

# Zur Kenntnis der Magnetisierungszahlen seltener Erden

von

Dr. Stefan Meyer.

Aus dem II. physikalischen Institut der k. k. Universität in Wien.

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juli 1908.)

Die Kenntnis der bemerkenswerten magnetischen Eigenschaften der seltenen Erden hat in den letzten Jahren keine wesentliche Förderung erfahren. Der Grund dafür ist der, daß die Vorbedingung hierfür, die Reindarstellung der Individuen dieser Substanzen wegen der außerordentlichen Schwierigkeiten, die den Trennungen entgegenstehen, nur langsame Fortschritte macht.

In jüngster Zeit ist es aber C. Auer v. Welsbach<sup>1</sup> gelungen, die Spaltung einer dieser Erden, des Ytterbium's, in zwei neue Elemente, das Aldebaranium (Ad) mit dem Atomgewicht  $\alpha = 172 \cdot 90$ , und das Cassiopeium (Cp),  $\alpha = 174 \cdot 23$ , durchzuführen.

Dank seinem Entgegenkommen war es mir ermöglicht, an den reinsten Oxyden dieser Präparate Messungen der magnetischen Suszeptibilität nach der wiederholt beschriebenen Methode<sup>2</sup> mittels der eisenfreien Wage durchzuführen.

---

<sup>1</sup> Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 116, Abt. IIb, p. 1425 (1907).

<sup>2</sup> Ebenda, Bd. 108, Abt. IIa, p. 171 und 861 (1899); — Bd. 109, Abt. IIa, p. 284 und 400 (1900); — Bd. 110, Abt. IIa, p. 541 (1901); — Bd. 111, Abt. IIa, p. 38 (1902); — Bd. 113, Abt. IIa, p. 1007.

Die Substanzen wurden als Pulver in einer kleinen Eprouvette verwendet, die in ein Magnetfeld von rund 10000 Gauß hing. Es bedeuten im folgenden:

- $\mu$  das Molekulargewicht,
- $g$  die verwendete Gewichtsmenge in Gramm,
- $n$  die Zahl der Gramm-Moleküle, die bei der jeweiligen dichteren oder lockeren Pulveranordnung in einem Liter vorhanden wäre,
- $k$  die molekulare Suszeptibilität, wobei diese auf 1 Gramm-molekül im Liter bezogen ist.

Substanz	$\mu$	$g$	$n$	$k \cdot 10^6$	$k \cdot 10^6$ für das Element
Ad <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	394	0·389	1·52	18·3	Ad $\infty$ 9·15
Cp <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	396·5	0·151	1·12	3·78	Cp $\infty$ 1·9

Es wurde bereits darauf hingewiesen,<sup>1</sup> daß zwischen der Atomvolumen-Atomgewichtskurve und dem magnetischen Verhalten die Relation besteht, daß den Minimis und den diesen vorangehenden Teilen obiger Kurve die stärkst magnetischen Substanzen zugeordnet sind. Dementsprechend wäre anzunehmen, daß dem Aldebaranium ein kleineres Atomvolumen zukomme als dem Cassiopeium.

Wiederholt habe ich ferner auf den großen Parallelismus zwischen der Linienzahl des Spektrums und der Magnetisierungszahl einer Substanz aufmerksam gemacht, indem den stark magnetischen die linienreichen, den diamagnetischen linienarme Spektren entsprechen. Damit steht es in gutem Einklang, daß nach C. Auer v. Welsbach<sup>2</sup> das Spektrum des Ad weit linienreicher ist als das des Cp.

<sup>1</sup> Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 108, Abt. IIa, p. 895 (1899).

<sup>2</sup> L. c., p. 1438.

Das Ytterbium,<sup>1</sup> dem ein Atommagnetismus  $k \cdot 10^6 = 6$  zugeschrieben war, zerfällt sonach in das erheblich magnetischere Aldebaranium ( $k \cdot 10^6 = 9$ ) und das minder magnetische Cassiopeium ( $k \cdot 10^6 = 2$ ).

