



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!

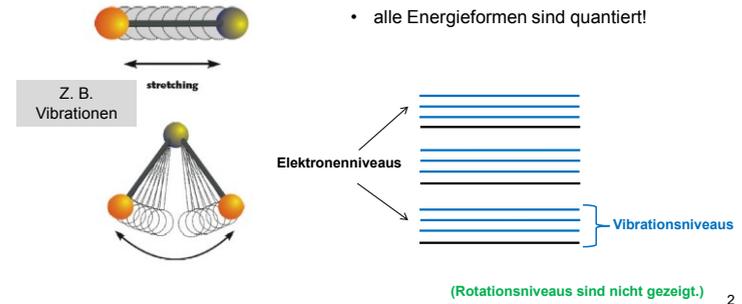
Energiezustände in Molekülen

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

≈ 1 eV

≈ 0,1 eV

≈ 0,01 eV



2

Flüssigkeiten



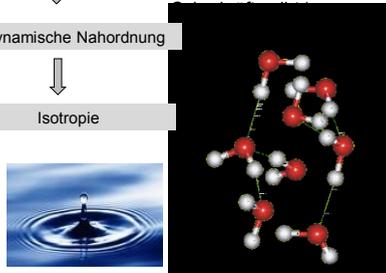
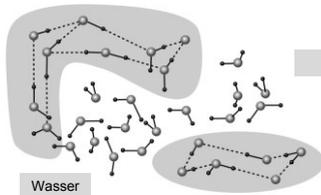
Nach Deformieren bleibt so, es gibt keine rückstellende Scherkräfte.



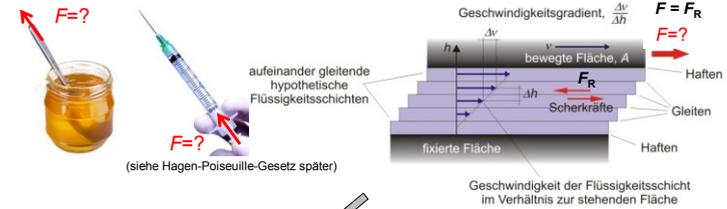
Nach Deformieren stellt sich zurück, da es rückstellende

Dynamische Nahordnung

Isotropie



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



Newtonsches Reibungsgesetz:

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

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

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

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

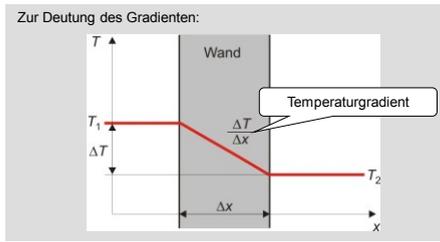
Scherspannung

Geschwindigkeitsgradient

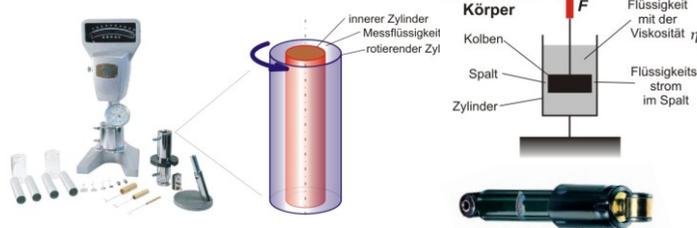
4

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

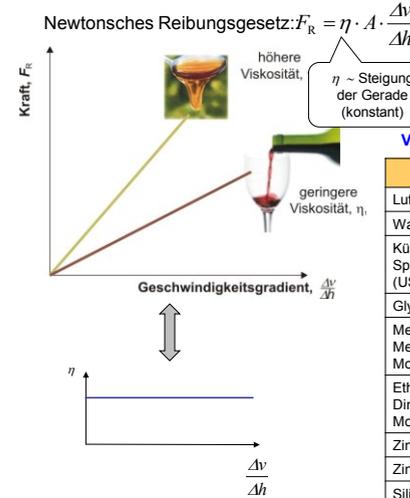
Geschwindigkeitsgradient



Rotationsviskosimeter



5

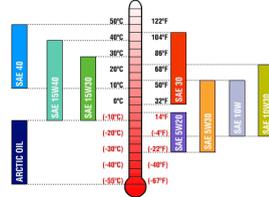
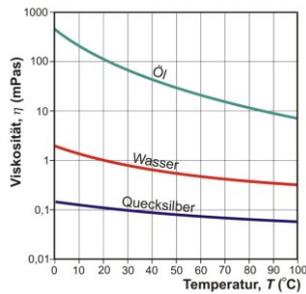


Viskosität von einigen Stoffen:

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

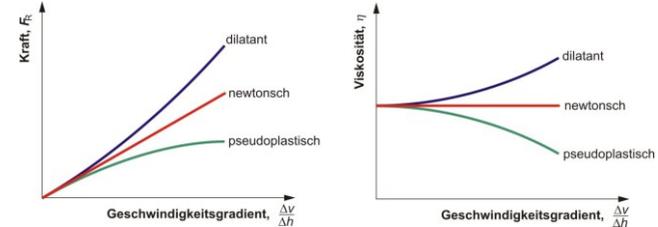
η hängt ab: • vom Stoff
• von der Temperatur



(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/z, ölaj



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

dilatant
z.B. einige Komposite



8

Bingham-Flüssigkeit:



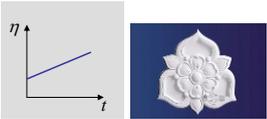
η hängt ab: • von der Zeit??

