

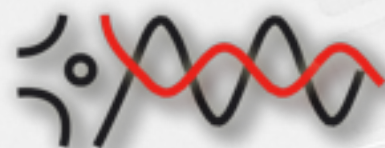
Physiologie

UE2

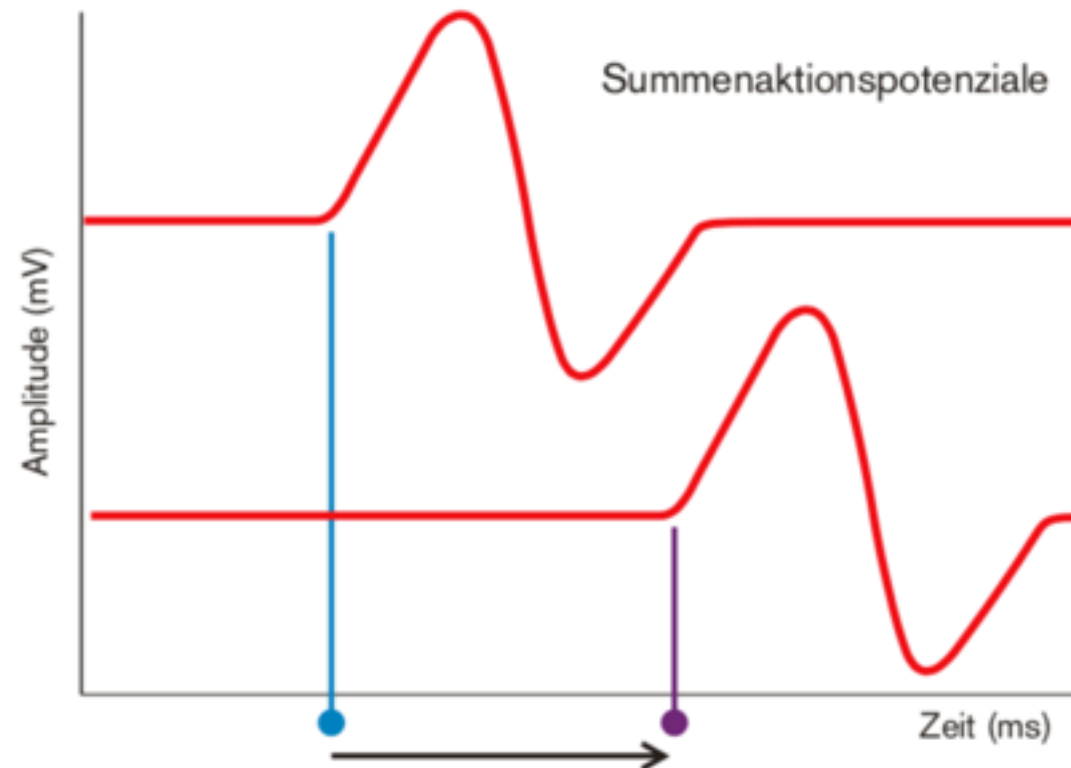
Synapsen

Fred Wouters

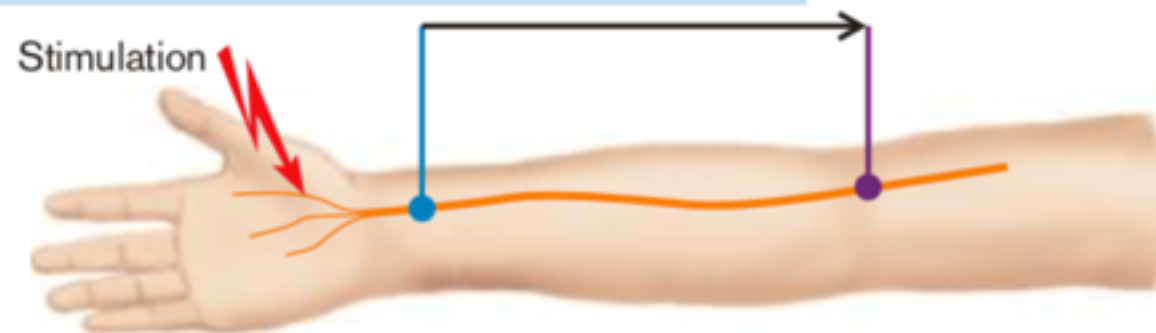
Molekulare & Zelluläre Systeme
Institut für Neuropathology
E-mail: fred.wouters@gwdg.de



Nervenleitgeschwindigkeit; Elektroneurographie

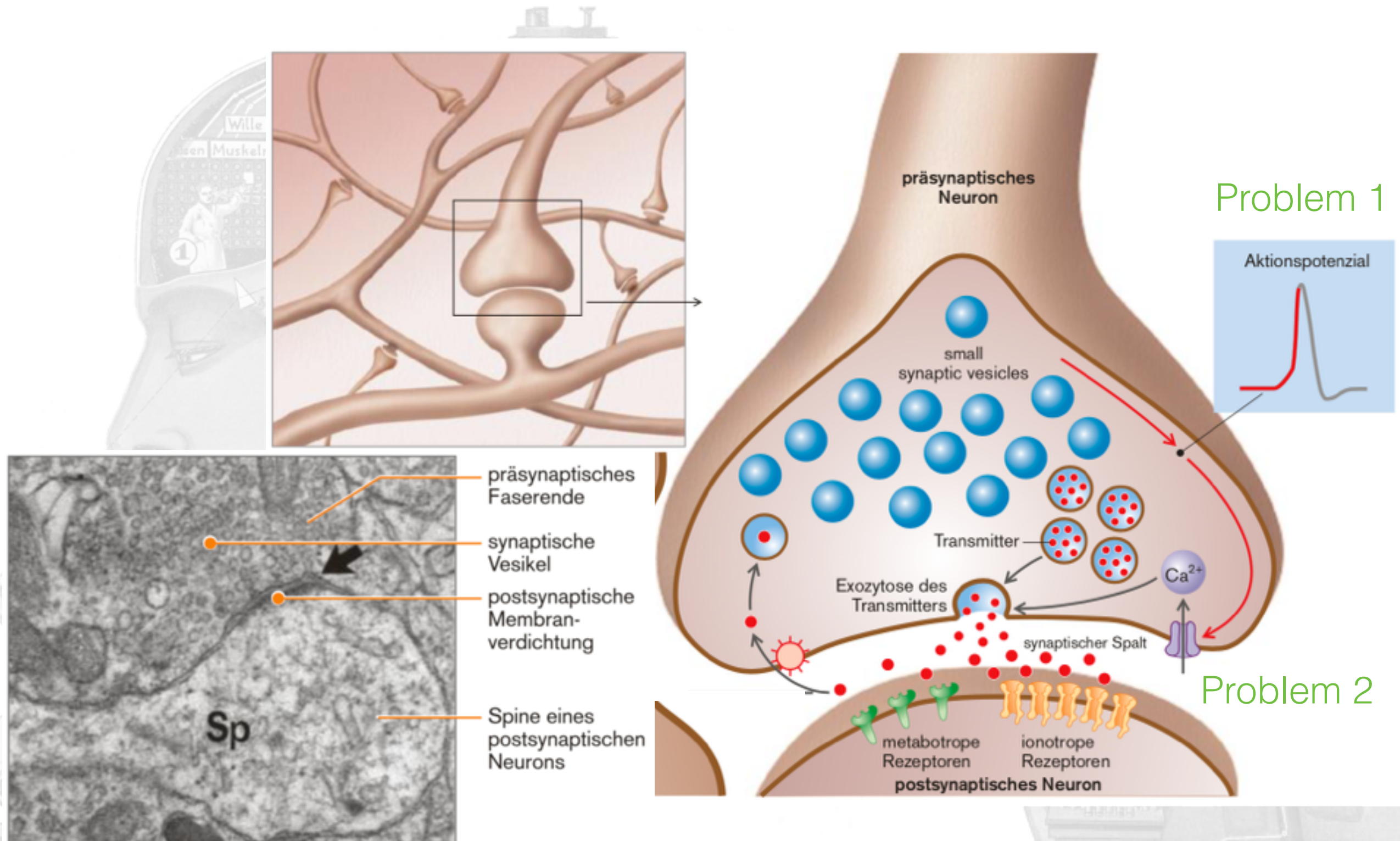


$$\text{Nervenleitgeschwindigkeit} = \frac{\text{Distanz}}{\text{Latenzdiffferenz}}$$

