

Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung

Nr. 194

Verfärbungs- und Lumineszenzerscheinungen des mit Becquerelstrahlen vorbehandelten Doppelspates

Von

Luisa Gröger

(Mit 9 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Dezember 1926)

Beobachtungen an Doppelspat über Lumineszenz und Verfärbung wurden bisher von W. Crookes,¹ Beilby,² W. P. Headden,³ St. Meyer,⁴ K. Przibram,⁵ E. L. Nichols,⁶ H. L. Howes und D. T. Wilber durchgeführt. In diesen Arbeiten ergaben sich qualitative Aussagen über Thermolumineszenz, Photolumineszenz, Radiolumineszenz, deren Ursachen und theoretische Deutung; quantitative Angaben liegen nur über das Absorptionsspektrum des verfärbten Kalzits vor. Im folgenden sollen Absorption und Lichtsummen quantitativ behandelt werden, mit Hinzufügung einiger qualitativer Bemerkungen über seine Radiolumineszenz.

I. Absorption durch Doppelspat.

Die Absorptionsmessungen wurden ausgeführt mittels einer Photozelle, mit Bronsonwiderstand. Nähere Beschreibung von Apparatur, Eichung und Meßvorgang findet man bei F. Urbach.⁷ Die Verfärbung beim 610 mg-Radiumpräparat wurde an einem Kalzitkristall von $5.2 \times 12.5 \times 15$ mm durchgeführt. Aus den Messungen (J_0 , J) wurde der Absorptionskoeffizient $\mu \times d$ (= Dicke des Krystalls) nach der Formel $J = J_0 e^{-\mu d}$ berechnet.

¹ W. Crookes, Chem. News. 1881, p. 237.

Beilby, Proc. Roy. Soc. 74, p. 506, 1905.

³ W. P. Headden, Amer. Journ. of Science. 21, 4, 1906, Art. 26; 5, p. 314, April 1923; 6, p. 247, Sept. 1923; Proc. of the Col. Sc. Soc. 11, p. 399, Dezember 1923; Sill. Journ. (5). 8, Nr. 48. 509, 1924.

⁴ St. Meyer und K. Przibram, Wiener Ber. 123 (IIa), 653, 1914.

⁵ K. Przibram, Wiener Ber. 130 (IIa), 265, 1921; Zeitschr. f. Ph. 20, 196, 1923; Physik. Zeitschr. 25, 640, 1924; Wiener Ber., 134 (IIa), 233, 1925.

⁶ E. L. Nichols und H. L. Howes, Phys. Rev. (2), 11, 327, 1918; und D. T. Wilber (2), 11, 485, 1918.

⁷ F. Urbach, Wiener Ber. 135 (IIa), 149, 1926.

Fig. 1 zeigt μd für 400 $m\mu$ als Funktion der Bestrahlungsdauer. μd für 420 $m\mu$ als Funktion der Bestrahlungsdauer ergibt ganz ähnliche Kurven; Messungen der Absorption für die Wellenlängen 440 bis 740 $m\mu$ erwiesen, daß die Verfärbung in diesem Gebiet sehr gering ist. (Letzteres hatte auch schon K. Prziham¹ festgestellt.) Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes nach jeder Verfärbungsmessung war bei Doppelspat nicht notwendig, weil Prüfung der Dunkelreaktion ergab, daß die Änderung des Absorptionskoeffizienten nach dreistündiger Entfernung vom Präparat noch in die Fehlergrenze (1% Messungsfehler²) fällt, nach 161 Stunden Entfernung vom Präparat etwa einem zweiprozentigen Messungsfehler entspricht. Nach der Regel $n = n_0 e^{-\delta t}$ ergab sich aus den Messungen ein Mittelwert von 0.00864 für δ . Wie die

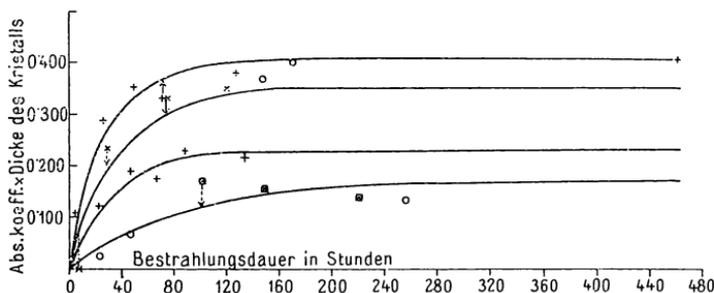


Fig. 1.

