

Werk

Label: Article

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?31311028X_0065|log65

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Einige schwache Linien der N-Serie bei U, Th und Bi.

V. Kunzl, Praha.

(Eingegangen am 3. Februar 1936.)

Die kurzwelligere Gruppe der schwachen Linien der N-Serie, die Dolejšek im Jahre 1922 und nächstes Jahr auch Hjalmar gefunden haben und über deren Existenz gewisse Unsicherheit entstanden ist, wurde in dieser Arbeit wieder verfolgt und zwar mit dem Ionenrohr für niedrige Spannungen in Verbindung mit der fokussierenden Modifikation der Bragg — de Broglie'schen Methode. Die Existenz der verfolgten Linien bei U, Th und Bi wurde bestätigt, mit Ausnahme einer Linie, welche nur bei U und nicht bei Th und Bi gefunden wurde. Von der Linie, die Dolejšek bei Th und Bi an den entsprechenden Stellen gefunden hat, hat sich erwiesen, daß es eine M-Linie in höherer Ordnung ist. Von einigen der hervorgetretenen Linien ist es mit den benutzten experimentellen Mitteln gelungen zu zeigen, daß es Dublette sind. Die Klassifikation dieser Linien und eine Begründung des Verschwindens einer Linie von U bei Th und Bi wird angegeben.

Im Jahre 1922 fand Prof. Dolejšek¹⁾ bei U, Th und Bi einige sehr schwache Linien im Gebiete von 8 bis 13 Å, die nicht anders als Linien der N-Serie zu klasifizieren waren. Im darauffolgenden Jahre fand auch Hjalmar²⁾ die Mehrzahl dieser Linien. Im Jahre 1930 verfolgte Lindberg³⁾ wieder diese schwachen Linien der N-Serie, hat aber keine Linien dieser Elemente in dem betreffenden Gebiete gefunden. Bei grossen experimentellen Schwierigkeiten, die bei der Verfolgung dieser schwachen Linien in dem langwelligen Gebiete mit Hilfe der Kristallreflexion entstehen und die auch die Arbeit von Dauvillier⁴⁾ zeigt, bedeutete Lindbergs negatives Ergebnis nicht das Nichtexistieren dieser Linien. Trotzdem entstand ein gewisser Zweifel, da auch zwischen den Wellenlängen der einerseits von Dolejšek und andererseits von Hjalmar gefundenen Linien gewisse Unterschiede vorhanden waren. Letztenendes war die Möglichkeit eines Irrtums wirklich vorhanden: denn Dolejšek gebrauchte zwecks

¹⁾ V. Dolejšek. ZS. f. Phys. 10 (1922), 129.

²⁾ E. Hjalmar, ZS. f. Phys. 15 (1923), 65.

³⁾ E. Lindberg, Nova acta Reg. Societ. Scient. Upsaliensis 4 (1931), 7.

⁴⁾ A. Dauvillier, J. de Phys. 8 (1927), 1.

Erhaltung einer möglichst grossen Reinheit und zwecks Ausschaltung einer eventuellen Verwechslung mit Linien eines anderen Elements nicht referente Linien, sondern maß referent zur Kasette, deren Stellung er auf einer Skala ablas. Dies war aber auf Kosten der Genauigkeit. Hjalmar maß zwar mit grösserer Genauigkeit, doch war es auch da nicht ausgeschlossen, daß die als Linien der *N*-Serie in erster Ordnung klasifizierten Linien der *M*-Serie in höheren Ordnungen zugehören könnten (in diesem Gebiete treten solche wirklich auf). Daß war umso eher möglich, da Dolejek und Hjalmar bei einer Spannung, die die Erregungsspannung der *M*-Serie weit überragte, arbeiteten.

Im Laufe der letzten Jahre ist die Röntgenspektroskopie mit den fokussierenden Methoden so weit fortgeschritten, daß man erwarten konnte, daß die erwähnten Linien von U, Th und Bi, sofern sie wirklich existieren, bei Anwendung der neueren experimentellen Hilfsmitteln sicher auftreten werden. In dieser Arbeit gebe ich einige der Linien an, die ich mit Verwendung des Ionenrohres⁵⁾ für niedrige Spannungen in Verbindung mit einer fokussierenden Modifikation der Bragg- de Broglieschen Methode,⁶⁾ in dem entsprechenden Gebiete bei den erwähnten Elementen gefunden habe.

