

# III/10: Cobaltferrit $\text{CoFe}_2\text{O}_4$

LA-AGP 2024

Markus Otteny

Folien von Katharina Köhler

# Gliederung

Synthese

Theorie

Struktur

Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

Magnetismus

Anwendung

Literatur

# Gliederung

## Synthese

## Theorie

Struktur

Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

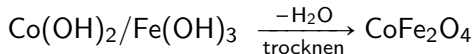
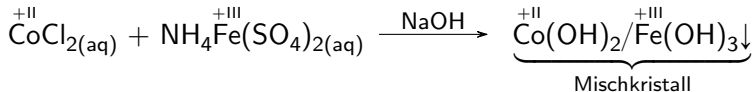
Magnetismus

## Anwendung

## Literatur

## Synthese

Cobaltferrit ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) wird durch thermische Zersetzung des gemischten Hydroxids  $\text{Co}(\text{OH})_2/\text{Fe}(\text{OH})_3$  hergestellt.



# Gliederung

Synthese

Theorie

Struktur

Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

Magnetismus

Anwendung

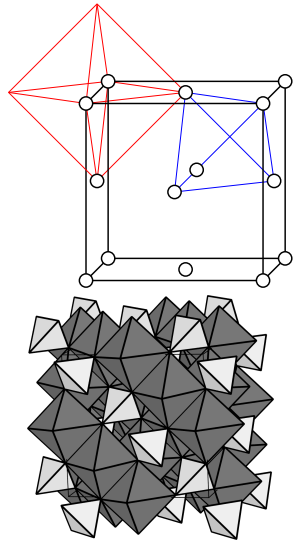
Literatur

# Struktur

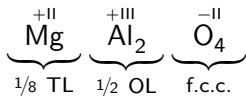
Spinell-Struktur  $AB_2X_4$

<sup>+II +III</sup>  
( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ -Typ)

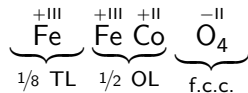
- ▶ f.c.c. der  $\text{O}^{2-}$ .
- ▶  $1/2$  der OL von  $B$  besetzt.
- ▶  $1/8$  der TL von  $A$  besetzt.
- ▶ kantenverknüpfte Oktaederstränge.
- ▶ Tetraeder nur über Ecken mit den Oktaedersträngen verknüpft.
- ▶  $\text{CoFe}_2\text{O}_4 = \text{Inversspinell}$



## Spinell



## Inversspinell



Worum es sich handelt hängt von der Ligandenfeldstabilisierungenergie (LFSE) ab.