Auffallend erscheint es, daß nicht nur die Oxyde rein weiße Pulver sind, sondern überhaupt die Salze der beiden Körper nicht gefärbt sind,<sup>2</sup> wenn die Säure nicht gefärbt ist. Dies weicht von dem Verhalten der Salze der anderen stark magnetischen Elemente ab, da diese sich im allgemeinen durch besonders auffallende Farben bemerkbar machen (man denke an V, Cr, Mn, Fe, Co und Ni sowie an Ce, Pr, Nd, Sa, Gd, Ho, Er).

In jüngster Zeit ist es G. Urbain<sup>3</sup> gelungen, das Dysprosium in bedeutend reinerem Zustand zu erhalten als dieses Element bisher bekannt war. Er hat auch eine Bestimmung des spezifischen Magnetismus eines Sesquioxys dieser Substanz durchgeführt und erhielt, bezogen auf die Masseneinheit, für  $\kappa' = 290 \cdot 10^{-6}$ .

Mit Recht vergleicht er diese Zahl mit den von mir seinerzeit für Holmium angegebenen Werten. Eine Gegenüberstellung der von G. Urbain für das Dysprosium angegebenen Spektrallinien mit den von F. Exner und E. Haschek an den Holmiumpräparaten durchgeführten Spektralaufnahmen<sup>4</sup> zeigt nämlich, daß so gut wie sämtliche Linien des Dy in obigem Ho-Spektrum in vergleichbaren Intensitäten enthalten sind.

Es fehlen im Spektrum des Holmiums von den 96 Linien G. Urbain's bloß die »ziemlich starke« Linie bei  $2955 \cdot 4$  und die »starke« bei  $2969 \cdot 2$  Angström-Einheiten. Die Fehlergrenze  $\Delta$  von  $0 \cdot 2$ , die G. Urbain angibt, wird ferner überschritten bei den Wellenlängen  $3170 \cdot 4$  ( $\Delta = 0 \cdot 3$ ),  $3385 \cdot 9$  ( $\Delta = 0 \cdot 7$ ),  $3591 \cdot 3$  ( $\Delta = 0 \cdot 3$ ),  $3594 \cdot 8$  ( $\Delta = 0 \cdot 4$ ). Starke Unterschiede in

<sup>1</sup> Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 110, Abt. IIa, p. 553.

<sup>2</sup> C. Auer v. Welsbach, l. c., p. 1436.

<sup>3</sup> C. r. 146, p. 922, 1908.

<sup>4</sup> Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 110, Abt. IIa, p. 487 (1901).

der Angabe über die Intensitäten weisen die Linien 3221·5 und 3266·4 auf. Die sehr starke Linie 3216·7 wird von G. Urbain dem Dy, von F. Exner und E. Haschek dem Y zugeschrieben.

Zieht man die Dysprosiumlinien aus dem Ho-Spektrum heraus, so erübrigen als starke Linien der Intensität über (3) (in der Bezeichnung von F. Exner und E. Haschek) die folgenden:

3156·61 (3)	3600·52 (3)	3982·13 (5)
3282·96 (3)	3629·54 (3)	3983·86 (4)
3289·47 (4)	3672·50 (3)	3984·40 (3)
3399·10 (3)	3674·28 (3)	3991·50 (3)
3407·92 (4)	3676·78 (3)	3996·85 (3)
3413·91 (3)	3698·39 (3)	4032·66 (3)
3441·10 (3)	3753·65 (3)	4046·15 (3)
3454·44 (3)	3796·87 (3)	4050·78 (3)
3456·15 (5)	3806·46 (3)	4073·32 (3)
3474·42 (4)	3810·87 (3)	4103·48 (6)
3484·91 (3)	3836·63 (3)	4111·52 (3)
3505·59 (3)	3853·19 (3)	4128·42 (3)
3509·26 (4)	3891·16 (8)	4129·59 (3)
3563·31 (3)	3898·71 (8)	4143·26 (3)
3563·87 (3)	3923·50 (3)	4168·11 (3)
3574·33 (3)	3931·69 (4)	4218·28 (3)
3577·04 (3)	3947·10 (3)	4225·36 (3)
3585·21 (3)	3954·70 (3)	
3585·95 (3)	3957·96 (3)	

Hierzu kommen noch 178 Linien der Intensität (2) und zahlreiche schwächere.

