

Einige Schlagworte (mit Anspruch auf Unvollständigkeit): zentrales & peripheres Nervensystem, afferente und efferente Bahnen, Motoneuronen, Interneuronen, Gliazellen, Bau von Nervenzellen, Zustandekommen des Ruhepotentials, Natrium-Kalium-Pumpe, Zustandekommen des AP, Alles-oder-Nichts-Gesetz, spannungsgesteuerte Ionenkanäle, overshoot und Hyperpolarisation, kontinuierliche & saltatorische Erregungsleitung, Neurotransmitter, einige Synapsengifte und ihre Wirkung, exzitatorische und inhibitorische Synapsen

1. Zustandekommen und Aufrechterhaltung des Ruhepotentials

1.1 Das Gift des Roten Fingerhuts, das Digitoxin, hemmt die Na-K-Pumpe. Welche Auswirkungen resultieren für das Ruhepotential? Begründen Sie!

2. Aktionspotentiale und deren Weiterleitung

2.1 Im Labor gelingt es, an einem Stück Riesenaxon ein Aktionspotential in die verkehrte Richtung, also in die Richtung, in der der Zellkörper lag, weiterzuleiten. Dies gelingt in einer lebenden Zelle nicht. Finden Sie hierfür eine Erklärung.

2.2 Nennen Sie drei Faktoren, von denen die Weiterleitungsgeschwindigkeit in einem Axon abhängt?

2.3. Die meisten Kegelschnecken (*Conus sp.*) leben räuberisch. Sie verstecken sich im Schlamm- und Sandboden am Meeresboden. Einige ernähren sich von vorbei schwimmenden Fischen. Wenn die Beute vorbei schwimmt, wird ein harpunenähnlicher Pfeil auf sie geschossen, der mit einem Giftcocktail, den Conotoxinen, getränkt ist:



Kegelschnecke verzehrt Fisch. Q: wikicommons. A: David Burdick

Zeichnung des harpunenähnlichen Pfeils Q: eW

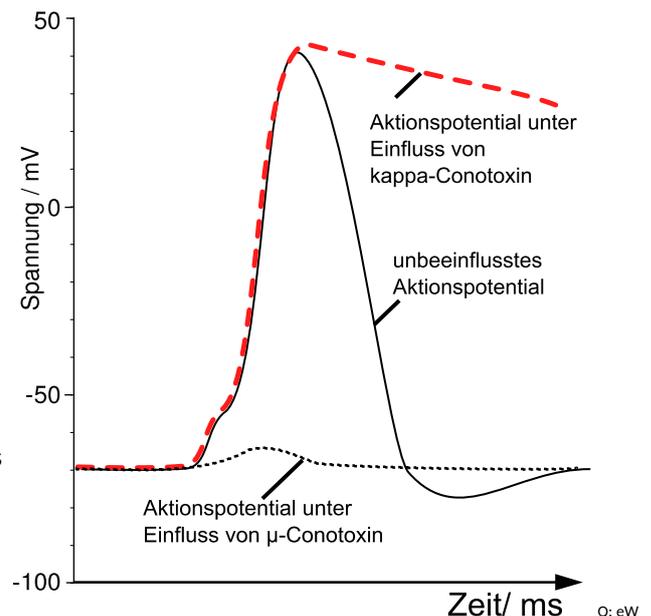
2.3.1 Stellen Sie eine begründete Vermutung auf, weshalb gerade Conotoxine schnell wirksame Gifte sein müssen.

2.3.2 Die Wirkung von zwei Conotoxinen auf die Nervenzellen ist in der Abbildung rechts dargestellt.

- 2.3.2.1 Beschriften Sie das normale (unbeeinflusste) Aktionspotential auf der Abbildung mit den Fachbezeichnungen.
- 2.3.2.2 Erklären Sie, wie das normale (unbeeinflusste) Aktionspotential zustande kommt.