Thixotrope Flüssigkeiten:



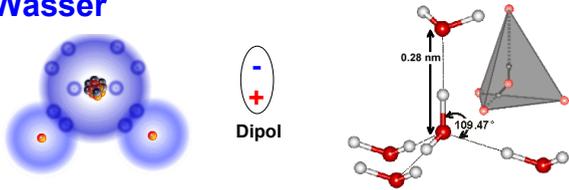
Z.B.: einige Abdruckmaterialien

Rheopexe Flüssigkeiten:

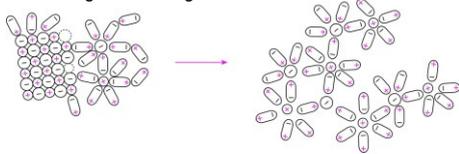


Bitte nicht verwechseln mit pseudoplastischen und dilatanten Flüssigkeiten!

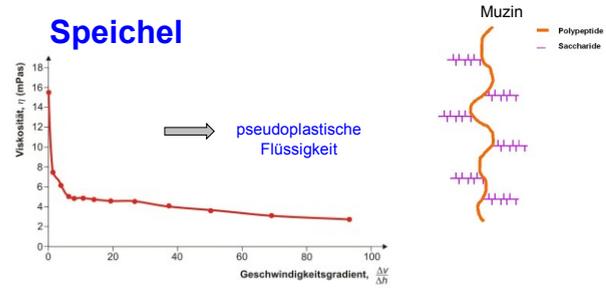
Wasser



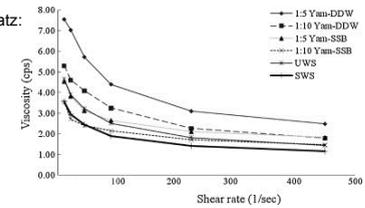
- hohe spezifische Wärmekapazität, Schmelzwärme und Verdampfungswärme
- hohe Oberflächenspannung
- gutes Lösungsmittel



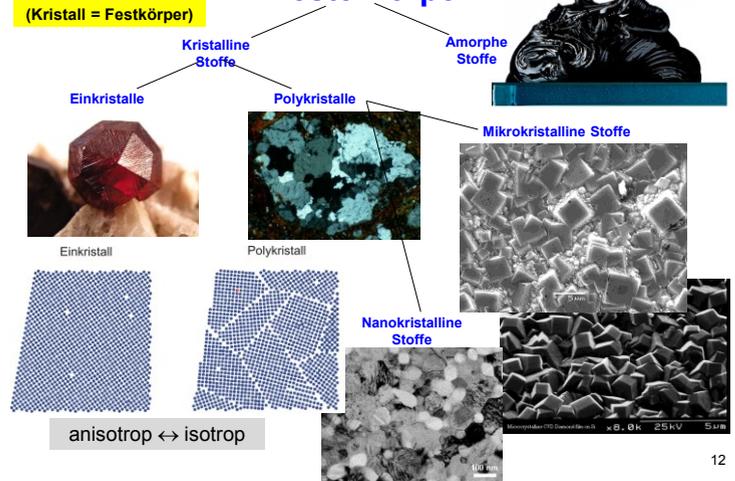
Speichel



Speichlersatz:



Feste Körper





13

Polymorphie

Z.B.:

SiO₂

Tridymit

Cristobalit

Quartz

Kohlenstoff (C)

Fulleren

Zinn (Sn)

Graphit

Diamant

Nanoröhre

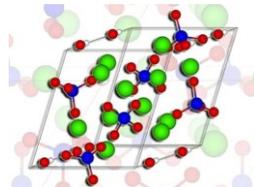
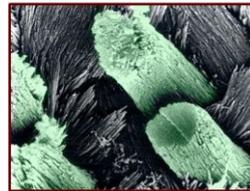
Polymorphie von Elementen = **Allotropie**

14

Apatit



OH: Hydroxiapatit
 F: Fluorapatit



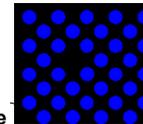
Dentin, Knochen: 20-60 nm x 6 nm große Kristalle
 Zahnschmelz: 500-1000 nm x 30 nm große Kristalle

15

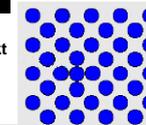
Gitterdefekte

• Punktdefekte

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



Frenkel-Defekt

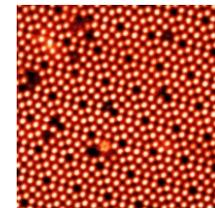
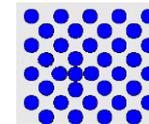
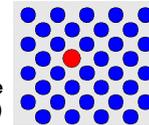


$$n_S = N \cdot e^{-\frac{\epsilon_S}{kT}}$$

Zahl der Schottky-Defekte

• Fremdatom

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

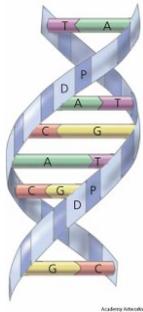


s. Legierungen !!

