

Struktur der Materie: Festkörper und Flüssigkristalle.

Balázs Kiss

kissb3@gmail.com



**Institut für Biophysik und Strahlenbiologie,
Myofilament-Mechanobiophysik Forschungsgruppe,
Semmelweis Universität**

05. November 2025.

Feste Stoffe

Kristalle (Festkörper)



amorphe Stoffe



Fester Aggregatzustand - Kristalle

a) Makroskopische Beschreibung:

- Eigenvolumen, Eigenform
- Einkristalle: oft anisotrop; Polykristalle: isotrop

z. B. Al_2O_3

Einkristall

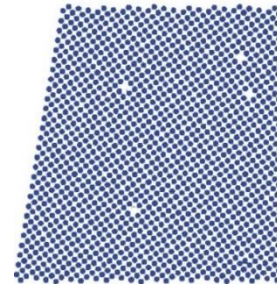


Polykristall



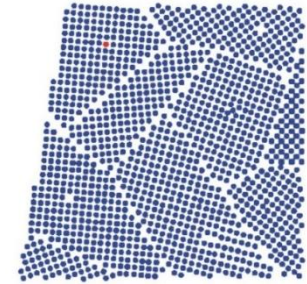
(besteht aus mehreren Kristallen)

Einkristall



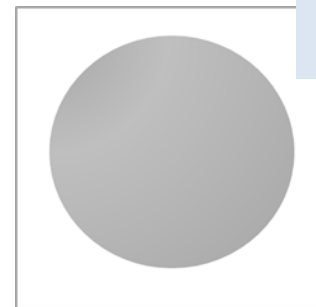
ein Korn

Polykristall

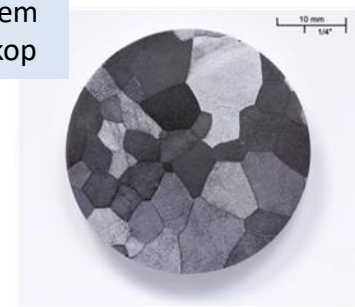


mehrere Körner

Unter dem
Mikroskop



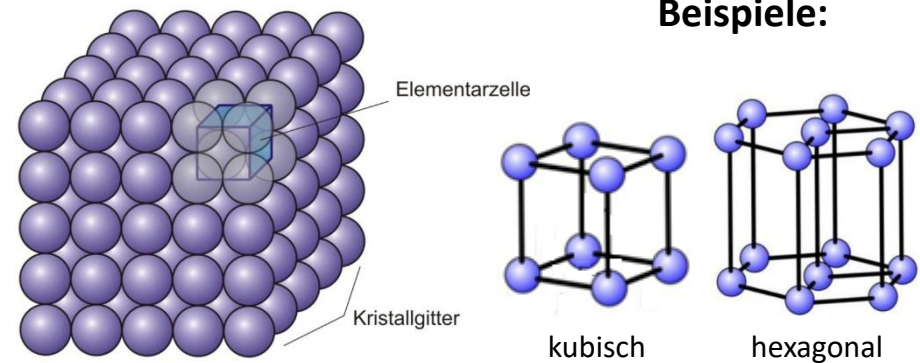
oft anisotrop



oft isotrop

b) Mikroskopische Beschreibung:

- Fernordnung
- Periodizität – Kristallgitter
- Schwache Bewegungen (Schwingungen)



c) Kristalltypen:

- Atomkristall (**kovalente Bindung**)



- Ionenkristall (**Ionenbindung**)



- Metallkristall (**Metallbindung**)



- Molekülkristall (**sekundäre Bindung**)



Bindungsenergie (E_0) \Longrightarrow Eigenschaften, wie Schmelzpunkt, Schmelzwärme, Steifigkeit, Wärmeausdehnungskoeffizient, ...

Apatit



X =

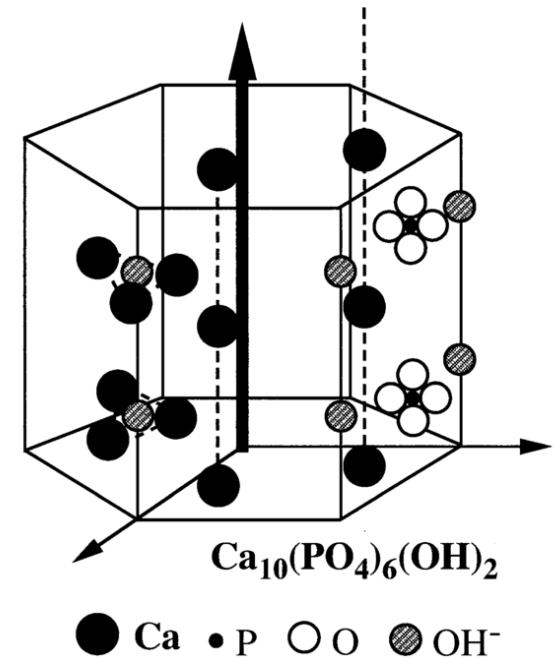
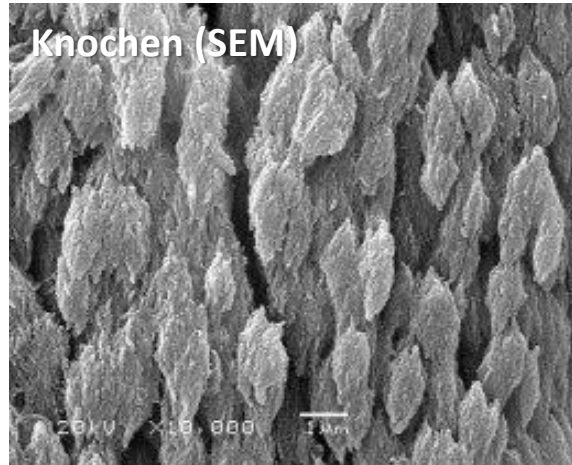
OH : Hydroxiapatit

