

Erregungsleitung am Axon (1)

Aufgaben

1 Auswirkung eines Aktionspotentials auf den Nachbarbereich (M1)

- 1.1 Beschriften Sie die Bestandteile a-c in B1.
- 1.2 Die (schmalen) Pfeile in dieser Abbildung symbolisieren Feldlinien des elektrischen Feldes, das zwischen zwei benachbarten Schnürringen besteht. Sie ziehen von Plus nach Minus.

Tragen Sie an den entsprechenden Stellen die Ladungen auf beiden Seiten der Axonmembran ein und bestimmen Sie, an welchen Stellen (A bzw. B) ein Aktionspotential vorliegt.
- 1.3 Das elektrische Feld, das vom Aktionspotential ausgeht, depolarisiert die Axonmembran am benachbarten Schnürring um mehr als 20 mV.

Beschreiben Sie die Folgen dieses Einflusses auf diesen Schnürring und die weitere Folge davon in den anschließenden 4 Millisekunden.

2 Vergleiche

- 2.1 Sowohl im Axon wie auch in einem Computerkabel werden Informationen geleitet. Dennoch bestehen zwischen beiden Leitungssystemen entscheidende Unterschiede.

Vergleichen Sie die Eigenschaften der Informationsleitung im Axon mit den folgenden Eigenschaften der Informationsleitung im Computerkabel: Das Computerkabel funktioniert nur in einem geschlossenen Stromkreis, in ihm bewegen sich Elektronen entlang der Längsachse des Kabels und die Information ist durch zwei Zeichen (0; 1) codiert.
- 2.2 Es gibt Lichterketten, bei denen durch sukzessives Ein- und Ausschalten der Lämpchen suggeriert wird, dass das Licht würde die Kette entlang wandern.

Beurteilen Sie, ob eine solche Lichterkette ein gutes Modell für die Erregungsleitung im Axon darstellt.

3 Weiterleitung der Erregung im Axon (M2)

- 3.1 Tragen Sie in B2 nach den Angaben im Text an den entsprechenden Stellen die Ladungen jeweils auf beiden Seiten der Axonmembran ein.
- 3.2 Das Aktionspotential an einem Schnürring bewirkt eine Depolarisation um mehr als 20 Millivolt in den zwei bis drei benachbarten Schnürringen in beide Richtungen.

Begründen Sie die Auswirkungen des Aktionspotentials an Schnürring C auf die übrigen drei Schnürringe, die in B2 dargestellt sind.
- 3.3 Begründen Sie anhand der Ergebnisse aus Aufgabe 3.2, dass die Erregungsleitung im Axon immer nur in Richtung Axonende erfolgt.

4 Vergleich der Erregungsleitung an unterschiedlichen Axontypen (M3)

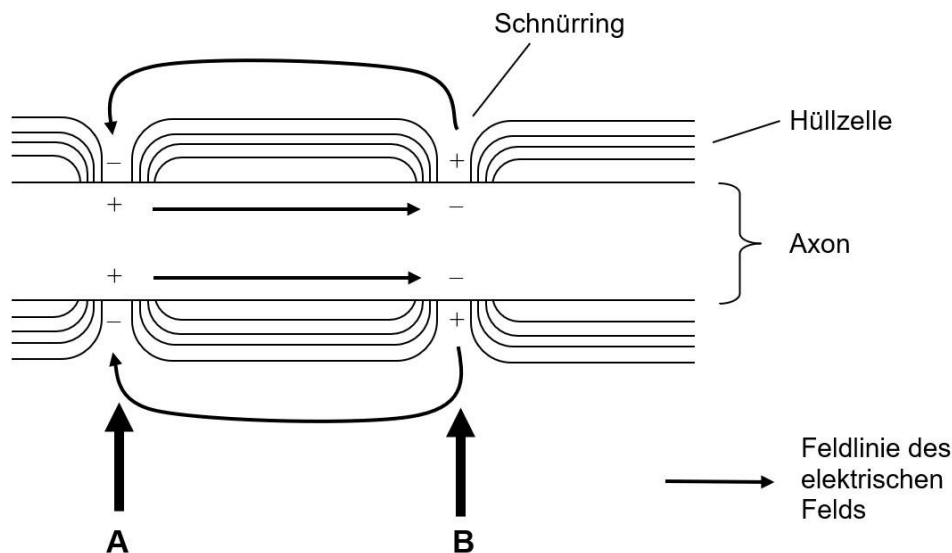
- B3 zeigt, an welchen Stellen am Axon Aktionspotentiale entstehen können.
- 4.1 Stellen Sie eine Hypothese über den Unterschied in der Geschwindigkeit der Erregungsleitung zwischen myelinisierten und nicht myelinisierten Axonen auf. Erklären Sie dabei den Begriff: saltatorische Erregungsleitung (*saltare*, lateinisch: springen).
 - 4.2 Vergleichen Sie den Energieaufwand für die Erregungsleitung bei beiden Axontypen.
 - 4.3 Stellen Sie Kosten und Nutzen bei beiden Axontypen tabellarisch gegenüber.

