

2017. 03. 27.

3. Das 2. ficksche Gesetz

5. Zusammenfassend über die „Schnelligkeit“ der Diffusion

- O₂-Diffusion Lunge-Blut
- Laterale Diffusion in Membranen
- Diffusion durch Membranen (passiver Transport)
- Diffusion von Ionen durch eine Membran, Diffusionspotenzial, Nernst-Gleichung



The image shows two identical glasses filled with a yellow liquid, likely representing the 'yellow' in the 'yellow fever' metaphor. To the right of the glasses is a dark, rectangular area filled with numerous small, white, star-like spots, representing the 'dark' in the 'dark matter' metaphor.

1. Ficksches Gesetz $\frac{\Delta v}{\Delta t} = -DA \frac{\Delta c}{\Delta x}$

Diffusionskoeffizient

Einstein-Stokes-Gleichung
(Diffusionskoeffizient von
kugelförmigen Teilchen):

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta r}$$

1

2

Partialdruck von O_2 : 100 mmHg

Partialdruck von O_2 : 100 mmHg

Partialdruck von O_2 : 40 mmHg

CO_2

O_2

CO_2

O_2

Probleme bei der Anwendung:

- Gas - Flüssigkeit ➡ Partialdruck p !

Der **Partialdruck** ist der *Druck*, der in einem (idealen) Gasgemisch einer einzelnen Komponente zugeordnet ist.
 Z. B. In der Atmosphäre $p = 101 \text{ kPa} = 760 \text{ mmHg}$ und daraus
 $p_{O_2} = 21 \text{ kPa} = 160 \text{ mmHg}$

Henry-Gesetz: $p = k_H \cdot c$

Partialdruck im Gas

Konzentration im flüssigen Medium

Probleme bei der Anwendung:

➤ Gas - Flüssigkeit → Partialdruck p !

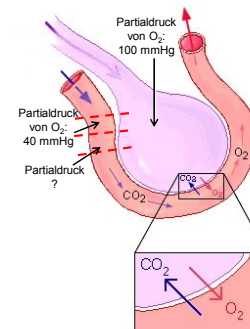
Der **Partialdruck** ist der *Druck*, der in einem (idealen) Gasmisch einer einzelnen Komponente zugeordnet ist.
Z. B. In der Atmosphäre $p = 101 \text{ kPa} = 760 \text{ mmHg}$ und daraus
 $p_{\text{O}_2} = 21 \text{ kPa} = 160 \text{ mmHg}$

Henry-Gesetz:

$$p = k_H \cdot c$$

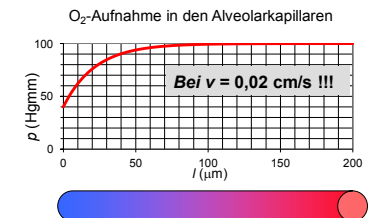
Henry-Konstante
z. B. für O_2 bei $25^\circ C$:
 $k_H = 77\,700 \text{ l} \cdot \text{kPa/mol}$

Die Kapillare wird auf so kleine Abschnitte aufgeteilt, dass innerhalb eines Abschnittes der Partialdruck schon als konstant betrachtet werden kann. Das 1. ficksche Gesetz wird dann für diese Abschnitte nacheinander verwendet. → Excel



- Membran \approx Wasser

Bei welcher Blutgeschwindigkeit wird das Blut mit O_2 gesättigt?



4

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 $c(x, t)$

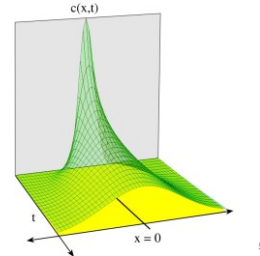
Beispiele für Lösungen:

➤ Für eindimensionale Diffusion:

anim

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

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

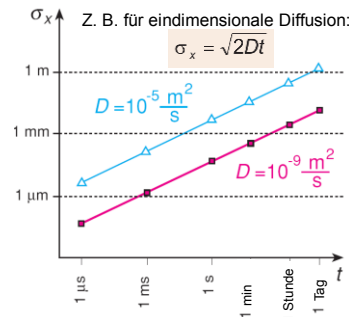


5

4. Diffusion als Random Walk

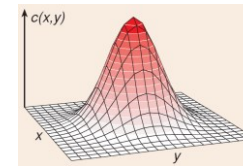
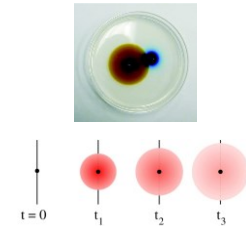
$$\sigma \approx \sqrt{D \cdot t}$$