Abs. koeff. 400 $m\mu$ in seiner Abhängigkeit von der Bestrahlungsdauer mit verschiedenen Intensitäten.

$n_\infty = 0.407$	bei Bestr. mit der relat. Int. 1,	Messungen bezeichnet mit	○ +.
$n_\infty = 0.352$			×.
$n_\infty = 0.232$			+
$n_\infty = 0.173$			⊗ ○.

Wert des Abs. koeff. der Bestrahlung ist gleich 0 gesetzt.

Fig. 1 (die ausgezogenen Kurven) zeigt, lassen sich die Messungsergebnisse in erster Annäherung nach der Formel $n = n_\infty (1 - e^{-\beta t})$ darstellen, wobei für β der Mittelwert der Messungen genommen wurde, für n_∞ der jeweilig gefundene Sattwert. Bei Vergleich von Messungen und errechneten Werten kann man fast durchwegs feststellen, daß der Anfangsanstieg ein stärkerer ist, als den Kurven entspricht (siehe auch K. Prziham³), was das Vorhandensein von

¹ K. Prziham. Wiener Ber. 134 (IIa), 233, 1925.

Daß trotz der erreichten Meßgenauigkeit die Punkte der Kurven so stark streuen, rührt daher, daß es sich hier um die Differenzen zweier wenig verschiedener Größen (Absorption des verfärbten und unverfärbten Krystalls) handelt.

K. Prziham, Wi Ber. 135 (IIa), 197, 1926.

Zentren ungleicher Dauer zu verraten scheint; andeutungsweise zeigt sich auch bei mehreren Kurven ein leichter Rückgang der gemessenen Verfärbung nach Erreichung des Sattwertes, die als Ermüdung der Farbzentren zu erklären wäre. Bei den relativen Intensitäten 1, 0·52, 0·31, 0·137 (Definition siehe Bělař¹) ausgeführt, zeigen die Messungen unverkennbar eine Abhängigkeit des Sattwertes von

der Intensität, die sich durch die Formel $n_{\infty} = \frac{\alpha J}{\beta_1 J + \delta} = \left(\frac{A}{B}\right)$ in erster Annäherung veranschaulichen läßt.² Dieser Formel liegen die Annahmen zugrunde, daß der der Intensität proportionalen Verfärbung zwei entfärbende Vorgänge parallel laufen, eine der Intensität proportionale Entfärbung und eine Dunkelreaktion. α wird

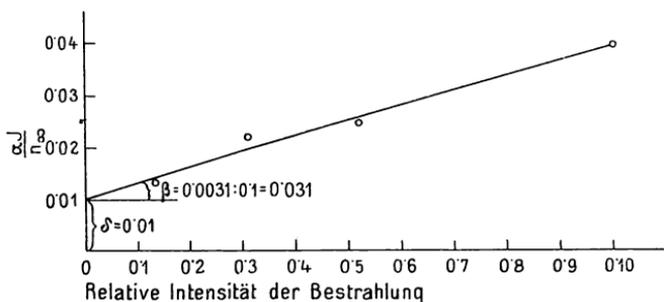


Fig. 2.

$$\frac{\alpha J}{n_{\infty}} \text{ als Funktion von } J \text{ für } 400 \text{ m}\mu.$$

aus dem Anfangsanstieg mit 0·0164, β_1 und δ aus Fig. 2 ermittelt,

wenn man $\frac{\alpha J}{n_{\infty}}$ als Funktion von J aufträgt: $\beta_1 = 0.031$, $\delta = 0.01$

(dieser Wert stimmt der Größenordnung nach mit dem gefundenen Wert überein, der im Vorhergehenden erwähnt wurde).³ Einen

¹ M. Bělař, Wiener Ber. 135 (IIa), 187, 1926.

K. Przibram Wiener Ber. 135 (IIa), 197, 1926 (vgl. aber auch schon B. Gudden, Pleochroitische Höfe, Dissertation, Göttingen 1919). Die, daselbst für Steinsalz gefundene Komplikation kommt also hier zunächst nicht in Betracht.