F : Fluorapatit

- ein hexagonales Ionenkristall
- anorganische Substanz der harten Gewebe (Knochen, Dentin, Zahnschmelz)
- etwa 2/3 des Knochengewebes

Dentin, Knochen: 20-60 nm x 6 nm große Kristalle

Zahnschmelz: 500-1000 nm x 30 nm große Kristalle



Gitterfehler

– Punktfehler

– Thermische Fehler

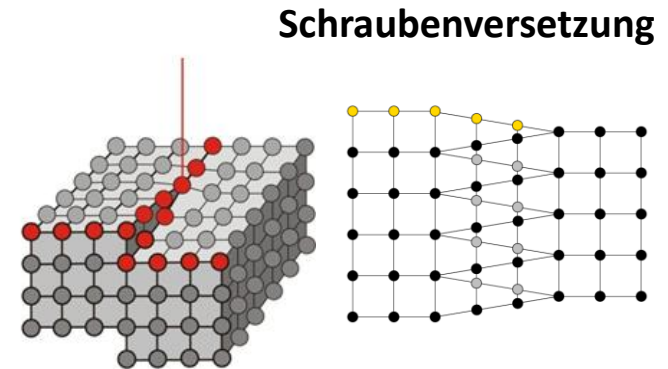
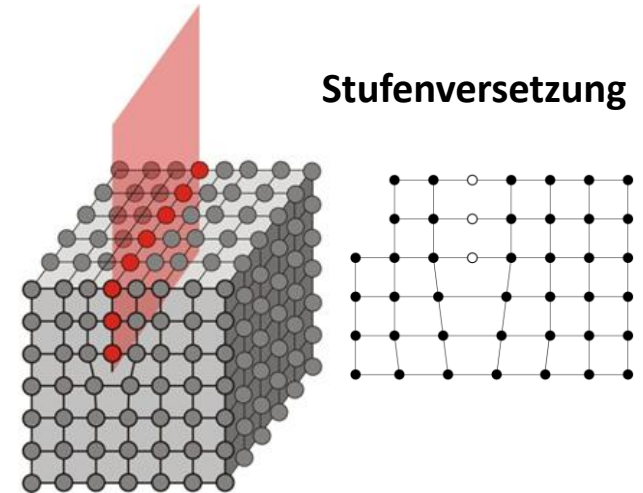
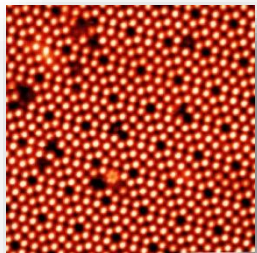
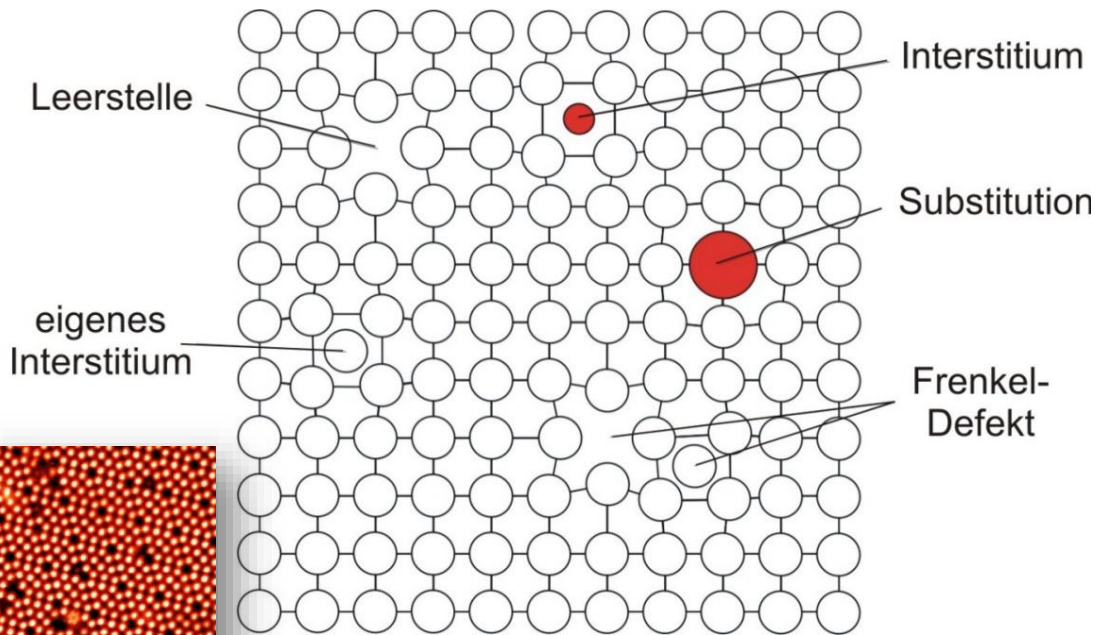
- Leerstelle (Vakanz, Schottky-Defekt)
- Interstitium (Zwischengitteratom)
- Frenkel-Defekt (=Interstitium + Leerstelle)

