Die Reizweiterleitung in Nervenzellen

Vom Eingangssignal bis zur nächsten Nervenzelle

Signale aufnehmen

Eine Nervenzelle empfängt Signale von anderen Nervenzellen vor allem an ihren **Dendriten**. Dort befinden sich zahlreiche Kontaktstellen, die **Synapsen**. An einer chemischen Synapse werden Botenstoffe, sogenannte **Neurotransmitter**, freigesetzt. Sie binden an passende Rezeptoren auf der Zellmembran und beeinflussen die Öffnung von Ionenkanälen. Dadurch entstehen örtliche Veränderungen der elektrischen Spannung, die sich über die Dendriten und den Zellkörper zum Anfang des Axons ausbreiten.

Ein Aktionspotenzial auslösen

Die eintreffenden Signale können **erregend oder hemmend** wirken. Erregende Signale erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass die Nervenzelle ein Aktionspotenzial bildet; hemmende Signale verringern sie. Dabei wirken Signale von verschiedenen Synapsen und rasch aufeinanderfolgende Signale zusammen.

Im Ruhezustand ist die Innenseite der Zellmembran gegenüber der Außenseite elektrisch negativ. Erreicht die Spannung am Anfang des Axons den **Schwellenwert**, entsteht ein **Aktionspotenzial**. Dies geschieht gewöhnlich im **Initialsegment**, direkt hinter dem **Axonhügel**. Spannungsabhängige Natriumkanäle öffnen sich und Natriumionen (Na^+) strömen ein. An dieser Stelle wird die Innenseite der Zellmembran kurzzeitig positiv gegenüber der Außenseite. Anschließend strömen Kaliumionen (K^+) aus und die Spannung wird dort wieder negativer.

Das Axon isolieren

Viele Axone sind von einer **Myelinscheide** umgeben. Bestimmte **Gliazellen** bilden diese Hülle, indem sie Abschnitte des Axons mit vielen Schichten ihrer eigenen Zellmembran umgeben. Die Myelinscheide wirkt als elektrische Isolierung und ermöglicht eine schnelle Weiterleitung. Gliazellen unterstützen außerdem die Versorgung der Nervenzellen.

Zwischen den Myelinabschnitten liegen kleine Lücken: die **Ranvier-Schnürringe**. Dort befinden sich besonders viele spannungsabhängige Natriumkanäle.

Die Erregung weiterleiten

Unter der Myelinscheide breitet sich ein elektrischer Strom im Axon aus. Dadurch verändert sich die Spannung am nächsten Schnürring. Dort öffnen sich Natriumkanäle und ein neues Aktionspotenzial entsteht.

Dieser Vorgang wiederholt sich entlang des Axons. Die Erregung „springt“ somit von Schnürring zu Schnürring. Diese besonders schnelle Form der Weiterleitung heißt **saltatorische Erregungsleitung**. Über das Axon und seine Verzweigungen erreicht das Signal schließlich die **Endknöpfchen**.

Neurotransmitter freisetzen

In den Endknöpfchen befinden sich kleine, mit Neurotransmittern gefüllte Bläschen, die **Vesikel**. Wenn das Aktionspotenzial ein Endknöpfchen erreicht, öffnen sich spannungsabhängige **Calciumkanäle**. Calciumionen (Ca^{2+}) strömen hinein und lösen aus, dass bereitstehende Vesikel mit der Zellmembran verschmelzen. Dabei gelangen die Neurotransmitter in den **synaptischen Spalt**.

Dieser schmale Zwischenraum trennt das Endknöpfchen von der gegenüberliegenden Zelle. Die Neurotransmitter breiten sich durch ihre zufällige Bewegung im Spalt aus. Diese Ausbreitung nennt man **Diffusion**. Ein Teil der Botenstoffe erreicht dabei die Membran der nächsten Nervenzelle.

Das Signal erneut aufnehmen

An der Membran der nächsten Nervenzelle binden die Neurotransmitter an passende **Rezeptoren**. Dadurch wird die Öffnung von Ionenkanälen beeinflusst und es entsteht erneut ein örtliches elektrisches Signal.

Dieses Signal wirkt zusammen mit weiteren erregenden und hemmenden Signalen. Wird am Initialsegment dieser Nervenzelle der Schwellenwert erreicht, entsteht ein neues Aktionspotenzial und der Ablauf setzt sich fort.

> **Merksatz:** Innerhalb der Nervenzelle wird das Signal elektrisch weitergeleitet. An der chemischen Synapse übertragen Neurotransmitter die Information auf die nächste Zelle, in der wieder ein elektrisches Signal entsteht.

