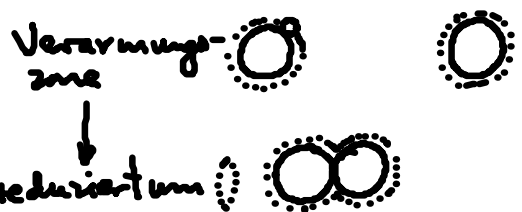
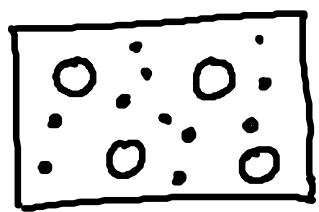


7.2 Verarmungskräfte („depletion forces“)

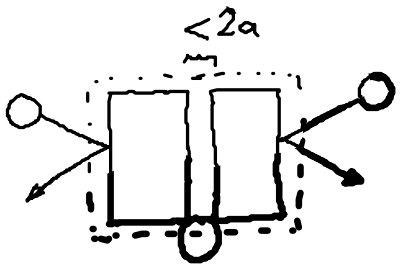
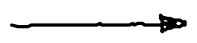
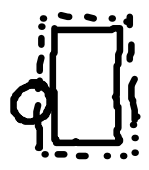
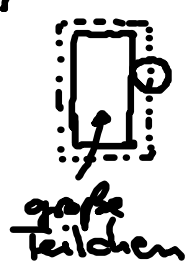


⇒ mehr Raum für \bullet ST ⇒ anziehende WW der \circ mit Reichweite $2a$

↑
Radius der kleinen Kugeln

Unordnung ⇒ Selbstorganisation

• quantitativ:



Dmstr: $c k_B T$

Abnahme freie Energie: $\Delta F = -p \Delta V = -c k_B T \times 2a A$

pro Fläche: $\frac{\Delta F}{A} = -c k_B T \times 2a$ (7.4)

↑
Querschnittsfläche große Teilchen

↑
Teilchendichte der kleinen Teilchen

• Asakura & Osawa (1954):

R ... Radius der großen Teilchen
Konzentration c

→ $\frac{\Delta F}{k_B T} = -4\pi c a^2 (R + \frac{4}{3} a)$ (7.5)

• Anwendung:

Zelle:
Hierarchie von Objekten: Ribosom → ... → Zucker, Ion
⇒ „molecular crowding“

7.3 Osmotischer Fluß

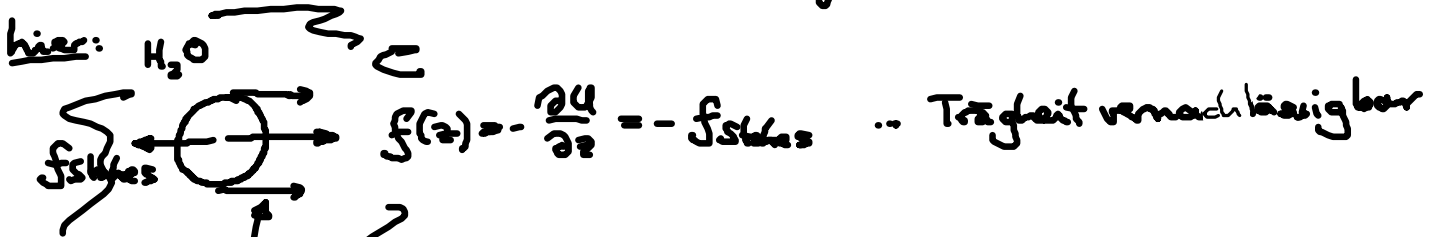
- Erklärung: Druckgefälle nahe der Membran

7.3.1. Osmotische Kraft: Mechanistische Interpretation

- Betrachte: Semipermeable Membran

↳ Potential $U(z)$ für gelöste Teilchen

- Hydrostatik für Lösg.-mittel: $\nabla p = \rho(x)$ (7.6)
(H₂O) ↑ Kraftdichte auf Flüssigkeit Exp. Granitation



(7.6) $\boxed{\frac{\partial p}{\partial z} = c(z) f(z)}$ (7.7)

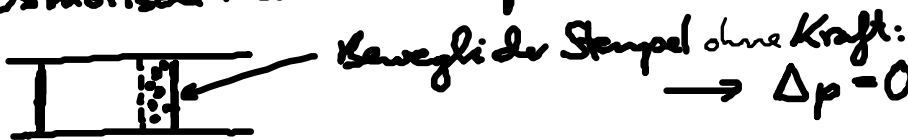
Kraft auf Teilchen → Druckgradient!

mit $c(z) f(z) = c_0 e^{-U(z)/k_B T} \left(-\frac{\partial U}{\partial z}\right) = k_B T \frac{\partial}{\partial z} (c_0 e^{-U(z)/k_B T})$

(7.7) $\rightarrow \frac{\partial p}{\partial z} = k_B T \frac{\partial c}{\partial z} \Rightarrow \boxed{\Delta p = k_B T \Delta c}$ (7.8) ... van't Hoff-Relation