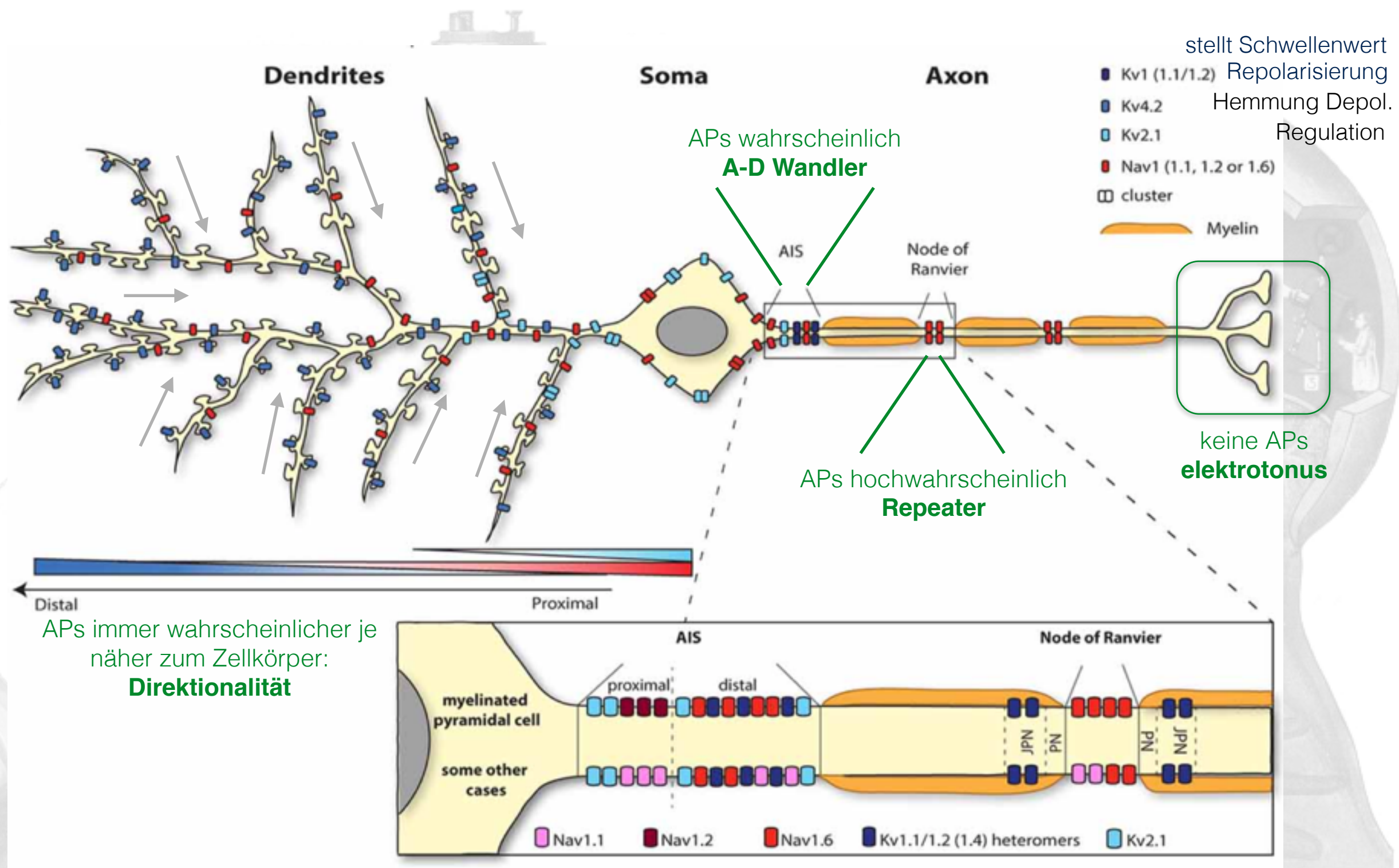


- Latenz:
- Reizungslatenz am Nerv
 - Signalübertragung an der neuromuskulären **Synapse**
 - Aufbau Summen-AP Handmuskel

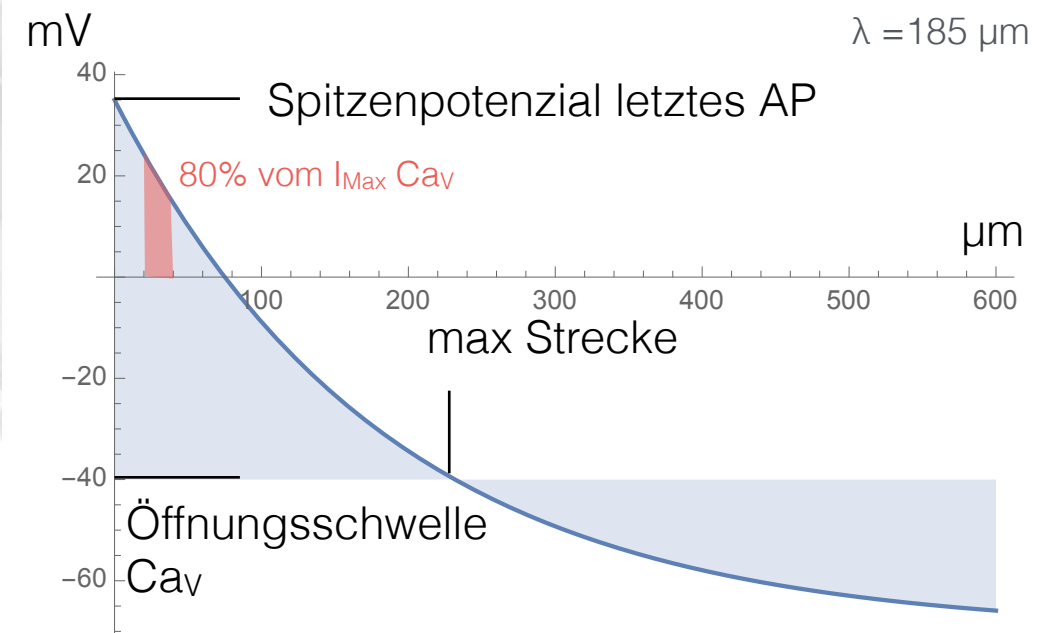
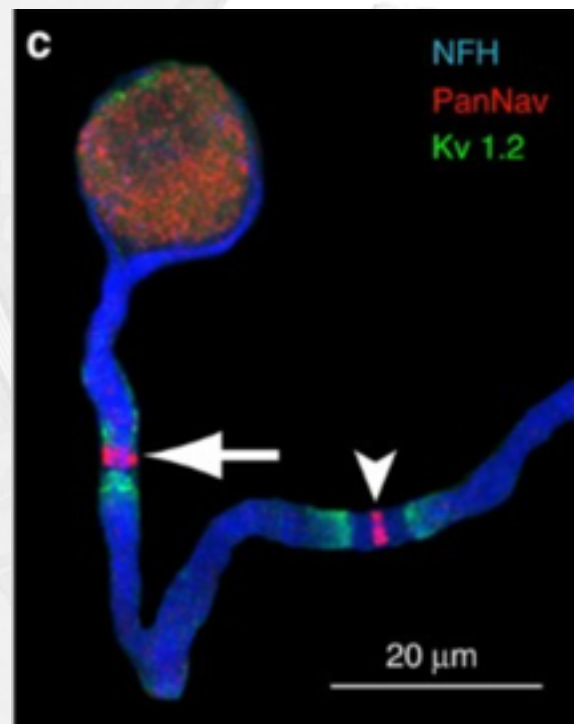
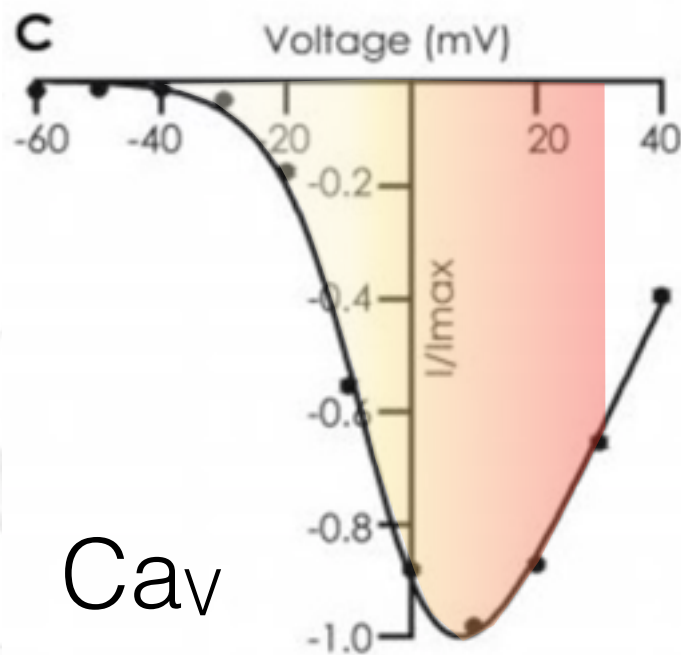
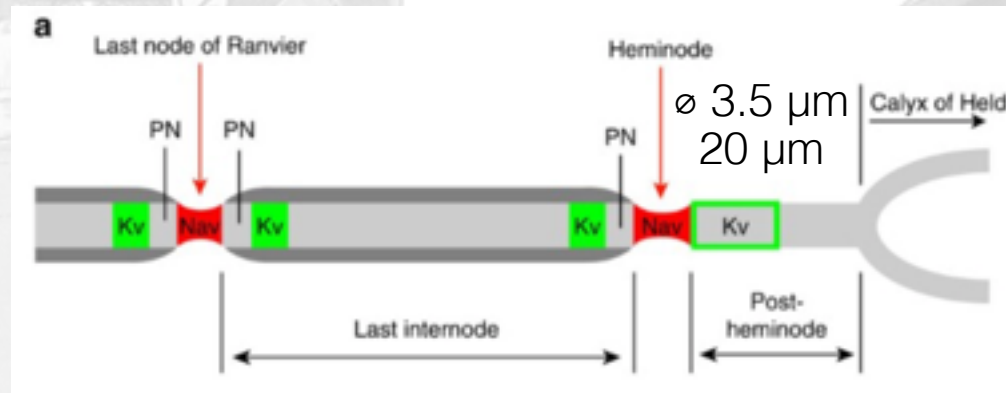
Verbindungen zwischen Nervenzellen (oder mit Effektorzellen) sind chemischer Natur: Synapsen