16

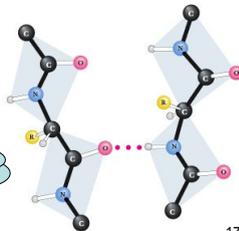
Entstehung und Bewegung von Punktdefekten:

Thermische Fehler in biologische Makromolekülen:



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

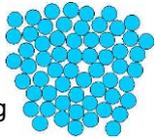
Zahl der aufgespaltenen H-Brücken



17

Amorphe (feste) Körper

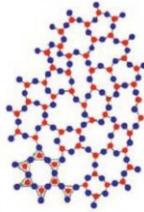
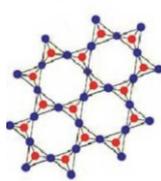
- Eigenvolumen
- Mechanisch hart
- Keine Eigenform/flüssig
sehr hohe Viskosität;
„gefrorene Flüssigkeit“
- Nahordnung
- Viele Defekte
- Isotrop



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

kristallines SiO₂

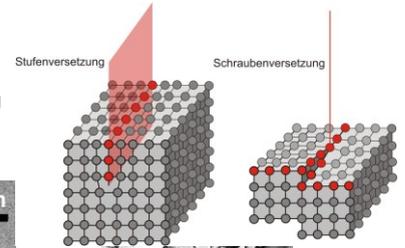
amorphes SiO₂



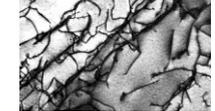
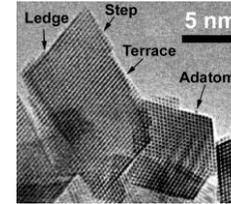
• Si • O

19

- Versetzungen
 - Stufenversetzung
 - Schraubenversetzung



- Korngrenzen



Versetzungen in einer Ti-Legierung

Al₂O₃

Al₂O₃ + Cr⁺⁺⁺

Gitterdefekte ⇒ Eigenschaften!!

A high degree of regularity... the primary structure of liquids... long-range repetition of structure because the particles in a solid are jumbled and disordered they move about

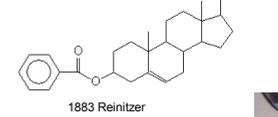


18

Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

Flüssigkristalle

Cholesterinbenzoat



1883 Reinitzer



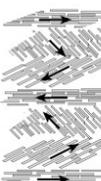
Termotrope Flüssigkristalle:



smektisch



nematisch



cholesterisch

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



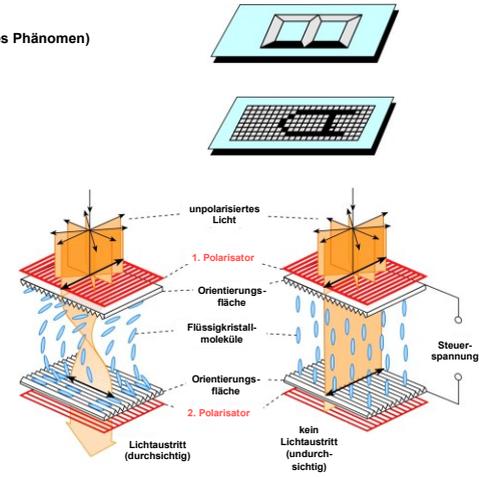
20

Kontaktthermographie/Plattenthermographie
(thermo-optisches Phänomen)



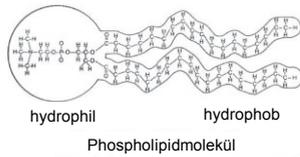
21

LCD
(elektro-optisches Phänomen)

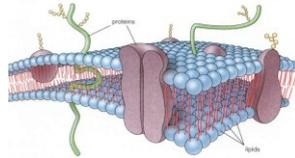
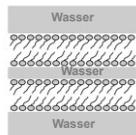


22

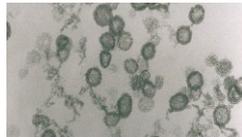
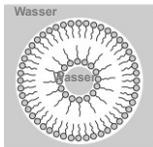
Lyotrope Flüssigkristalle:



Lamellare Struktur



Liposom



Nächste Vorlesung:
Kapitel 6 und 7

23