Das Restelement, das als Begleiter des Dy im Holmium vorhanden ist, besitzt also jedenfalls selbst auch eine ziemlich beträchtliche Linienzahl und wir dürfen nach der vorerwähnten Relation annehmen, daß ihm dementsprechend eine hohe Magnetisierungszahl zukomme. Dies folgt auch daraus, daß der Atommagnetismus des reinen Dysprosium nicht sehr viel höher ist als der des Holmium.

Berechnet man nämlich aus den Angaben Urbain's für den spezifischen Magnetismus ( $\alpha'$ ) den Molekularmagnetismus nach der Formel

$$k = \frac{\mu \kappa'}{1000}$$

und setzt für das Molekularvolumen  $\mu$  des  $\text{Dy}_2\text{O}_3$  den Wert 370 (wobei selbst Fehler um mehrere Einheiten das Resultat nicht wesentlich beeinflussen), so ergibt sich für das Molekül

$$k \cdot 10^6 = 107 \cdot 3,$$

also der Atommagnetismus für Dysprosium

$$k \cdot 10^6 = 53 \cdot 7.$$

Die von mir seinerzeit untersuchten Präparate<sup>1</sup> lieferten Werte des Atommagnetismus von Holmium bis zu  $k \cdot 10^6 = 50$  und ich bemerkte dazu, daß dieser größte Wert noch als untere Grenze anzusehen sei.

Dazu kommt, daß die Suszeptibilität hier nicht mehr ganz unabhängig von der Feldstärke erscheint, vielmehr mit abnehmender Intensität derselben ein wenig zunimmt.

Zwei Präparate Auer v. Welsbach's, ein Holmium- und ein Dysprosiumnitrat, deren jedes von ihm aus zwei Komponenten bestehend angesehen wurde, deren eine dem Ho- und dem Dy-Präparat gemeinsam ist, die anderen aber in beiden Substanzen verschiedene sind, ergaben

$$\begin{array}{ll} \text{für Ho} \dots\dots & k \cdot 10^6 = 50, \\ \text{» Dy} \dots\dots & k \cdot 10^6 = 46. \end{array}$$

Dies weist abermals darauf hin, daß der stark magnetische Bestandteil den beiden Präparaten gemeinsam ist.

Es sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, daß ich durch die Freundlichkeit L. Haitinger's und C. Ulrich's gelegentlich die Möglichkeit hatte, metallische Pulver von Yttrium-Erbiumgemisch sowie von Erbium-Holmiumgemisch zu untersuchen. Dieselben erwiesen sich nicht wesentlich magnetischer als die Oxyde, zeigten aber deutliche, wenn auch geringe Remanenz.

---

<sup>1</sup> L. c., Bd. 110, Abt. IIa, p. 551. — G. Urbain berechnet aus meinen Angaben Werte von  $\kappa'$  zwischen 173 und 250. Tatsächlich ergibt die Berechnung nach obiger Formel Werte zwischen 192 und 273 und der letztere ist von seinem Werte 290 nicht ganz so verschieden.

Auch die pyrophoren Cer-Eisen- und Lanthan-Eisenlegierungen C. Auer v. Welsbach's sind relativ schwach magnetisch.

Die Unmöglichkeit, aus den Elementen dieser Gruppe hochmagnetische Legierungen zu erhalten, ist damit natürlich nicht erwiesen. Es ist anzunehmen, daß man solche erzielen könnte, wenn im Sinne der Beziehung zum Atomvolumen, die ich aufstellen konnte,<sup>1</sup> Präparate besonders hoher Dichte hergestellt werden könnten; denn auch die Heusler'schen Manganlegierungen zeigen in dieser Hinsicht die gleiche Beziehung und büßen an Magnetisierbarkeit erheblich ein, wenn z. B. durch Erwärmung dauernde Dichtenverminderung herbeigeführt wird.

---

<sup>1</sup> Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 109, Abt. IIa, p. 287 (1900).

---