

III/10: Cobaltferrit CoFe_2O_4

LA-AGP 2023

Markus Otteny

Folien von Katharina Köhler

Gliederung

Synthese

Theorie

Struktur

Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

Magnetismus

Anwendung

Literatur

Gliederung

Synthese

Theorie

Struktur

Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

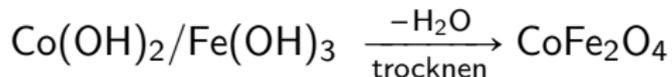
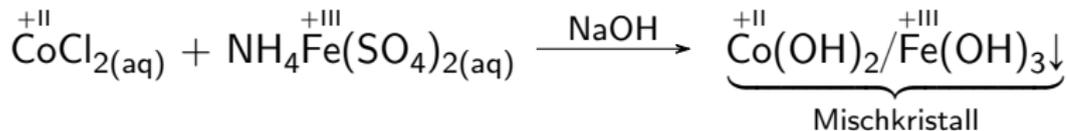
Magnetismus

Anwendung

Literatur

Synthese

Cobaltferrit (CoFe_2O_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

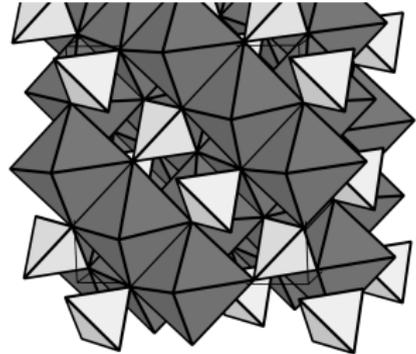
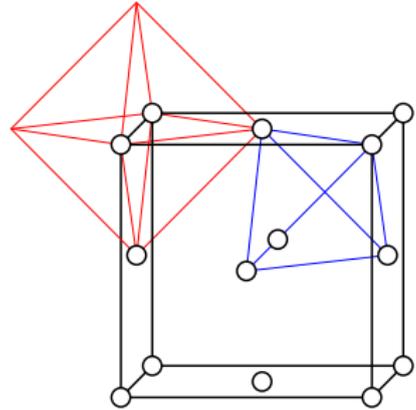
Literatur

Struktur

Spinell-Struktur AB_2X_4

$^{+II} \ ^{+III}$
(MgAl_2O_4 -Typ)

- ▶ f.c.c. der O^{2-} .

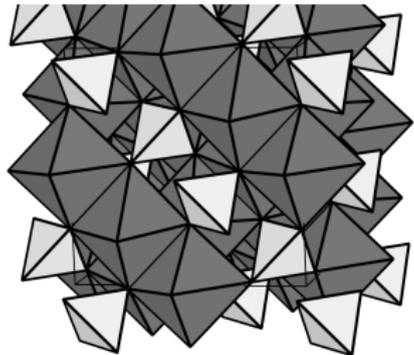
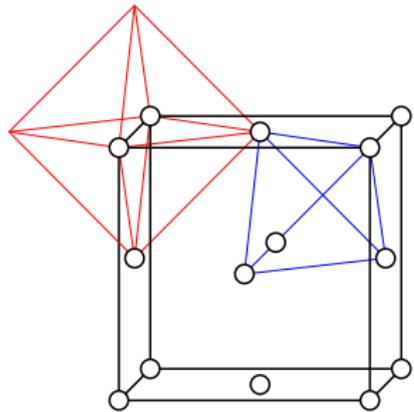


Struktur

Spinell-Struktur AB_2X_4

$^{+II} \ ^{+III}$
(MgAl_2O_4 -Typ)

- ▶ f.c.c. der O^{2-} .
- ▶ $1/2$ der OL von B besetzt.

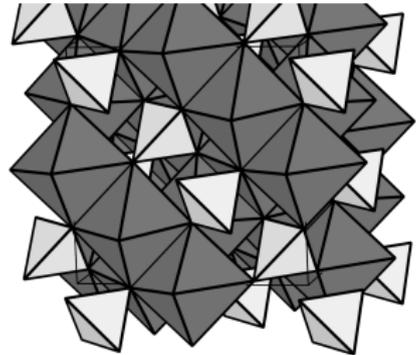
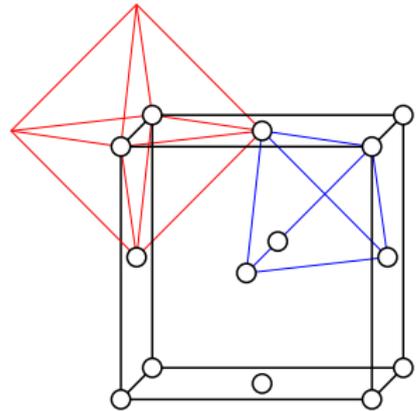


Struktur

Spinell-Struktur AB_2X_4

$^{+II} \ ^{+III}$
(MgAl_2O_4 -Typ)

- ▶ f.c.c. der O^{2-} .
- ▶ $1/2$ der OL von B besetzt.
- ▶ $1/8$ der TL von A besetzt.

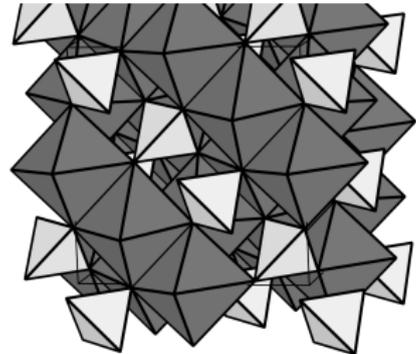
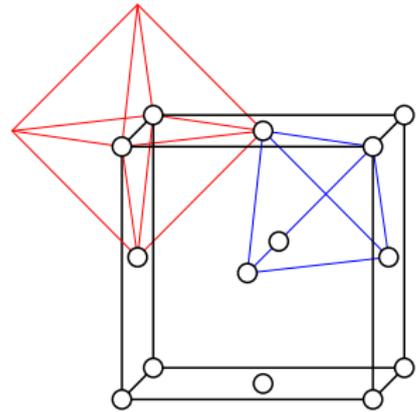


Struktur

Spinell-Struktur AB_2X_4

$^{+II} \ ^{+III}$
(MgAl_2O_4 -Typ)

- ▶ f.c.c. der O^{2-} .
- ▶ $1/2$ der OL von B besetzt.
- ▶ $1/8$ der TL von A besetzt.
- ▶ kantenverknüpfte Oktaederstränge.

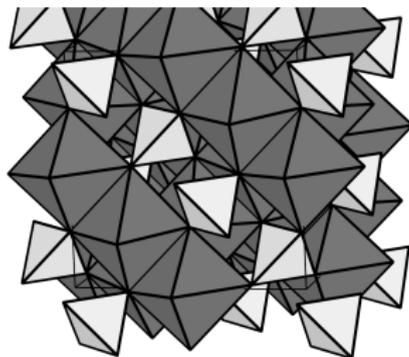
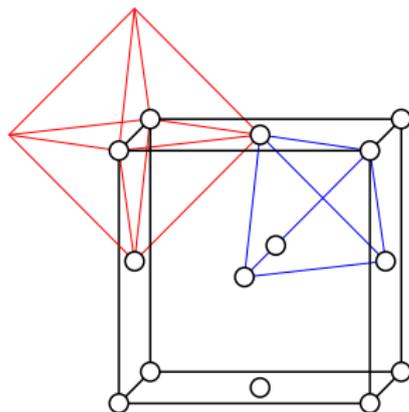


Struktur

Spinell-Struktur AB_2X_4

$^{+II} \ ^{+III}$
(MgAl_2O_4 -Typ)

- ▶ f.c.c. der 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.

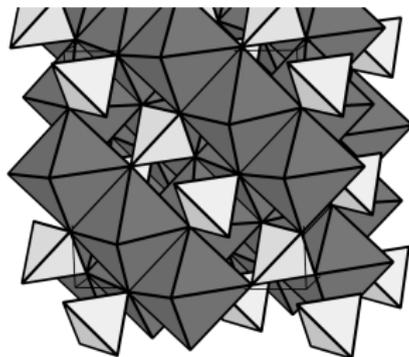
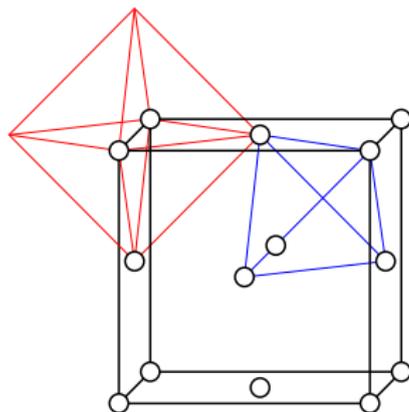


