

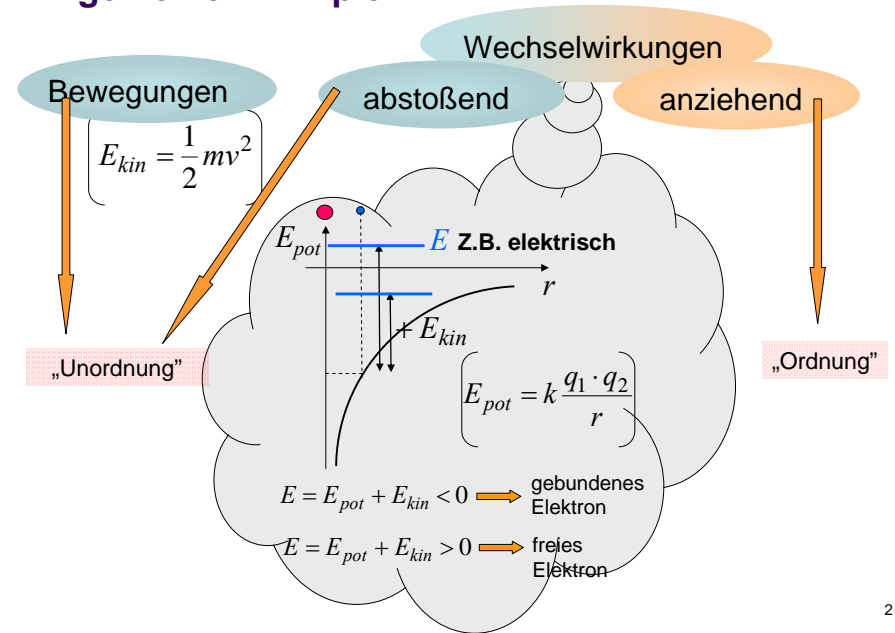
Biophysik für Pharmazeuten I.

2013/14
Vorlesung 3

Struktur der Materie

1

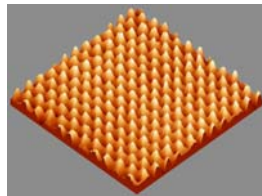
Allgemeine Prinzipien



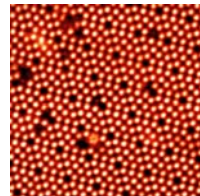
2

Atomarer Aufbau der Materie

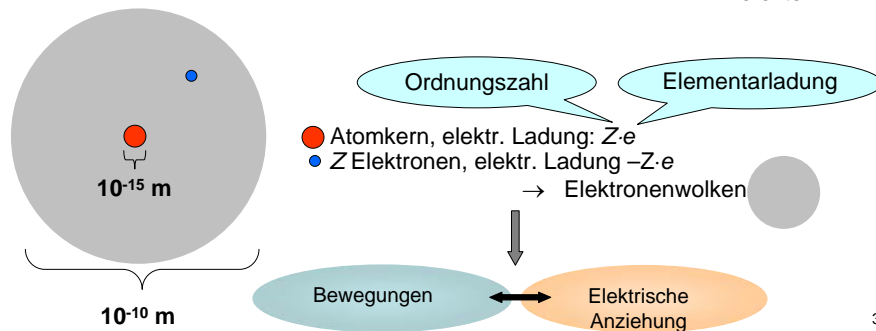
- Demokritos 5. Jht v. Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit

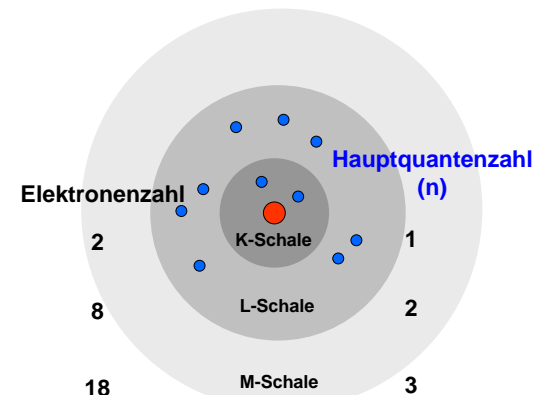


Si Kristall mit Defekten

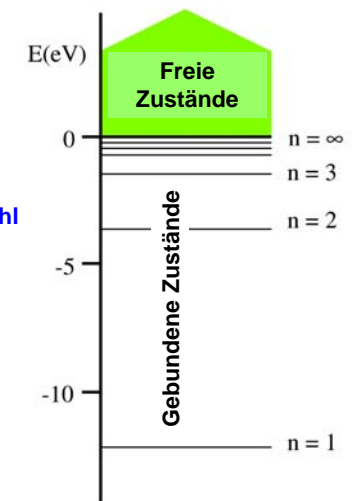


3

- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip

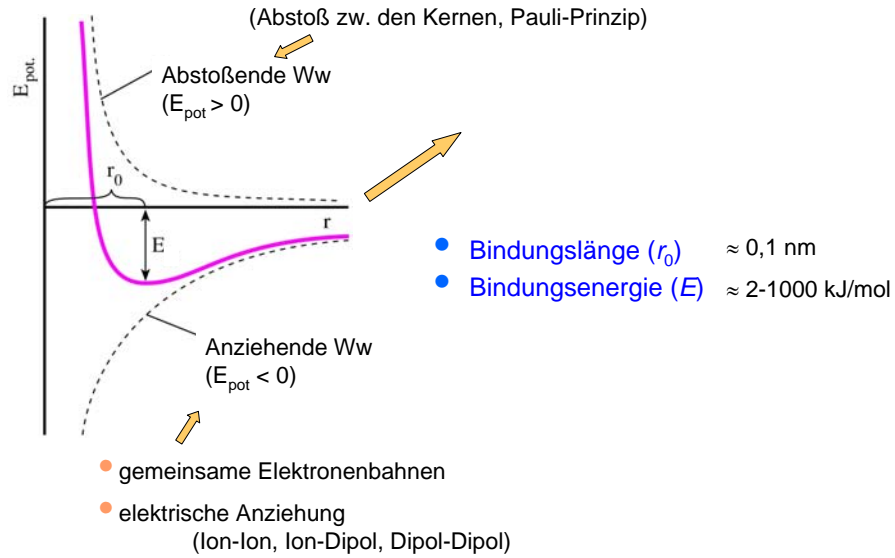


Eine „neue“ Maßeinheit:
Elektronenvolt (eV), es gilt
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$



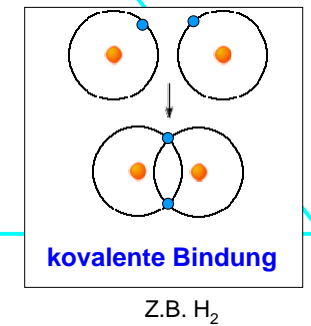
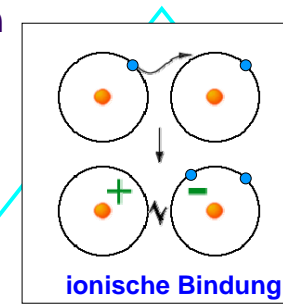
4

Atomare Wechselwirkungen

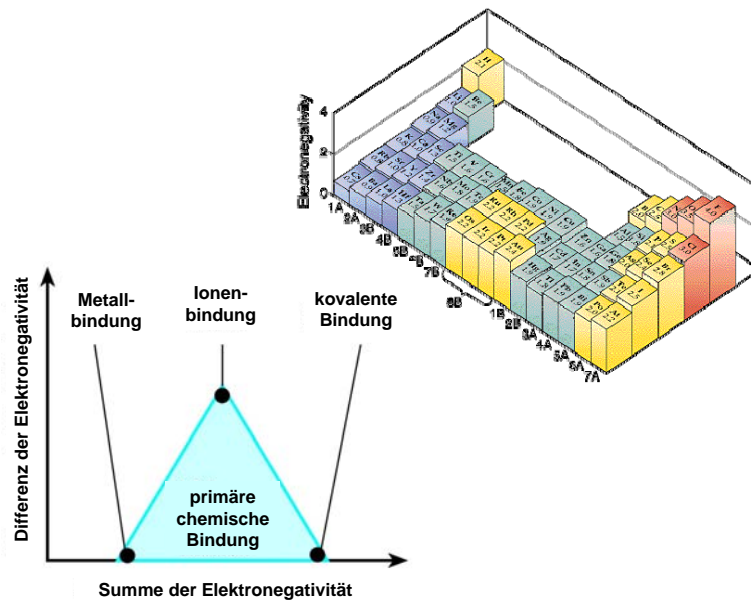


Bindungstypen

- primäre $\approx 100 \text{ kJ/mol}$
 - kovalente
 - metallische
 - ionische



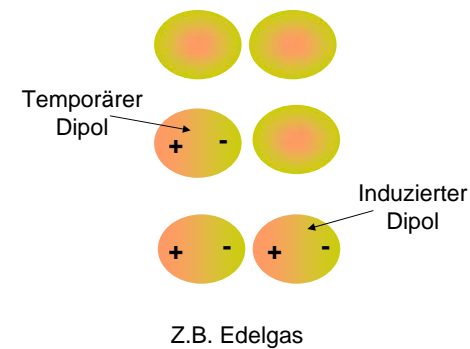
6



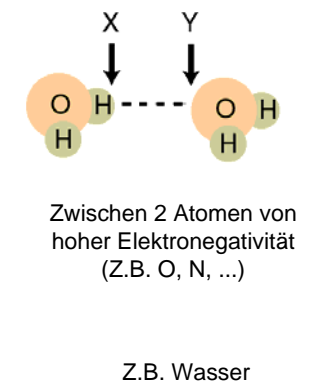
7

- sekundäre $\approx 10 \text{ kJ/mol}$
 - van der Waals (Orientierung, Induktion, Dispersion)
 - H-Brückenbindung

van der Waals Bindung (Dispersionskräfte)

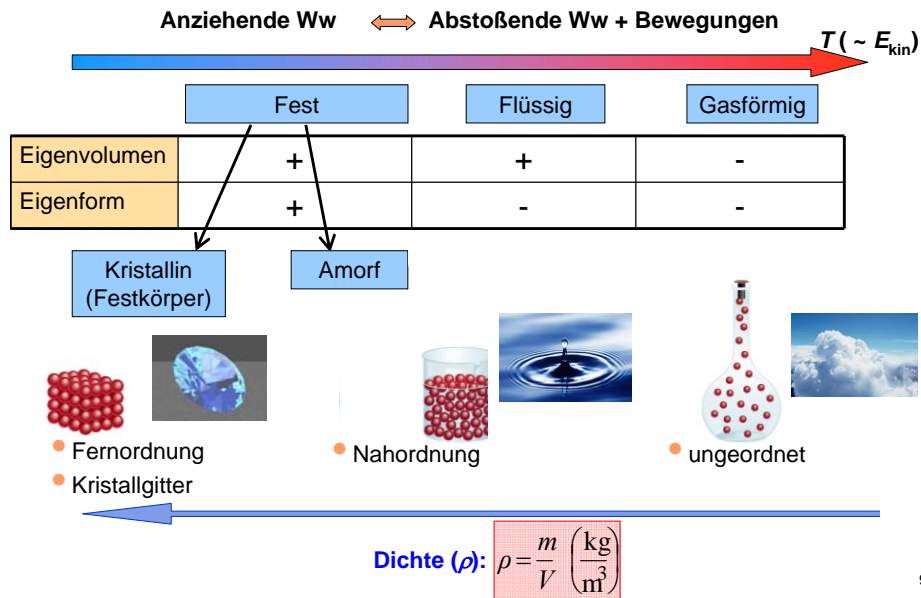


H-Brückenbindung

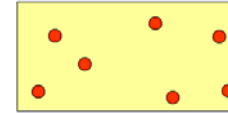


8

Aggregatzustände



Gase



Makroskopische Beschreibung:

- Kein Eigenvolumen und keine Eigenform
- Isotrop
- Messbare Größen:

Druck p , Volumen V , Stoffmenge n , Temperatur T

$$pV = nRT$$

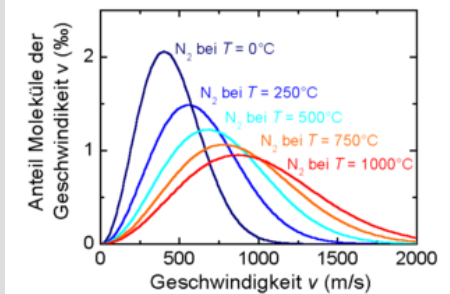
(Für ideale Gase: punktförmige Atome ohne Wechselwirkungen)

Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegung

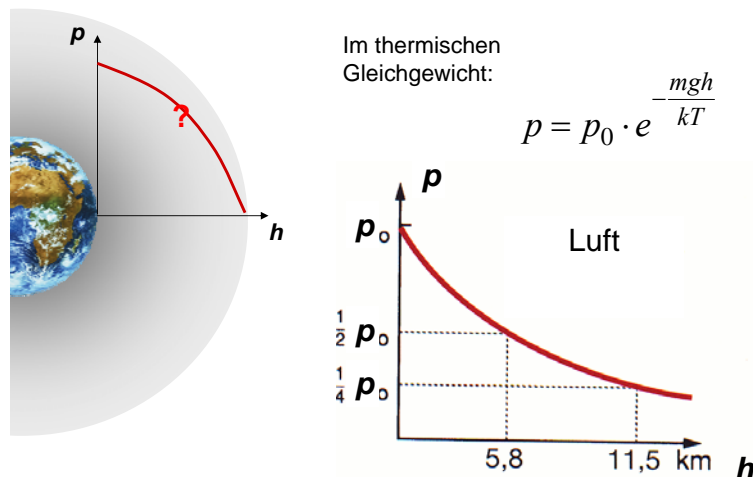
$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

Maxwell-Boltzmann-Verteilung



10

Gas im Gravitationsfeld – barometrische Höhenformel:



Boltzmann-Verteilung im Allgemeinen

Die Verteilung der Teilchen auf die Energiezustände im thermischen Gleichgewicht ($T = \text{konstant}$):

$$\frac{n_i}{n_0} = \frac{e^{-\frac{\epsilon_i}{kT}}}{e^{-\frac{\epsilon_0}{kT}}} = e^{-\frac{\epsilon_i - \epsilon_0}{kT}} = e^{-\frac{\Delta\epsilon}{kT}}$$

$$n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\epsilon_i - \epsilon_0}{kT}}$$

$$n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\epsilon_i - \epsilon_0}{kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta\epsilon}{kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta E}{RT}}$$

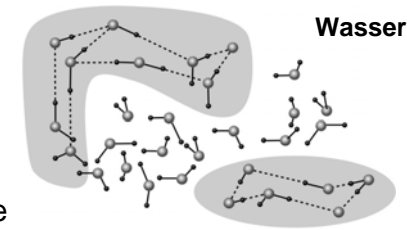
$$\left(\begin{array}{l} \Delta E = \Delta\epsilon \cdot N_A \\ R = k \cdot N_A \end{array} \right)$$

12

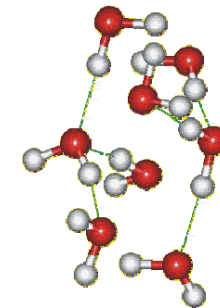
Anwendungen:

- Barometrische Höhenformel
- Thermische Elektronenemission von Metallen
- Konzentrationselemente, Nernst-Gleichung
- Chemische Reaktionen (Geschwindigkeits- und Gleichgewichtskonstante)
- Konzentration von thermischen Punktdefekten (in Kristallen und Makromolekülen)
- Elektrische Leitfähigkeit von Halbleitern
- ...

