Neurobiologie: Aktionspotenzial und Erregungsleitung (Leichtere Fassung)

Gymnasium Klasse 12 | Mit Hilfen und Schritt-für-Schritt-Aufgaben | Bearbeitungszeit: ca. 90 Minuten

So arbeitest du mit diesem Blatt: Lies zuerst die blauen Hilfekästen (Wörter erklärt). Bearbeite dann die Aufgaben der Reihe nach. Bei vielen Aufgaben helfen dir Satzanfänge und Tipps. Du schaffst das Schritt für Schritt!

📘 Hilfe: Ein Neuron (Nervenzelle) nimmt Signale auf und gibt sie weiter. Ein Signal ist ein kurzer elektrischer Impuls. Er heißt Aktionspotenzial. Das Axon ist der lange „Kabel-Teil“ der Zelle. Dort läuft das Signal entlang.

1 Ordne jedem Teil der Nervenzelle seine Aufgabe zu. Tipp: Fang mit den Teilen an, die du sicher kennst.

1. Dendriten	____	A) Leitet das Aktionspotenzial vom Zellkörper bis zur Endigung weiter
2. Zellkörper (Soma)	____	B) Überträgt Signale auf die nächste Zelle
3. Axon	____	C) Empfangen Signale von anderen Neuronen
4. Myelinscheide	____	D) Isoliert das Axon und beschleunigt die Erregungsleitung
5. Ranvier-Schnürring	____	E) Enthält den Zellkern und Organellen
6. Synaptische Endigung	____	F) Stelle, an der das Aktionspotenzial bei myelinisierten Axonen erneuert wird

📘 Hilfe: Ruhepotenzial = elektrische Spannung an der Zellhülle (Membran), wenn die Zelle nichts tut. Innen ist es negativer als außen. mV = Millivolt (Einheit der Spannung). Ionen = geladene Teilchen, z. B. Na^+ (Natrium) und K^+ (Kalium). Na^+/K^+-ATPase = eine Pumpe in der Membran. Sie braucht Energie (ATP) und pumpt Ionen gegen ihr Gefälle.

2 Das Ruhepotenzial einer Nervenzelle beträgt etwa _____. Die _____ hält die ungleiche Ionenverteilung aufrecht, indem sie _____ Natrium-Ionen nach außen und _____ Kalium-Ionen nach innen pumpt. Dadurch sind die Ionen ungleich verteilt: Außen gibt es mehr _____, innen gibt es mehr _____. Dieses Gefälle ist die Grundlage für das Aktionspotenzial.

📘 Hilfe: Das Aktionspotenzial hat vier Phasen. Spannungsgesteuerte Kanäle sind „Tore“ in der Membran. Sie öffnen oder schließen sich, wenn sich die Spannung ändert.
Depolarisation = Die Spannung wird weniger negativ (steigt).
Repolarisation = Die Spannung wird wieder negativer (sinkt zurück).
Hyperpolarisation = Die Spannung wird kurz negativer als im Ruhezustand.
Schwellenwert = Wert (ca. –50 mV), ab dem das Aktionspotenzial startet.

3 Was passiert in der Phase der Depolarisation?

- ☐ Na^+-Kanäle öffnen sich, Na^+ strömt in die Zelle ein.
- ☐ K^+-Kanäle öffnen sich, Na^+ strömt aus der Zelle aus.
- ☐ Alle Kanäle sind geschlossen, nichts bewegt sich.
- ☐ Die Pumpe stoppt, und die Zelle stirbt.

4 Was passiert in der Phase der Repolarisation?

- ☐ Na^+ strömt weiter massiv in die Zelle ein.
- ☐ Die Na^+-Kanäle werden inaktiv, die K^+-Kanäle öffnen sich, K^+ strömt aus der Zelle aus.
- ☐ Es strömt gar kein Ion durch die Membran.
- ☐ K^+ strömt in die Zelle ein.

5 Beschreibe die vier Phasen des Aktionspotenzials. Nenne bei jeder Phase, welche Kanäle offen sind und wohin sich Na^+ und K^+ bewegen.

So kannst du anfangen (Muster für die erste Phase):
„Ruhepotenzial: Die Spannung beträgt etwa –70 mV. Die Na^+-Kanäle sind geschlossen. Einige K^+-Kanäle sind offen, K^+ strömt langsam nach außen.“

Satzanfänge für die anderen Phasen:
• „Depolarisation: Die Spannung erreicht den Schwellenwert. Dann …“
• „Repolarisation: Die Na^+-Kanäle … Die K^+-Kanäle …“
• „Hyperpolarisation: Die K^+-Kanäle sind noch … Deshalb wird die Spannung …“

Tipp 1: Denke an die Reihenfolge: erst Na^+-Kanäle, dann K^+-Kanäle.
Tipp 2: Einstrom macht positiver, Ausstrom macht negativer.

📘 Hilfe: Refraktärzeit = „Pause“ der Nervenzelle nach einem Aktionspotenzial. In dieser Zeit kann die Zelle nicht oder nur schwer ein neues Signal starten.
Absolute Refraktärzeit = Es geht gar nichts. Die Na^+-Kanäle sind inaktiv.
Relative Refraktärzeit = Es geht nur mit einem sehr starken Reiz.
Frequenz = Wie viele Aktionspotenziale pro Sekunde entstehen.

6 In der _____ Refraktärzeit sind die Na^+-Kanäle _____. Dann kann kein neues Aktionspotenzial entstehen, auch nicht bei einem sehr starken Reiz. In der _____ Refraktärzeit ist ein neues Aktionspotenzial nur mit einem _____ Reiz möglich, weil noch nicht alle Na^+-Kanäle wieder aktivierbar sind und die Zelle noch hyperpolarisiert ist.

7 Warum ist die Refraktärzeit sinnvoll? Welche Folge hat sie für die Frequenz der Aktionspotenziale?

Satzanfänge:
• „Die Refraktärzeit sorgt dafür, dass das Signal nur in eine Richtung läuft, weil …“
• „Die Frequenz ist begrenzt, weil nach jedem Aktionspotenzial eine Pause …“

Tipp: Überlege, was passieren würde, wenn das Signal auch zurücklaufen könnte.

📘 Hilfe: Myelinscheide = Hülle aus Fett um das Axon. Sie wirkt wie die Plastikhülle um ein Stromkabel (Isolierung). Ranvier-Schnürringe = kleine Lücken in der Hülle. Nur dort sitzen viele Ionenkanäle.
`saltatorisch = springend (von lateinisch „saltare“ = springen).`
`kontinuierlich = ohne Unterbrechung, Stück für Stück.`
`myelinisiert = mit Myelinscheide. unmyelinisiert = ohne Myelinscheide.`

8 Welche Aussage zur saltatorischen Erregungsleitung stimmt?

- ☐ Sie gibt es in unmyelinisierten Axonen und ist langsamer als die kontinuierliche Leitung.
- ☐ Das Aktionspotenzial springt von Schnürring zu Schnürring. Dadurch ist die Leitung schneller.
- ☐ Sie braucht mehr Energie, weil mehr Ionenkanäle beteiligt sind.
- ☐ Sie gibt es nur bei Wirbellosen.

9 Ordne zu, was zu welcher Leitungsart passt. Tipp: Denke an das Wort „springen“.

1. Kontinuierliche Leitung: Geschwindigkeit	____	A) niedriger, weil weniger Ionen bewegt werden
2. Kontinuierliche Leitung: Energieverbrauch	____	B) schnell (bis ca. 120 m/s)
3. Saltatorische Leitung: Geschwindigkeit	____	C) konzentriert an den Ranvier-Schnürringen
4. Saltatorische Leitung: Energieverbrauch	____	D) langsam (ca. 0,5–2 m/s)
5. Saltatorische Leitung: Ort der Ionenkanäle	____	E) hoch, weil überall Kanäle aktiv sind

10 Vergleiche die kontinuierliche und die saltatorische Erregungsleitung. Gehe auf Geschwindigkeit, Energieverbrauch und die Rolle der Myelinscheide ein.

