

III/11: Mangan-dotiertes Zinksulfid

LA-AGP 2021

Patrick Elsässer

Gliederung

Einleitung

Theorie

Durchführung

Sonstiges

Literatur

Gliederung

Einleitung

Theorie

Durchführung

Sonstiges

Literatur

Leuchtstoffe

► **Definition**

Material, das in der Lage ist, nach Aufnahme von Energie zu leuchten (Lumineszenz).



Leuchtstoffe

► Definition

Material, das in der Lage ist, nach Aufnahme von Energie zu leuchten (Lumineszenz).

► Aufbau

Ein farbloses salzartiges Wirtsgitter wird mit Metallionen dotiert.



Leuchtstoffe

► Definition

Material, das in der Lage ist, nach Aufnahme von Energie zu leuchten (Lumineszenz).

► Aufbau

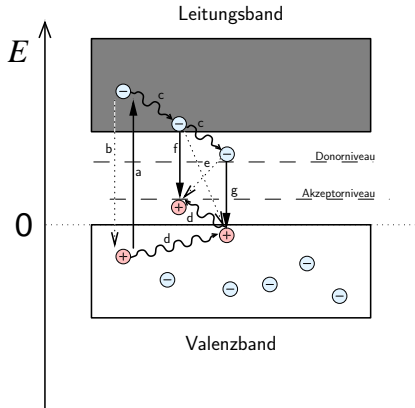
Ein farbloses salzartiges Wirtsgitter wird mit Metallionen dotiert.

► Nomenklatur

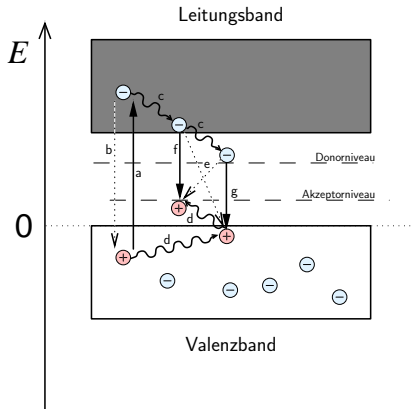
Wirtsgitter:Dotierstoff (z.B. ZnS:Mn statt $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$)



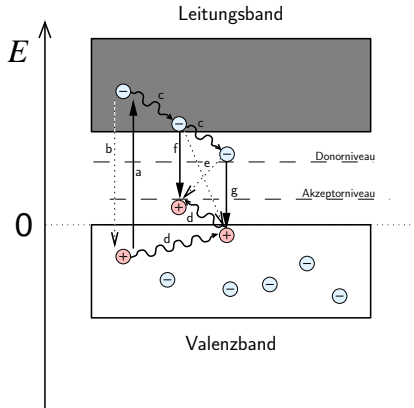
► Bändermodell



- ▶ Bändermodell
- ▶ Dotierung



- ▶ Bändermodell
- ▶ Dotierung
- ▶ Elektronische Übergänge im Festkörper



Lumineszenz

- Abhängig von der Anregung wird unterschieden:

Art der Lumineszenz	Anregung	Beispiel
Elektro- Photo-	elektrische Spannung elektromagnetische Strahlung $h \cdot \nu$ (IR, VIS, UV, Röntgen, γ)	LED Fluoreszenz-/ Phosphoreszenz- Spektroskopie
Thermo- Chemo-/ Bio-	Wärme (bio)chemische Reaktion	Thermolumineszenzdatierung Glühwürmchen, Luminol (Blut)
Tribo- Kathodo-	Reibung Elektronen	Quarz, Zucker alter Fernseher

Lumineszenz

- ▶ Abhängig von der Anregung wird unterschieden:

Art der Lumineszenz	Anregung	Beispiel
Elektro- Photo-	elektrische Spannung elektromagnetische Strahlung $h \cdot \nu$ (IR, VIS, UV, Röntgen, γ)	LED Fluoreszenz-/ Phosphoreszenz- Spektroskopie
Thermo- Chemo-/ Bio-	Wärme (bio)chemische Reaktion	Thermolumineszenzdatierung Glühwürmchen, Luminol (Blut)
Tribo- Kathodo-	Reibung Elektronen	Quarz, Zucker alter Fernseher

- ▶ Fluoreszenz oder Phosphoreszenz je nach Lebensdauer der angeregten Zustände.

