rein zahlenmäßig[1]) zwei Schleifen zu je 8 Gliedern Raum bieten würde. Ferner wurden die aperiodischen Erden zusammen mit den vorhandenen normalen Elementen vom Xenon bis Lanthan und ab Tantal drei Horizontalreihen ausfüllen, allerdings in der Mitte ohne Einbeziehung der äußeren Übergangsglieder (0 und VIII. Gruppe), die aber begreiflicherweise bei einer Verengerung der Schraubengänge ohnehin zuerst wegfallen dürften.

Vergleicht man die Ordnungszahlen der unter dieser Voraussetzung hypothetisch ausgefüllten Lücke, so hat Europium die gleiche Ordnungszahl 63, wie das nächste normale Cadmiumhomologe und das Gadolinium (64), wie das nächste Indiumhomologe, stehen also hiernach in deren Höhenverhältnis gegenüber der Homologenachse der $a$-Reihe der dritten Gruppe.

Ordnet man übrigens die aperiodischen Erden auf zwei anschließenden normalen Schleifen der Achterfigur Soddys nach ihren Ordnungszahlen regelrecht ein, so kommen Europium und Gadolinium auf die Übergangskurve der achten Gruppe; geht man jedoch unter Nichtbesetzung dieser Gruppe weiter, so erhält das Thulium seinen Platz an der Spitze in der Gruppe 0. Das Thulium bildet auch bei den verwischten periodischen Unterreihen einen ausgesprocheneren Wendepunkt, während Europium - Gadolinium mehr Übergangscharakter zeigen.

Das Gadolinium als Anfangsglied der zweiten Unterreihe ist zugleich auch das Mittelglied der Gesamtreihe zwischen Lanthan und Lutetium, das die dem nächsten normalen Lanthanhomologen zukommende Ordnungszahl 71 besitzt.

Das Lutetium paßt jedoch unter der Annahme, daß sich der positive Charakter eines Elementes durchweg innerhalb einer Homologengruppe in ansteigender Richtung verstärkt, nicht an diese Stelle, denn es ist nächst dem Scandium das schwächste positive

[1]) Vgl. auch die Atomgewichtszunahme, die zwischen Krypton-Jod 44 und zwischen Barium-Tantal 44,13 beträgt.

Element der Cerit- und Yttererden, das Lanthan hingegen das stärkste. Das Lutetium steht deshalb zwar in senkrecht paariger Anordnung zum Lanthan, aber schon abseits der Homologenachse auf dem zum Tantal führen den Spiralast, womit sich sein unvollkommen homologes Verhalten erklären würde.

Abgesehen davon, scheinen aber in der oberen Partie des Systems derartige regelmäßige Abstufungen nicht mehr vorzuliegen, da das Actinium als Endglied der Homologenreihe wieder chemisch analog dem Lanthan wird. Stünde das Lanthan nicht an seiner richtigen Homologenstelle, sondern außerhalb des Hauptverbandes in der aperiodischen Reihe, wie dies bei einer Abzweigung der Reihe schon vom Barium der Fall wäre, so wäre das Actinium ausnahmsweise ein chemisches Analogon von einem Glied der aperiodischen Gruppe, während sich sonst die chemische Analogie der Radioelemente auf vorhergehende normale Homologe erstreckt.

R. Vogel entfernt, wie eingangs bemerkt, das Lanthan von seiner normalen Stelle im Periodenverband und bezieht es wie das Cer infolge ihrer binären elementaren Verbindungen mit Metallen der dritten Gruppe in den aperiodischen Kreis ein.

Zunächst sind derartige Verbindungen beim Lanthan noch nicht durchgängig untersucht und, abgesehen davon, spricht sonst nichts gegen die Homologenstellung des Lanthans gegenüber dem Yttrium. Hierbei ist auch das stete Zusammenvorkommen der seltenen Erden einschließlich ihrer unteren Glieder zu berücksichtigen.

Übrigens läßt eine schon vom Barium ausgehende Abzweigung der aperiodischen Reihe ohne weiteres eine entsprechende Konstruktion der hier angenommenen Spiralenanlage zu, bei der die Homologenachse mit der eigentlichen Lanthanstelle nur mehr nach innen rückt, desgleichen eine Anordnung auf nur einer Schleife.[1])

Nachdem so zuerst einige Hauptpunkte auf den aperiodischen Sonderspiralen fixiert waren, wurden die übrigen Glieder nach ihrer Reihenfolge auf die dazwischenliegenden Lücken verteilt.

Die beiden Maxima des Magnetismus beim Neodym und Holmium (nach den Magnetisierungskoeffizienten der Oxyde von Urbain) stehen in den Schleifen paarweise neben, d. h. übereinander und dem Lanthan diametral gegenüber.

---

[1]) Europium-Gadolinium stünden hierbei von oben gesehen dem Lanthan gegenüber, während das Thulium die Stelle neben dem Lanthan (in dem reduzierten Abstand der übrigen Glieder) am Spiralenschnittpunkt zwischen La-Ba bzw. Yb-Er einnimmt. Die Lage des Lutetiums bliebe unverändert.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die korrespondierenden Elemente der Sonderspiralen in ihren Salzen meist auch eine gleichartige Färbung zeigen, wie Dy-Pr, Nd-Ho usw.

