



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

2.

Struktur der Materie

Moleküle. Aggregatzustände: Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle

Schwerpunkte:

- ❖ Viskosität
- ❖ Wasser und Speichel
- ❖ Kristalle - 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



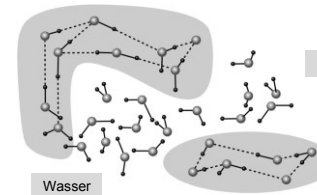
Keine Eigenform:

Nach Deformieren bleibt so, es gibt keine rückstellende Scherkräfte.



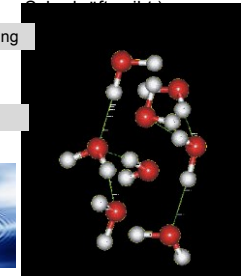
Eigenform:

Nach Deformieren stellt sich zurück, da es rückstellende Scherkräfte.

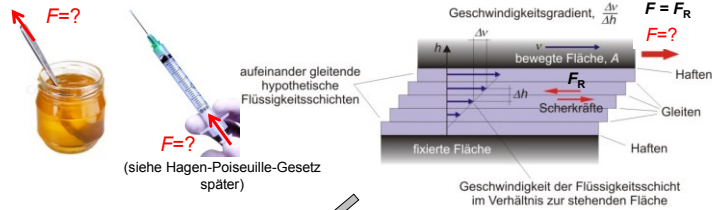


Wasser

Dynamische Nahordnung
↓
Isotropie



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



Newton'sches Reibungsgesetz:

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

Viskosität (innerer Reibungskoeffizient)
[η] = Pa·s

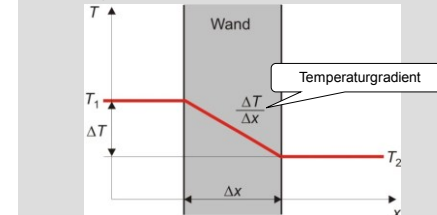
Eine andere Form des newtonschen Reibungsgesetzes:

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

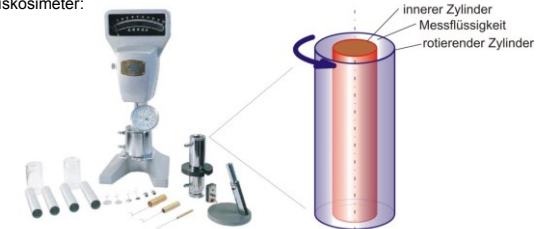
$\sigma_{\text{Scher}} = \frac{F_R}{A}$ (Scherspannung)
 $g_v = \frac{\Delta v}{\Delta h}$ (Geschwindigkeitsgradient)

3

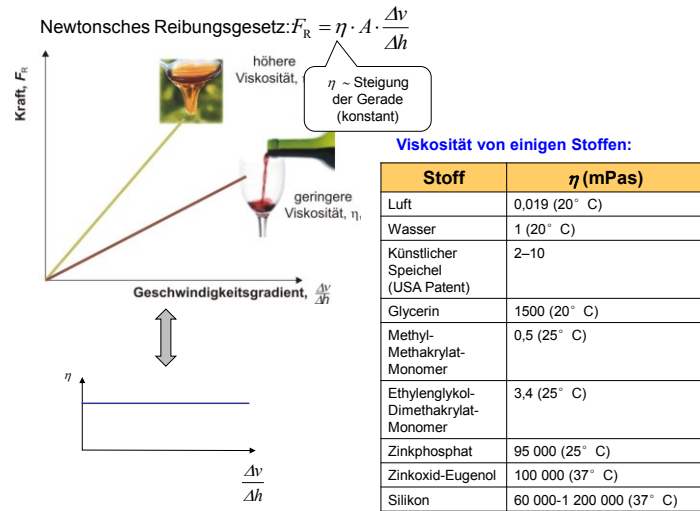
Zur Deutung des Gradienten:



Rotationsviskosimeter:

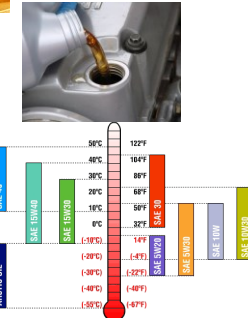
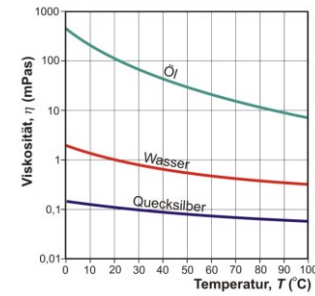


4



5

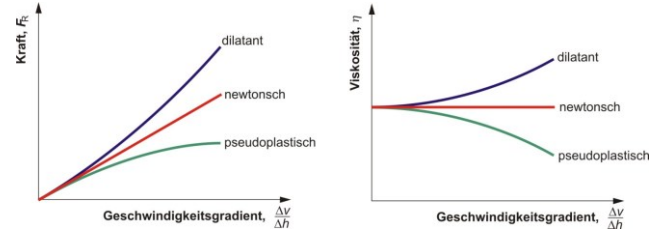
- η hängt ab:
- vom Stoff
 - von der Temperatur



(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.iz. olaj



Anomale (nicht-newtonsche) Flüssigkeiten

pseudoplastisch

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

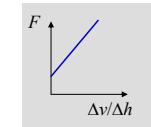
dilatant

z.B. einige Komposite



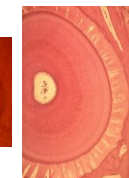
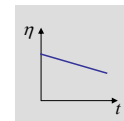
7

Bingham-Flüssigkeit:



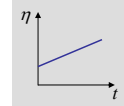
- η hängt ab:
- von der Zeit

Thixotrope Flüssigkeiten:



Z.B.: einige Abdruckmaterialien

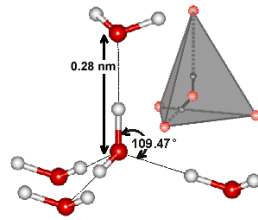
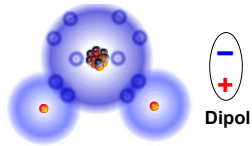
Rheopexe Flüssigkeiten:



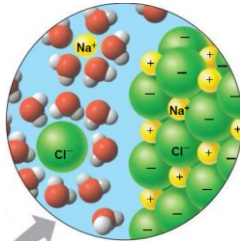
Bitte nicht verwechseln mit pseudoplastischen und dilatanten Flüssigkeiten!

8

Wasser

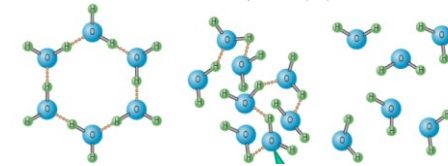
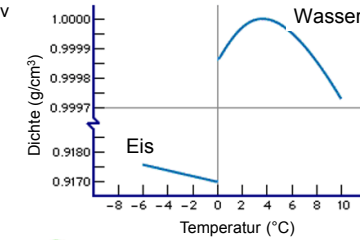


- hohe spezifische Wärmekapazität, Schmelzwärme und Verdampfungswärme
- hohe Oberflächenspannung
- gutes Lösungsmittel



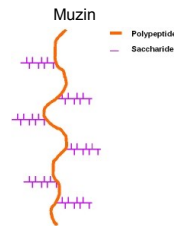
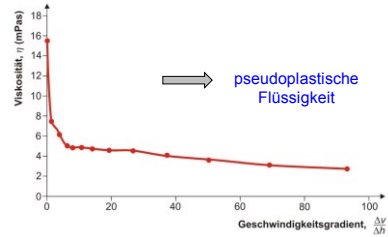
9

- flüssig in einem breiten Temperaturbereich
- relativ kleine Dichte (1 g/cm^3)
- newtonsche Flüssigkeit, relativ kleine Viskosität

