

Strahlungen

1. Gemeinsame Eigenschaften
2. Elektromagnetische Strahlungen
3. Teilchenstrahlungen

Struktur der Materie

II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung
2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung von Körpern
3. Kinetische Deutung der Temperatur

} Siehe
1. Vorlesung

4. Gasförmiger Aggregatzustand

- a) Makroskopische Beschreibung
- b) Mikroskopische Beschreibung
- c) Kinetische Deutung der Temperatur
- d) Maxwell-Boltzmann-Verteilung

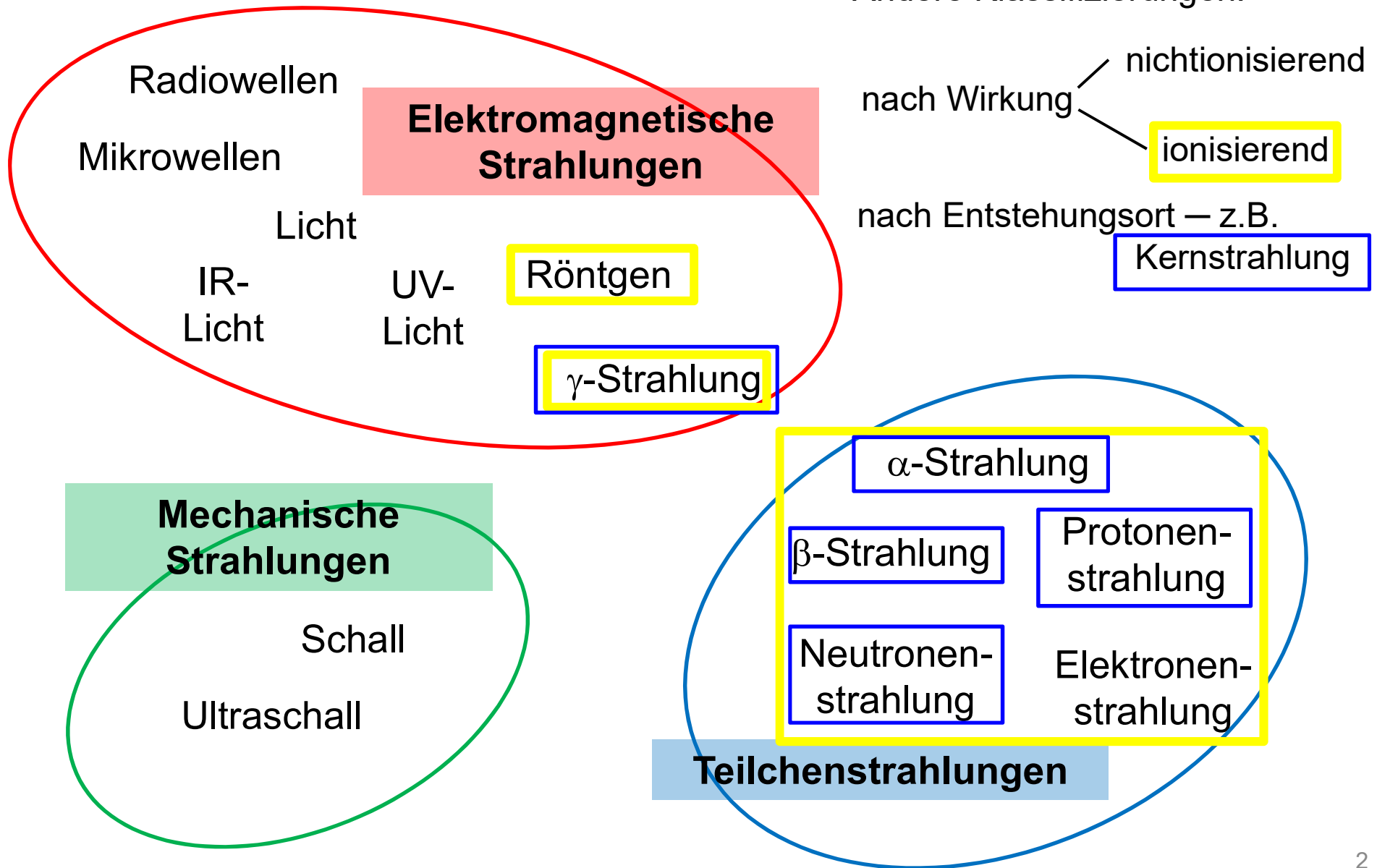
5. Flüssiger Aggregatzustand

- a) Makroskopische Beschreibung
- b) Mikroskopische Beschreibung
- c) Oberflächenspannung

6. Fester Aggregatzustand - Kristalle

Strahlungen in der medizinischen Praxis

Andere Klassifizierungen:



1. Gemeinsame Eigenschaften

- Strahlung = Energietransport

Strahlungsintensität (J)

$$J = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

ΔP = die Leistung, die auf ΔA Fläche senkrecht fällt.

- Doppelcharakter = Wellencharakter & Teilchencharakter

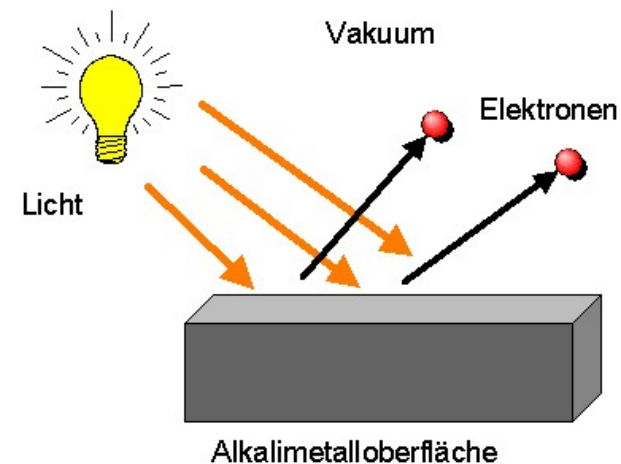
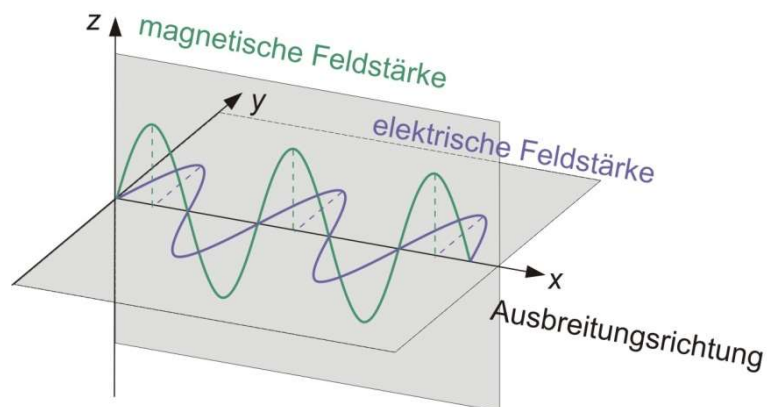
2. Elektromagnetische Strahlungen

Elektromagnetische Wellen – Transversalwellen & Teilchen - Photonen

$$c = \lambda \cdot f \quad c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{im Vakuum})$$