Als Analysator benutzte ich bei Bi Glimmer, bei U und Th Glimmer und auch Gipps. Die Spaltbreite war 0,1 mm. Als Preparat benutzte ich bei U und Th Oxyde, bei U auch noch Uranylнитrat, die auf eine Aluminiumantikathode aufgetragen wurden. Bei Bi verwendete ich metallisches Bi, das auf die Antikathode angelötet wurde. Die Linien wurden referent zu anderen sich in genügender Nähe befindenden Linien gemessen und zwar bei U und Th zu der Linie Al $K\alpha_{1,2}$, bei Bi zu der Linie Cu $L\alpha_{1,2}$ die auf den Aufnahmen von selbst schwach auftrat. Die Al $K\alpha_{1,2}$ -Linie konnte ich als referente Linie verwenden, da ich reines metallisches Al als Antikathodenmaterial verwendete (das mit Hilfe einer Bleidichtung luftdicht an den Träger der Antikathode befestigt wurde), so daß keine Gefahr einer Verwechslung vorhanden war. Auch eine Verwechslung mit den Linien der *K*-Serie von Al selbst ist hier ausgeschlossen, da die gesuchten Linien durchwegs auf der Seite der langen Wellen von Al $K\alpha_{1,2}$ sind, wo schon keine Linien der *K*-Serie dieses Elementes sein können. Da bei Bi die Linie Cu $L\alpha_{1,2}$ von selbst, wie erwähnt, auftrat, habe ich diese als referente verwendet; auch hier ist eine Verwechslung schwer möglich. Um das Auftreten von Linien der *M*-Serie in höheren Ordnungen der untersuchten Elemente auszuschalten, wurden die Aufnahmen bei genügend niedriger Spannung, ungefähr 1500 V_{eff} , ausgeführt.

⁵⁾ V. Dolejek u. V. Kunzl, ZS. f. Phys. 74 (1932), 565; as. pro pst. mat. a fys. 61 (1932), 242.

⁶⁾ V. Kunzl, C. R. 201 (1935), 656.

Bisher wurden nur die von Dolejšek und Hjalmar gefundenen Linien, deren Endniveau das Niveau N_I ist, verfolgt. Die Linien, die bei U, Th und Bi in dem verfolgten Gebiet auftraten, sind in Tabelle 1 angeführt. In der zweiten Kolonne sind die Wellenlängen in Å -Einheiten der Linien, die Dolejšek im Jahre 1922 fand, ange-

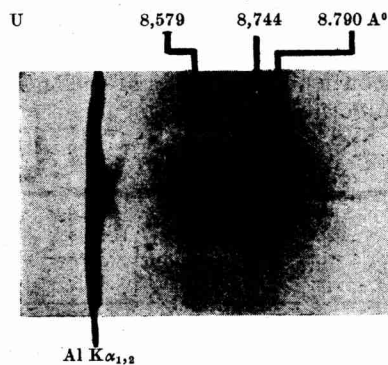


Abb. 1. U (92): N-Serie, N_I -Untergruppe.

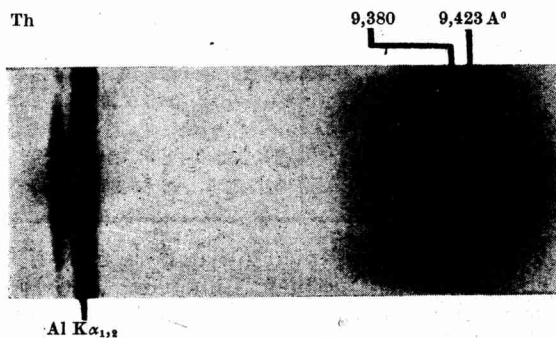


Abb. 2. Th (90): N-Serie, N_I -Untergruppe.

geben, und zwar diejenigen, deren Endniveau N_I ist; in der dritten. Kolonne sind die Wellenlängen der von Hjalmar gemessenen Linien. Die Wellenlängen der sich entsprechenden Linien sind in dieselbe Zeile gesetzt. Aus dem Vergleich der einander entsprechenden Werte ergeben sich die Genauigkeitsgrenzen der früheren Messungen.

