

### 355. L. F. Nilson und Otto Pettersson: Ueber das Atomgewicht und die wesentlichen Eigenschaften des Berylliums.

[Der K. Akad. der Wissensch. zu Stockholm am 9. Juni 1880 mitgetheilt.]<sup>1)</sup>

(Eingegangen am 12. Juni; verlesen in der Sitzung von Hrn. A. Pinner.)

Vor einigen Jahren theilten wir die Ergebnisse unserer Messungen der specifischen Wärme des Berylliums mit<sup>2)</sup>, und da dieselbe zwischen  $0-100^{\circ}$  zu  $0.4083$  gefunden wurde, zogen wir daraus den Schluss, dass das Berylliumatom nicht zweiwerthig sein konnte, denn die Atomwärme  $9.2 \cdot 0.4083$  ist  $= 3.76$ ; vielmehr musste die Erde  $= \text{Be}_2\text{O}_3$  und das Atomgewicht  $= 13.8$  gesetzt werden, denn in diesem Falle wird die Atomwärme des Metalls  $13.8 \cdot 0.4083 = 5.64$  in Uebereinstimmung mit dem Dulong-Petit'schen Gesetze.

Da indessen ein Metall mit diesem Atomgewichte in Mendelejeff's und Lothar Meyer's systematischer Classification der Grundstoffe seine Stelle zwischen  $C = 12$  und  $N = 14$  finden würde, wohin ein dreiwerthiges Element doch nicht passt, glaubte der letztere Forscher die Ansicht aussprechen zu können<sup>3)</sup>, dass, wenn Beryllium wirklich dreiwerthig ist, sein Aequivalent von v. Awdéeff zu hoch ( $4.6$ ) gefunden ist, forderte uns deshalb auf unser reines Berylliummaterial zu einer neuen Bestimmung desselben zu benutzen und zweifelte nicht, dass wir einen Werth zwischen  $3.6-3.9$  finden würden, denn in diesem Falle würde nämlich  $\text{Be} = 11.0-11.5$  seinen Platz zwischen  $\text{Bo} = 11$  und  $C = 12$  als das erste Glied der Aluminiumgruppe einnehmen können. Auch ein anderer Punkt schien demselben Gelehrten weiterer Aufklärung zu bedürfen, ehe die von uns für die specifische Wärme des Berylliums gefundene Zahl vor der von Reynolds bestimmten der Vorzug gegeben werden konnte, nämlich der Umstand, dass die Atomwärme des im Berylliumoxyd gebundenen Sauerstoffs, wenn dasselbe  $= \text{Be}_2\text{O}_3$  wäre, viel zu klein, nämlich  $2.47$  wird, während dieselbe sich bei anderen Oxyden nicht kleiner als  $3.5$  und nicht grösser als  $5.1$  ergibt. Auf Grund dieses Mangels an Uebereinstimmung glaubte er annehmen zu können, dass in unseren Beobachtungen ein constanter Fehler vorhanden sein könnte, welcher alle Bestimmungen zu klein habe ausfallen lassen. — In einer Erwiderung<sup>4)</sup> richteten wir alsbald die Aufmerksamkeit auf die Unzuverlässigkeit von Reynolds' specifischer Wärmebestimmung, führten dann einige Gründe für unsere Ueberzeugung an, dass der einzige Gewinn einer neuen Aequivalentbestimmung nur darin bestehen würde,

1) Öfvers. af k. Sw. Vet. Akad. Förhandl. 1880 No. 6.

2) Diese Berichte XI, 381, ausführlich Wiedemann's Ann. 4, 554.

3) Diese Berichte VI, 576.

