

# 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

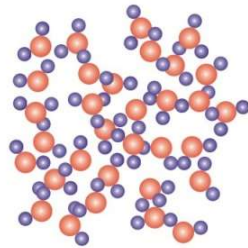
- a) Makroskopische Beschreibung
- b) Mikroskopische Beschreibung
- c) Oberflächenspannung

# II. Aggregatzustände

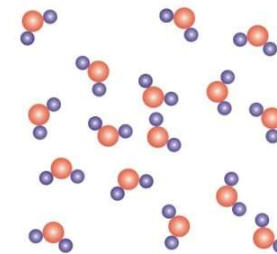
## 1. Allgemeine Beschreibung

	 $T$		
	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-

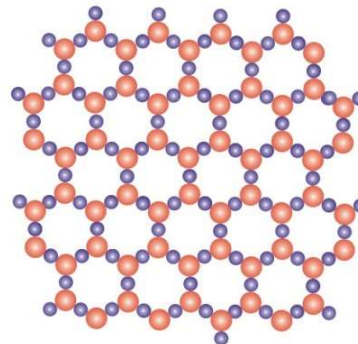
flüssiges H<sub>2</sub>O  
WASSER



gasförmiges H<sub>2</sub>O  
DAMPF



festes H<sub>2</sub>O  
EIS



## 2. Gasförmiger Aggregatzustand

### a) Makroskopische Beschreibung:

- Kein Eigenvolumen und keine Eigenform
- Isotrop
- Messbare Größen:  $p, V, \nu, T$

Druck

Volumen

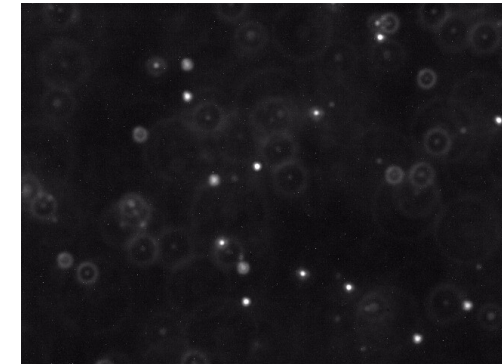
Stoffmenge

Temperatur

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

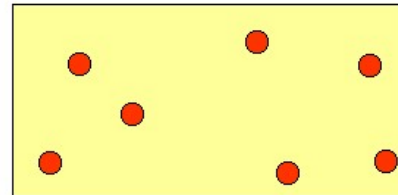
allgemeine Gaskonstante  
 $R = 8,31 \text{ J/(molK)}$

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



### b) Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegungen



### c) Kinetische Deutung der Temperatur:

durchschnittliche kinetische  
Energie **eines** Teilchens

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

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

Temperatur

Masse **eines**  
Teilchens

Geschwindigkeit  
des Teilchens

$kT = \text{„thermische Energie“}$

Eine andere Form:

durchschnittliche kinetische  
Energie **von einem Mol**

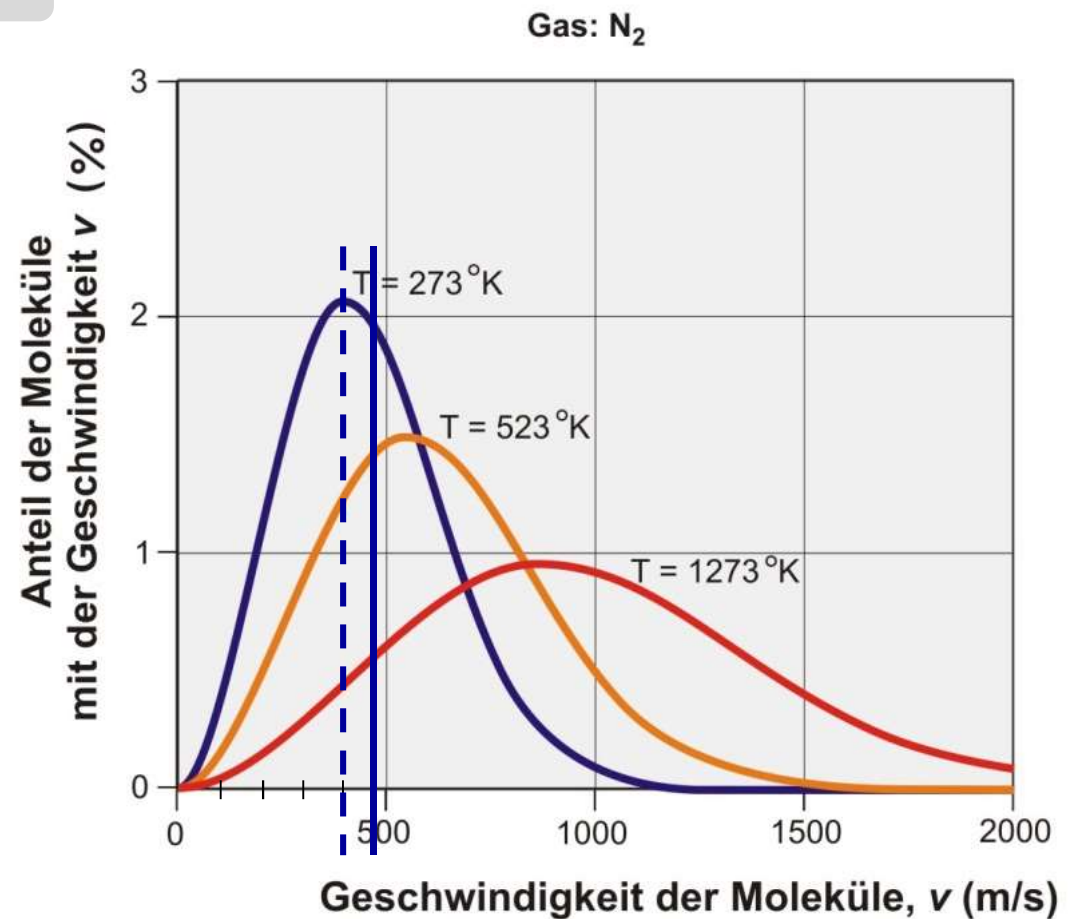
Allgemeine Gaskonstante  
 $R = 8,34 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

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

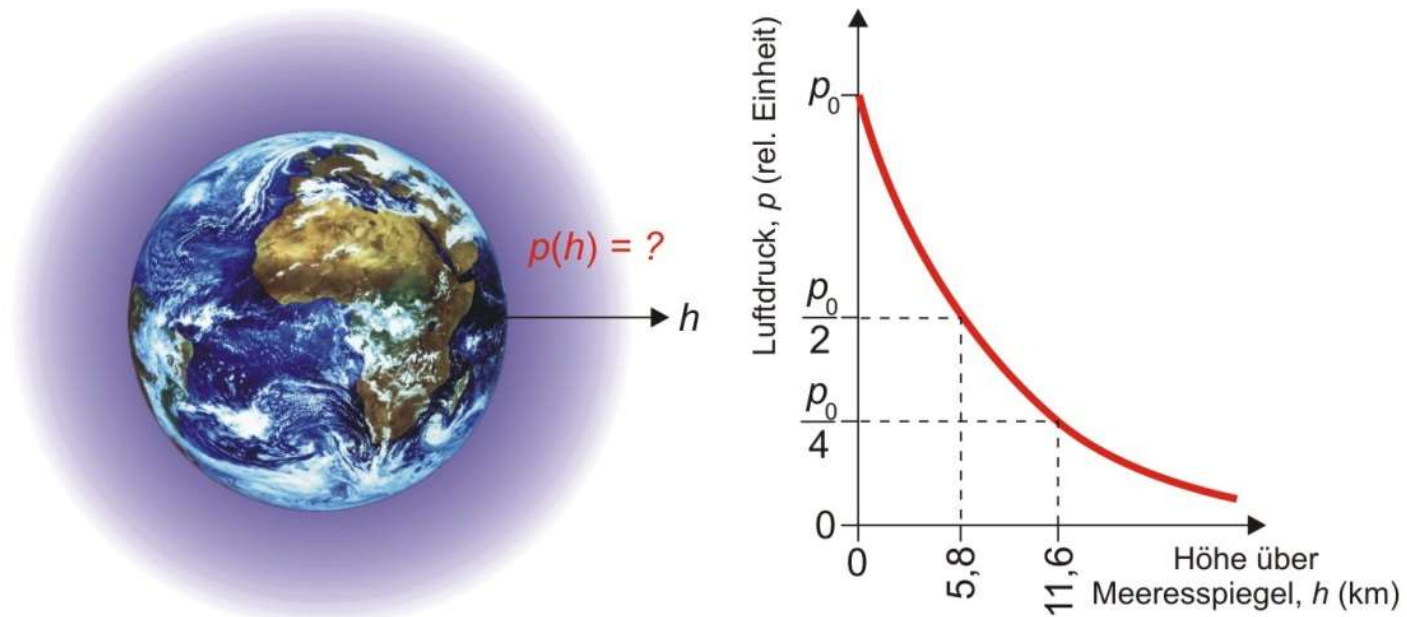
$RT = \text{„molare thermische Energie“}$

