



## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

### 2.

#### Struktur der Materie

Moleküle. Aggregatzustände: Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle

#### Schwerpunkte:

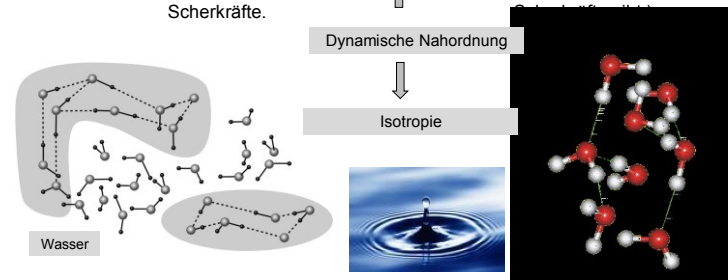
- ❖ Viskosität
- ❖ Wasser und Speichel
- ❖ Kristalle - Apatit
- ❖ Kristalldefekte und ihre Bedeutung
- ❖ Amorphe Stoffe - Gläser
- ❖ Flüssigkristalle (Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!)

Kapitel des Lehrbuches:  
4, 5

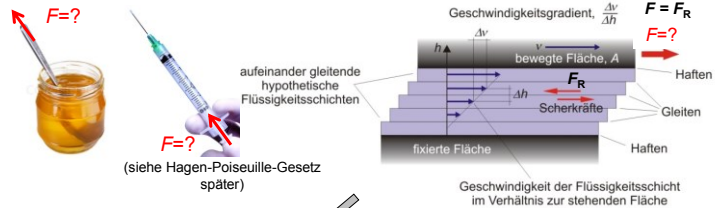
Aufgaben:  
1. Kapitel:  
22, 23, 32, 34, 35

1

## Flüssigkeiten



## Viskosität ( $\eta$ ) $\left( \longleftrightarrow \text{Fluidität (Fließbarkeit)} \ 1/\eta \right)$



#### Newton'sches Reibungsgesetz:

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

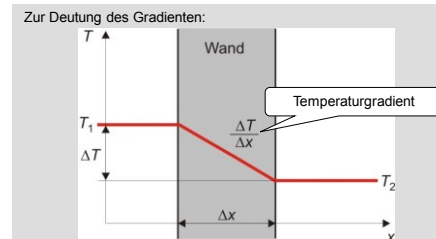
Viskosität (innerer Reibungskoeffizient)  
[ $\eta$ ] = Pa·s

Eine andere Form des newtonschen Reibungsgesetzes:

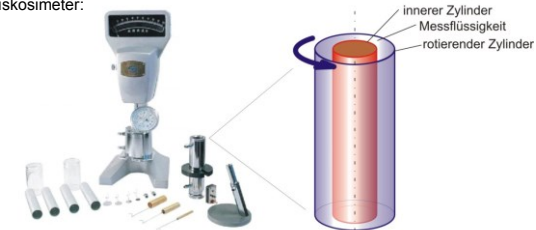
$$\sigma_{\text{Scher}} = \eta \cdot g_v$$

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

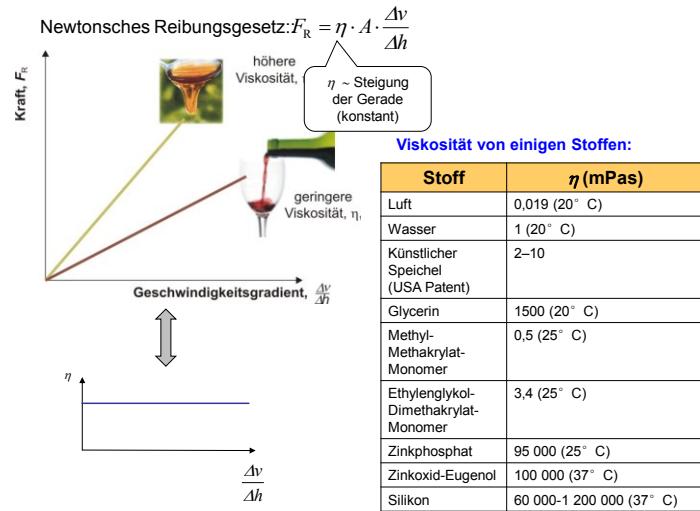
3



#### Rotationsviskosimeter:

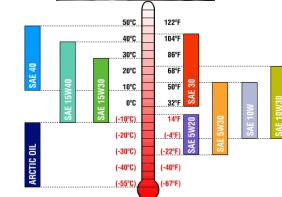
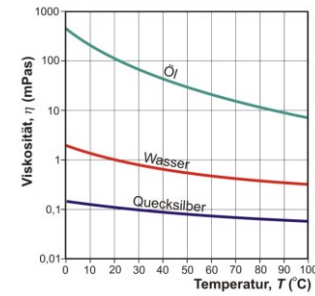


