

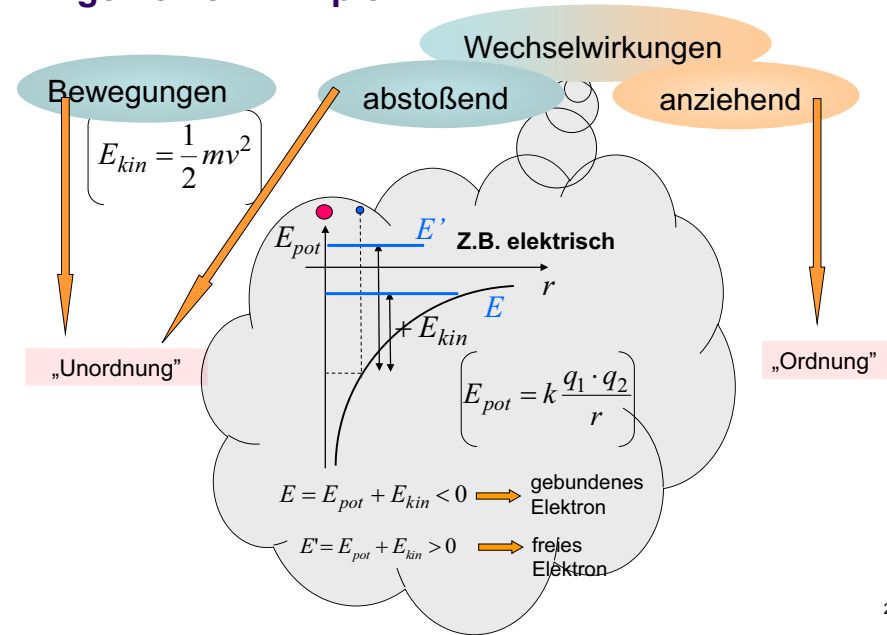
Biophysik für Pharmazeuten I.

2017/18
Vorlesung 3

Struktur der Materie

1

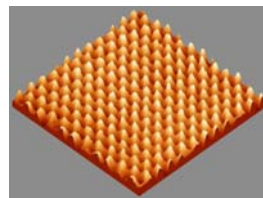
Allgemeine Prinzipien



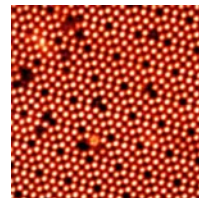
2

Atomarer Aufbau der Materie

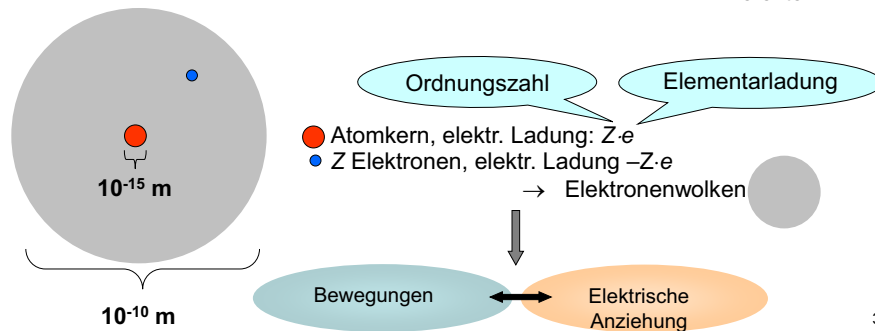
- Demokritos 5. Jht v. Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit



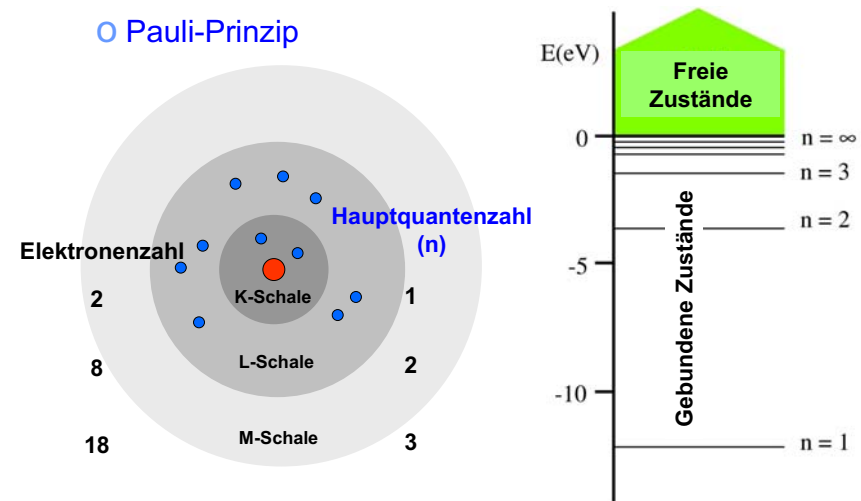
Si Kristall mit Defekten



3

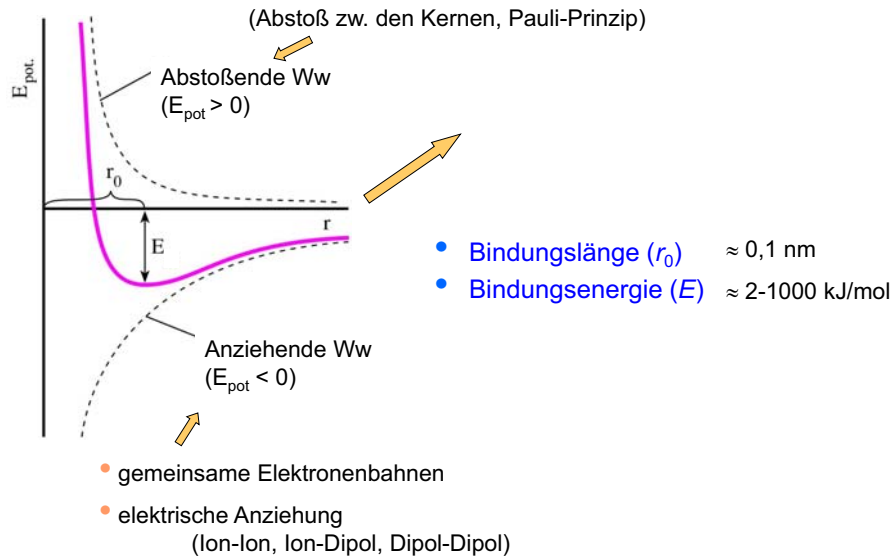
- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip

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



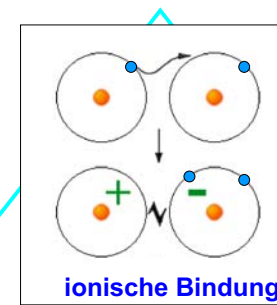
4

Atomare Wechselwirkungen

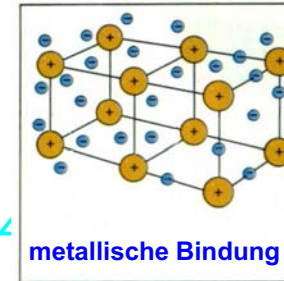


Bindungstypen

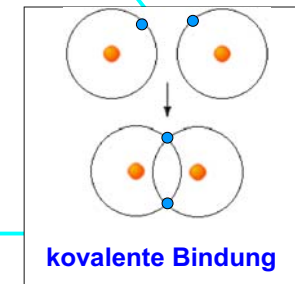
- primäre $\approx 100 \text{ kJ/mol}$
 - kovalente
 - metallische
 - ionische



Z.B. NaCl

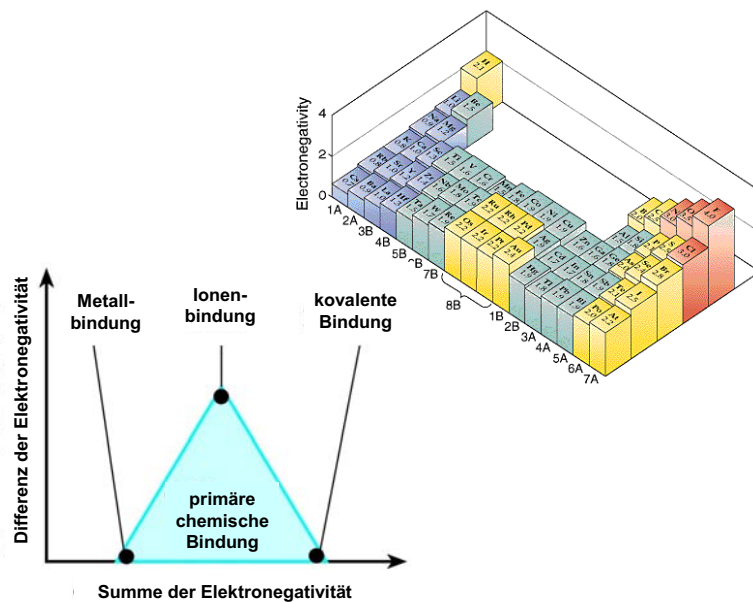


Z.B. Na



Z.B. H_2

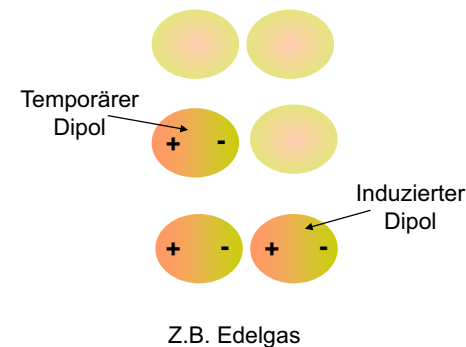
6



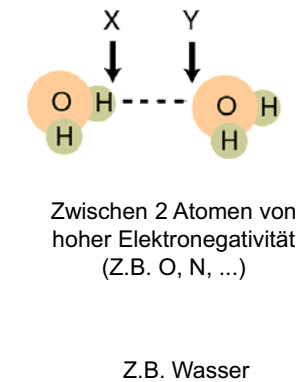
7

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

van der Waals Bindung (Dispersionskräfte)



H-Brückenbindung



8

Aggregatzustände

Anziehende Ww ↔ Abstoßende Ww + Bewegungen

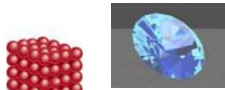
$T (\sim E_{kin})$

Fest Flüssig Gasförmig

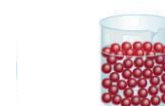
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-

Kristallin
(Festkörper)

Amorph



- Fernordnung
- Kristallgitter



- Nahordnung

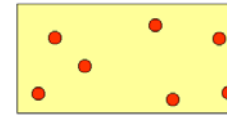


- ungeordnet

Dichte (ρ): $\rho = \frac{m}{V} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$

9

Gase



Makroskopische Beschreibung:

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

Druck Volumen Stoffmenge
 p, V, ν, T Temperatur

$$pV = \nu RT$$

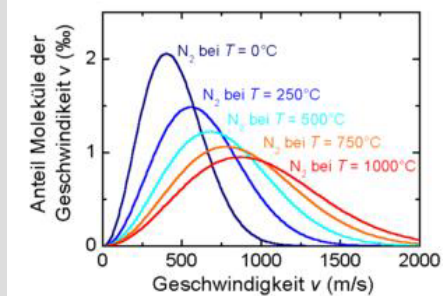
(Für ideale Gase: punktförmige Atome ohne Wechselwirkungen)

Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegung

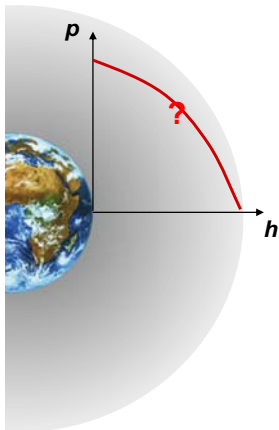
$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

Maxwell-Boltzmann- Verteilung



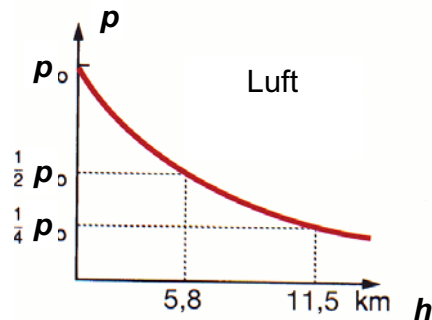
10

Gas im Gravitationsfeld – barometrische Höhenformel:



Im thermischen Gleichgewicht:

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{mgh}{kT}}$$



11

Boltzmann-Verteilung im Allgemeinen

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

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

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

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

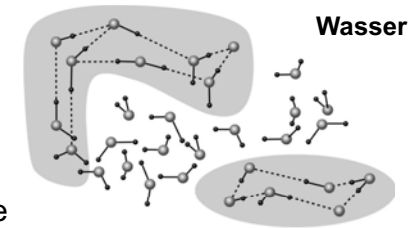
$$\left(\begin{array}{l} \Delta E = \Delta \epsilon \cdot N_A \\ R = k \cdot N_A \end{array} \right)$$

12

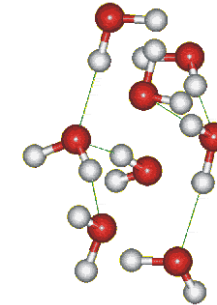
Anwendungen:

- 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

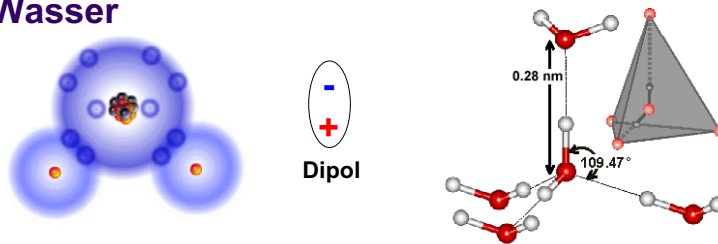


- Eigenvolumen
- Keine Eigenform/flüssig – keine innere Scherkräfte
- Nahordnung
einige nm große geordnete dynamische Bereiche
- Viele Strukturdefekte
- mittelstarke Bewegungen
- Isotrop

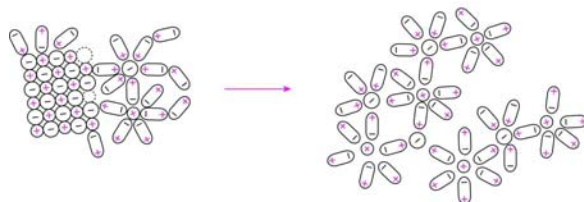


14

Wasser



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



15

Feste Körper

(Kristall = Festkörper)

Kristalline
Stoffe

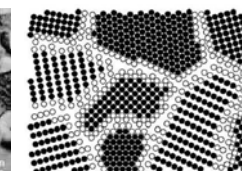
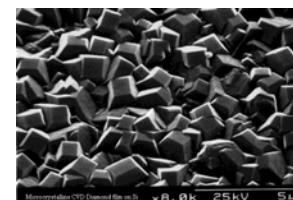
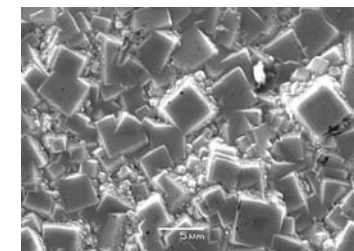
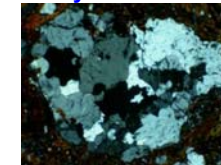
Amorphe
Stoffe

