

Übrigens...

Die Triebkraftberechnungen erforderten bislang nur das einfache Einsetzen von gegebenen Zahlen in die Formel

$$E = E_m - E_x$$

**Rechenbeispiel zur Triebkraft aus einem Examen:**

Ruhemembranpotenzial = -60 mV ,
Gleichgewichtspotenzial von Natrium = $+60 \text{ mV}$.

Nach Einsetzen in die Formel steht da:

$$E = (-60 \text{ mV}) - 60 \text{ mV} = -120 \text{ mV}$$

Das bedeutet, dass Natrium mit einer Potentialdifferenz von -120 mV in die Zelle getrieben wird.

Merke:

per Definition:

- positive Ströme = Ausstrom von Kationen
- negative Ströme = Einstrom von Kationen

Für das Gleichgewichtspotenzial:

- Das elektrochemische Potenzial E (= Triebkraft) für Ionen an der Membran errechnet sich aus der Differenz von aktuellem Membranpotenzial (E_m) und Gleichgewichtspotenzial für das betreffende Ion (E_x).
- Beim Gleichgewichtspotenzial beträgt die elektrochemische Potentialdifferenz für das betreffende Ion 0. Daher sind hier die elektrische und die chemische Triebkraft gleich groß, aber entgegengesetzt gerichtet!
- Das Gleichgewichtspotenzial lässt sich mit der Nernstgleichung berechnen.

1.9.1 Nernstgleichung

Die Nernstgleichung dient dazu, das Gleichgewichtspotenzial für eine bestimmte Ionensorte zu berechnen. Zu diesem Thema solltet ihr unbedingt wissen, was die einzelnen Konstanten bedeuten und, dass man den Logarithmus aus der äußeren Konzentration einer Ionensorte geteilt durch die innere Konzentration bildet.

Übersicht über verschiedene Logarithmen:

- $\log$ von $10 = 1$
- $\log$ von $100 = 2$
- $\log$ von $1000 = 3$
- $\log$ von $10^{-3} = -3$

Also einfach die Nullen zählen (Beispiel 1-3) oder die Hochzahl nehmen (Beispiel 4)...

$$\text{Gleichgewichtspotenzial } E_x = \frac{R \times T}{F \times Z} \ln \frac{[\text{Ion}_{\text{außen}}]}{[\text{Ion}_{\text{innen}}]}$$

R = Gaskonstante

T = absolute Temperatur

F = Faraday-Konstante

Z = Wertigkeit des Ions (Vorzeichen)

Abb. 7: Nernstgleichung

Übrigens...

Sollte sich die Wertigkeit eines Ions (= Ladungszahl: für Calcium $+2$, für Chlorid -1 etc.) ändern, war es bisher im schriftlichen Examen immer so, dass die geänderte Formel mit angegeben wurde.

Ausgerechnet ergibt das für positive einwertige Ionen (z.B. Natrium):

$$E_x = 60 \text{ mV} \cdot \log \frac{\text{Ion}_{\text{außen}}}{\text{Ion}_{\text{innen}}}$$

Beispiele:

Natrium intrazellulär = 14 mmol/l

Natrium extrazellulär = 140 mmol/l

Eingesetzt in die Formel ergibt das den Quotient $10/1 = 10$.

Der $\log$ von 10 ist 1 und das Gleichgewichtspotenzial daher 60 mV .

Die Ca^{2+} -Konzentration im Zytosol einer Zelle sei zehntausendfach geringer als extrazellulär, d.h. $C_{\text{innen}} : C_{\text{außen}} = 1:10000$.

angegeben war diese Formel:

$$E_{\text{Ca}} = -(\lg \frac{C_i}{C_a}) \cdot 30 \text{ mV}$$

Der $\log$ von $1:10000$ ist -4 , eingesetzt in die Formel ergibt das: $E_{\text{Ca}} = -(-4) \cdot 30 \text{ mV} = +120 \text{ mV}$

Übrigens...

Hier wurde im schriftlichen Examen die Formel verändert, aber auch angegeben. Bitte beachtet das Minuszeichen vor dem Logarithmus. Das resultiert daraus, dass der Bruch hier auf den Kopf gestellt wurde und nun innen durch außen geteilt wird. Wenn wir mit unserer Formel rechnen würden, kämen wir auf dasselbe Ergebnis: $E_{\text{Ca}} = 60 \text{ mV} / 2 \lg \text{außen/innen}$, die 2 im Nenner gibt die Wertigkeit $z = +2$ von Calcium an.