5. Zusammenfassend über die „Schnelligkeit“ der Diffusion

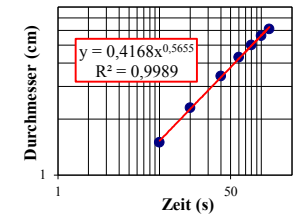
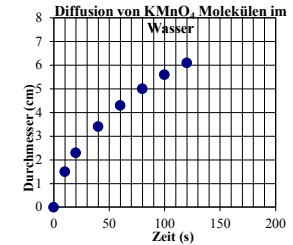


7

➤ Für zweidimensionale Diffusion:



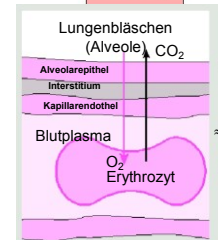
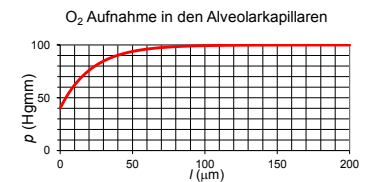
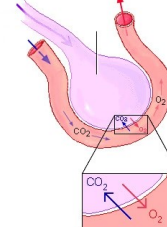
Siehe auch Praktikum!



6

6. Anwendungen:

▪ O_2 -Diffusion Lunge-Blut ➤ 1. Ficksches Gesetz:



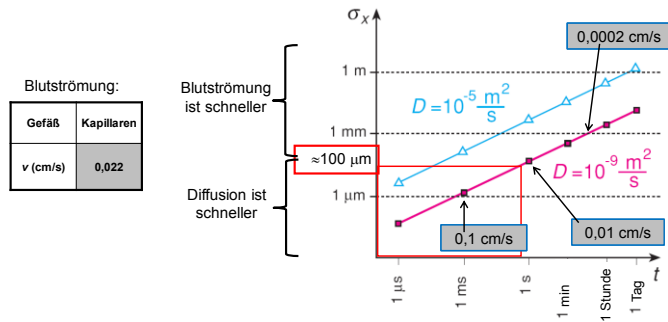
➤ Random Walk: Wie viel Zeit brauchen die O_2 -Moleküle dazu im Durchschnitt?

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

D für O_2 im Wasser:
 $1,9 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s} \approx 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}^2$

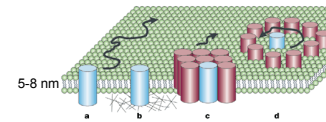
8

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



9

Anwendung: Diffusion in Membranen

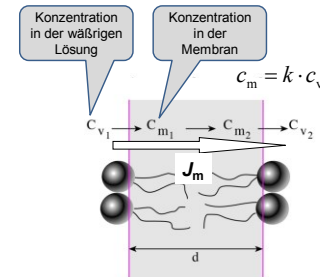


Laterale Diffusion

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:

$$J_m = -D \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x} = -D \cdot \frac{c_{m2} - c_{m1}}{d}$$

$$= -D \cdot k \cdot \frac{c_{v2} - c_{v1}}{d} = -p(c_{v2} - c_{v1})$$

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

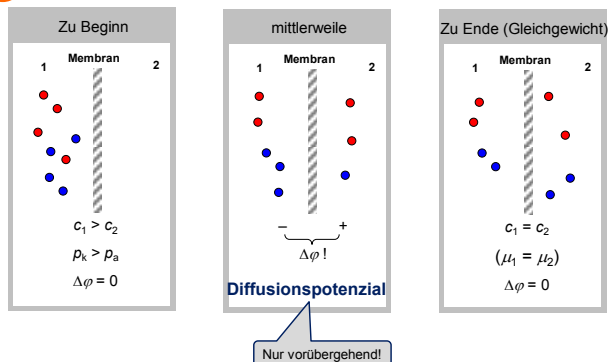
Permeabilitätskoeffizient (m/s)

10

Diffusion von Ionen durch eine Membran (zwei Spezialfälle)

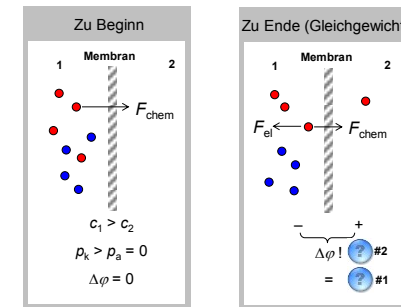
einwertige Ionen: ● Kation (k) ● Anion (a)

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:

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

#2

Nernst-Gleichung:

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

● Kation (k)

● Anion (a)

12