

1. Überblick

Auf der dendritischen Seite der Neuronen kann es bei entsprechenden Signalen durch die vorangegangene Nervenzelle oder durch eine Sinneszelle zur Öffnung von Ionenkanälen kommen. Positiv geladene Na^+ -Ionen strömen dort in die Zelle und erhöhen das Membranpotential, das im Ruhezustand z.B. -70 mV beträgt, auf positivere Werte. Es kommt also zur **Depolarisation**. Je nach Reizintensität können sich diese Depolarisationen bis zum **Axonhügel** ausbreiten. Dort entscheidet sich, ob das Signal in Form eines **Aktionspotentials** weiter geleitet wird. Das ist eine lawinenartige Veränderung des Potentials. Sie bewegt sich durch das ganze Axon bis zu den Synapsen fort. Beim Aktionspotential kommt es sogar kurzfristig zur Umpolarisation: Das Potential auf der Cytoplasmaseite wird kurzfristig sogar positiv, das Potential außerhalb negativ (vgl. Abb. 1.1). Anschließend kommt es durch eine Repolarisation zur Herstellung der ursprünglichen Verhältnisse.

Zur Entstehung gilt das **Alles-oder-Nichts-Gesetz**, das in folgender Abbildung dargestellt ist.

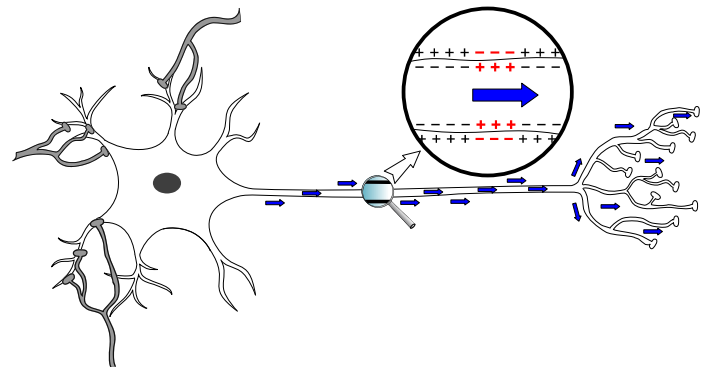


Abb. 1.1: Ausbreitung des Aktionspotentials. Markieren Sie die dendritische Seite und den Axonhügel! Q: e.w.

1.1 Analysieren und interpretieren Sie die Abbildung zum **Alles-oder-Nichts-Gesetz** und gehen Sie dabei auf diese Bezeichnung ein.

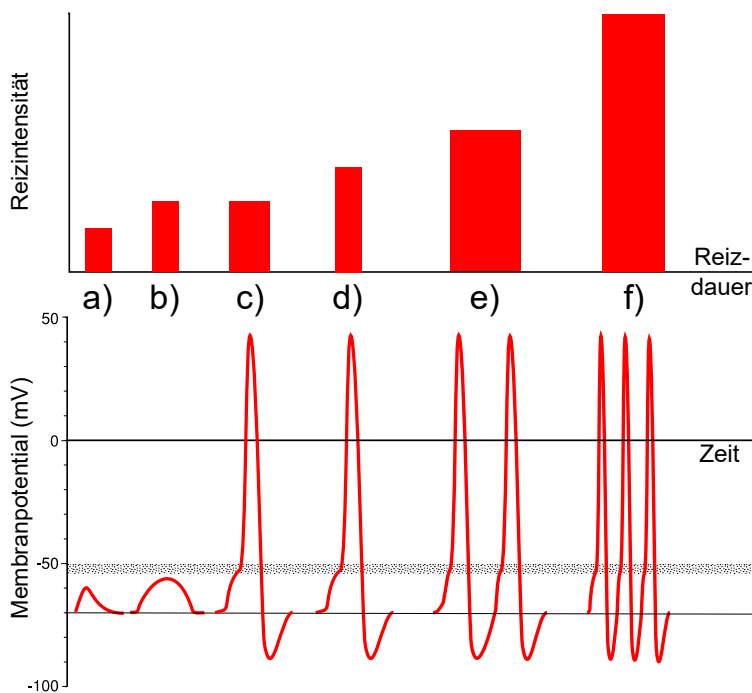


Abb. 2.1: Entstehung von Aktionspotentialen. Q: e.w.

