

Homework 6

Electric Stimulation

Stefan Röhl

Technische Universität München, Arcisstraße 21, Munich, Germany

Email: stefan.roehl@tum.de

I. CALCULATE THE POTENTIAL FIELD

Das Potential auf einer der ebenen Fläche wird wie folgt berechnet:

```
% Koordinaten in der X,Y-Ebene
[X,Y] = meshgrid(-dim(1)/2:0.1:dim(1)/2,...
                 -dim(2)/2:0.1:dim(2)/2);
% Radialer Abstand
r = sqrt(X.^2 + Y.^2 + z^2);
% Potential
Phi = (rho_medium * I) ./ (4 * pi .* r);
```

- 1) Der Potenzialverlauf auf einer $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ Ebene über der eine Elektrode in $10\mu\text{m}$ Abstand angebracht ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Anregende Strom hat eine Größe von 1mA .

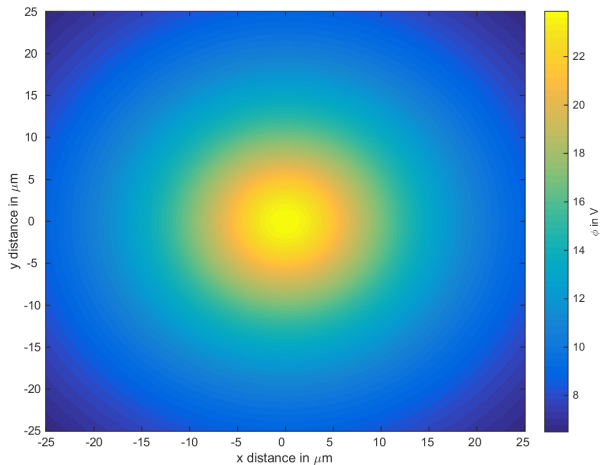


Figure 1. Potenzialfrei auf der Ebene

- 2) Die folgenden drei Graphen zeigen den Potenzialverlauf (Abb. 2), das elektrische Feld (Abb. 3) und die Aktivierungsfunktion (Abb. 4) bei einem Elektrodenstrom von 1mA .

Die anderen drei Graphen zeigen den Potenzialverlauf (Abb. 5), das elektrische Feld (Abb. 6) und die Aktivierungsfunktion (Abb. 7) bei einem Elektrodenstrom von -1mA .

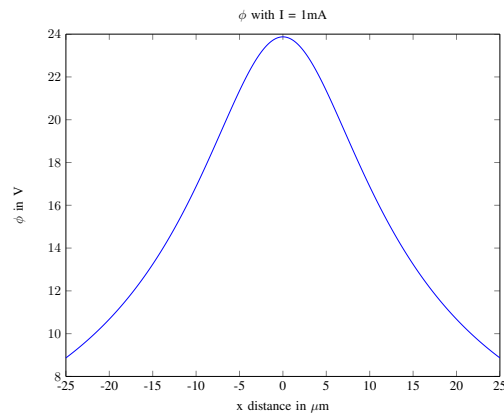


Figure 2. Potenzialverlauf im Axon bei $I = 1\text{mA}$

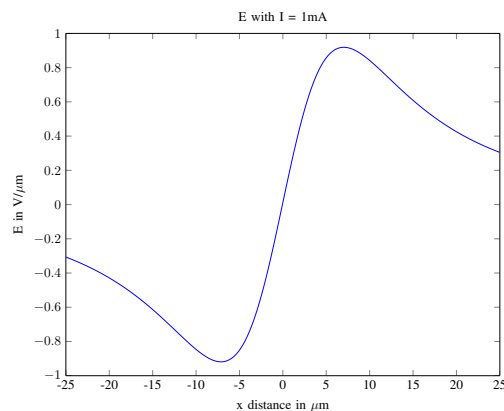


Figure 3. Elektrisches Feld im Axon bei $I = 1\text{mA}$

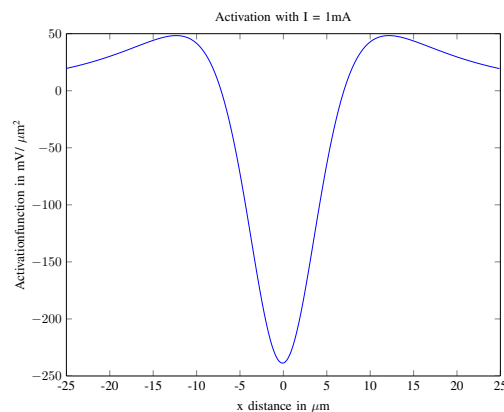


Figure 4. Aktivierungsfunktion im Axon bei $I = 1\text{mA}$

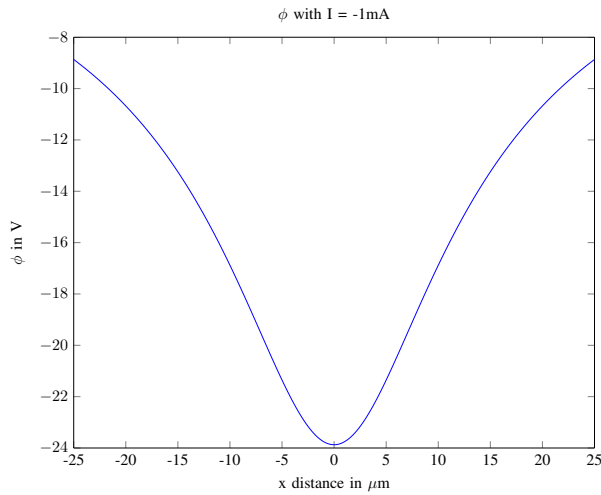


Figure 5. Potenzialverlauf im Axon bei $I = -1\text{mA}$

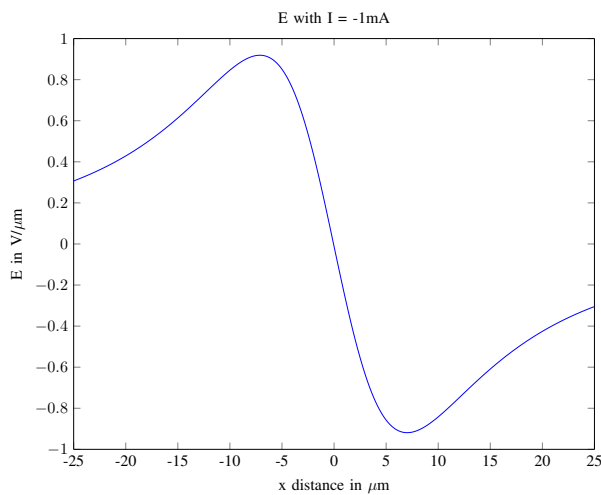


Figure 6. Elektrisches Feld im Axon bei $I = -1\text{mA}$

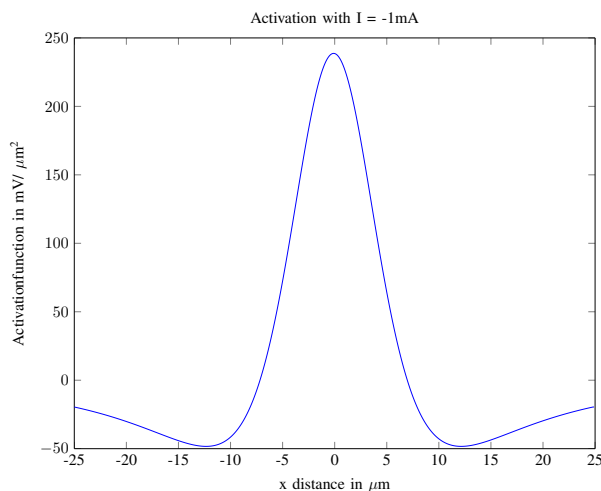


Figure 7. Aktivierungsfunktion im Axon bei $I = -1\text{mA}$

II. CREATE A NEURON MODEL

- 1) Einphasiger Strompuls mit Amplitude -0.25mA
(vgl. Abb. 8) Bei einem negativen Strom sieht die Aktivierungsfunktion wie in Abbildung 7 aus. Der Strom ist jedoch so klein, dass die Aktivierungsfunktion in keinem

Compartment groß genug ist, um ein Aktionspotential auszulösen.

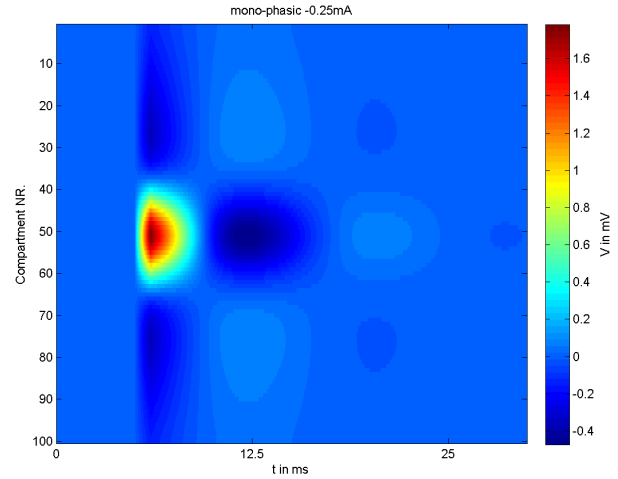


Figure 8. Membranspannung mit $I = -0.25\text{mA}$ (einphasig)

- 2) Einphasiger Strompuls mit Amplitude -1mA
(vgl. Abb. 9) Da es sich hier auch um einen negativen Strom handelt, hat die Aktivierungsfunktion auch ihr Hauptmaximum in der Mitte (bei $0\mu\text{m}$ bzw. bei Compartment 50). Der Strom ist groß genug, um eine Aktivierung zu erzeugen, die ein Aktionspotential hervorruft. Dieses propagiert symmetrisch nach links und rechts.

