

3. Das 2. Ficksche Gesetz:

$$D \frac{\Delta \left(\frac{\Delta c}{\Delta x} \right)}{\Delta x} = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

bisshen anschaulichere Form

$$D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = \frac{\partial c}{\partial t}$$

exakte mathematische Form

- Partielle Differentialgleichung zweiter Ordnung
- Lösung: die Funktion $c(x, t)$

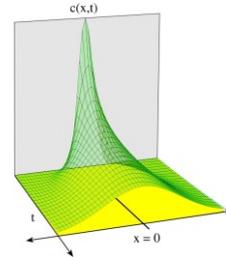
Beispiele für Lösungen:

➤ Für eindimensionale Diffusion:

anim

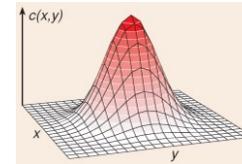
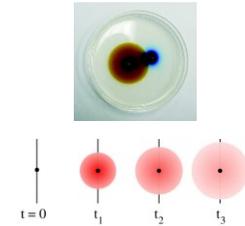
$$c(x) = \frac{c_0 \Delta x}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}}$$

$$\sigma_x = \sqrt{2Dt}$$

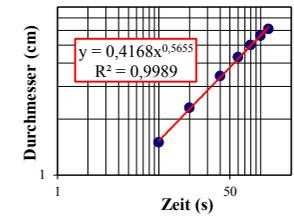
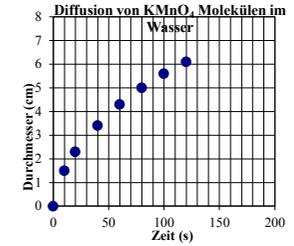


5

➤ Für zweidimensionale Diffusion:



Siehe auch Praktikum!

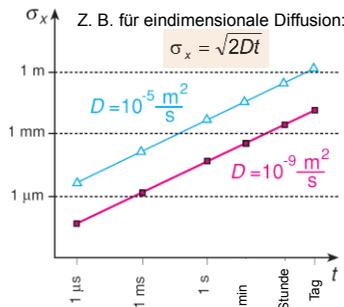


6

4. Diffusion als Random Walk



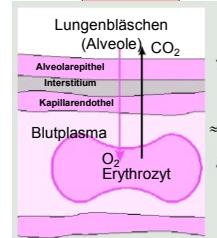
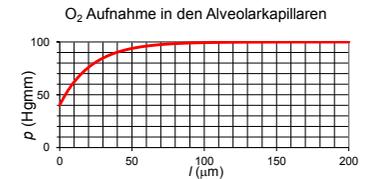
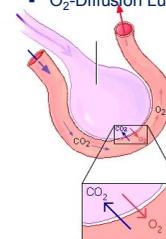
5. Zusammenfassend über die „Schnelligkeit“ der Diffusion



7

6. Anwendungen:

▪ O₂-Diffusion Lunge-Blut ➤ 1. Ficksches Gesetz:



➤ Random Walk: Wie viel Zeit brauchen die O₂-Moleküle dazu im Durchschnitt?

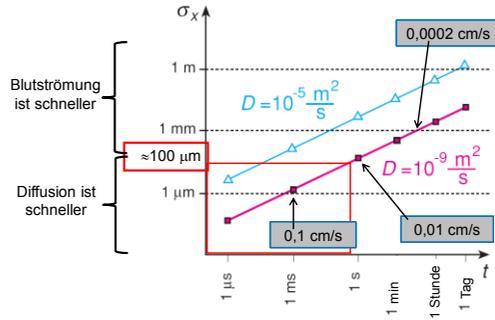
$$\sigma_x = \sqrt{2Dt}$$

D für O₂ im Wasser:
1,9 · 10⁻⁹ m/s² ≈ 1 · 10⁻⁹ m/s²

8

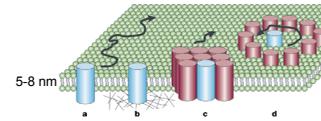
➤ Zusammenfassend: Welcher Transportprozess ist „schneller“ für O₂-Transport?

| Blutströmung: | |
|---------------|------------|
| Gefäß | Kapillaren |
| v (cm/s) | 0,022 |



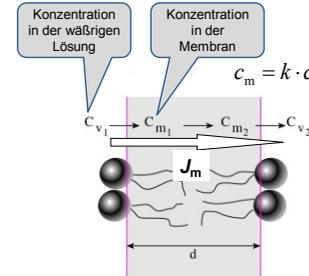
9

Anwendung: Diffusion in Membranen



- Laterale Diffusion
Lipide: $D_{lateral} \approx 10^{-12} m^2/s$
Proteine: $D_{lateral} \approx 10^{-13} - 10^{-17} m^2/s$

▪ Diffusion durch die Membran (passiver Transport)



Aufgrund des 1. Fickschen Gesetzes:

$$J_m = -D \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x} = -D \cdot \frac{c_{m2} - c_{m1}}{d} = -D \cdot k \cdot \frac{c_{v2} - c_{v1}}{d} = -p(c_{v2} - c_{v1})$$

$$J_m = -p(c_{v2} - c_{v1})$$

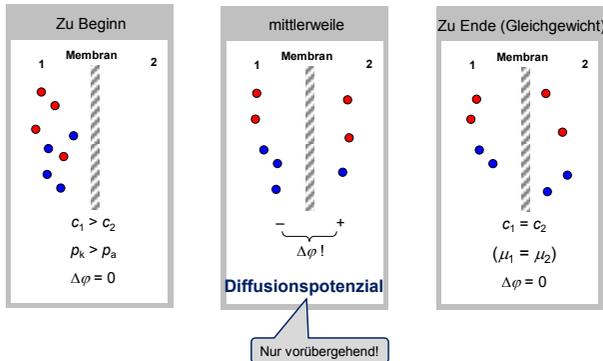
Permeabilitätskoeffizient (m/s)

10

▪ Diffusion von Ionen durch eine Membran (zwei Spezialfälle)

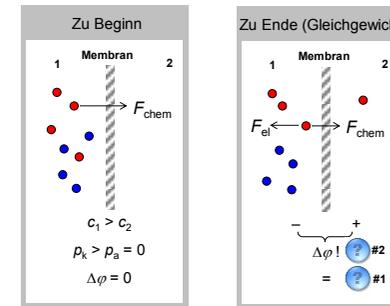
einwertige Ionen: ● Kation (k) ● Anion (a)

1. Die Permeabilitätswerte sind unterschiedlich, z. B. $p_k > p_a$



11

2. Die Permeabilität für das eine Ion ist Null, z. B. $p_a = 0$



Elektrochemisches Potenzial (J/mol):

$$\mu_e = \mu + F \cdot \phi$$

Im Gleichgewicht:

$$\mu_{e1} = \mu_{e2}$$

Nernst-Gleichung:

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = -\frac{RT}{F} \ln \frac{c_2}{c_1}$$

- Kation (k)
- Anion (a)

12