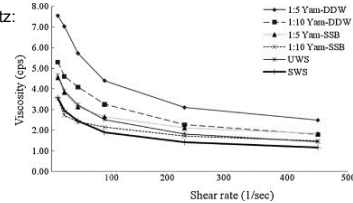


10

Speichel



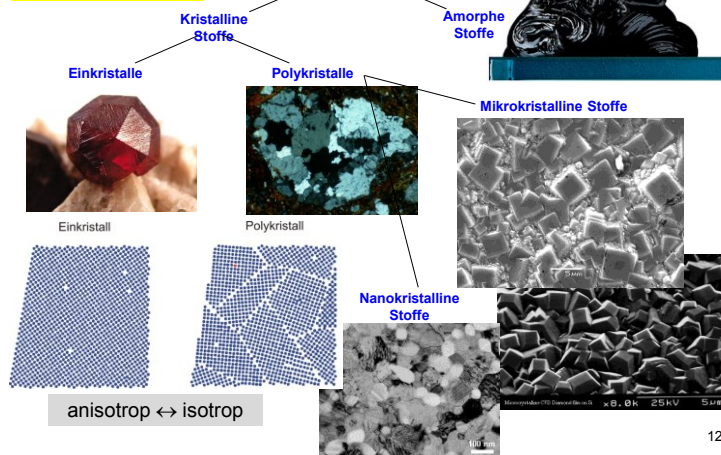
Speicheleratz:



11

Feste Körper

(Kristall = Festkörper)



12



13

Polymorphie

Z.B.:

SiO_2

Tridymit

Cristobalit

Quartz

Kohlenstoff (C)

Zinn (Sn)

Fulleren

Nanoröhre

Diamant

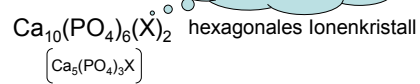
Graphit

Polymorphie von Elementen =

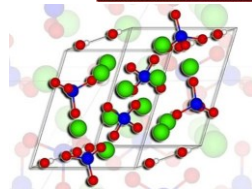
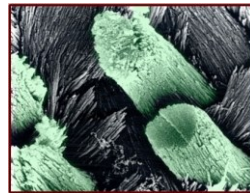
Allotropie

14

Apatit



OH: Hydroxiapatit
 F: Fluorapatit



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

15

Gitterdefekte

Punktdefekte

thermisch

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

Frenkel-Defekt

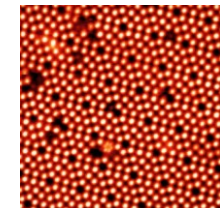
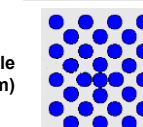
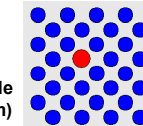
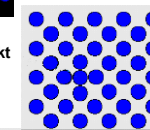
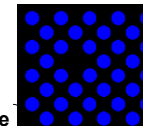
$$n_s = N \cdot e^{-\frac{\epsilon_s}{kT}}$$

Zahl der Schottky-Defekte

Fremdatom

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

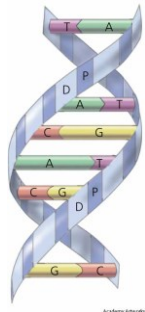
s. Legierungen !!



16

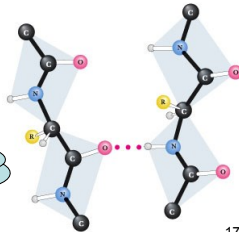
Entstehung und Bewegung von Punktdefekten:

Thermische Fehler in biologische Makromolekülen:



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

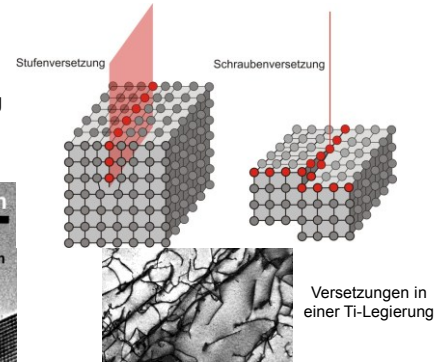
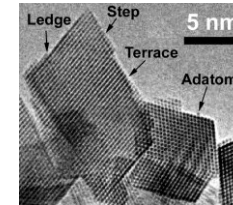
Zahl der aufgespalteten H-Brücken