Räumlich getrennte Expression von Ionenkanälen



Ausreichende Sicherheitsreserve an der nicht-myelinisierten Synapse



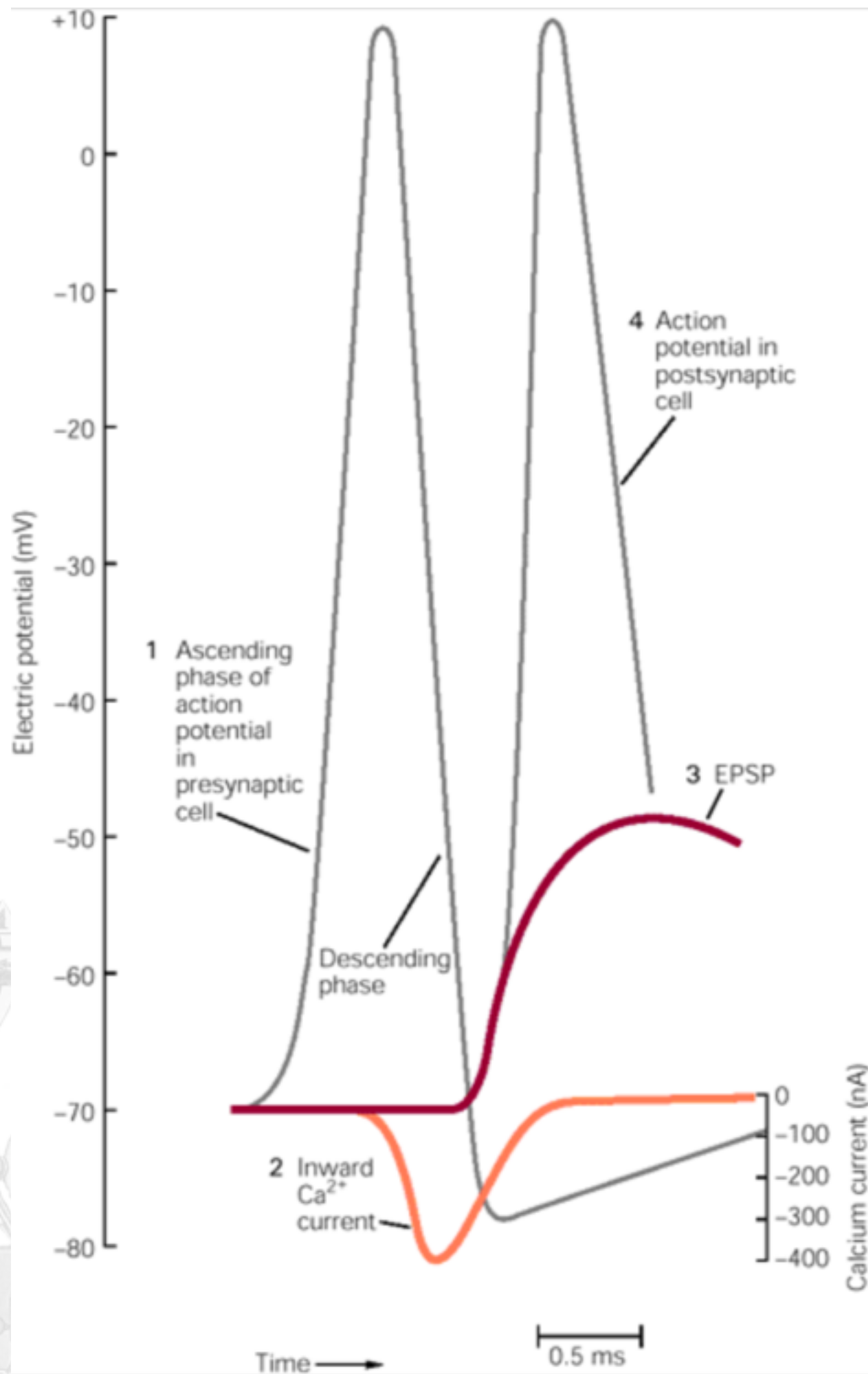
Zahlen

- Anzahl Synapsen im Gehirn: 10^{13} - 10^{15}
- 10^9 pro mm^3 in der Rinde
- Feuerrate bis zu 100 s^{-1}
- 10^3 - 10^4 Neurotransmittermoleküle pro Vesikel
- 10^2 - 10^4 Kalziummoleküle für Freisetzung 1 Vesikel.
Die "Einwirkungszeit" ist etwa so lange wie das letzte AP: 1 ms
- 90% aller Synapsen: NT Glutamat
- Energiebedarf: 10^5 ATP Moleküle pro Vesikelfreisetzung
- langsamster Schritt in synaptischer Transmission: die Diffusion von NT über den 20-40 nm weite Spalt dauert 1 ms: ung. so lange wie ein AP

<http://book.bionumbers.org/how-big-is-a-synapse/>

Diffusionskoeffizient für freie Kalziumionen

$$D_{\text{Ca}} = 200 \mu\text{m}^2\text{s}^{-1}$$



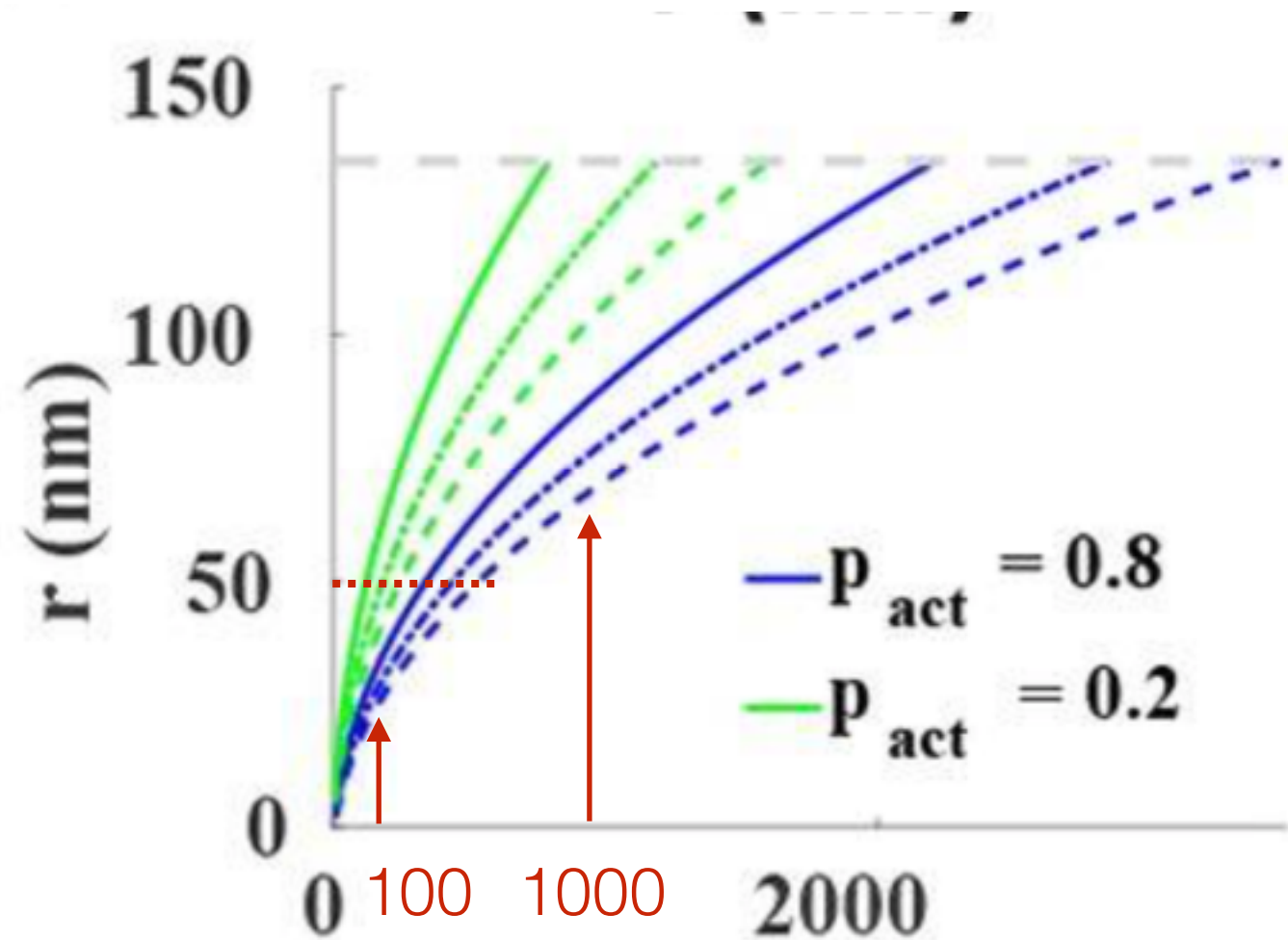
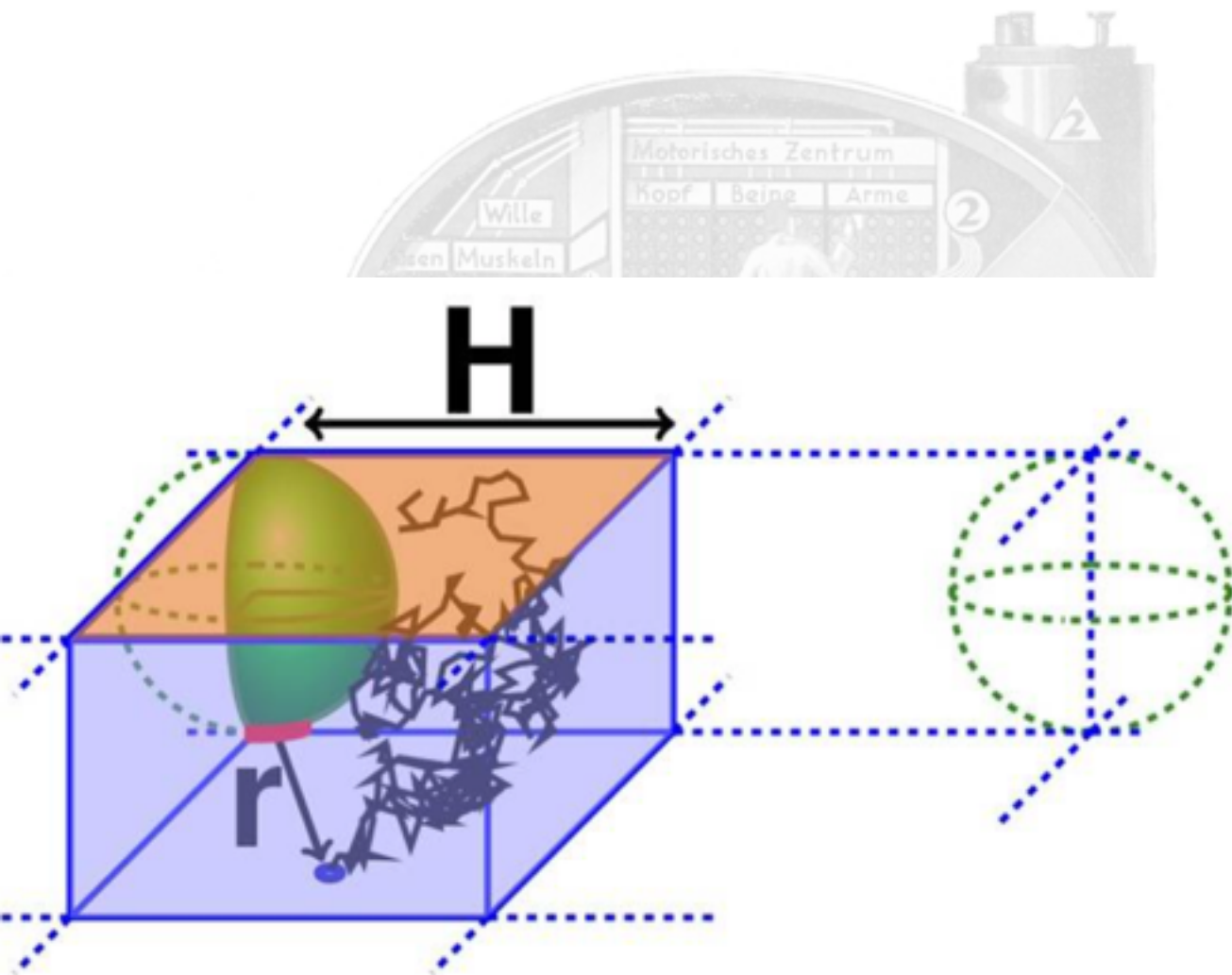
Die Synaptische Übertragung dauert ung. so lange wie ein AP

Das AP wird fast gleichzeitig am Endfüßchen gespürt weil die elektrotonische Leitung 100.000 mal schneller ist als die Erzeugung des APs!!!

