

Medizinische Biophysik

2. Vorlesung
18. 09. 2019

Struktur der Materie
Aggregatzustände:
Flüssigkeiten, feste Körper

4. Flüssiger Aggregatzustand

- Makroskopische Beschreibung
- Mikroskopische Beschreibung
- Oberflächenspannung
- Wasser und seine günstige Eigenschaften

5. Fester Aggregatzustand - Kristalle

- Makroskopische Beschreibung
- Mikroskopische Beschreibung
- Kristalltypen
- Apatit
- Gitterfehler
- Elektronenstruktur (Bändermodell)

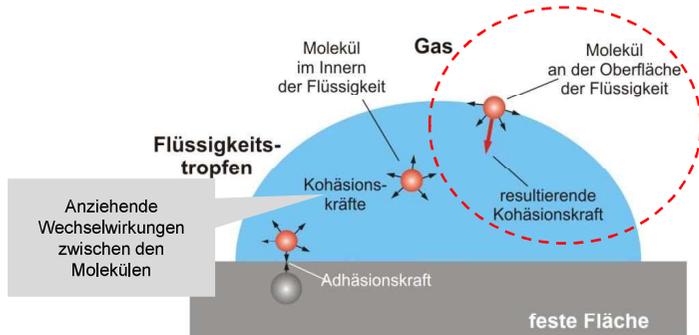
6. Fester Aggregatzustand - amorphe Stoffe

- Makroskopische Beschreibung
- Mikroskopische Beschreibung

7. Flüssigkristalle

- Makroskopische Beschreibung:
- Mikroskopische Beschreibung:
- Anwendungen von Flüssigkristallen:
- Lyotrope Flüssigkristalle:

c) Oberflächenspannung



4. Flüssiger Aggregatzustand

a) Makroskopische Beschreibung:

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

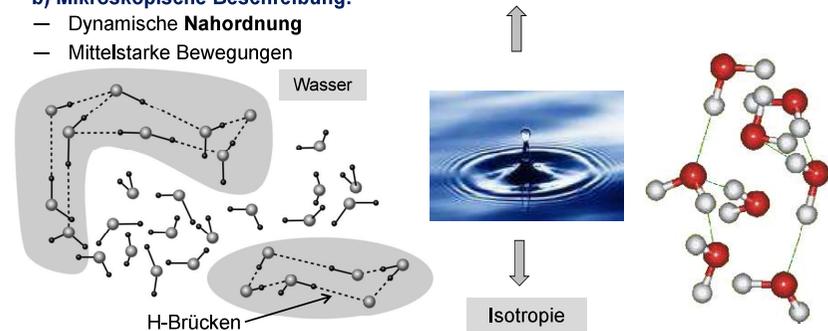


Keine Eigenform:
Nach Deformieren stellt sich die Form nicht zurück, es gibt nämlich keine rückstellende Scherkräfte.

Eigenform:
Nach Deformieren stellt sich die Form zurück, da es rückstellende Scherkräfte gibt.

b) Mikroskopische Beschreibung:

- Dynamische **Nahordnung**
- Mittelstarke Bewegungen



■ Oberflächenspannung, oder spezifische Oberflächenenergie (σ):

Zur Flächenvergrößerung von ΔA nötige Energie

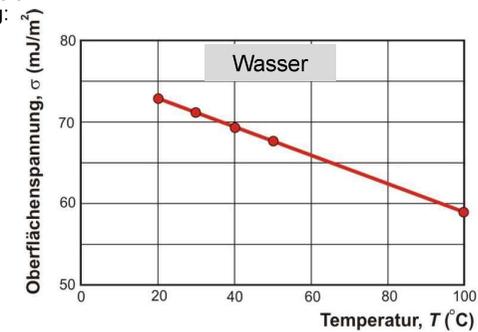
$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \right)$$

