

Allgemeine Zellphysiologie II

Elektrische Kommunikation

Lernziele Allgemeine Zellphysiologie II (Elektrische Kommunikation)

Die Studierenden sollen fähig sein:

- die elektrischen Eigenschaften (Kapazität, Isolator, Leitfähigkeit) biologischer Membranen zu beschreiben und das Ausbilden von elektrischen Potenzialen über die Membran zu erklären
- das Feuern von Aktionspotenzialen an erregbaren Membranen anhand der beteiligten Ionenkanälen zu erklären und die Begriffe Schwellenpotenzial und absolute bzw. relative Refraktärzeit zu erläutern.
- die kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung von Aktionspotenzialen anhand der Kabeleigenschaft des Axons zu erklären.

.

Allgemeine Zellphysiologie II

Elektrische Kommunikation

-Elektrische Membraneigenschaften

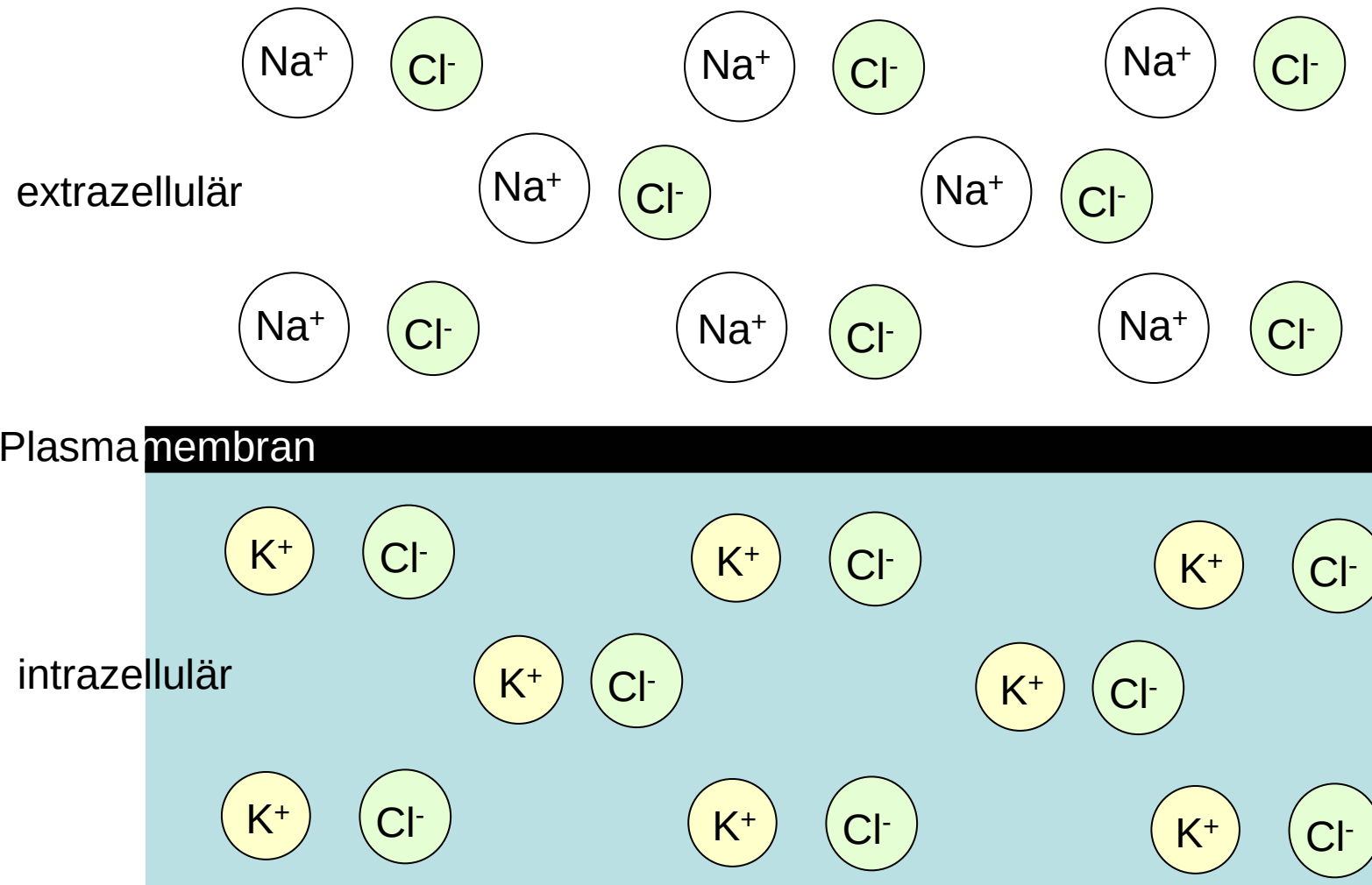
Elektrodiffusion und Diffusionspotenzial