Kandel, Schwartz & Jessell. Principles of Neural Science. McGraw-Hill Verlag

Kalzium-Influx zur Vesikelfreisetzung

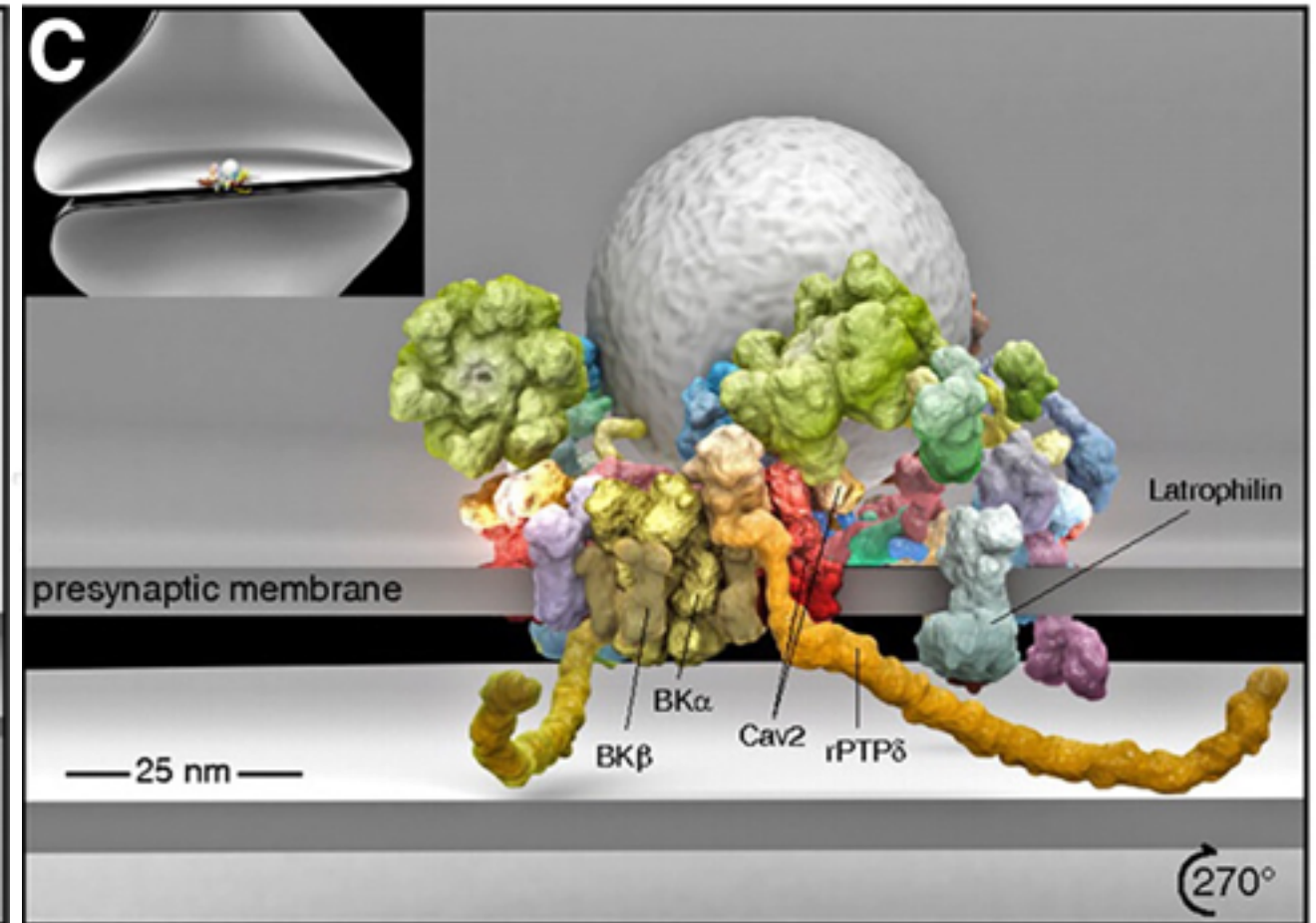
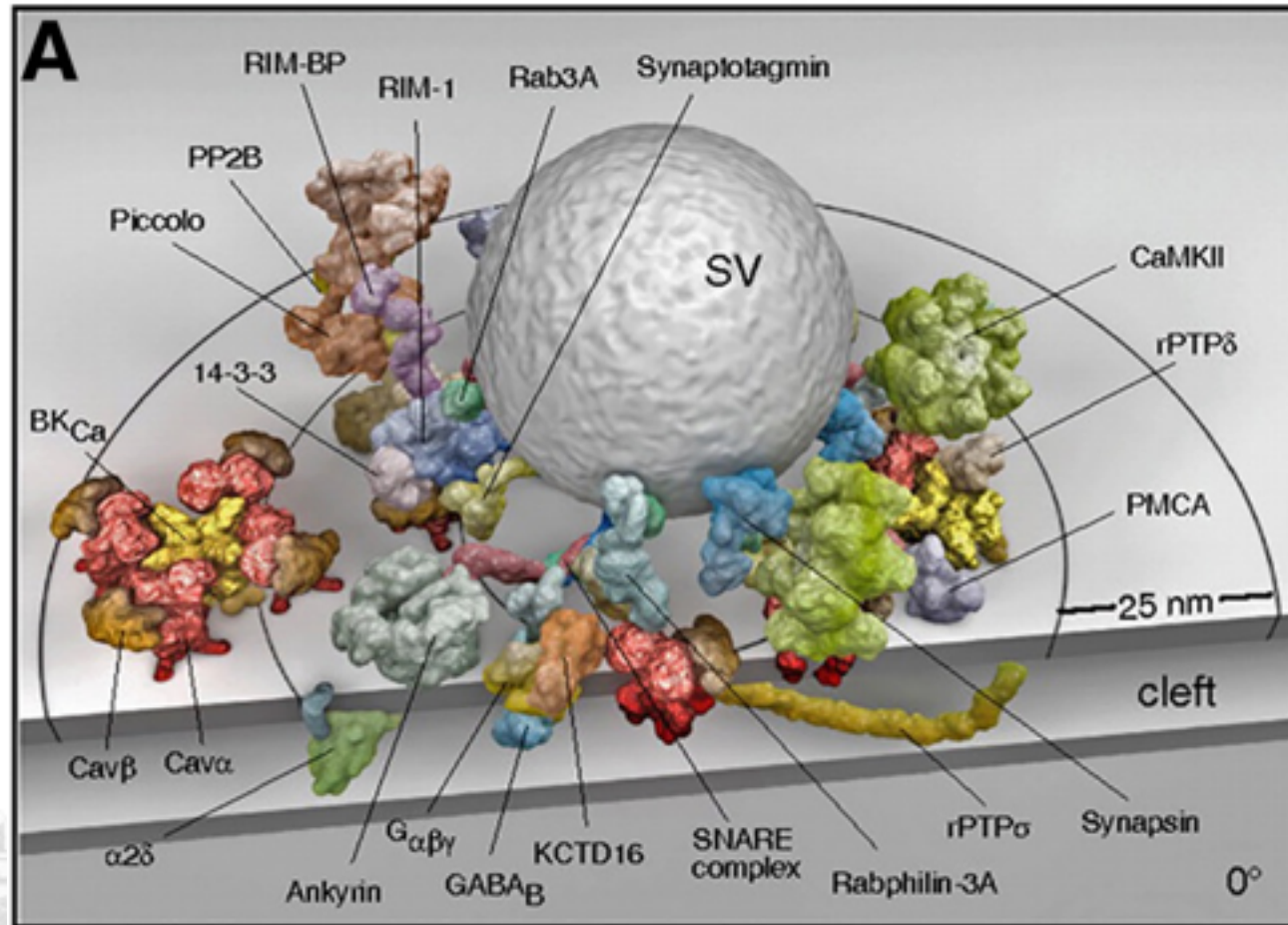
wo müssen sich die Kanäle befinden?



