



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

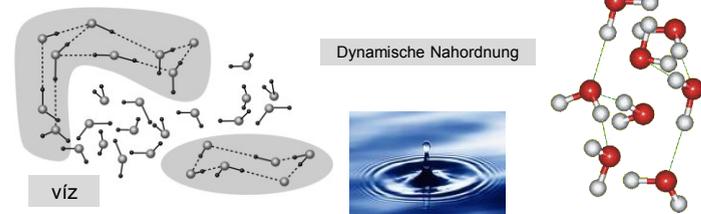
2.

Struktur der Materie

Multiatomare Systeme : Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle

1

Flüssigkeiten



Viskosität (η)

(Fluidität $\sim 1/\eta$)

Newtonsches Reibungsgesetz:

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

Viskosität (innerer Reibungskoeffizient)

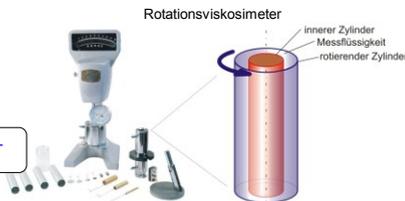
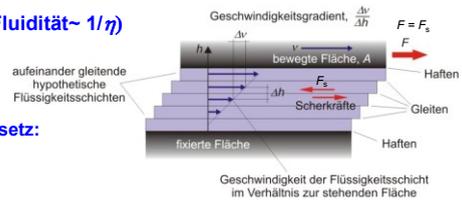
$$[\eta] = \text{Pa} \cdot \text{s}$$

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

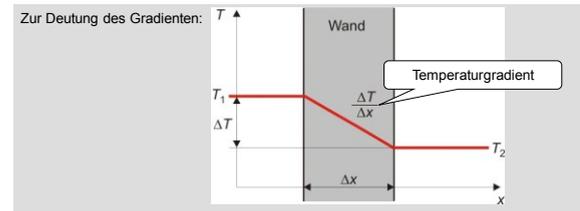
Scherspannung

Geschwindigkeitsgradient

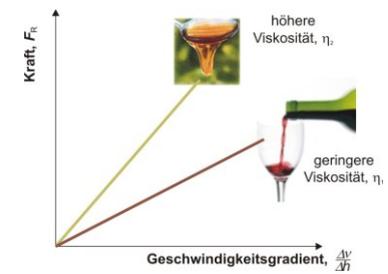
$$\sigma_{\text{Scher}} = \eta \cdot g_v$$



3

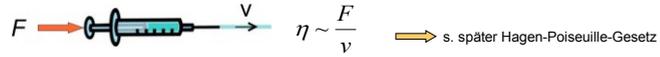


Newtonsches Reibungsgesetz:

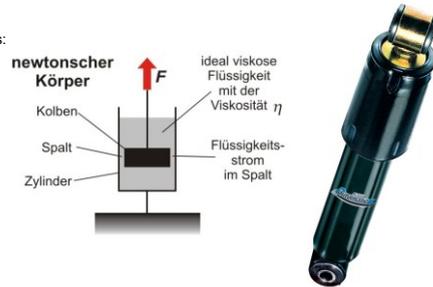


4

Andere Viskositätsmessung:



Modell des viskosen Körpers:

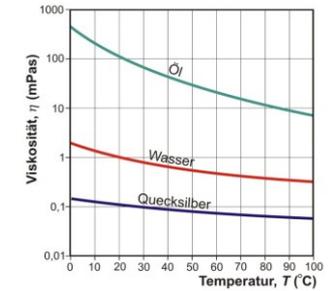


5

η hängt ab: • vom Stoff
• von der Temperatur

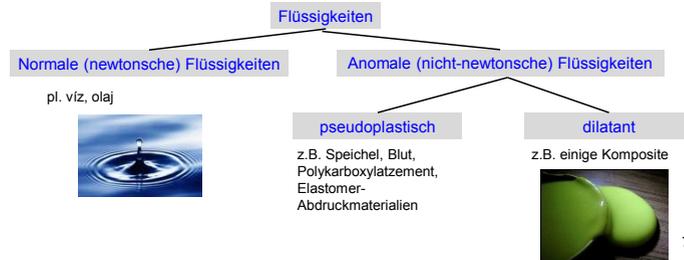
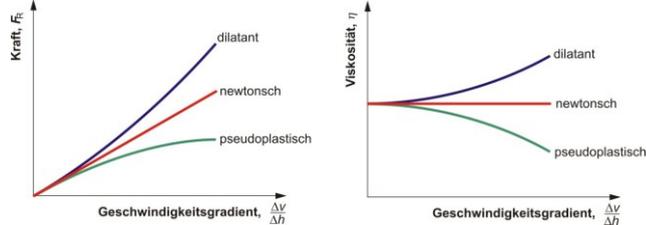
Viskosität von einigen Stoffen:

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: • von den Scherkräften (vom Geschwindigkeitsgradienten)?