Gliederung

Einleitung

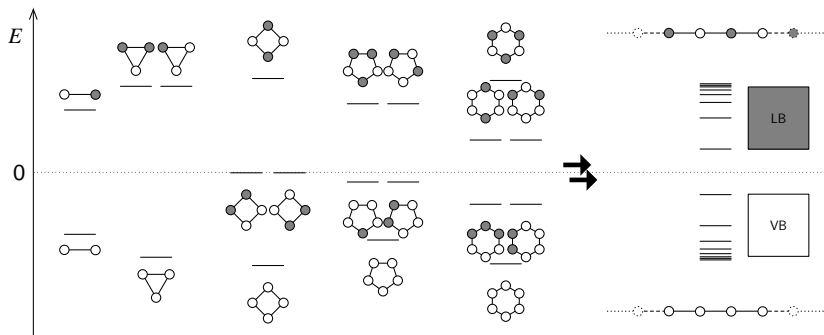
Theorie

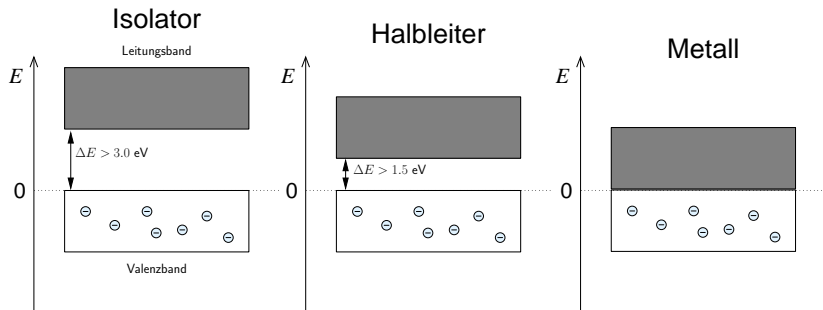
Durchführung

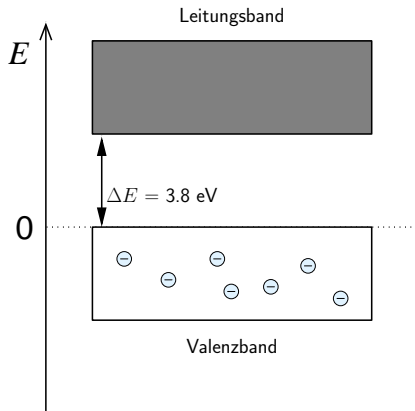
Sonstiges

Literatur

Bändermodell

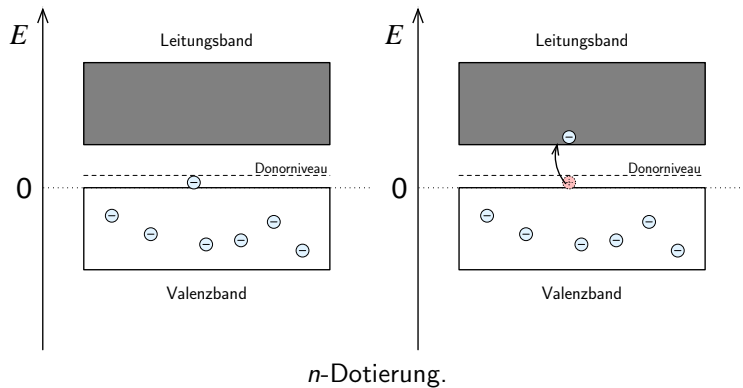


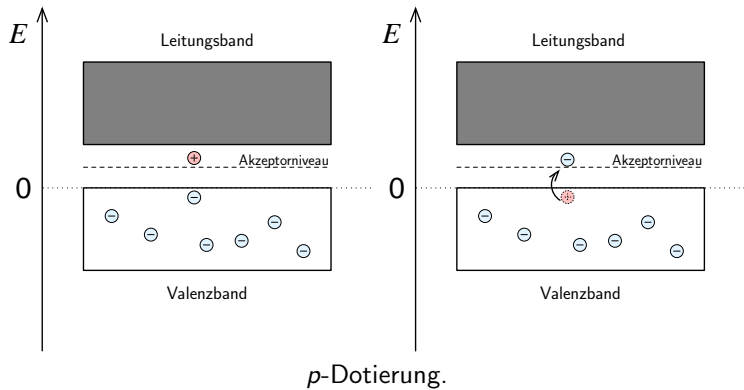


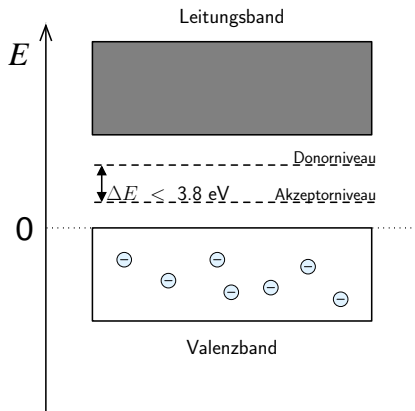


Vereinfachtes Energieniveau-Diagramm für ZnS (Isolator).

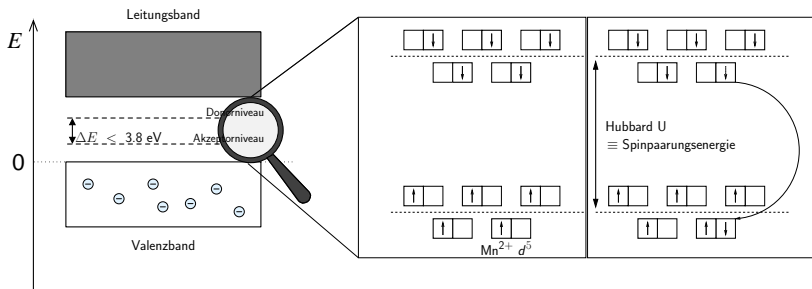
