

Medizinische Biophysik

2. Vorlesung
16. 09. 2015

Struktur der Materie
Aggregatzustände:
Gase, Flüssigkeiten, feste Körper

4. Flüssiger Aggregatzustand

- a) Makroskopische Beschreibung
- b) Mikroskopische Beschreibung
- c) Oberflächenspannung
- d) Wasser und seine günstige Eigenschaften

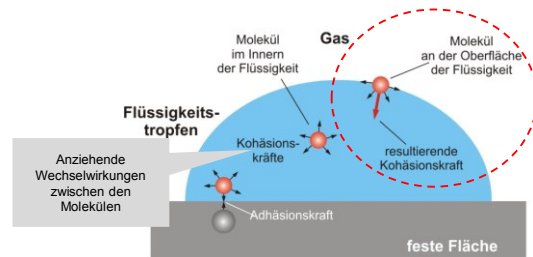
5. Fester Aggregatzustand - Kristalle

- a) Makroskopische Beschreibung
- b) Mikroskopische Beschreibung
- c) Kristalltypen
- d) Apatit
- e) Gitterfehler
- f) Elektronenstruktur (Bändermodell)

6. Fester Aggregatzustand - amorphe Stoffe

- a) Makroskopische Beschreibung:
- b) Mikroskopische Beschreibung:

c) Oberflächenspannung



3

4. Flüssiger Aggregatzustand

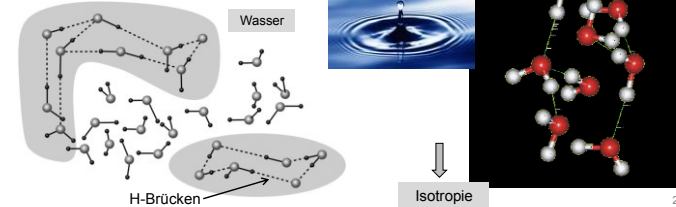
a) Makroskopische Beschreibung:

- Eigenvolumen aber keine Eigenform
- Isotrop
- Viskosität (s. später bei Transportprozessen)



b) Mikroskopische Beschreibung:

- Dynamische Nahordnung
- Mittelstarke Bewegungen



2

▪ Oberflächenspannung, oder spezifische Oberflächenenergie (σ):

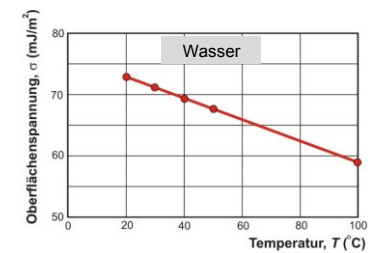
Zur Flächenvergrößerung von ΔA nötige Energie

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \right)$$

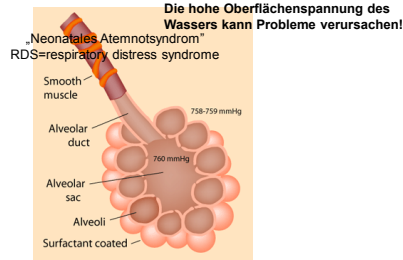
Oberflächenvergrößerung

Stoff	σ (J/m ²)*
Wasser	0,073
Blut	0,06
Speichel	0,05
Alkohol	0,023
Quecksilber	0,484

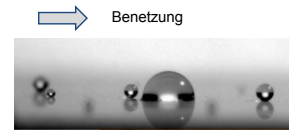
* In Bezug auf Luft, 20°C



4



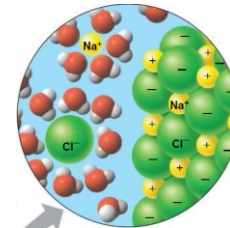
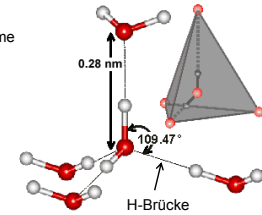
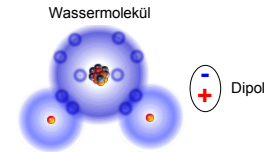
Weitere Erscheinungen, wobei die Oberflächenspannung eine Rolle spielt:



5

d) Wasser und seine günstige Eigenschaften:

- hohe spezifische Wärmekapazität, Schmelzwärme und Verdampfungswärme (s. später)
- hohe Oberflächenspannung
- gutes Lösungsmittel für viele Stoffe



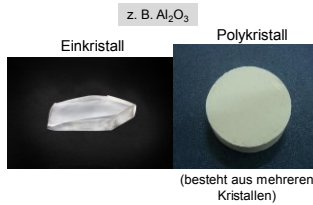
6



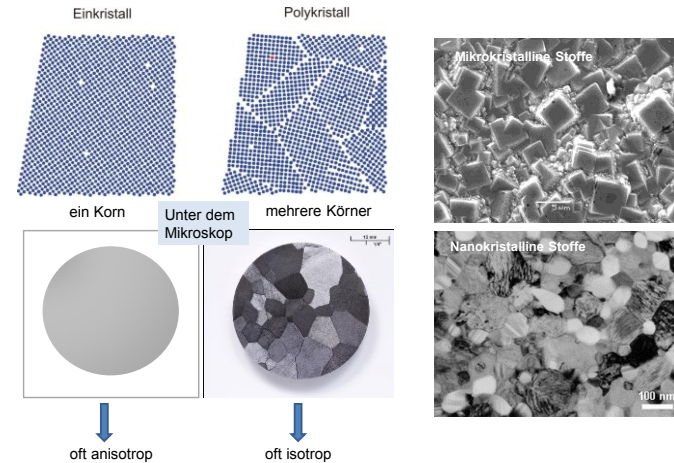
5. Fester Aggregatzustand - Kristalle

a) Makroskopische Beschreibung:

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



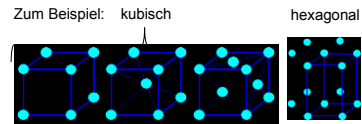
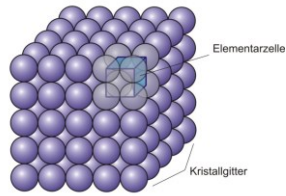
7



8

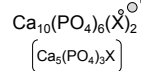
b) Mikroskopische Beschreibung:

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

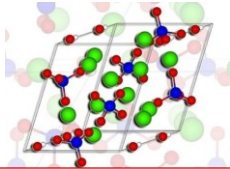


9

d) Apatit



- 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

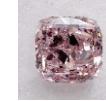
Zahnschmelz: 500-1000 nm x 30 nm große Kristalle



11

c) Kristalltypen:

- Atomkristall (kovalente Bindung)
- Ionenkristall (Ionenbindung)



Diamant



Salz

- Metalkristall (Metallbindung)
- Molekulkristall (sekundäre Bindung)



Gold



Eis

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

10

e) Gitterfehler:

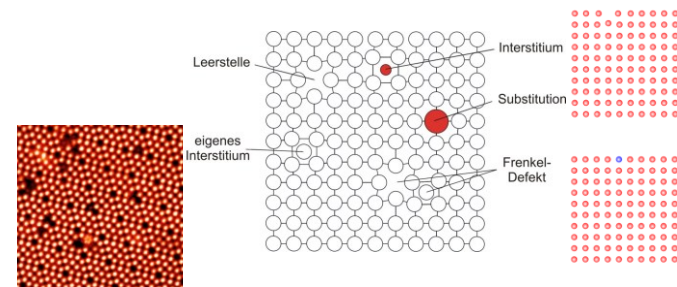
- Punktfehler
 - Thermische Fehler
 - Leerstelle (Vakanz, Schottky-Defekt)
 - Interstitium (Zwischengitteratom)
 - Frenkel-Defekt
 - Fremdatome (chemische Fehler, Dotierung)
 - Substitutionsatom
 - Interstitielles Atom (Interstitium)