Die Werte der Wellenlängen der von mir gemessenen Linien sind in der vierten Kolonne angegeben. Wie zu erkennen, traten bei U beide Linien, die Dolejšek im Jahre 1922 fand, auf. Die Linie $8,70 \text{ Å}$ (resp. nach Hjalmar $8,69$) trat jetzt aufgelöst als Dublett auf. Diese Linien zeigt die Abb. 1. Bei Th ist die Linie $9,43 \text{ Å}$ ($9,40 \text{ Å}$ nach Hjalmar) wieder, wie aus Abb. 2 ersichtlich, als ein

Dublett erschienen; dagegen die von Dolejšek gemessene Linie $9,31 \text{ \AA}$ ist nicht aufgetreten. Ähnlich fehlt bei Bi die von Dolejšek gemessene Linie $13,04 \text{ \AA}$. Es sind aber bei diesen Elementen zwei Linien aufgetreten, die in den Grenzen der Genauigkeit der früheren Messungen der Linie $13,14 \text{ \AA}$ nach Dolejšek und $13,21 \text{ \AA}$ nach Hjalmar entsprechen. Doch kann man von dem Kurzwelligeren Glied dieses Linienpaares, auf Grund der bisher durchgeführten Versuche, nicht mit Sicherheit entscheiden, ob es wirklich dem Elemente Bi angehört. Deswegen ist auch in der Tabelle 1 die Wellenlänge dieser Linie in Klammern gesetzt.

Tab. 1.

Element	1922 Dolejšek		1923 Hjalmar		1936 Kunzl			Klassifikation
	λ		λ		λ	ν/R	$\sqrt{\nu/R}$	
U (92)	$N_I P_{III}$	8,59	—		8,579	106,22	10,31	$(N_I P_{IV, V})$ $N_I P_{III}$ $N_I P_{II}$
	$N_I P_{II}$	8,70	$N_I P_{III}$	8,69	8,744	104,22	10,21	
					8,790	103,67	10,18	
Th (90)	$N_I P_{III}$	9,31	—		—	—	—	$M_{III} O_{IV, V} III.$ $N_I P_{III}$ $N_I P_{II}$
	$N_I P_{II}$	9,43	$N_I P_{III}$	9,40	9,380	97,15	9,86	
					9,423	96,71	9,83	
Bi (83)	$N_I P_{III}$	13,04	—		—	—	—	$M_{IV} N_{II} II$ $N_I P_{II, III}$
	$N_I P_{II}'$	13,14	$N_I P_{III}$	13,21	(13,254 d)	(68,75)	(8,29)	
					13,335	68,34	8,27	

Von den hier angegebenen Linien gilt, daß sie zu den angeführten Elementen gehören und daß sie nicht Linien der M -Serie in höheren Ordnungen sind; denn die Wellenlängen dieser Linien sind da mit einer Genauigkeit gemessen, die eine Verwechslung mit Linien der M -Serie ausschliesst; dabei ist die M -Serie dieser Elemente schon gut durchgemessen — in letzter Zeit von Lindberg⁷⁾ — es ist also nicht zu erwarten, daß hier irgendwelche bisher unbekannt Linien in höheren Ordnungen, die normal weit schwächer sind als die in erster Ordnung, auftreten würden. Ausserdem wurden die Aufnahmen, bei einer Spannung von $1,5 \text{ KV}_{eff}$, die $2,1 \text{ KV}_{max}$ entspricht, gemacht. Die Erregungsspannung des M_V Niveaus, das heisst des weichsten der M -Niveaus, dieser Elemente ist bei U $3,5 \text{ KV}$, bei Th $3,3 \text{ KV}$ und bei Bi $2,6 \text{ KV}$ - also durchwegs höher als die benutzte max. Spannung. Wenn die Aufnahmen bei höherer Spannung, bei der die Erregungsspannung der M -Serie schon

⁷⁾ E. Lindberg, l. c.

überschritten war, gemacht wurden, konnte keine Intensitätsänderung dieser Linien beobachtet werden.

Zum Zweck der Klassifikation sind in der letzten Kollone der Tabelle 2 die entsprechenden Werte ν/R noch einmal angegeben.

Tab. 2.

Element	ν/R			exp.
	N_I -niveau ber. (Seigbahn*)	N_{II} -niveau ber. (Seigbahn*)	$N_I - P_{II,III}$ ber. nach (1) u. (2)	
U (92)	—	—	—	106,22
	106,0	93,5	105,6	104,22
				103,67
Th (90)	96,2	84,5	97,4	97,15
				96,71
Bi (83)	69,1	59,3	67,2	(68,75)
				68,34

Aus dem Vergleich dieser Werte mit den Werten ν/R der Niveaus N_I und N_{II} in der zweiten und dritten Kolonne ist ersichtlich, daß das Endniveau dieser Linien in aller Fällen nur das Niveau N_I sein kann. Es ist auch klar, daß das Anfangsniveau ein weiches Niveau als das O -Niveau sein kann, also ein P -Niveau. Bei dem Versuch einer näheren numerischen Bestätigung dieser Klassifikation stossen wir auf grosse Schwierigkeiten und wir können auf Grund des bisherigen Materials nur untersuchen, ob die als wahrscheinlichste angenommene Klassifikation dieser Linien mit dem übrigen experimentellen Material nicht in einem Widerspruch steht.