Dotierung





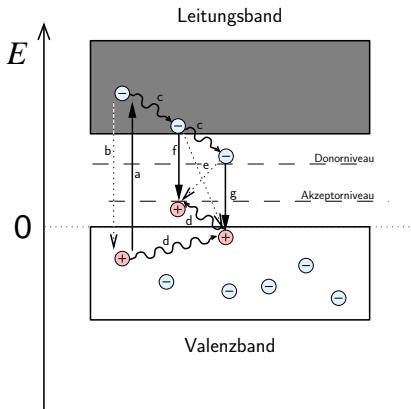


Vereinfachtes Energieniveau-Diagramm für Mn:ZnS.



Übergänge

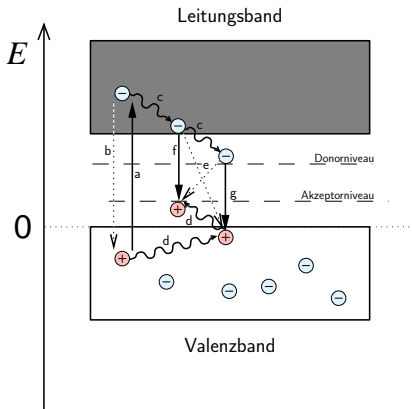
- ▶ Aufspaltung → Farbe abhängig von:



- a: Absorption
- b: direkte Rekombination
- c: Relaxation der Elektronen in das LUMO
- d: Löcher wandern zum HOMO
- e: Donor-Akzeptor-Rekombination (indirekt)
- f/g: Elektron-Loch-Rekombination (direkt)