Satzanfänge:
- „Bei der kontinuierlichen Leitung läuft das Aktionspotenzial …“
- „Bei der saltatorischen Leitung isoliert die Myelinscheide …“
- „Deshalb ist die saltatorische Leitung schneller und sparsamer, weil …“

Tipp: Nutze deine Zuordnung zu den Leitungsarten (oben).

📘 Hilfe: Mikroelektrode = sehr dünne Messnadel. Sie kann in eine einzelne Zelle gestochen werden. Axoplasma = das Innere des Axons. ATP = Energieträger der Zelle. Ohne ATP kann die Pumpe nicht arbeiten.

11 Beschreibe, wie man das Ruhepotenzial mit Mikroelektroden misst.

Satzanfänge:
- „Eine Elektrode wird …“
- „Die andere Elektrode bleibt …“
- „Ein Voltmeter misst …“

Tipp: Es braucht zwei Elektroden, eine innen und eine außen.

---

12 Im Ruhezustand sind die K^+-Kanäle teilweise offen. Deshalb strömt _____ nach außen. Positive Ladung verlässt die Zelle, also wird das Innere _____ als das Äußere. Die Na^+/K^+-ATPase hält das Ionengefälle aufrecht. Sie braucht dafür _____ .

13 Was passiert, wenn die ATP-Versorgung unterbrochen wird?

Satzanfänge:
- „Die Pumpe kann nicht mehr …“
- „Deshalb gleicht sich das Ionengefälle …“
- „Das Ruhepotenzial wird …“
- „Die Nervenzelle kann dann keine …“

Tipp: Überlege, was ohne Pumpe mit den Ionengefällen passiert.

📘 Hilfe: Lokalanästhetikum = Mittel zur örtlichen Betäubung, z. B. beim Zahnarzt. Lidocain ist ein Beispiel. Blockieren = verschließen, sodass nichts durchkommt. reversibel = umkehrbar (die Wirkung lässt nach).

14 Richtig oder falsch? Kreuze an.

	richtig	falsch
Lidocain blockiert die spannungsgesteuerten Na^+-Kanäle. Deshalb kann kein Na^+ mehr schnell in das Axon einströmen.	☐	☐

15 Richtig oder falsch? Kreuze an.

	richtig	falsch
Wenn kein Na^+ einströmt, kann der Schwellenwert erreicht werden und ein Aktionspotenzial entstehen.	☐	☐

16 Erkläre, wie Lidocain die Entstehung von Aktionspotenzialen verhindert. Warum ist das medizinisch sinnvoll?

Satzanfänge:
- „Lidocain blockiert die … Deshalb kann …“
- „Ohne Na^+-Einstrom wird der Schwellenwert …“
- „Das ist sinnvoll, weil Schmerzsignale dann …“

Tipp: Denke an den Zahnarzt. Was soll beim Bohren nicht im Gehirn ankommen?

⭐ ⭐ Bonus für Schnelle

📘 Hilfe zu Bonus 1: Multiple Sklerose (MS) = Krankheit, bei der das eigene Immunsystem die Myelinscheide angreift. Demyelinisierung = Verlust der Myelinscheide. Symptome = Krankheitszeichen.

17 Bonus 1: Bei MS wird die Myelinscheide zerstört. Erkläre, warum die Erregungsleitung dadurch gestört wird und warum Betroffene Muskelschwäche bekommen. Überlege auch, warum die Nervenzellen mehr Energie verbrauchen könnten.

Satzanfänge:
• „Ohne Myelinscheide ist das Axon nicht mehr …“
• „Die Leitung ist dann nicht mehr saltatorisch, sondern …“
• „Muskelschwäche entsteht, weil die Signale …“
• „Die Nervenzellen verbrauchen mehr Energie, weil …“

Tipp: Nutze, was du oben über beide Leitungsarten gelernt hast.

📘 Hilfe zu Bonus 2: Alles-oder-Nichts-Prinzip = Entweder entsteht ein vollständiges Aktionspotenzial oder gar keins. Es gibt kein „halbes“ Aktionspotenzial. unterschwellig = Reiz liegt unter dem Schwellenwert. überschwellig = Reiz erreicht oder übersteigt den Schwellenwert.

