

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 Potenzialdifferenz von -120 mV in die Zelle getrieben wird.

MERKE:

per Definition:

- positive Ströme = Ausstrom von Kationen
 - negative Ströme = Einstrom von Kationen
- Kationen sind wie das Kalium positiv geladene Teilchen.

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 Potenzialdifferenz 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:

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

R = Gaskonstante

T = absolute Temperatur

F = Faraday-Konstante

Z = Wertigkeit des Ions (Vorzeichen)

Abb. 7: Nernstgleichung

Setzt man in die Nernstgleichung die Konstanten ein und ersetzt den natürlichen durch den dekadischen Logarithmus, so erhält man folgende Formel:

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

Das z gibt die Ladungszahl des Ions (= Wertigkeit) an. Für Natrium und Kalium beträgt sie $+1$, für Calcium $+2$ und für **Chlorid** -1 . Auf diese Feinheit wurde in den letzten Examen oft Wert gelegt. Wird daher wieder mal nach Chlorid gefragt, muss ein Minuszeichen vor die Formel und bei Calcium müssen die 60 mV noch durch 2 geteilt werden ($= 30 \text{ mV}$).



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)...

Beispiel 1: Natrium intrazellulär sei 14 mmol/l , Natrium extrazellulär 140 mmol/l . Eingesetzt in die Formel ergibt das:

$$60 \text{ mV} \cdot \log \frac{140}{14}$$

$140/14 = 10$ und $\log$ von $10 = 1$. Damit beträgt das Gleichgewichtspotential $60 \text{ mV} \cdot 1 = 60 \text{ mV}$.

Beispiel 2: Die Calciumkonzentration im Zytosol einer Zelle sei 10000 -fach geringer als extrazellulär. Eingesetzt in die Formel ergibt dies mit $z = 2$:

$$\frac{60 \text{ mV}}{2} \cdot \log \frac{10000}{1}$$

da $60/2 = 30$ und $\log$ von $10000 = 4$, ergibt sich $30 \text{ mV} \cdot 4 = 120 \text{ mV}$.

Beispiel 3: Chlorid intrazellulär sei 12 mmol/l , Chlorid extrazellulär 120 mmol/l . Eingesetzt in die Formel, mit z für **Chlorid** = -1 ergibt dies:

$$\frac{60 \text{ mV}}{(-1)} \cdot \log \frac{120}{12}$$

Da $120/12 = 10$ und $\log$ von $10 = 1$ erhält man $-60 \text{ mV} \cdot 1 = -60 \text{ mV}$.

Beispiel 4: Chlorid intrazellulär sei 2 mmol/l , Chlorid extrazellulär 200 mmol/l . Analog zu Beispiel 3 ergibt dies:

$$\frac{60 \text{ mV}}{(-1)} \cdot \log \frac{200}{2}$$

Da $\log$ von $100 = 2$ ergibt sich $-60 \text{ mV} \cdot 2 = -120 \text{ mV}$.