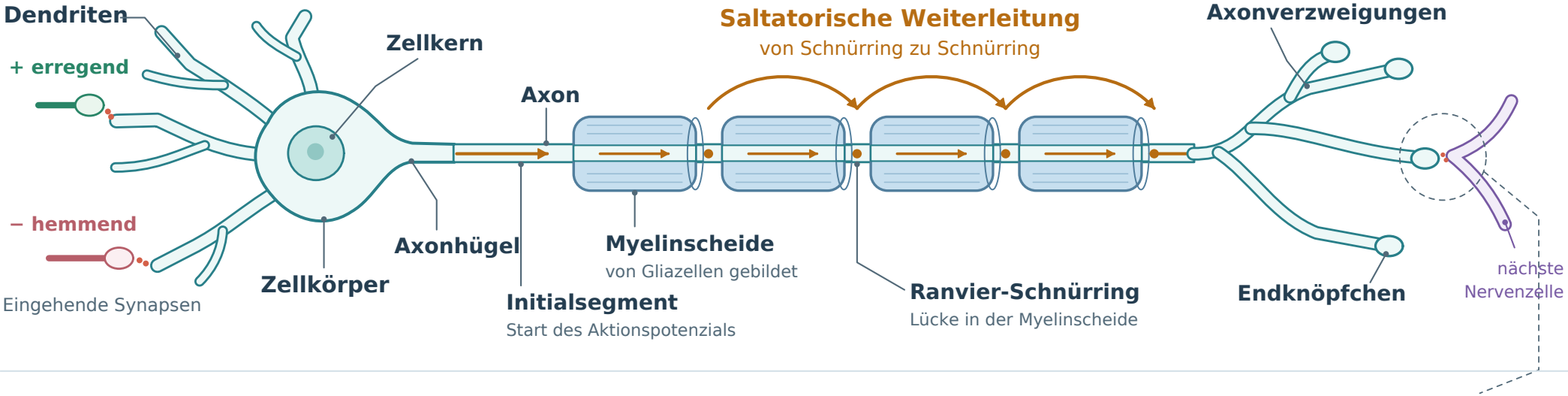
Fachgrundlage: UTHealth, Neuroscience Online

Kapitel 3: https://nba.uth.tmc.edu/neuroscience/m/s1/chapter03.html
Kapitel 5: https://nba.uth.tmc.edu/neuroscience/m/s1/chapter05.html
Kapitel 8: https://nba.uth.tmc.edu/neuroscience/s1/chapter08.html

Die Reizweiterleitung in Nervenzellen

Vom Eingangssignal bis zur nächsten Nervenzelle

1 Die Nervenzelle im Überblick



2 Elektrische Weiterleitung

1 Signale verrechnen

Erregende und hemmende Signale beeinflussen gemeinsam die Membranspannung.

2 Schwellenwert erreichen

Im Initialsegment entsteht ein Aktionspotenzial. Na^+ strömt ein: innen wird es örtlich positiver.

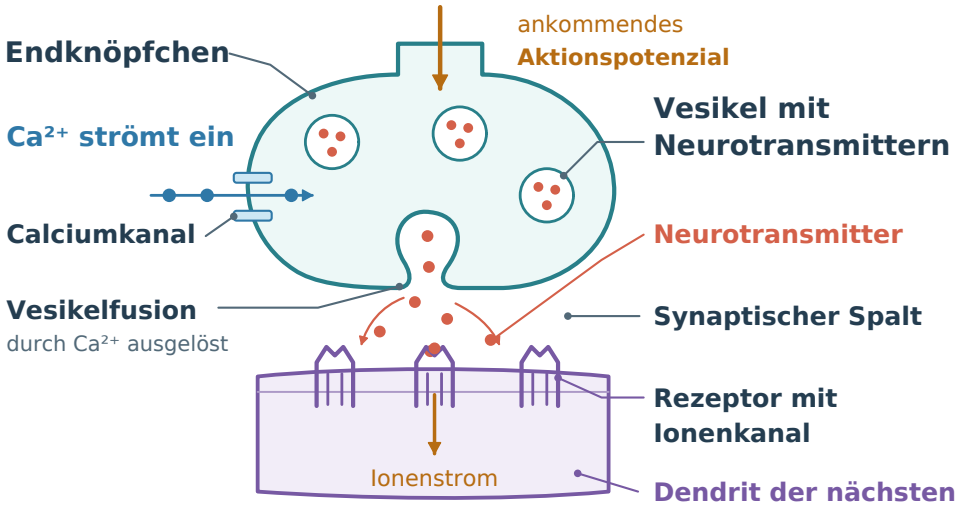
3 Das Signal weiterleiten

An den Schnürringen entsteht es jeweils neu. Unter dem Myelin breitet sich der Strom aus.

Anschließend macht K^+-Ausstrom das Zellinnere an der erregten Stelle wieder negativer.

3 Chemische Übertragung an der Synapse

Beispiel: erregende Synapse · stark vergrößert



Rezeptorbindung → lokales elektrisches Signal

Elektrisch in der Nervenzelle → chemisch an dieser Synapse → elektrisch in der nächsten Nervenzelle

Fachgrundlage: UTHealth, Neuroscience Online, Kapitel 3, 5 und 8 · eigene schematische Zeichnung · Größenverhältnisse vereinfacht