

Bestimmung der magnetischen Struktur hexagonaler Manganatverbindungen

Th. Lottermoser¹, M. Fiebig¹, D. Fröhlich¹, K. Kohn², St. Leute¹, V. V. Pavlov³, and R. V. Pisarev³

1) Institut für Physik, Universität Dortmund, 44221 Dortmund, Deutschland

2) Department of Physics, Waseda University, 3-4-1 Okubo, Shinjuku-ku, Tokyo 169-8555, Japan

3) Ioffe Physical Technical Institute of the Russian Academy of Sciences, 194021 St. Petersburg, Russia

AM 13.75



Motivation

Die hexagonalen Manganatverbindungen RMnO_3 ($R = \text{Y, Sc, Ho, Er, Tm, Yb, Lu}$) gehen unterhalb einer Temperatur $T_N = 70 - 130 \text{ K}$ von einer paramagnetischen in eine **antiferromagnetische** Phase über. Die Bestimmung der komplexen antiferromagnetischen Ordnung der Mn^{3+} Spins ist allein mit Hilfe der Neutronen- und Röntgenstreuung **nicht** möglich!

⇒ Einführung einer neuen, **optischen Methode**:

Polarisationsabhängige Spektroskopie der zweiten Harmonischen (SH)

Methode

Nichtlineare Polarisation zweiter Ordnung:

$$P_i(2\omega) = \epsilon_0 \sum_{j,k=1}^3 \chi_{ijk}^{SH} E_j(\omega) E_k(\omega)$$

Nichtlineare Suszeptibilität zweiter Ordnung in magnetisch geordneten Kristallen:

$$\chi_{ijk}^{SH} = \chi_{ijk}^{(i)} + \chi_{ijk}^{(c)}$$

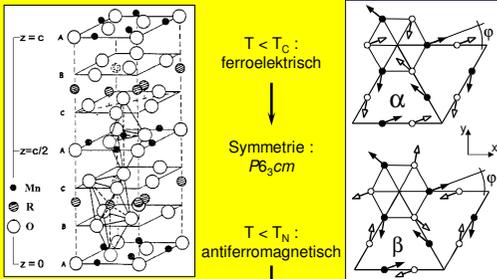
Abhängig von der **Kristallstruktur** Abhängig von der **magnetischen Struktur**

Die Bestimmung der Struktur der **nichtlinearen Suszeptibilität** $\chi_{ijk}^{(c)}$ ermöglicht die Bestimmung der zugrundeliegenden **magnetischen Struktur**. Der Nachweis einzelner Komponenten von $\chi_{ijk}^{(c)}$ erfolgt aus Messungen

- der **spektralen Abhängigkeit**
- des **Polarisationsverhaltens**
- der **Temperaturabhängigkeit**

Zusätzliche Informationen liefern **ortsaufgelöste** Messungen.

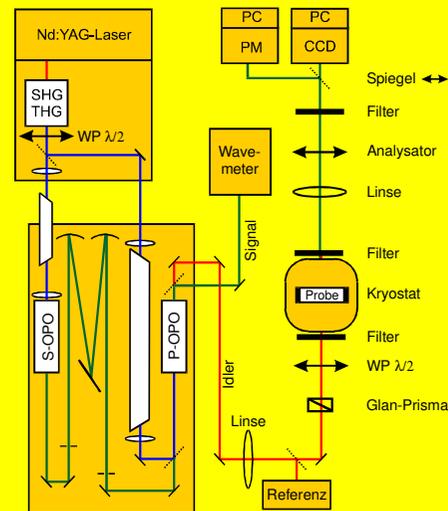
Kristall- und Spinstruktur



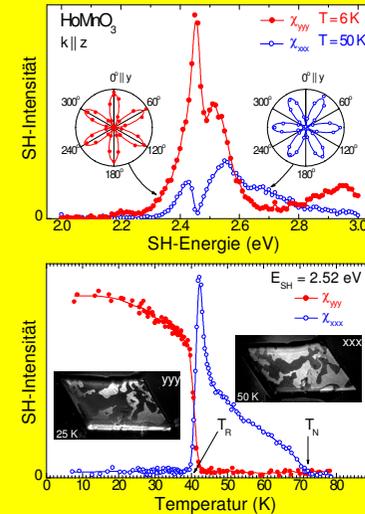
Symmetrie und SH – Auswahlregeln:

- α_1 ($\varphi = 0^\circ$): $P6_3cm$
 $\chi_{yyy} = -\chi_{yxx} = -\chi_{xyx} = -\chi_{xyy}$
 - β_1 ($\varphi = 0^\circ$): $P6_3cm$
 $\chi_{xyz} = \chi_{zxy} = -\chi_{yxz} = -\chi_{yzx}$
 - α_2 ($\varphi = 90^\circ$): $P6_3cm$
 $\chi_{xyy} = -\chi_{xxx} = -\chi_{xyx} = -\chi_{yyx}$
 - β_2 ($\varphi = 90^\circ$): $P6_3cm$
 $\chi_{zxx} = \chi_{zxy} \chi_{zxx} = \chi_{xzx} = \chi_{xyy} = \chi_{yzy} \chi_{zxx}$
 - α_0 ($\varphi = 0^\circ \dots 90^\circ$): $P6_3$
 $\chi(\alpha_1) \oplus \chi(\alpha_2)$
 - β_0 ($\varphi = 0^\circ \dots 90^\circ$): $P6_3$
 $\chi(\beta_1) \oplus \chi(\beta_2)$
- ⇒ Signal für $k||z$ möglich! ⇒ Kein Signal für $k||z$ möglich!

Experimenteller Aufbau

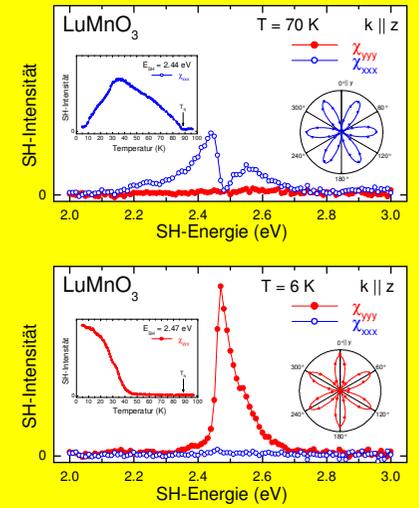


Ergebnisse HoMnO3



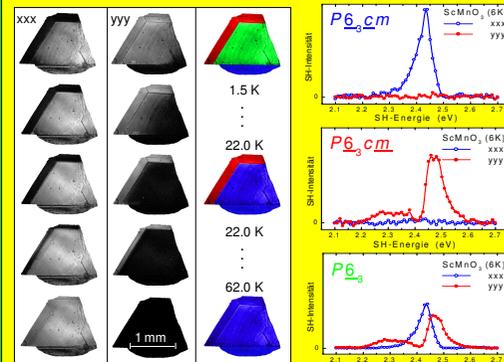
Zusätzlicher magnetischer Phasenübergang bei 41 K
 $T < T_R$: Symmetrie $P6_3cm$ 90° Spinrotation
 $T > T_R$: Symmetrie $P6_3cm$ bei $T_R = 41 \text{ K}$

Ergebnisse LuMnO3



Temperaturabhängige Änderung der Symmetrie:
 Für $T < T_N$: Symmetrie $P6_3cm$
 Für $T \rightarrow 0 \text{ K}$: Übergang von $P6_3cm$ nach $P6_3cm$

Ergebnisse ScMnO3



Für tiefe Temperaturen Koexistenz verschiedener magnetischer Strukturen:

- $T < T_N$: Symmetrie $P6_3cm$
- $T < 62 \text{ K}$: Symmetrie $P6_3cm + P6_3cm$
- $T < 22 \text{ K}$: Symmetrie $P6_3cm + P6_3cm + P6_3$

Zusammenfassung

Für die Gruppe der hexagonalen Manganatverbindungen RMnO_3 konnte mittels nichtlinear optischer Messungen die magnetische Struktur eindeutig bestimmt werden. Es konnten alle Verbindungen den magnetischen Raumgruppen $P6_3cm$, $P6_3cm$ und $P6_3$ zugeordnet werden.

Anhand ortsaufgelöster und temperaturabhängiger Messungen konnte für ScMnO_3 , HoMnO_3 und LuMnO_3 eine zusätzliche Änderung der magnetischen Struktur unterhalb T_N nachgewiesen werden.