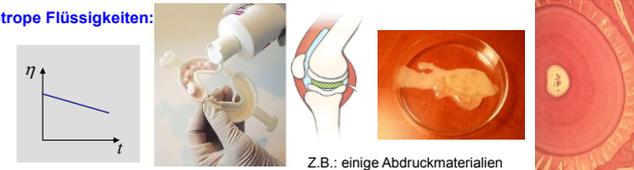
7

Bingham-Flüssigkeit:



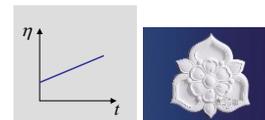
η hängt ab: • von der Zeit??

Thixotrope Flüssigkeiten:



Z.B.: einige Abdruckmaterialien

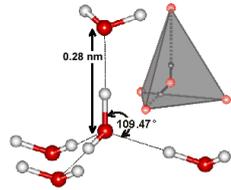
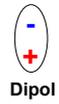
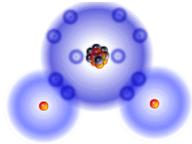
Rheopexie Flüssigkeiten:



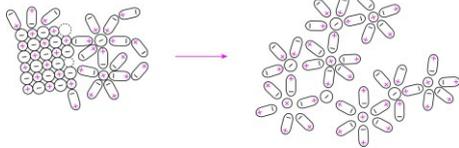
Bitte nicht verwechseln mit pseudoplastischen und dilatanten Flüssigkeiten!

8

Wasser



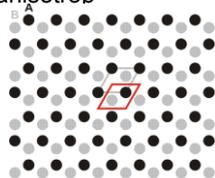
- hohe spezifische Wärmekapazität, Schmelzwärme und Verdampfungswärme
- hohe Oberflächenspannung
- gutes Lösungsmittel



9

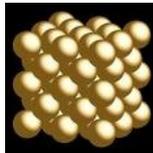
Festkörper (Kristalle)

- Eigenvolumen/Eigenform
- Fernordnung
geordnete Struktur in makroskopischen Bereichen
- Periodizität, Elementarzelle, Kristallgitter
- Wenig Defekte
- Schwache Bewegungen
- Oft anisotrop



Kristallgitter (Raumgitter)

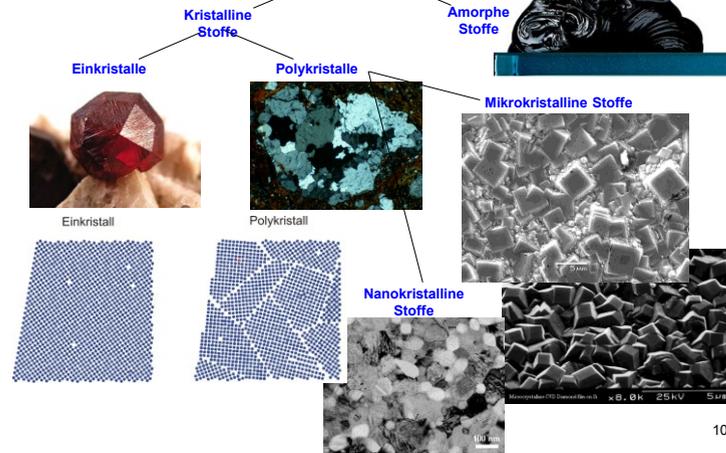
Elementarzelle



11

Feste Körper

(Kristall = Festkörper)



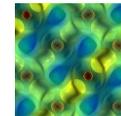
10

Kristalltypen

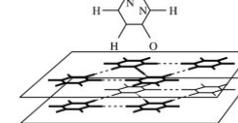
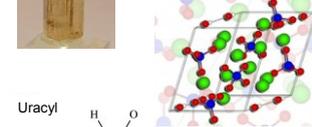
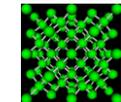
- Atomkristall
- Ionenkristall
- Metallkristall
- Molekülkristall