Struktur

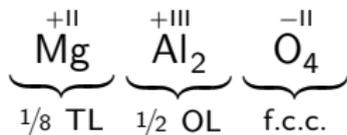
Spinell-Struktur AB_2X_4

$^{+II} \ ^{+III}$
(MgAl_2O_4 -Typ)

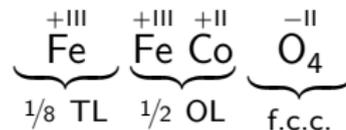
- ▶ f.c.c. der O^{2-} .
- ▶ $1/2$ der OL von B besetzt.
- ▶ $1/8$ der TL von A besetzt.
- ▶ kantenverknüpfte Oktaederstränge.
- ▶ Tetraeder nur über Ecken mit den Oktaedersträngen verknüpft.
- ▶ $\text{CoFe}_2\text{O}_4 = \text{Inversspinell}$



Spinell



Inversspinell



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

Gliederung

Synthese

Theorie

Struktur

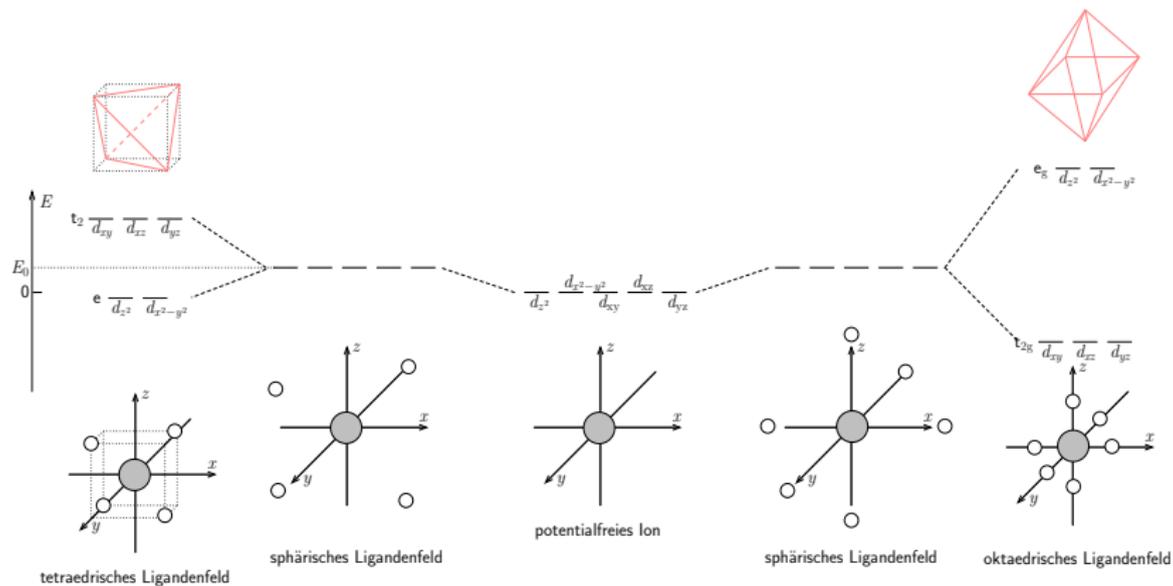
Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