Elektrochemisches Gleichgewichtspotenzial

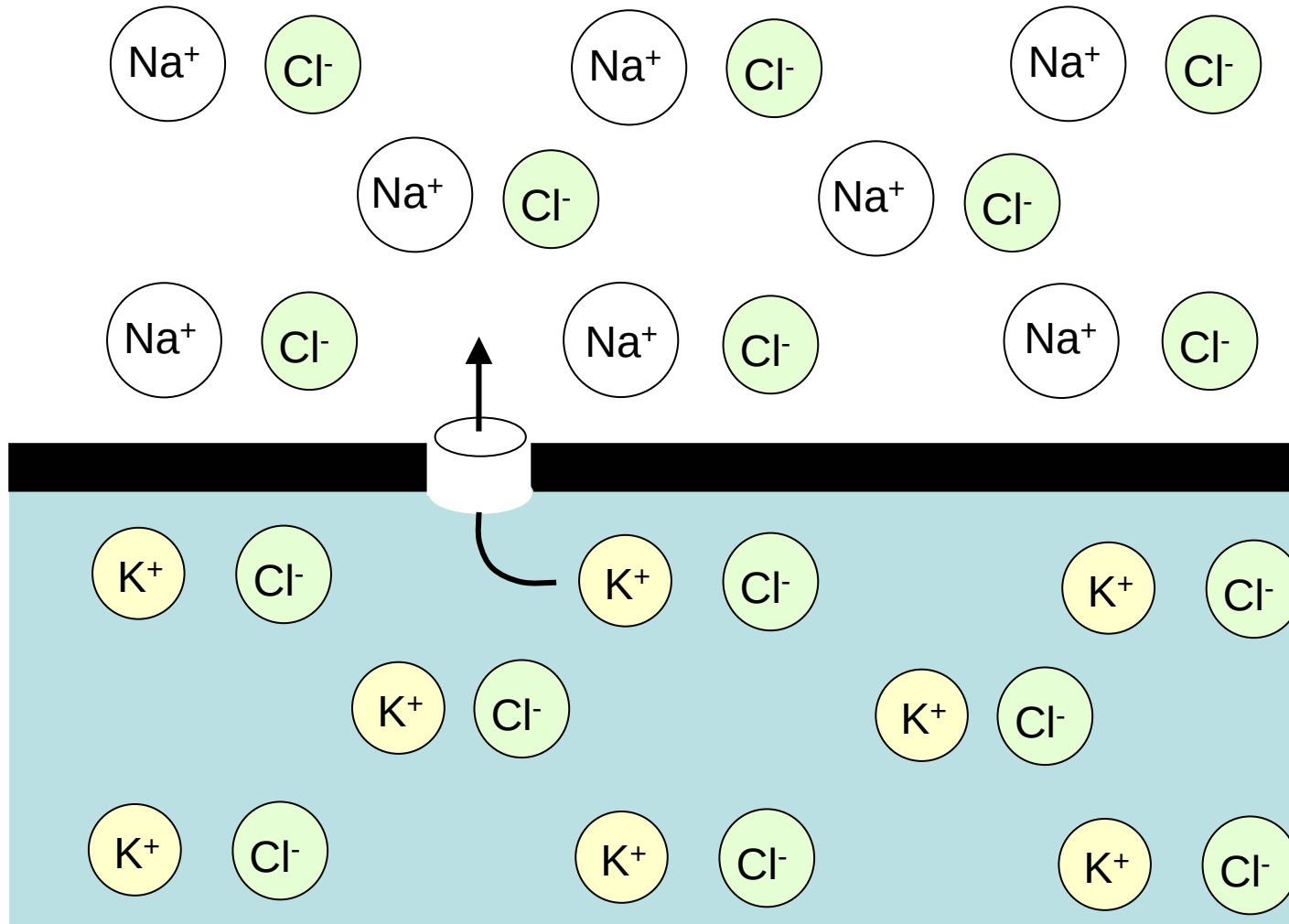
Ruhe-Membranpotenzial

-Elektrosignaling

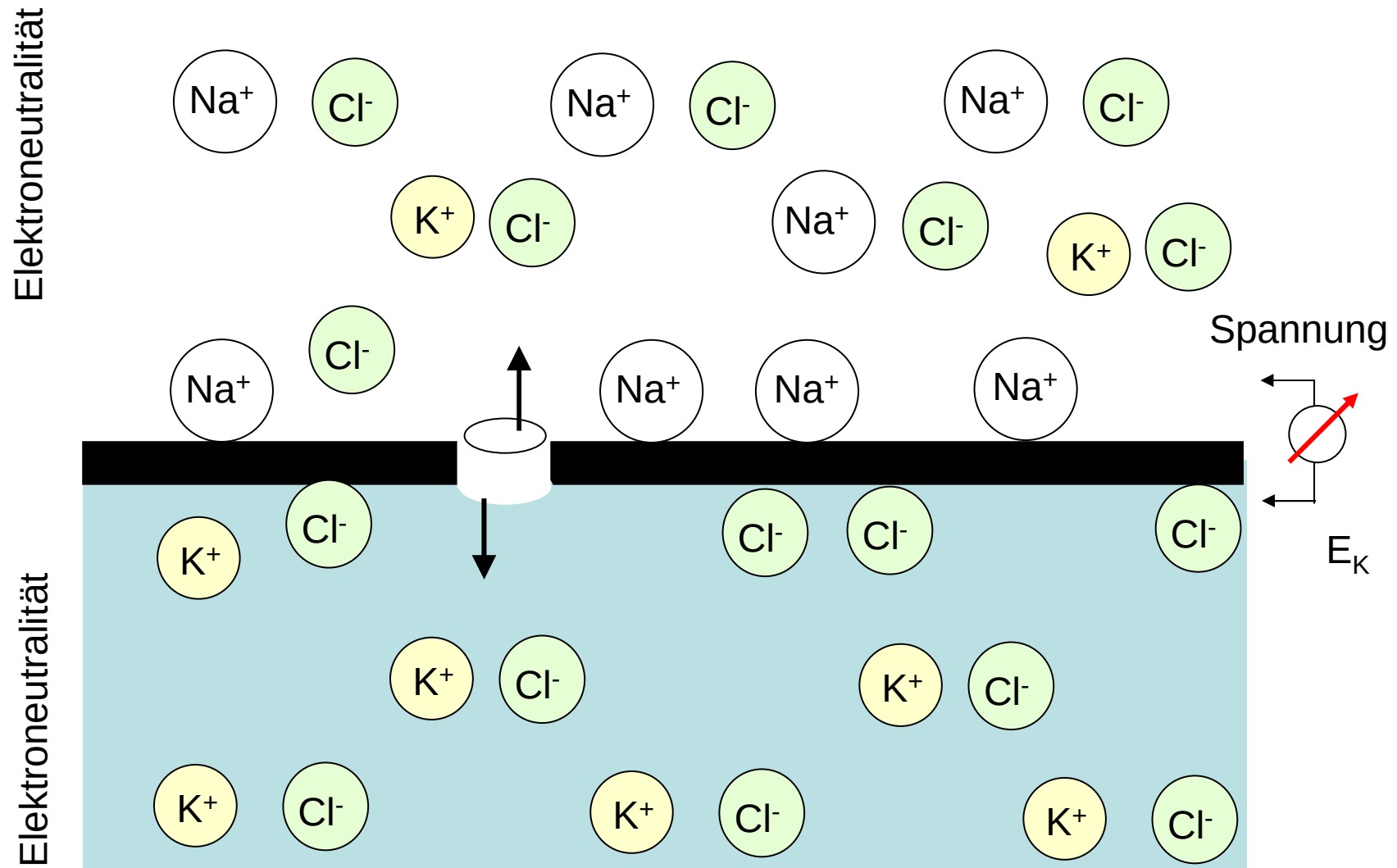
Diffusionspotential: I Ungleiche Ionenverteilung zwischen intra- und extrazellulärem Raum



Diffusionspotential: II Selektive Permeabilität für eine Ionenspezies



Diffusionspotential: III Aufladen der Membran bis zum Elektrochemischen Gleichgewichtspotential E



Allgemeine Zellphysiologie II

Elektrische Kommunikation

-Elektrische Membraneigenschaften

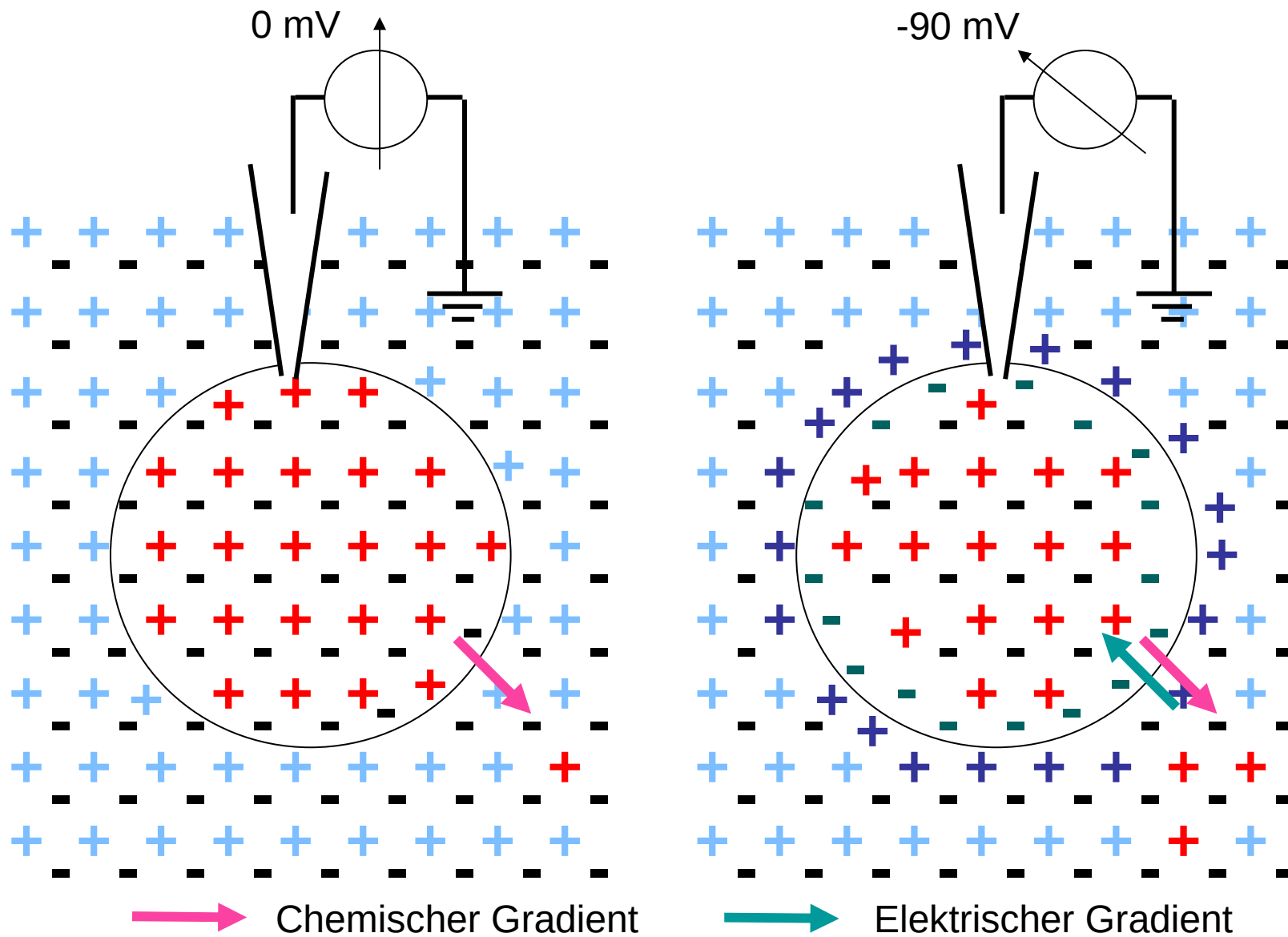
Elektrodiffusion und Diffusionspotenzial

Elektrochemisches Gleichgewichtspotenzial

Ruhe-Membranpotenzial

-Elektrosignaling

Elektrochemisches Gleichgewichtspotential



Elektrochemische Triebkraft $\Delta\mu$

$$\Delta\mu = R \cdot T \cdot \ln(C_1/C_2) + z_c \cdot F \cdot E_m$$

chemisch

elektrisch

R: Allgemeine Gaskonstante
T: Absolute Temperatur
 C_1/C_2 : Konzentrationsgradient
 z_c : Ladung und Valenz
F: Faraday-Konstante
 E_m : Membranspannung

Nernst'sche Gleichung

$$E_K = \frac{RT}{zF} \ln \frac{[K^+]_o}{[K^+]_i} = 58mV \lg \frac{[K^+]_o}{[K^+]_i}$$

where

E_K - transmembrane voltage
at equilibrium (for
potassium)

R = the gas constant

T - absolute temperature ($^{\circ}K$),
 $293^{\circ}K^{\dagger}$

z = ionic valence

F = Faraday's constant

ln = natural log

$[K^+]_o$, $[K^+]_i$ = **potassium** ion
conc. outside/inside

$\dagger$ $20^{\circ}C$, norm temp



Nernst, Hermann (1864-1941)

Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d5/Walther_Nernst_SI.jpg/220px-Walther_Nernst_SI.jpg