Flüssigkeiten

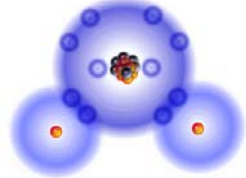


- Eigenvolumen
- Keine Eigenform/flüssig – keine innere Scherkräfte
- Nahordnung
einige nm große geordnete dynamische Bereiche
- Viele Strukturdefekte
- mittelstarke Bewegungen
- Isotrop

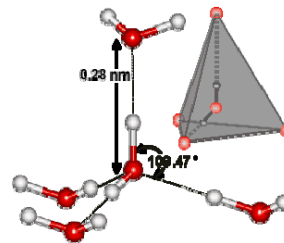


14

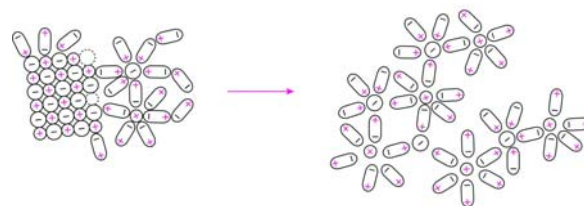
Wasser



Dipol



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



15

Feste Körper

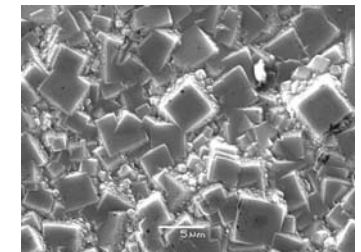
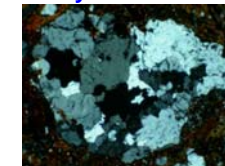
(Kristall = Festkörper)

Kristalline
Stoffe

Amorphe
Stoffe

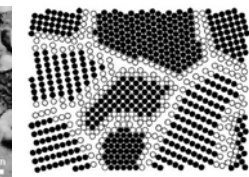
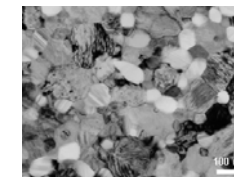
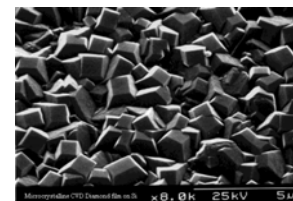
Einkristalle

Polykristalle



Mikrokristalline
Stoffe

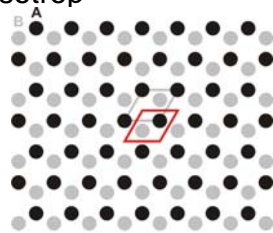
Nanokristalline
Stoffe



16

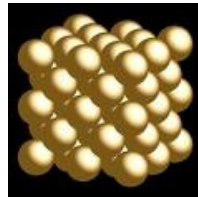
Festkörper (Kristalle)

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



Kristallgitter
(Raumgitter)

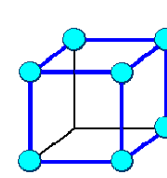
Elementarzelle



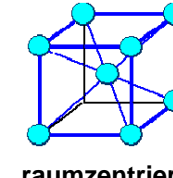
17

Raumgitter (Kristallklassen)

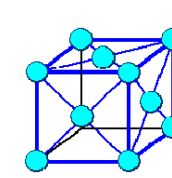
kubisch



einfach

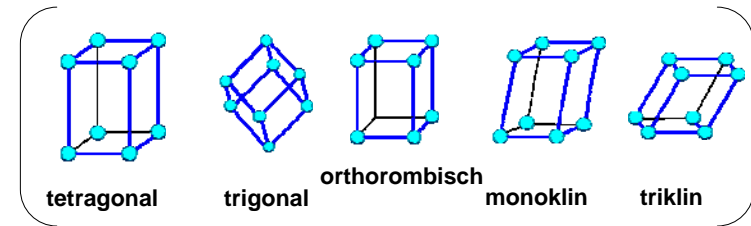
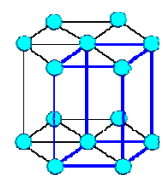


raumzentriert



flächenzentriert

hexagonal



tetragonal

trigonal

orthorombisch

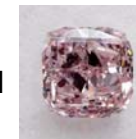
monoklin

triklin

18

Kristalltypen

- Atomkristall



Diamant



Si

- Ionenkristall



Salz



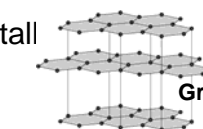
Apatit

- Metallkristall

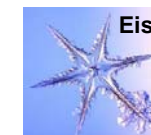


Gold

- Molekülkristall



Graphit



Eis

Eiweiß (Lysozym)

