

# Dynamische Systeme in der Biologie

## Übung 01: 12. April 2018

### Aufgabe 1:

In der Vorlesung haben wir als Beispiel das Ruhepotential mit Hilfe der Nernst-Gleichung für die  $K^+$ -Ionen berechnet ( $V_m^K = -89,5$  mV). Berechnen Sie das Ruhepotential für jede der folgenden Ionenkonzentrationen:

- a)  $[Na^+]_{in} = 10$  mM und  $[Na^+]_{out} = 145$  mM
- b)  $[Cl^-]_{in} = 4$  mM und  $[Cl^-]_{out} = 110$  mM
- c)  $[Ca^{2+}]_{in} = 10^{-4}$  mM und  $[Ca^{2+}]_{out} = 2,5$  mM

Diskutieren Sie das Ergebnis!

### Aufgabe 2:

Betrachten Sie ein hypothetisches System mit zwei Kammern, die durch eine Membran getrennt sind. Diese Membran ist permeabel für die Ionen  $K^+$  und  $Cl^-$ , aber nicht für das Ion  $A^-$ . Es gibt keinen aktiven Ionentransport. Die Konzentrationen (in mM) sind wie folgt:

|        | I   | II  |
|--------|-----|-----|
| $A^-$  | 100 | 0   |
| $K^+$  | 150 | 150 |
| $Cl^-$ | 50  | 150 |

- a) Ist das System im electrochemischen Gleichgewicht? (d.h. wie groß ist die Gesamtladung in I? Und in II? Gibt es einen Konzentrationsgradienten zwischen I und II?)?
- b) Falls nicht, in welche Richtung fließen die einzelnen Ionen? Wie ist das Verhältnis der Ionen in I und II im Gleichgewicht?

### Aufgabe 3:

Ein großes Neuron enthält folgende Ionen  $[K^+] = 150 \text{ mM}$ ,  $[Na^+] = 10 \text{ mM}$ ,  $[Cl^-] = 50 \text{ mM}$ ,  $[A^-] = 110 \text{ mM}$ ,  $[Ca^{2+}] = 10^{-4} \text{ mM}$  und wird in eine Kammer gelegt, die ein Kulturmedium von etwa der selben Menge enthält, mit den Ionenkonzentrationen  $[K^+] = 150 \text{ mM}$ ,  $[Na^+] = 90 \text{ mM}$ ,  $[Cl^-] = 250 \text{ mM}$ ,  $[Ca^{2+}] = 5 \text{ mM}$ . Die Permeabilität der Membran im Ruhezustand ist  $P_K : P_{Na} : P_{Cl} : P_A : P_{Ca} = 1 : 0 : 1 : 0 : 0$ . Die Temperatur beträgt  $T = 20^\circ\text{C}$ .

- Ist das Neuron im elektrochemischen Gleichgewicht gleich nachdem es in das Medium platziert wurde?
- Was sind die Ionenkonzentrationen innen und außen im Gleichgewicht?
- Was ist das Ruhepotential? Zeigen Sie, dass Sie sowohl mit der Nernst-Gleichung als auch mit der Goldman Gleichung auf das gleiche Ergebnis kommen.

### Zusatzaufgabe:

Wir haben in der Vorlesung besprochen, dass Ladungsneutralität innerhalb und außerhalb des Neurons eine gute Annäherung ist, da nur sehr wenige unkompenzierte Ionen für eine große Spannung über die Membran notwendig sind.

Wenn die Membran eine Kapazität von  $1\mu\text{F}/\text{cm}^2$  (siehe Hinweis) und die Ionenkonzentration innen und außen etwa jeweils  $0,1 \text{ mol}$  beträgt, wie groß ist der Anteil der unkompenzierten Ionen auf jeder Seite der Membran für einen Potentialunterschied von  $100\text{mV}$  (für ein Membranstück von  $1\text{cm}^2$ )?

**Hinweise:** a)  $1\mu\text{F}/\text{cm}^2$  entspricht  $10^{-6}$  unkompenzierte Coulombs auf jeder Seite eines  $1\text{cm}^2$  großen Stücks Membran, die für einen Potentialunterschied über die Membran von  $1\text{V}$  benötigt werden. b) Die Einheit Faraday  $[F] = \text{Coulomb}/\text{Volt}$ . c) Die Einheitsladung (die Ladung eines Ions mit Valence 1) ist  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ . d) Die Avogadro-Konstante (die Zahl der Ionen in einem Mol)  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ .