

Lösungen zur Aufgabe Axone als Kondensatoren

a) Einsetzen in die Formel: $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d} = \frac{\varepsilon_0 \cdot 7 \cdot 2\pi \cdot 5 \mu\text{m} \cdot 100 \mu\text{m}}{6 \text{ nm}} \approx 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ F}$

b) Potential: Das elektrische Potential ist der Quotient aus der potentiellen Energie eines Körpers im elektrischen Feld und der Ladung dieses Körpers. Im Fall der Nervenzelle wird das Potential des Zelläußeren auf Null festgelegt.

Spannung: Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten, im Fall der Nervenzelle zwischen Zellinnerem und Zelläußeren.

c) $C = \frac{Q}{U} \rightarrow Q = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ F} \cdot 70 \text{ mV} = 2,24 \cdot 10^{-12} \text{ C}$

Kalium ist einfach positiv geladen $\Rightarrow N = Q/e = 1,4 \cdot 10^7$

d) $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d} = \frac{\varepsilon_0 \cdot 7 \cdot 2\pi \cdot 5 \mu\text{m} \cdot 100 \mu\text{m}}{3,4 \mu\text{m}} \approx 5,7 \cdot 10^{-14} \text{ F}$, $C = \frac{Q}{U} \rightarrow U = \frac{Q}{C} = \frac{2,24 \cdot 10^{-12} \text{ C}}{5,7 \cdot 10^{-14} \text{ F}} = 39 \text{ V}$

e) Offenbar müssen viel weniger Ionen nach außen diffundieren, um 70 mV Potentialunterschied zu erzeugen, vgl. Teilaufgabe d. Der Ladevorgang ist daher schneller, da weniger Teilchen ihren Ort wechseln müssen.

f) Ohne Myelinscheide: $C = 2\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} = 2\pi \varepsilon_0 \cdot 7 \cdot \frac{100 \mu\text{m}}{\ln\left(\frac{5,006 \mu\text{m}}{5 \mu\text{m}}\right)} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ F}$

Näherungsweise gleiches Ergebnis wie das Plattenkondensatormodell. Das einfache Modell liefert gute Vorhersagen.

Mit Myelinscheide: $C = 2\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} = 2\pi \varepsilon_0 \cdot 7 \cdot \frac{100 \mu\text{m}}{\ln\left(\frac{8,4 \mu\text{m}}{5 \mu\text{m}}\right)} = 7,5 \cdot 10^{-14} \text{ F}$

Hier ist die Abweichung zum Plattenkondensatormodell ($5,7 \cdot 10^{-14} \text{ F}$) größer (das einfache Modell passt nicht mehr so gut), die Abweichung ist aber noch akzeptabel.