³ Die früher bei Berechnung der Fig. 1 nach $n = n_{\infty} (1 - e^{-\beta t})$ benützten β -Werte stimmen der Größenordnung nach mit $B = \beta_1 J + \delta$ überein, wie es sein soll, weil $n = n_{\infty} (1 - e^{-\beta t})$ als Integral der Differentialgleichung $\frac{dn}{dt} = A - Bn$

auch $n = \frac{A}{B} (1 - e^{-Bt})$ geschrieben werden kann:

Vergleich zwischen berechneten und beobachteten Werten veranschaulicht

Tabelle 1.

Relative Intensität	Sattwerte der Absorption	
	berechnet	beobachtet
1	0·400	0·407
0·52	0·334	0·351
0·31	0·257	0·232
0·137	0·159	0·172

Die Sattwerte in ihrer Abhängigkeit von der Intensität ergibt Fig. 3.

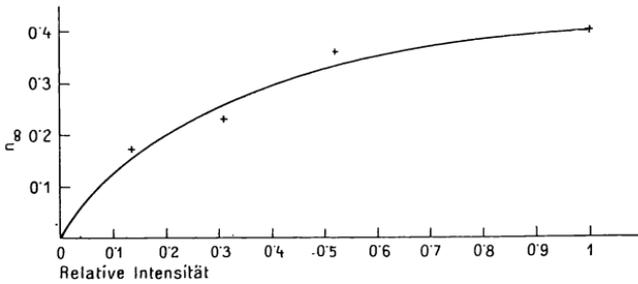


Fig. 3.

Abhängigkeit des Sattwertes der Verfärbung von der Intensität.

II. Lichtsummen.

Die Lichtsumme wird als Inhalt der Fläche zwischen Helligkeitskurve und Abszissenachse, auf der die Zeit des Ausheizens (hier in Minuten) aufgetragen ist, bestimmt.

Die hier an Doppelspat angestellten Versuche wurden zuerst mittels einer Photozelle durchgeführt; die Bronson-Methode war zu wenig empfindlich, bei der Stoppuhrmethode scheiterten die Versuche an der großen natürlichen Zerstreuung. Daher bediente man sich eines einfachen, von K. Prizibram und E. Kara-Michailova¹ näher beschriebenen Photometers. Die Eichung wurde an der Photozelle vorgenommen; nähere Beschreibung des Meßvorganges ist auch in der in der Fußnote 1 angegebenen Abhandlung zu

Relative Intensität	B	
1	0·035	0·041
0·52	0·027	0·026
0·31	0·030	0·020
0·137	0·012	0·014

¹K. Prizibram und E. Kara-Michailova, Wiener Ber. 131 (IIa), 511, 1922.

finden. Das Ausheizen wurde mit 2·6 Ampere vollzogen (Temperaturanstieg siehe Fig. 6), die Lichtsummenmessungen wieder nach Bestrahlung mit den relativen Intensitäten 1, 0·52, 0·31, 0·137 vorgenommen. Durchwegs sind bei den Helligkeitskurven zwei Maxima zu unterscheiden, was wieder auf das Vorhandensein von Zentren verschiedener Lebensdauer schließen läßt. Auch hier lassen sich die Messungen in erster Näherung durch $n = n_{\infty} (1 - e^{-\beta t})$ darstellen (Fig. 4), und zwar liegen die Punkte wesentlich regelmäßiger als in Fig. 1.

Auch hier ist zu bemerken, daß der Anfangsanstieg rascher vor sich geht, als den errechneten Kurven entspricht. Daß eine Abhängigkeit der Lichtsummen von der Intensität der Bestrahlung besteht, zeigt deutlich Fig. 4

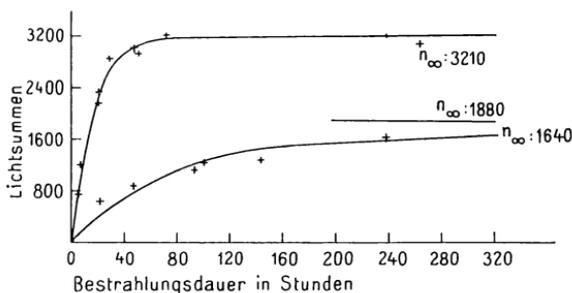


Fig. 4.