Einkristalle

Polykristalle

Mikrokristalline
Stoffe

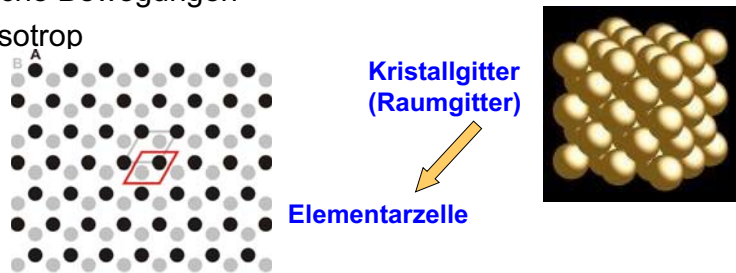
Nanokristalline
Stoffe



16

Festkörper (Kristalle)

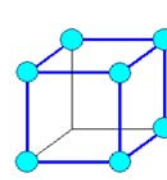
- Eigenvolumen/Eigenform
- Fernordnung
geordnete Struktur in makroskopischen Bereichen
- Periodizität, Elementarzelle, Kristallgitter
- Wenig Defekte
- Schwache Bewegungen
- Oft anisotrop



17

Raumgitter (Kristallklassen)

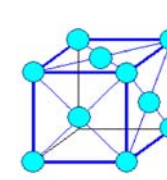
kubisch



einfach

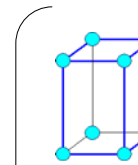
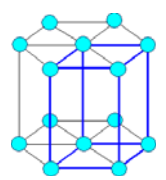


raumzentriert

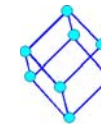


flächenzentriert

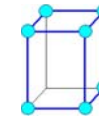
hexagonal



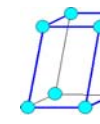
tetragonal



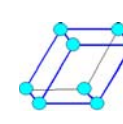
trigonal



orthorombisch



monoklin



triklin

18



19

Kristalltypen

- Atomkristall



Diamant



Si

- Ionenkristall



Salz



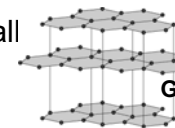
Apatit

- Metallkristall

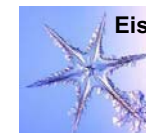


Gold

- Molekülkristall

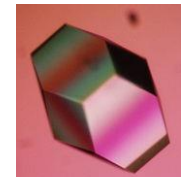


Graphit



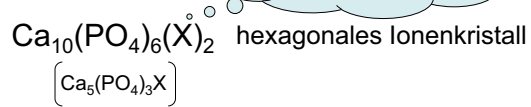
Eis

Eiweiß (Lysozym)

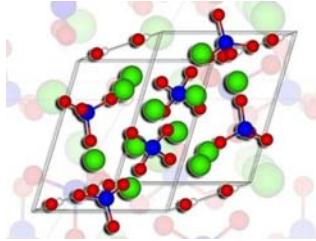


20

Apatit



OH : Hydroxiapatit
 F : Fluorapatit



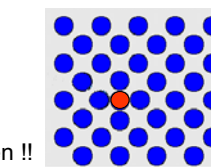
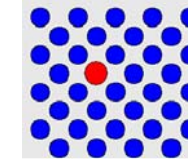
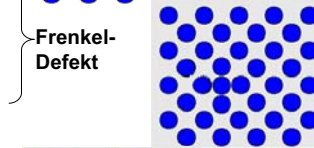
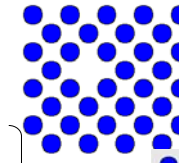
Dentin, Knochen: 20-60 nm x 6 nm große Kristalle
 Zahnschmelz: 500-1000 nm x 30 nm große Kristalle

