

Medizinische Biophysik

Struktur der Materie

9. Vorlesung
04.11. 2020

II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung

2. Gasförmiger Aggregatzustand

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

3. Flüssiger Aggregatzustand

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

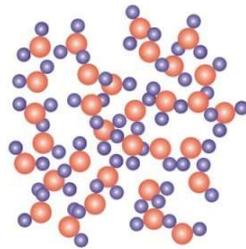
II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung

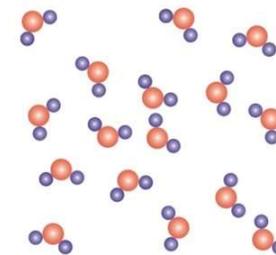
 T

	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-

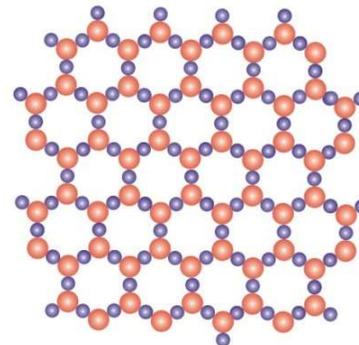
flüssiges H₂O
WASSER



gasförmiges H₂O
DAMPF



festes H₂O
EIS



2. Gasförmiger Aggregatzustand

a) Makroskopische Beschreibung:

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

Druck

Volumen

Stoffmenge

Temperatur

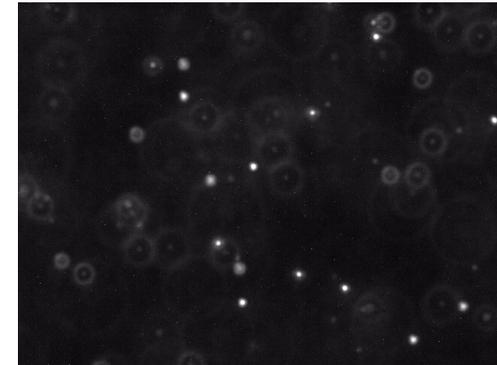
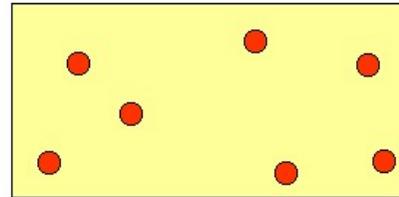
Vorkenntnisse
(s. Skript „Physikalische
Grundkenntnisse“ Kapitel 9)

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 Deutung der Temperatur:

durchschnittliche kinetische
Energie **eines** Teilchens

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

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

Temperatur

Masse **eines**
Teilchens

Geschwindigkeit
des Teilchens

$kT = \text{„thermische Energie“}$

Eine andere Form:

durchschnittliche kinetische
Energie **von einem Mol**

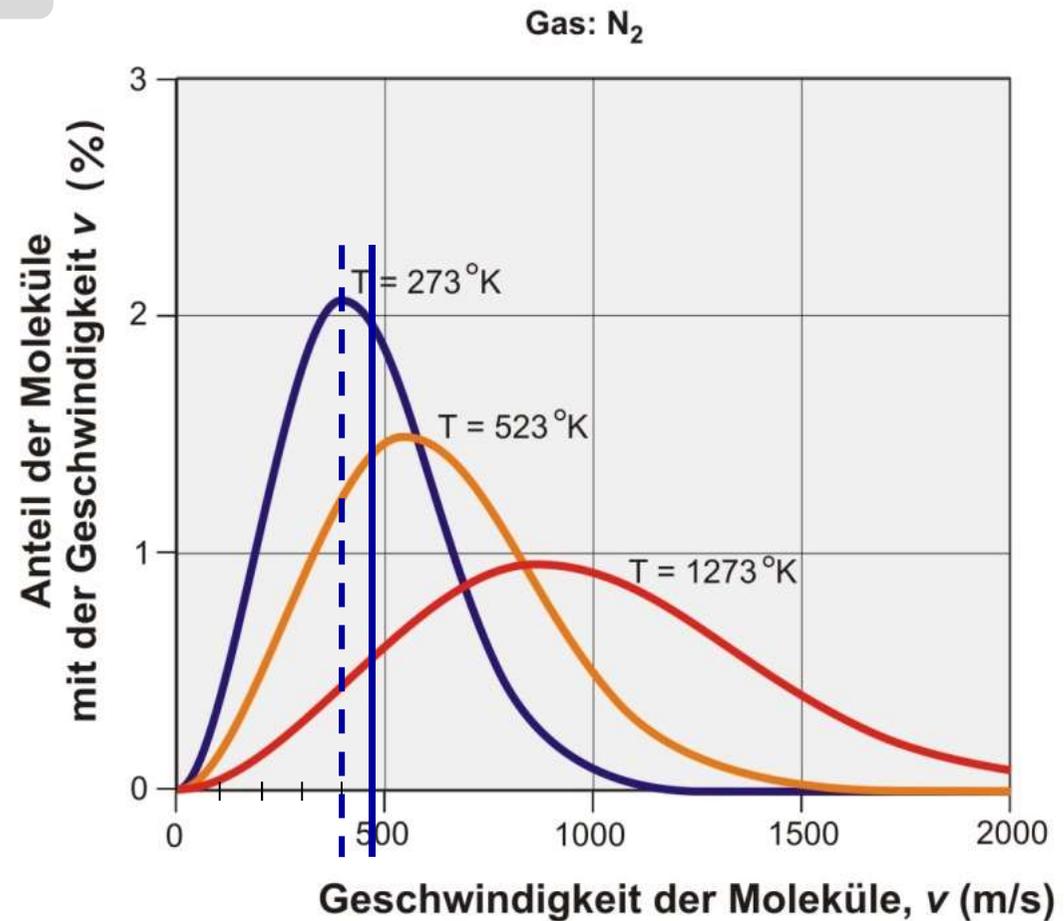
Allgemeine Gaskonstante
 $R = 8,34 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