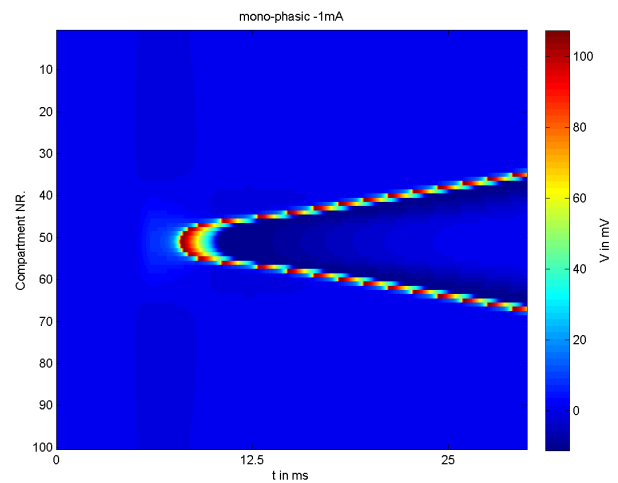


Figure 9. Membranspannung mit $I = -1\text{mA}$ (einphasig)

- 3) Bi-phasiger Strompuls mit Amplitude 0.5mA
(vgl. Abb. 10) Beim bi-phasigen Stromimpuls reicht auch eine Amplitude von 0.5mA noch nicht aus um ein Aktionspotential zu erzeugen. Vermutlich kommt dies daher, dass der zweite (gegenphasige) Strompuls dem ersten entgegenwirkt und die Aktivierung wieder verkleinert. Man kann jedoch nach dem positiven Puls schon erste

Anzeichen eine Rebounds erkennen, da hier das Membranpotential nach der negativen Aktivierungsfunktion leicht über den Ruhezustand hinausgeht.

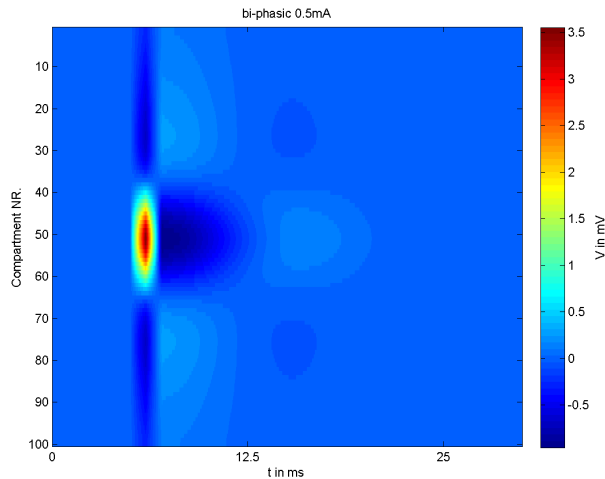


Figure 10. Membranspannung mit $I = 0.5\text{mA}$ (bi-phasic)

- 4) Bi-phasier Strompuls mit Amplitude 2mA (vgl. Abb. 11) Beim bi-phasigen Stromimpuls mit einer Amplitude von 2mA ist die Aktivierung so groß, dass ein Aktionspotential ausgelöst wird, welches dann wie in Fall 2 nach links und rechts propagiert. Auch der darauffolgende entgegengesetzt gepolte Strompuls kann das Aktionspotential nicht mehr aufhalten. Die zell-internen Ströme sind zu diesem Zeitpunkt schon so stark, dass kaum mehr ein hemmender Einfluss des positiven Stromes (negative Aktivierung) zu erkennen ist.