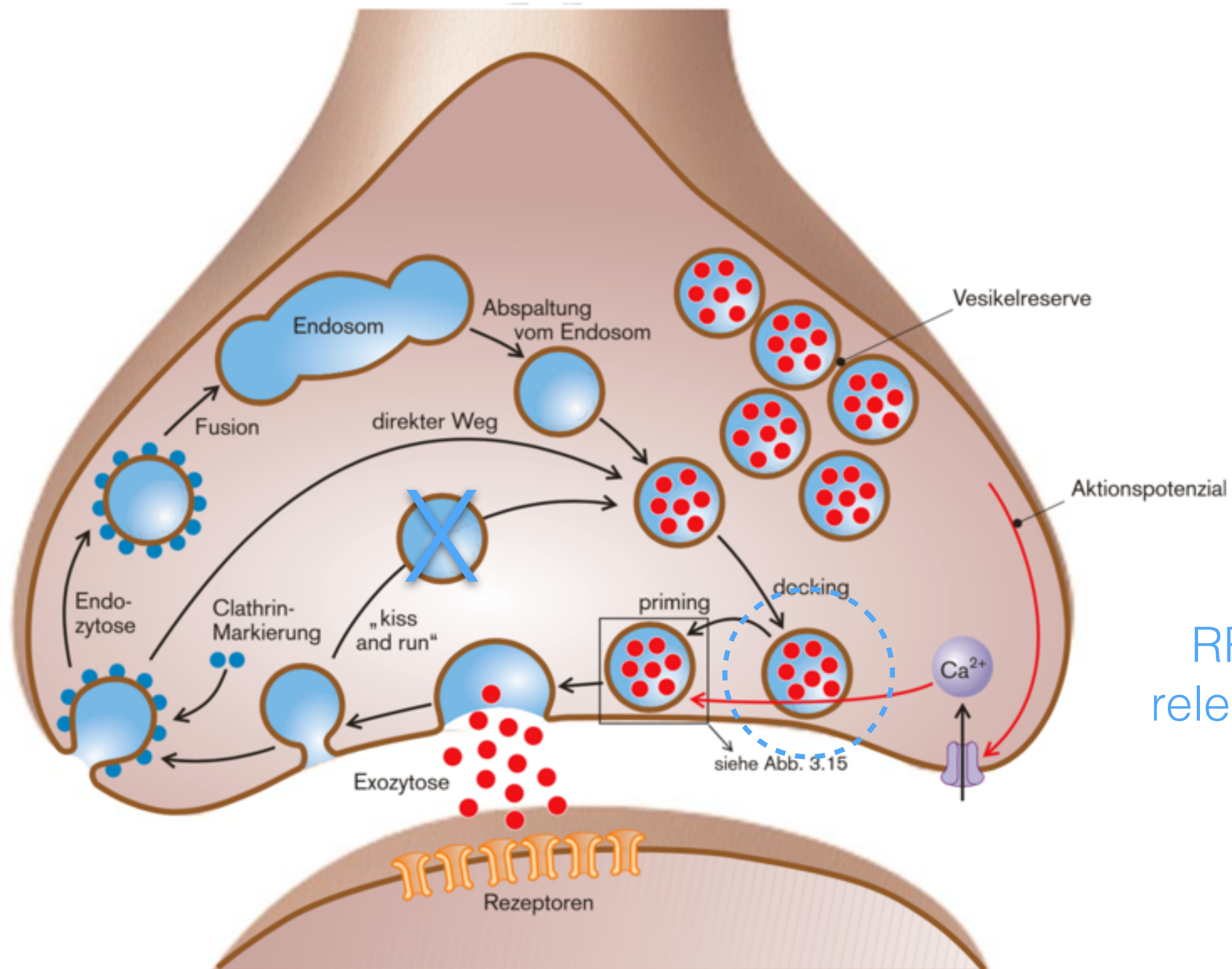
Anzahl Kalziummoleküle

wenn ein paar Hundert bis Tausend zur Verfügung stehen, muss sich der Ca_v Kanal innerhalb von 50 nm vom gedockten Vesikel befinden

CHECK ✓



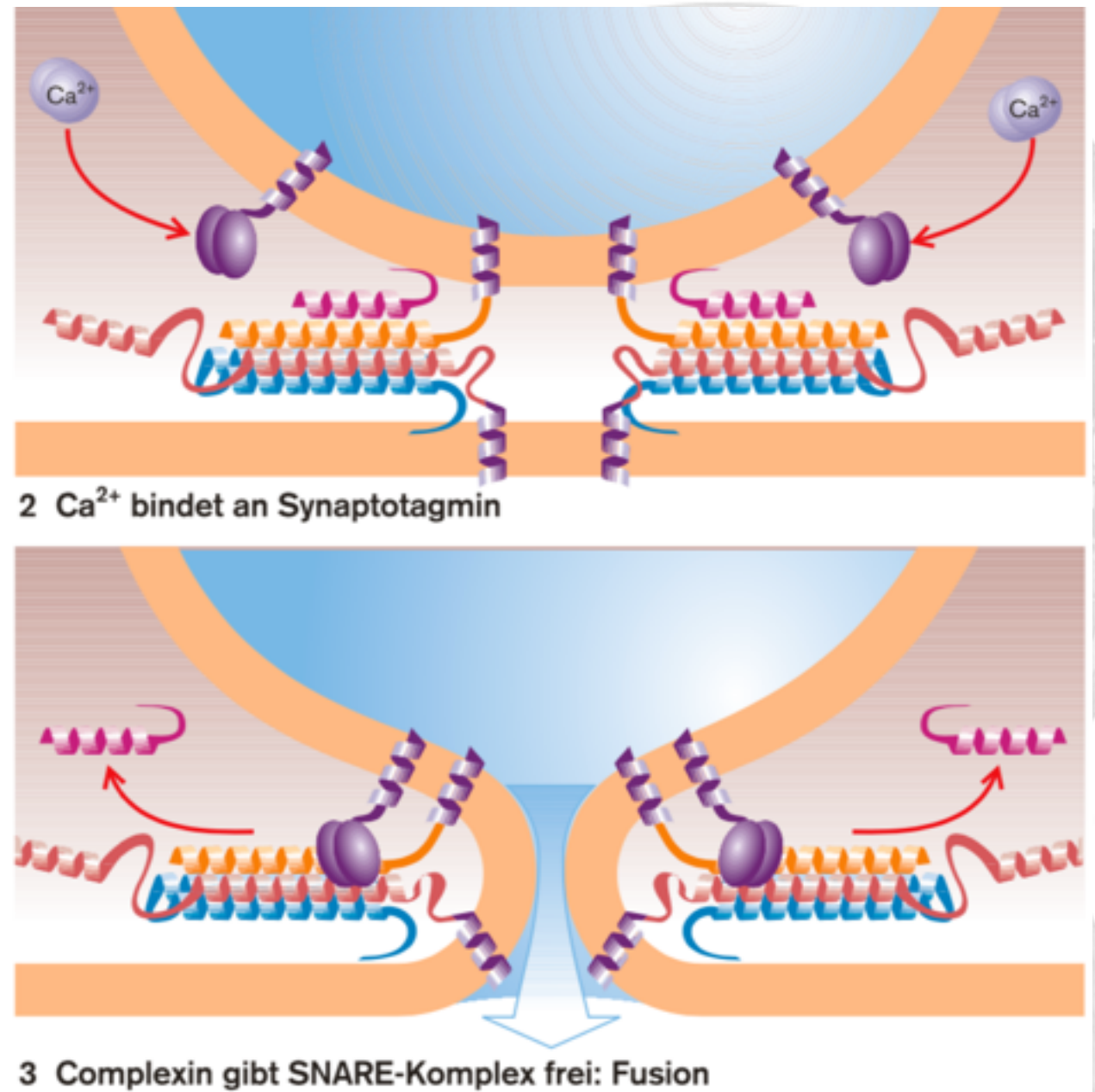
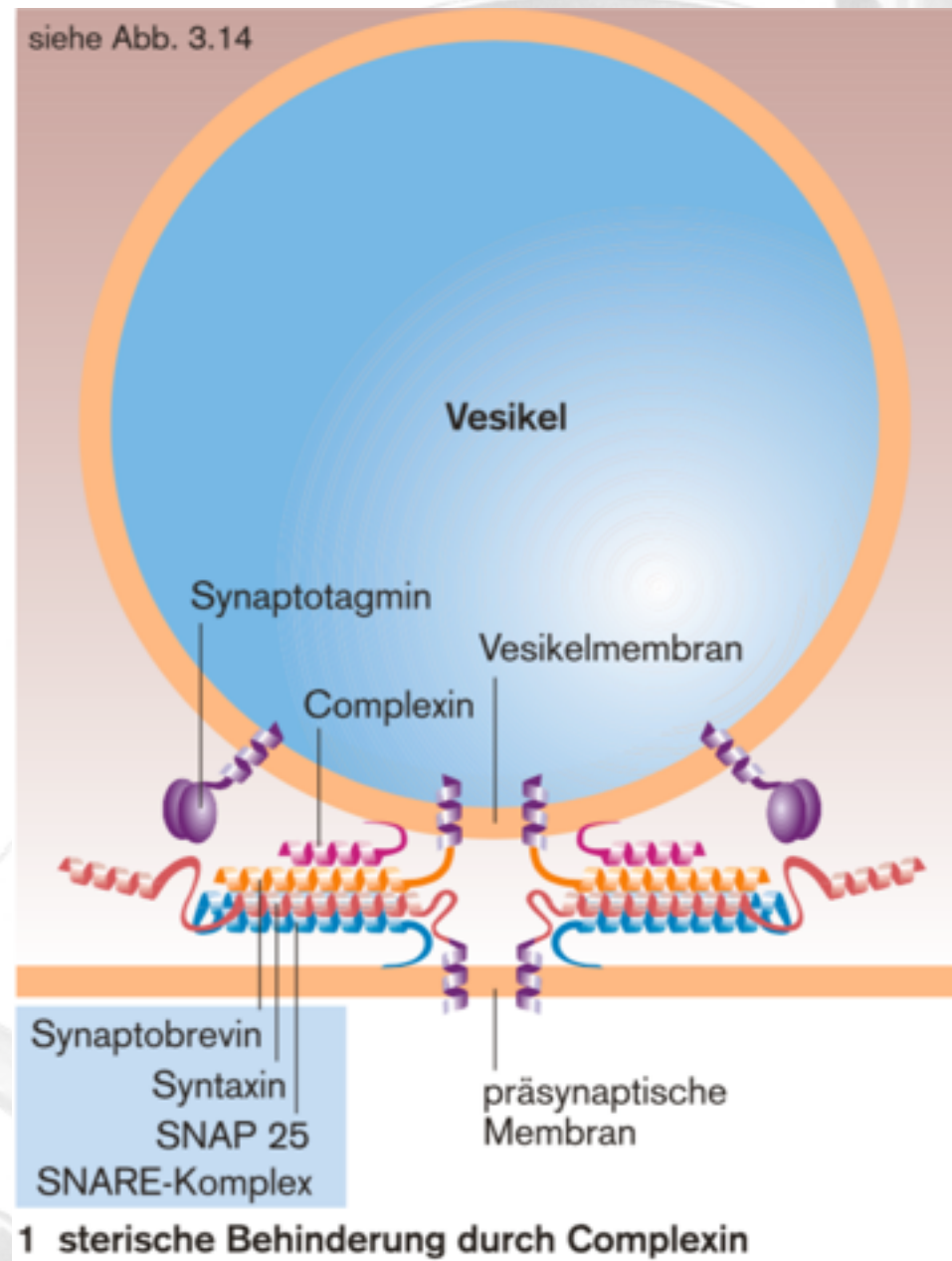
Der Vesikelzyklus