Magnetismus

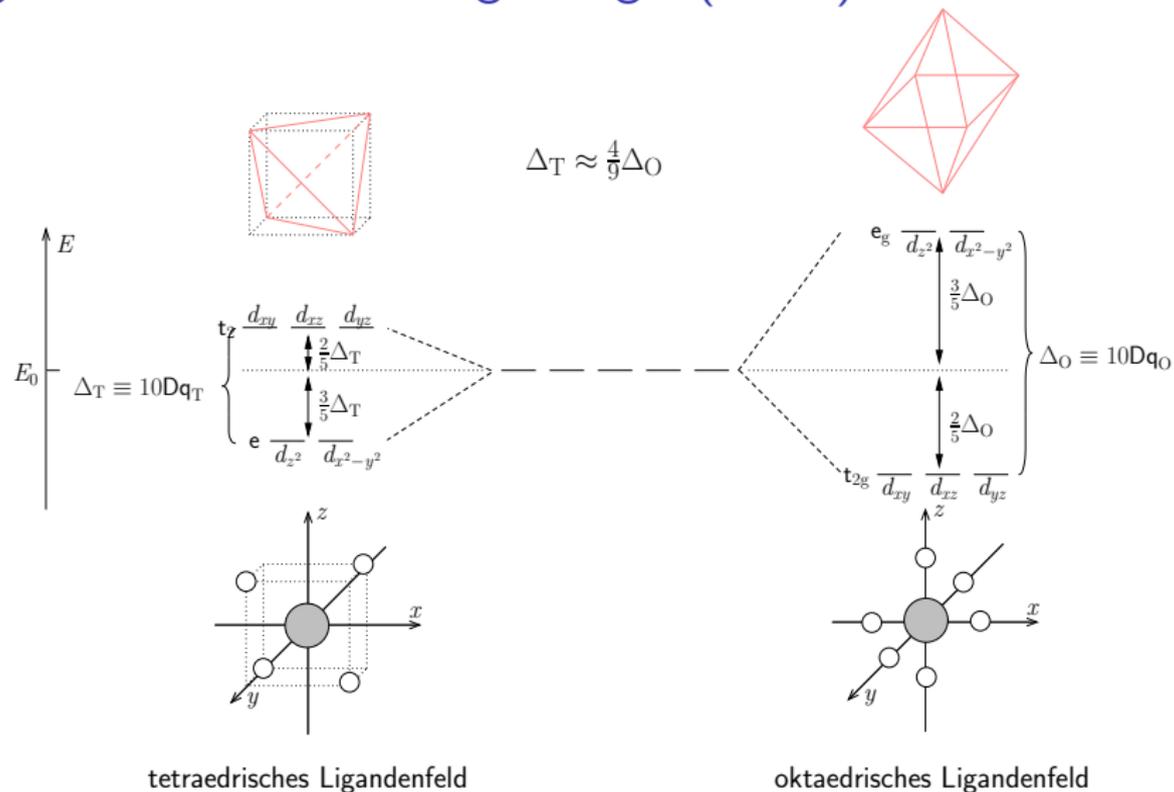
Anwendung

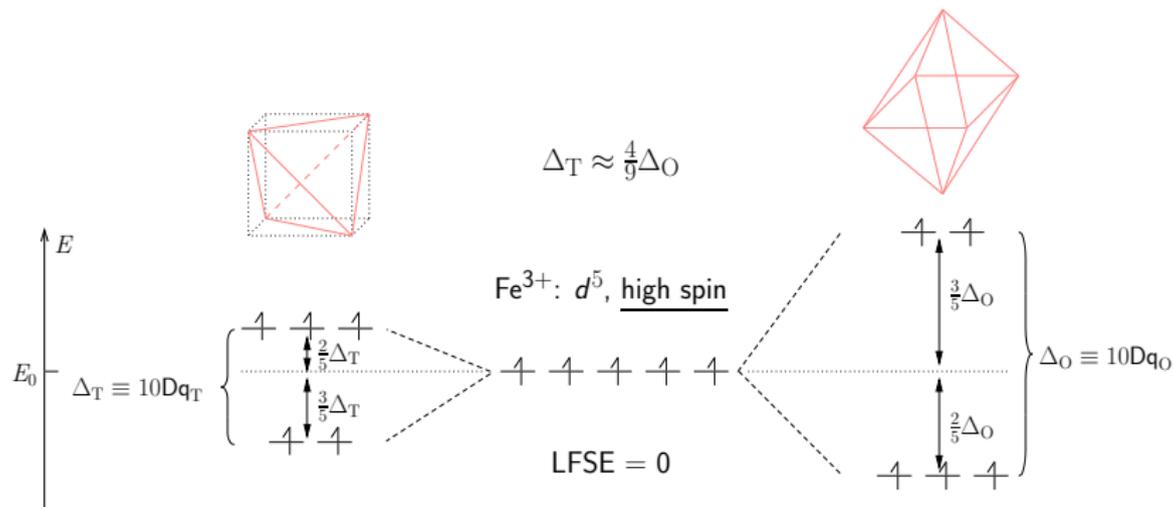
Literatur

Ligandenfeld

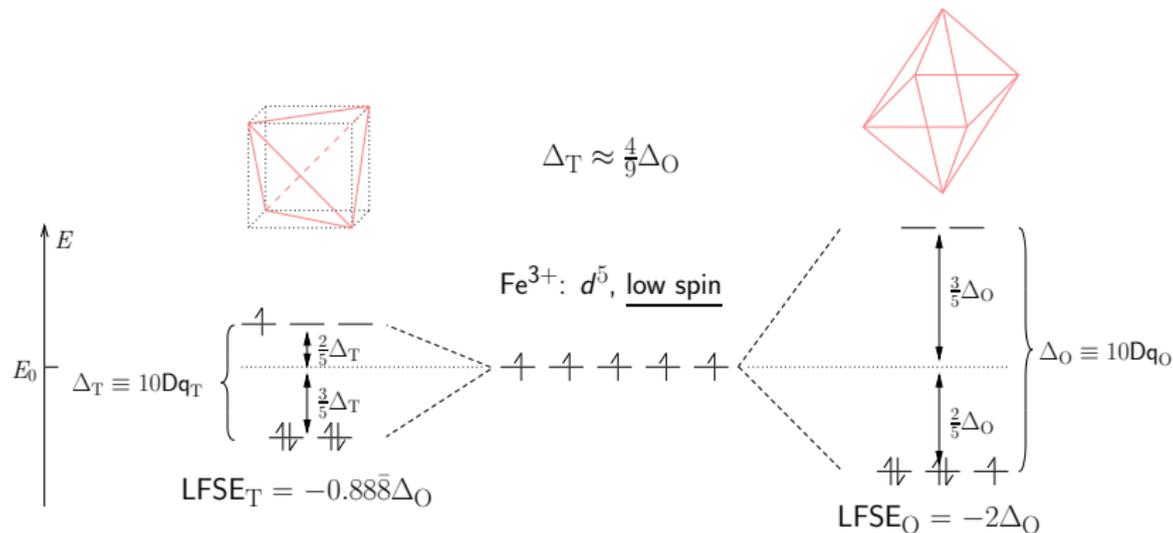


Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)



Fe^{3+} , high spin

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

Fe^{3+} , low spin

- ▶ O^{2-} verursacht nur schwache Ligandenfeldaufspaltung.
⇒ high spin Konfiguration.

- ▶ O^{2-} verursacht nur schwache Ligandenfeldaufspaltung.
⇒ high spin Konfiguration.
- ▶ Da $\text{LFSE}_{\text{Fe}^{3+}} = 0$, keine Bevorzugung.

- ▶ 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

- ▶ 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).

Magnetismus

- ▶ Diamagnetismus:
abgeschlossene Elektronenschalen oder ausschließlich gepaarte Spins ($\uparrow\downarrow$, Gesamtspin=0).
- ▶ Paramagnetismus:
offene Elektronenschalen oder ungepaarte Spins (\uparrow oder \downarrow , Gesamtspin $\neq 0$)

Magnetismus

- ▶ Diamagnetismus:
abgeschlossene Elektronenschalen oder ausschließlich gepaarte Spins ($\uparrow\downarrow$, Gesamtspin=0).
- ▶ Paramagnetismus:
offene Elektronenschalen oder ungepaarte Spins (\uparrow oder \downarrow , Gesamtspin $\neq 0$)
- ▶ CoFe_2O_4 : offene d -Schalen