Allgemeine Zellphysiologie II

Elektrische Kommunikation

-Elektrische Membraneigenschaften

Elektrodiffusion und Diffusionspotenzial

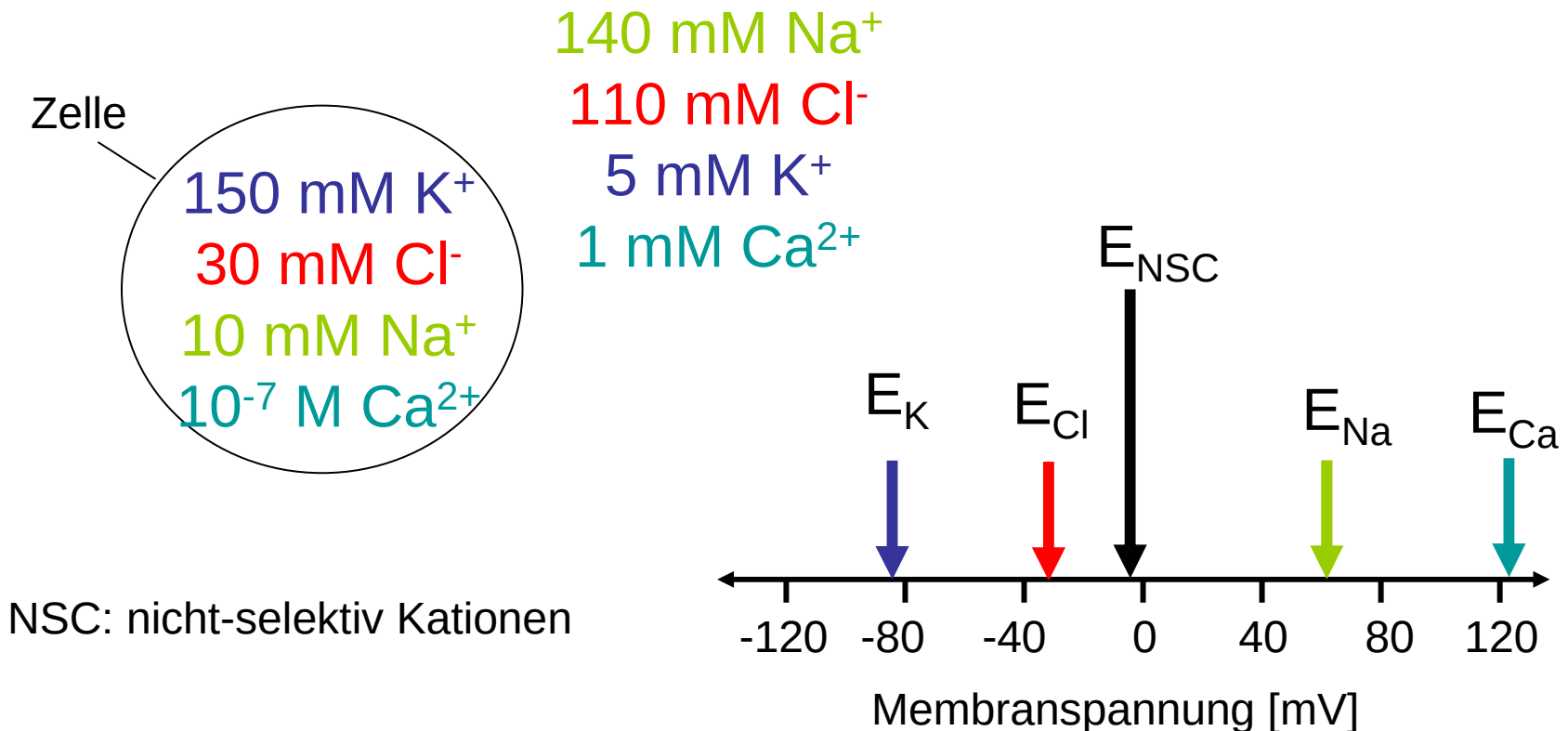
Elektrochemisches Gleichgewichtspotenzial

Ruhe-Membranpotenzial

-Elektrosignaling

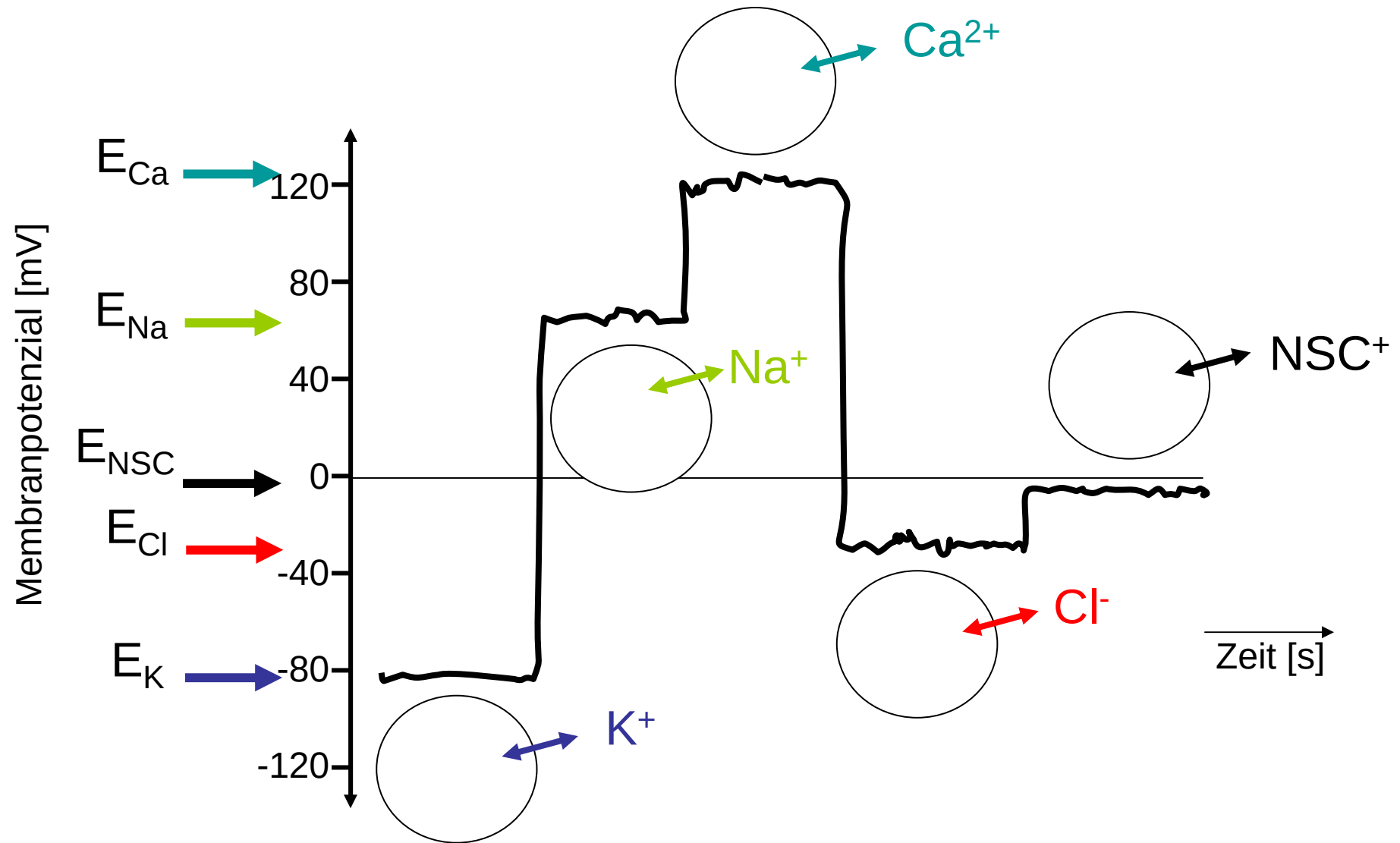
Elektrochemische Gleichgewichtspotenziale E (physiologisch)

Intra- und extrazelluläre Ionenkonzentrationen

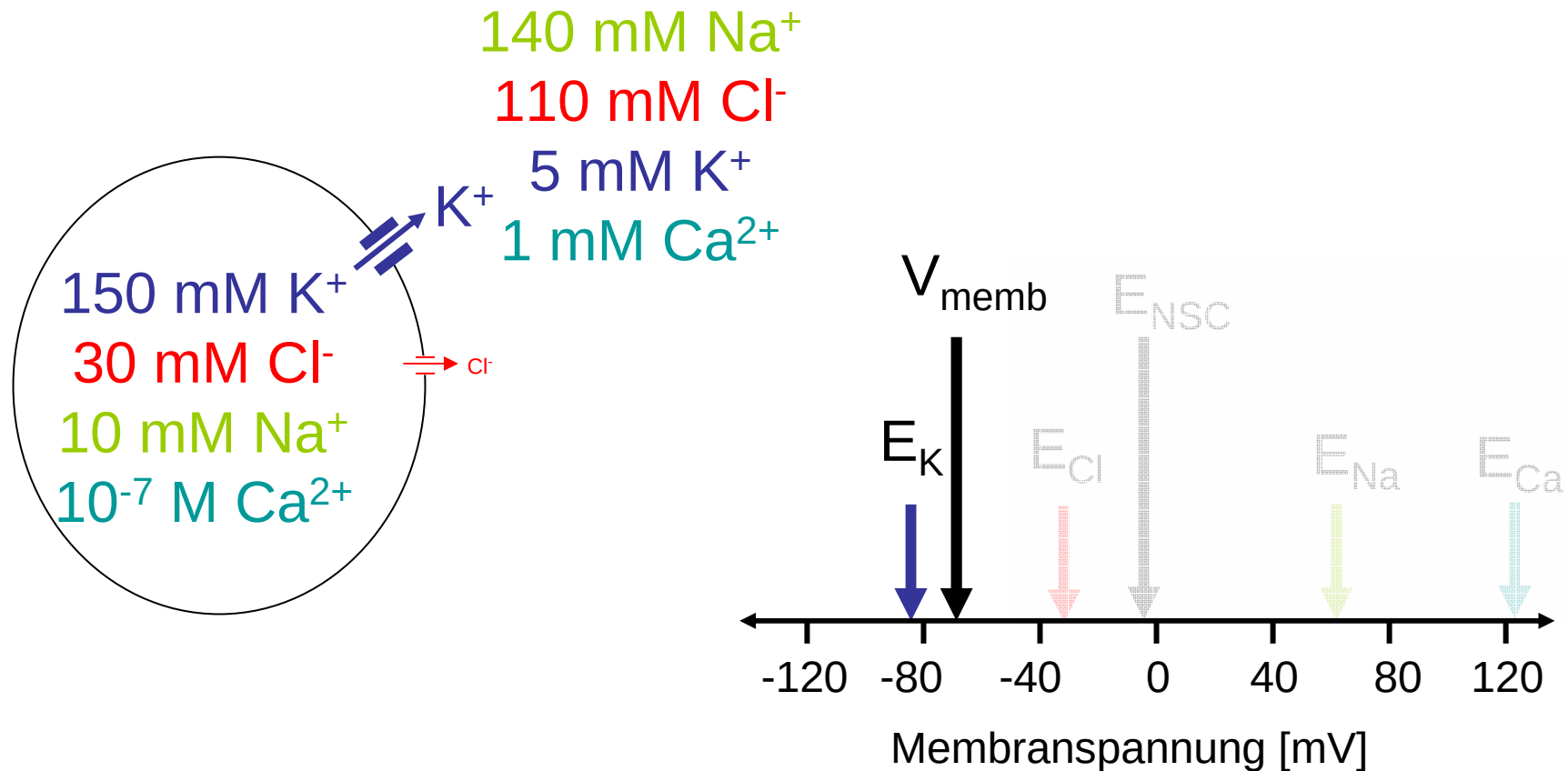


Elektrochemische Gleichgewichtspotenziale (E)