7.3.2 Osmotischer Fluß

- vgl. Osmotische Maschine (Kap. 1.2.1)



wegen Druckgradient in Verdampfungszone; lineares Druckgefälle in Pore

⇒ Vol. Fluß von H₂O durch semipermeable Membran:

$$\left. \begin{array}{l} (1) j_v = \tilde{D} \Delta c \\ (2) j_v = -L_p \Delta p \quad \dots \text{auch für reines H}_2\text{O} \end{array} \right\} \begin{array}{l} j_v = \tilde{D} \Delta c - L_p \Delta p \\ j_v = 0 \quad \dots \text{Hemm. GG} \\ \& \Delta p = k_B T \Delta c \\ \rightarrow \tilde{D} = L_p k_B T \end{array}$$

Darcy Gesetz
Filtrationskoeffizient

$$\Rightarrow \boxed{j_v = -L_p(\Delta p - k_B T \Delta c)} \quad (7.9)$$

(i) $\bar{D} = L_p k_B T$ (7.10) vgl. Einstein-Rel. $D = \frac{k_B T}{\gamma}$

(ii) $\Delta p > \Delta c k_B T \rightarrow j_v < 0$... inverse Osmose

• Verallgemeinerung: gelöster Stoff diffundiert durch Membran: j_s ... Teilchenstrom

$$\begin{pmatrix} j_v \\ j_s \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta p \\ \Delta c \end{pmatrix} \quad (7.10)$$

$P_{11} = L_p$, $P_{12} = -L_p k_B T$... osmot. Fluß aufgrund von Konz.gefälle

$P_{22} = P_s$... Permeabilität (vgl. Kap. 4.4.)

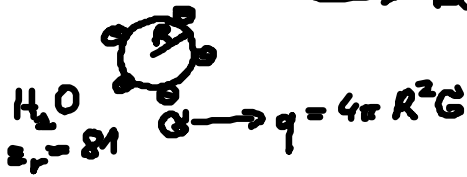
P_{21} ... Teilchenfluß durch Reibung mit Lös.mittel

Onsager: $\boxed{P_{21} = \bar{c} \left(\frac{P_{12}}{k_B T} + L_p \right)}$ o.B. \int_0
mittlere Konzentration (7.11)

7.4. Repulsive, elektrostatische WW

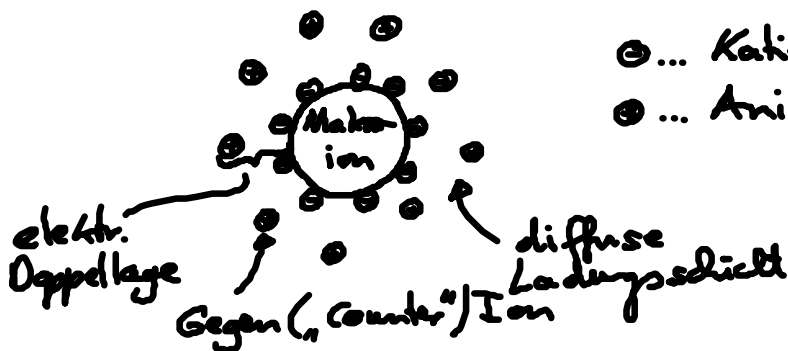
• Born-Selbsternergie \leftrightarrow Perm. Energie

$$\hookrightarrow E(R) = \frac{q^2}{8\pi\epsilon\epsilon_0 R} \quad (7.12) \quad \text{mit } G = -\frac{1e}{10\text{nm}}, \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} = 2,3 \cdot 10^{-28} \text{ Jm}$$



R	1nm	1\mu m	1mm
E(R)	10^{-27}	10^{-12}	$10^{-21} \sim k_B T$


\Rightarrow Kolloid-Teilchen in H_2O



⊙ ... Kationen: Säuregruppen, Cl^- , ...

⊙ ... Anionen: H^+ , Na^+ , K^+

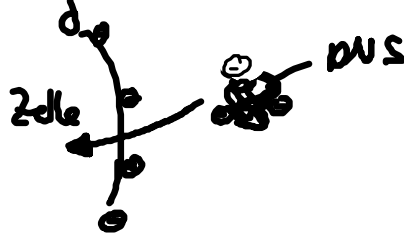
\rightarrow elektrost. WW: Vakuum: weitreichend
 Lösung: abgeschirmt, endliche Reichweite

• Bsp: Bio-Makromoleküle:
 DNS: —C(=O)O^- , Biomembranen []

(i) Stabilisierung von Kolloidsuspensionen
 „ „ Makromoleküle in der Zelle

(ii) stereospezifische Bindung von Makromolekülen (Enzym & Substrat)
 ≙ molekulare Erkennung

(iii) Gen-Therapie:



• Debye-Länge: $l_D = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r k_B T}$ (7.13)

Bsp: H_2O : $l_D = 0.7 \text{ nm}$