Lichtsummen in ihrer Abhängigkeit von der Bestrahlungsdauer mit den relativen Intensitäten 1, 0·31, 0·137.

vor und

Tabelle 2

Relative Intensität	Sattwert der Lichtsummen
1	1850
0·52	1540
0·31	1020
0·137	640

nach dem Eintritt einer ziemlich plötzlichen Lichtsummenabnahme, die mit einer Trübung des Krystalls parallel zu gehen schien.

Fig. 5 und 6 veranschaulichen den Grad der Änderung und zeigen auch, daß die zwei Maxima in eines verschimmen, die Dauer des Ausheizens zunimmt und ein Rest von Thermolumineszenz scheinbar mit 2·6 Ampere überhaupt nicht zu vernichten ist; K. Przibram¹ deutet letzteres als Bildung stabiler Komplexe. Das Verhältnis der Sattwerte bei verschiedenen Intensitäten zu-

¹ K. Przibram, Wiener Ber. 134 (IIa), 233, 1925.

einander ist aber vor und nach der Lichtsummenabnahme das gleiche.

Wie beiläufig durch Filter, genau mittels eines Lumineszenzspektrophotometers nach Kowalski konstatiert wurde, liegt die

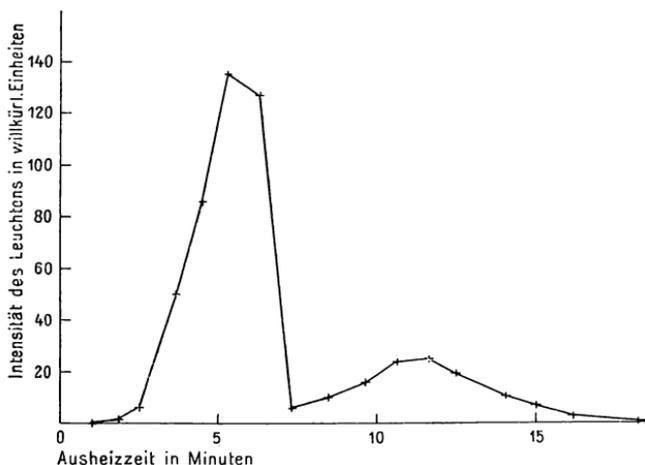


Fig.

Sattwert der Lichtsumme für relative Intensität 1 nach 263stündiger Bestrahlung = 3000.

Bande der maximalen Helligkeit bei Doppelspat zwischen 500 und 700 $m\mu$, das subjektive Maximum bei 600 $m\mu$; nach einigen Minuten des Ausheizens findet eine relative Zunahme der Helligkeit im Gelb statt.

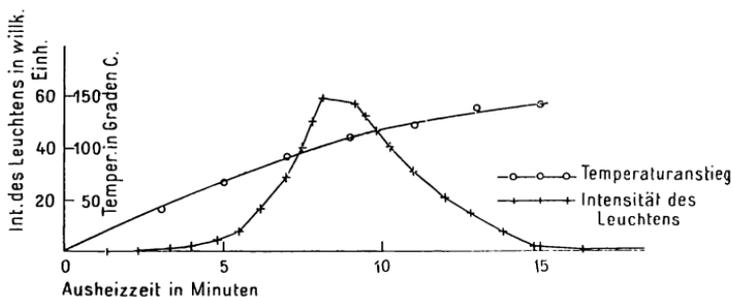


Fig. 6.

Sattwert der Lichtsumme nach 93stündiger Bestrahlung mit relativer Intensität 1 = 1850, gemessen nach Eintritt der Änderung.

III. Zusammenhang zwischen Absorption und Lichtsummen.

Bei vorliegenden Messungen deuten folgende Punkte auf einen Zusammenhang:

1. Sowohl Verfärbung als auch Lichtsummen streben einem Grenzwert zu.

2. Das Tempo der Erreichung eines Grenzwertes scheint auch in beiden Fällen gleich zu sein. Daher läßt sich die Änderung von Absorption und Lichtsummen mit zunehmender Bestrahlungsdauer annähert durch die Formeln $n = n_{\infty} (1 - e^{-\beta t})$ wiedergeben.