Membranpotenzial (V_{memb})



Ruhemembranpotenzial (V_{memb}) erregbare Zellen



Allgemeine Zellphysiologie II

Kommunikation

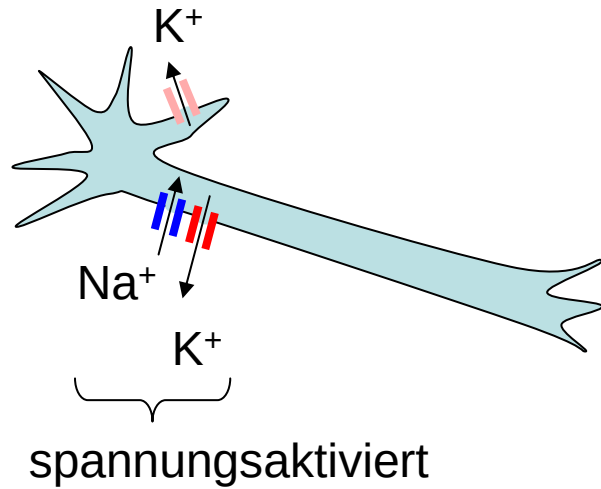
- Elektrische Membraneigenschaften
- Elektrosignaling

Aktionspotenzial

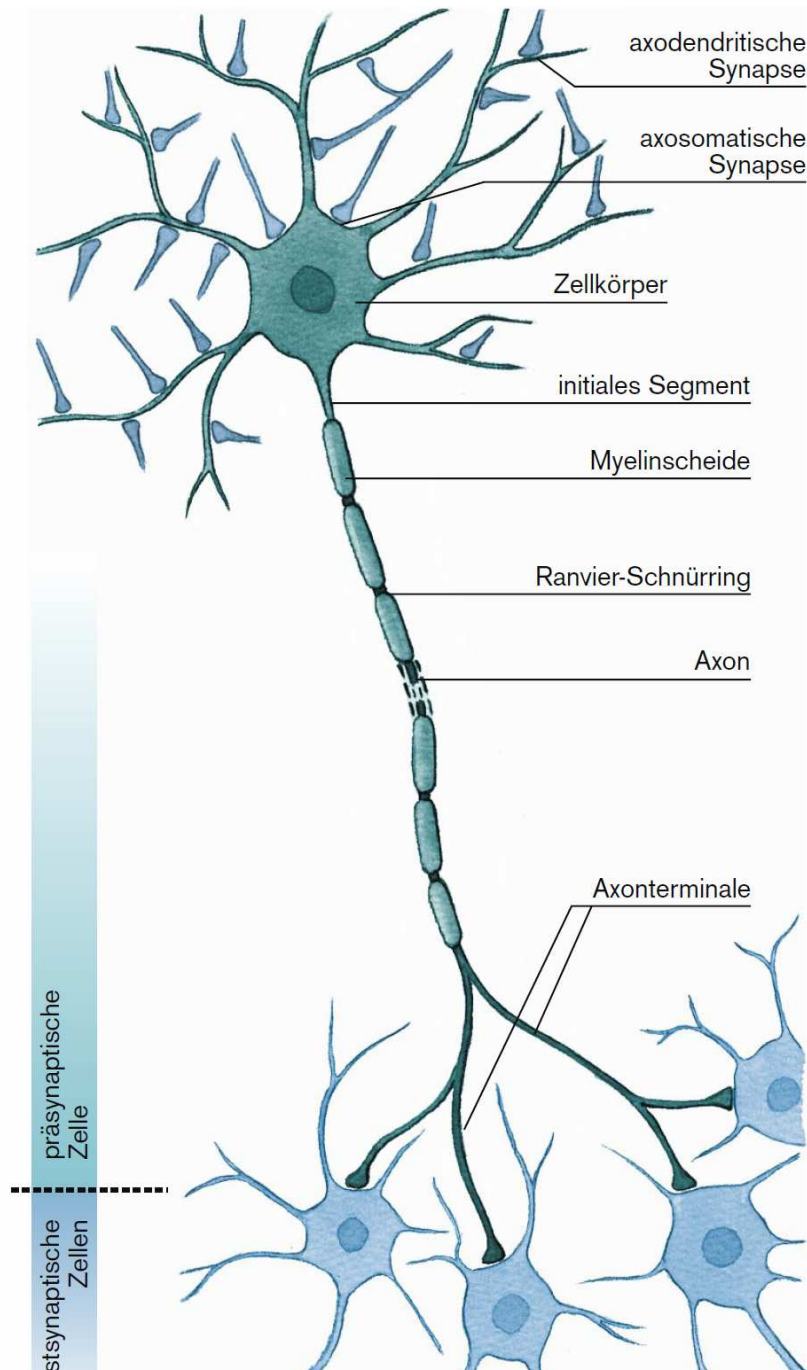
kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung
elektrische Kopplung

Neurone

Ruhemembranpotenzial



aus: Klinke/Silbernagl: Lehrbuch der Physiologie, 2. Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag, Stuttgart



Input

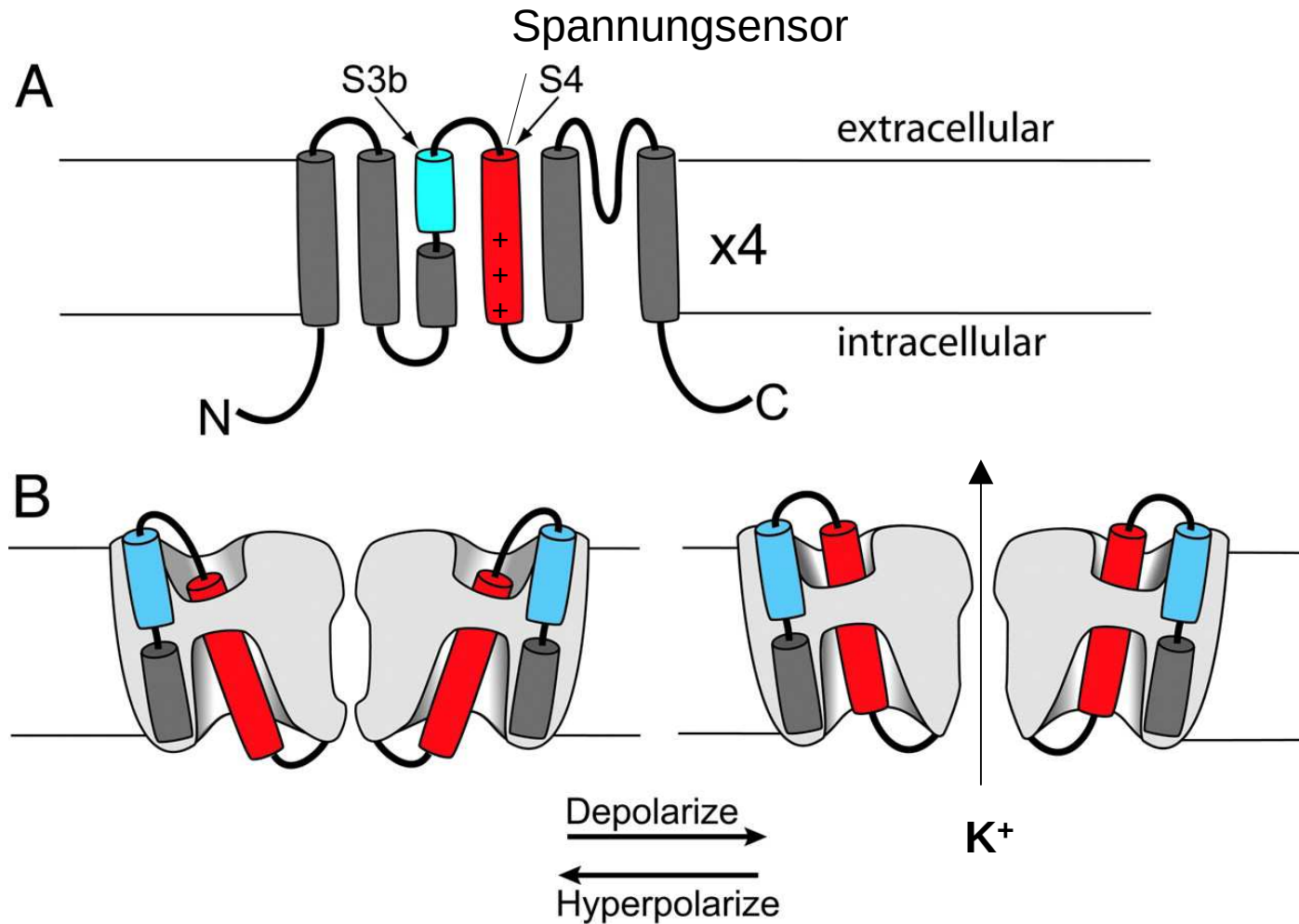
Integration und
Kodierung

Leitung

Output

Aktionspotential

Spannungsaktivierte Ionenkanäle: Spannungssensoren detektieren Änderungen der Membranspannung