2.3.3 Stellen Sie eine Hypothese für die Wirkungsmechanismus von κ -Conotoxin („kappa-Conotoxin“) auf.

2.3.4 Stellen Sie eine Hypothese für die Wirkungsmechanismus von μ -Conotoxin („mü-Conotoxin“) auf.



Q: eW

2.4 Geschwindigkeit der Erregungweiterleitung. In der Tabelle sind die Geschwindigkeiten der schnellsten Neuronen der entsprechenden Tierart, gemessen am lebenden Tier bei der angegebenen Umgebungstemperatur angegeben.

Interpretieren Sie die angegebenen Werte im Vergleich untereinander.

	Heuschrecke, 20°C	Tintenfisch, 20 °C	Kröte, 4 °C (wechselwarmes Tier)	Wal, 4°C
Axondurchmesser	45 µm	500 µm	16 µm	15 µm
Leitungsgeschwindigkeit	5 m/s	20 m/s	22 m/s	100 m/s

4. Synapse: Nennen Sie mögliche Wirkungen bzw. Zielstrukturen die Synapsengiften angreifen können. Nennen Sie 2-3 dazugehörige Synapsengifte.

3. Weitere Aufgaben

noch keine

Musterlösungen

1.1

Bei der Na^+ - K^+ -Pumpe handelt es sich um eine komplexe Proteinstruktur, die pro Spaltung von einem ATP-Molekül **3 Na^+ -Ionen nach außen** und **2 K^+ -Ionen nach innen** transportiert. Der Transport erfolgt entgegen der Konzentrationsgefälle und benötigt deshalb Energie (aktiver Transport) in Form der ATP-Spaltung. Die Natrium-Kalium-Pumpe ist **verantwortlich, dass die natürlichen Konzentrationsgradienten dieser beiden Ionensorten und damit das Ruhepotential** wieder hergestellt und aufrecht erhalten wird, denn es kommt ständig zu **Ionen-Leckströme** zwischen innen und außen vor.

Bei Hemmung der Natrium-Kalium-Pumpe geht das Membranpotential sämtlicher Zellen, auch der Nervenzellen, nach kurzer Zeit verloren. Die biologischen Funktionen, nicht nur die Erregungsweiterleitung in Neuronen, der Zellen kommt damit zu erliegen.

2.1

Eine Stelle, an der ein Aktionspotential generiert wurde, kann für einige Zeit kein weiteres AP entstehen. In einer lebenden Zelle kann das Aktionspotential nur am *Axonhügel* entstehen, wenn die Depolarisation dort groß genug war. \Rightarrow Das AP läuft immer vom Axonhügel zum synaptischen Endknöpfchen (präsynaptische Endigung).

Erzeugt man künstlich mittelständig oder endständig an einem Axon eine Depolarisation, so kann sie sich von dort in beide Richtungen ausbreiten.

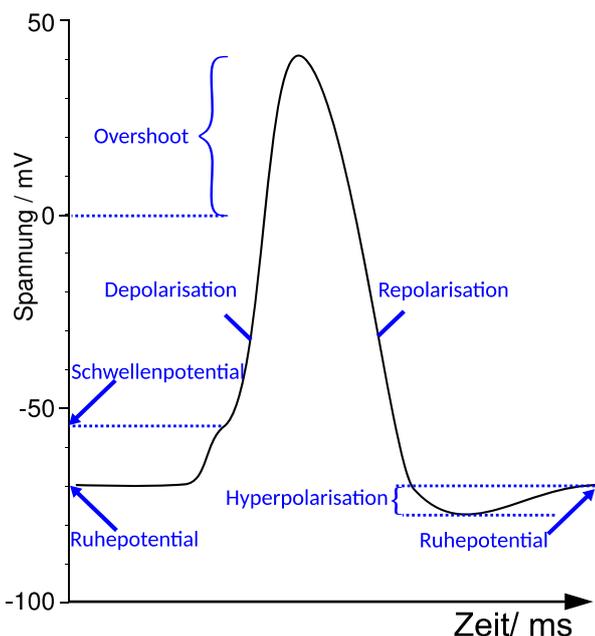
2.2

- Weiterleitungsmechanismus: saltatorisch oder kontinuierlich
- Temperatur
- Axondurchmesser

2.3

2.3.1 Schnecken bewegen sich nur langsam fort. Der vorbeischwimmende Fisch kann nur dann über Neurotoxine erbeutet werden, wenn diese schlagartig wirken. Die Schnecke kann dem getroffenen nicht hinterher kriechen oder würde diesen nicht finden.

