

Die g -Faktoren der 2^+ -Rotationszustände in Er^{166} und Er^{168}

E. MÜNCK, D. QUITMANN und S. HÜFNER

Institut für Technische Kernphysik
und Institut für Technische Physik
der Technischen Hochschule Darmstadt

(Z. Naturforsch. 21 a, 847—848 [1966]; eingegangen am 12. Mai 1966)

With the MÖSSBAUER technique, the magnetic hyperfine splittings of the 80 keV γ -rays of Er^{166} and Er^{168} were measured in $\text{ErCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, using a TmAl_2 and a HoAl_2 source. We obtain the following new results:

$$g_{\text{R}}^{168}/g_{\text{R}}^{166}=1.042 \pm 0.008 \text{ and } g_{\text{R}}^{168}=0.331 \pm 0.010.$$

Die g -Faktoren g_{R} der tiefsten 2^+ -Rotationszustände ($K=0$) stark deformierter Kerne wurden von NILSSON und PRIOR¹ berechnet. Neben dem Absolutwert interessiert auch die Änderung bei der Anlagerung zweier Neutronen; beides läßt sich mit der MÖSSBAUER-Methode genau messen.

Für Er^{166} wurde bereits² mit der MÖSSBAUER-Methode $g_{\text{R}}^{166}=0,312 \pm 0,010$ und für Er^{168} mit der Methode der Drehung der γ - γ -Winkelkorrelation im äußeren Magnetfeld $g_{\text{R}}^{168}=0,25 \pm 0,03$ bestimmt. Der Wert für Er^{168} stimmt nur schlecht mit dem von NILSSON und PRIOR berechneten überein. Wir haben daher für beide Nuklide die magnetische Aufspaltung in $\text{ErCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ mit der MÖSSBAUER-Methode gemessen und direkt verglichen. Bisher wurde der MÖSSBAUER-Effekt am Er^{168} noch nicht beobachtet.

Als Quellen benutzten wir die kubischen intermetallischen Verbindungen HoAl_2 und TmAl_2 . Das 85 d-Isotop Tm^{168} wurde durch Bestrahlung von 80 mg TmAl_2 mit 50 MeV-Bremsstrahlung am Darmstädter Elektronen-Linearbeschleuniger⁴ über die Kernphotoreaktion $\text{Tm}^{169}(\gamma, n)\text{Tm}^{168}$ hergestellt. Das 79,80 keV-Niveau mit $T_{1/2}=(1,90 \pm 0,06)$ ns wird beim K-Einfang des Tm^{168} zu 85% bevölkert. Zur Herstellung der Ho^{166} -Aktivität ($T_{1/2}=27,2$ h) wurden 20 mg HoAl_2 für 20 Stunden am Forschungsreaktor FRM einem Neutronenfluß von $3 \cdot 10^{12}$ Neutronen/cm² s ausgesetzt. Das 80,57 keV-Niveau mit $T_{1/2}=(1,83 \pm 0,06)$ ns wird zu 47% beim β^- -Zerfall des Ho^{166} bevölkert. Beide Quellen wurden nach der Bestrahlung 4 h bei 800 °C getempert.

Als Absorber diente das paramagnetische $\text{ErCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ in polykristalliner Form, das bei 4,2 °K eine magnetische Hyperfeinstrukturaufspaltung² zeigt. Wir konnten für das Er^{166} und das Er^{168} -Experiment nicht identisch denselben Absorber verwenden, da der zu erwartende kleine Resonanzeffekt für das Er^{168} -Experiment einen hochangereicherten Absorber erforderlich

machte. Die Gleichheit der kristallinen Strukturen beider Absorber wurde durch DEBYE-SCHERRER-Diagramme überprüft.

Das elektromagnetische Antriebssystem⁵ folgte bis auf etwa 0,5% dem gewünschten Geschwindigkeitsverlauf. Form und Größe der Abweichung der Bewegung vom Sollverlauf waren während der Messung sehr gut konstant. Die Bewegung wurde über ein 70 cm langes Edelstahlrohr auf die Quelle im Innern eines Heliumkryostaten übertragen. Die Temperatur der HoAl_2 -Quelle wurde über dem CURIE-Punkt⁶ $T_C=25$ °K gehalten; die TmAl_2 -Quelle befand sich auf der Temperatur des Heliumbades. Die $\text{ErCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ -Absorber waren außen am Gestänge im Heliumbad befestigt. Die γ -Strahlung wurde mit einem Ge(Li)-Detektor nachgewiesen. Das Verhältnis von Linie zu Untergrund im 80 keV-Fenster war 1 : 3 im Er^{168} -Experiment und 1 : 1 im günstigeren Fall des Er^{166} . Die Impulse des Einkanaldiskriminators wurden in einem Vielkanalzähler gespeichert, dessen 400 Kanäle nacheinander für gleiche Zeitintervalle geöffnet wurden. Beide Messungen wurden mit identischem Antrieb und unveränderter Ein-