Molare Masse

#### d) Maxwell-Boltzmann-Verteilung



### 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)



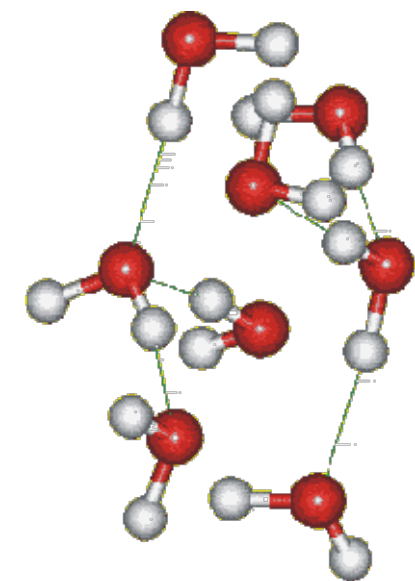
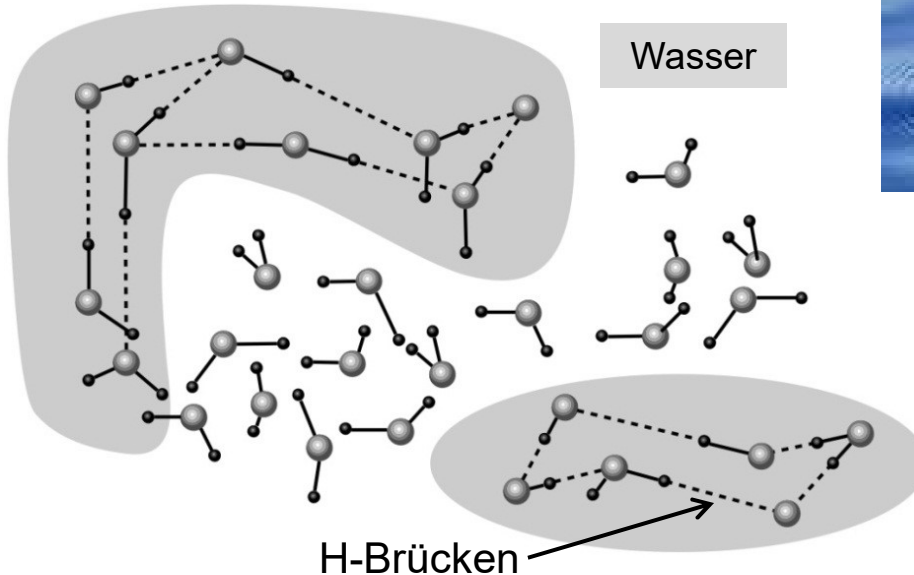
Keine Eigenform:  
Nach Deformieren bleibt  
so, es gibt nämlich keine  
rückstellende Scherkräfte.