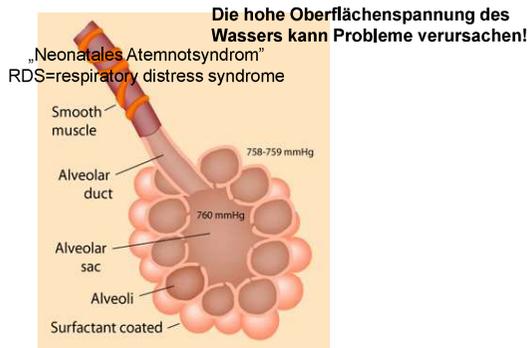
Oberflächenvergrößerung

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

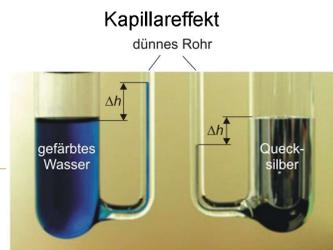
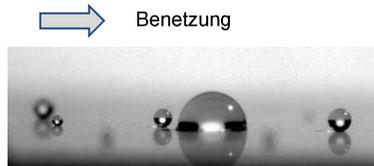
* In Bezug auf Luft, 20°C

Die Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung:





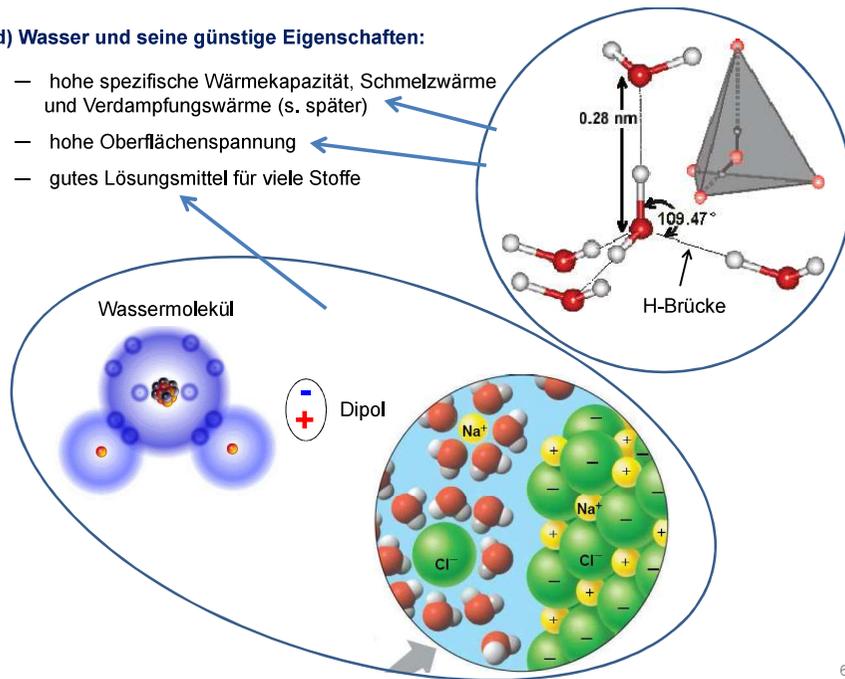
Weitere Erscheinungen, wobei die Oberflächenspannung eine Rolle spielt:



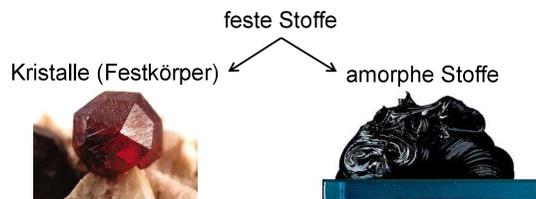
5

d) Wasser und seine günstige Eigenschaften:

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



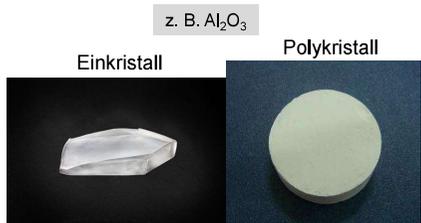
6



5. Fester Aggregatzustand - Kristalle

a) Makroskopische Beschreibung:

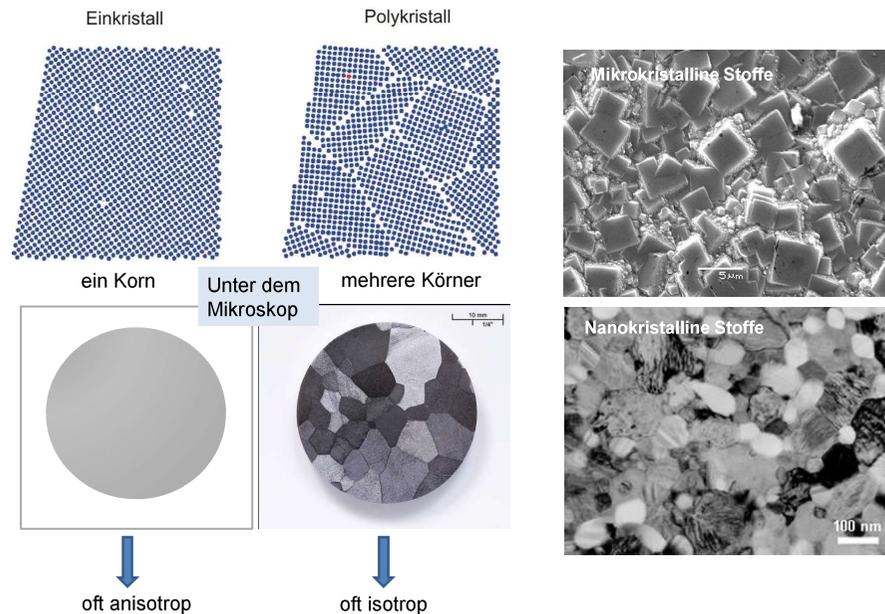
- Eigenvolumen, Eigenform
- Einkristalle: oft anisotrop; Polykristalle: isotrop



(besteht aus mehreren Kristallen)



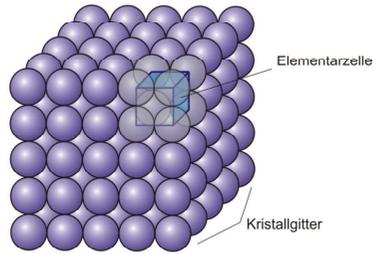
7



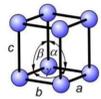
8

b) Mikroskopische Beschreibung:

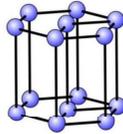
- Fernordnung
- Periodizität – Kristallgitter
- Schwache Bewegungen (Schwingungen)



Zum Beispiel: kubisch



hexagonal



c) Kristalltypen:

- Atomkristall (kovalente Bindung)
- Ionenkristall (Ionenbindung)



Diamant



Salz

- Metallkristall (Metallbindung)



Gold

- Molekülkristall (sekundäre Bindung)

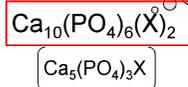


Eis

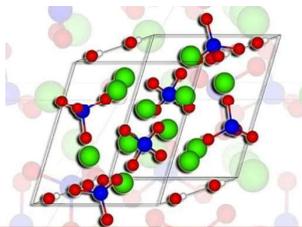
Bindungsenergie (E_0) \rightarrow Eigenschaften, wie Schmelzpunkt, Schmelzwärme, Steifigkeit, Wärmeausdehnungskoeffizient, ...

d) Apatit

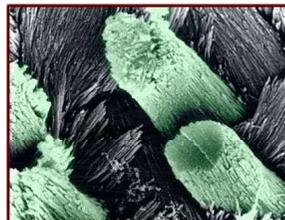
X =
OH : Hydroxiapatit
F : Fluorapatit



- 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



e) Gitterfehler:

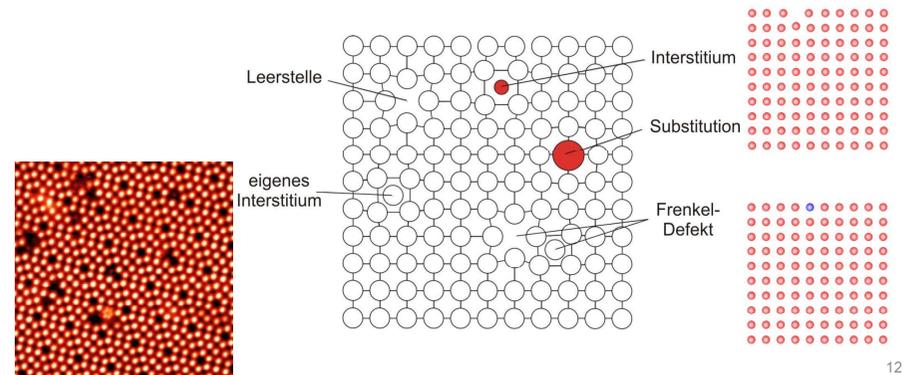
- Punktfehler
 - Thermische Fehler
 - Leerstelle (Vakanz, Schottky-Defekt)
 - Interstitium (Zwischengitteratom)
 - Frenkel-Defekt
 - Fremdatome (chemische Fehler, Dotierung)
 - Substitutionsatom
 - Interstitielles Atom (Interstitium)

Aktivierungsenergie (\approx Bindungsenergie)

Zahl der Schottky-Defekte (n_s):

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

Zahl der besetzten Gitterstelle (\approx Zahl der Atome)



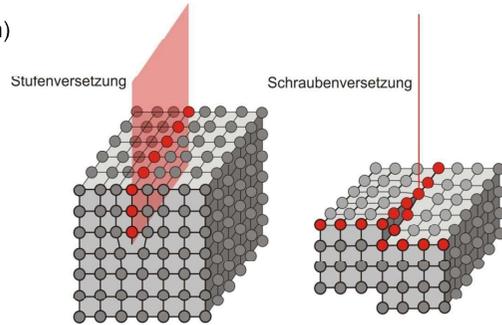
Thermische Fehler in biologischen Makromolekülen:

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

A high degree of regularity... the principal... from the principal... is... long-range repetition... structure... because the particles in a... are jumbled and disor... they move about

+ Cr³⁺ → Rubin (siehe Rubinlaser)

+ V²⁺ → Rubin

Fe²⁺ → Rubin

+ Ti⁴⁺+Fe²⁺ → Rubin

NaI

NaI + TI

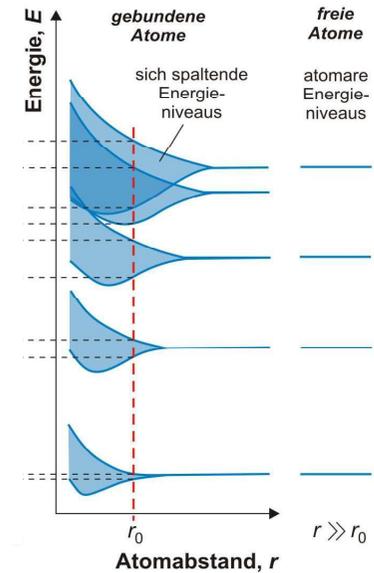
(unter Röntgenbestrahlung)

→ siehe Szintillationskristall in der Nuklearmedizin
Praktikum „Nukleare Grundmessung“