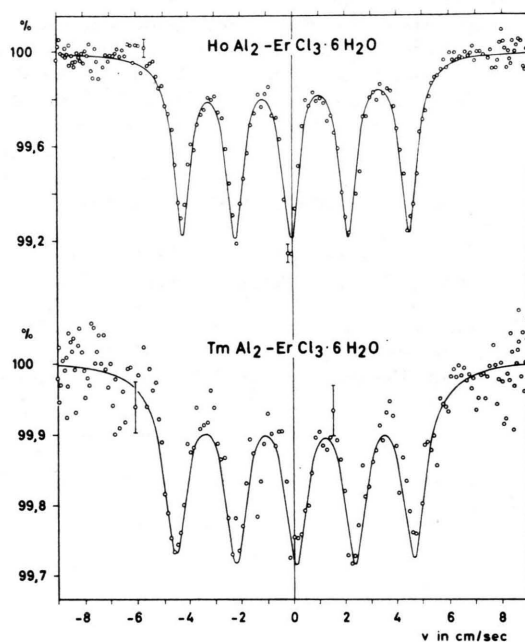


Abb. 1. Relative Transmission als Funktion der Relativgeschwindigkeit. Oben: Er^{166} , 80,57 keV γ -Linie; HoAl_2 -Quelle, $\text{ErCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ -Absorber (530 mg/cm², natürliches Isotopengemisch). Unten: Er^{168} , 79,80 keV γ -Linie; TmAl_2 -Quelle, $\text{ErCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ -Absorber (330 mg/cm², 95,2% Er^{168}).

¹ S. G. NILSSON u. O. PRIOR, Kgl. Danske Videnskab. Selskab Mat.-Fys. Medd. 32, nr. 16 [1961].

² H. DOBLER, G. PETRICH, S. HÜFNER, P. KIENLE, W. WIEDEMANN u. H. EICHER, Phys. Letters 10, 319 [1964].

³ E. BODENSTEDT, H. J. KÖRNER, E. GERDAU, J. RADELOFF, L. MAYER, K. AUERBACH, J. BRAUNFURTH u. G. MIELKEN, Z. Phys. 170, 355 [1962].

⁴ F. GUDDEN, G. FRICKE, H.-G. CLERC u. P. BRIX, Z. Phys. 181, 453 [1964]. — H. PRANGE, E. MÜNCK u. C. F. RÜFFLER, Laborbericht Nr. 24 des Instituts für Technische Kernphysik der Techn. Hochschule Darmstadt, 1966.

⁵ E. STEICHELE, Laborbericht Nr. 23 des Instituts für Technische Kernphysik der Techn. Hochschule Darmstadt, 1966.

⁶ H. J. WILLIAMS, J. H. WERNICK, E. A. NESBITT u. R. C. SHERWOOD, J. Phys. Soc. Japan 17, 91 [1962].



stellung der Antriebselektronik vorgenommen. In der Figur sind die gemessenen Spektren wiedergegeben.

Zur Ermittlung der magnetischen Kopplungskonstanten $A_z = 2 g_R \mu_K H_{\text{eff}}$ wurden an die gemessenen Transmissionsspektren auf der Anlage IBM 7040 des Rechenzentrums der Techn. Hochschule Darmstadt fünf LORENTZ-Kurven gleicher Breite und Intensität nach der Methode der kleinsten Quadrate angepaßt. Bei der Auswertung konnten Isomerieverschiebung und Quadrupolwechselwirkung vernachlässigt werden.

Da das Verhältnis der beobachteten magnetischen Aufspaltungen in sehr guter Näherung gleich dem Verhältnis der g_R -Faktoren ist, erhalten wir unter Berücksichtigung der Übergangsenergien

$$\frac{A_z^{168}(79,80 \text{ keV})}{A_z^{166}(80,57 \text{ keV})} = \frac{g_R^{168}}{g_R^{166}} = 1,042 \pm 0,008.$$

Der angegebene Fehler ist die quadratische Summe aus den statistischen Fehlern von 0,2% und 0,6% und einem Fehler von 0,5%, der die Schwankung der Maximalgeschwindigkeit während der Messung berücksichtigt. Dieses Ergebnis ist unabhängig von dem Fehler der Geschwindigkeitseichung.