Übergänge

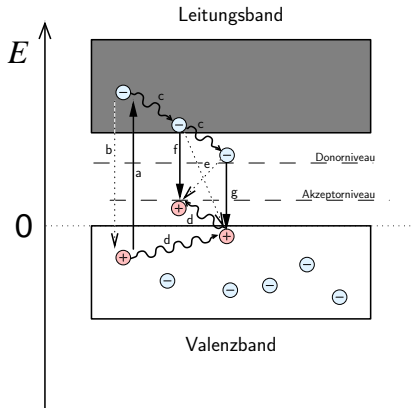
- ▶ Aufspaltung → Farbe abhängig von:
 - ▶ Metallion



- a: Absorption
- b: direkte Rekombination
- c: Relaxation der Elektronen in das LUMO
- d: Löcher wandern zum HOMO
- e: Donor-Akzeptor-Rekombination (indirekt)
- f/g: Elektron-Loch-Rekombination (direkt)

Übergänge

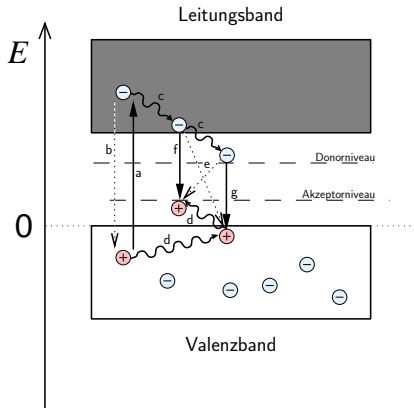
- ▶ Aufspaltung → Farbe abhängig von:
 - ▶ Metallion
 - ▶ Wirtsgitter



- a: Absorption
- b: direkte Rekombination
- c: Relaxation der Elektronen in das LUMO
- d: Löcher wandern zum HOMO
- e: Donor-Akzeptor-Rekombination (indirekt)
- f/g: Elektron-Loch-Rekombination (direkt)

Übergänge

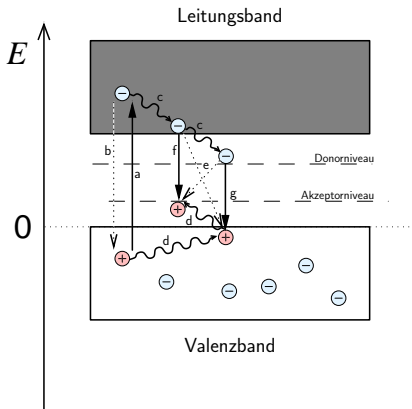
- ▶ Aufspaltung → Farbe abhängig von:
 - ▶ Metallion
 - ▶ Wirtsgitter
- ▶ Intensität der Übergänge hängt von der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ab.



- a: Absorption
- b: direkte Rekombination
- c: Relaxation der Elektronen in das LUMO
- d: Löcher wandern zum HOMO
- e: Donor-Akzeptor-Rekombination (indirekt)
- f/g: Elektron-Loch-Rekombination (direkt)

Übergänge

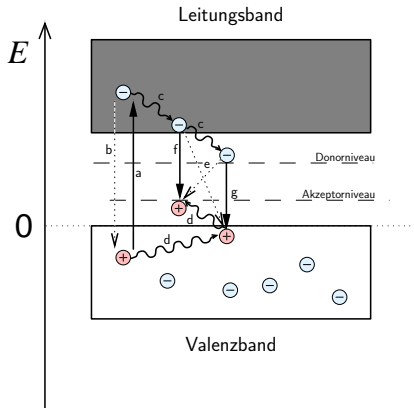
- ▶ Aufspaltung → Farbe abhängig von:
 - ▶ Metallion
 - ▶ Wirtsgitter
- ▶ Intensität der Übergänge hängt von der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ab.
 - ▶ Schlangenlinien: strahlungslose Übergänge



- a: Absorption
- b: direkte Rekombination
- c: Relaxation der Elektronen in das LUMO
- d: Löcher wandern zum HOMO
- e: Donor-Akzeptor-Rekombination (indirekt)
- f/g: Elektron-Loch-Rekombination (direkt)

Übergänge

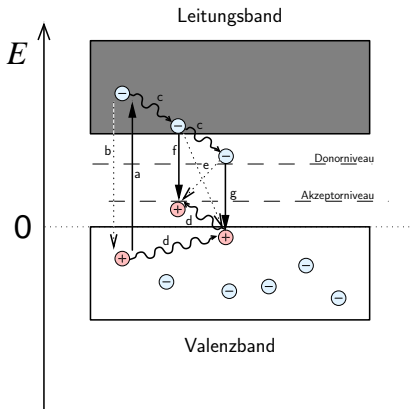
- ▶ Aufspaltung → Farbe abhängig von:
 - ▶ Metallion
 - ▶ Wirtsgitter
- ▶ Intensität der Übergänge hängt von der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ab.
 - ▶ Schlangenlinien: strahlungslose Übergänge
 - ▶ durchgezogene Linien: sichtbare Übergänge



- a: Absorption
- b: direkte Rekombination
- c: Relaxation der Elektronen in das LUMO
- d: Löcher wandern zum HOMO
- e: Donor-Akzeptor-Rekombination (indirekt)
- f/g: Elektron-Loch-Rekombination (direkt)

Übergänge

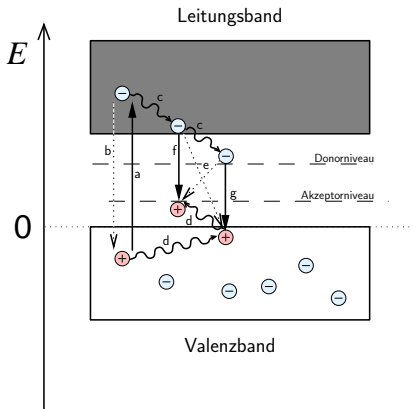
- ▶ Aufspaltung → Farbe abhängig von:
 - ▶ Metallion
 - ▶ Wirtsgitter
- ▶ Intensität der Übergänge hängt von der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ab.
 - ▶ Schlangenlinien: strahlungslose Übergänge
 - ▶ durchgezogene Linien: sichtbare Übergänge
 - ▶ gepunktete Linien: sehr schwache/unsichtbare Übergänge



- a: Absorption
- b: direkte Rekombination
- c: Relaxation der Elektronen in das LUMO
- d: Löcher wandern zum HOMO
- e: Donor-Akzeptor-Rekombination (indirekt)
- f/g: Elektron-Loch-Rekombination (direkt)

Übergänge

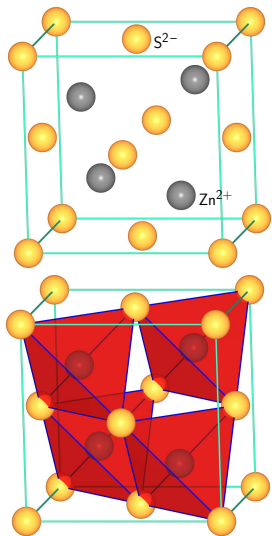
- ▶ Aufspaltung → Farbe abhängig von:
 - ▶ Metallion
 - ▶ Wirtsgitter
- ▶ Intensität der Übergänge hängt von der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ab.
 - ▶ Schlangenlinien: strahlungslose Übergänge
 - ▶ durchgezogene Linien: sichtbare Übergänge
 - ▶ gepunktete Linien: sehr schwache/unsichtbare Übergänge
- ▶ Elektronen (Löcher) sind nur im LB (VB) beweglich.



- a: Absorption
- b: direkte Rekombination
- c: Relaxation der Elektronen in das LUMO
- d: Löcher wandern zum HOMO
- e: Donor-Akzeptor-Rekombination (indirekt)
- f/g: Elektron-Loch-Rekombination (direkt)

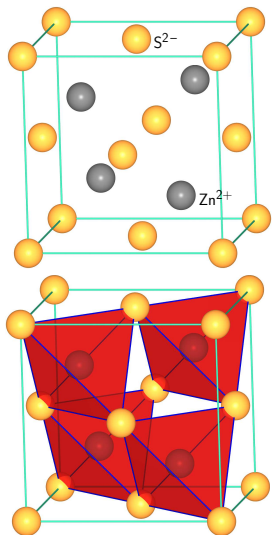
Kristallstruktur

- ▶ zwei Modifikationen: α - und β -ZnS.



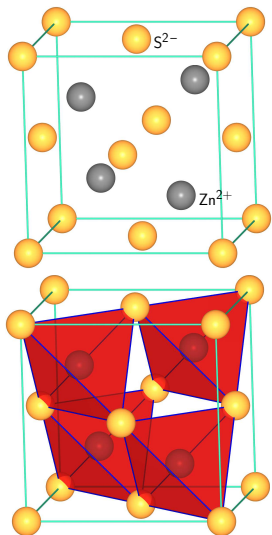
Kristallstruktur

- ▶ zwei Modifikationen: α - und β -ZnS.
- ▶ Hochtemperatur:
Wurtzit (β -ZnS) hexagonal



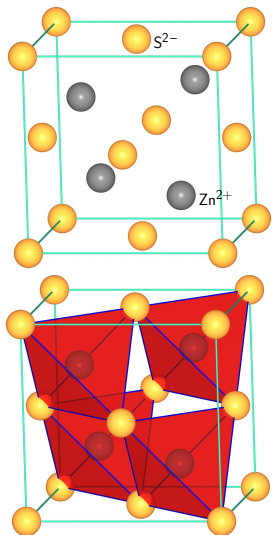
Kristallstruktur

- ▶ zwei Modifikationen: α - und β -ZnS.
- ▶ Hochtemperatur:
Wurtzit (β -ZnS) hexagonal
- ▶ Tieftemperatur:
Zinkblende (α -ZnS, Sphalerit)
kubisch



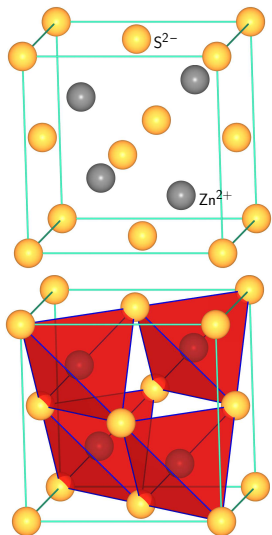
Kristallstruktur

- ▶ zwei Modifikationen: α - und β -ZnS.
- ▶ Hochtemperatur:
Wurtzit (β -ZnS) hexagonal
- ▶ Tieftemperatur:
Zinkblende (α -ZnS, Sphalerit)
kubisch
 - ▶ S^{2-} f.c.c.



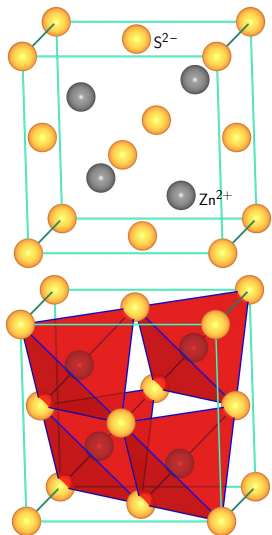
Kristallstruktur

- ▶ zwei Modifikationen: α - und β -ZnS.
- ▶ Hochtemperatur:
Wurtzit (β -ZnS) hexagonal
- ▶ Tieftemperatur:
Zinkblende (α -ZnS, Sphalerit) kubisch
 - ▶ S^{2-} f.c.c.
 - ▶ Zn^{2+} in $1/2$ der TL



Kristallstruktur

- ▶ zwei Modifikationen: α - und β -ZnS.
- ▶ Hochtemperatur:
Wurtzit (β -ZnS) hexagonal
- ▶ Tieftemperatur:
Zinkblende (α -ZnS, Sphalerit) kubisch
 - ▶ S^{2-} f.c.c.
 - ▶ Zn^{2+} in $1/2$ der TL
 - ▶ $[ZnS_4]$ -Tetraeder nur über Ecken verknüpft



Gliederung

Einleitung

Theorie

Durchführung

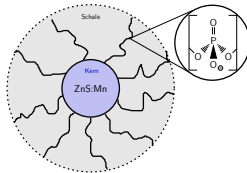
Sonstiges

Literatur

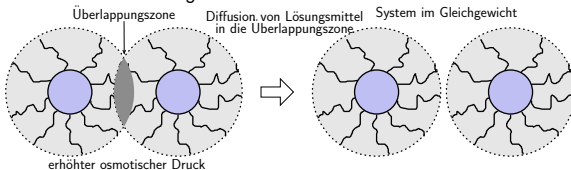
Durchführung

- ▶ Herstellung des Leuchtstoffs ZnS:Mn durch Fällung von ZnS in Gegenwart von Mn^{2+} -Ionen. **Skript**

sterisch stabilisiertes Kern-Schale-Partikel



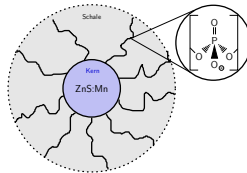
Sterische Stabilisierung



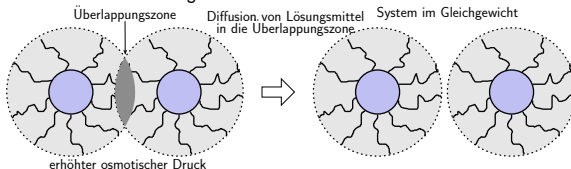
Durchführung

- ▶ Herstellung des Leuchtstoffs ZnS:Mn durch Fällung von ZnS in Gegenwart von Mn^{2+} -Ionen. **Skript**
- ▶ Verwendung von Na-Polyphosphat zur Steuerung der Teilchengröße (Nanopartikel).

sterisch stabilisiertes Kern-Schale-Partikel



Sterische Stabilisierung



Gliederung

Einleitung

Theorie

Durchführung

Sonstiges

Literatur

Sonstiges

▶ **Protokoll:**

- ① Aufgabenstellung
- ② Durchführung (Präteritum, neutral)
- ③ Beobachtung
- ④ Theorie (Kristallstruktur, Übergänge)

Sonstiges

- ▶ **Protokoll:**
 - ① Aufgabenstellung
 - ② Durchführung (Präteritum, neutral)
 - ③ Beobachtung
 - ④ Theorie (Kristallstruktur, Übergänge)
- ▶ maximal zwei Seiten!

Sonstiges

- ▶ **Protokoll:**
 - ① Aufgabenstellung
 - ② Durchführung (Präteritum, neutral)
 - ③ Beobachtung
 - ④ Theorie (Kristallstruktur, Übergänge)
- ▶ maximal zwei Seiten!
- ▶ **Punkteverteilung:**
 - Protokoll: 0-2 Punkte
 - Präparat: 0 oder 1 Punkt

Gliederung

Einleitung

Theorie

Durchführung

Sonstiges

Literatur

Literatur

- ▶ Praktikumsskript
- ▶ Woollins, J. Derek, *Inorganic experiments*. WILEY-VCH, 2010.
- ▶ https://www.itp.uni-hannover.de/fileadmin/arbeitsgruppen/zawischa/static_html/lumineszenz.html
- ▶ R. Schwankner, M. Eiswirth, und H. Venghaus, “*Luminescent processes elucidated by simple experiments on ZnS*”, *J. Chem. Educ.*, 58, 806 – 809 (**1981**).