4



5

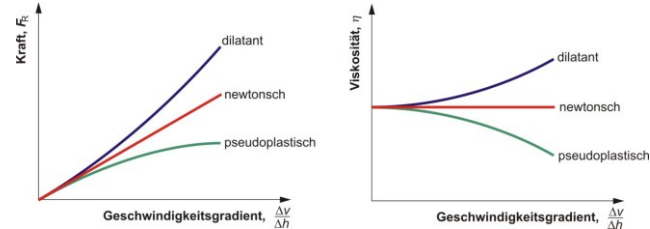
- $\eta$  hängt ab:
- vom Stoff
  - von der Temperatur



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

6

- $\eta$  hängt ab:
- von den Scherkräften (vom Geschwindigkeitsgradienten)?



### Flüssigkeiten

#### Normale (newtonsche) Flüssigkeiten

Z. B. Wasser, Glycerin, Öl



#### Anomale (nicht-newtonsche) Flüssigkeiten

##### pseudoplastisch

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

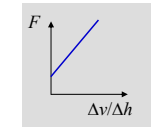
##### dilatant

z.B. einige Komposite



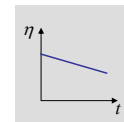
7

### Bingham-Flüssigkeit:



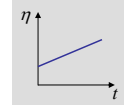
- $\eta$  hängt ab:
- von der Zeit

### Thixotrope Flüssigkeiten:



Z.B.: einige Abdruckmaterialien

### Rheopexe Flüssigkeiten:

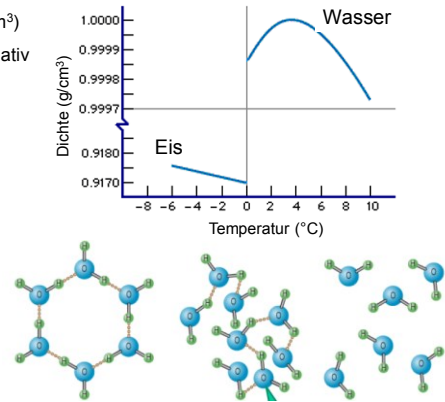


Bitte nicht verwechseln mit pseudoplastischen und dilatanten Flüssigkeiten!

8

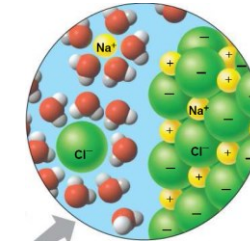
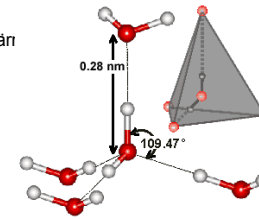
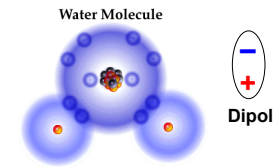
## Wasser

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



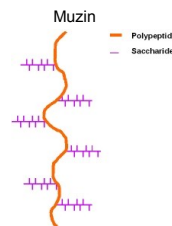
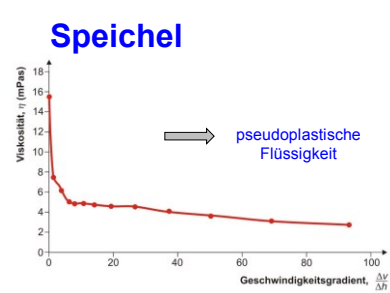
9

