



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

2.

Struktur der Materie

Moleküle. Aggregatzustände: Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle

Schwerpunkte:

- ❖ Viskosität
- ❖ Apatit
- ❖ Kristalldefekte und ihre Bedeutung
- ❖ Amorphe Stoffe
- ❖ Flüssigkristalle (Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!)

Kapitel des Lehrbuches: 4, 5

Aufgaben: 1. Kapitel: 22, 23, 32, 34, 35

1

Flüssigkeiten



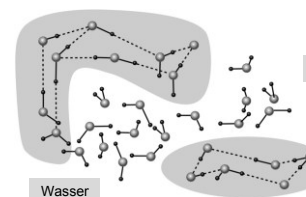
Keine Eigenform:

Nach Deformieren bleibt so, es gibt keine rückstellende Scherkräfte.



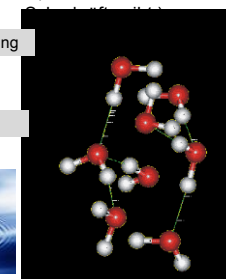
Eigenform:

Nach Deformieren stellt sich zurück, da es rückstellende

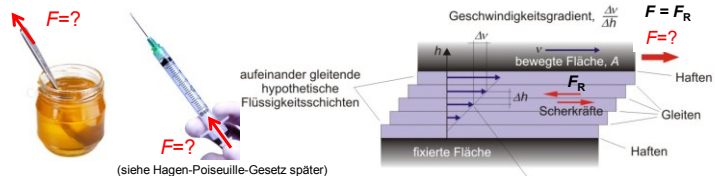


Dynamische Nahordnung

Isotropie



Viskosität (η) $\left(\longleftrightarrow \text{Fluidität (Fließbarkeit)} \frac{1}{\eta} \right)$



(siehe Hagen-Poiseuille-Gesetz später)

Newtonsches Reibungsgesetz:

$$F_R = \eta \cdot A \cdot \frac{\Delta v}{\Delta h}$$

Viskosität (innerer Reibungskoeffizient)

$[\eta] = \text{Pa} \cdot \text{s}$

$$\sigma_{\text{Scher}} = \eta \cdot g_v$$

$\sigma_{\text{Scher}} = \eta \cdot g_v$

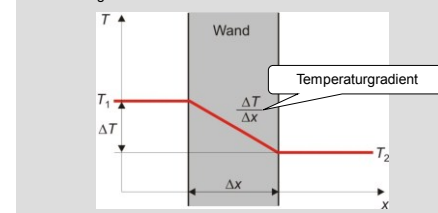
$\sigma_{\text{Scher}} = \eta \cdot g_v$

3

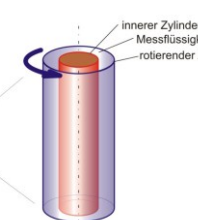
$$\frac{F_R}{A} = \eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta h} = g_v$$

Geschwindigkeitsgradient

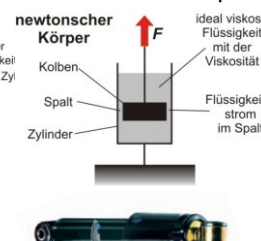
Zur Deutung des Gradienten:



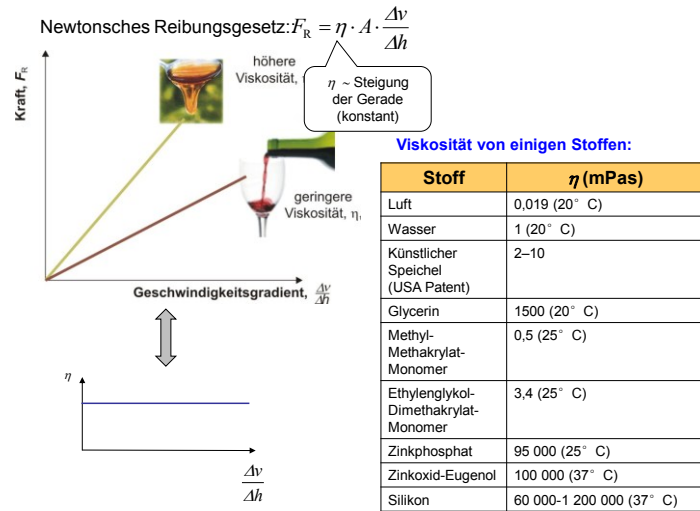
Rotationsviskosimeter



Modell des viskosen Körpers:

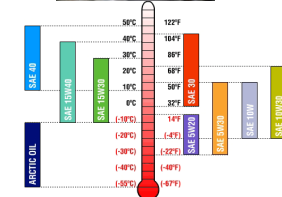
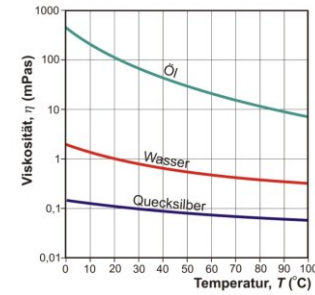


4



5

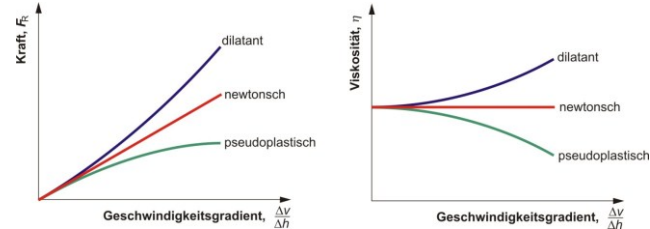
- η hängt ab:
- vom Stoff
 - von der Temperatur



(Die Viskosität der Gase nimmt mit wachsender Temperatur zu. Warum?)

6

- η hängt ab:
- von den Scherkräften (vom Geschwindigkeitsgradienten)?



Flüssigkeiten

Normale (newtonsche) Flüssigkeiten

pl. v. z. olaj



Anomale (nicht-newtonsche) Flüssigkeiten

pseudoplastisch

z.B. Speichel, Blut, Polykarboxylatzement, Elastomer-Abdruckmaterialien

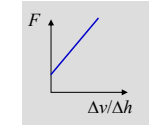
dilatant

z.B. einige Komposite



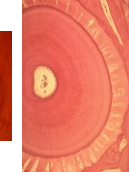
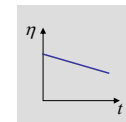
7

Bingham-Flüssigkeit:



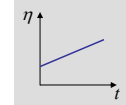
- η hängt ab:
- von der Zeit??

Thixotrope Flüssigkeiten:



Z.B.: einige Abdruckmaterialien

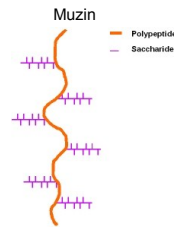
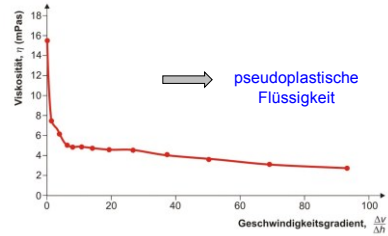
Rheopexe Flüssigkeiten:



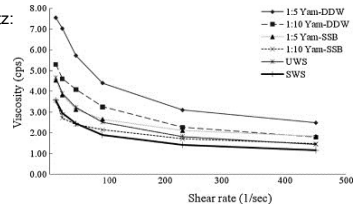
Bitte nicht verwechseln mit pseudoplastischen und dilatanten Flüssigkeiten!

8

Speichel

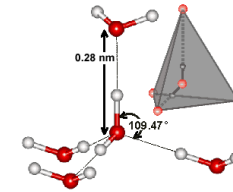
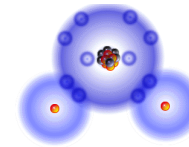


Speicheleratz:

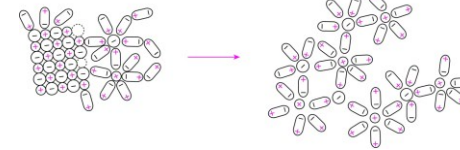


9

Wasser



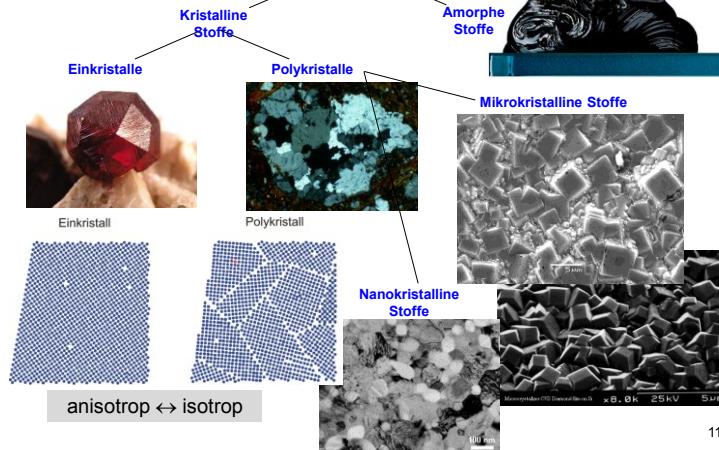
- > hohe spezifische Wärmekapazität, Schmelzwärme und Verdampfungswärme
- > hohe Oberflächenspannung
- > gutes Lösungsmittel



10

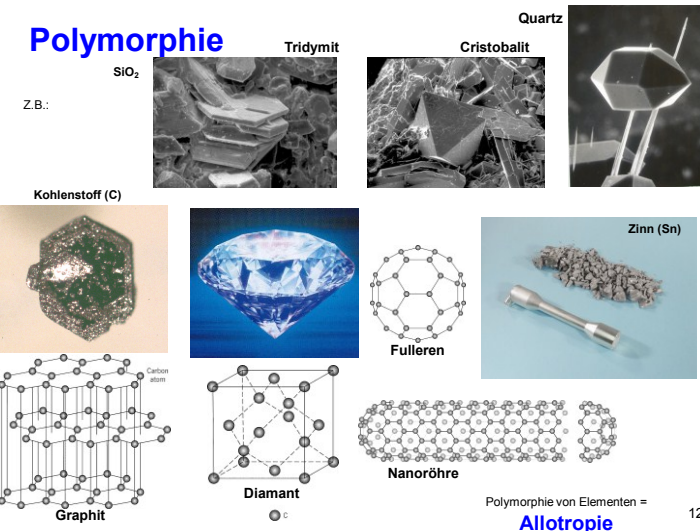
Feste Körper

(Kristall = Festkörper)



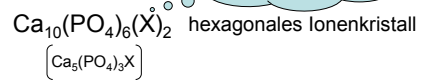
11

Polymorphie

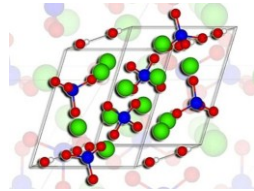
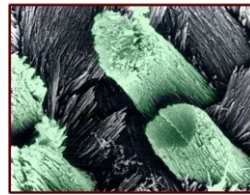


12

Apatit



OH: Hydroxiapatit
 F: Fluorapatit



Dentin, Knochen: 20-60 nm x 6 nm große Kristalle
Zahnschmelz: 500-1000 nm x 30 nm große Kristalle

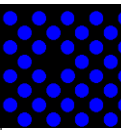
13

Gitterdefekte

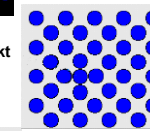
Punktdefekte

thermisch

- Vakanz/Leerstelle (Schottky-Defekt)
- Interstitielles Atom (Zwischengitteratom)



Frenkel-Defekt

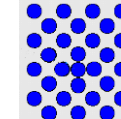
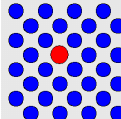


$$n_s = N \cdot e^{-\frac{\epsilon_s}{kT}}$$

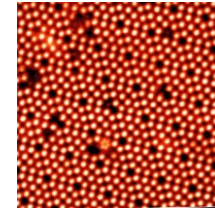
Zahl der Schottky-Defekte

Fremdatom

- An einer Gitterstelle (Substitutionsatom)
- An einer Zwischengitterstelle (interstitielles Atom)



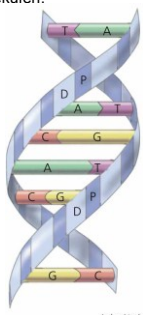
s. Legierungen !!