→ ungepaarte e^-
→ unausgeglichener e^- -Spin
→ lokales magnetisches Moment (\vec{m}) an jedem Kern.

Kollektiver Magnetismus

- ▶ häufig im Festkörper

Kollektiver Magnetismus

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

Kollektiver Magnetismus

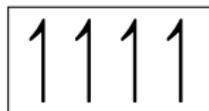
- ▶ häufig im Festkörper
- ▶ wenn \vec{m} spontan wechselwirken:

a) **Ferromagnetismus**

\vec{m}

innerhalb einer Domäne parallel

z.B. Fe, Co, Ni



Kollektiver Magnetismus

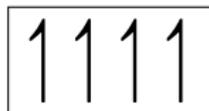
- ▶ häufig im Festkörper
- ▶ wenn \vec{m} spontan wechselwirken:

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. LaFeO_3



Kollektiver Magnetismus

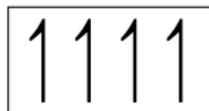
- ▶ häufig im Festkörper
- ▶ wenn \vec{m} spontan wechselwirken:

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. LaFeO_3



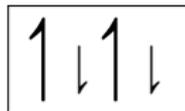
c) **Ferrimagnetismus**

 \vec{m}

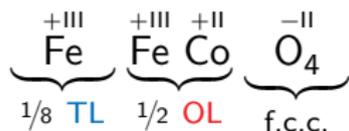
innerhalb einer Domäne antiparallel

aber unterschiedlich groß

z.B. CoFe_2O_4

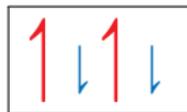
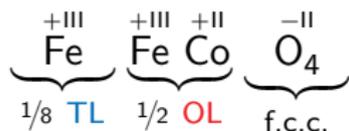


Ferrimagnetismus in CoFe_2O_4



- Spins innerhalb des Oktaedernetzwerks parallel.