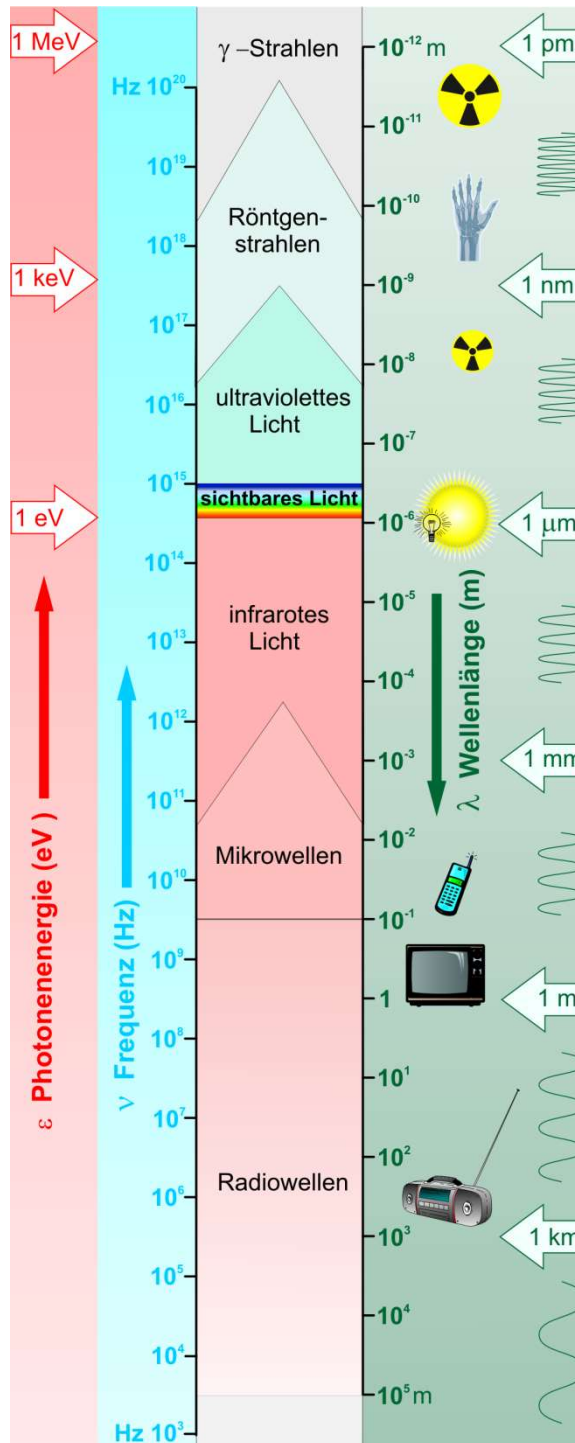
elektromagnetische Welle

$$\varepsilon = h \cdot f$$



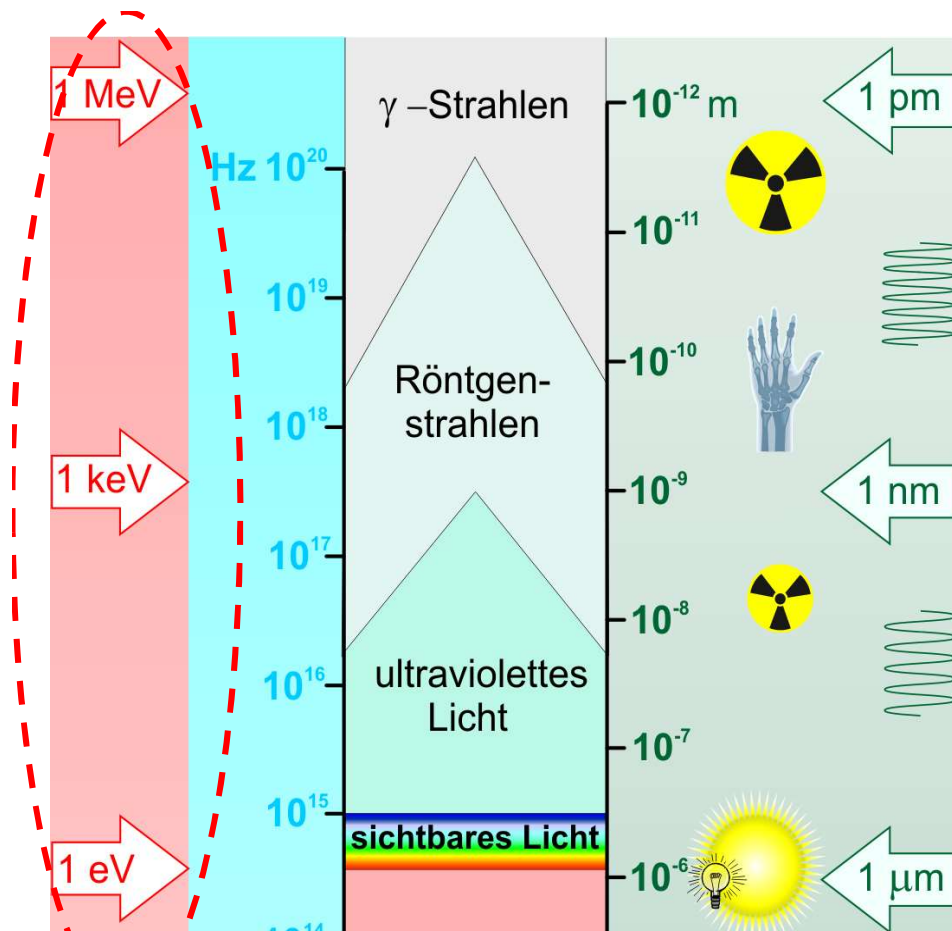
7 Bereiche:

- γ -Strahlen
- Röntgenstrahlen
- UV-Licht
- VIS-Licht
- IR-Licht
- Mikrowellen
- Radiowellen



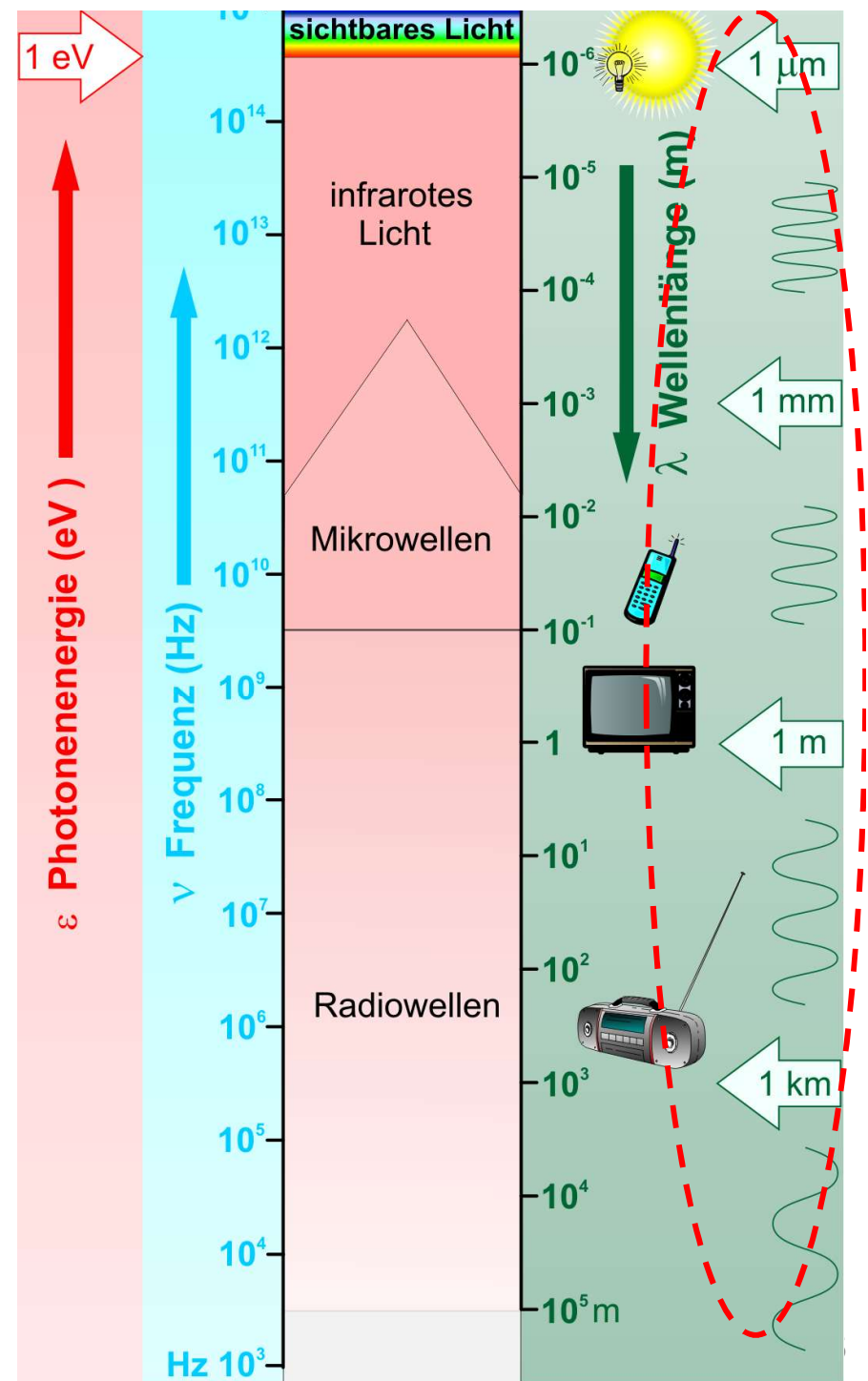
Anwendungsbeispiele:

- Gamma-Messer
- Röntgendiagnostik
- UV-Phototherapie
- Mikroskopie/Sehen
- Infrarotdiagnostik
- MRI



Einige typische Größenordnungen:

γ -Strahlung	MeV
Rtg-Strahlung	einige 10 keV
UV Licht	einige eV
Sichtbares Licht	eV
Sichtbares Licht	400-800 nm
IR	800 nm-1mm
Mikrowellen	cm
Radiowellen	m-km



3. Teilchenstrahlungen

- Teilchen (α , β , e^- , e^+ , p^+ , n^0 , ...)