– Fremdatome (chemische Fehler, Dotierung)

- Substitutionsatom
- Interstitielles Atom (Interstitium)

– Versetzungen (Dislokationen)

- Stufenversetzung
- Schraubenversetzung



Gitterfehler in der Medizin

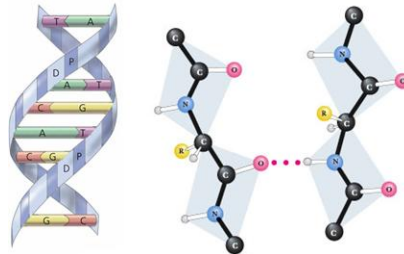
Zahl der Schottky-Defekte (n_S):

Zahl der aufgespalteten H-Brücken

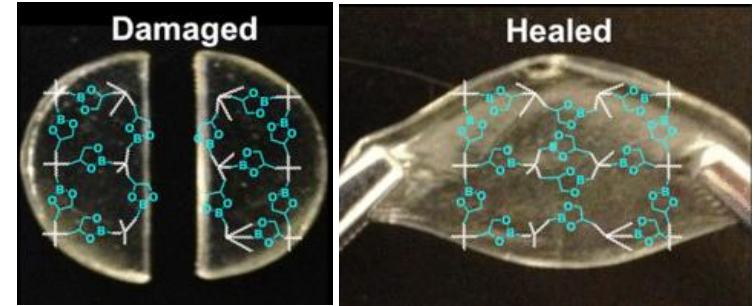
$$n_S = N \cdot e^{-\frac{\varepsilon_S}{kT}}$$

Aktivierungsenergie
(\approx Bindungsenergie)

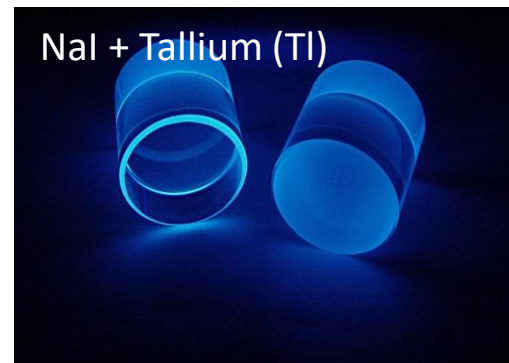
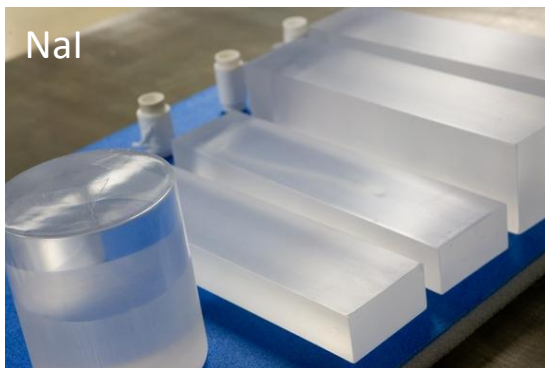
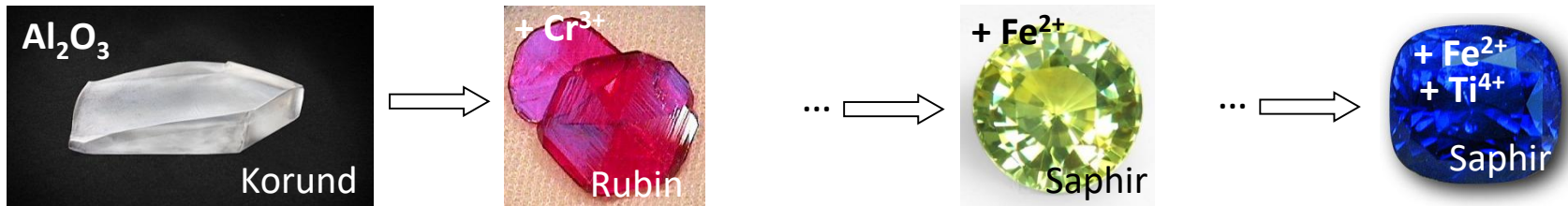
Gilt auch für die thermische Fehlstellen in biologischen Makromolekülen...



Technische Anwendung: selbstheilendes Polymer



Änderung der optischen Eigenschaften:

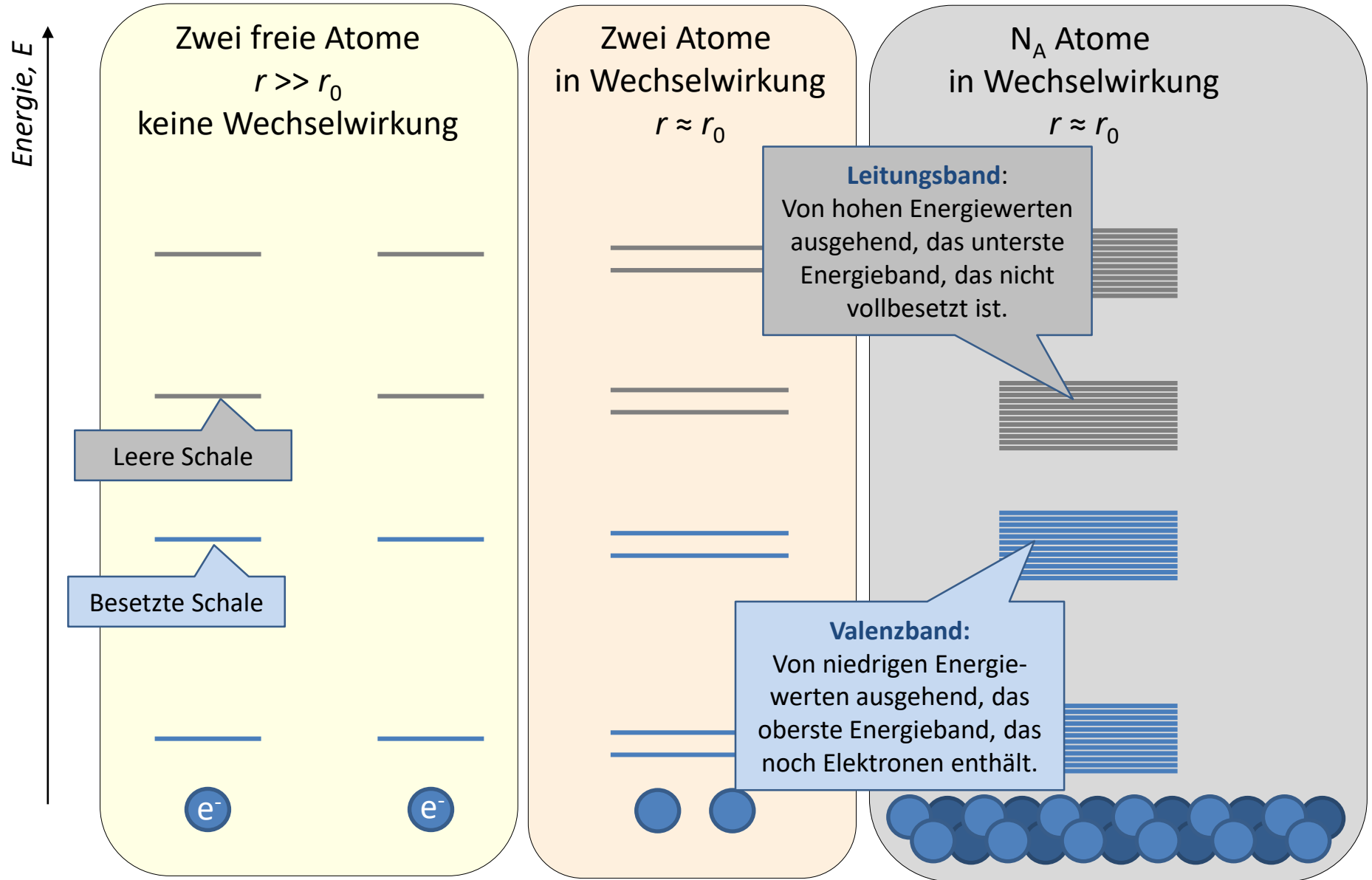


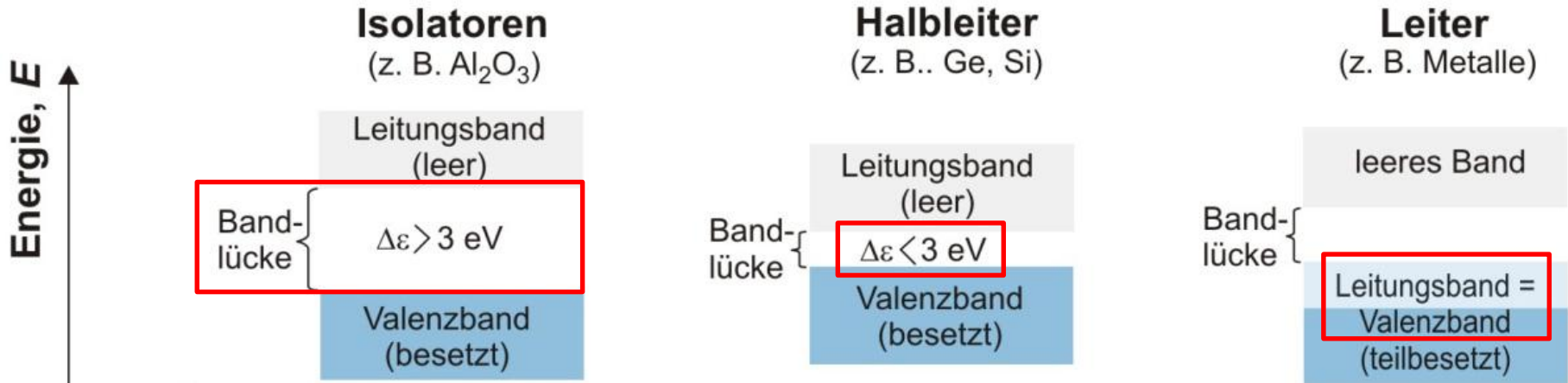
(unter Röntgenbestrahlung)

- Szintillationskristall in der Nuklearmedizin
- Biophysik Praktika:
 - „Nukleare Grundmessung“,
 - „Gamma Absorption“.