4) Diese Berichte XI, 906.

das Verhältniss des Metalls und des Sauerstoffs in der Erde um eine oder vielleicht noch um eine zweite Decimale genauer als vorher festzustellen, zeigten ferner, dass die Atomwärme des Sauerstoffs in der Thonerde, wenn man von Neumann's Bestimmung ihrer Molekularwärme ausgeht, beinahe gleich der aus unseren Versuchen hergeleiteten Zahl für den Sauerstoff der Beryllerde ist und dass sogar die Molekularwärme jener Erde für  $\text{Be}_2\text{O}_3$  einen unstreitigen Beweis für unsere Ansicht lieferte. — Gleichzeitig veröffentlichte Hr. Brauner <sup>1)</sup> in Prag einen Aufsatz, worin er hervorhebt, dass wir nur einen Umstand bei unserer Schlussfolgerung hinsichtlich der Atomwärme des Berylliums unbeachtet gelassen hätten, dass nämlich immer noch die Möglichkeit vorhanden sei, dass das Atomgewicht des Be = 9.2 und sein Oxyd = BeO sei. Es ist nicht unwahrscheinlich, sagt er, dass, ebenso wie den Elementen Bo = 11 und C = 12 zwischen 0–100° Atomwärme bis zu 3.1 und 2.5 statt 6.5 zukommen, auch das ihnen nahestehende Beryllium eine Atomwärme von nur 3.8 besitzen wird. — Endlich haben wir noch eine Arbeit zu erwähnen, welche auch die angeregte Frage ein wenig berührt, nämlich eine Abhandlung des Hrn. Carnelley in London, welcher auf Grund zweier Schmelzpunktsbestimmungen für Chlor- und Bromberyllium, welche mit einigen von ihm angestellten Berechnungen nicht eintreffen, wenn diese Verbindungen als  $\text{BeR}_3$  oder  $\text{Be}_2\text{R}_6$  anstatt als  $\text{BeR}_2$  geschrieben werden, kurz erklärt, dass unsere specifischen Wärmebestimmungen des Berylliums unrichtig sind, Reynolds dagegen zuverlässig.

Diese Bemerkungen zu der von uns ausgesprochenen Ansicht und die Aufforderungen zu neuen Arbeiten, welche die geehrten Verfasser an uns richteten, haben uns Anlass gegeben die interessante Frage durch experimentelle Untersuchungen noch weiter aufzuklären; die Resultate derselben wollen wir hier in aller Kürze mittheilen.

Das einfachste Mittel das Aequivalent des Berylliums festzustellen wäre ohne Zweifel durch Titriren mit Silbernitrat den Chlorgehalt des sublimirten Chlorids zu bestimmen. Wir gedachten auch diesen Weg einzuschlagen, mussten aber den Gedanken wieder aufgeben, nachdem wir gefunden hatten, dass das daraus bereitete Berylliumsulfat immer Spuren von Calciumsulfat enthält. Vor Jahren haben wir gezeigt, dass das Chlorid das Glasrohr, worin dasselbe dargestellt wird, in hohem Grade angreift: die beiden Stoffe setzen sich mit einander um zur Bildung von Berylliumsilikat, welches als ein weisses, opakes Häutchen die inneren Wände des Glasrohrs bekleidet und demselben ein porzellanartiges Aussehen mittheilt, und Chloriden von Kalium und Calcium, welche natürlicherweise auch das sublimirte Chlorberyllium sehr leicht verunreinigen können.

<sup>1)</sup> Diese Berichte XI, 873.

Wir wandten uns daher zur Analyse des Sulfats. Die unten angeführten Versuche beziehen sich sämmtlich auf ein Sulfat, welches aus dem sublimirten Chloride dargestellt war. Zu den Versuchen

Versuch	Ein- gewogenes Sulfat	Wasserverlust bei 100—110°		Verlust von H <sub>2</sub> O + SO <sub>3</sub> nach Weissglühen		Beryllerdegehalt		Beryllium-Aequivalent	
	g	g	pCt.	g	pCt.	g	pCt.	Sauerstoff = 8	Sauerstoff = 7.98
1	3.8014	0.7696	20.245	3.2627	85.829	0.5387	14.171	4.556	4.544
2	2.6092	0.5282	20.244	2.2395	85.831	0.3697	14.169	4.552	4.542
3	4.3072	—	—	3.6973	85.840	0.6099	14.160	4.545	4.533
4	3.0091	—	—	2.5825	85.824	0.4266	14.176	4.557	4.550
Mittel	—	—	—	—	85.831	—	14.169	4.552	4.542