Wenden wir uns zuerst zur Prüfung der Klassifikation der gefundenen Dublette. Mit Rücksicht darauf, daß das Endniveau N_I ist, kommen als Anfangsniveau am wahrscheinlichsten die Niveaus P_{II} und P_{III} in Betracht, da solche Übergänge nach den Auswahlregeln gestattet sind.

Zum Vergleich sind die ν/R -Werte der Übergänge berechnet. Diese kann man bestimmen unter Verwendung von Emissionslinien, da

$$(N_I P_{II,III}) = (L_I P_{II,III}) - (L_I N_I). \quad (1)$$

Die Differenz $L_I N_I$ kann man dann z. B. nach den folgenden Gleichungen berechnen:

$$\begin{aligned} L_I N_I &= L_I M_{III} + M_{III} O_I - L_{III} O_I + L_{III} N_I \\ &= L_I M_{II} + M_{II} N_{IV} - L_{II} N_{IV} + L_{II} N_I \\ &= L_{II} N_I - L_{III} O_{IV} + M_{III} O_{IV} + L_I M_{III}. \end{aligned} \quad (2)$$

Die so aus einzelnen Gleichungen berechneten Übergänge schwanken um Ganze von ν/R . In der Tabelle 2 sind die Mittelwerte dieser Werte angegeben und zwar in der vierten Kolonne. Wie ersichtlich, sind diese Werte in genügender Übereinstimmung (in den Grenzen der Beobachtungsfehler) mit den Werten der Dublette.

Wenn wir also diese Dublette als Übergänge von $P_{II,III}$ nach N_I klassifizieren, so sind dies reguläre Dublette. Es muß also die Differenz $\Delta\lambda$ bei einzelnen Elementen angenähert konstant sein. Bei U und Th gilt dies wirklich in den Grenzen der Beobachtungsfehler. (Diese Tatsache zeugt zugleich für die gegenseitige Zugehörigkeit der Dublette dieser zwei Elemente.) Bei Bi ist die Differenz zu groß. Zu dieser Sache werden wir aber noch zurückkehren. Die Differenz dieser regulären Dublette $P_{II,III}$ kann man aber auch noch anders untersuchen. Es gilt nämlich:

$$\Delta \frac{\nu}{R} = \alpha^2 \frac{(Z-d)^4}{n^3} \frac{1}{l \cdot (l+1)}, \text{ wo } \alpha^2 = \left(\frac{2\pi e^2}{h \cdot c} \right)^2 = 5 \cdot 315 \cdot 10^{-5};$$

l = Nebenquantenzahlen, d = Abschirmungskonstante

$$d \doteq 50.$$

Die Abschirmungskonstante wurde durch Extrapolation aus den Abschirmungskonstanten tieferer Niveau⁸⁾ gefunden. Für $\Delta \nu/R$ erhielt man auf diese Weise bei U 0,39 gegen 0,55 exp., bei Th 0,32 gegen 0,44 exp. und bei Bi 0,15 gegen 0,41 exp. Mit Rücksicht darauf, daß der da benutzte Wert der Abschirmungskonstante, mit dessen Hilfe $\Delta \nu/R$ berechnet wurde, durch Extrapolation aus den Abschirmungskonstanten niedriger, vollbesetzter innerer atomarer Niveau festgestellt wurde, wogegen $P_{II,III}$ äussere Niveau sind, können wir bei dem Vergleich der berechneten und experimentellen Werten bei U und Th eine bessere Übereinstimmung nicht erwarten. Man kann aber zeigen, daß die Übereinstimmung noch besser ist. Wenn wir nämlich einen entgegengesetzten Weg wählen und aus den gemessenen Werten $\Delta \nu/R$, die Abschirmungskonstante berechnen, dann bekommt man bei U $d = 41$, bei Th $d = 42$. In erster Reihe also eine volle gegenseitige Übereinstimmung beider Abschirmungskonstanten, wie es sein soll. Weiter kann man auf Grund neuerer Messungen von Siegbahn und Magnusson⁹⁾ die Abschirmungskonstanten der mehr an der Oberfläche sich befindlichen Niveau berechnen. Wenn man aus diesen Abschirmungskonstanten den Wert von $P_{II,III}$ extrapoliert, bekommt man, wie man sich leicht überzeugen kann, eine volle Übereinstimmung des extrapolierten und aus $\Delta \nu/R$ bei U und Th berechneten Werte

⁸⁾ M. Siegbahn: Spektroskopie der Röntgenstrahlen, 2. Auflage Berlin 1931.