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

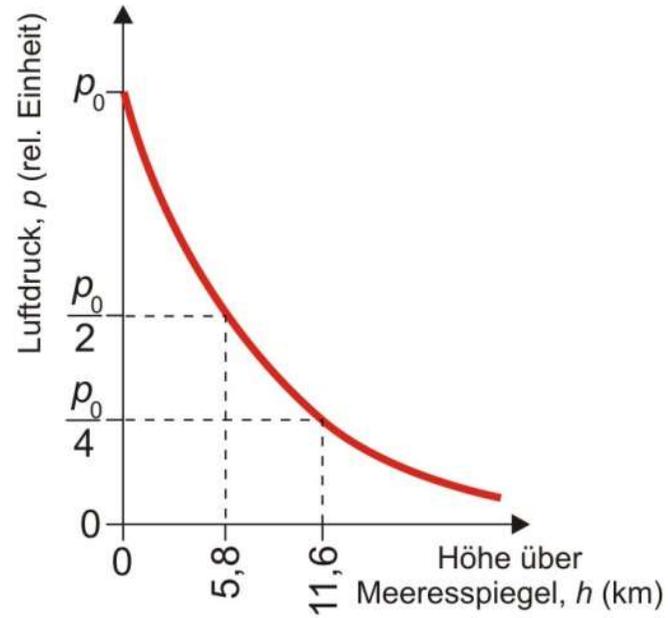
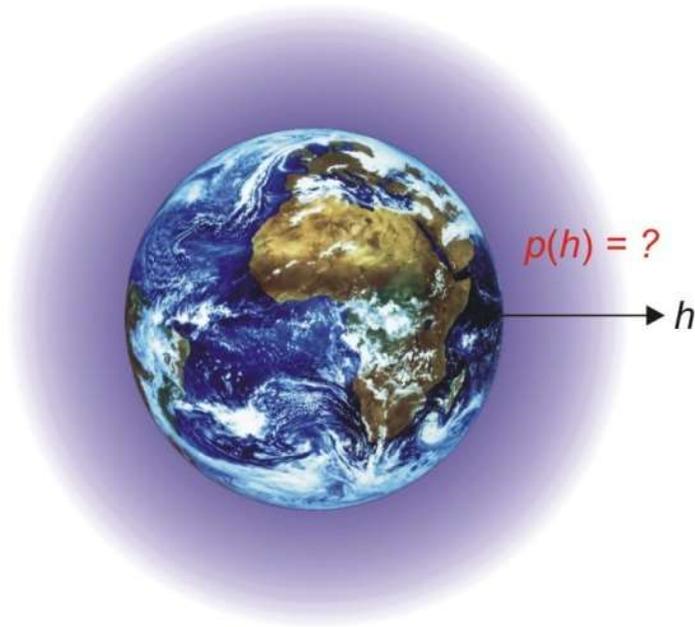
$RT = \text{„molare thermische Energie“}$

Molare Masse

d) Maxwell-Boltzmann-Verteilung



e) Barometrische Höhenformel (Gas im Gravitationsfeld)



Druck bei $h = 0$

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

Nur im
thermischen
Gleichgewicht!!

