

Übung zur theoretischen Physik neuronaler Informationsverarbeitung (Prof. J. L. van Hemmen)

Aufgabe 1: Goldman-Gleichung

Die Goldman-Gleichung beschreibt das Membranpotential V_m in Abhängigkeit von der Temperatur T , den Ionenkonzentrationen $c_i(X)$ des Ions X innen und $c_a(X)$ außen sowie den Permeabilitäten P_X . Für die Ionen $X \in \{K^+, Na^+, Cl^-\}$ lautet sie

$$V_m = \frac{RT}{F} \ln \left[\frac{P_K c_a(K^+) + P_{Na} c_a(Na^+) + P_{Cl} c_i(Cl^-)}{P_K c_i(K^+) + P_{Na} c_i(Na^+) + P_{Cl} c_a(Cl^-)} \right]$$

Zeigen Sie, dass falls $P_K = P_{Cl}$ und $P_{Na} = 0$ und ein Donnan-Gleichgewicht

$$\frac{c_a(K^+)}{c_i(K^+)} = \frac{c_i(Cl^-)}{c_a(Cl^-)}$$

vorliegt, das Potential V_m gleich dem Nernst-Potential sowohl für K^+ also auch Cl^- ist.

Aufgabe 2: Ladung und Konzentration

Betrachten wir eine Zelle als Kugelkondensator (Radius $r = 10 \mu\text{m}$, Membrandicke $d = 7 \text{ nm}$, die Dielektrizitätskonstante der Membran sei mit $\epsilon_r = 1$ angenommen).

Die Membranspannung sei zunächst 0. Welche Überschuss-Konzentration an (einfach geladenen) X^- -Ionen ist im Inneren notwendig, um eine Membranspannung $V_m = -70 \text{ mV}$ zu erreichen?

Aufgabe 3: Donnan-Gleichgewicht

Eine Zellwand sei nur für K^+ und Cl^- -Ionen gleichermaßen und für Na^+ nicht permeabel. Die Anfangskonzentrationen im Inneren der Zelle seien $c_i(Na^+) = 0.05 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$, $c_i(K^+) = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ und $c_i(Cl^-) = 0.15 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$, im Außenraum $c_a(Na^+) = 0.5 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$, $c_a(K^+) = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ und $c_a(Cl^-) = 0.6 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$.

Warum ist die Summe der Ladung aller Ionen im Außen- und Innenraum jeweils ungefähr gleich 0 (Quasineutralität)?

Berechnen Sie die Gleichgewichtskonzentrationen und das Membranpotential, wenn das Zellvolumen sehr viel kleiner als das Außenvolumen ist.

Besprechung der Übungen am Freitag, den 4.5.2006 um 9.15 Uhr im Raum PH 2271 (Garching).

Übungsleitung:

Moritz Fransch, mail@Fransch.org, <http://www.physik.tu-muenchen.de/lehrstuehle/T35/>.