2. Bildung des Aktionspotentials

Voraussetzung für die Ausbildung eines Aktionspotentials ist die spezifische Ausstattung der Axonmembran mit verschiedenen **spannungsgesteuerte Ionenkanälen**. Je nach Typ öffnen sie sich mit einer bestimmten Trägheit, wenn ein bestimmter Schwellenwert der Polarisierung überschritten ist, d.h. das Potential innen über dem Ruhepotential (-70 mV) liegt. Durch eine spontan eintretende Formänderung schließen sie spontan mit einer bestimmten Typ-abhängigen Trägheit nach wenigen Millisekunden wieder. Die Kette von Öffnungs- und Schließvorgängen der Ionenkanäle und den dadurch eintretenden Ionenströmen

führt zum charakteristischen Potentialverlauf, dem Aktionspotential.

Spannungsgesteuerte Na^+ -Ionenkanäle finden sich am gesamten Axon. Eine Depolarisation, die sich bis zum Axonhügel ausgebreitet hat, kann dort, wenn sie einen Schwellenwert von ca. -55 mV übersteigt, zur vorübergehenden Öffnung einiger dieser Kanäle führen. Na^+ -Ionen strömen deshalb, ihrem Konzentrationsgradienten folgend, von außen in das Zellinnere und depolarisieren die Membran an dieser Stelle weiter. Dadurch werden weitere dieser spannungsempfindlichen Na^+ -

Ionenkanäle geöffnet und noch mehr Ionen können einströmen: Der lawinenartige Anstieg führt zum **Overshoot**, also zur Umpolarisierung oder Ladungsumkehr. Das Membranpotential innen ist gegenüber dem Außenpotential jetzt sogar positiv. Noch bevor das Potentialmaximum im Overshoot erreicht ist, werden erste spannungsabhängigen Na⁺-Kanäle nach ca., 2 Millisekunden wieder geschlossen. Sie fallen darüber hinaus für kurze Zeit sogar inaktiv und können nicht wieder öffnen.

