

Aufgabe 1: Neuronenmodellierung

3 Punkte

Das einfachste Modell eines Neurons ergibt sich, indem die Membran des Neurons als Kondensator mit der Kapazität C aufgefasst wird und der Input der Neuronen als Stromstöße betrachtet werden. Vereinfacht führt dies zu einem RC-Schaltkreis, siehe gestrichelter Kreis in der Abbildung (1). In dem Modell steigt die Spannung bis zum Zeitpunkt t_f bis zu einer Schwelle θ . Sobald sie diese erreicht hat, wird sie auf einen Startwert u_r zurückgesetzt

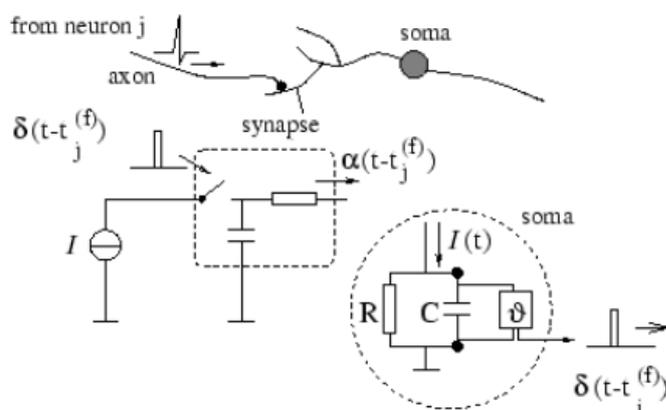


Abbildung 1: Modell eines Neurons.

- Stellen Sie die Differentialgleichung für die Spannungskurve der Membran auf unter den Bedingungen, dass die Stromstärke $I(t) = I_0$ sein soll. Weiterhin gelten die Anfangsbedingungen $u(t_1) = u_R = 0$. Dabei ist t_1 der Startzeitpunkt des Anstiegs.
- Zum Zeitpunkt t_2 erreicht die Spannung die Schwelle θ . Bestimmen Sie die Zeitdifferenz $T = t_2 - t_1$, die für den Anstieg benötigt wird.
- Skizzieren Sie die Spannung gegenüber der Zeit. Normieren Sie die Spannung durch die Schwelle $\theta = 100\text{mV}$. Die Stromstärke soll $I_0 = 10\mu\text{A}$, $R = 20\text{k}\Omega$ und $\tau = 10\text{ms}$ sein.

Aufgabe 2: Neuronales Netzwerkmodell

2 Punkte

In einem neuronalen Netzwerk leiten die Input-Neuronen i_1, i_2 und i_3 Signale an die Output-Neuronen O_1, O_2 und O_3 weiter. Die Signalübertragung erfolgt binär. Die synaptische Kopplungsgleichung hat die Gestalt

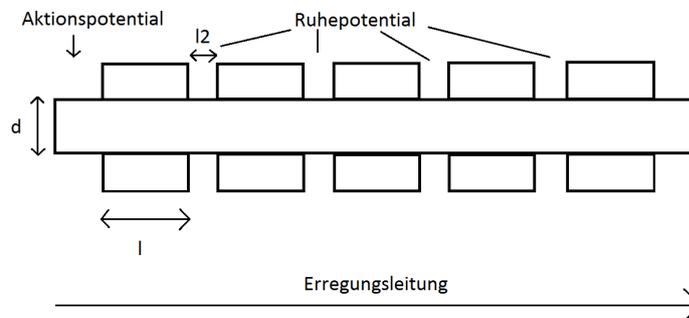
$$\begin{pmatrix} O_1 \\ O_2 \\ O_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,1 & 0,5 & 0,4 \\ 0,5 & 0,1 & -0,2 \\ 0,4 & 0 & 0,4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{pmatrix} \quad (1)$$

- Zeichnen Sie das neuronale Netzwerk und geben Sie an den Synapsen die jeweiligen Kopplungsstärken an.

- b.) Das Netzwerk soll bei einem Reiz im oberen und unteren Inputneuron ein Signal im unteren Outputneuron erstellen, ebenso bei einem Input im mittleren Neuron soll das Outputsignal im oberen Neuron ausgegeben werden und zuletzt soll bei einer Aktivierung des oberen und mittleren Inputneurons das mittlere Outputsignal angeregt werden. Geben Sie das Aktivierungspotentials an, indem dies der Fall ist.

Aufgabe 3: Nerven

4 Punkte



An Nervenzellen des Menschen liegt ein Ruhepotential von ca. -80 mV an, welches durch Aktionspotentiale auf 20 mV depolarisiert wird.

Die Ionenbeweglichkeit im Axon ist gegeben zu $\mu \approx 5 \cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Vs}$

- Bilden Sie ein einfaches Modell, ausgehend von der Skizze, anhand dem Sie die maximale Nervenleitgeschwindigkeit in Abhängigkeit der gegebenen Zellparameter bestimmen können. Die Lücken zwischen den Myelinscheidewänden soll als $l_2 = 1 \mu\text{m}$ dick angenommen werden und das nächste Aktionspotential soll ausgelöst werden, wenn die ersten Ionen den nächsten Schnürring erreichen. Wie groß ist die Nervenleitgeschwindigkeit für: $d = 1 \mu\text{m}$ und $l = 1 \text{mm}$. Wie weit ist diese realistisch und welche Faktoren wurden nicht berücksichtigt?
- Bestimmen Sie die elektrische Leitfähigkeit einer "physiologischen Lösung" aus 10g NaCl in einem Liter Wasser und schätzen Sie damit den Widerstand innerhalb einer Nervenzelle (Länge 50cm) ab.
- Wie groß wäre das durch die Nervenleitung entstehende Magnetfeld in 1mm Entfernung zur Nervenfasern? Betrachten Sie die Nervenfasern als einen geraden Leiter. [Relative magnetische Permeabilität im Gewebe: $\mu_r = 1$, Axon soll als Zylinder angenommen werden.]