RRP readily
releasable pool

Der Vesikelzyklus

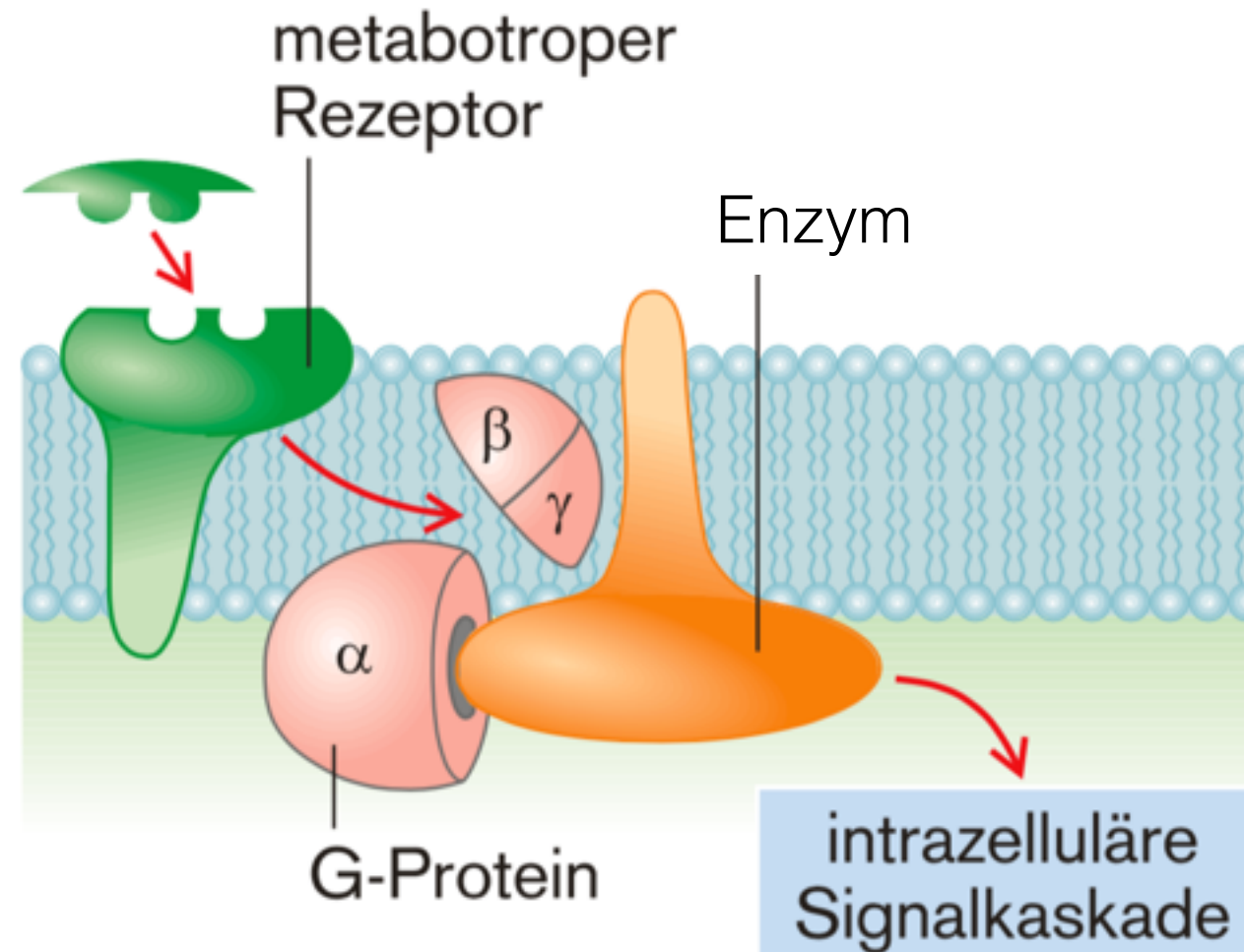
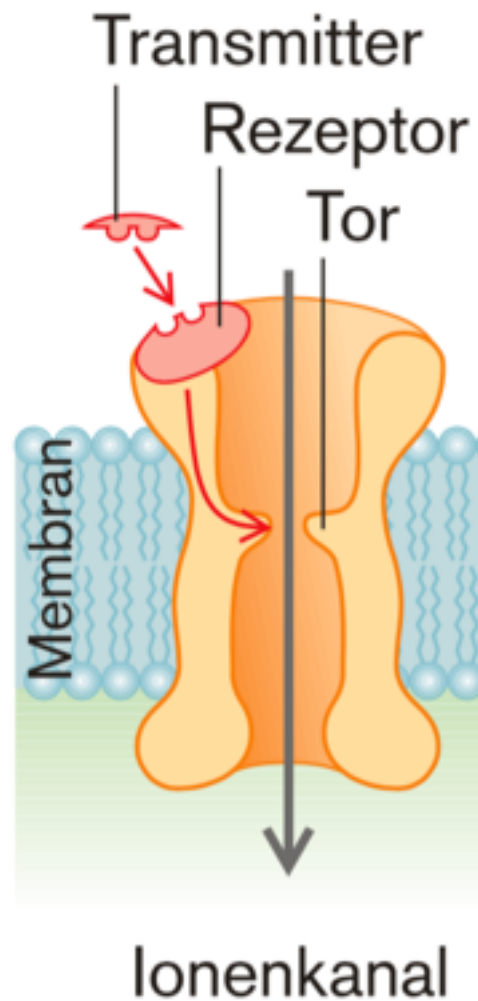
Biomechanik der Vesikelfreisetzung



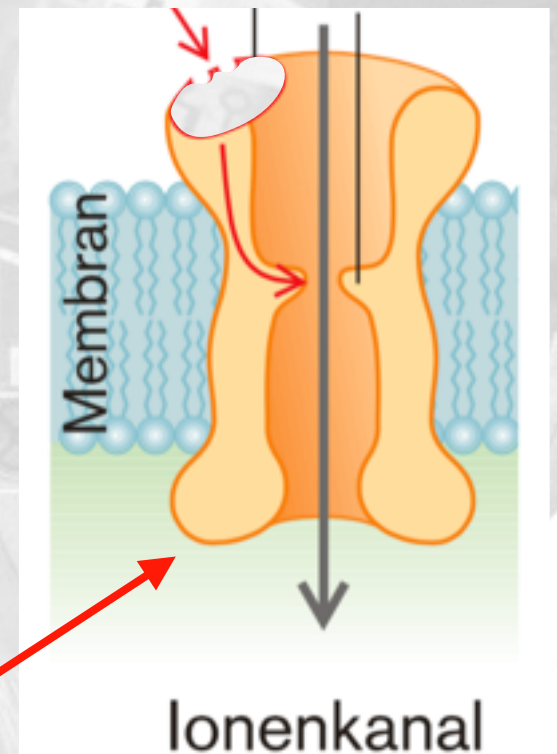
Neurotransmitterrezeptoren

Ionotrop

metabotrop (GPCR)