# Gliederung

Synthese

Theorie

Struktur

Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

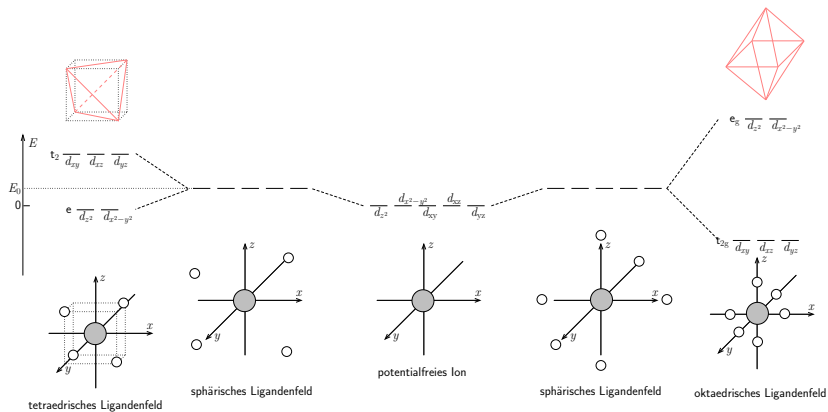
Magnetismus

Anwendung

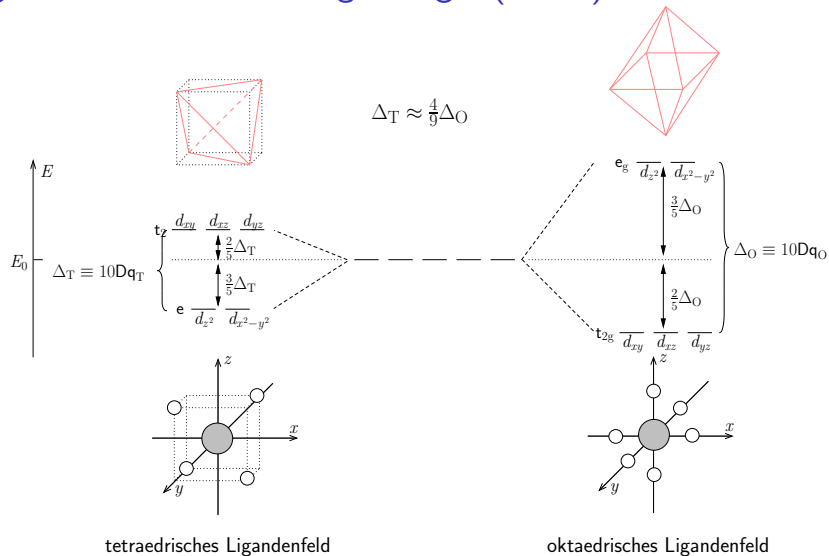
Literatur

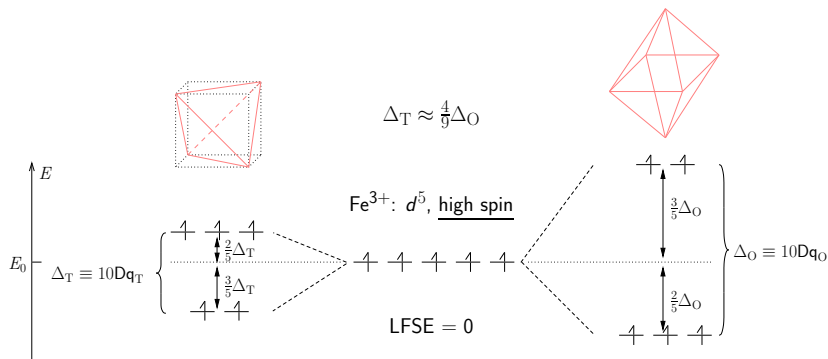


## Ligandenfeld

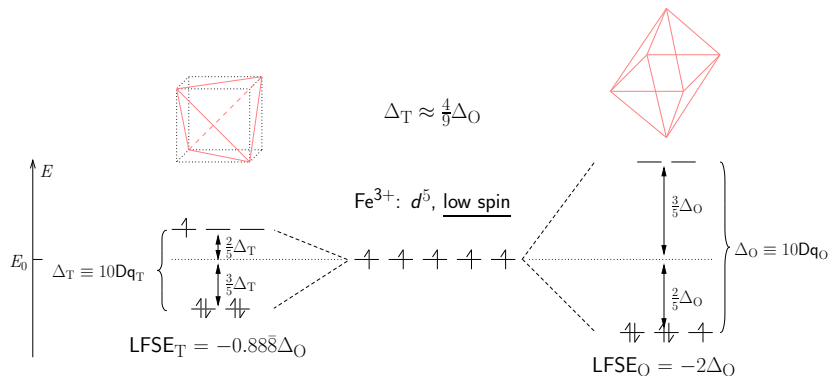


## Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)



$\text{Fe}^{3+}$ , high spin

z.B.  $\text{LFSE}_T = 3 \cdot \frac{2}{5}\Delta_T - 2 \cdot \frac{3}{5}\Delta_T = \frac{6}{5}\Delta_T - \frac{6}{5}\Delta_T = 0$

$\text{Fe}^{3+}$ , low spin

- ▶  $\text{O}^{2-}$  verursacht nur schwache Ligandenfeldaufspaltung.  
⇒ high spin Konfiguration.
- ▶ Da  $\text{LFSE}_{\text{Fe}^{3+}} = 0$ , keine Bevorzugung.
- ▶ Da  $\text{LFSE}_{\text{Co}^{2+}, \text{O}} > \text{LFSE}_{\text{Co}^{2+}, \text{T}}$ , Oktaederlücke
- ▶ *Berechnung der LFSE (high spin) im Protokoll.*