⁹⁾ M. Siegbahn u. T. Magnusson, ZS. f. Phys. 88 (1934), 559.

der Abschirmungskonstanten d . Bei Bi ist der Unterschied zwischen den experimentellen und berechneten Werten zu groß. Das könnte man dadurch erklären, daß sich bei Bi die Niveau $P_{II,III}$ sogar im Aufbau befinden, so daß man da eine grössere Abweichung der wirklichen Abschirmungskonstante von dem extrapolierten Werte erwarten kann. Wie aber schon oben bemerkt wurde, ist von dem kurzwelligeren Glied des bei Bi erhaltenen Linienpaares nicht ganz sicher, ob es dem Elemente Bi angehört. Wenn man annimmt, daß die Unvollbesetztheit des $P_{II,III}$ Niveau keinen Einfluß hat und sucht man nach der zweiten Linie von $13,335 \text{ \AA}$ als dem zweiten Glied eines regulären, bei den Elementen U und Th gefundenen, analogen Dublett, so kann man wieder bisher von ihrer Existenz nicht entscheiden. Diese liefe nämlich in das Band der Cu $L_{\alpha_{1,2}}$, wenn sie sich an der kurzwelligen Seite von $13,335 \text{ \AA}$ befände; wenn sie sich dagegen an der langwelligen Seite von $13,335 \text{ \AA}$ befände, so würde sie mit einer auch von selbst aufgetretenen Linie, von der man nur behaupten kann, daß sie Bi nicht angehört, zusammenfallen.

Die bei U gefundene Linie $8,579 \text{ \AA}$, falls sie eine Diagrammlinie ist, was man ohne Zweifel annehmen kann, da die Nichtdiagrammlinien meistens nur als Satelliten der Diagrammlinien vorkommen, kann man als einen Quadrupolübergang ($N_I P_{IV,V}$) klassifizieren. Solche Übergänge sind sowohl in den optischen — ($1^2S - m^2D$) Übergang bei Na und K — als auch in den Röntgenspektren bekannt. In der K -Serie ist es z. B. die Linie $K\beta_5$ bei den Elementen unterhalb Zn (30) die Idei¹⁰) als einen Übergang ($K_I - M_{IV,V}$) deutet und die Linie $K\beta_4$ ($K_I - N_{IV,V}$) die mit der $K\beta_5$ letztens von Carlsson¹¹) und Ross und Kirkpatrick¹²) bis zu dem Elemente Sb (51) verfolgt wurde. Auch in der L -Serie sind solche Übergänge bekannt (in letzter Zeit z. B. von Claësson¹³) bei Wund Au verfolgt). Auf Grund dieser Klassifikation kann man dann auch verstehen, daß diese Linie schon bei Th nicht auftrat, da das Niveau $P_{IV,V}$ bei diesen Elementen im Aufbau ist.

Nach den Ergebnissen dieser Arbeit kann man zusammenfassend behaupten: bei U, Th und Bi in dem Gebiete der Wellenlängen, in welchen Dolejšek und Hjalmar einige Linien gefunden haben, denen sie als Endniveau das Niveau N_I zuschrieben, existieren wirklich einige schwache Linien, welche weder der M -Serie noch niedrigeren Serien angehören. (Ich möchte dazu bemerken, daß bei U zufälligerweise die Wellenlängendifferenz zwischen der Linie $8,579 \text{ \AA}$ und dem Dublett $8,744$ und $8,790 \text{ \AA}$ der Differenz zwischen U

¹⁰) S. Idei, Sci. Rep. Tôhoku Imp. univ. **19** (1930), 641.

¹¹) E. Carlsson Ingelstam, ZS. f. Phys. **87** (1934), 283.

¹²) P. A. Ross u. P. Kirkpatrick, Phys. Rev. **48** (1933), 1036.

¹³) H. Claësson, ZS. f. Phys. **85** (1933), 231.