Ferrimagnetismus in CoFe_2O_4

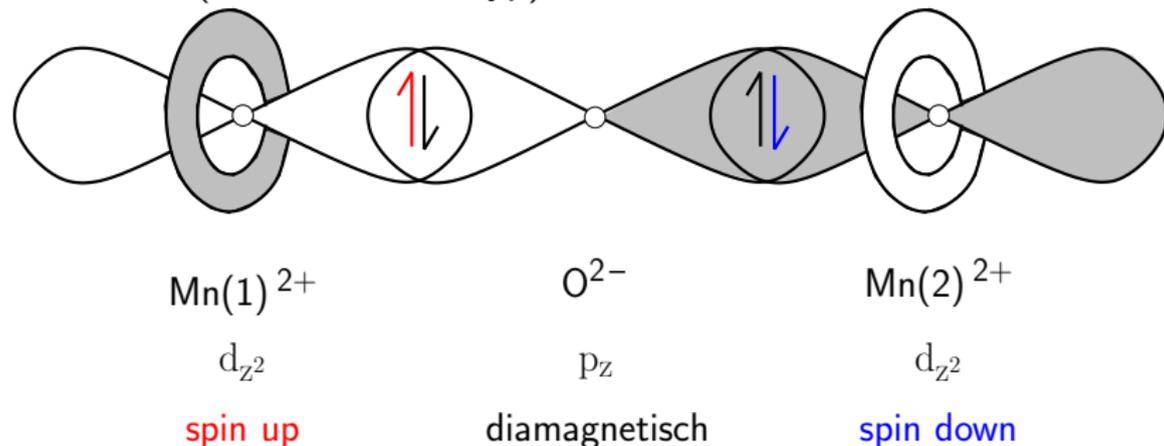


- ▶ Spins innerhalb des Oktaedernetzwerks parallel.
- ▶ Spins in den Tetraedern richten sich Superaustausch antiparallel zu den Oktaedern aus.

Superaustausch

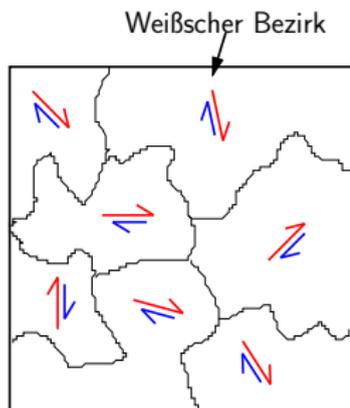
Antiferromagnetische Kopplung magnetischer Momente (\vec{m}) von Metallatomen über verbrückende diamagnetischer Teilchen.

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



vgl. VI 8

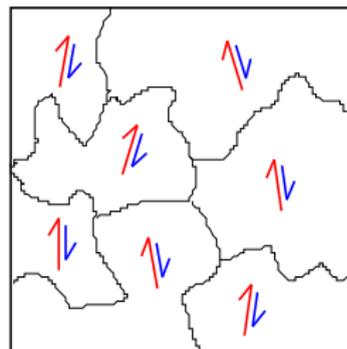
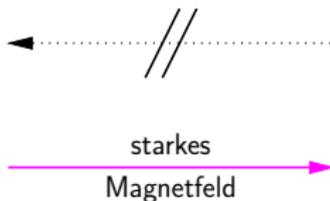
Hysterese