3. Die Abhängigkeit von der Intensität der Bestrahlung ist für Verfärbung und Lichtsummen annähernd gleich, wie a) Fig. 7

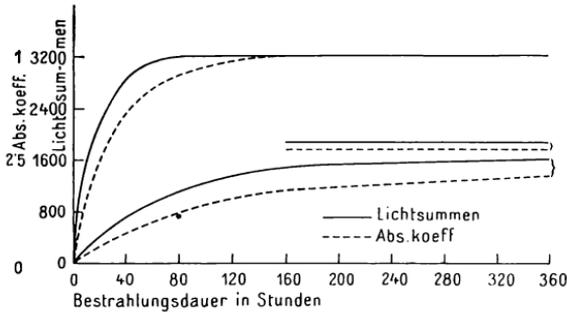


Fig.

Verhältnis der Sattwerte der Lichtsummen zu denen der Abs. koeff. nach Bestrahlung mit den relativen Intensitäten 1, 0·31, 0·137.

Sattwerte für Intensität 1 sind gleichgesetzt, n_{∞} der Abs. auch = 1 gesetzt.

beweist und b) Formel $n_{\infty} = \frac{\alpha J}{\beta_1 J + \delta}$ auf die Lichtsummen angewendet zeigt.

α berechnet sich aus dem Anfangsanstieg mit 151, $\beta_1 = 0\cdot031$, $\delta = 0\cdot01$. Die Ausrechnung der Sattwerte ist in Tabelle 3 wiedergegeben.

Tabelle 3.

Relative Intensität	Sattwerte der Lichtsummen	
	berechnet	beobachtet
1	3680	3210
0·31	2380	1880
0·137	1450	1640

(β und B stimmen wieder der Größenordnung nach überein:

Relative Intensität	β	B
1	0·06	0·04
0·137	0·02	0·02)

Auf die geänderten Lichtsummen angewendet, ergeben sich die Konstanten $\alpha = 152$, $\beta_1 = 0\cdot055$, $\delta = 0\cdot0245$. Die Sattwerte der Lichtsummen zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4.

Relative Intensität	Sattwerte der Lichtsummen	
	berechnet	beobachtet
1	1910	1850
0·52	1490	1540
0·31	1130	1020
0·137	650	640

($\frac{zJ}{n_\infty}$ als Funktion von J aufgetragen stellt in beiden Fällen eine gerade Linie dar.)

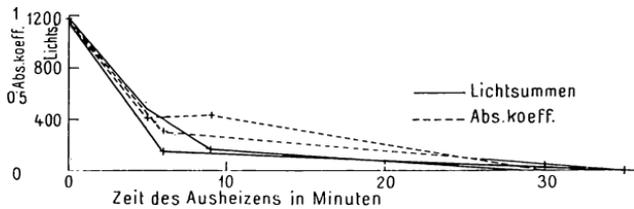


Fig. 8.

Änderung des Abs. koef. 400 $m\mu$ bei etappenweisem Ausheizen nach 21stündiger Bestrahlung mit relativer Intensität 1.

4. Bei Verfärbung und Lichtsummen scheinen Zentren verschiedener Lebensdauer vorhanden zu sein, bei der Verfärbung deutet der rasche Anfangsanstieg darauf hin, bei den Lichtsummen die Form der Ausheizkurven.

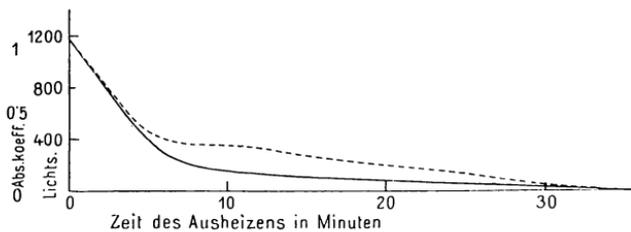


Fig. 9.

Mittelwerte der zwei Messungsreihen von Fig. 8.

5. Versuche mit etappenweisem Ausheizen der Lichtsummen und vergleichende Absorptionsmessungen zeigen, daß beide Größen wenigstens anfangs in ähnlicher Weise abfallen (Fig. 8, 9).