- Materiewellen



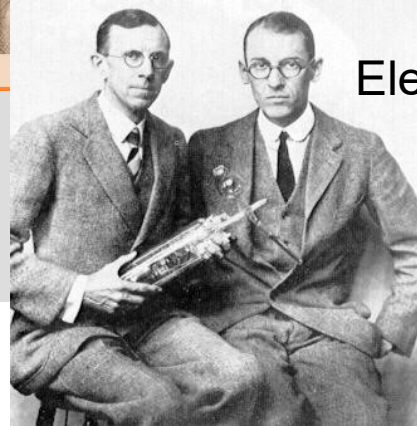
de Broglie (1923): Materiewellen

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

λ Wellenlänge der Materialwelle des Körpers mit Masse m und Geschwindigkeit v , h ist die Plancksche

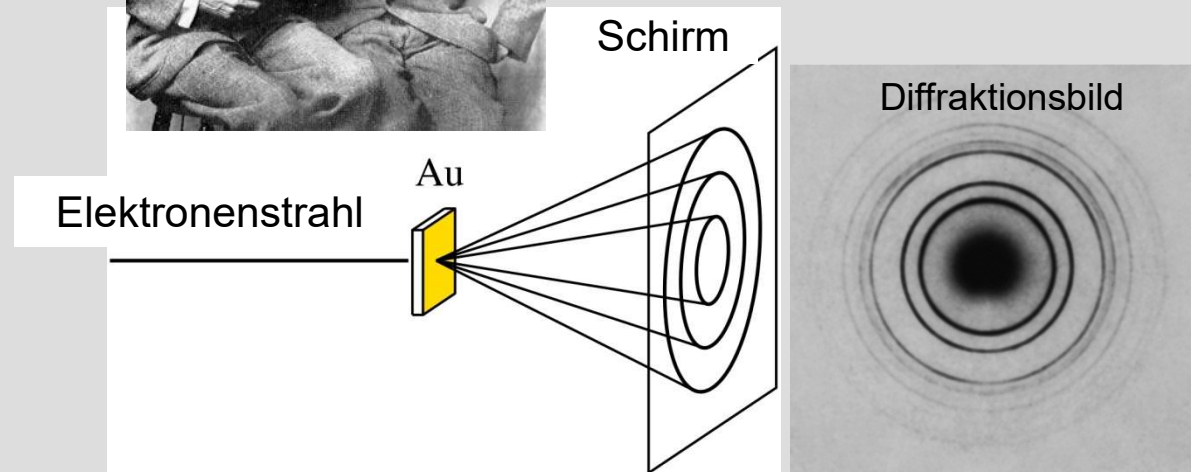
Wirkungskonstante

Davisson & Germer (1927):
Elektronenbeugungsexperiment



- Anwendungsbeispiele:

- Elektronenmikroskop
- Neutronendiffraktion
- Strahlentherapie



4. Mechanische Strahlungen (Schall, Ultraschall, ...)

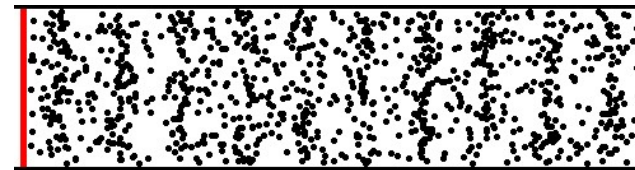
- Mechanische Wellen

$$c = \lambda \cdot f$$

$$c = 330 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{in der Luft})$$

$$c = 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{im Wasser und im Weichteilgewebe})$$

Meistens Longitudinalwellen:



- transversale/longitudinale Wellen

• 3 Bereiche:	Infraschall	–	Hörschall	–	Ultraschall
	< 20 Hz		20 Hz – 20 kHz		20 kHz <

- Anwendungsbeispiele:

- Sonographie
- Ultraschalltherapie
- Hören



Struktur der Materie

II. Aggregatzustände

- 1. Allgemeine Beschreibung
- 2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung von Körpern
- 3. Kinetische Deutung der Temperatur

Siehe
1. Vorlesung

4. Gasförmiger Aggregatzustand

- a) Makroskopische Beschreibung
- b) Mikroskopische Beschreibung
- c) Kinetische Deutung der Temperatur
- d) Maxwell-Boltzmann-Verteilung

5. Flüssiger Aggregatzustand

- a) Makroskopische Beschreibung
- b) Mikroskopische Beschreibung
- c) Oberflächenspannung

6. Fester Aggregatzustand - Kristalle

- a) Makroskopische Beschreibung
- b) Mikroskopische Beschreibung
- c) Kristalltypen
- d) Apatit
- e) Gitterfehler

II. Aggregatzustände

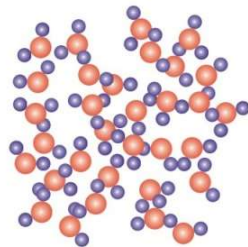
1. Allgemeine Beschreibung

	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-

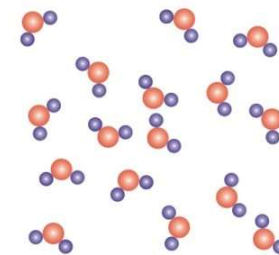
Zur Erinnerung



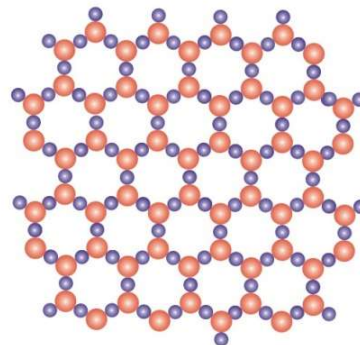
flüssiges H_2O
WASSER



gasförmiges H_2O
DAMPF



festes H_2O
EIS



4. Gasförmiger Aggregatzustand

a) Makroskopische Beschreibung:

- Kein Eigenvolumen und keine Eigenform
- Isotrop
- Messbare Größen: p, V, ν, T

Druck

Volumen

Stoffmenge

Temperatur

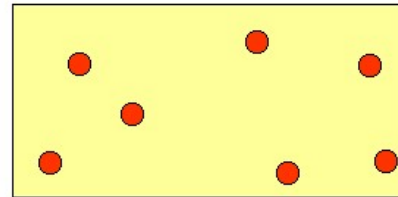
Vorkenntnisse
(s. Skript „Physikalische
Grundkenntnisse“ Kapitel 9)

allgemeine Gaskonstante
 $R = 8,31 \text{ J/(molK)}$

$$pV = \nu RT \quad (\text{für ideale Gase})$$

b) Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegungen



c) Kinetische Energie der Gasteilchen:

durchschnittliche kinetische
Energie **eines** Teilchens

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

Boltzmann-Konstante
 $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

Temperatur

Masse **eines**
Teilchens

Geschwindigkeit
des Teilchens

Siehe auch: kinetische
Deutung der Temperatur

$kT = \text{„thermische Energie“}$

Eine andere Form:

durchschnittliche kinetische
Energie **von einem Mol**

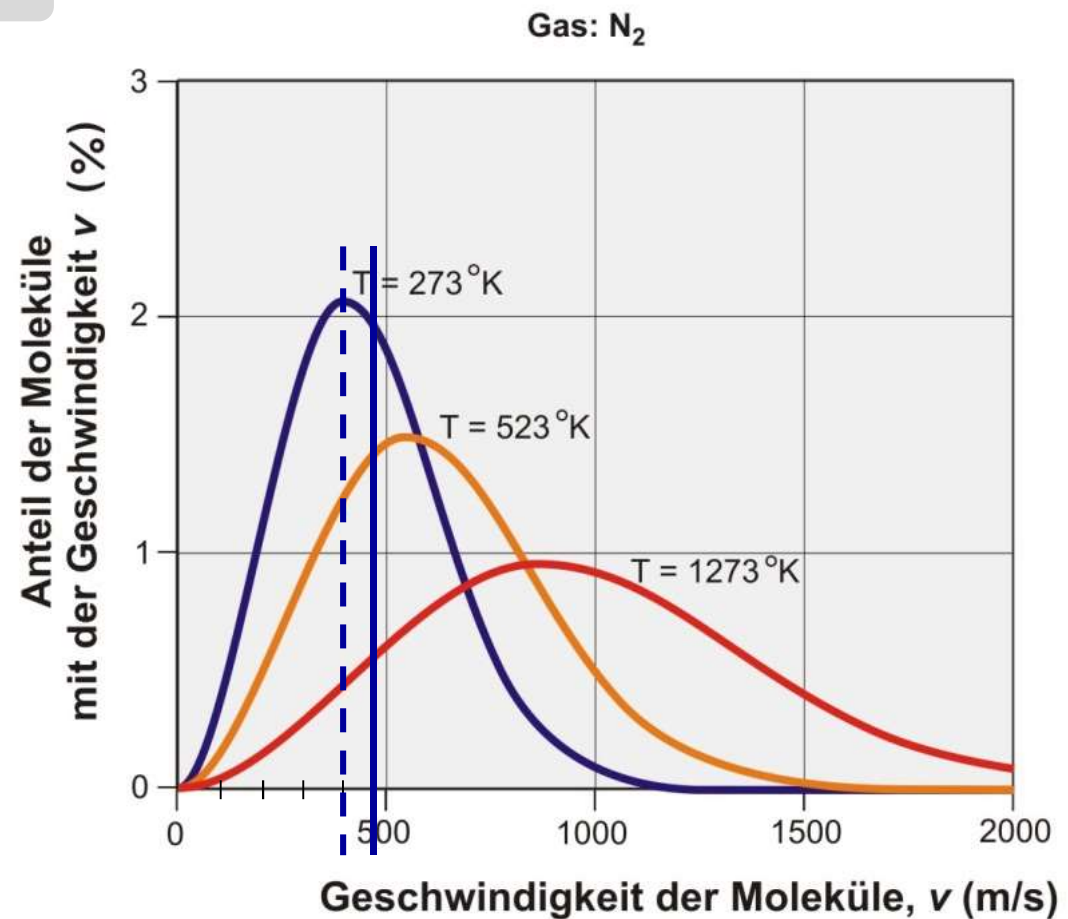
Allgemeine Gaskonstante
 $R = 8,34 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

$$\overline{E}_{\text{kin, mol}} = \frac{1}{2} \overline{M} \overline{v}^2 = \frac{3}{2} RT$$

$RT = \text{„molare thermische Energie“}$

Molare Masse

d) Maxwell-Boltzmann-Verteilung



5. Flüssiger Aggregatzustand

a) Makroskopische Beschreibung:

- Eigenvolumen aber keine Eigenform
- Isotrop
- Viskosität
(s. später bei Transportprozessen)



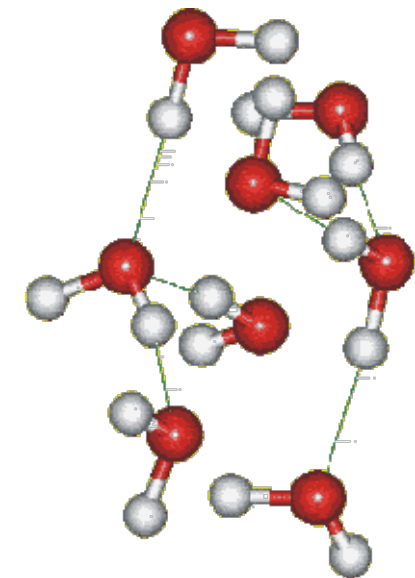
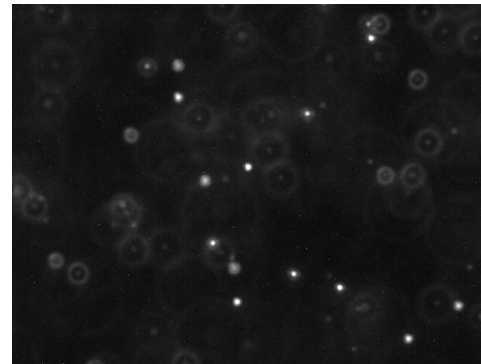
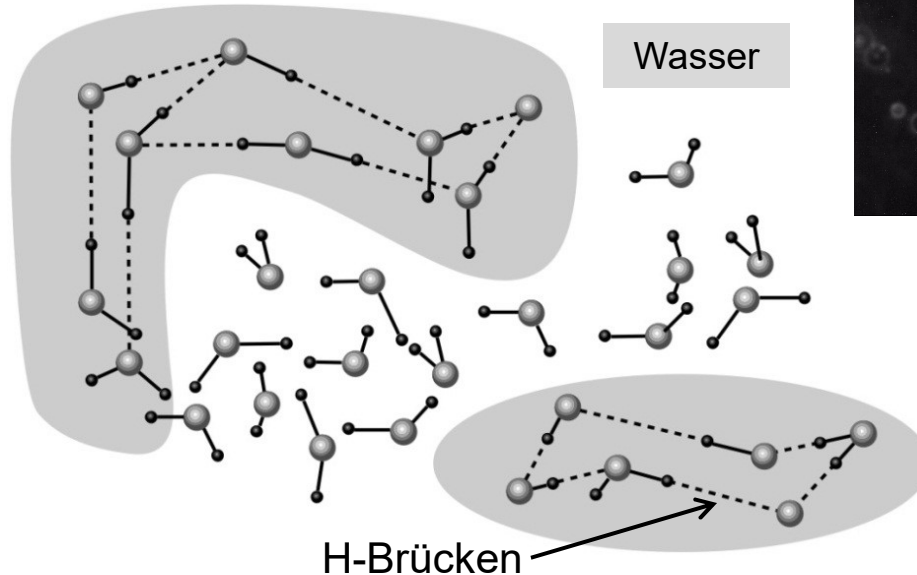
Keine Eigenform:
Nach Deformieren bleibt
so, es gibt nämlich **keine**
rückstellende **Scherkräfte**.



Eigenform:
Nach Deformieren stellt sich
zurück, da es rückstellende
Scherkräfte gibt.

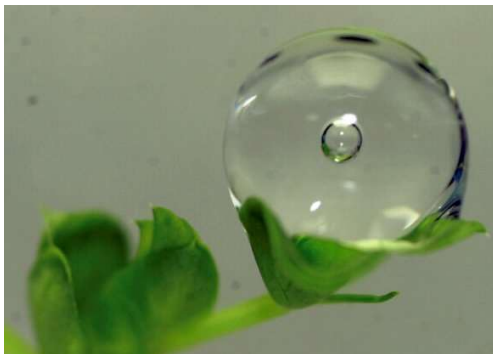
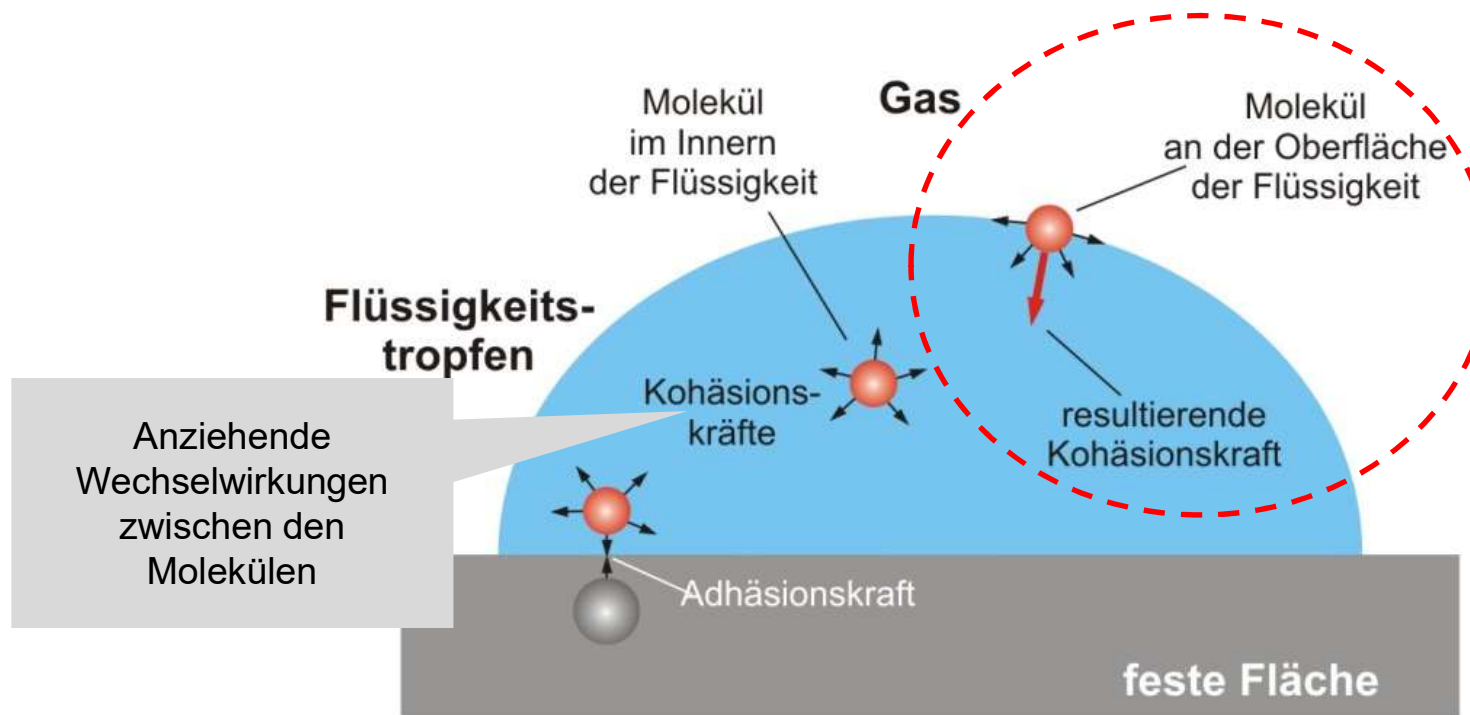
b) Mikroskopische Beschreibung:

- Dynamische Nahordnung
- Mittelstarke Bewegungen



Isotropie

c) Oberflächenspannung



- Oberflächenspannung, oder spezifische Oberflächenenergie (σ):

Zur Flächenvergrößerung von ΔA nötige Energie

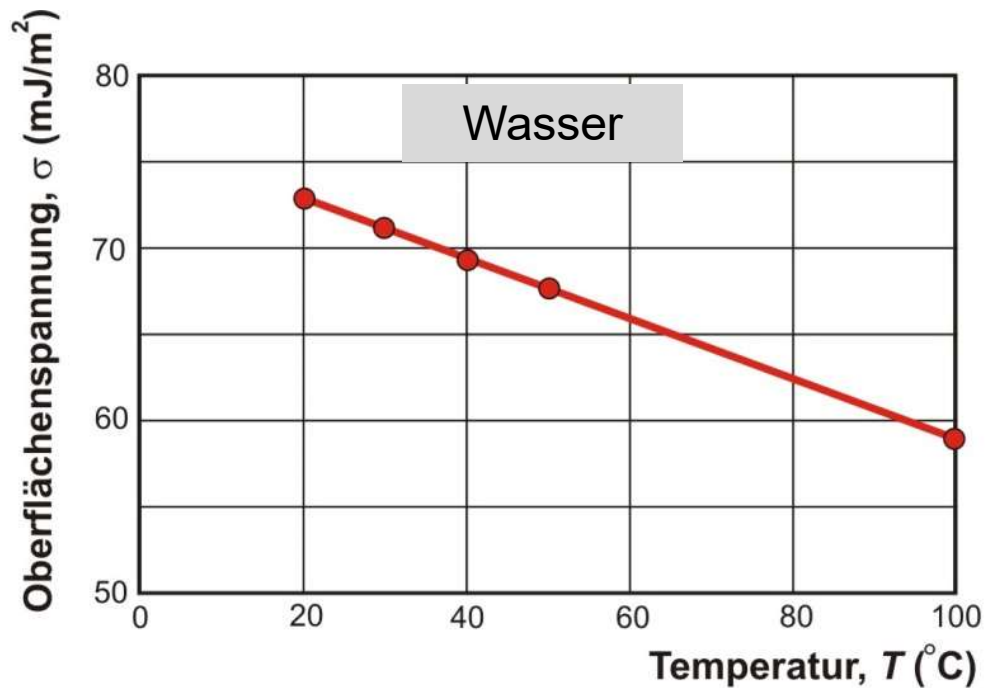
$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \right)$$

Oberflächenvergrößerung

Stoff	$\sigma \text{ (J/m}^2\text{)}^*$
Wasser	0,073
Blut	0,06
Speichel	0,05
Alkohol	0,023
Quecksilber	0,484

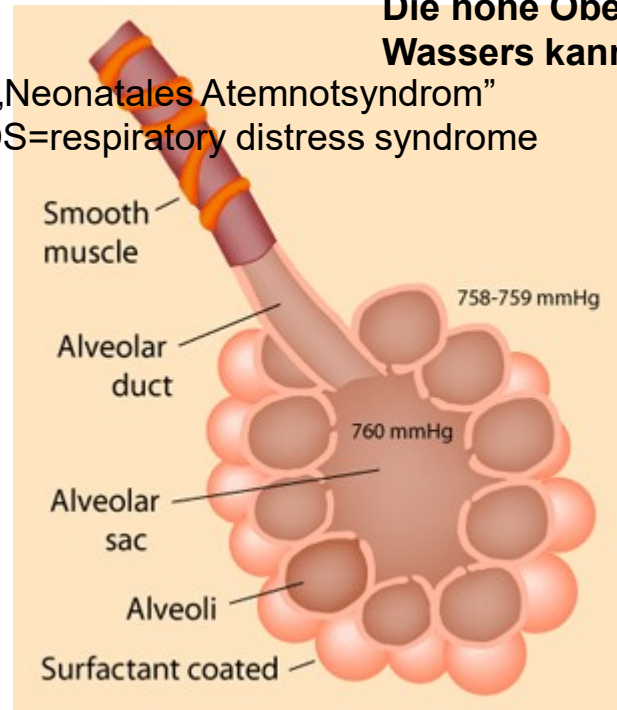
* In Bezug auf Luft, 20°C

Die Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung:





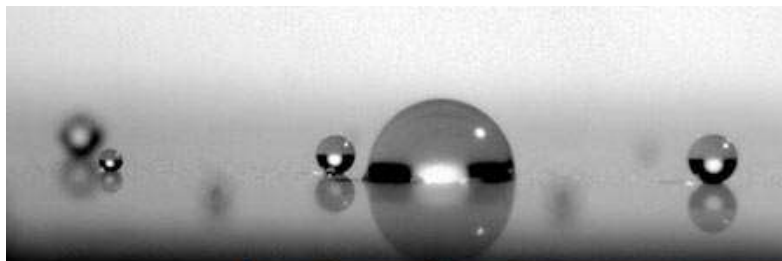
Die hohe Oberflächenspannung des Wassers kann Probleme verursachen!
 „Neonatales Atemnotsyndrom“
 RDS=respiratory distress syndrome



Weitere Erscheinungen, wobei die Oberflächenspannung eine Rolle spielt:

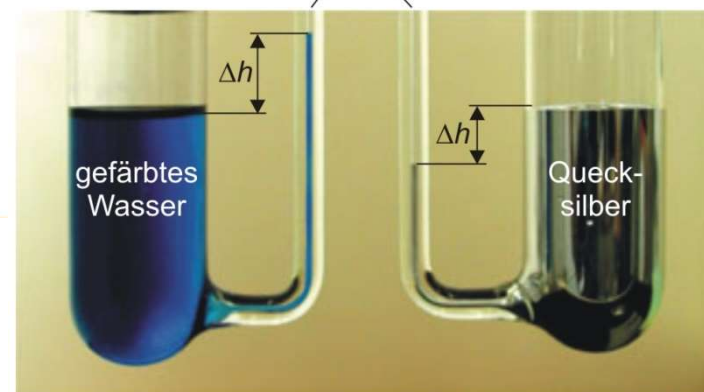


Benetzung



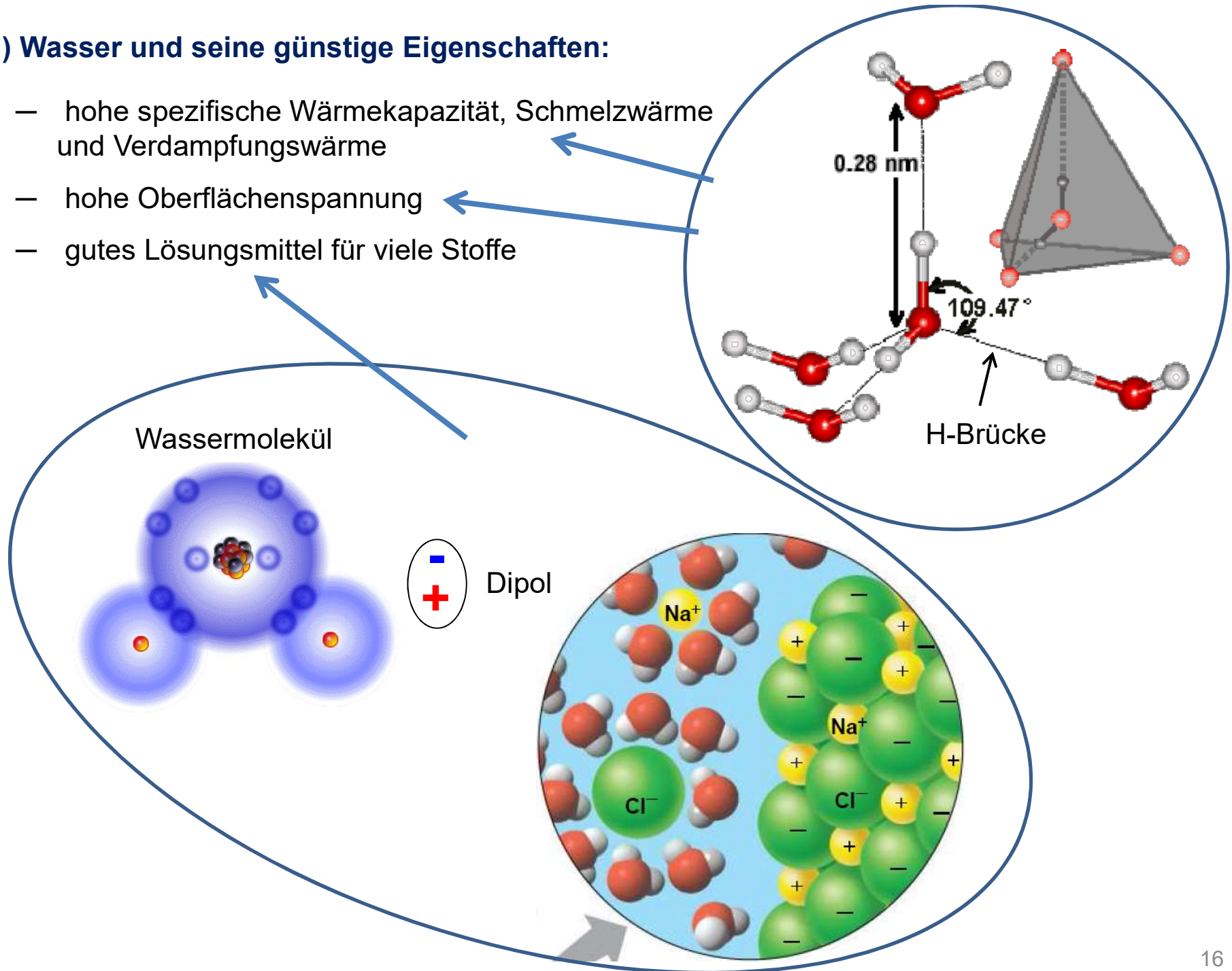
Kapillareffekt

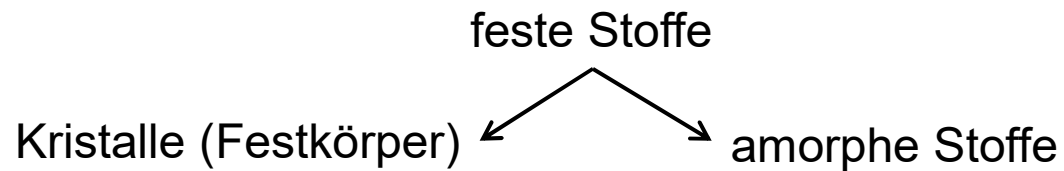
dünnes Rohr



d) Wasser und seine günstige Eigenschaften:

- hohe spezifische Wärmekapazität, Schmelzwärme und Verdampfungswärme
- hohe Oberflächenspannung
- gutes Lösungsmittel für viele Stoffe





6. Fester Aggregatzustand - Kristalle

a) Makroskopische Beschreibung:

- Eigenvolumen, Eigenform
- Einkristalle: oft anisotrop; Polykristalle: isotrop

z. B. Al_2O_3

Einkristall



Polykristall



(besteht aus mehreren Kristallen)

z. B. Tantal (Metall)