17

- Versetzungen
 - Stufenversetzung
 - Schraubenversetzung

- Korngrenzen

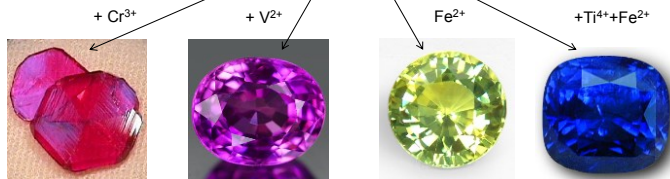


18

Gitterdefekte \Rightarrow Eigenschaften!!



z. B. optische Eigenschaften



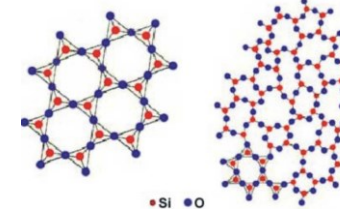
z. B. mechanische Eigenschaften



19

Amorphe (feste) Körper

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

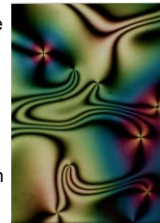
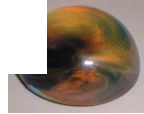
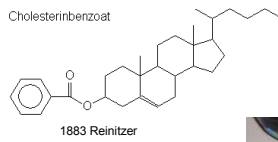


20

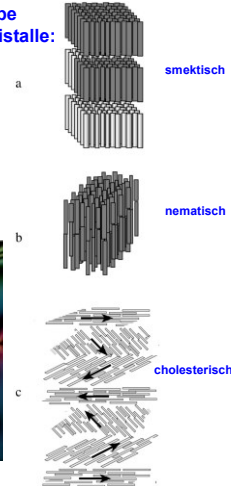
Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

Flüssigkristalle

Cholesterinbenzoat



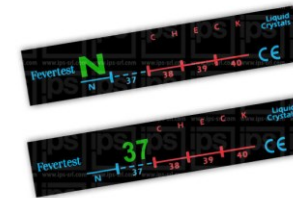
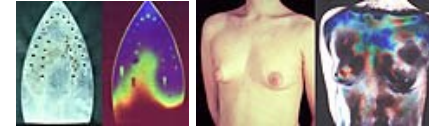
Termotrope
Flüssigkristalle:



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

21

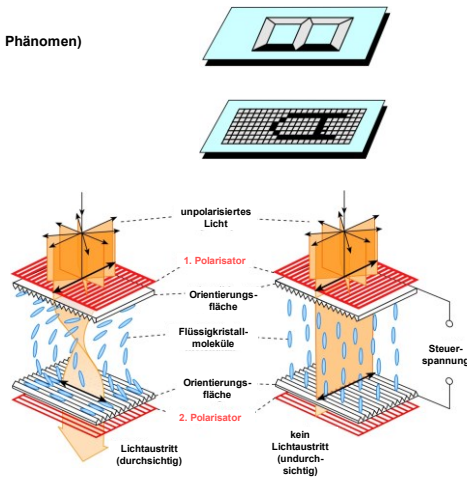
Kontaktthermographie/Plattenthermographie (thermo-optisches Phänomen)



22

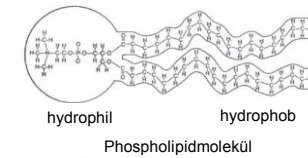
LCD

(elektro-optisches Phänomen)

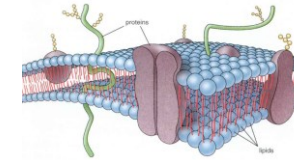
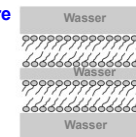


23

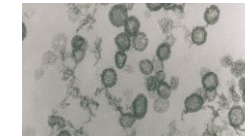
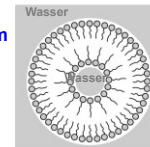
Lyotrope Flüssigkristalle:



Lamellare Struktur



Liposom



Nächste Vorlesung:
Kapitel 6 und 7

24