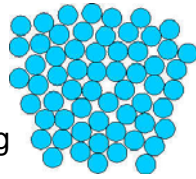


19

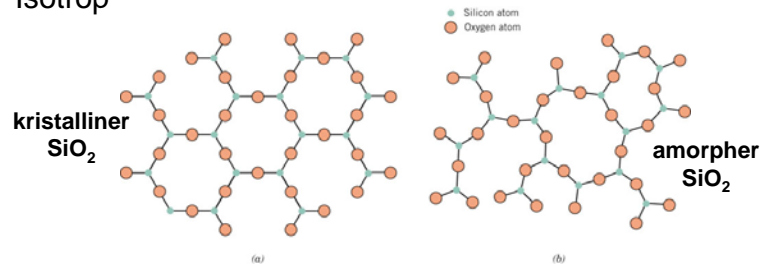
20

Amorphe (feste) Körper

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



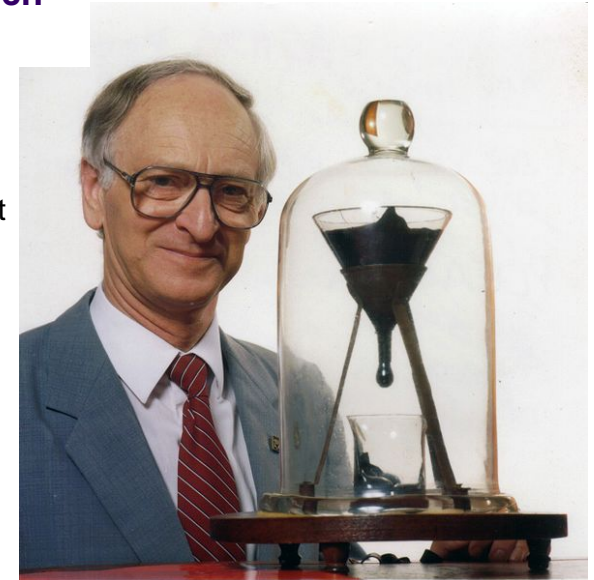
Z.B. Glas, Harz,
Wachs, Bitumen,



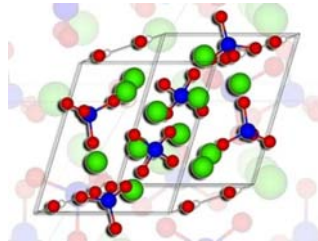
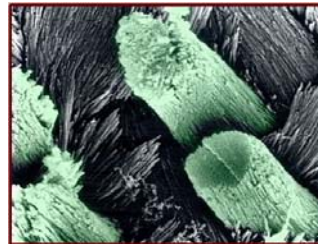
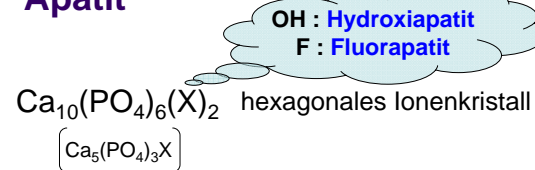
21

Längster Versuch der Welt

- Pechtropfen-Experiment
- In 1927 gestartet
- 8 Tropfen



Apatit



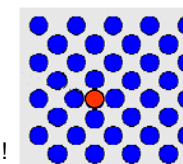
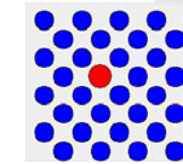
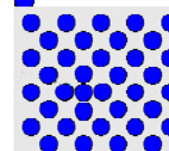
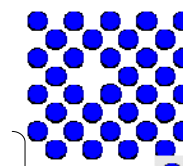
Dentin, Knochen: 20-60 nm x 6 nm große Kristalle
Zahnschmelz: 500-1000 nm x 30 nm große Kristalle

23

Gitterdefekte

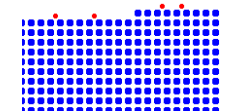
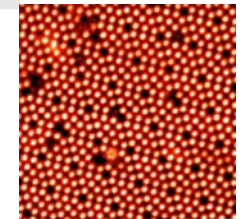
• Punktdefekte