# Gliederung

Synthese

Theorie

Struktur

Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

Magnetismus

Anwendung

Literatur

# Magnetismus

- ▶ Diamagnetismus:  
abgeschlossene Elektronenschalen oder ausschließlich gepaarte Spins ( $\uparrow\downarrow$ , Gesamtspin=0).
- ▶ Paramagnetismus:  
offene Elektronenschalen oder ungepaarte Spins ( $\uparrow$  oder  $\downarrow$ , Gesamtspin $\neq 0$ )
- ▶  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ : offene  $d$ -Schalen  
→ ungepaarte  $e^-$   
→ unausgeglichener  $e^-$ -Spin  
→ lokales magnetisches Moment ( $\vec{m}$ ) an jedem Kern.

## Kollektiver Magnetismus

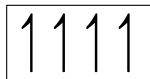
- häufig im Festkörper
- wenn  $\vec{m}$  spontan wechselwirken:

### a) Ferromagnetismus

$$\vec{m}$$

innerhalb einer Domäne parallel

z.B. Fe, Co, Ni



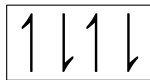
### b) Antiferromagnetismus

$$\vec{m}$$

innerhalb einer Domäne antiparallel

→ nach außen nicht magnetisch

z.B.  $\text{LaFeO}_3$



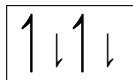
### c) Ferrimagnetismus

$$\vec{m}$$

innerhalb einer Domäne antiparallel

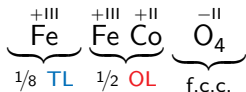
aber unterschiedlich groß

z.B.  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$





## Ferrimagnetismus in $\text{CoFe}_2\text{O}_4$

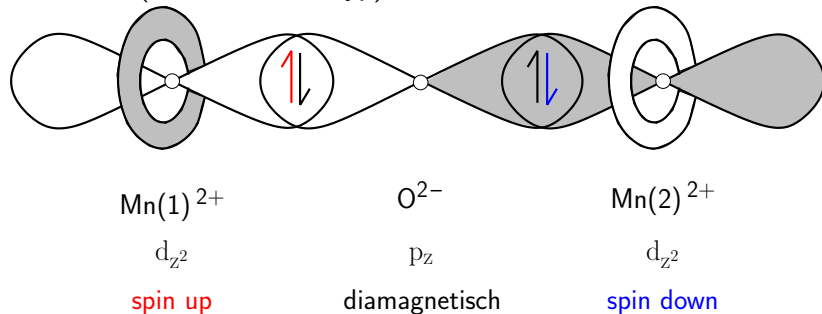


- ▶ Spins innerhalb des Oktaedernetzwerks parallel.
- ▶ Spins in den Tetraedern richten sich Superaustausch antiparallel zu den Oktaedern aus.

## Superaustausch

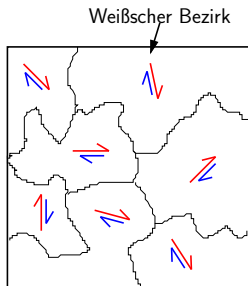
Antiferromagnetische Kopplung magnetischer Momente ( $\vec{m}$ ) von Metallatomen über verbrückende diamagnetischer Teilchen.

z.B.  $\text{MnO}^{+II -II}$  (kubisch, NaCl-Typ)



vgl. VI 8

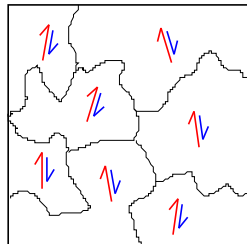
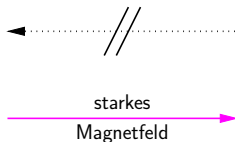
# Hysterese