14

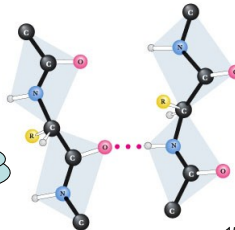
Entstehung und Bewegung von Punktdefekten:

Thermische Fehler in biologische Makromolekülen:



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

Zahl der aufgespalteten H-Brücken

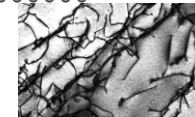
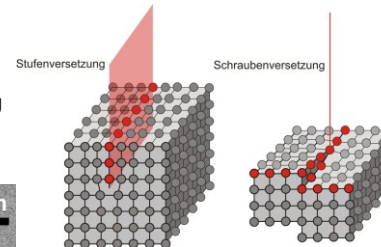
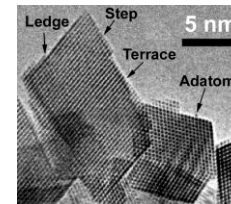


15

Versetzungen

- Stufenversetzung
- Schraubenversetzung

Korngrenzen



Versetzungen in einer Ti-Legierung

16

Gitterdefekte \Rightarrow Eigenschaften!!

Al_2O_3

z. B. optische Eigenschaften

z. B. mechanische Eigenschaften

+ Cr^{3+} + V^{2+} Fe^{2+} + $\text{Ti}^{4+} + \text{Fe}^{2+}$

17

Amorphe (feste) Körper

- Eigenvolumen
- Mechanisch hart
- Keine Eigenform/flüssig
sehr hohe Viskosität;
„gefrorene Flüssigkeit“
- Nahordnung
- Viele Defekte
- Isotrop

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

kristallines SiO_2 amorphes SiO_2

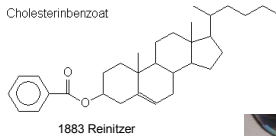
• Si • O

18

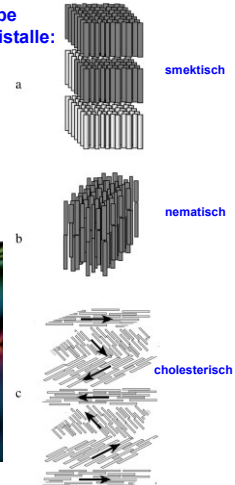
Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

Flüssigkristalle

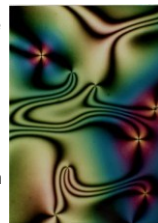
Cholesterinbenzoat



Termotrope Flüssigkristalle:

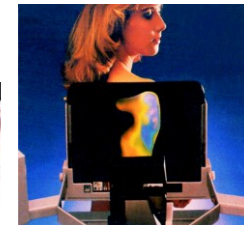
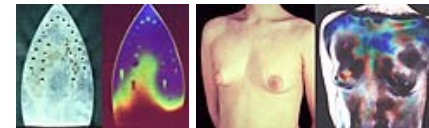


- Anisodimensionale Moleküle
- Mesophase
- Flüssig
- Teilweise geordnete Strukturen
- Optisch anisotrop
- Gegen äußere Einwirkungen empfindliche Struktur



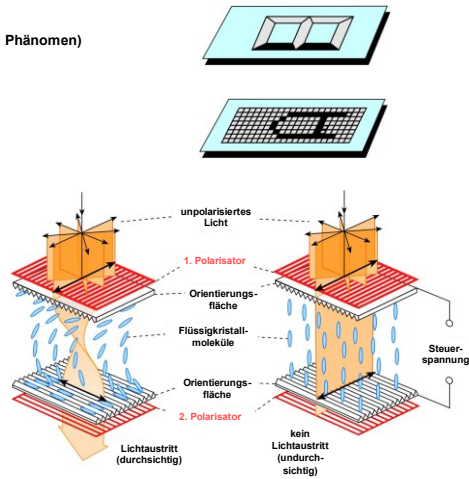
19

Kontaktthermographie/Plattenthermographie (thermo-optisches Phänomen)



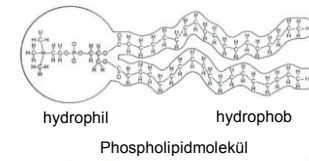
20

LCD (elektro-optisches Phänomen)

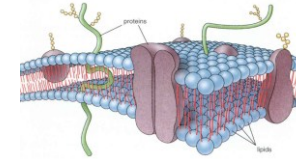
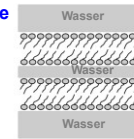


21

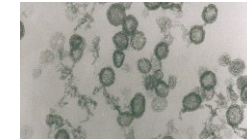
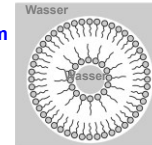
Lyotrope Flüssigkristalle:



Lamellare Struktur



Liposom



Nächste Vorlesung:
Kapitel 6 und 7

22