6. Es wurde früher von einer ziemlich plötzlichen Änderung der Lichtsummen gesprochen. Ihr parallel ging eine entsprechende Änderung der Absorptionskoeffizienten; der absolute Wert des Absorptionskoeffizienten mal d vor der Bestrahlung, der in den Kurven immer Null gesetzt ist, nahm nämlich zu (z. B. Wert im November

1925 0·333, im Juli 1926 0·480). Der Endwert nach der Bestrahlung blieb angenähert gleich (nach 22 Stunden Bestrahlung mit relativer Intensität 1 0·613 im November 1925, 0·655 im Juli 1926), daher wurde der Anstieg der Verfärbung ein geringerer. 54 stündige Sonnenbestrahlung andererseits hatte teilweise Regenerierung sowohl der Lumineszenz- als auch der Absorptionszentren zur Folge. Die fortgesetzte Radiumbestrahlung scheint ein Überwiegen sehr stabiler Zentren zu bewirken.

Die eben erwähnten Zusammenhänge scheinen für eine innige Beziehung von Absorptions- und Lumineszenzzentren zu sprechen.

IV. Radiofluoreszenz von Doppelspat.

Die zur Messung der Radiofluoreszenz von Doppelspat benützte Apparatur ist ähnlich der bei Lichtsummenmessungen, mit einer von K. Przibram beschriebenen Abänderung. Die Meßergebnisse bei Bestrahlung des Doppelspates mit einem 30 *mg* Radiumröhrchen besagen, daß die absolute Helligkeit der Radiolumineszenz nicht groß ist; man unterscheidet einen schnellen Anfangsanstieg, dann ein langsames Wachsen bis zu einem Sattwert; Ermüdung konnte nicht sicher festgestellt werden. Bei neuerlicher Bestrahlung nach einer Pause erfolgt der ganze Vorgang schneller, und zwar je kürzer die Pause ist, desto schneller.¹

Der Krystall befindet sich in 3 *mm* Entfernung vom Radiumröhrchen; auf ihn wirkt also angenähert die absolute Intensität $30:9 = 3\cdot3 \frac{mg}{mm^2}$; die früher verwendete Intensität von 610 *mg* hat in 14 *mm* Entfernung vom Krystall (relative Intensität 0·31) den Absolutwert $610:196 = 3\cdot11 \frac{mg}{mm^2}$, also fast denselben Wert.

In den beiden Fällen, Radiofluoreszenz und Verfärbung, wird der Sattwert zu gleicher Zeit, nach ungefähr drei Tagen, erreicht; wie früher gezeigt wurde, verhalten sich auch die Lichtsummen ebenso; diese Tatsache ist als neuer Hinweis auf einen engen Zusammenhang zwischen diesen drei Vorgängen aufzufassen und spricht für K. Przibram's Deutung von Verfärbung, Lichtsummen und Radiofluoreszenz.

Zusammenfassung.

Für die vier verschiedenen relativen Intensitäten 1, 0·52, 0·31, 0·137 der β - γ -Strahlung wird die Änderung des Absorptionskoeffizienten und der Lichtsummen von Doppelspat mit wachsender Bestrahlungsdauer beobachtet und festgestellt, daß sich beide in

¹ K. Przibram, Wiener Ber. 134 (IIa), 233, 1925.

erster Annäherung durch die Formel $n = n_{\infty} (1 - e^{-\beta t})$ darstellen lassen. Quantitativ wird die Abhängigkeit des Sattwertes der Verfärbung und der Lichtsummen von der Intensität der Strahlung messend verfolgt und es ergibt sich, daß angenähert die Formel $n_{\infty} = \frac{\alpha J}{\beta_1 J + \delta}$ diese Abhängigkeit wiedergibt; daran anknüpfend wird erörtert, was aus den Messungen auf einen Zusammenhang zwischen Absorption und Lichtsummen schließen läßt. Zum Schluß wird qualitativ der Anstieg der Radiofluoreszenzhelligkeit mit wachsender Bestrahlungsdauer verfolgt und eine Übereinstimmung im Tempo der Erreichung des Sattwertes mit der Verfärbung gefunden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: [135_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Gröger Luisa

Artikel/Article: [Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung Nr. 194. Verfärbungs- und Lumineszenzerscheinungen des mit Becquerelstrahlen vorbehandelten Doppelspates. 705-714](#)