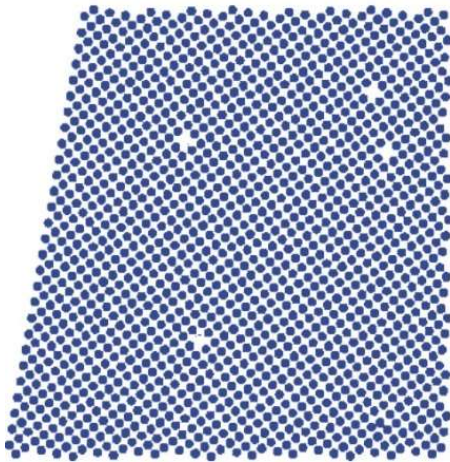
Polykristall



Einkristall

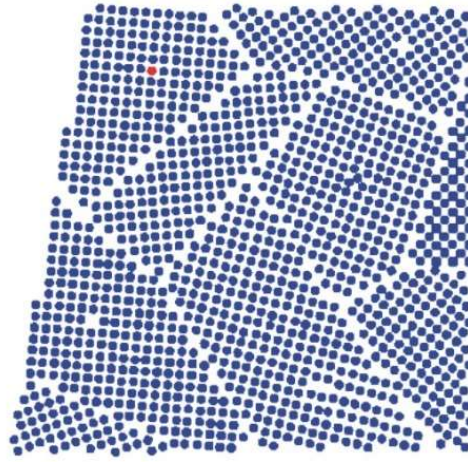


Einkristall



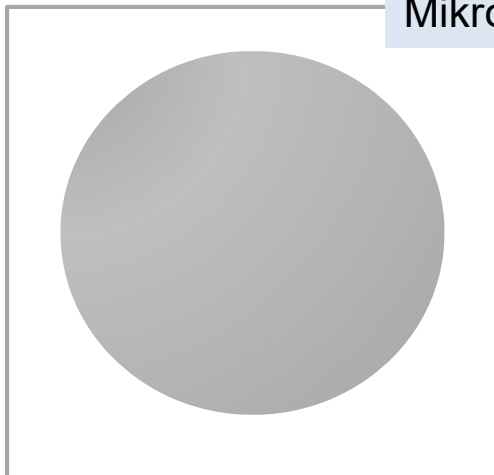
ein Korn

Polykristall

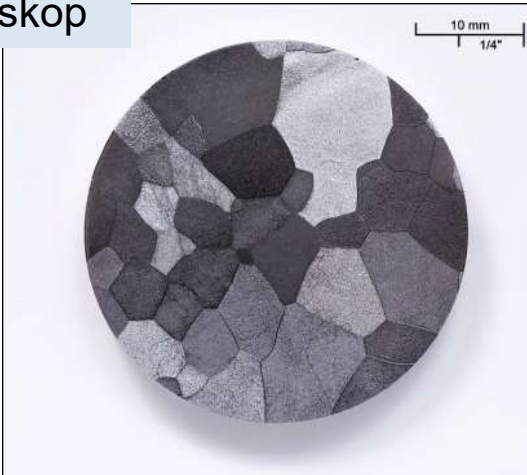


mehrere Körner

Unter dem
Mikroskop

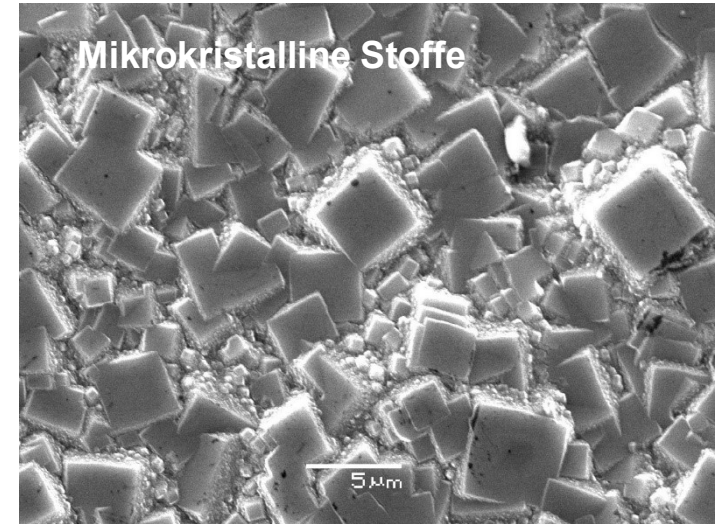


oft anisotrop

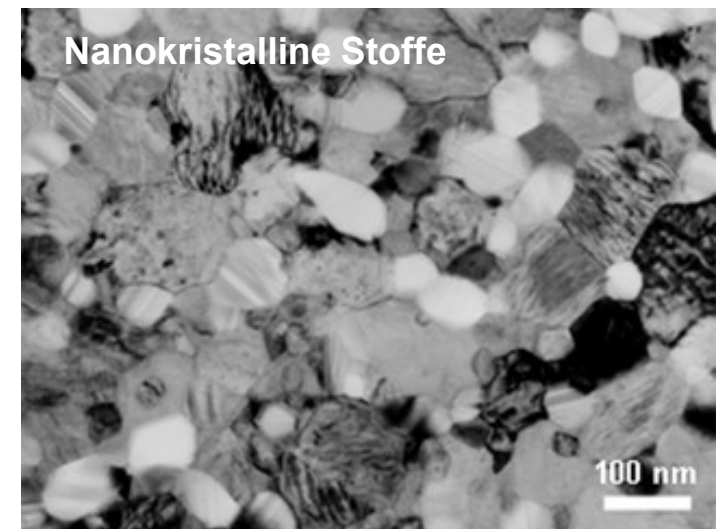


oft isotrop

Mikrokristalline Stoffe

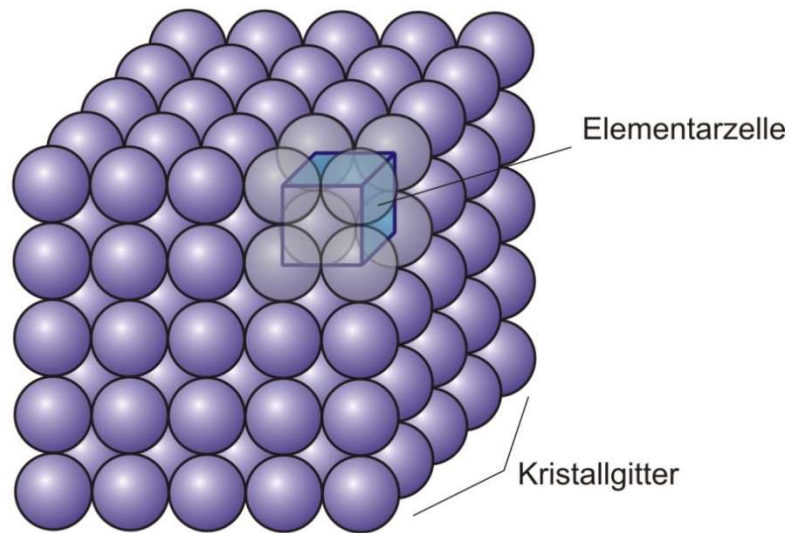


Nanokristalline Stoffe

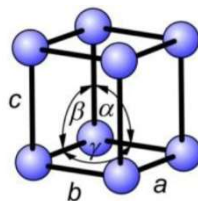


b) Mikroskopische Beschreibung:

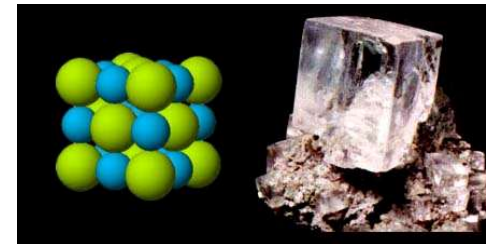
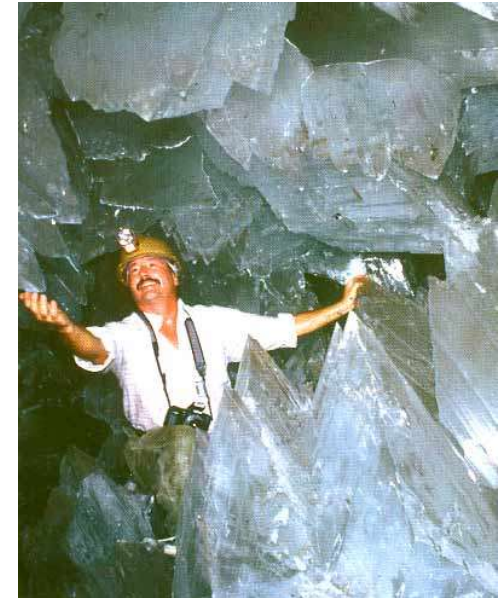
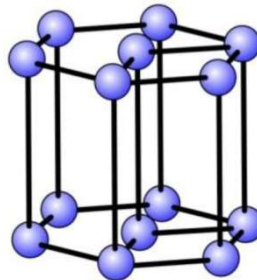
- Fernordnung
- Periodizität – Kristallgitter
- Schwache Bewegungen (Schwingungen)



Zum Beispiel: kubisch



hexagonal



c) Kristalltypen:

- Atomkristall (kovalente Bindung)



Diamant

- Ionenkristall (Ionenbindung)



Salz

- Metallkristall (Metallbindung)




Gold

- Molekulkristall (sekundäre Bindung)

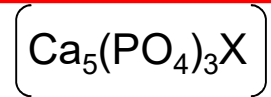


Eis

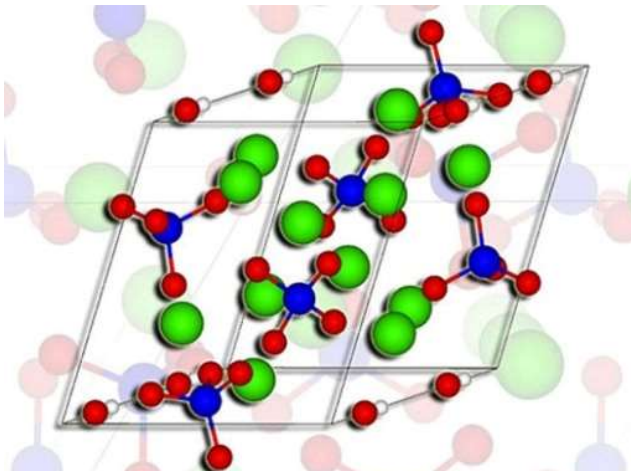
Bindungsenergie (E_0)  Eigenschaften, wie Schmelzpunkt, Schmelzwärme, Steifigkeit, Wärmeausdehnungskoeffizient, ...

d) Apatit

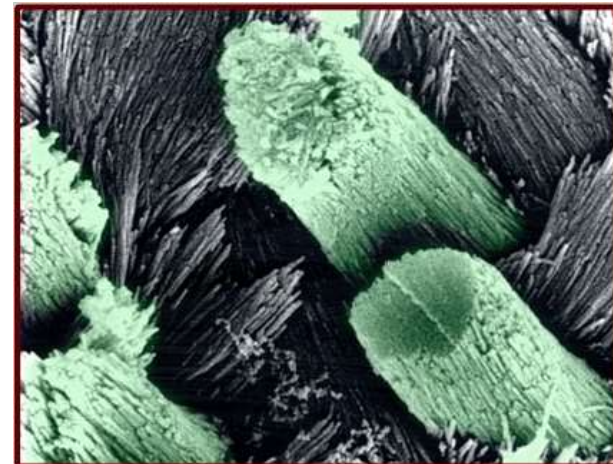
X =
OH : Hydroxiapatit
F : Fluorapatit



- ein hexagonales Ionenkristall
- anorganische Substanz der harten Gewebe (Knochen, Dentin, Zahnschmelz)
- etwa 2/3 des Knochengewebes