Si

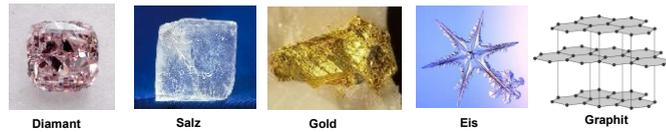


Apatit



12

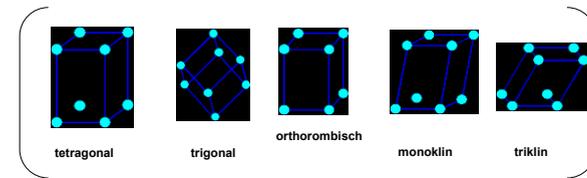
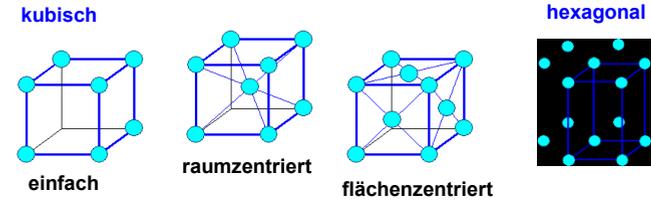
Bindung	Grund-einheit	Bindungs-energie kJ/mol	mechanische Eigenschaften ?	Schmelzpunkt ? Härte?	Elektr. Leitung?
kovalent	Atom	100-1000	steif	hoch	-
ionisch	+/- Ionen	500-1500	steif	hoch	-
metallisch	+ Ion; Elektron	70-900	plastisch	hoch	+
H-Brücke	Molekül	≈20	steif	niedrig	-
v.d.Waals	Molekül/ Atom (bei Edelgasen)	≈2	weich	sehr niedrig	-



Diamant Salz Gold Eis Graphit

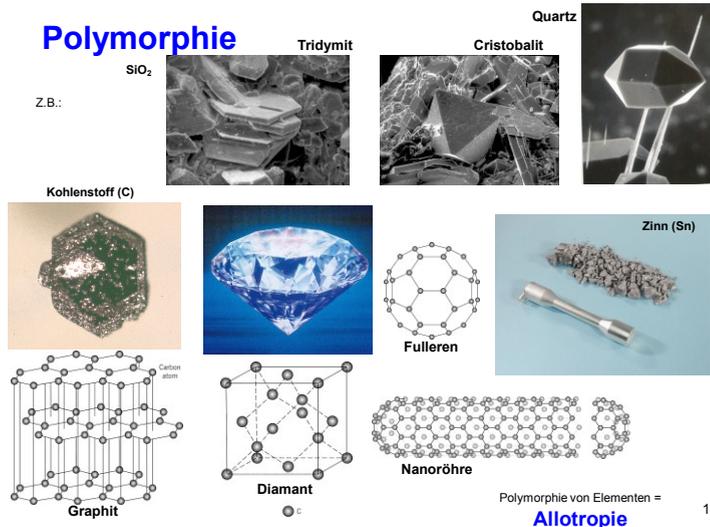
13

Raumgitter (Kristallklassen)



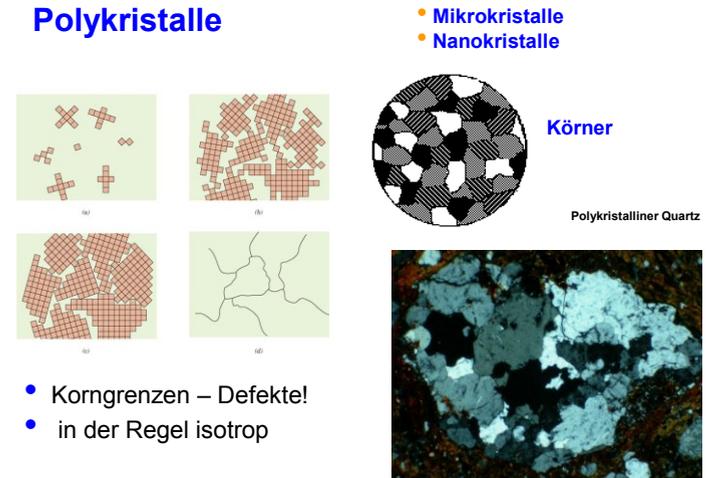
14

Polymorphie



15

Polykristalle

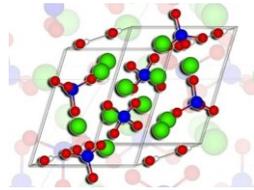
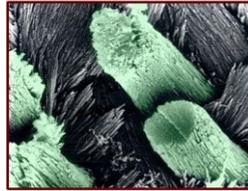
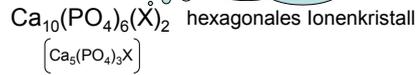