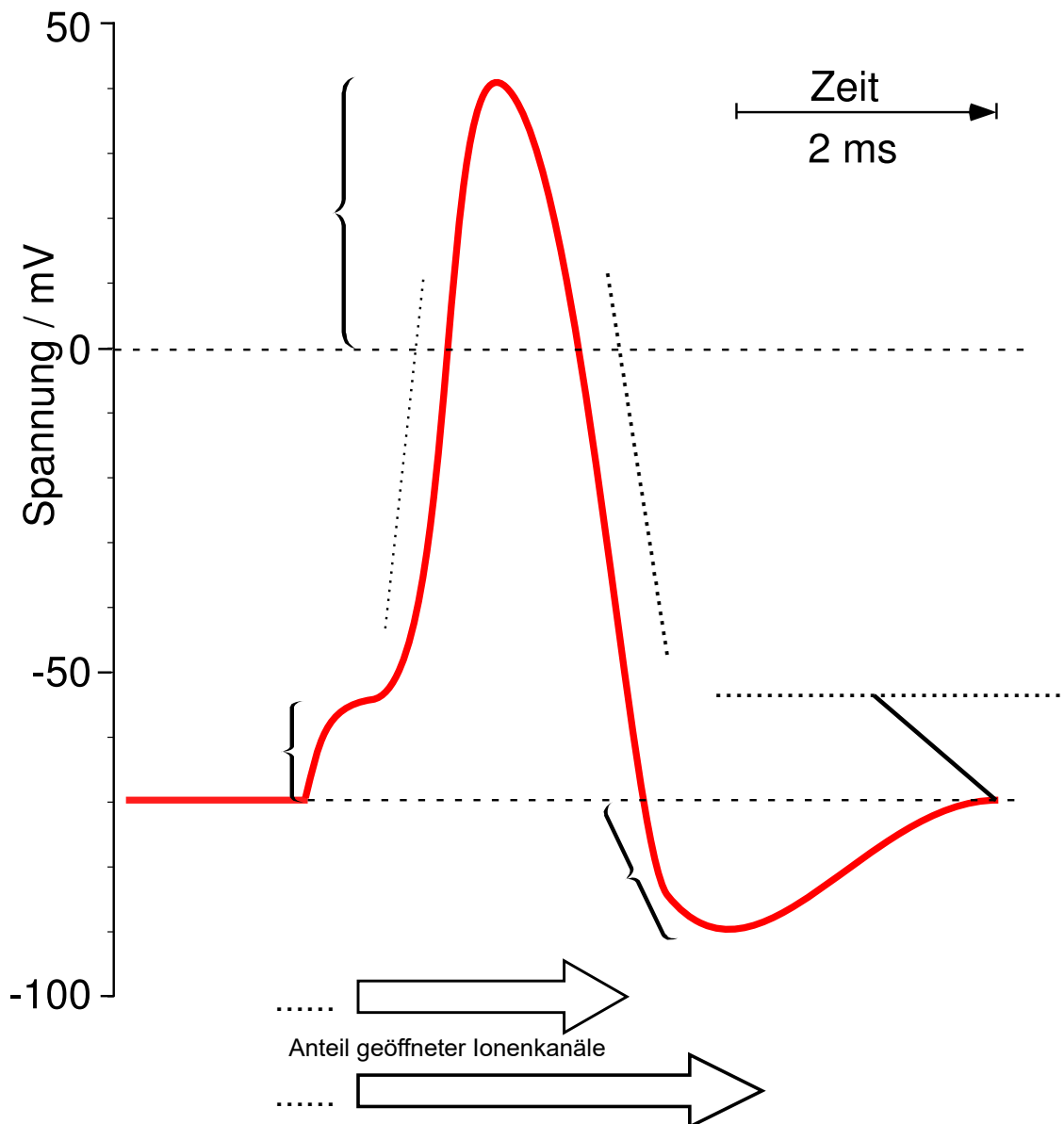
Bei einem ähnlichen Schwellwert wie die spannungsabhängigen Na⁺-Ionen (-55 mV) kommt es jedoch auch zur Öffnung spannungsabhängiger K⁺-Ionenkanäle. Diese Öffnung erfolgt jedoch mit größerer Trägheit, so dass anfänglich der Na⁺-Einstrom überwiegt. Erst bei Überschreitung des Potentialmaximums sind so viele K⁺-Ionenkanäle geöffnet, dass der Kaliumausstrom zu einer **Repolarisation** führt. Die spannungs-

abhängigen K⁺-Ionenkanäle schließen darüber hinaus auch mit einer so großen Trägheit, dass es sogar zu einer **Hyperpolarisation** kommt. Das Potential wird negativer als das eigentliche Ruhepotential. Durch die Arbeit der Natrium-Kalium-Pumpe gleicht sich das Membranpotential wieder dem Ruhepotential an.

Aufgrund der Inaktivität der Natriumkanäle nach vorangegangener Öffnung können sie sich für eine gewisse Zeit nicht erneut öffnen, auch wenn das Schwellenpotential erreicht ist. An dieser Stelle der Membran kann also für eine gewisse Zeit kein neues Aktionspotential entstehen. Die Zeitdauer wird **Refraktärzeit** genannt.

Aktionspotentiale sind nicht auf Nervenzellen beschränkt. Auch andere erregbare Zellen zeigen solche lawinenartig ablaufende Potentialänderungen. Dazu gehören auch Pflanzenzellen, einzellige Tiere wie das Pantoffeltierchen und auch Pilzzellen.

2.1 Beschriften Sie das Aktionspotential an allen geschweiften Klammern und gepunkteten Linien. Beschriften Sie an den Pfeilen unten, welche Ionenkanäle jeweils dargestellt sind. Q: basierend auf Abb. aus wikicommons. A: Diberrí_et_al (verändert)



Lernvideo zur Wiederholung (9 min): <https://youtu.be/T-YQRCWnoJs>; Einzelne Aspekte sind etwas detaillierter dargestellt. Dafür bekommt man eine Vorstellung, wie die Na⁺-Kanäle für eine bestimmte Zeit inaktiv fallen können.