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

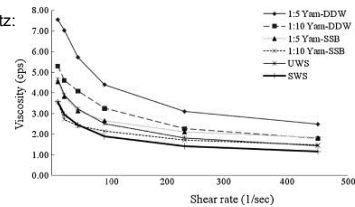


10

## Speichel



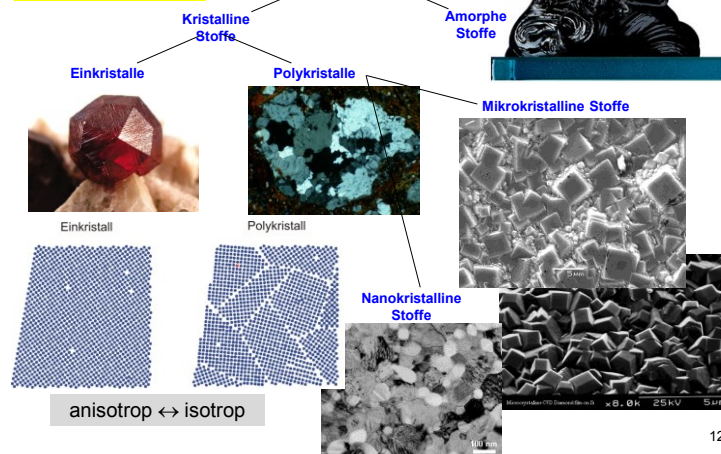
Speicheleratz:



11

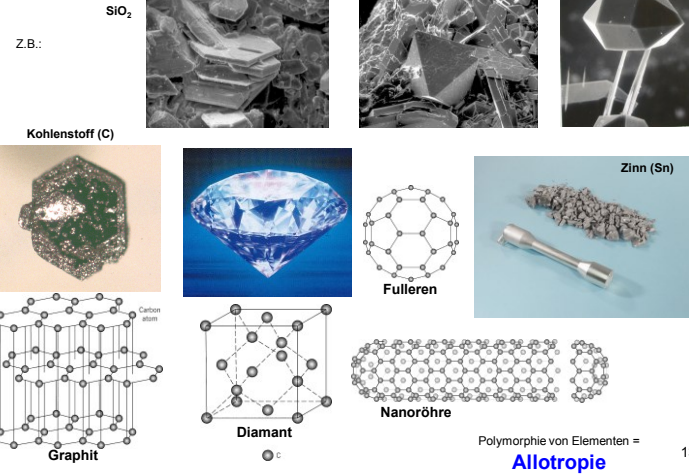
## Feste Körper

(Kristall = Festkörper)



12

## Polymorphie



13

## Apatit



14

## Gitterdefekte

### Punktdefekte

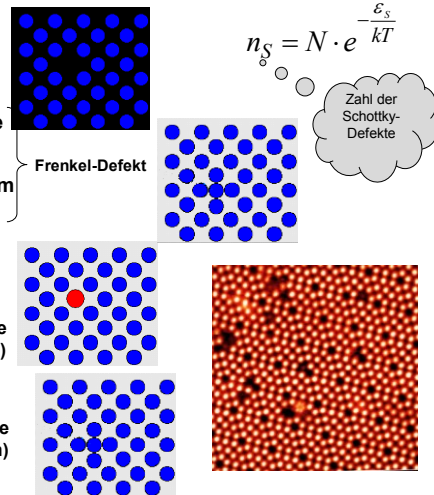
#### thermisch

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

#### Fremdatom

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

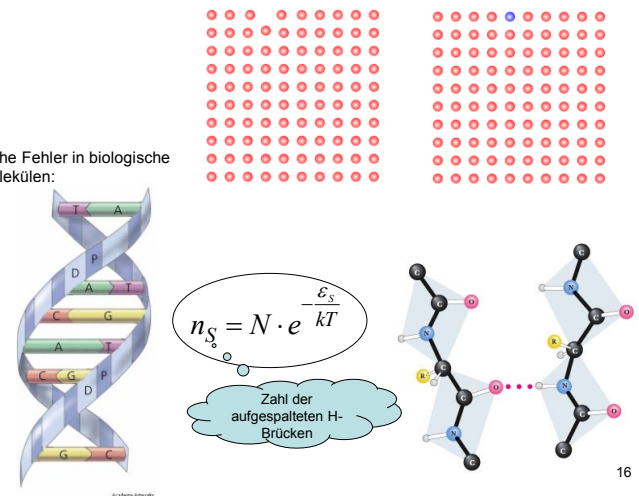
s. Legierungen !!