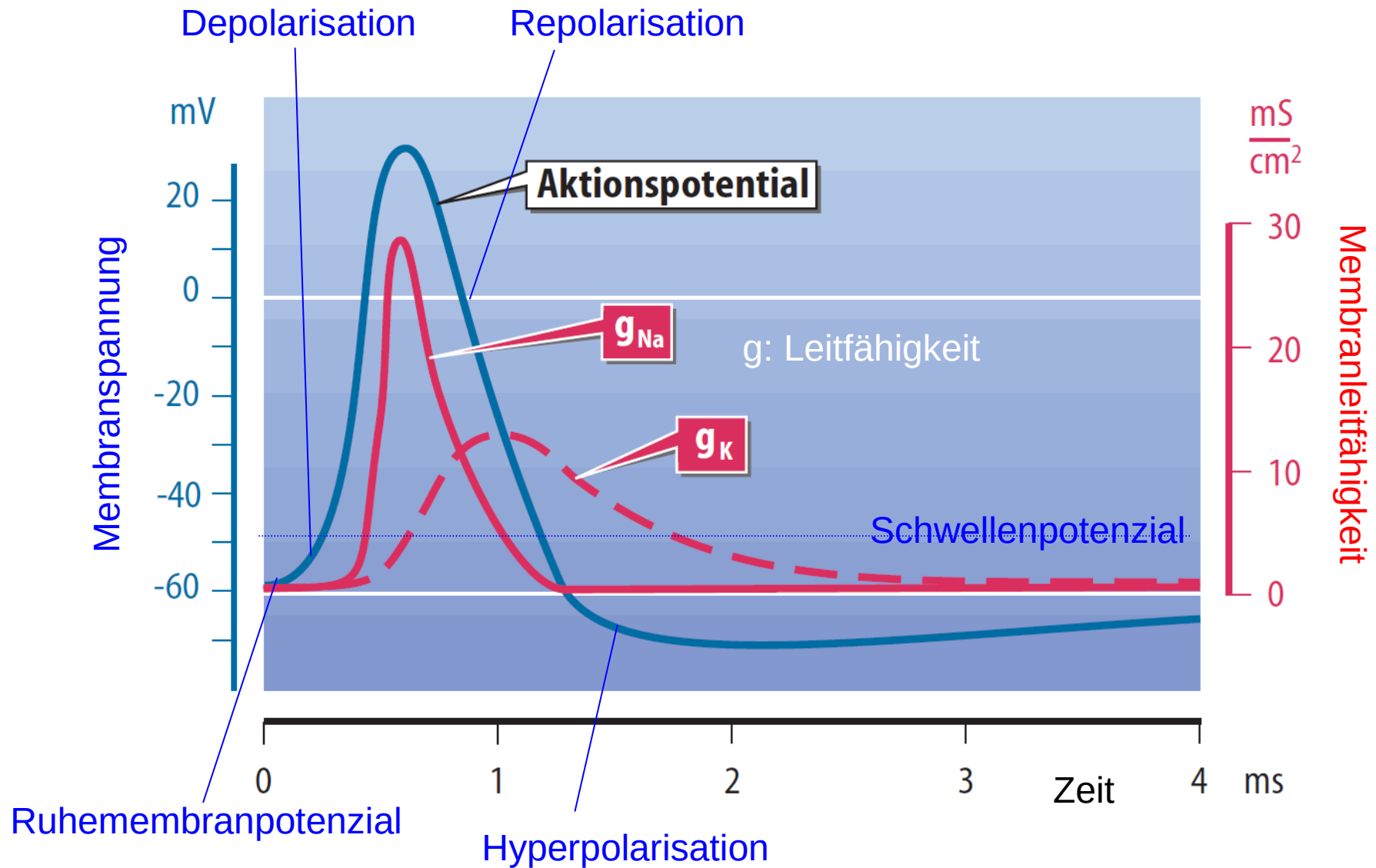
Quelle: <http://www.pnas.org/content/102/14/4929/F1.large.jpg>

Aktionspotential

Aktionspotenzial (AP)

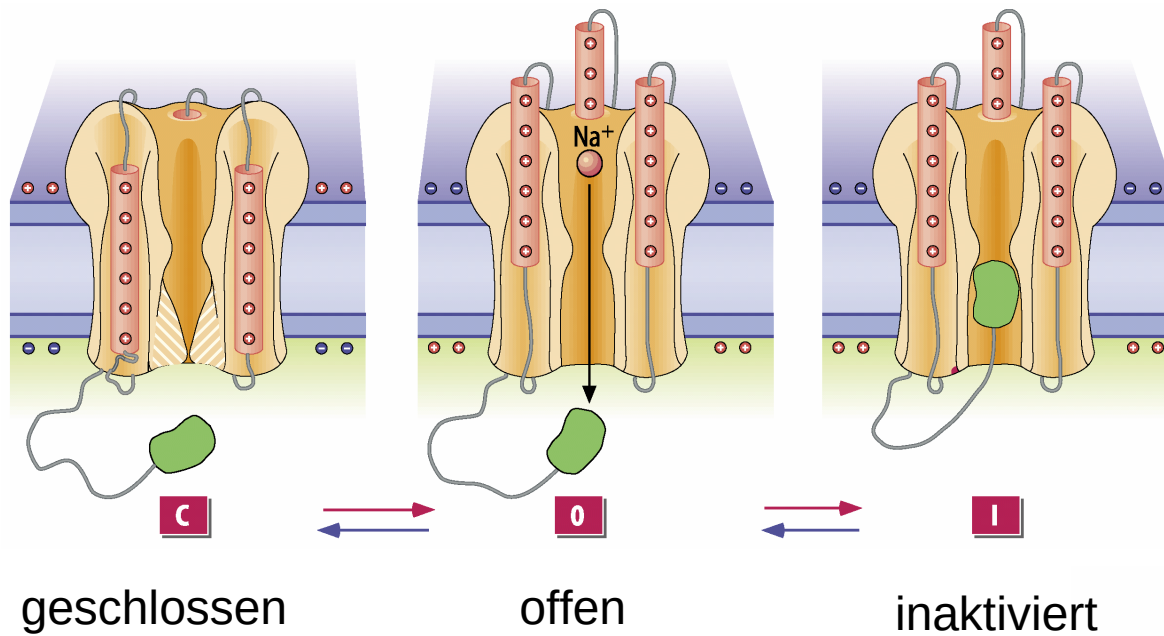
Aus: R. F. Schmidt, F. Lang, G. Thews – Physiologie des Menschen
Kapitel 4: Grundlagen zellulärer Erregbarkeit

© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005



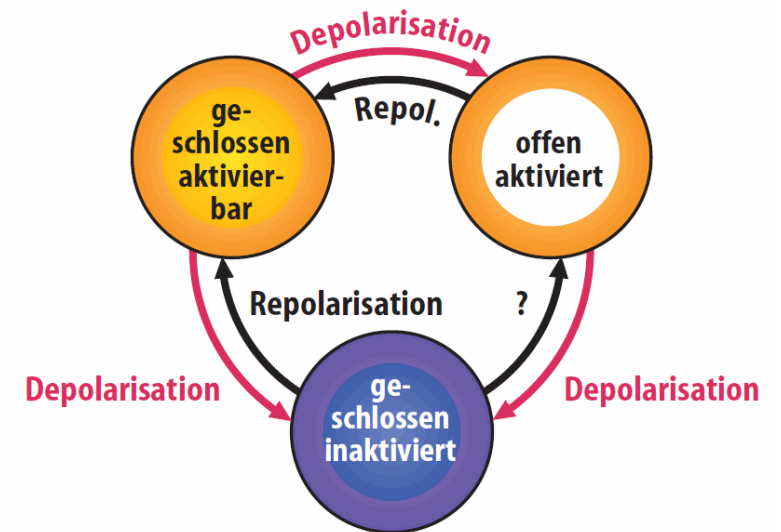
Aktionspotential

Schnelle Na^+ -Kanäle in erregbaren Membranen



Aus: R. F. Schmidt, F. Lang, G. Thews – Physiologie des Menschen
Kapitel 4: Grundlagen zellulärer Erregbarkeit

© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005

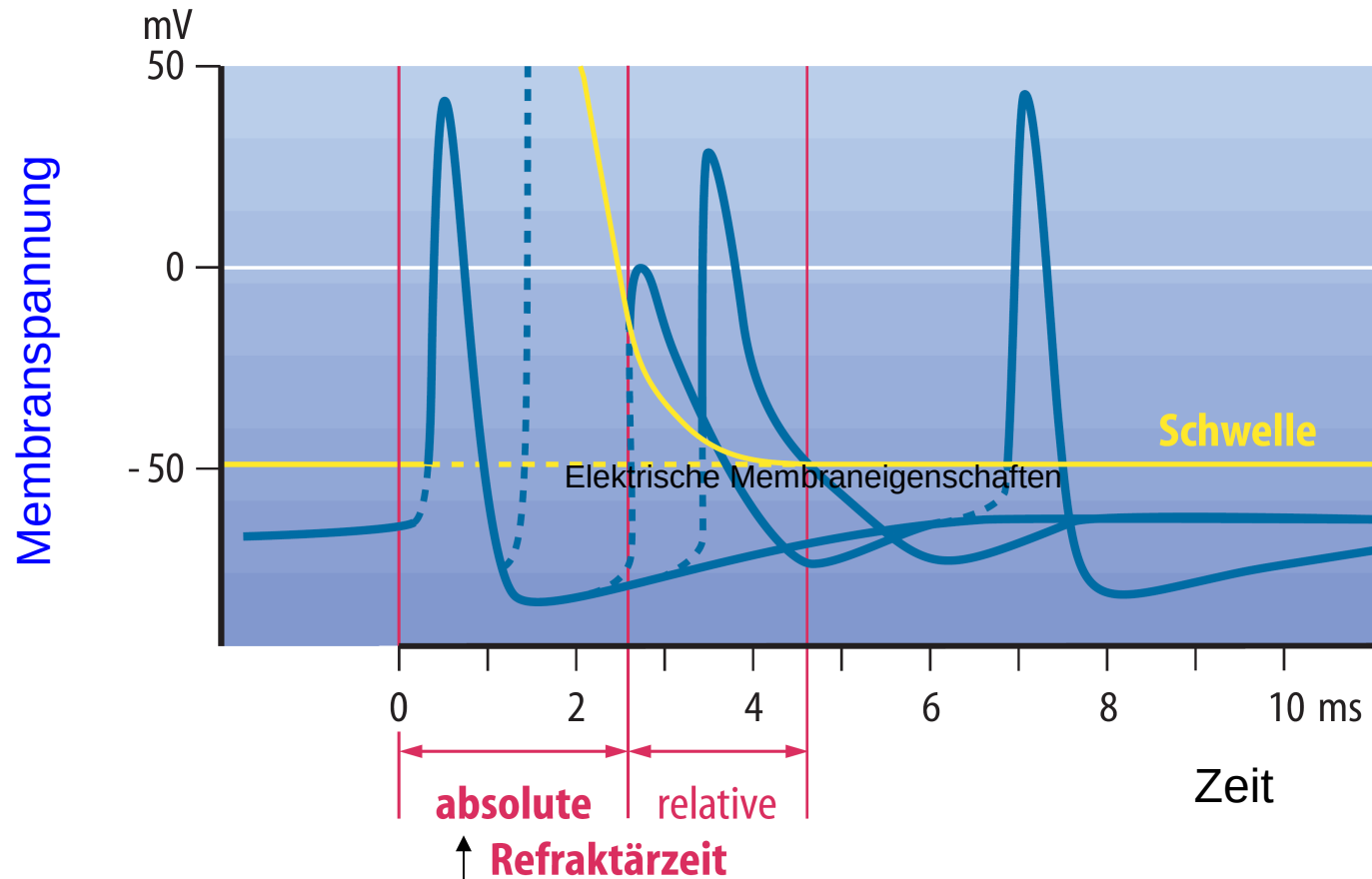


Aktionspotential

Absolute und relative Refraktärzeit

Aus: R. F. Schmidt, F. Lang, G. Thews – Physiologie des Menschen
Kapitel 4: Grundlagen zellulärer Erregbarkeit

© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005



Na⁺-Kanäle nicht aktivierbar

Aktionspotential

Allgemeine Zellphysiologie II

Kommunikation

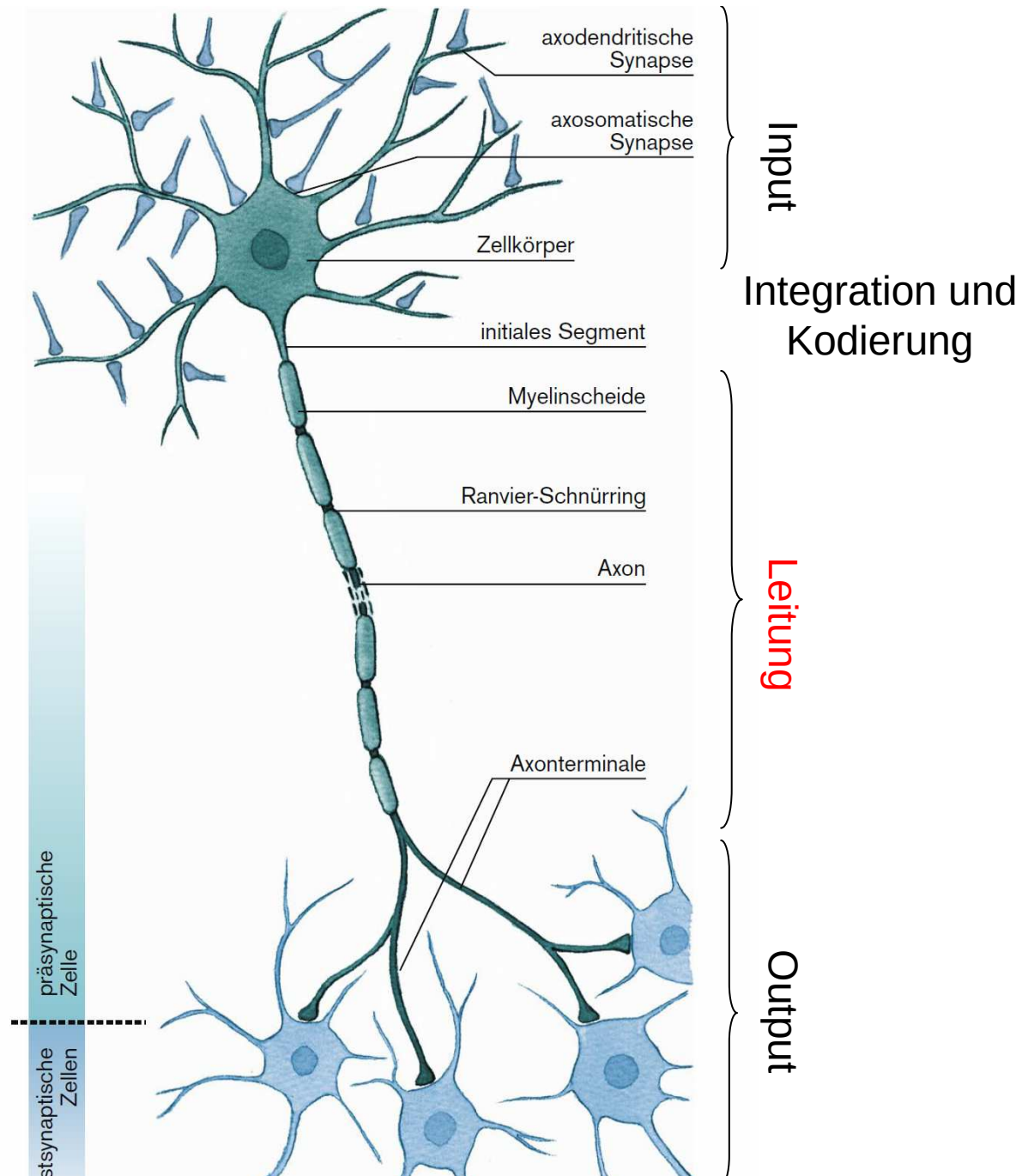
- Elektrische Membraneigenschaften
- Elektrosignaling

Aktionspotenzial

kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung

elektrische Kopplung

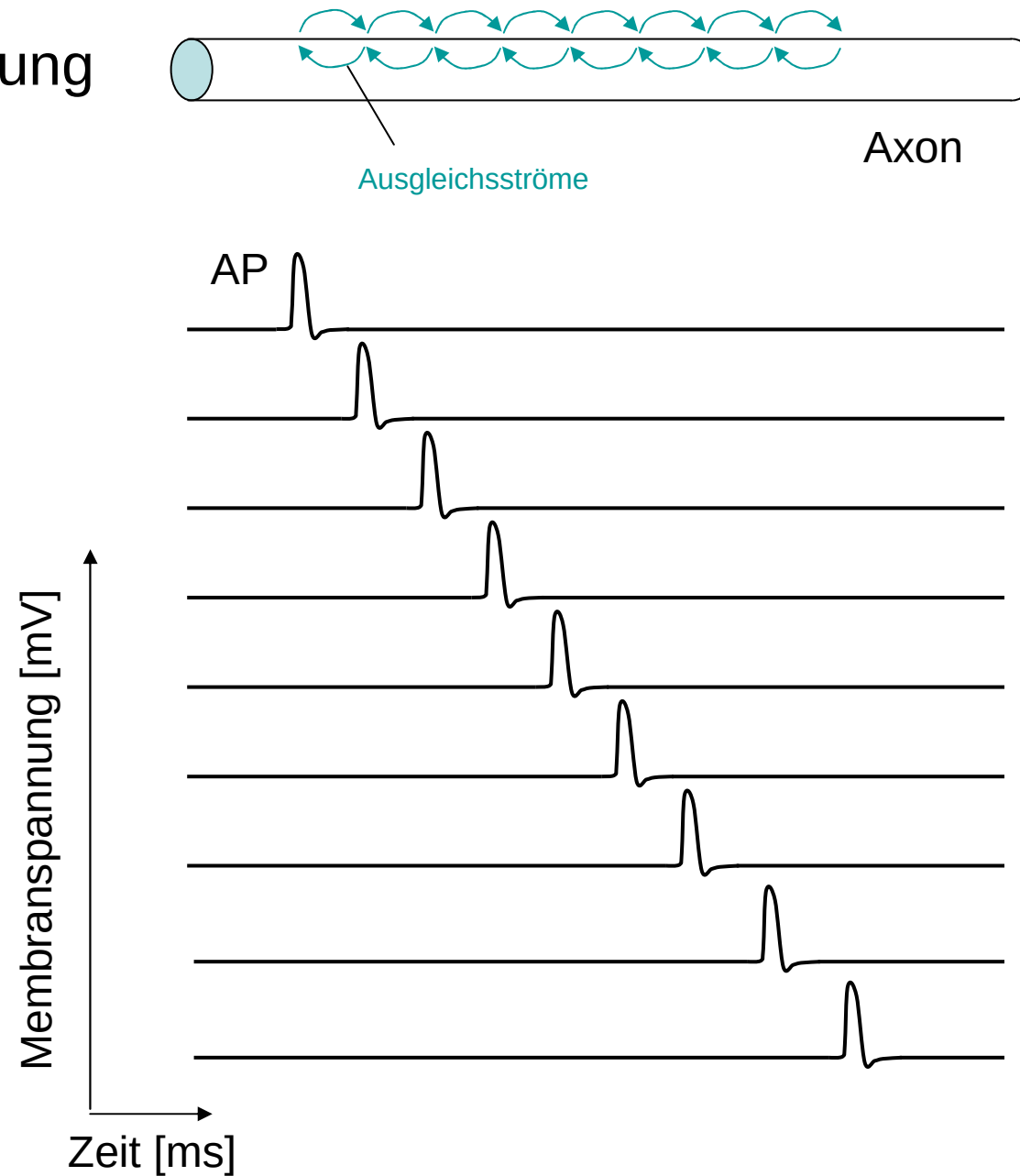
Neurone



aus: Klinke/Silbernagl: Lehrbuch der Physiologie, 2. Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag, Stuttgart