3. Flüssiger Aggregatzustand

a) Makroskopische Beschreibung:

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



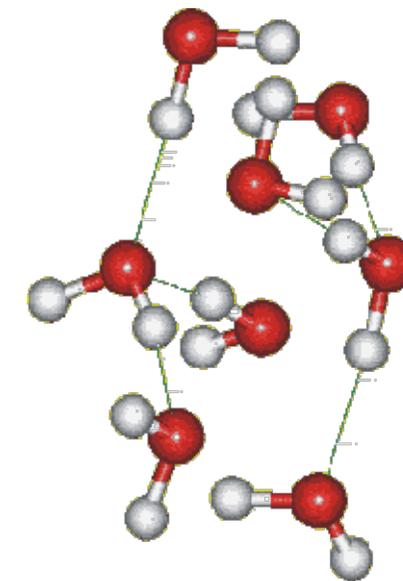
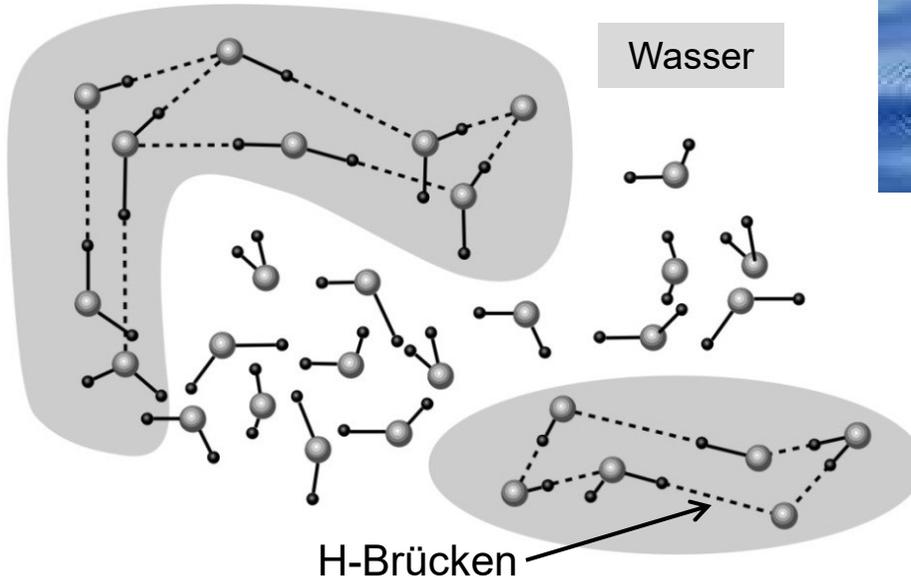
Keine Eigenform:
Nach Deformieren bleibt
so, es gibt nämlich keine
rückstellende Scherkräfte.