1 und 2 benutzten wir das Salz in dem Zustande, wie wir es durch unmittelbares Abtreiben der Chloridlösung mit überschüssiger Schwefelsäure und dreimal erneutes Umkrystallisiren aus wässriger Lösung erhielten, wobei vorhandene Spuren von Calciumsulfat sehr leicht und vollständig entfernt wurden; der Gips blieb nämlich grösstentheils schon in der ersten Mutterlauge zurück. Für die Versuche 3 und 4 schlugen wir dagegen die Chloridlösung mit Ammoniak nieder und stellten aus dem vollständig ausgewaschenen Hydrate durch Abtreiben mit Schwefelsäure das Sulfat dar, welches nachher durch zweimaliges Umkrystallisiren aus Wasser gereinigt wurde. Das so dargestellte Sulfat ist ohne jeden Zweifel ein neutrales Salz, es bildet grosse, ausgezeichnet schöne Krystalle von der Zusammensetzung  $\text{Be}_2 \cdot \text{O}_8 \cdot 3\text{SO}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ . An der Luft hält es sich vollkommen unverändert, giebt bei 100—110° die Hälfte seines Krystallwassers ab und verliert auch die andere Hälfte bei 250°; bei Rothgluth geht die Schwefelsäure grösstentheils und in voller Weissgluth vollständig weg, indem reine Beryllerde zurückbleibt. Das Salz ist also zum fraglichen Zwecke sehr geeignet. Da das wasserfreie Sulfat sehr hygroskopisch ist, zogen wir es vor bei unseren Bestimmungen von dem wasserhaltigen, krystallisirten Sulfat auszugehen, welches sich mit der grössten Schärfe einwägen liess, nachdem dasselbe im fein zertheilten Zustande zwischen Fliesspapier von jeder hygroskopischen Feuchtigkeit befreit war, ohne dabei eine Spur seines Krystallwassers

zu verlieren<sup>1)</sup>. Die einzige Schwierigkeit der Methode bestand nun darin, dass die Beryllerde, welche nach dem Weissglühen des Sulfats im Rückstand blieb, so hygroskopisch war, dass es auf die Gewichtsbestimmung derselben einwirkte. Es gelang indessen diesen kleinen Fehler durch Anwendung von Exsiccatoren mit Phosphorsäureanhydrid gänzlich zu umgehen; der Tiegel wurde bald nach dem Erkalten gewogen; die Empfindlichkeit der Waage von Bunge's Konstruktion war 0.1 mg, die Constantwägungen nahmen nur wenige Augenblicke in Anspruch; die erhaltenen Resultate sind also sehr zuverlässig.

Das Aequivalent des Berylliums ist früher von Berzelius, Awdéeff, Weeren, Debray und Klitzo zu 4.9—4.6 gefunden; aus unseren Bestimmungen berechnet sich ein nur sehr wenig niedrigerer Werth und, wenn die Erde =  $\text{Be}_2\text{O}_3$  ist, wird das Atomgewicht des Berylliums = 13.65; die Annahme, dass wir dasselbe niedriger als  $\text{C} = 12$  finden würden, hatte sich also nicht bewährt.

Im folgenden Aufsatz theilen wir eine ganze Reihe von Bestimmungen specifischer Wärmen mit, welche sämmtliche, bisher genauer bekannten, seltenen Erden umfasst. Sie zeigen, dass die Beryllerde sowohl mit Rücksicht auf Molekularwärme, als Molekularvolumen ihre wahre Stelle unter den Erden  $\text{R}_2\text{O}_3$  einnimmt. Um zu zeigen, wie nahe die Beryllerde in Bezug auf die Atomwärme des darin gebundenen Sauerstoffs mit den Oxyden von Aluminium, Scandium, Gallium und Indium verwandt ist, führen wir unten einige Zahlen an, welche dem folgenden Aufsätze entnommen sind. Bezeichnet  $c$  die specifische Wärme, so berechnet sich die Atomwärme des Sauerstoffs in diesen Oxyden:

	Atomwärme des Sauerstoffs
$\text{Be}_2\text{O}_3 \cdot c = 75.32 \cdot 0.2471 = 18.61$	
$\text{Be}_2 \cdot c = 27.32 \cdot 0.4246 = 11.60$	
	7.01
	3
	= 2.34
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot c = 102.8 \cdot 0.1825 = 18.78$	
$\text{Al}_2 \cdot c = 54.8 \cdot 0.2143 = 11.74$	
	7.04
	3
	= 2.35
$\text{Sc}_2\text{O}_3 \cdot c = 136.0 \cdot 0.1530 = 20.81$	
$\text{Sc}_2 \cdot c = 88.0 \cdot 0.1454 = 12.80$ <sup>2)</sup>	
	8.01
	3
	= 2.67

<sup>1)</sup> Die Atomwärme ist für Scandium normal = 6.4 angenommen.

<sup>2)</sup> Der Theil des Salzes, welcher dabei am Papiere klebte, wurde natürlich nicht mitgenommen.

$$\begin{array}{r}
 \text{Ga}_2\text{O}_3 \cdot c = 184.0 \cdot 0.1062 = 19.54 \\
 \text{Ga}_2 \cdot c = 136.0 \cdot 0.0802 = 10.91 \\
 \hline
 \frac{8.63}{3} = 2.88 \\
 \\
 \text{Jn}_2\text{O}_3 \cdot c = 274.8 \cdot 0.0807 = 22.17 \\
 \text{Jn}_2 \cdot c = 226.8 \cdot 0.0570 = 12.92 \\
 \hline
 \frac{9.25}{8} = 3.08.
 \end{array}$$

Hinsichtlich der gewonnenen Zahlenwerthe bemerken wir: 1) dass die Bestimmungen unter genau gleichen Umständen ausgeführt sind und zwar nach einem und demselben Verfahren, nämlich mittelst Bunsen's Eiscalorimeter, und dass dabei nur chemisch reine Oxyde von genau ermitteltem Molekulargewicht benutzt wurden, woraus folgt, dass die Zahlen unter einander vollkommen comparabel sind; und 2) dass Bestimmungen nach anderen Methoden immer etwas höhere Werthe geben, als die Eisschmelzungsmethode, weil den Messungen nach der letzteren eine grössere Einheit zu Grunde liegt.

Die Atomwärme des Sauerstoffs ist also nach unseren Vergleichsbestimmungen vollkommen identisch bei Beryll- und Thonerde, und die beiden Erden sind die ersten Glieder einer Gruppe von Sesquioxiden, worin die Atomwärme und das Atomvolumen des Sauerstoffs mit steigendem Atomgewichte des Grundstoffes auch zunimmt. Wir haben also gezeigt, dass die Atomwärme des Sauerstoffs in der Beryllerde sich ganz normal ergibt, wenn dieselbe mit  $\text{Be}_2\text{O}_3$  bezeichnet wird.

In unserer ausführlichen Abhandlung (Wiedemann's Ann. 4, S. 583) haben wir schon der von Hrn. Brauner gemachten Bemerkung mit folgenden Worten zuvorzukommen gesucht: „Man kann dagegen nicht einwenden, dass einige Grundstoffe mit niedrigen Atomgewichten wirklich eine sehr geringe Atomwärme haben (Kiesel, Kohlenstoff, Bor), denn es ist kein metallisches Element bekannt, welches dem Dulong-Petit'schen Gesetze nicht folgt.“ Um indessen jeden Zweifel in dieser Hinsicht zu heben, bestimmten wir die spezifische Wärme des Berylliums bei verschiedenen Temperaturen zwischen 0—300°. In diesen Bestimmungen, welche auch nach der Eisschmelzungsmethode ausgeführt worden sind, benutzten wir dasselbe Berylliummetall, wie vorher, nachdem nur das feinste Pulver durch ein Netz von Platin mit 0.25 qmm Oeffnungen in der Vermuthung entfernt war, dass das rückständige in Kügelchen und grösseren Kryställchen vorkommende Metall reiner sein würde, als das ganze Präparat; eine Annahme, welche auch die Analyse desselben bestätigte, denn sie ergab:

Beryllium . . . . .	94.41 pCt.
Beryllerde . . . . .	4.89 -
Eisen . . . . .	0.70 -

Für die Bestimmungen schlossen wir dieses Metall in kleine, mit reinem Gold hermetisch zugelöthete Cylinder von dünnem Platinblech ein und bestimmten auch die spezifische Wärme des Platins und der Beryllerde bei denselben Temperaturen. Wir führen unten die Resultate der Messungen für das reine Beryllium an, nachdem der Werth für die Einmischung von Oxyd und Eisen in Abzug gebracht ist. Die verschiedenen Versuchstemperaturen ermittelten wir durch feine, besonders für unsere Zwecke verfertigte Thermometer von den HH. Franz Müller, Dr. H. Geissler's Nachf. in Bonn.

Versuchstemperatur	Specifiche Wärme	Atomwärme	Erhitzung in
0 — 46.30 °	0.3959	} 5.46	Schwefelkohlenstoffdampf.
0 — 46.30 °	0.3950		
0 — 46.30 °	0.3980		
0 — 46.50 °	0.4005		
0 — 100.18 °	0.4250	} 5.79	Wasserdampf.
0 — 99.97 °	0.4242		
0 — 214.0 °	0.4749	} 6.48	Nitrobenzoldampf.
0 — 214.0 °	0.4751		
0 — 299.5 °	0.5054	} 6.90	Diphenylamindampf.
0 — 299.5 °	0.5056		

Wir wollen nun diese Zahlenwerthe mit den für Eisen vergleichen, um zu zeigen, dass die spezifische Wärme und Atomwärme des Berylliums keine ungewöhnliche Steigerung bei höheren Temperaturen zeigt.

	0 — 100 °		0 — 300 °		Experimentatoren.
	Specifiche Wärme	Atomwärme	Specifiche Wärme	Atomwärme	
Eisen	0.1124	6.29	0.1266	7.09	Bède.
Beryllium	0.4246	5.79	0.5060	6.90	Nilson u. Pettersson.

Die spezifische Wärme des Berylliums nimmt nach diesen Bestimmungen ungefähr wie die des Eisens bei höheren Temperaturen zu; die Atomwärme erreicht aber zwischen 0—300° nicht völlig die-

selbe Höhe wie die des Eisens, hat zwischen  $0-214^{\circ}$  den normalen Werth von 6.47 und ist zwischen  $0-100^{\circ}$  nahezu gleich der seiner Nachbarn Aluminium 5.87 und Gallium 5.59. Mit Kohlenstoff kann das Beryllium in der fraglichen Hinsicht keinesweges verglichen werden, denn die specifische Wärme und Atomwärme dieses Grundstoffes ist zwischen  $0-300^{\circ}$  mehrfach höher, als zwischen  $0-100^{\circ}$ .

Nimmt man deshalb mit uns an, dass die Beryllerde  $\text{Be}_2\text{O}_3$  ist, so wird die Atomwärme des Metalls ganz normal und mit dem Dulong-Petit'schen Gesetze übereinstimmend.