Bändermodell

Elektronenstruktur von Festkörpern

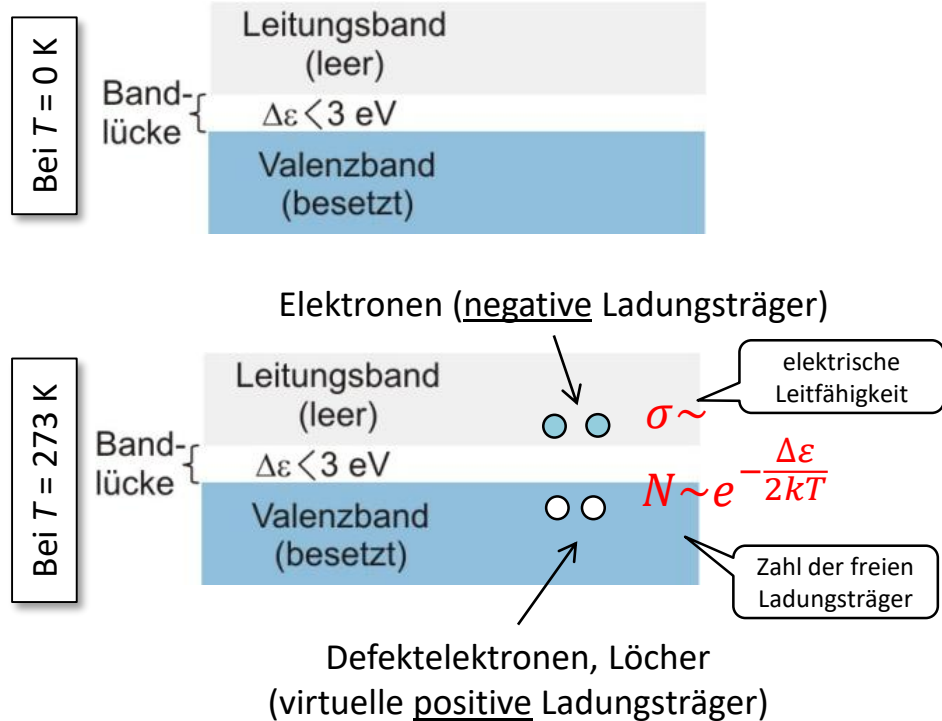




Eigenhalbleiter (intrinsic Halbleiter)

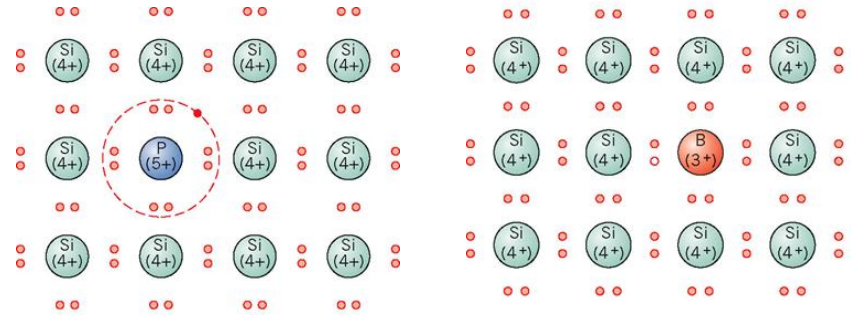
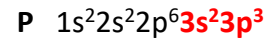
Dotierte Halbleiter

Grundkristall z.B. Si
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$



n-Halbleiter

p-Halbleiter



Amorphe Stoffe

a) Makroskopische Beschreibung:

- Eigenvolumen aber keine Eigenform
- Isotrop
- sehr hohe Viskosität

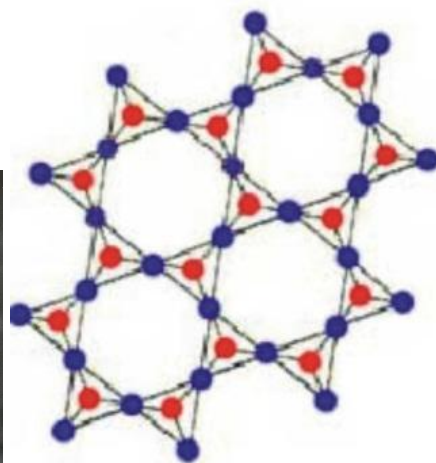


z. B. Glas, Harz, Wachs, Bitumen,

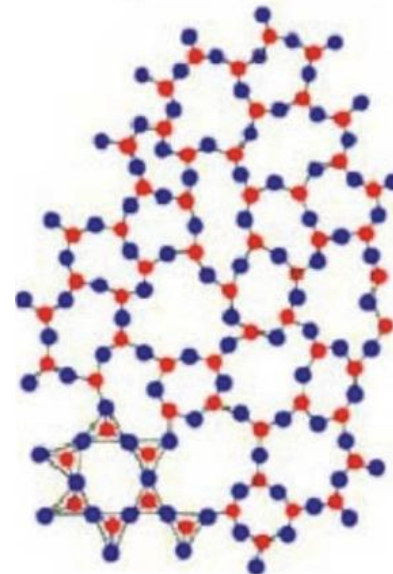
b) Mikroskopische Beschreibung:

- Nahordnung
- Schwache Bewegungen = gefrorene unterkühlte Flüssigkeiten, Gläser

kristallines SiO_2

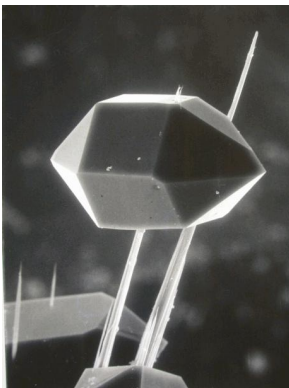


amorphes SiO_2



● Si ● O

Quartz



Glas



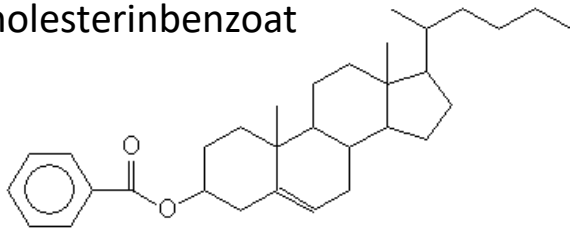
Flüssigkristalle

Mesophase zw. dem festen und flüssigen Zustand

a) Makroskopische Beschreibung:

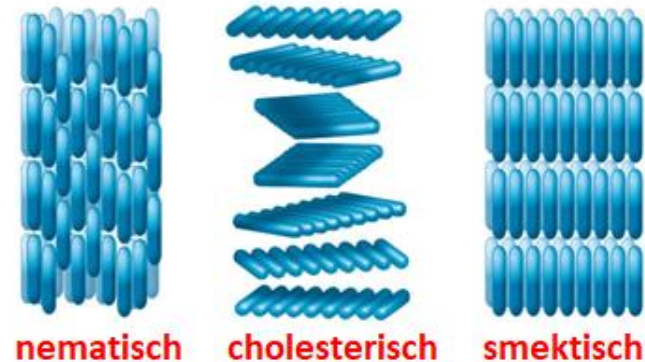
- Eigenvolumen aber keine Eigenform
- Optische Anisotropie
- Eigenschaften sind empfindlich gegen schwache äußere Einwirkungen

Cholesterinbenzoat



b) Mikroskopische Beschreibung:

- Teilweise geordnete Strukturen (Orientierung, Schichten)
- Faden-, stäbchen-, oder scheibenförmige Moleküle
- Translations-, und Orientationsordnung



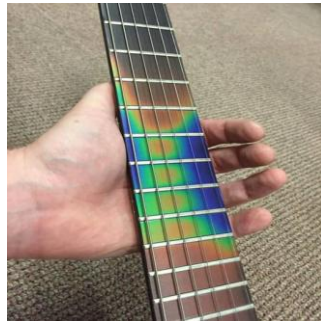
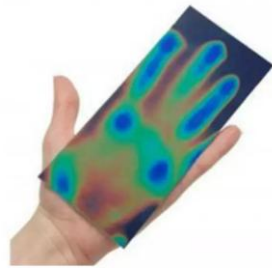
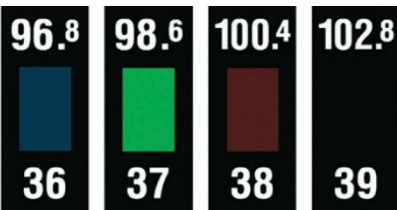
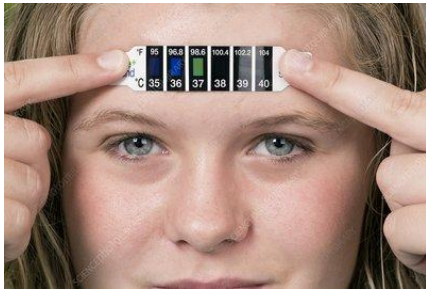
- **nematische Phase:** Stäbchen weisen eine Vorzugsorientierung auf
- **Cholesterische Phase:** nematische Ordnung mit sich kontinuierlich drehender Vorzugsorientierung
- **Smektische Phasen:** Moleküle in Schichten angeordnet: ein- oder zweidimensional periodische Struktur

Anwendungen von Flüssigkristallen #1

Kontaktthermographie

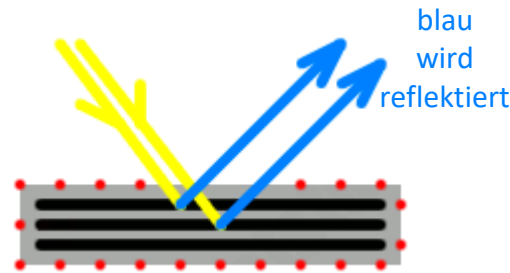
Grundlage: **thermo-optisches Phänomen (Thermochromie)**

(bei Temperaturänderungen ändern sich die optischen Eigenschaften)