frischer CoFe_2O_4

→ kein Permanentmagnet

→ \vec{m}_W statistisch verteilt

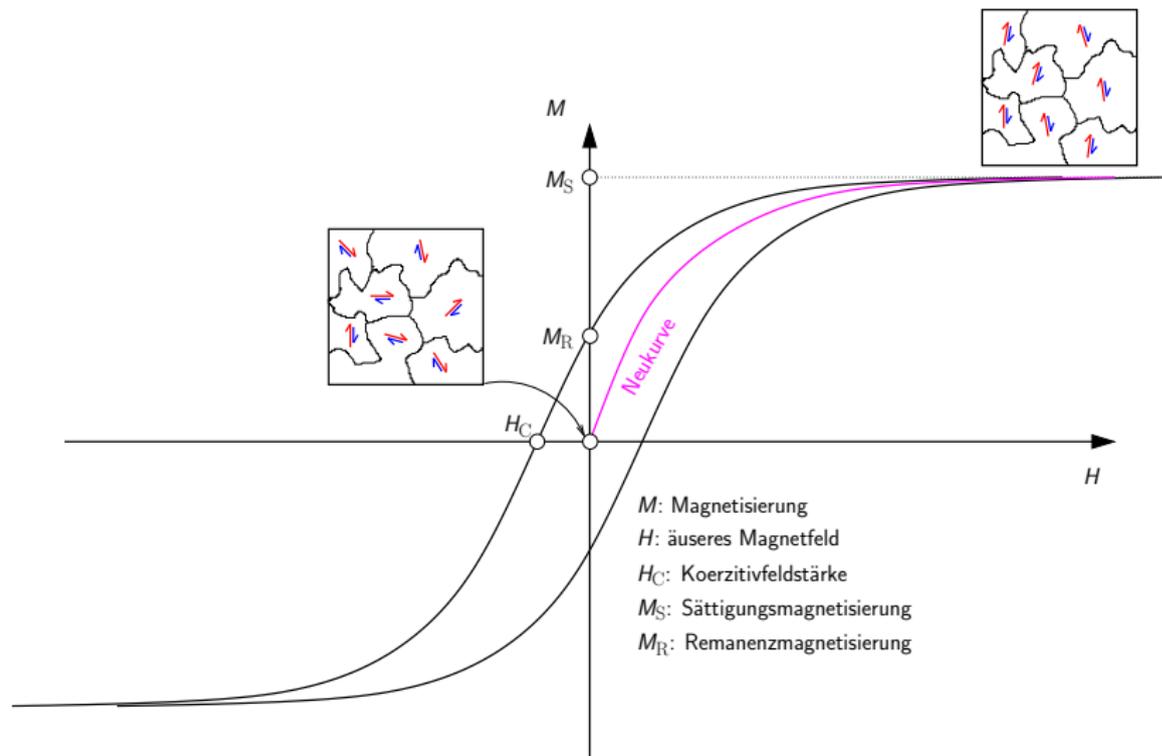


magnetisierter CoFe_2O_4

→ Permanentmagnet

→ \vec{m}_W in ähnlicher Richtung

Hysteresekurve des CoFe_2O_4



Gliederung

Synthese

Theorie

Struktur

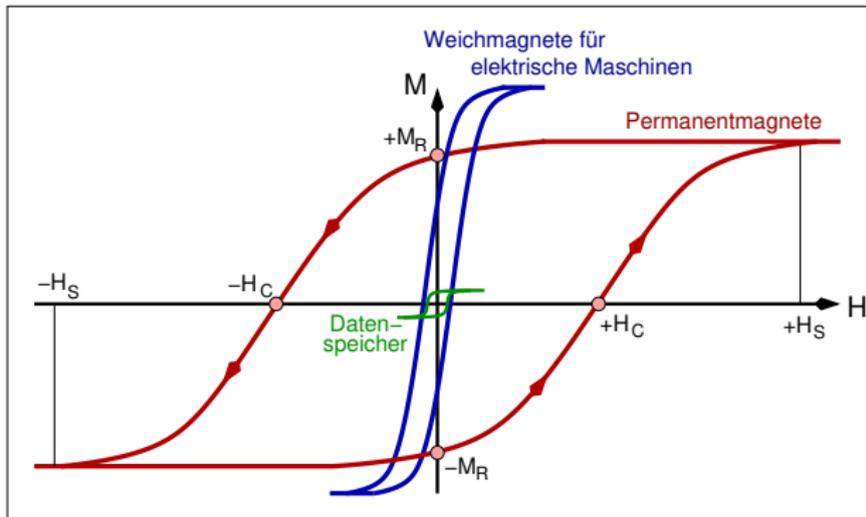
Ligandenfeldstabilisierungsenergie (LFSE)

