

# 6. Übung zur Medizinphysik I

SS 2015

Ausgabe: 11.05.2015

Abgabe: 18.05.2015, 10:00 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

---

## Aufgabe 1: Messung an einer Membran (3 Punkte)

Zur Bestimmung der Kapazität  $C$  und des Widerstands  $R$  einer Membran wird eine Wechselspannung  $U(t)$  zwischen Intra- und Extrazellularraum angelegt. Es wird die Stromstärke  $I(t)$  gemessen.

- Nehmen Sie an, dass der Widerstand  $R$  und Kapazität  $C$  parallel geschaltet sind. Leiten Sie eine Formel zur Bestimmung von  $R$  und  $C$  aus der Schaltung her. Was ergibt sich für die Impedanz  $Z$ ? Nutzen Sie dafür die Beziehung der Phase  $\tan \varphi = -\omega RC$  aus.
- Die Membran einer Nevenzelle hat in etwa einen Durchmesser von  $d = 120 \mu\text{m}$  und kann näherungsweise als ein kreisförmiger Plattenkondensator beschrieben werden. Die Oberfläche dieses Kondensators entspricht der Oberfläche  $A$  der Zelle. Die Membrandicke beträgt  $x = 7 \text{ nm}$ . Die Dielektrizitätszahl der Membran entspricht  $\epsilon_r = 12$ . Wie lautet die Kapazität  $C$  für die Membran?
- Bei der Exocytose werden Stoffe aus dem Zellinneren ausgestoßen. Kann dieser Vorgang mit der oben beschriebenen Messung beobachtet werden?

## Aufgabe 2: Transportproteine und Membranpotential (3 Punkte)

Die Membran von Muskel- und Nervenzellen enthalten Proteine, die Ionenkanäle freilassen. Eine besondere Form dieser Kanäle sind die Ionenpumpen. Dabei sind die am wichtigsten, die  $\text{Na}^+$  und  $\text{K}^+$  pumpen.

- Nennen Sie weitere Transportwege durch die Zellmembran, sowie ihre treibenden Kräfte.
- Wie funktionieren die Na-K-Ionenpumpen? Wie viele Ionen werden pro Zyklus nach außen und innen transportiert?
- Wie viel Energie wird pro Zyklus benötigt, wenn das chemische Potential für Natrium  $\Delta\mu_{\text{Na}} = -6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$  beträgt und für Kalium  $\Delta\mu_{\text{K}} = +9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ? Wie viel ATP wird dafür benötigt?
- Bei den meisten Nervenzellen beträgt das Membranpotential  $\Delta U = -70 \text{ mV}$ . Diese Potenzialdifferenz wird hauptsächlich durch Natrium- und Kalium-Ionen hervorgerufen. In welchem Verhältnis müssen die Beweglichkeiten dieser beiden Ionen zueinander stehen, damit sich das Membranpotential ausbilden kann?

Hinweis:  $[\text{Na}^+]_{\text{innen}} = 9 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$ ,  $[\text{Na}^+]_{\text{ausen}} = 150 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$ ,  $[\text{K}^+]_{\text{innen}} = 144 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$ ,  $[\text{K}^+]_{\text{ausen}} = 5 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$

### Aufgabe 3: Knochenbruch (3 Punkte)

- a) Zeigen Sie, dass die Energieaufnahme in einem durch Kompression gestauchten Knochen durch

$$\Delta E = \frac{1}{2} Y \frac{A}{l} (\Delta l)^2$$

beschrieben wird. Hier stellt  $Y$  den Young Modul,  $l$  die Länge und  $A$  den Querschnitt des Knochens in Ausgangslage dar.

- b) Modellieren Sie ein menschliches Bein durch einen Knochen der Länge 95 cm und dem Querschnitt  $6,5 \text{ cm}^2$ . Der Knochen habe weiterhin eine Bruchspannung von  $10^9 \text{ dyn/cm}^2$  und ein Young Modul von  $14 \cdot 10^{10} \text{ dyn/cm}^2$ . Bis zu welcher Länge kann der Knochen gestaucht werden ohne zu brechen? Welche Energie (in Joule) nimmt er dabei auf?

Hinweis: Achten Sie auf korrekte Umrechnung der Größen vom CGS- ins SI-Einheitensystem.

- c) Aus welcher Höhe kann ein 80 kg schwerer Mensch springen, ohne sich die Beinknochen zu brechen? Dabei soll es keine weiteren Abfederungsmechanismen geben, die den Aufprall dämpfen.