frischer  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$

→ kein Permanentmagnet

→  $\vec{m}_W$  statistisch verteilt

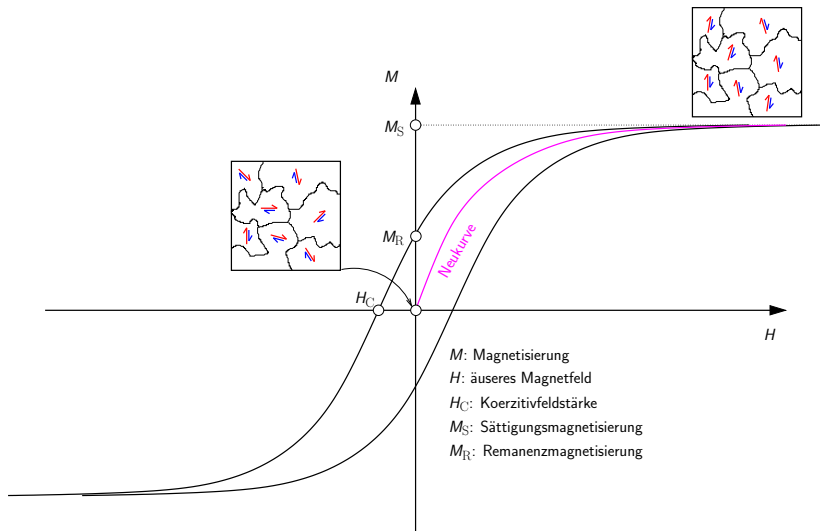


magnetisierter  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$

→ Permanentmagnet

→  $\vec{m}_W$  in ähnlicher Richtung

# Hysteresekurve des $\text{CoFe}_2\text{O}_4$



# Gliederung

Synthese

Theorie

Struktur

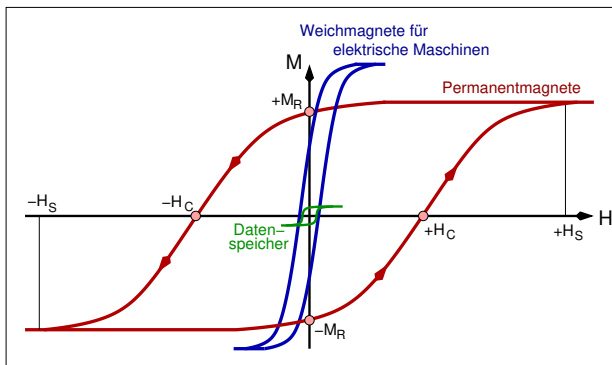
Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

Magnetismus

Anwendung

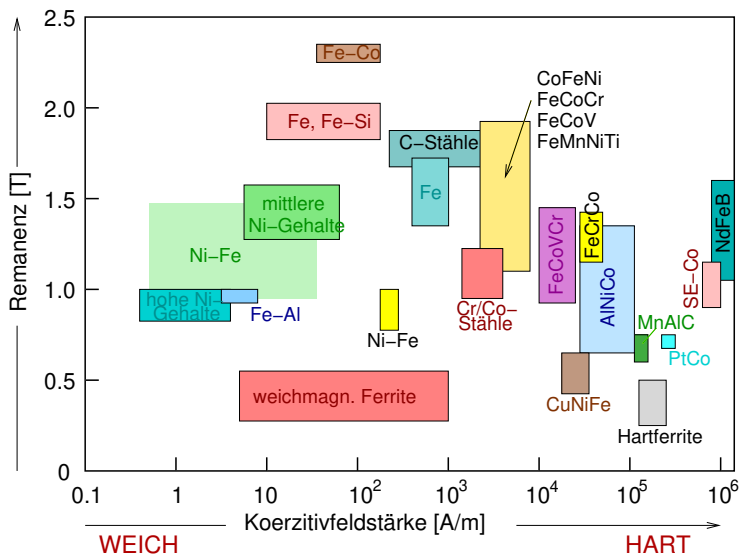
Literatur

## Hysteresekurven nach Anwendungsbereichen



- ▶  $M_R$  und  $H_C$  groß.  
→ große Fläche unter der Kurve = magnetisch hartes Material
- ▶  $M_R$  und  $H_C$  klein.  
→ kleine Fläche unter der Kurve = magnetisch weiches Material

# Übersicht der Magnetmaterialien



# Gliederung

Synthese

Theorie

Struktur

Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

Magnetismus

Anwendung

Literatur



## Literatur

- ▶ Praktikumsskript  
Homepage
- ▶ AC Lehrbücher  
z.B. Riedel, HoWi