Jeder Pfeil bezeichnet einen Ort am Axon, wo ein Aktionspotential entstehen kann.

Hinweise für die Lehrkraft:

Mithilfe der Lernaufgaben dieses Arbeitsblattes können sich die Kursteilnehmer unter Anwendung ihres Vorwissens die Erregungsleitung am Axon selbst erarbeiten.

1.1 und 1.2

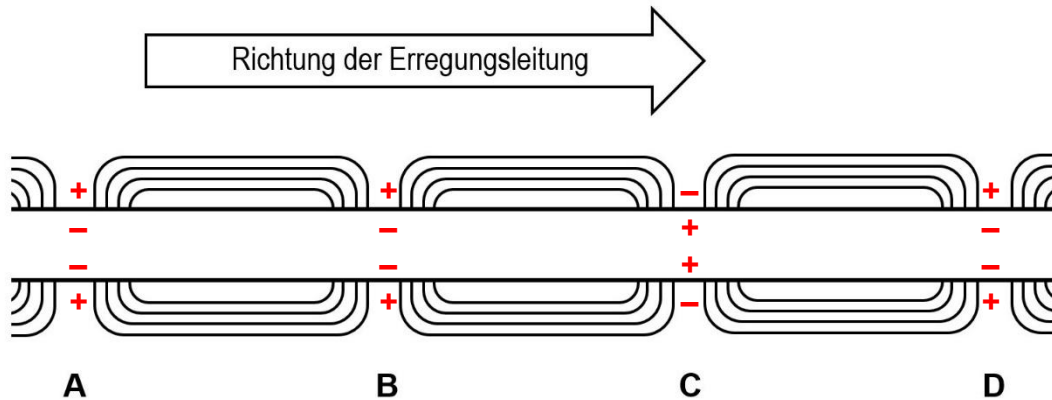


Ladungen „an den entsprechenden Stellen“: nur an den Schnürringen, nicht dazwischen

Aktionspotential bei A, da innen positiv und außen negativ

- 1.3 Die Depolarisation ist überschwellig, deshalb wird an Stelle B ein Aktionspotential ausgelöst. Dieses Aktionspotential bewirkt eine überschwellige Depolarisierung im rechts davon liegenden Schnürring und löst dort erneut ein Aktionspotential aus.
- 2.1 Das Axon besitzt keinen Stromkreis.
Am Axon bewegen sich Ionen, keine Elektronen, und zwar in Richtung quer zur Axonachse.
Auch im Axon ist die Information durch zwei Zeichen codiert (RP und AP).
- 2.2 Das Modell der Lichterkette eignet sich insofern zur Darstellung der Erregungsleitung im Axon, als in beiden Fällen konkrete hintereinander liegende Orte existieren, an denen eine „Erregung“ stattfinden kann, und kurz nach der „Erregung“ eines bestimmten Ortes der benachbarte Ort „erregt wird“.

3.1



3.2 Das elektrische Feld, das von Stelle C ausgeht, depolarisiert die Axonmembran an den Stellen B und D, aber auch an der Stelle A überschwellig. An den Stellen A und B erfolgt keine Auslösung eines Aktionspotentials, weil sie sich noch in der Refraktärphase befinden. An Stelle D wird dagegen ein Aktionspotential ausgelöst.

3.3 Die somawärts gelegenen Schnürringe befinden sich in der Refraktärphase und können deshalb einige Zeit lang durch ein benachbartes Aktionspotential nicht erregt werden. Am Ende ihrer Refraktärzeit ist das nächste Aktionspotential, das in Richtung Axonende liegt, so weit entfernt, dass es keine überschwellige Depolarisation mehr hervorrufen kann. Die einzigen Schnürringe, die erregbar sind, liegen immer in Richtung Axonende.

4.1 Die Erregungsleitung am myelinisierten Axon verläuft wesentlich schneller, weil die Strecke zwischen zwei Aktionspotentials wesentlich länger ist, so dass das Signal quasi von Schnürring zu Schnürring springt. Deshalb der Begriff saltatorische Erregungsleitung.

4.2 Weil im Vergleich mit dem myelinisierten Axon am nicht-myelinisierten Axon wesentlich mehr Aktionspotentials pro Strecke generiert werden, wird erheblich mehr Energie für die Tätigkeit der Natrium-Kalium-Pumpe am Ende jedes Aktionspotentials benötigt.

4.3

Axon	myelinisiert	nicht-myelinisiert
Aufwand für die Bereitstellung der Hüllzellen	sehr hoch	gering
Leitungsgeschwindigkeit	sehr hoch	relativ langsam
Energiebedarf im Betrieb	relativ gering	relativ hoch