Schliesslich möchten wir uns einige Bemerkungen zu der Schlussfolgerung des Hrn. Carnelley erlauben. Dieser Forscher hat berechnet, dass der Schmelzpunkt des Chlorberylliums, wenn dieses  $\text{BeCl}_2$  ist, zwischen  $547-600^{\circ}$ , wenn es  $\text{BeCl}_3$  oder  $\text{Be}_2\text{Cl}_6$  ist, zwischen  $50-100^{\circ}$  liegen muss; er findet nun durch Experiment, dass das Chlorid ungefähr den ersteren Schmelzpunkt zeigt und folgert daraus, dass das Beryllium zwei-, aber nicht dreiwertig ist. — Wir dürften wohl die Meinung ausdrücken, dass der Verfasser nur eine sehr beschränkte Kenntniss von den physikalischen Eigenschaften solcher Elemente hat, welche der dritten Gruppe von Mendelejeff's System angehören. Abgesehen vom Aluminium, kennt man wenig oder nichts über die Schmelz- und Siedepunkte der Chloride, Bromide, Jodide innerhalb dieser Gruppe und es ist ja augenscheinlich, dass Analogien, welche sich nur auf ein einziges Glied dieser Gruppe beziehen, das Aluminium, eine nicht hinreichende Basis einem Calcül sein können, welches die ganze Gruppe oder die ganze Serie umfassen soll. Innerhalb dieser Gruppe giebt es, wir sind davon überzeugt, Chloride, Bromide, Jodide genug, welche, wie die Berylliumverbindungen, sich nicht wie das Chlorid, Bromid oder Jodid des Aluminiums in Bezug auf Schmelz- oder Siedepunkte, verhalten. Nach unserer Ueberzeugung — im folgenden Aufsätze kommen wir darauf näher zurück — sind Beryllium und Aluminium jedes für sich das erste Glied zwei verschiedener Gruppen und die mit Beryllium am nächsten verwandten Grundstoffe sind weder Calcium, Magnesium u. s. w., mit denen es in der That wenig gemein hat, noch Aluminium, womit es doch eine gewisse Uebereinstimmung zeigt, sondern die Gadolinit- und Ceritmetalle und nach unserem Dafürhalten hätte der Verfasser seine Berechnungen auch auf die Haloïdverbindungen dieser Elemente ausdehnen müssen, ehe er es angemessen finden konnte zu erklären, dass „Nilsons and Petterssons determination of the specific heat of beryllium must be incorrect.“ Erst, wenn auch diese Verbindungen mit seiner Berechnung im Einklang stehen, gestehen wir zu, dass die Sache einigermassen ungewiss ist, denn in diesem Falle hätte man zwischen dem Gesetze von Dulong-Petit und dem von Carnelley zu wählen. — Der geehrte Verfasser giebt der Reynold'schen specifischen

Wärmebestimmung den Vorzug vor der unsrigen. Aus welchem Grunde? Vor Jahren haben wir einige Bemerkungen zu derselben gemacht und, da Niemand dieselben widerlegen konnte, müssen wir glauben, dass die Unzuverlässigkeit der fraglichen Messung mithin zur Genüge nachgewiesen ist. Es ist daher sehr auffallend, dass der englische Forscher noch heute diese Bestimmung zur Entscheidung einer wichtigen Frage benutzen will, während er zu gleicher Zeit zeigt, dass er sich ganz und gar auf das periodische Gesetz als die unerschütterlichste Wahrheit der Wissenschaft verlässt. „Were Mendelejeffs memoir more generally read, and the methods he proposes more widely applied, marry fruit less researches would be avoided and marry important problem would be solved far more readily than is generally the case at present“. Und doch, wenn Hr. Carnelley in diesem völligen Zutrauen wirklich folgerecht wäre, glauben wir, er würde keinen Augenblick weiter auf ein zweiwertiges Beryllium = 9.2 beharren, denn das periodische Gesetz fordert für den Grundstoff zwischen Li = 7 und Bo = 11, das Atomgewicht 8, das von Mg = 24 gesetzmässig um 16 differirt; aber diese Zahl kommt ganz gewiss nicht dem Beryllium zu. Wir haben zwar Anlass genug die Bedeutung dieses Gesetzes hoch zu schätzen, glauben auch, dass dasselbe der ausgedehntesten Entwicklung fähig ist und vermuthen, dass besonders ein genaueres Studium der seltenen Erdmetalle das System mit mancher neuen, vorausgesehenen und unerwarteten Thatsache bereichern wird; die Achtung aber, die wir für den Urheber des periodischen Gesetzes hegen, verbietet uns dasselbe nur als einen Glaubensartikel anzunehmen, sondern fordert uns vielmehr auf dasselbe einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen.

Jede neue Thatsache, die sich in diesem und dem folgenden Aufsatze findet, bestätigt unsere Ansicht, dass die Beryllerde =  $\text{Be}_2\text{O}_3$  ist. Die Frage nach der Valenz des Berylliums scheint uns mithin zur endgültigen Entscheidung gebracht worden zu sein. Das Atomgewicht des Metalls wird dann = 13.65. Wie schon erwähnt, kann ein Element mit diesem Atomgewicht nicht vor dem C = 12 unter verwandten Grundstoffen in das System eingefügt werden. Beryllium macht doch nicht allein eine Ausnahme in dieser Hinsicht. Für den Grundstoff, welcher seine Stelle zwischen Sb = 122 und J = 127 finden soll, fordert nämlich das periodische Gesetz ein Atomgewicht = 125. Seinen übrigen Eigenschaften nach passt dort Tellur vortrefflich, sein Atomgewicht ist aber zu hoch = 128. Obwohl nun diese Zahl, in Folge eines derartigen Missverhältnisses zwischen Theorie und Realität, im Interesse des periodischen Gesetzes von

Willis <sup>1)</sup> einer experimentellen Prüfung unterworfen worden ist, hat es sich gezeigt, dass dieses von Berzelius und später von v. Hauer dem Tellur beigelegte Atomgewicht vollkommen genau ist. Tellur lässt sich also eben so wenig, wie Beryllium, in das System einpassen. Und in der That bleibt es nicht nur dabei stehen. Die Entdeckung eines Boroxychlorids <sup>2)</sup>  $\text{BoOCl}_3$  (Councler) zeigt an, dass Bor auch fünfwerthig auftreten kann, aber unter die fünfwerthigen Elemente kann es keinesweges eingereiht werden. Und wenn einmal die Chemie der seltenen Erdmetalle durchforscht wird, wohin kommen dann alle die Grundstoffe, deren Zahl schon heute eine so unerwartete Höhe erreicht hat und ohne Zweifel noch grösser werden wird? Bei Betrachtung sämmtlicher dahin gehörenden Elemente, deren Atomgewichte noch nicht sicher festgestellt sind, bemerken wir, dass die Schwierigkeiten schon jetzt gross, ja unüberwindlich sind, wenn es gilt eine Stelle für Erbium und Ytterbium mit ihren genau fixirten Atomgewichten  $\text{Er} = 166$  und  $\text{Yb} = 173$  zu finden, welche ihre Verwandtschaften mit anderen ihnen nahestehenden Grundstoffen ausdrücken könnte. Nach alledem dürfte man sagen, dass das periodische Gesetz in seinem jetzigen Zustande kaum als ein adäquater Ausdruck unserer gegenwärtigen Kenntniss der Elemente angesehen werden kann. Doch, da dasselbe z. B. durch die veränderten Formeln der seltenen Erden  $\text{R}_2\text{O}_3$  statt  $\text{RO}$  und durch die Entdeckung der vorausgesagten Metalle Ekaaluminium und Ekabor in Gallium und Scandium die augenscheinlichsten Beweise liefert, dass die Wahrheit in vieler Hinsicht getroffen ist, so darf man hoffen, dass diese Theorie so modificirt und entwickelt wird, dass sie jede durchs Experiment festgestellte Thatsache in sich aufnehmen und erklären kann.

### 356. L. F. Nilson und Otto Pettersson: Ueber Molekularwärme und Molekularvolumina der seltenen Erden und deren Sulfate.

[Der k. Akademie der Wissenschaften zu Stockholm am 9. Juni 1880 mitgetheilt <sup>3)</sup>.]

(Eingegangen am 12. Juli; verlesen in der Sitzung von Hrn. A. Pinner.)

Nachdem es uns durch mehrjährige Arbeiten gelungen ist eine grössere Zahl der seltenen Erden in reinem Zustande darzustellen, sind wir nun im Stande das Resultat der ersten Reihe von Messungen

<sup>1)</sup> Ann. Chem. Pharm. 202, 242.

<sup>2)</sup> Diese Berichte XI, 1108.

<sup>3)</sup> Öfers. af. k. Sv. Vet. Akad. Förhandl. 1880, No. 6.