18 Bonus 2: Ein Neuron bekommt Reiz A (unterschwellig) und Reiz B (überschwellig). Beantworte Schritt für Schritt:
(1) Warum löst Reiz A kein Aktionspotenzial aus?
(2) Warum löst Reiz B eines aus? Wie heißt das Prinzip?
(3) Was passiert, wenn kurz nach Reiz B ein weiterer überschwelliger Reiz C kommt?

Satzanfänge:
• „(1) Reiz A erreicht den Schwellenwert nicht. Deshalb …“
• „(2) Reiz B erreicht den Schwellenwert. Dann …“ – „Das Prinzip heißt …“
• „(3) Das Neuron ist dann in der … Deshalb …“

Tipp zu (3): Denke an die Aufgabe zur Refraktärzeit.

Lösungen

Neurobiologie: Aktionspotenzial und Erregungsleitung (Leichtere Fassung) · Biologie · Klasse 12

Für dich als Lehrkraft: leichtere Fassung in einer Minute

QR scannen oder lehreule.de/anpassen/aktionspotenzial-und-erregungsleitung-klasse-12 öffnen: kostenloses Konto, dann schreibt Lehreule die leichtere Fassung mit Hilfen — oder Zusatzaufgaben für Schnelle, eine Word-Datei, einen QR-Code für die Klasse.

Aufgabe 1: 1 → C, 2 → E, 3 → A, 4 → D, 5 → F, 6 → B

Aufgabe 2: –70 mV, Na^+/K^+-ATPase, 3, 2, Na^+, K^+

Aufgabe 3: Na^+-Kanäle öffnen sich, Na^+ strömt in die Zelle ein.

Aufgabe 4: Die Na^+-Kanäle werden inaktiv, die K^+-Kanäle öffnen sich, K^+ strömt aus der Zelle aus.

Aufgabe 5: Ruhepotenzial (ca. –70 mV): Die Na^+-Kanäle sind geschlossen. Einige K^+-Kanäle sind offen, K^+ strömt langsam nach außen. Die Na^+/K^+-ATPase hält das Ionengefälle aufrecht.

Depolarisation: Die Spannung erreicht den Schwellenwert (ca. –50 mV). Dann öffnen sich die spannungsgesteuerten Na^+-Kanäle. Na^+ strömt schnell in die Zelle ein. Die Spannung steigt stark an (bis ca. +30 mV). Je mehr Na^+ einströmt, desto mehr Na^+-Kanäle öffnen sich (positive Rückkopplung).

Repolarisation: Die Na^+-Kanäle werden inaktiv (sie sind zu und können nicht sofort wieder öffnen). Die spannungsgesteuerten K^+-Kanäle öffnen sich etwas später. K^+ strömt aus der Zelle aus. Die Spannung sinkt wieder.

Hyperpolarisation: Die K^+-Kanäle sind noch kurz offen. Es strömt zu viel K^+ aus, deshalb wird die Spannung kurz negativer als im Ruhezustand (bis ca. –90 mV). Dann schließen die K^+-Kanäle, und das Ruhepotenzial stellt sich wieder ein. Die Pumpe sorgt langfristig für die richtige Ionenverteilung.

Aufgabe 6: absoluten, inaktiv, relativen, stärkeren

Aufgabe 7: Die Refraktärzeit sorgt dafür, dass das Signal nur in eine Richtung läuft. Der Bereich, den das Aktionspotenzial gerade verlassen hat, ist noch inaktiv und kann nicht gleich wieder erregt werden. So läuft das Signal nicht rückwärts. Außerdem bleiben die einzelnen Signale zeitlich getrennt. Die Frequenz ist begrenzt, weil nach jedem Aktionspotenzial eine Pause nötig ist. Je kürzer die Refraktärzeit, desto mehr Aktionspotenziale pro Sekunde sind möglich.

Aufgabe 8: Das Aktionspotenzial springt von Schnürring zu Schnürring. Dadurch ist die Leitung schneller.

Aufgabe 9: 1 → D, 2 → E, 3 → B, 4 → A, 5 → C

Aufgabe 10: Bei der kontinuierlichen Leitung läuft das Aktionspotenzial Stück für Stück über das ganze Axon. Überall öffnen sich Ionenkanäle. Das ist langsam (ca. 0,5–2 m/s) und braucht viel Energie, weil überall Ionen bewegt und von der Pumpe zurückgepumpt werden müssen.