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



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

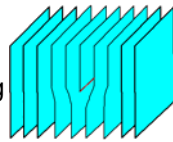
Zahl der
Schottky-
Defekte



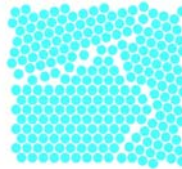
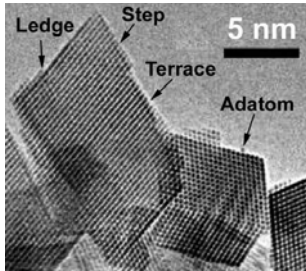
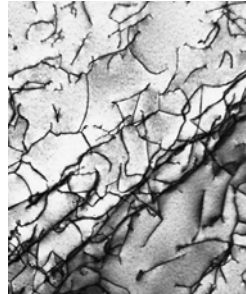
s. Legierungen !!

24

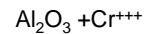
- Korngrenzen



Versetzungen in einer Ti-Legierung



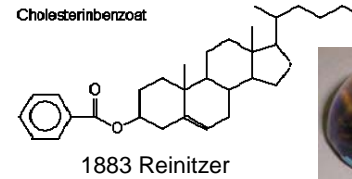
Gitterdefekte \Rightarrow Eigenschaften!!



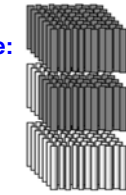
25

Flüssigkristalle

Cholesterinbenzoat



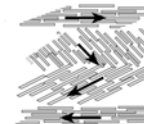
Termotrope Flüssigkristalle:



smektisch

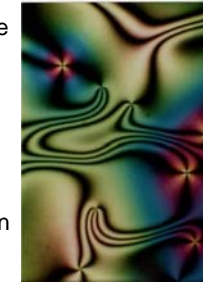


nematisch



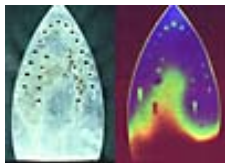
cholesterisch

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

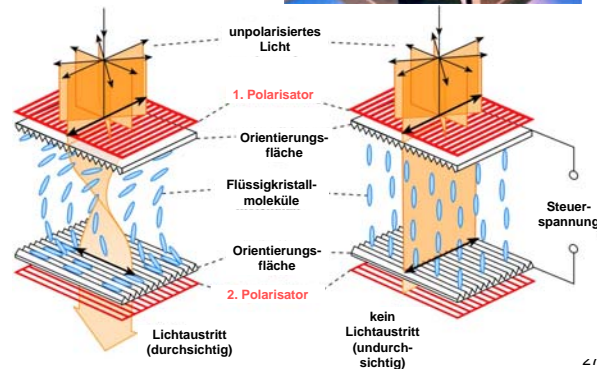
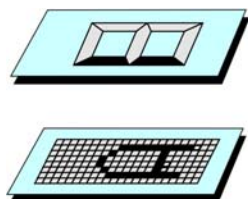


26

Kontaktthermographie/Plattenthermographie (thermo-optisches Phänomen)

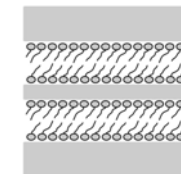
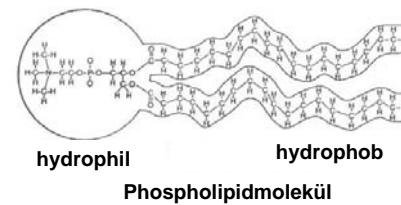


LCD
(elektro-optisches Phänomen)

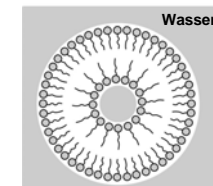


41

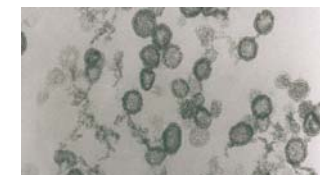
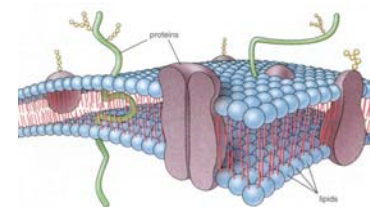
Lyotrope Flüssigkristalle:



Lamellare Struktur



Liposom



28