21

Gitterdefekte

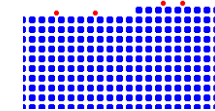
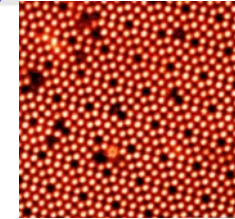
Punktdefekte

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



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

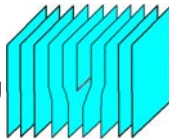
Zahl der Schottky-Defekte



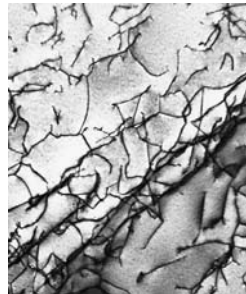
s. Legierungen !!

22

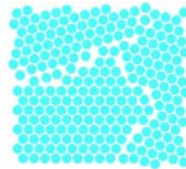
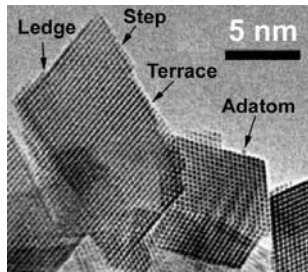
- Versetzungen
 - Stufenversetzung
 - Schraubenversetzung



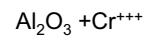
Versetzungen in einer Ti-Legierung



- Korngrenzen



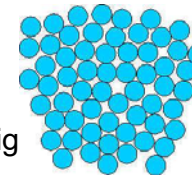
Gitterdefekte \Rightarrow Eigenschaften!!



23

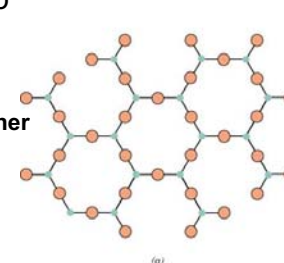
Amorphe (feste) Körper

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

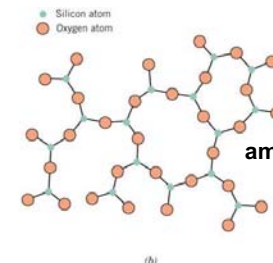


Z.B. Glas, Harz, Wachs, Bitumen,

kristalliner SiO_2



amorpher SiO_2

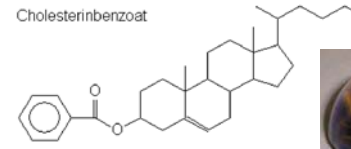



24

- Pechtropfen-Experiment
- In 1927 gestartet
- 9 Tropfen

<http://www.nature.com/news/world-s-slowest-moving-drop-caught-on-camera-at-last-1.13418>

Termotrope Flüssigkristalle:

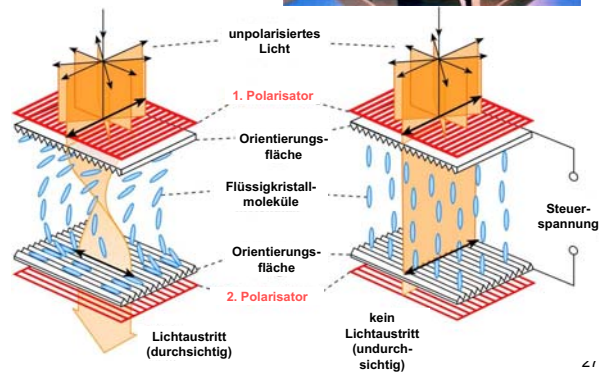


- 

1

5

cholesterisch



The diagram illustrates a single phospholipid molecule. On the left, the hydrophilic head is shown as a circular region containing a phosphate group and two small organic molecules (likely choline and serine). This head is labeled "hydrophil". On the right, the hydrophobic tail is depicted as two wavy lines representing fatty acid chains, labeled "hydrophob". The entire molecule is labeled "Phospholipidmolekül" at the bottom.

Liposom