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

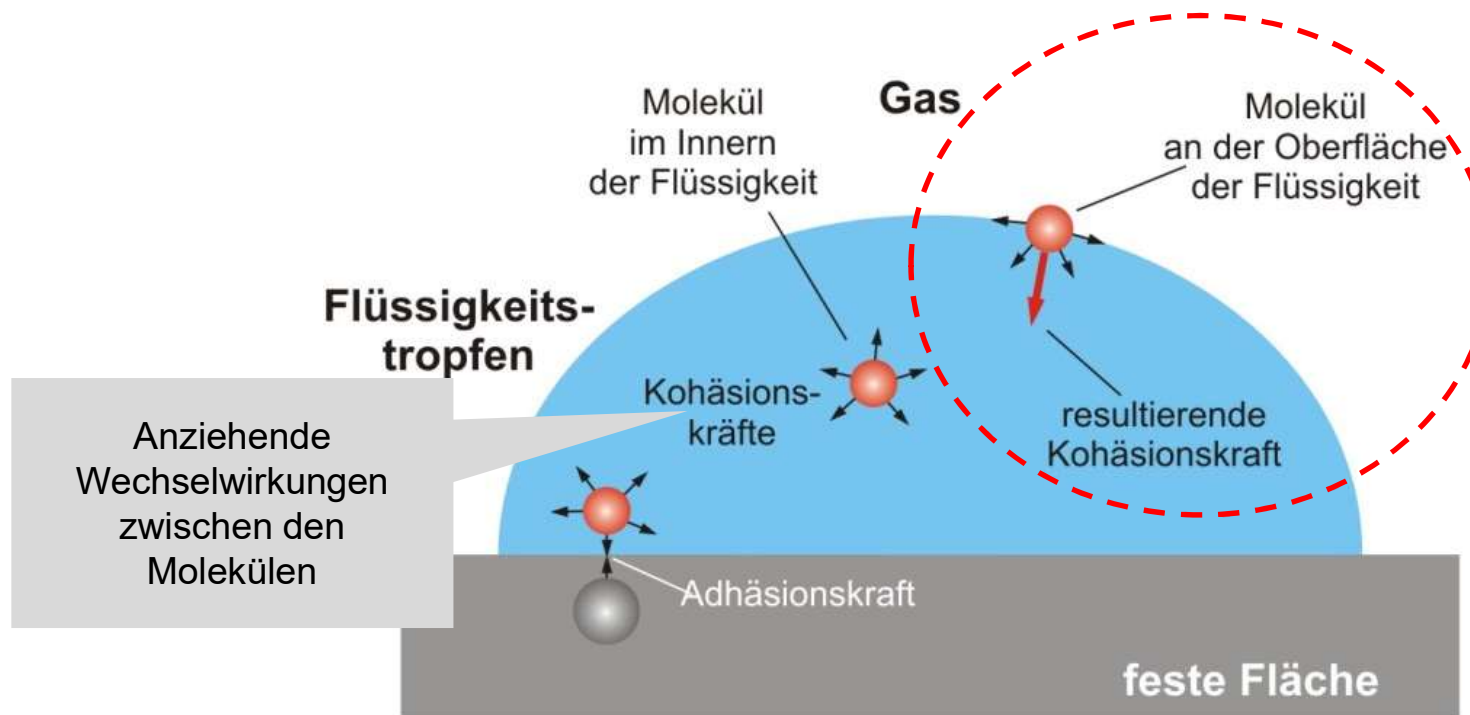
#### b) Mikroskopische Beschreibung:

- Dynamische Nahordnung
- Mittelstarke Bewegungen



Isotropie

### c) Oberflächenspannung





- Oberflächenspannung, oder spezifische Oberflächenenergie ( $\sigma$ ):

Zur Flächenvergrößerung  
von  $\Delta A$  nötige Energie

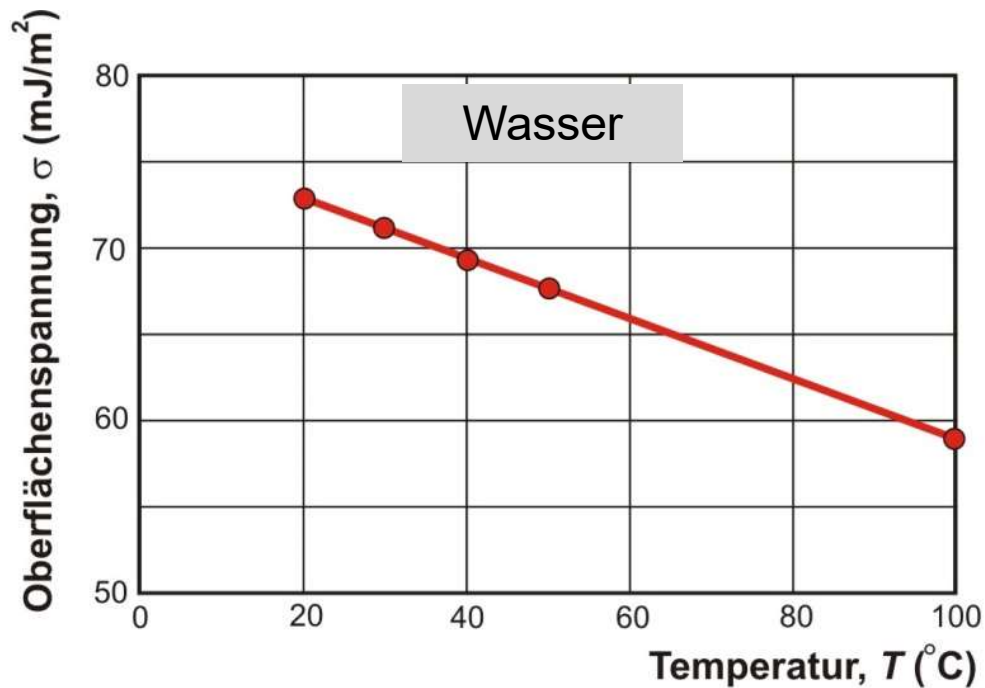
$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad \left( \frac{\text{J}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \right)$$

