



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

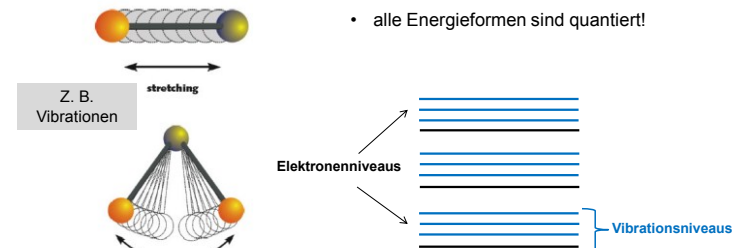
1

Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

Energiezustände in Molekülen

$$E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} + E_{\text{Rotation}}$$

$\approx 1 \text{ eV}$ $\approx 0,1 \text{ eV}$ $\approx 0,01 \text{ eV}$



- alle Energieformen sind quantiert!

(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.)

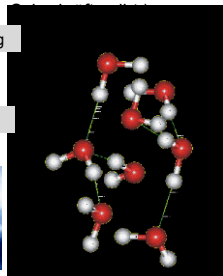
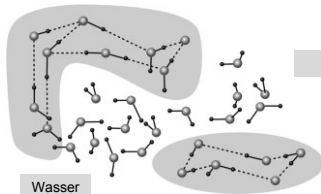
2

Flüssigkeiten

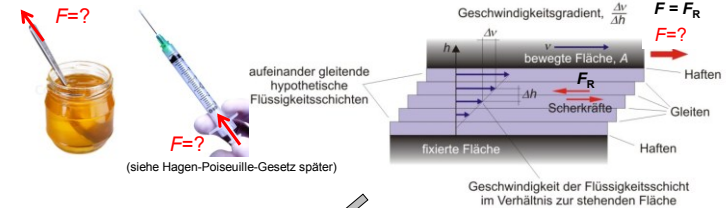


Dynamische Nahordnung

Isotropie



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



Newtonsches Reibungsgesetz:

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

Viskosität (innerer Reibungskoeffizient)
 $[\eta] = \text{Pa} \cdot \text{s}$

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

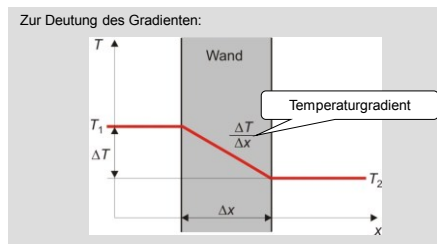
$\sigma_{\text{Scher}} = \frac{F_R}{A}$ $g_v = \frac{\Delta v}{\Delta h}$

Scherspannung Geschwindigkeitsgradient

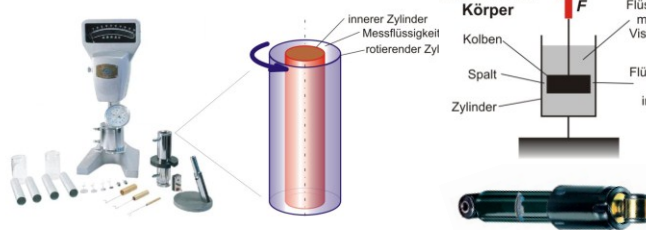
4

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

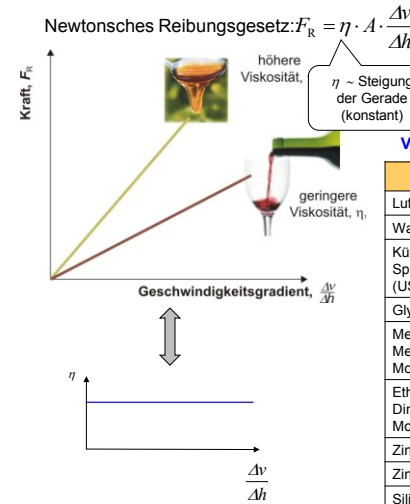
Geschwindigkeitsgradient



Rotationsviskosimeter



5



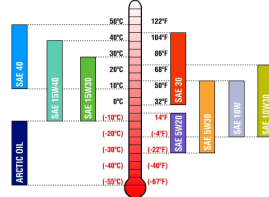
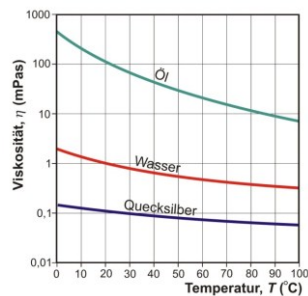
Viskosität von einigen Stoffen:

Stoff	η (mPas)
Luft	0,019 (20° C)
Wasser	1 (20° C)
Künstlicher Speichel (USA Patent)	2-10
Glycerin	1500 (20° C)
Methyl-Methakrylat-Monomer	0,5 (25° C)
Ethylenglykol-Dimethakrylat-Monomer	3,4 (25° C)
Zinkphosphat	95 000 (25° C)
Zinkoxid-Eugenol	100 000 (37° C)
Silikon	60 000-1 200 000 (37° C)

6

η hängt ab:

- vom Stoff
- von der Temperatur

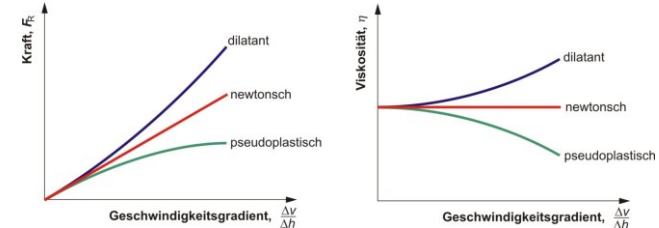


(Die Viskosität der Gase nimmt mit wachsender Temperatur zu. Warum?)

7

η hängt ab:

- von den Scherkräften (vom Geschwindigkeitsgradienten)?



Flüssigkeiten

Normale (newtonsche) Flüssigkeiten

Anomale (nicht-newtonsche) Flüssigkeiten

pl. v.lz, olaj



pseudoplastisch

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

dilatant

z.B. einige Komposite



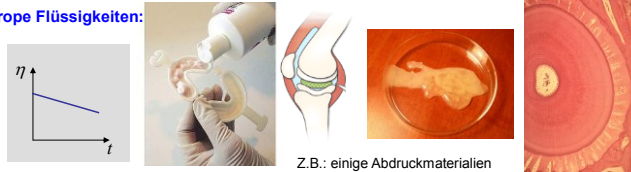
8

Bingham-Flüssigkeit:



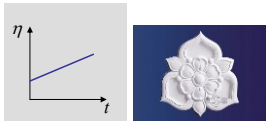
η hängt ab: • von der Zeit??

Thixotrope Flüssigkeiten:

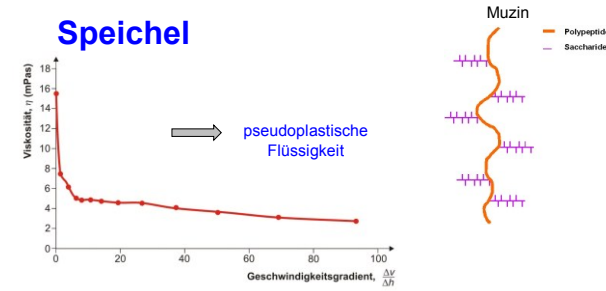


Z.B.: einige Abdruckmaterialien
Bitte nicht verwechseln mit pseudoplastischen und dilatanten Flüssigkeiten!

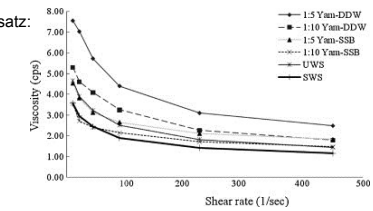
Rheopexe Flüssigkeiten:



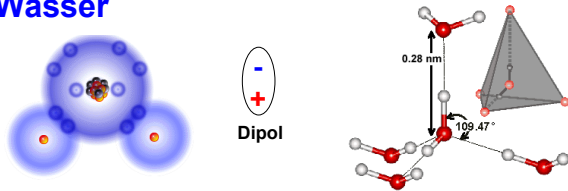
Speichel



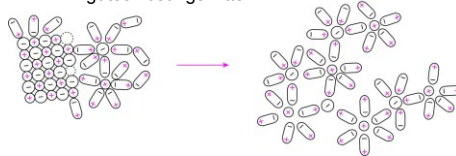
Speichelsatz:



Wasser

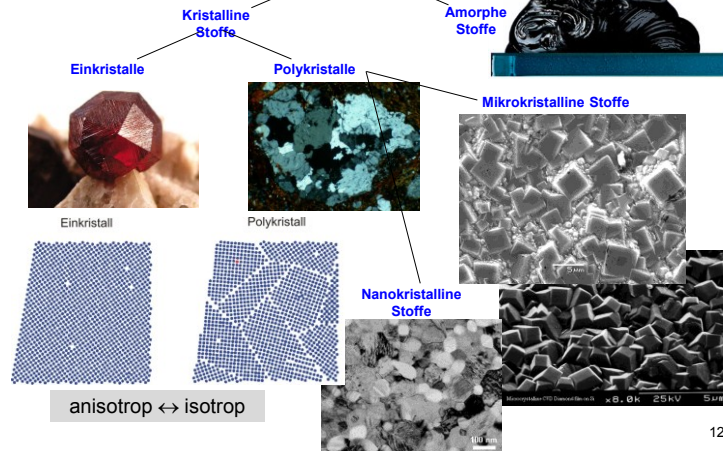


- hohe spezifische Wärmekapazität, Schmelzwärme und Verdampfungswärme
- hohe Oberflächenspannung
- gutes Lösungsmittel



Feste Körper

(Kristall = Festkörper)





13

Polymorphie

Z.B.:

SiO₂

Tridymit

Cristobalit

Quartz

Kohlenstoff (C)

Zinn (Sn)

Fulleren

Nanoröhre

Diamant

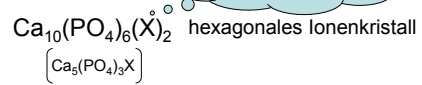
Graphit

Polymorphie von Elementen =

Allotropie

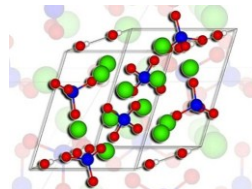
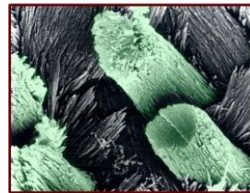
14

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

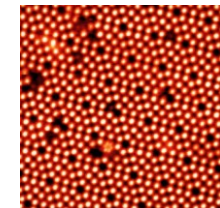
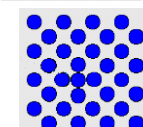
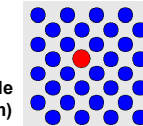
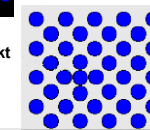
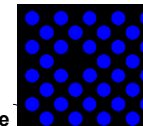
$$n_s = N \cdot e^{-\frac{\epsilon_s}{kT}}$$

Zahl der Schottky-Defekte

Fremdatom

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

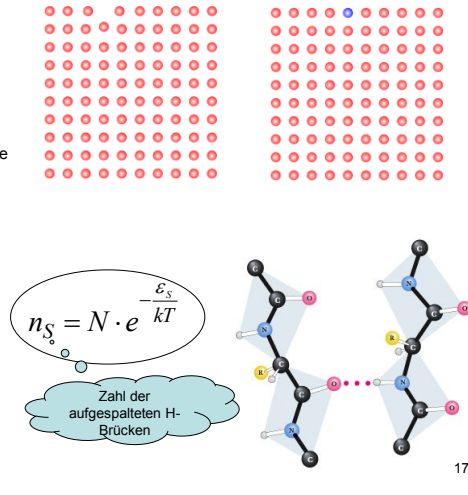
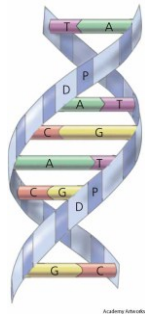
s. Legierungen !!