Änderung Öffnungswahrscheinlichkeit



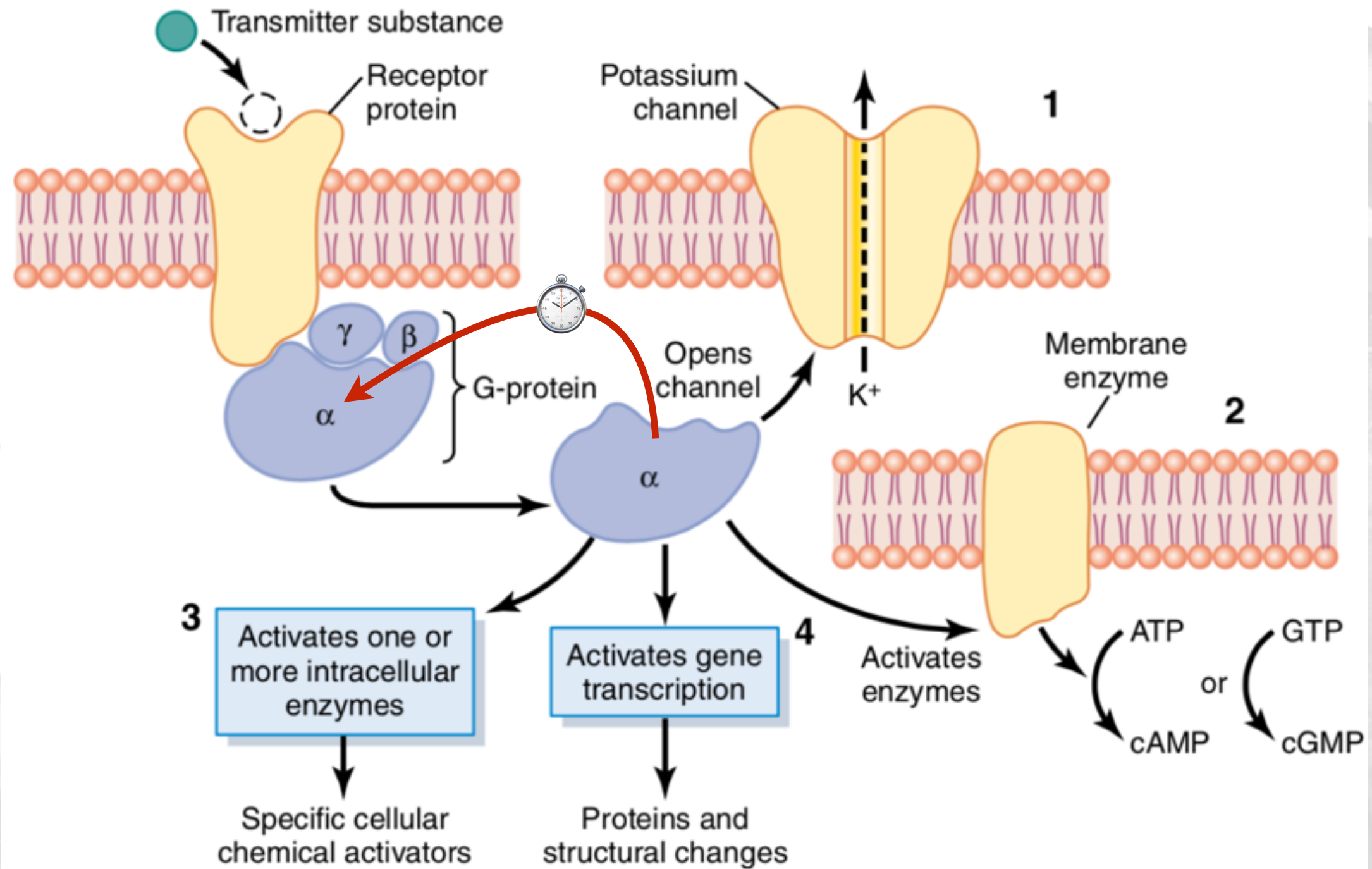
direct gating

Signalverstärkung und Effekt

indirect gating

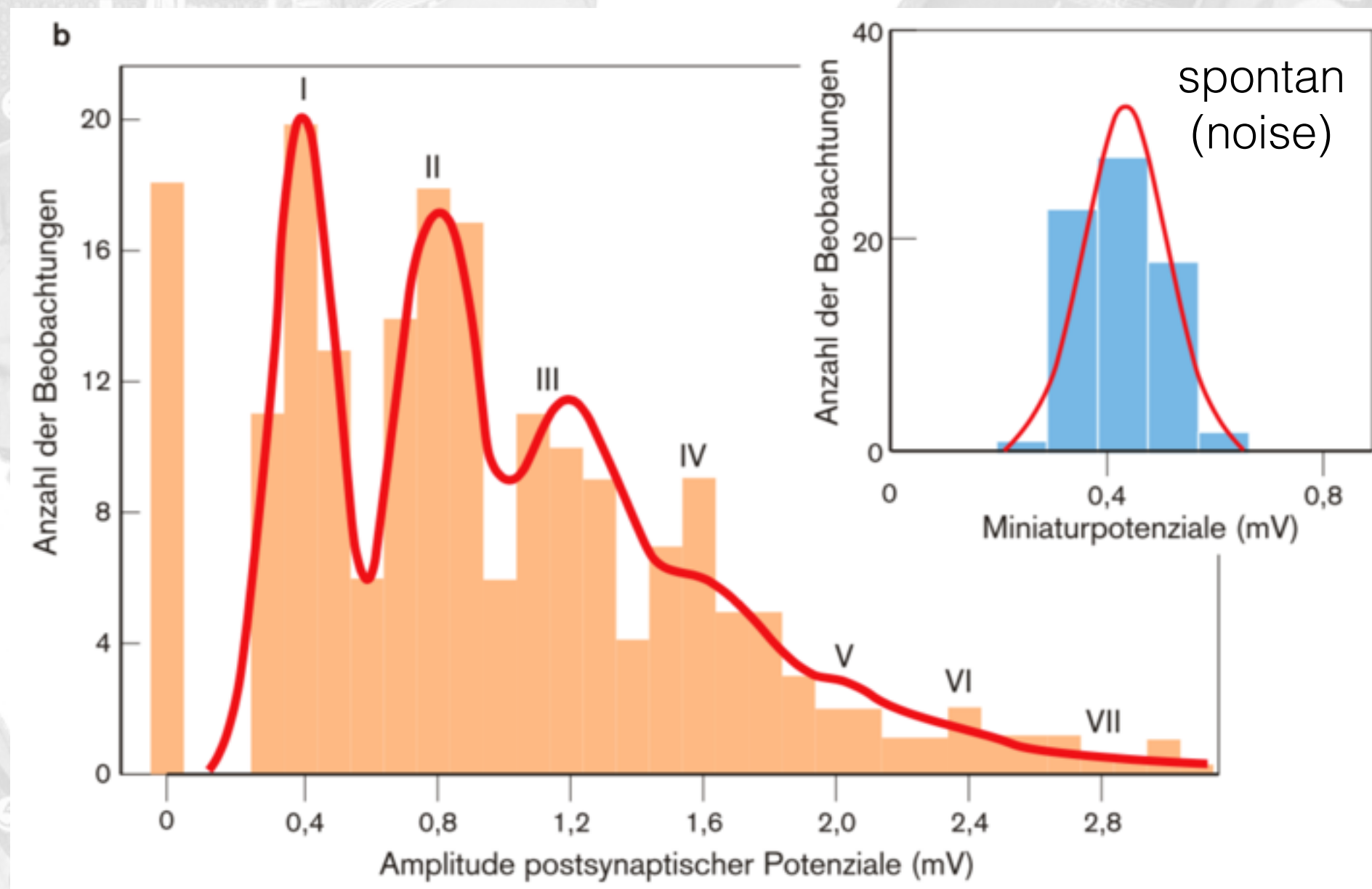
Aufbau eines postsynaptischen Potenzials (PSP)

G-Protein gekoppelte Rezeptoren arbeiten biochemisch

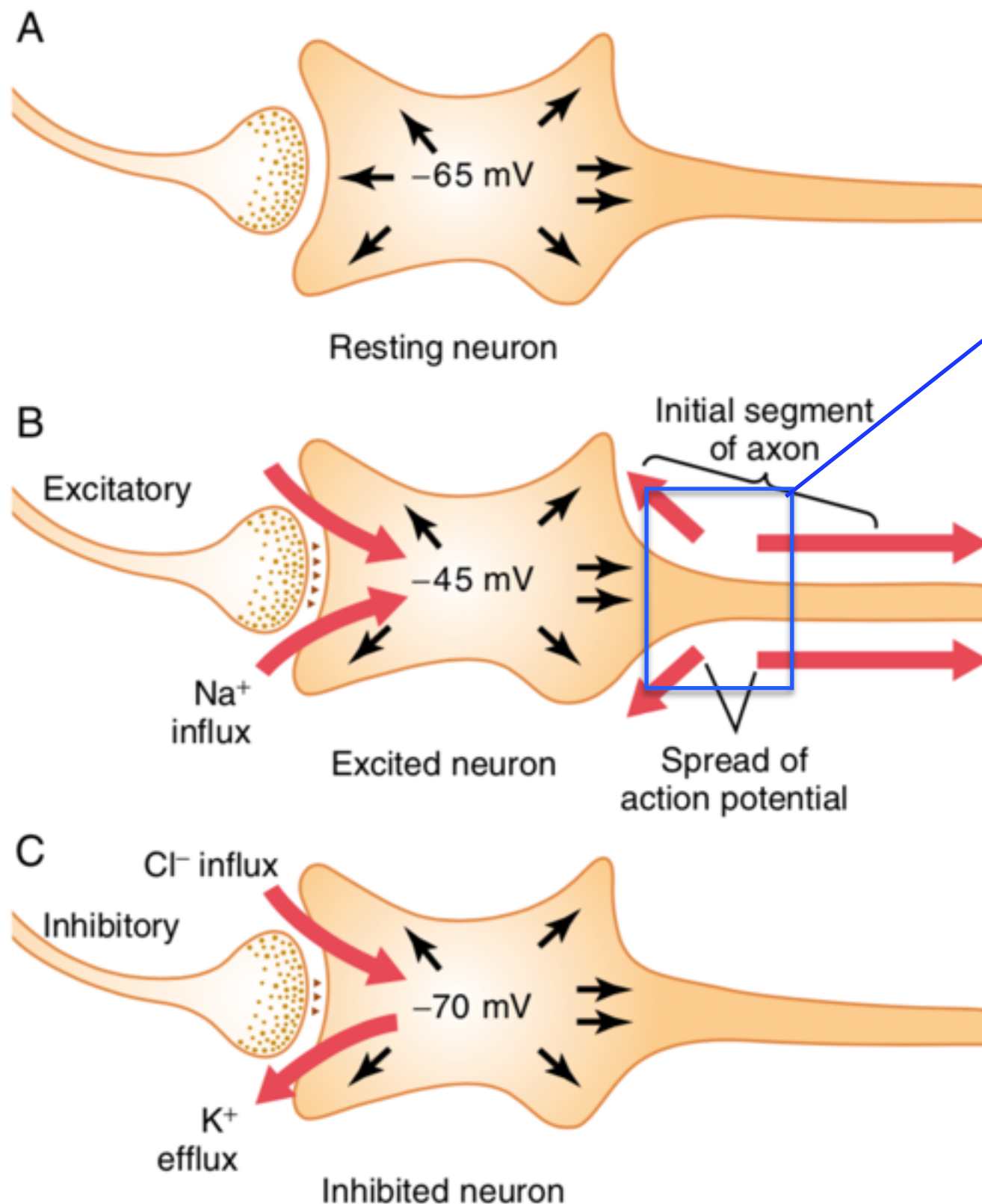


Quantale Synaptische Übertragung

gequantelte postsynaptischen Potenzialen setzen sich aus ganzzahligen Vielfachen einer Einheitsamplitude zusammen



Synaptische Übertragung eines elektrischen Signals



Axonhügel

hohe Dichte Na_v :
AP Entstehungszone
Wahrscheinlichkeitsspiel

Transduktion:

Rezeptorpotential \rightarrow AP Freq.