Bei der saltatorischen Leitung isoliert die Myelinscheide das Axon. Die Ionenkanäle sitzen nur an den Ranvier-Schnürringen. Das Aktionspotenzial wird nur dort erneuert und springt von Schnürring zu Schnürring. Zwischen den Schnürringen fließen Ausgleichsströme.

Deshalb ist die saltatorische Leitung schneller (bis ca. 120 m/s) und sparsamer, weil weniger Ionen bewegt werden müssen.

Aufgabe 11: Eine Mikroelektrode wird in das Axon (ins Axoplasma) eingestochen. Die andere Elektrode bleibt außen in der Gewebeflüssigkeit. Ein Voltmeter misst die Spannung zwischen innen und außen. Man misst etwa –70 mV. Das heißt: Das Innere ist negativer als das Äußere.

Aufgabe 12: K^+, negativer, ATP

Aufgabe 13: Die Pumpe kann nicht mehr arbeiten. Deshalb gleicht sich das Ionengefälle langsam aus: Na^+ sammelt sich innen an, K^+ verlässt die Zelle. Das Ruhepotenzial wird weniger negativ. Ohne Ionengefälle können keine Aktionspotenziale mehr entstehen. Die Nervenzelle kann dann keine Signale mehr weiterleiten und wird auf Dauer geschädigt.

Aufgabe 14: Lidocain blockiert die spannungsgesteuerten Na^+-Kanäle. Deshalb kann kein Na^+ mehr schnell in das Axon einströmen. → **richtig**

Aufgabe 15: Wenn kein Na^+ einströmt, kann der Schwellenwert erreicht werden und ein Aktionspotenzial entstehen. → **falsch**

Aufgabe 16: Lidocain blockiert die spannungsgesteuerten Na^+-Kanäle. Deshalb kann kein Na^+ schnell in das Axon einströmen. Ohne Na^+-Einstrom wird der Schwellenwert nicht erreicht, und es entsteht kein Aktionspotenzial. Die Erregungsleitung ist unterbrochen.

Das ist sinnvoll, weil Schmerzsignale dann nicht zum Gehirn gelangen. So sind Eingriffe, z. B. beim Zahnarzt, schmerzfrei. Die Wirkung ist örtlich begrenzt und reversibel: Wenn das Mittel abgebaut ist, arbeiten die Na^+-Kanäle wieder normal.

Aufgabe 17: Ohne Myelinscheide ist das Axon nicht mehr isoliert. Die Leitung ist dann nicht mehr saltatorisch, sondern kontinuierlich. Sie wird viel langsamer. An stark geschädigten Stellen kann das Signal sogar ganz abbrechen.

Muskelschwäche entsteht, weil die Signale an die Muskeln zu langsam oder gar nicht ankommen.

Die Nervenzellen verbrauchen mehr Energie, weil mehr Ionenkanäle aktiv sind und die Pumpe mehr arbeiten muss. Das kann ein Grund dafür sein, dass Betroffene schneller müde werden (die Müdigkeit bei MS hat aber mehrere Ursachen).

Aufgabe 18: (1) Reiz A erreicht den Schwellenwert (ca. –50 mV) nicht. Deshalb öffnen sich nicht genug Na^+-Kanäle. Es gibt keine positive Rückkopplung, und die Spannung geht von selbst zum Ruhepotenzial zurück.

(2) Reiz B erreicht den Schwellenwert. Dann öffnen sich viele Na^+-Kanäle, Na^+ strömt massiv ein, und ein vollständiges Aktionspotenzial entsteht. Das Prinzip heißt Alles-oder-Nichts-Prinzip: Entweder entsteht ein vollständiges Aktionspotenzial oder gar keins.

(3) Das Neuron ist dann in der Refraktärzeit. In der absoluten Refraktärzeit sind die Na^+-Kanäle inaktiv. Deshalb löst Reiz C kein Aktionspotenzial aus. In der relativen Refraktärzeit klappt es nur, wenn Reiz C stärker ist als sonst nötig.