16

Entstehung und Bewegung von Punktdefekten:

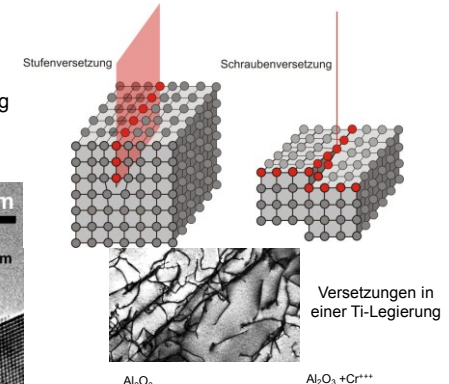
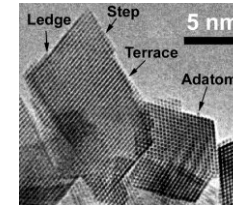
Thermische Fehler in biologische Makromolekülen:



17

- Versetzungen
 - Stufenversetzung
 - Schraubenversetzung

- Korngrenzen



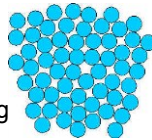
Gitterdefekte \Rightarrow Eigenschaften!!



18

Amorphe (feste) Körper

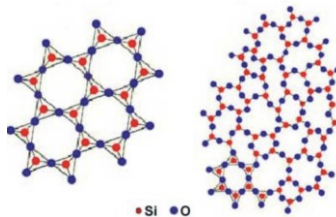
- Eigenvolumen
- Mechanisch hart
- Keine Eigenform/flüssig
sehr hohe Viskosität;
„gefrorene Flüssigkeit“
- Nahordnung
- Viele Defekte
- Isotrop



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

kristallines SiO_2

amorphes SiO_2

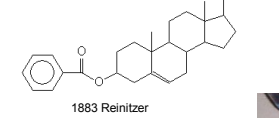


19

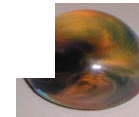
Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

Flüssigkristalle

Cholesterinbenzoat



1883 Reinitzer



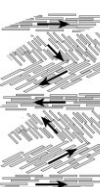
Termotrope Flüssigkristalle:



smektisch



nematisch



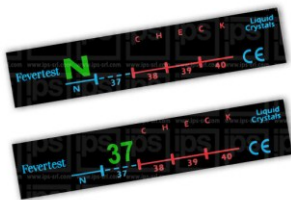
cholesterisch

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



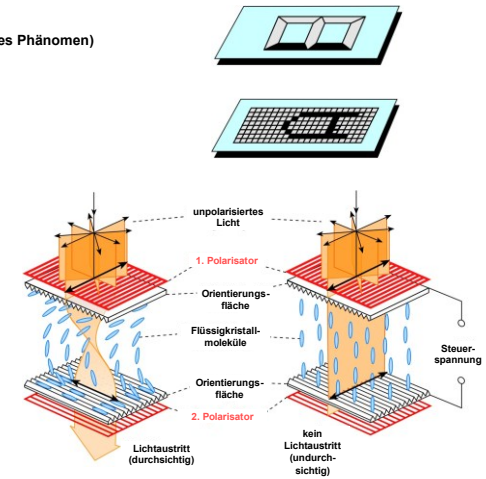
20

Kontaktthermographie/Plattenthermographie (thermo-optisches Phänomen)



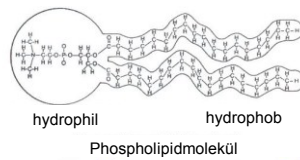
21

LCD (elektro-optisches Phänomen)

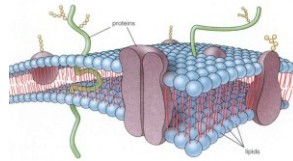
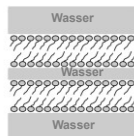


22

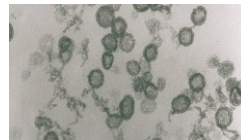
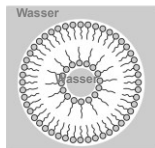
Lyotrope Flüssigkristalle:



Lamellare Struktur



Liposom



Nächste Vorlesung:
Kapitel 6 und 7

23