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

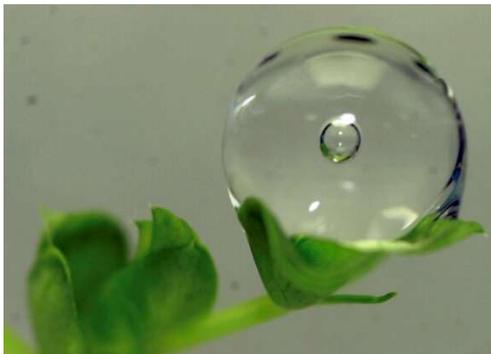
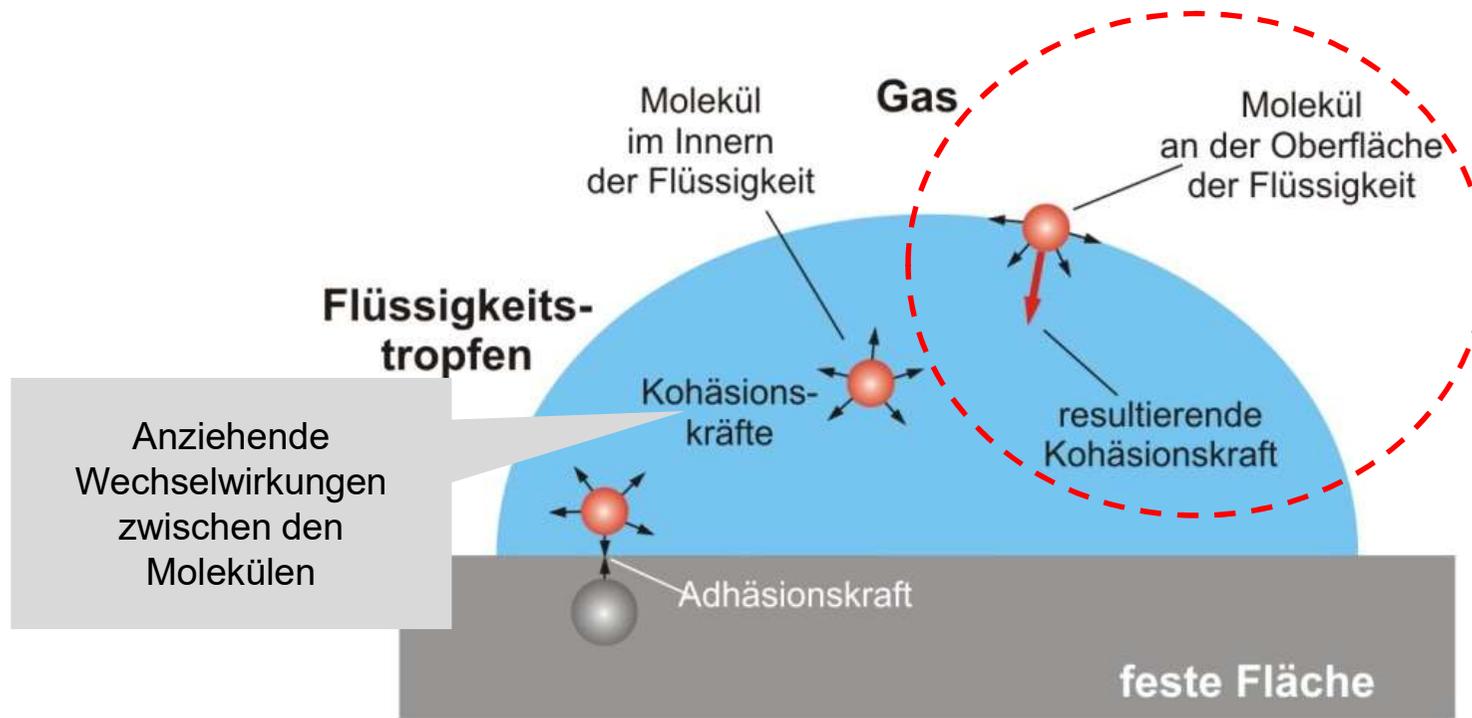
b) Mikroskopische Beschreibung:

- Dynamische Nahordnung
- Mittelstarke Bewegungen



↓
Isotropie

c) Oberflächenspannung



- Oberflächenspannung, oder spezifische Oberflächenenergie (σ):

Zur Flächenvergrößerung von ΔA nötige Energie

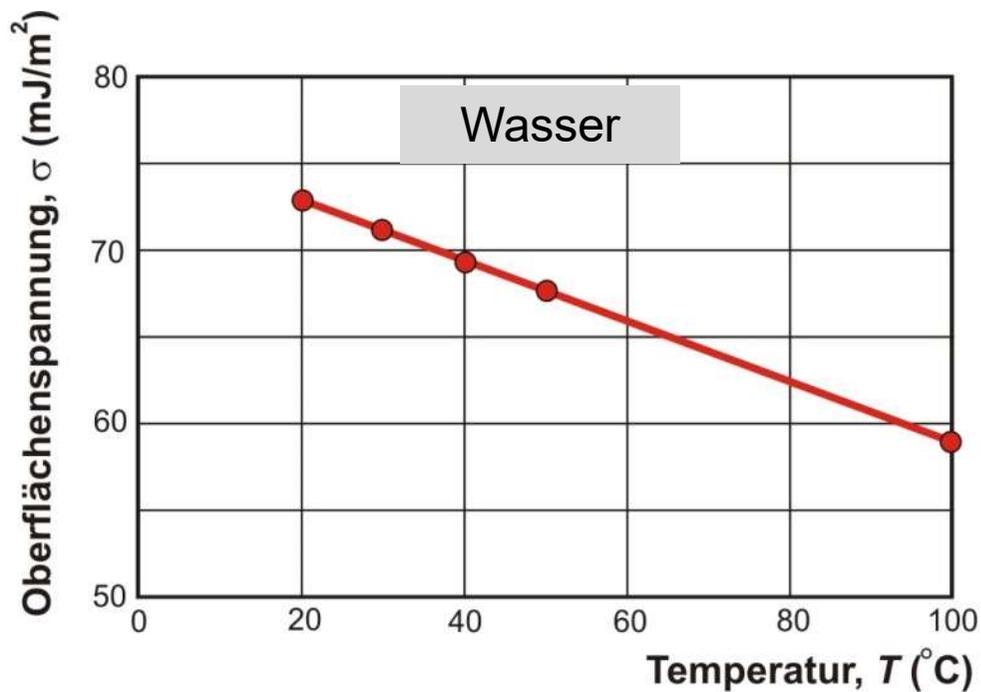
$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \right)$$