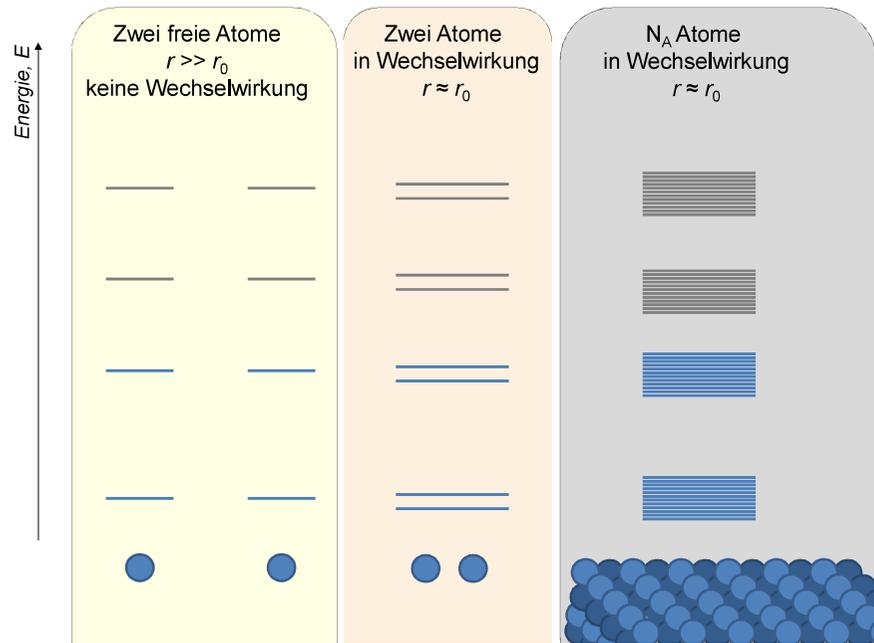
14

f) Elektronenstruktur von Festkörpern (Bändermodell):

- Leitungsband: Von hohen Energiewerten ausgehend, das unterste Energieband, das nicht vollbesetzt ist.
- Valenzband: Von niedrigen Energiewerten ausgehend, das oberste Energieband, das noch Elektronen enthält.



16



Elektrische Eigenschaften der Festkörper

Elektrischer Strom = kollektive Wanderung von elektrischen Ladungsträgern (Elektronen, Ionen, ...)

Dazu sind freie (quasifreie) Ladungsträger nötig.

Z. B. Bewegung von Elektronen in einem Metallgitter:
zufällige thermische Bewegung + kollektive Wanderung

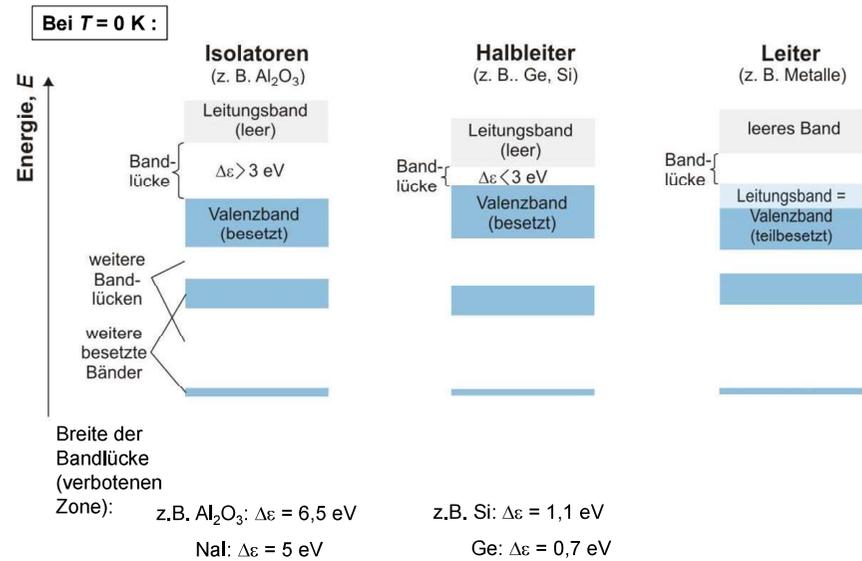
elektrische Kraft

elektrische Spannung U

abwechselnd: Beschleunigung, Abbremsen

ständige Energieaufnahme, -abgabe

Elektrischer Strom, elektrische Leitung ist nur dann möglich, wenn die Elektronen ihren Energiezustand um eine geringe Energiemenge ständig ändern können.



→ siehe die optischen Eigenschaften später

Hausaufgaben: ■ Aufgabensammlung

1. 43, 44, 47, 49, 50, 52