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



e) Gitterfehler:

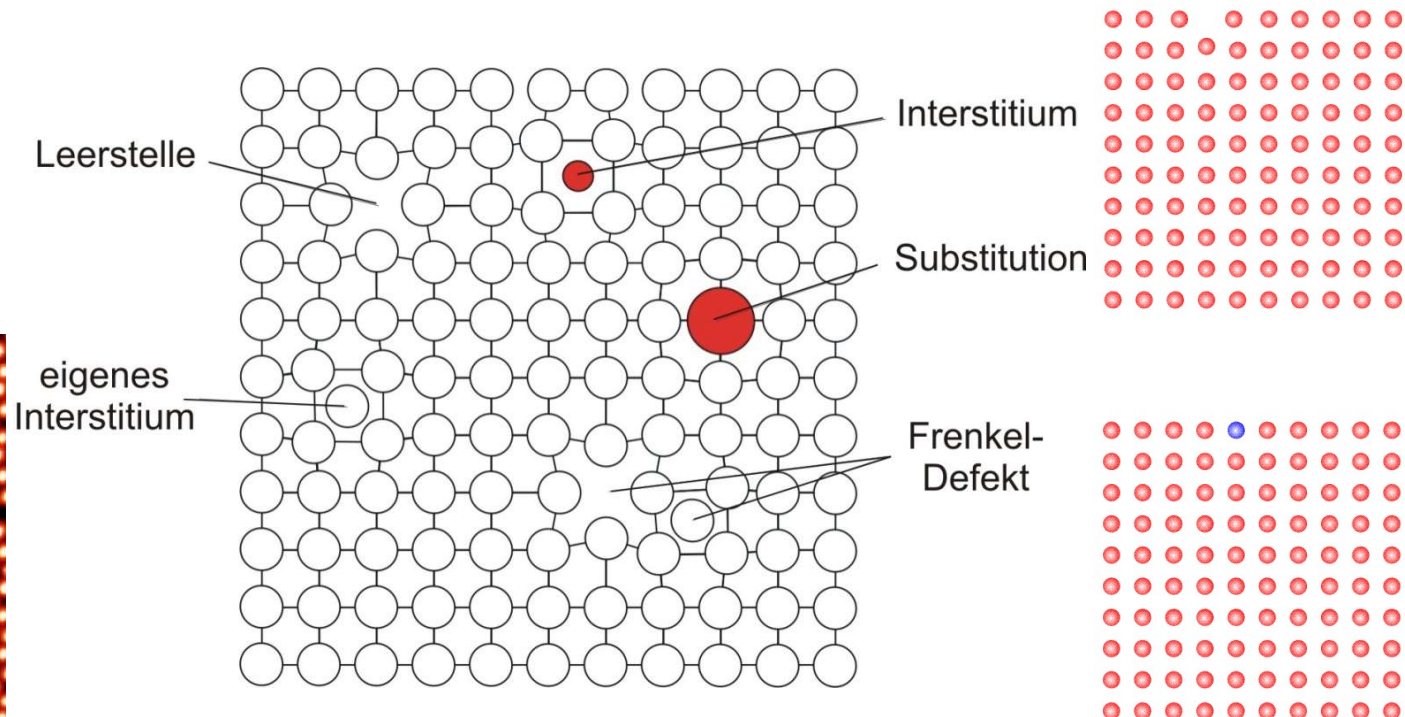
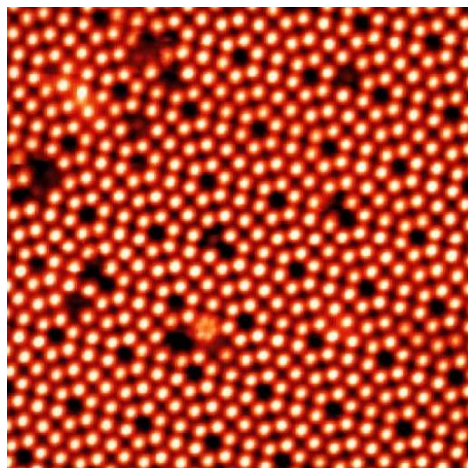
- Punktfehler
 - Thermische Fehler
 - Leerstelle (Vakanz, Schottky-Defekt)
 - Interstitium (Zwischengitteratom)
 - Frenkel-Defekt
- Fremdatome (chemische Fehler, Dotierung)
 - Substitutionsatom
 - Interstitielles Atom (Interstitium)

← Zahl der Schottky-Defekte (n_s):

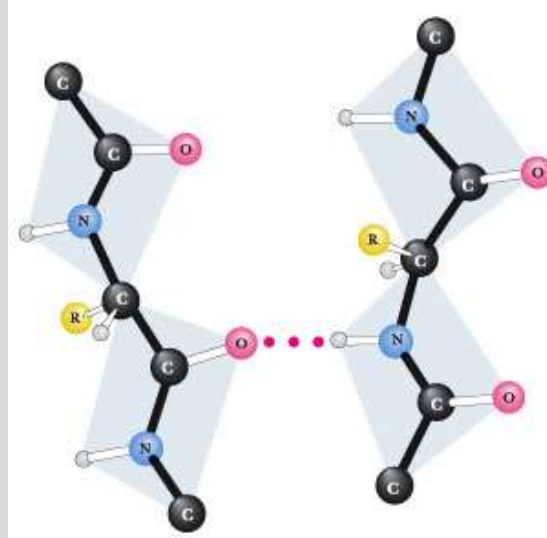
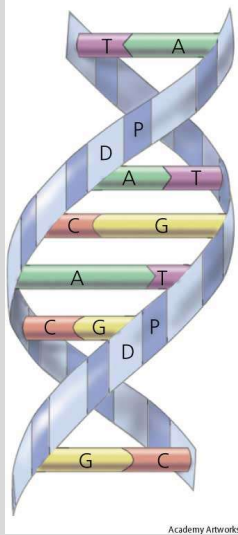
Aktivierungsenergie
(\approx Bindungsenergie)

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

Zahl der besetzten Gitterstelle
(\approx Zahl der Atome)



Thermische Fehler in biologischen Makromolekülen:



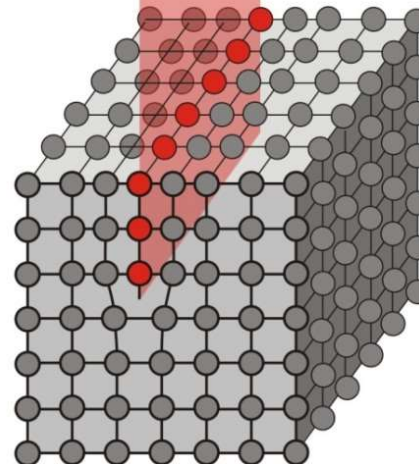
Zahl der aufgespalteten H-Brücken

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

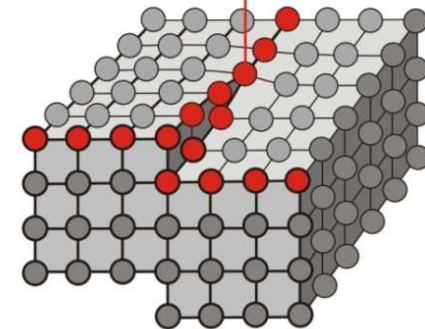
Zahl der intakten H-Brücken

— Versetzungen (Dislokationen)

Stufenversetzung

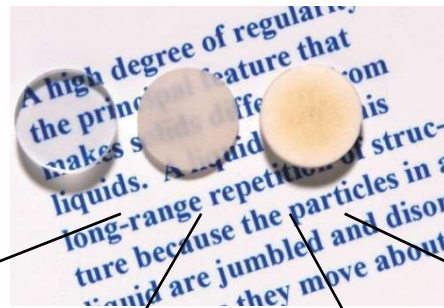
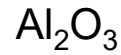


Schraubenversetzung



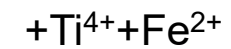
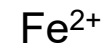
Gitterfehler \Rightarrow Eigenschaften!!

z. B. optische
Eigenschaften



Rubin

\rightarrow siehe Rubinlaser



Nal



Nal + Tl



(unter Röntgenbestrahlung)

\rightarrow siehe Szintillationskristall
in der Nuklearmedizin
Praktikum „Nukleare
Grundmessung“

Hausaufgaben:

- Aufgabensammlung :
1. 22, 26, 27, 31, 34, 36, 40