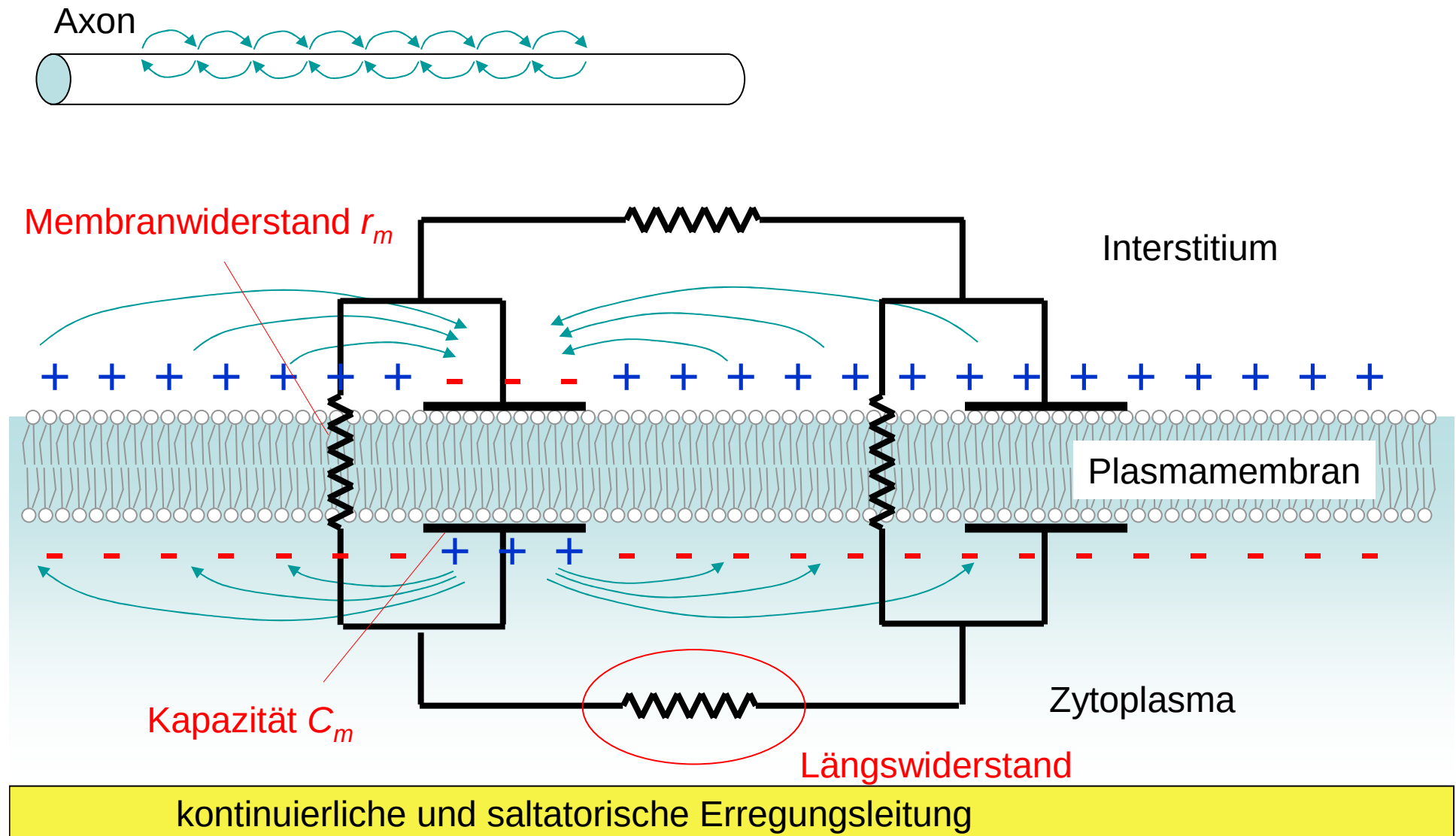
kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung

Kontinuierliche
Erregungsausbreitung
kostet Zeit

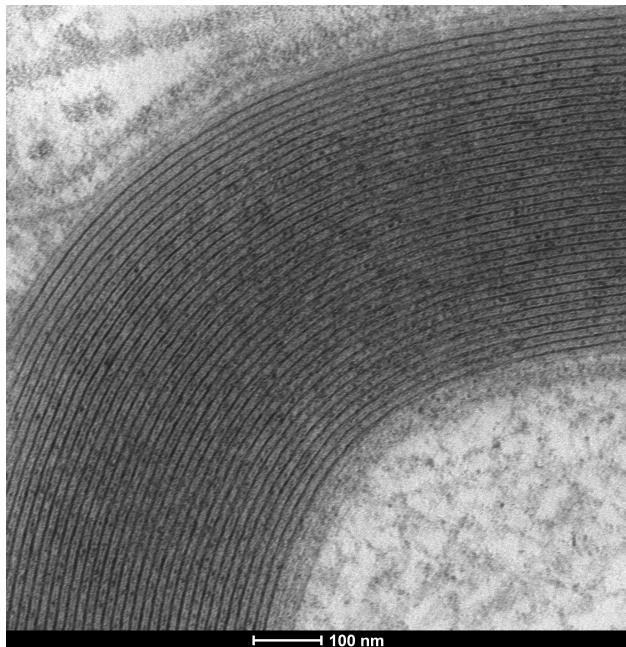


kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung

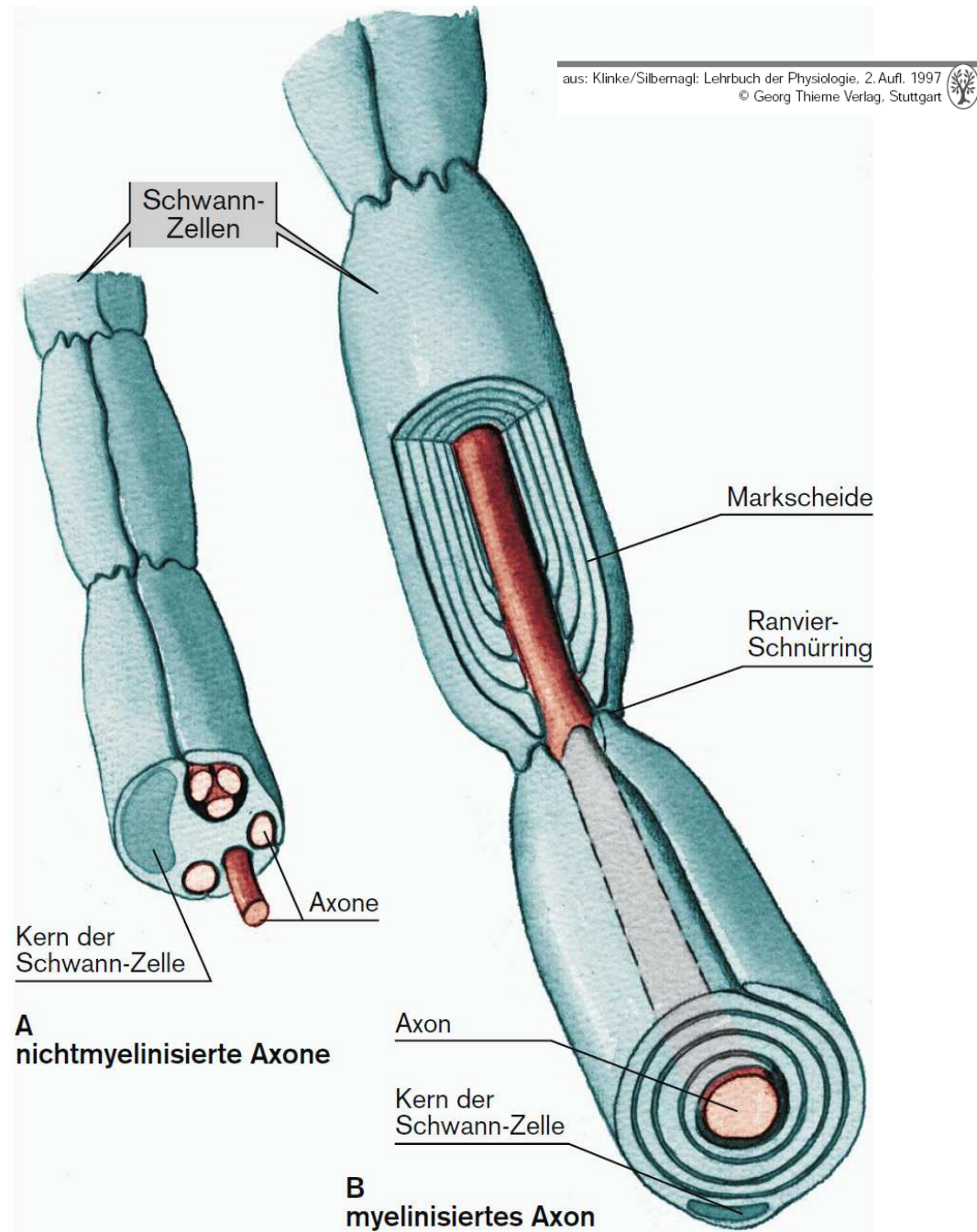
Leitungsgeschwindigkeit von Aktionspotentialen hängt von Membrankapazität, Membranwiderstand und Längswiderstand des Axons ab.