Um die Absolutwerte der magnetischen Kopplungskonstante in $\text{ErCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ auszuwerten, wurden die bekannten Aufspaltungen der 14,37 keV-Linie des Fe^{57} in metallischem Eisen und $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ bei Maximalgeschwindigkeiten von 0,75 cm/s bis 2 cm/s gemessen. Durch lineare Extrapolation erhielten wir die Geschwindigkeitseichung für die Er-Messungen. Die Absolutwerte der magnetischen Kopplungskonstanten im $\text{ErCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ sind

$$A_z^{168}(79,80 \text{ keV}) = (12,18 \pm 0,25) \cdot 10^{-6} \text{ eV},$$

$$A_z^{166}(80,57 \text{ keV}) = (11,69 \pm 0,24) \cdot 10^{-6} \text{ eV}.$$

Der angegebene Fehler ist die quadratische Summe des Fehlers der Aufspaltungswerte nach KISTNER und SUNYAR⁷ bzw. PRESTON u. a.⁸ und der Geschwindigkeits-

extrapolation (2%), der vermuteten Abweichung der wirklichen Quellbewegung vom Sollverlauf (0,5%), der Instabilität (0,5%) und den statistischen Fehlern von 0,2% bzw. 0,6%.

Zur Ermittlung der Absolutwerte der g -Faktoren folgen wir dem von DOBLER u. a.² angewandten Vorgehen. Für den Grundzustand des Er^{167} ($I=7/2$) wurde im verdünnten $\text{ErCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ der Wert $A_z^{167}(0 \text{ keV}) = (5,94 \pm 0,13) \cdot 10^{-6} \text{ eV}$ mit der Methode der paramagnetischen Resonanz bestimmt⁹. Mit der Atomstrahlresonanzmethode wurde $g^{167}(0 \text{ keV}) = 0,1613 \pm 0,0007$ gemessen¹⁰. Da man annehmen darf, daß in diesem Falle das Magnetfeld am Kernort nicht von der Konzentration abhängt, und A_x und A_y klein gegen A_z sind, wurde das Verhältnis der g -Faktoren gleich dem der A_z -Werte gesetzt. Damit ergibt sich

$$g_R^{166} = 0,318 \pm 0,010, \quad g_R^{168} = 0,331 \pm 0,010.$$

Der Wert für g_R^{166} liegt innerhalb des Fehlers des von DOBLER u. a. im gleichen Resonanzabsorber gefundenen Ergebnisses. NILSSON und PRIOR¹ berechneten mit dem kollektiven Modell unter Berücksichtigung der Paarungskorrelation folgende Werte:

$$g_R^{166} = 0,303 \text{ (Fall A)}, \quad g_R^{166} = 0,313 \text{ (Fall B)};$$

$$g_R^{168} = 0,309 \text{ (Fall A)}, \quad g_R^{168} = 0,315 \text{ (Fall B)}.$$

Für die Anregung zu diesem Experiment und viele wertvolle Diskussionen sind wir Herrn Professor Dr. P. KIENLE zu großem Dank verpflichtet. Für die Hilfe bei den Messungen danken wir Herrn Dr. E. STEICHELE, Herrn Dipl.-Phys. H. PRANGE und Herrn Dipl.-Phys. G. SCHÄFER. Herrn Dr. A. MEYER vom Forschungslaboratorium der Siemens & Halske AG, München, danken wir für die Herstellung des TmAl_2 . Weiterhin haben wir Fräulein A. FORGATSCH für die Herstellung der Absorber zu danken. Frau J. GROSS vom Lehrstuhl für Strukturforschung half uns bei den DEBYE-SCHERRER-Aufnahmen. Diese Arbeit wurde durch Mittel des Bundesministeriums für wissenschaftliche Forschung unterstützt.

⁷ O. C. KISTNER u. A. W. SUNYAR, Phys. Rev. Letters **4**, 412 [1960].

⁸ R. S. PRESTON, S. S. HANNA u. J. HEBERLE, Phys. Rev. **128**, 2207 [1962].

⁹ G. SCHÄFER u. H. G. KAHLE, private Mitteilung.

¹⁰ K. F. SMITH u. P. J. UNSWORTH, Proc. Phys. Soc. London **86**, 1249 [1965].