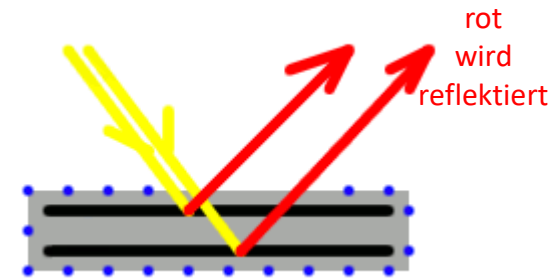
Stimmungsring

Bei höheren Temperaturen



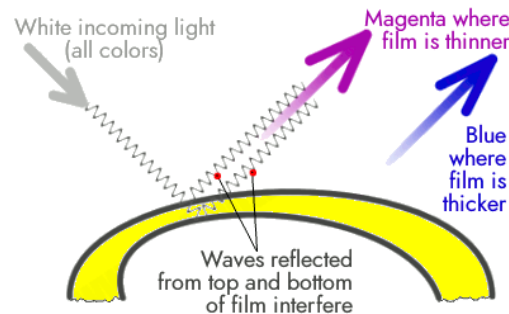
Flüssigkristalle
näher beieinander

Bei niedrigen Temperaturen



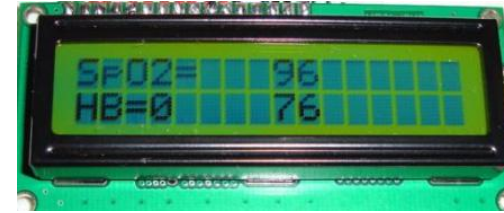
Flüssigkristalle
weiter auseinander

Erklärung: Bragg-Diffraktion und Interferenz



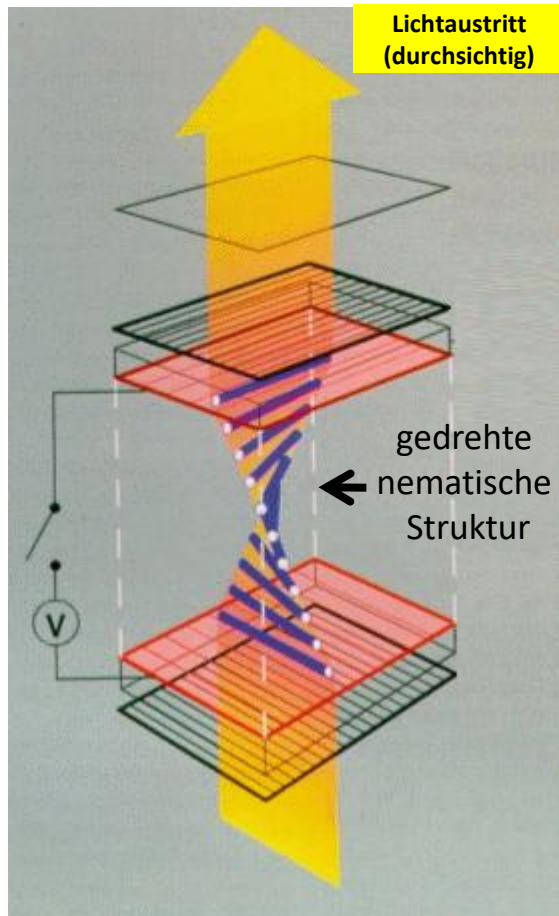
Anwendungen von Flüssigkristallen #2

LCD-Anzeige



Grundlage: **elektro-optisches Phänomen**

(durch elektrisches Feld ändern sich die optischen Eigenschaften)