- Korngrenzen – Defekte!
- in der Regel isotrop

16

Apatit

OH: Hydroxiapatit
F: Fluorapatit

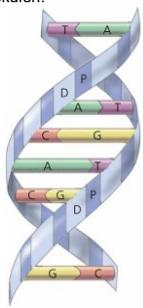


Dentin, Knochen: 20-60 nm x 6 nm große Kristalle
Zahnschmelz: 500-1000 nm x 30 nm große Kristalle

Entstehung und Bewegung von Punktdefekten:

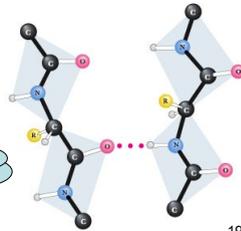


Thermische Fehler in biologische Makromolekülen:



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

Zahl der aufgespalteten H-Brücken



Gitterdefekte

• Punktdefekte

- thermisch
 - **Vakanz/Leerstelle** (Schottky-Defekt)
 - **Interstitielles Atom** (Zwischengitteratom)
- Fremdatom
 - **An einer Gitterstelle** (Substitutionsatom)
 - **An einer Zwischengitterstelle** (interstitielles Atom)

Frenkel-Defekt

Zahl der Schottky-Defekte

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

s. Legierungen !!

- Versetzungen
 - Stufenversetzung
 - Schraubenversetzung
- Korngrenzen

Stufenversetzung

Schraubenversetzung

5 nm

Ledge

Step

Terrace

Adatom

Versetzungen in einer Ti-Legierung

Al₂O₃

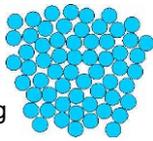
Al₂O₃ + Cr⁺⁺⁺

Gitterdefekte ⇒ Eigenschaften!!



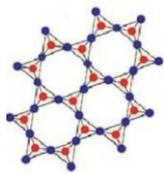
Amorphe (feste) Körper

- 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

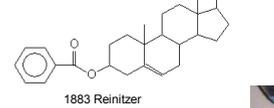
• Si • O



21

Flüssigkristalle

Cholesterinbenzoat



1883 Reinitzer



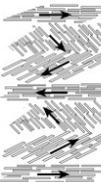
Termotrope Flüssigkristalle:



smektisch



nematisch



cholesterisch

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

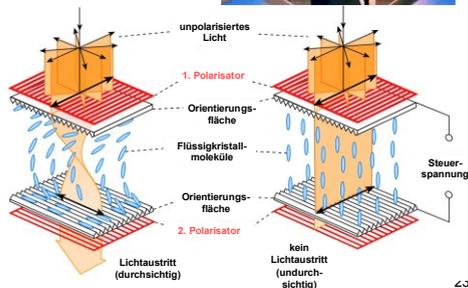
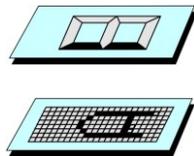


22

Kontaktthermographie/Plattenthermographie (thermo-optisches Phänomen)

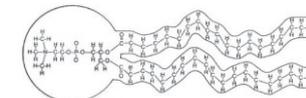


LCD (elektro-optisches Phänomen)



23

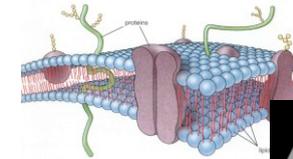
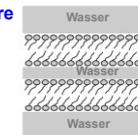
Lyotrope Flüssigkristalle:



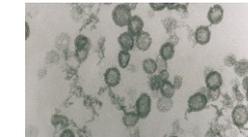
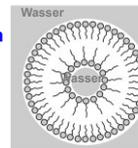
hydrophil hydrophob

Phospholipidmolekül

Lamellare Struktur



Liposom



Kapitel des Lehrbuches:
4, 5

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

24