Sobald man dazu übergeht, die außerhalb des Hauptverbandes des Systems stehenden aperiodischen seltenen Erdelemente konform

Tabelle 1.

| Gruppe II | | Gruppe III | | Gruppe IV | | Gruppe V | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b | a | b |
| 20 Calcium | | 21 Scandium | | 22 Titan | | 23 Vanadium | |
| | 30 Zink | | 31 Gallium | | 32 Germanium | | 33 Arsen |
| 38 Strontium | | 39 Yttrium | | 40 Zirkon | | 41 Niob | |
| | 48 Cadmium | | 49 Indium | | 50 Zinn | | 51 Antimon |
| 56 Barium | | 57 Lanthan | | | | | |
| | | 58 Cer | | | | | |
| | | 59 Praseodym | | | | | |
| | | 60 Neodym | | | | | |
| | | 61 — | | | | | |
| | | 62 Samarium | | | | | |
| | | 63 Europium | | | | | |
| | | 64 Gadolinium | | | | | |
| | | 65 Terbium | | | | | |
| | | 66 Dysprosium | | | | | |
| | | 67 Holmium | | | | | |
| | | 68 Erbium | | | | | |
| | | 69 Thulium | | | | | |
| | | 70 Ytterbium | | | | | |
| | | 71 Lutetium | | 72 | | 73 Tantal | |
| | 80 Quecksilber | | 81 Thallium | | 82 Blei | | 83 Wismut |
| 88 Radium | | 89 Actinium | | 90 Thorium | | 91 Proactinium | |

ihrer hier besprochenen Stellung in das übliche tabellarische Schema (Tabelle 1) zu übertragen, kommt man unwillkürlich dazu, sie mit dem Lanthan als Anfangsglied und normalen Homologen der Homologen-

reihe Scandium-Yttrium als gleich gerichtete Fortsetzung gemäß ihrer ansteigenden Atomgewichte und Ordnungszahlen anzuschließen.

Sie würden also nach dem tabellarischen Bild vom Lanthan ab gewissermaßen eine fortlaufende Reihe von vertikalen Zwischengliedern oder Metahomologen bilden, in der die einzelnen Glieder nur in kürzeren Abständen aufeinander folgen.

Metahomologe, d. h. also Zwischenglieder zwischen den homologen Stufen, müßten natürlich genau genommen auf einer Geraden übereinander stehen und nicht in engen, die Vertikalachse umschlingenden Spiralen, doch könnte man die Elemente der aperiodischen Reihe in diesem so erweiterten Sinn gleichwohl als metahomologe Elemente ansprechen, wie es auch ihrem ganzen Wesen angepaßt wäre.

Es sei hierbei noch darauf hingewiesen, daß auch ein Vergleich der Atomvolumina zugunsten der vertikalen Orientierung spricht. Nach B. D. Steele und Benedicks sind die Atomvolumina von Pr, Sm, Gd, Er, Yb etwa gleich und müssen nahezu auf einer geraden Linie liegen.

Nach der Grundregel des Systems sollte an einem Platz der Tabelle nur ein Element stehen. Dieser in seiner engen Fassung nicht haltbare Grundsatz wurde von verschiedenen Autoren hinsichtlich der seltenen Erden durchbrochen und von H. Biltz auch mit den von ihm in die VII. Gruppe eingestellten Übergangsgliedern der Achten.

Außerdem werden die Isotope einer Plejade anstandslos an einem Platz des Systems vereinigt und zwar als Zwischenglieder des Abbaues in der Richtung der leichtabfallenden Horizontalreihen. Sie besitzen aber in einer Plejade gleiche Kernladung bei verschiedenen Atomgewichten. Ein Platz im System ist daher ein räumlich nach bestimmten Dimensionen umrissener Elementenbezirk gleicher Kernladung.

Die aperiodischen Erden, deren Kernladung mit zunehmenden Atomgewichten um eine Einheit wächst, wechseln daher bei ihrem scharfen Höherrücken um die Vertikalachse jeweils den Kernladungsbezirk.

Das unbekannte Element mit der Ordnungszahl 72 wurde vorläufig in der Tabelle neben dem Tantal in der vierten Gruppe belassen; je nach seinem Charakter variiert natürlich auch seine Stellung in der schraubenförmigen Darstellung.

Unter der Voraussetzung, daß sich der Aufbau der Materie, ebenso wie es bei deren Abbau bewiesen, jedoch in umgekehrtem Verlauf ebenfalls entlang der Horizontalreihen vollzieht, würde die Aufbauentwicklung in den Steilspiralen der aperiodischen seltenen Erden in die Vertikalrichtung übergehen und nach Erreichung der Höhe des nächsten Lanthanhomologen wieder in die nur schwach ansteigende weite Schleifenlinie der normalen Horizontalreihen einbiegen.

Vom Lanthan bis zum Tantal wird daher auch bei dieser Einordnung der gewöhnliche Gang unterbrochen. Nach dem MOSELEYschen Gesetz blieben sonach die übrigen Plätze der Lücke leer und die beiden Hälften des Systems wären nur durch die Vertikalkette der aperiodischen oder, wenn man so will, metahomologen seltenen Erden miteinander verbunden.

Das seltene Erdenproblem besteht daher im Sinne einer harmonischen Ausgestaltung und symmetrischen Vollkommenheit des periodischen Systems noch weiter, wenn auch die hier außerhalb seines Hauptverbandes vorgenommene Einordnung der Natur dieser Elementengruppe entsprechen dürfte.

In dem Bestreben, für diese Abnormität irgendeine Erklärung zu finden, könnte man zu der Annahme kommen, daß der Aufbau der Materie — im Gegensatz zu ihrem Abbau entlang der Horizontalreihen — in der bei den seltenen Erden als Zwischengliedern besprochenen Art über die Vertikalreihen vor sich geht. Dem widersprechen das MOSELEYsche Gesetz, sowie die bisherigen Erfahrungen bei den Isotopen, andererseits ist aber auch die Entwicklung der Atomtheorie noch nicht abgeschlossen.

***Lugano,*** *Laboratorium des Verfassers.*

**Bei der Redaktion eingegangen am 13. Januar 1922.**