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

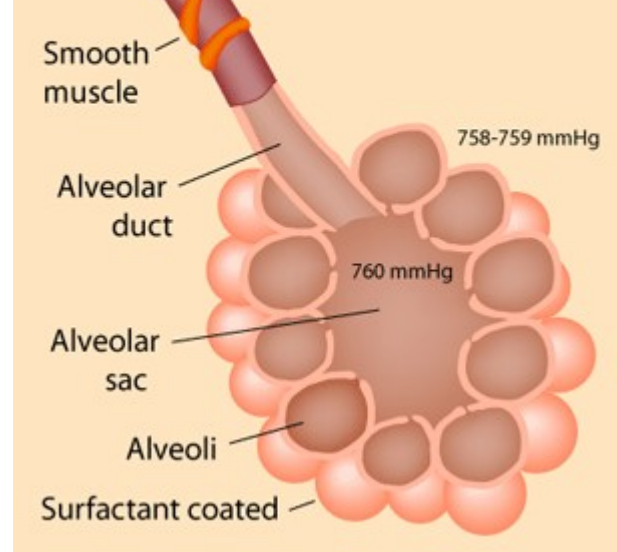
Die Temperaturabhängigkeit der  
Oberflächenspannung:







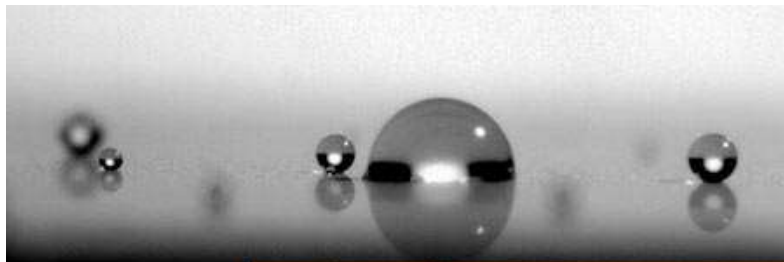
**Die hohe Oberflächenspannung des Wassers kann Probleme verursachen!**  
 „Neonatales Atemnotsyndrom“  
 RDS=respiratory distress syndrome



Weitere Erscheinungen, wobei die Oberflächenspannung eine Rolle spielt:

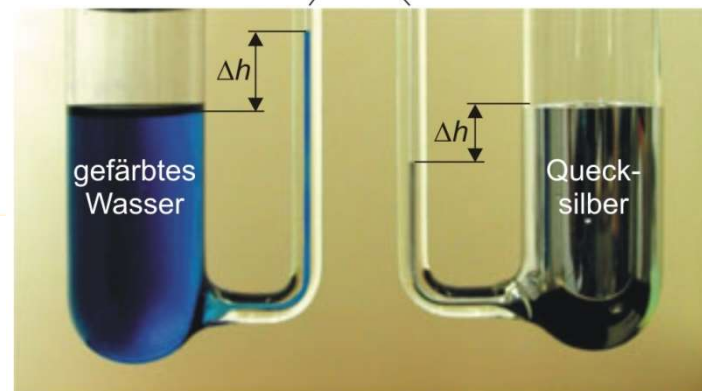


**Benetzung**



**Kapillareffekt**

dünnes Rohr



#### d) Wasser und seine günstige Eigenschaften:

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