Myelinisierung

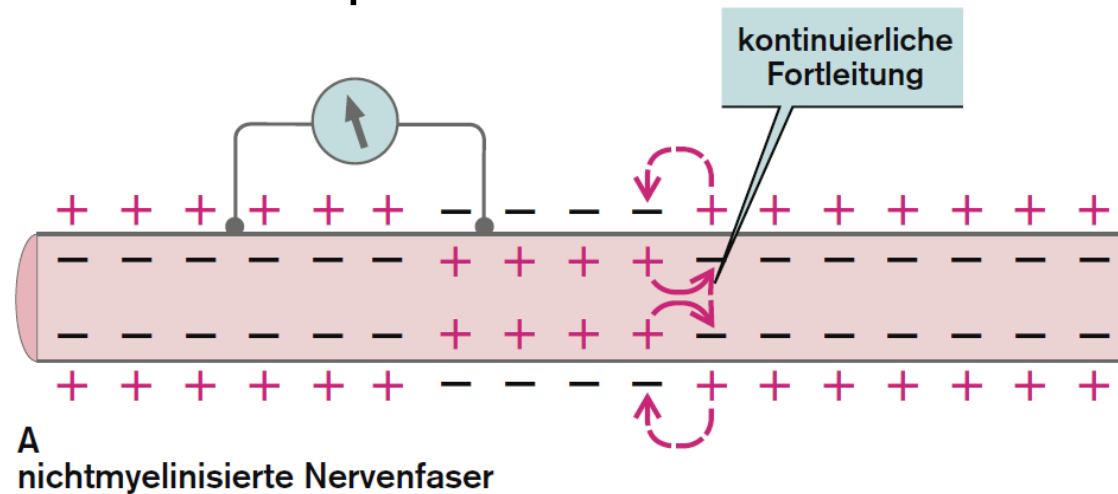


Quelle: https://www.researchgate.net/post/What_is_a_good_method_for_fixing_mouse_brain_tissue_to_examine_myelin_changes_in_transmission_electron_microscopy



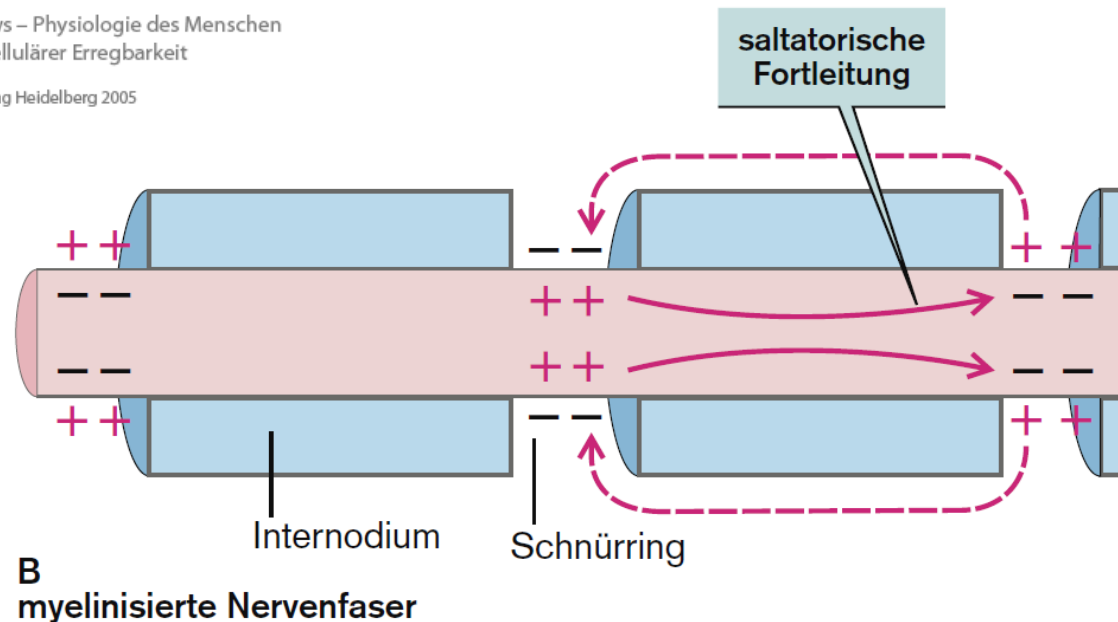
kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung

Langsame kontinuierliche und schnelle saltatorische Fortleitung von Aktionspotenzialen



Aus: R. F. Schmidt, F. Lang, G. Thews – Physiologie des Menschen
Kapitel 4: Grundlagen zellulärer Erregbarkeit

© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005



kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung

Allgemeine Zellphysiologie II

Kommunikation

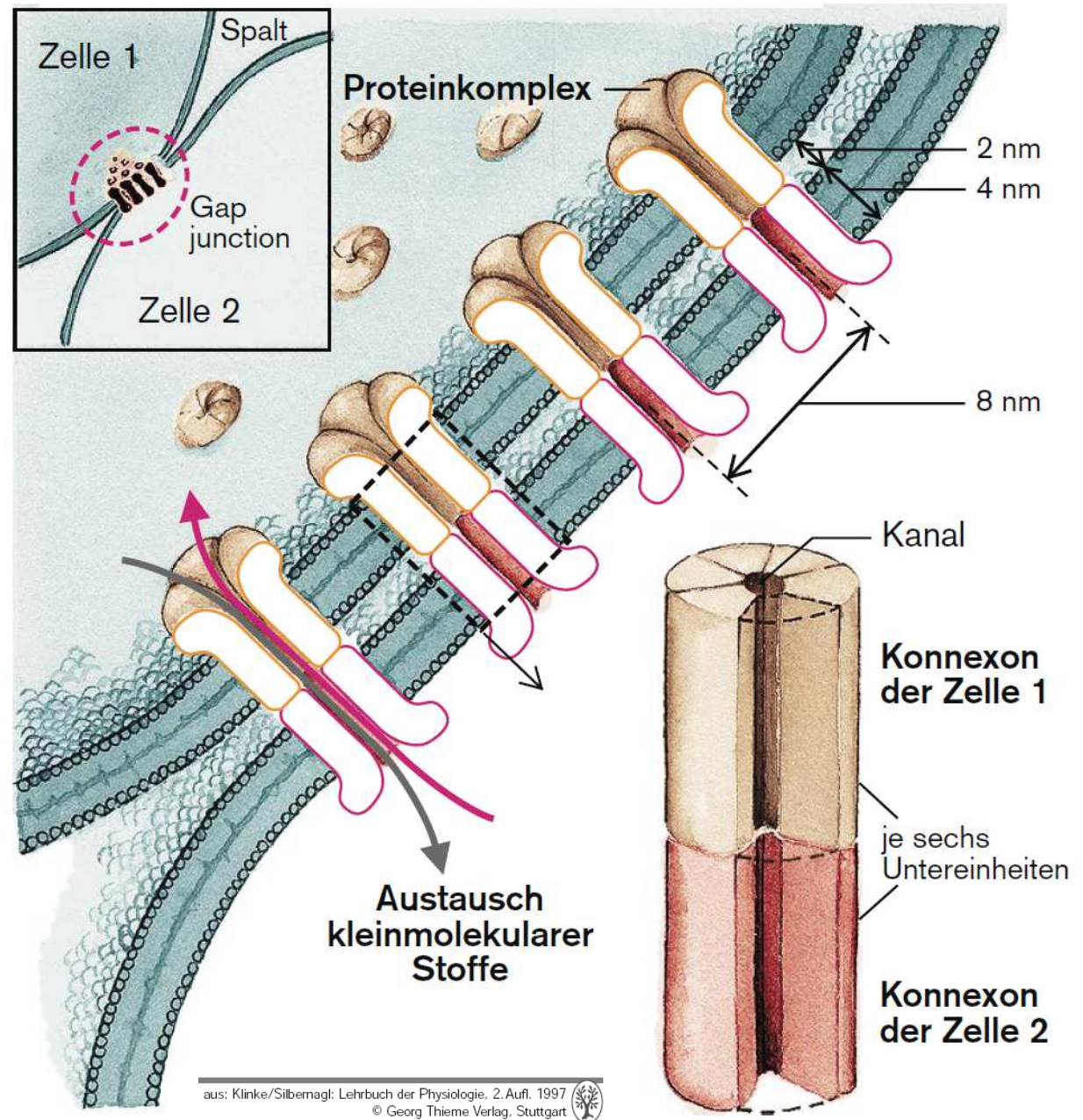
- Elektrische Membraneigenschaften
- Elektrosignaling

Aktionspotenzial

kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung

elektrische Kopplung

Konnexone bilden Gap junctions



Klausurfragen

Welche Aussage ist richtig:

Das Ruhemembranpotential eines Neurons:

- a) liegt auf dem K^+ -Gleichgewichtspotential (E_K)
- b) liegt negativer als E_K
- c) liegt positiver als E_K
- d) hängt ausschließlich von der intra- und extrazellulären K^+ Verteilung ab
- e) beträgt immer -85 mV

Der Netto- Na^+ -Einstrom in die Zelle über Ionenkanäle:

- a) wird ausschließlich durch den chemischen Gradienten über die Plasmamembran angetrieben
- b) wird ausschließlich durch die elektrische Membranspannung angetrieben
- c) wird über die Na^+ Leitfähigkeit der Plasmamembran limitiert
- d) dauert am elektrochemischen Na^+ -Gleichgewichtspotential (E_{Na}) an
- e) wird über die Na^+/K^+ -ATPase reguliert

Klausurfragen

Welche Aussage ist falsch:

Die axonale Fortleitung von Aktionspotenzialen:

- a) wird bezüglich der maximalen Frequenz durch die Refraktärzeit der Na⁺-Kanäle limitiert
- b) kann kontinuierlich oder saltatorisch (Myelinscheiden) erfolgen
- c) kann durch pathologische Depolarisation des Membranpotenzials gehemmt werden
- d) verbraucht direkt ATP
- e) hängt von der interstitiellen (extrazellulären) K⁺-Konzentration ab