Zahl der Schottky-Defekte (n_s):

$$n_s = N \cdot e^{-\frac{E_s}{kT}}$$

Aktivierungsenergie
(\approx Bindungsenergie)

Zahl der besetzten Gitterstelle
(\approx Zahl der Atome)



12

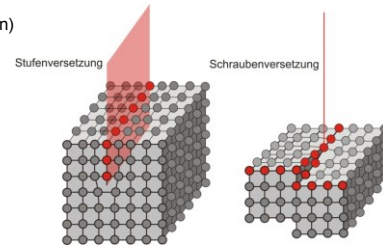
Thermische Fehler in biologischen Makromolekülen:

Zahl der aufgespalteten H-Brücken

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

Zahl der intakten H-Brücken

— Versetzungen (Dislokationen)



13

z. B. mechanische Eigenschaften

z. B. chemische Eigenschaften

$$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$$

Hydroxiapatit Fluorapatit

Kleinere Löslichkeit in Säuren

z. B. elektrische Eigenschaften

→ siehe reine und dotierte Halbleiter

15

Gitterfehler ⇒ Eigenschaften!!

z. B. optische Eigenschaften

Al_2O_3

+ Cr^{3+} → Rubin
→ siehe Rubinlaser

+ V^{2+} →

+ Fe^{2+} →

+ $\text{Ti}^{4+} + \text{Fe}^{2+}$ →

Nal

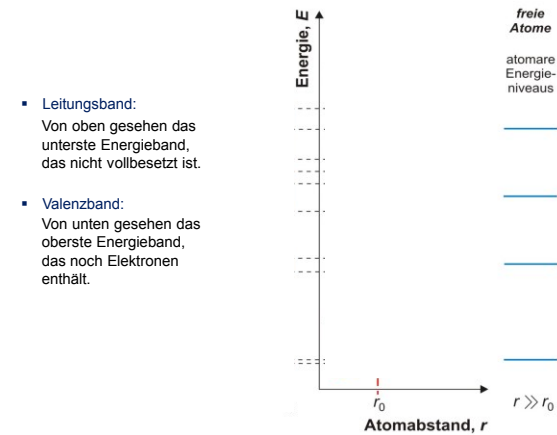
Nal + Ti

→ siehe Szintillationskristall in der Nuklearmedizin
Praktikum „Nukleare Grundmessung“

(unter Röntgenbestrahlung)

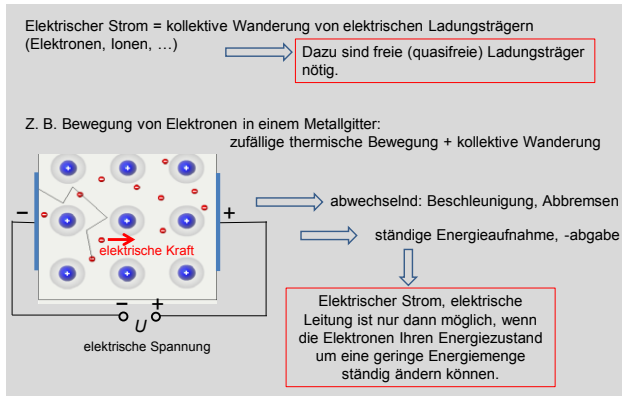
14

f) Elektronenstruktur (Bändermodell):