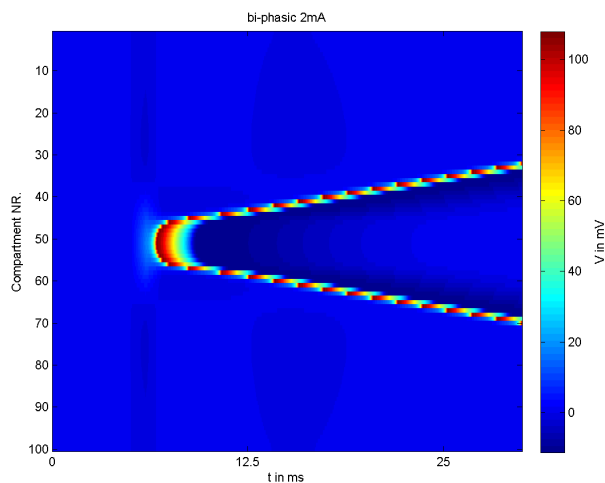


Figure 11. Membranspannung mit $I = 2\text{mA}$ (bi-phasic)

- 5) Einphasiger Strompuls mit Amplitude 0.25mA (vgl. Abb. 12) Der positive Strom Impuls verursacht eine Aktivierung mit einem negativen Hauptauschlag und zwei positiven Nebenmaxima (siehe Abb. 4). Weder der Rebound, noch die positiven Nebenmaxima sind groß genug um ein Aktionspotential auszulösen.
- 6) Einphasiger Strompuls mit Amplitude 5mA (vgl. Abb. 13) Beim positiven Strom mit Amplitude 5mA passieren zwei Dinge. Die Nebenmaxima sind so

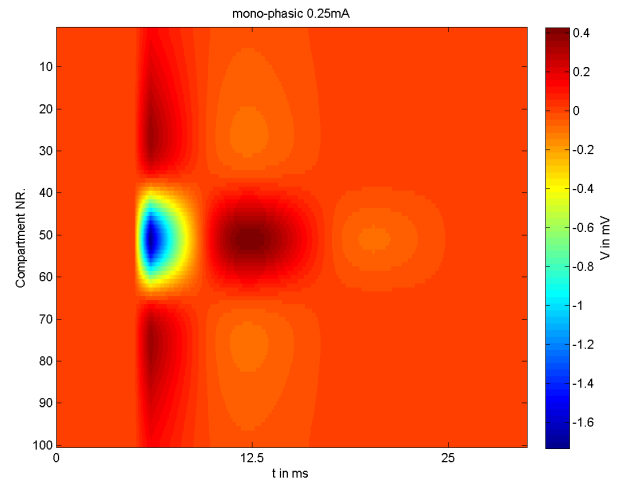


Figure 12. Membranspannung mit $I = 0.25\text{mA}$ (einphasig)

groß, dass diese an zwei Stellen ein Aktionspotential auslösen. Diese propagieren jeweils nach innen und außen und würden sich in der Mitte treffen und gegenseitig wieder ausbremsen. Durch die extrem große negative Hauptamplitude der Aktivierungsfunktion kommt es auf dem Weg zur Rückkehr in den Ruhezustand zu einem Überspringen durch den schnellen Natrium Strom. Der Kalium Strom ist langsamer und kann den Natrium Strom nicht so schnell ausgleichen, sodass es zu einem positiven Umschlag der Membranspannung kommt. Dies bezeichnet man auch als Rebound-Firing. Diese Mechanismus verursacht einige Millisekunden ein Aktionspotential in der Compartment in der Mitte des Axons. Dieses Aktionspotential propagiert jetzt als drittes durch das Axon und trifft auf die zur Mitte hin wandernden Teile der vorher ausgelösten Aktionspotentiale. Da ein Compartment einige Zeit nach einem Aktionspotential kein weiteres weiterlernen kann, da sie sich im refraktären Zustand befindet, heben Aktionspotentiale auf, wenn sie aufeinander treffen.

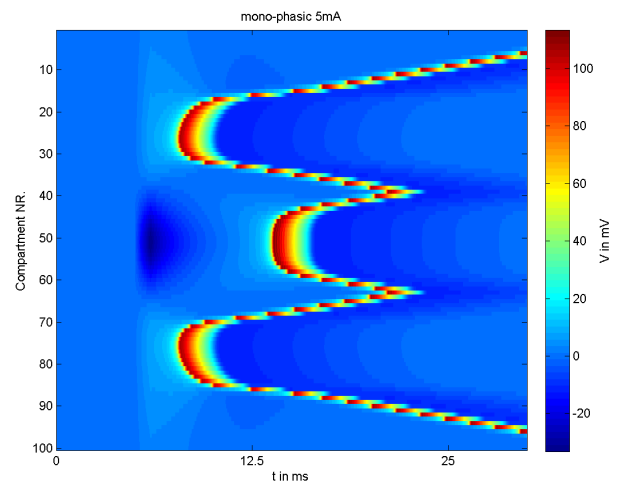


Figure 13. Membranspannung mit $I = 5\text{mA}$ (einphasig)