Magnetismus

Anwendung

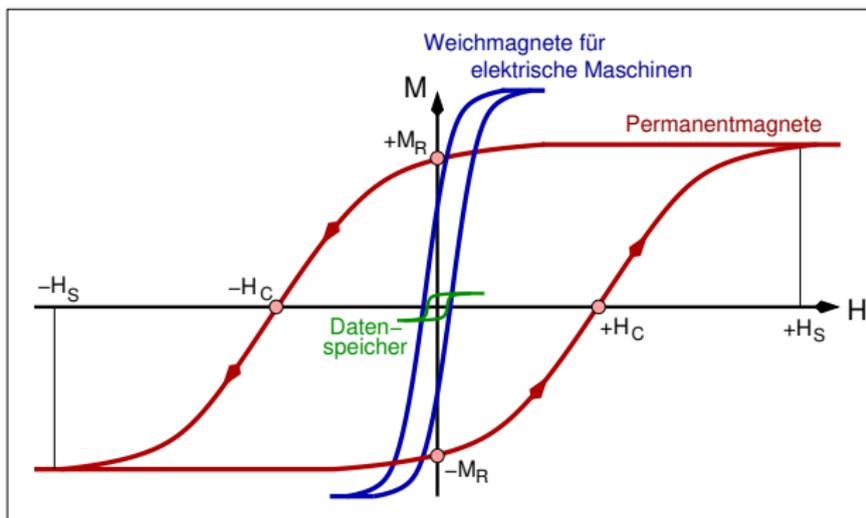
Literatur

Hysteresekurven nach Anwendungsbereichen



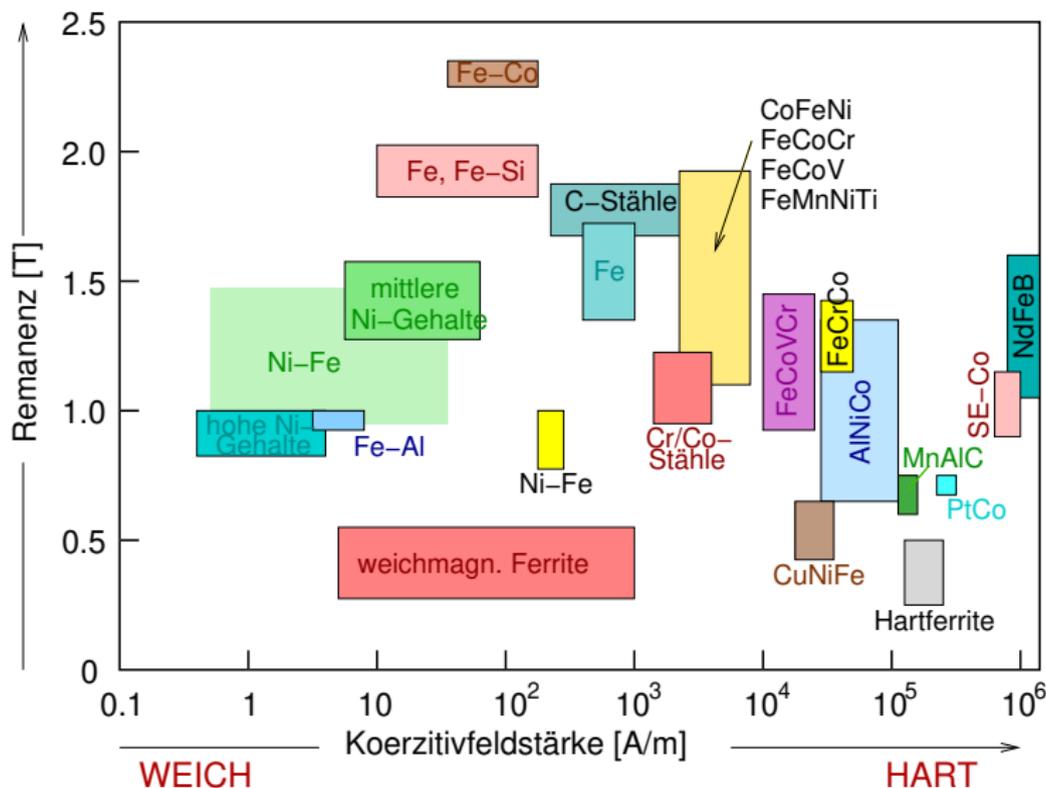
- ▶ M_R und H_C groß.
→ große Fläche unter der Kurve = magnetisch hartes Material

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