Oberflächenvergrößerung

Stoff	σ (J/m ²)*
Wasser	0,073
Blut	0,06
Speichel	0,05
Alkohol	0,023
Quecksilber	0,484

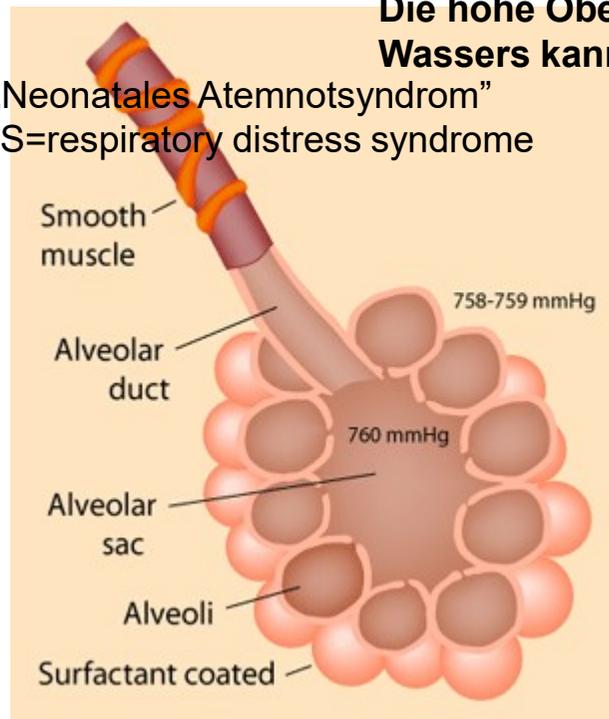
* In Bezug auf Luft, 20°C

Die Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung:





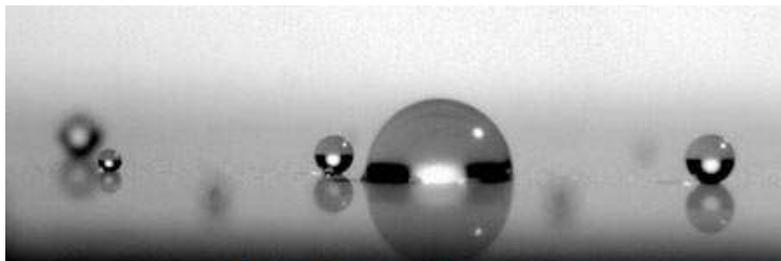
Die hohe Oberflächenspannung des Wassers kann Probleme verursachen!
 „Neonatales Atemnotsyndrom“
 RDS=respiratory distress syndrome



Weitere Erscheinungen, wobei die Oberflächenspannung eine Rolle spielt:

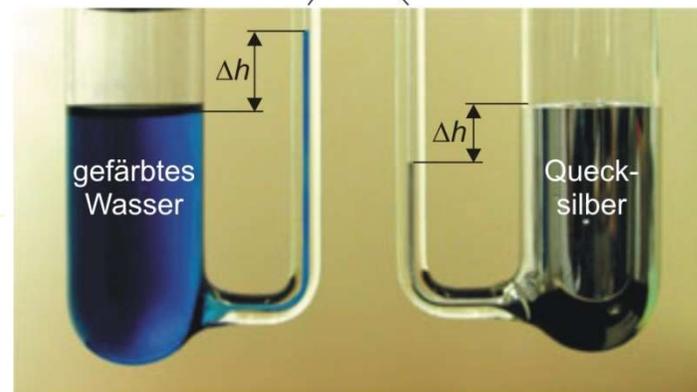


Benetzung



Kapillareffekt

dünnes Rohr



d) Wasser und seine günstige Eigenschaften:

- hohe spezifische Wärmekapazität, Schmelzwärme und Verdampfungswärme (s. später)
- hohe Oberflächenspannung
- gutes Lösungsmittel für viele Stoffe