2.3.2.1



2.3.2.2 Tritt am Axonhügel eine überschwellige Depolarisation auf, so öffnen sich für eine kurze Zeit (< 2 ms) *spannungsabhängige Natriumkanäle*, bevor sie sich spontan wieder schließen. In dieser Zeit strömen Na^+ -Ionen in die Zelle, dem chemischen Gradienten folgend. Die Depolarisation führt zur Öffnung weiterer der Na^+ -Kanäle (\rightarrow *sich selbst verstärkender Effekt*). Die Zelle depolarisiert sich so stark, dass es sogar zur Potentialumkehr kommt, dem Overshoot. Die Depolarisation führt jedoch auch zur Öffnung von K^+ -Ionenkanälen, bei einem ähnlichen Schwellenwert, wie bei den Na^+ -Ionen. Die K^+ -Ionenkanäle sind jedoch träger und die Öffnung und spontane Schließung erfolgt im Vergleich mit den Na^+ -Kanälen langsamer. So überwiegt anfänglich der Na^+ -Einstrom. Erst wenn sich die Na^+ -Kanäle spontan wieder zu schließen beginnen, strömen größere Mengen K^+ -Ionen, dem Konzentrationsgradienten folgend, ins Zelläußere. Es kommt deshalb zu einer Repolarisation. Da auch die spontane Schließung länger dauert, kommt es kurzzeitig auch zur *Hyperpolarisation*. Die Wiederherstellung des Ruhepotentials erfolgt durch die Arbeit der Natrium-Kalium-Pumpe, die entgegen der elektrochemischen Gradienten unter ATP-Verbrauch Na^+ -Ionen wieder nach außen und K^+ -Ionen nach innen pumpt.

2.3.3 Die Depolarisation wird nicht beeinflusst, also kann die Öffnung der spannungsabhängigen Na^+ -Kanäle nicht beeinflusst. Die Repolarisation findet nicht statt, offensichtlich wird die Öffnung der spannungsabhängigen K^+ -Kanäle gestört oder der Ionenkanal für den Durchtritt der K^+ -Ionen blockiert.

2.3.4 Hier kommt es nicht zu einem Natrium-Ionen-Einstrom, denn es tritt keine nennenswerte Depolarisation auf. Offensichtlich werden die spannungsabhängigen Na^+ -Ionenkanäle blockiert.

2.4

- *Myelinisierte Axone* treten nur bei Wirbeltieren auf, hier bei der Kröte und dem Wal. Sie besitzen aufgrund der **saltatorischen Erregungsweiterleitung** die schnellsten Weiterleitungsgeschwindigkeiten (bis zu 100 m/s).
- Auch bei 4°C Außentemperatur besitzt der Wal eine warme und hohe Körpertemperatur ($35\text{-}37^\circ\text{C}$), während die Körpertemperatur der wechselwarmen Kröte bei 4°C Außentemperatur niedriger ist. Der Vergleich (22 m/s vs. 100 m/s) zeigt also, dass mit steigender Temperatur die Weiterleitungsgeschwindigkeit zunimmt.
- Tintenfisch-Axone können unter günstigen Umständen (20°C) auch Weiterleitungsgeschwindigkeit von myelinisierten Axonen erreichen, obwohl sie keine SCHWANN'schen Zellen besitzen. Allerdings ist hierfür ein deutlich höherer Axondurchmesser erforderlich (**Riesenaxone der Tintenfische**). Dies beansprucht nicht nur viel Raum, sondern führt auch zu stärkeren Ionenbewegungen bei der Bildung von Aktionspotentialen. Insgesamt muss deshalb auch die Natrium-Kalium-Pumpe stärker arbeiten. Der Energieverbrauch (ATP-Verbrauch) ist also deutlich höher als bei myelinisierten Axonen.
- Die Weiterleitungsgeschwindigkeit bei den Axonen der Heuschrecke ist gering, weil sie nicht-myelinisiert sind und keinen so hohen Durchmesser aufweisen.