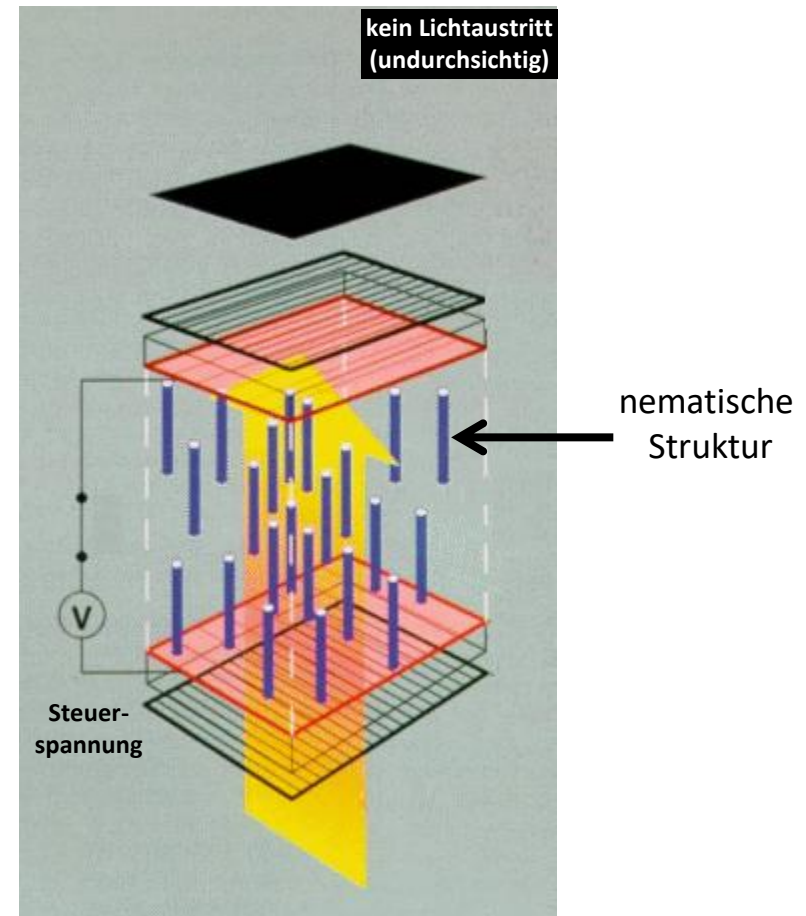
2. Polarisator
Orientierungsfläche

Flüssigkristall-
moleküle

Orientierungsfläche

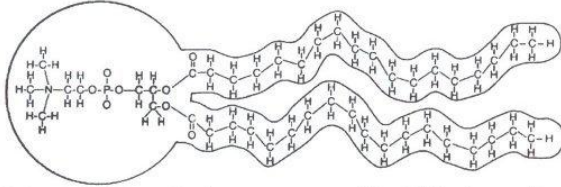
1. Polarisator

unpolarisiertes Licht



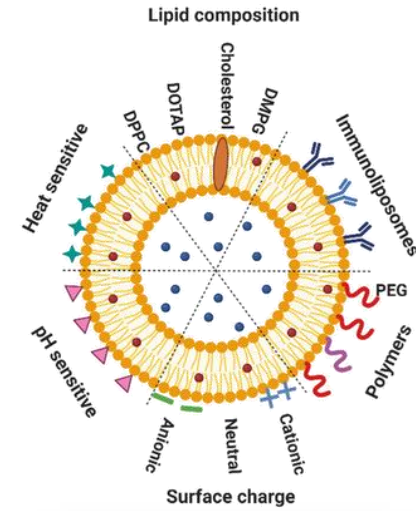
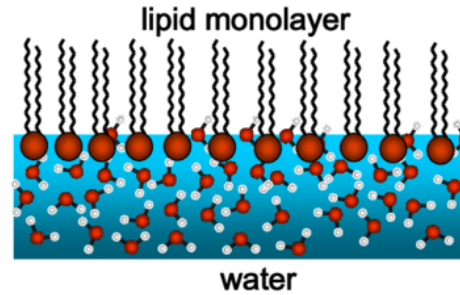
Lyotrope Flüssigkristalle

Beispiel: Phospholipidmolekül

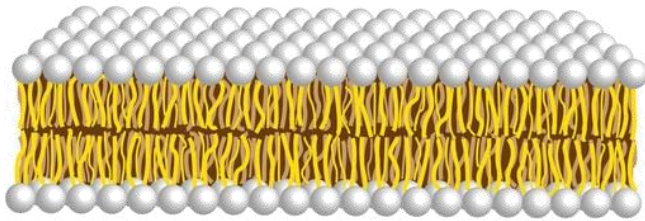


Hydrophiler Teil

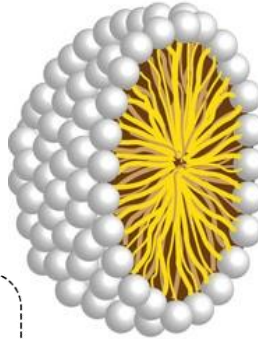
Hydrophober Teil



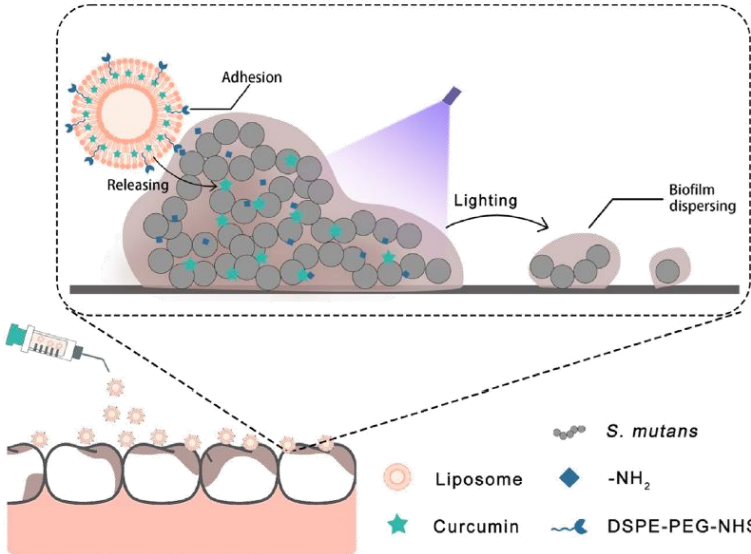
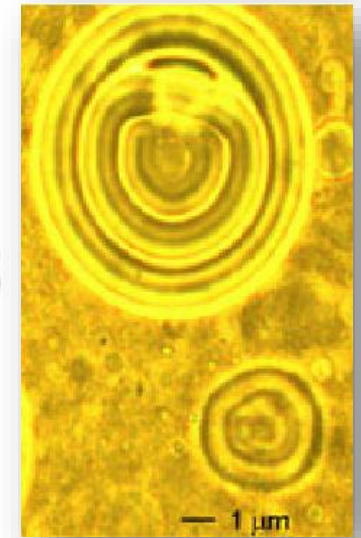
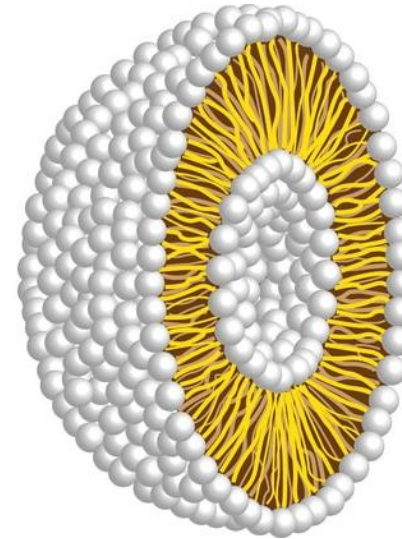
Lamellare Struktur



Mizelle



Liposom



Zahnmedizinisches Anwendungsbeispiel: Antibiofilm

Plaque-Biofilme, die hauptsächlich von *Streptococcus mutans* gebildet werden, spielen eine wichtige Rolle bei der Entstehung und Entwicklung von Zahnkaries. **Liposomen** geladen mit Antibiotika besitzen hoher Wirkstoffbeladungseffizienz, hoher Stabilität und Biokompatibilität: weit verbreitet.

Hausaufgaben

Aufgabensammlung

1.22, 26, 27, 31, 34, 36, 40

Feedback