15

Entstehung und Bewegung von Punktdefekten:

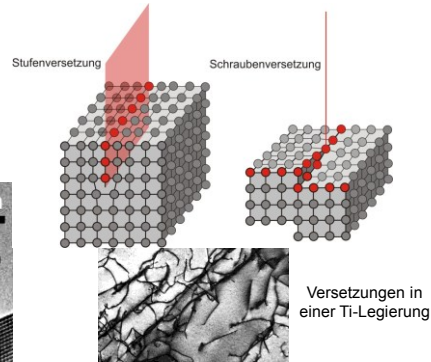
Thermische Fehler in biologische Makromolekülen:



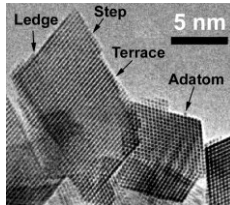
16



- Versetzungen
  - Stufenversetzung
  - Schraubenversetzung



- Korngrenzen



17

## Gitterdefekte $\Rightarrow$ Eigenschaften!!

z. B. optische Eigenschaften

$\text{Al}_2\text{O}_3$

+  $\text{Cr}^{3+}$   $\rightarrow$  Rubin  $\rightarrow$  siehe Rubinlaser

+  $\text{V}^{2+}$

+  $\text{Fe}^{2+}$

+  $\text{Ti}^{4+} + \text{Fe}^{2+}$

unter Röntgenbestrahlung

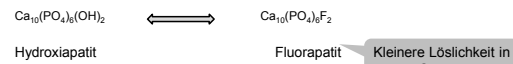
siehe Szintillationskristall in der Nuklearmedizin  
Praktikum „Nukleare Grundmessung“

18

z. B. mechanische Eigenschaften



z. B. chemische Eigenschaften



z. B. elektrische Eigenschaften

$\rightarrow$  siehe reine und dotierte Halbleiter

19

## Amorphe (feste) Körper

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

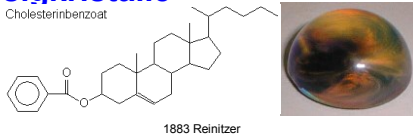


20

Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

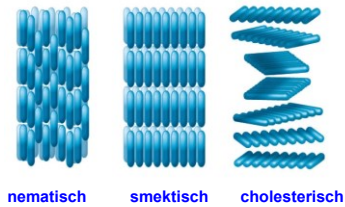
## Flüssigkristalle

Cholesterinbenzoat



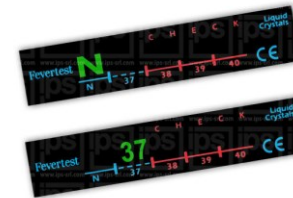
- Anisodimensionale Moleküle
- Mesophase
- Flüssig
- Teilweise geordnete Strukturen
- Optisch anisotrop
- Gegen äußere Einwirkungen empfindliche Struktur

### Strukturen der termotropen Flüssigkristalle:



21

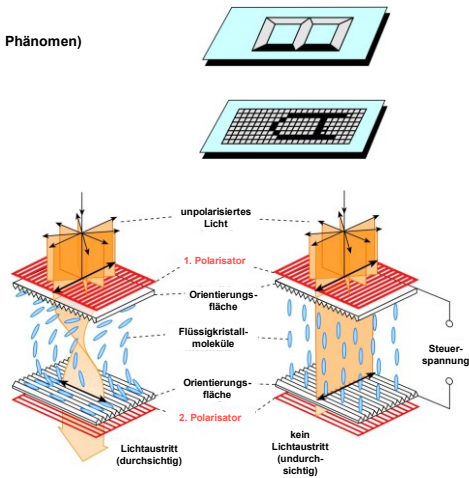
### Kontaktthermographie/Plattenthermographie (thermo-optisches Phänomen)



22

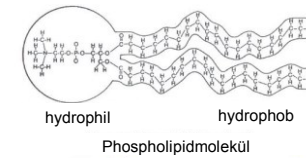
### LCD

(elektro-optisches Phänomen)

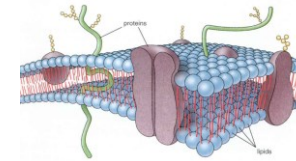
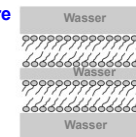


23

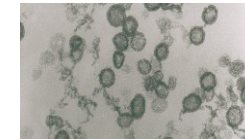
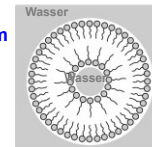
### Lyotrope Flüssigkristalle:



#### Lamellare Struktur



#### Liposom



Nächste Vorlesung:  
Kapitel 6 und 7

24