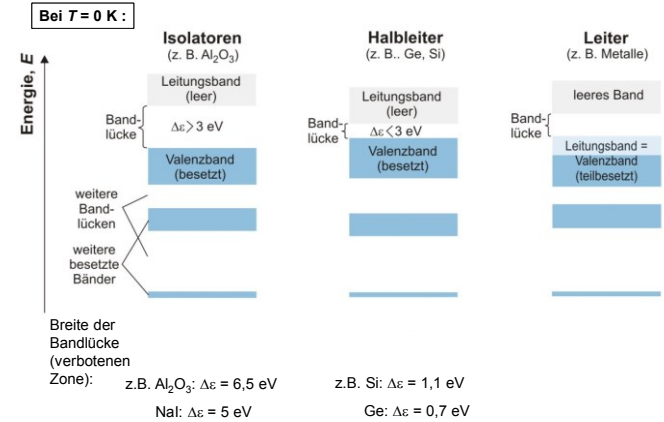


16

▪ Elektrische Eigenschaften der Festkörper



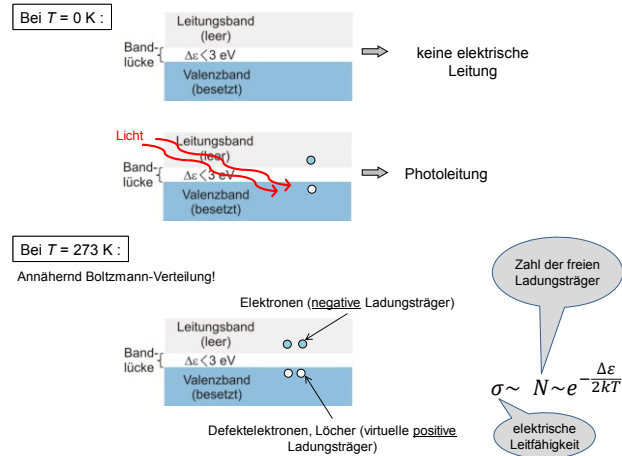
17



➔ siehe die optischen Eigenschaften später

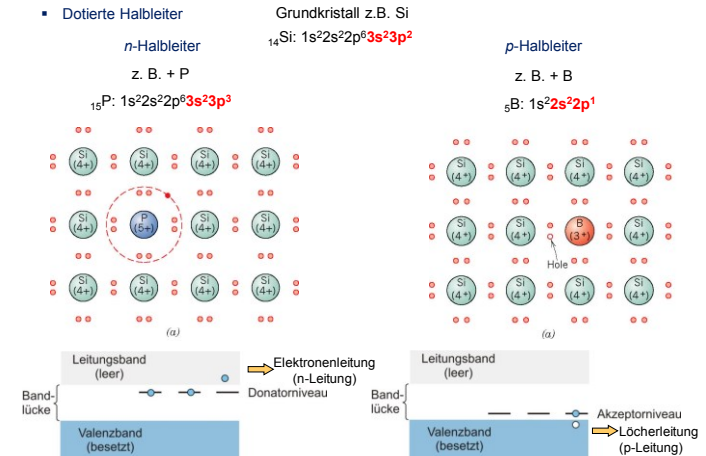
18

▪ Eigenhalbleiter (intrinsic Halbleiter)



19

▪ Dotierte Halbleiter



20

6. Fester Aggregatzustand - amorphe Stoffe

Z.B. Glas, Harz, Wachs,
Bitumen,

a) Makroskopische Beschreibung:

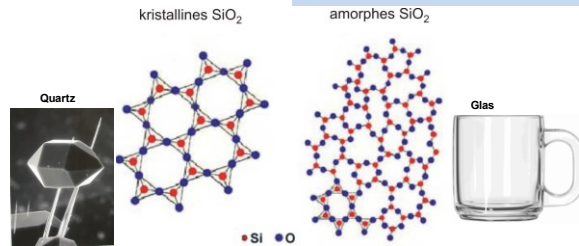
- Eigenvolumen aber keine Eigenform
- Isotrop
- sehr hohe Viskosität



b) Mikroskopische Beschreibung:

- Nahordnung
- Schwache Bewegungen

= gefrorene unterkühlte Flüssigkeiten,
Gläser !



21

Hausaufgaben: ■ Aufgabensammlung

1.43, 44, 47, 49, 50, 52



22