EPSP:

excitatory postsynaptic potential

Erhöht die Wahrscheinlichkeit
auf AP Entstehung

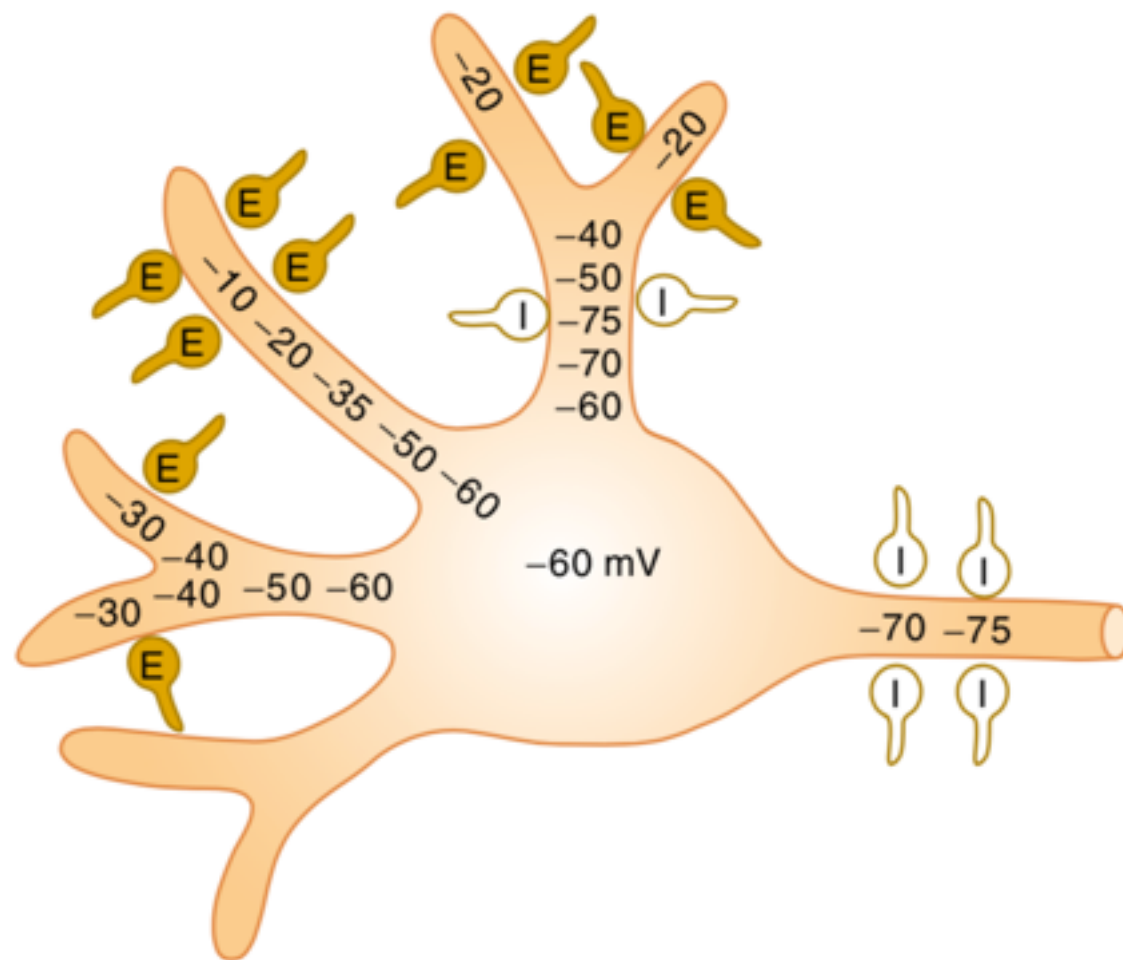
IPSP:

inhibitory postsynaptic potential

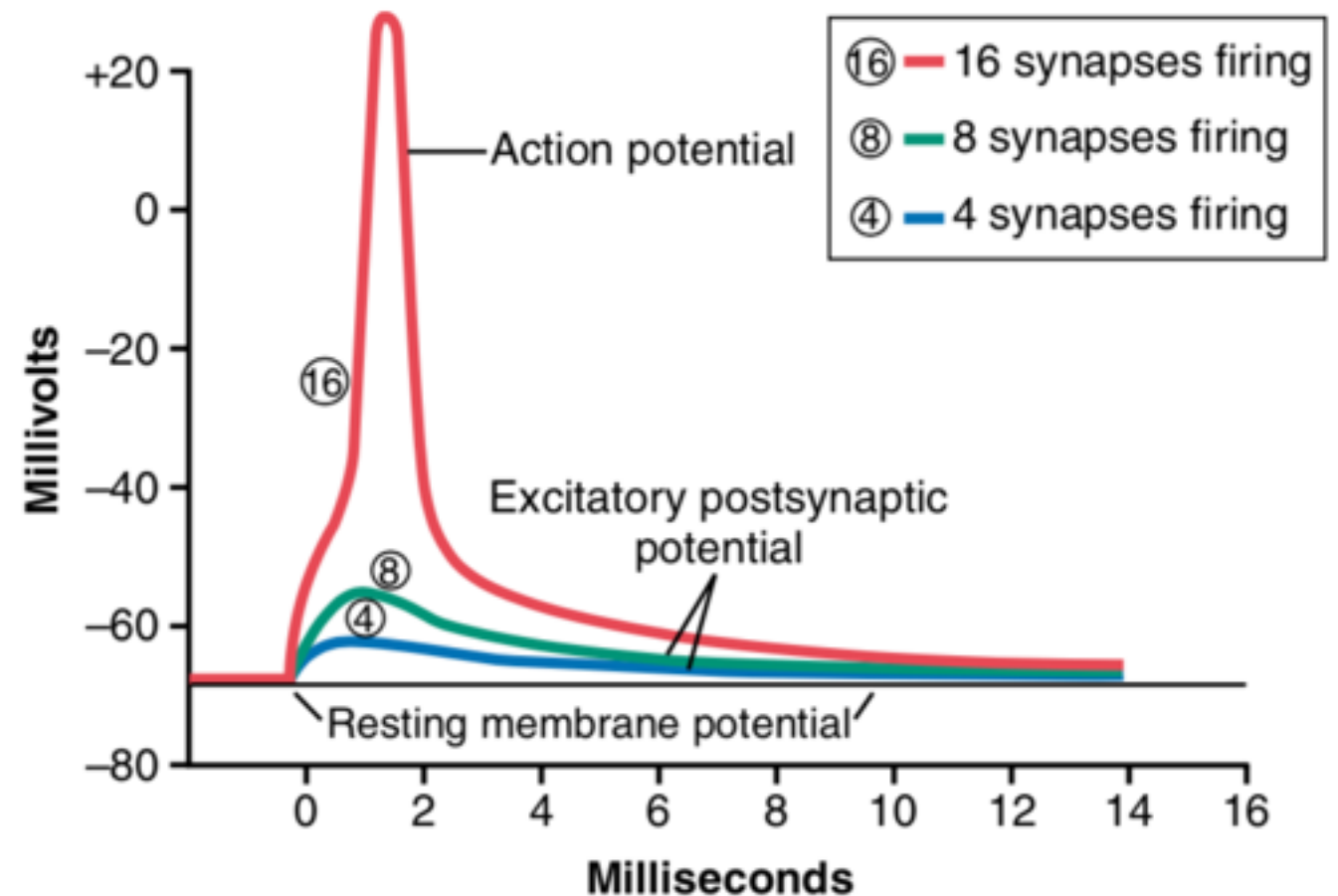
Verringert die Wahrscheinlichkeit
auf AP Entstehung

Summation - Transduktion

“Wahl” zur Neurotransmitterfreigabe

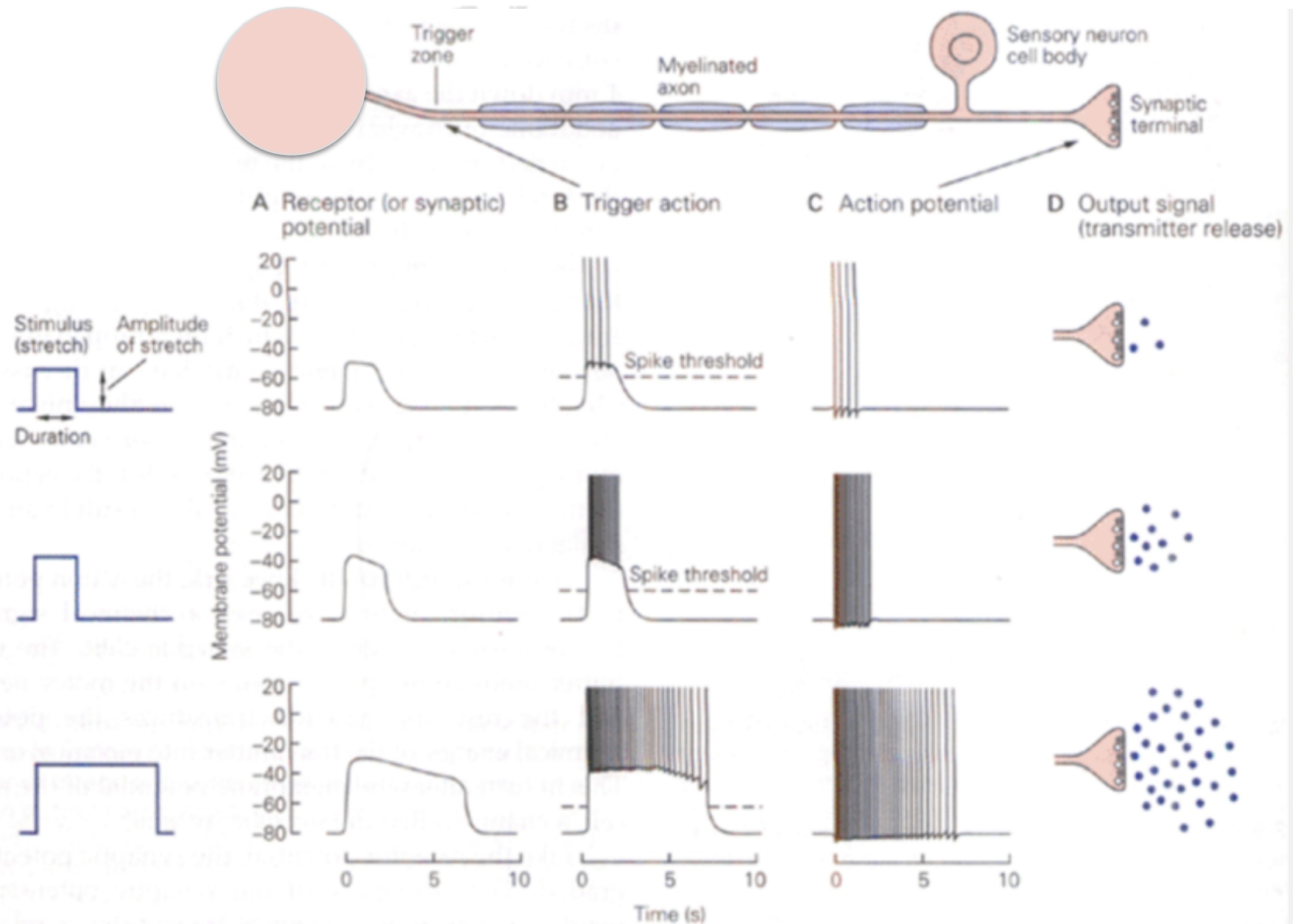


Entscheidungsstellen am Soma:
Abgabe Stimmzettel an den Dendriten,
Auszählung am Axonhügel,
Bekanntmachung am Axon,
Durchführung an der Synapse

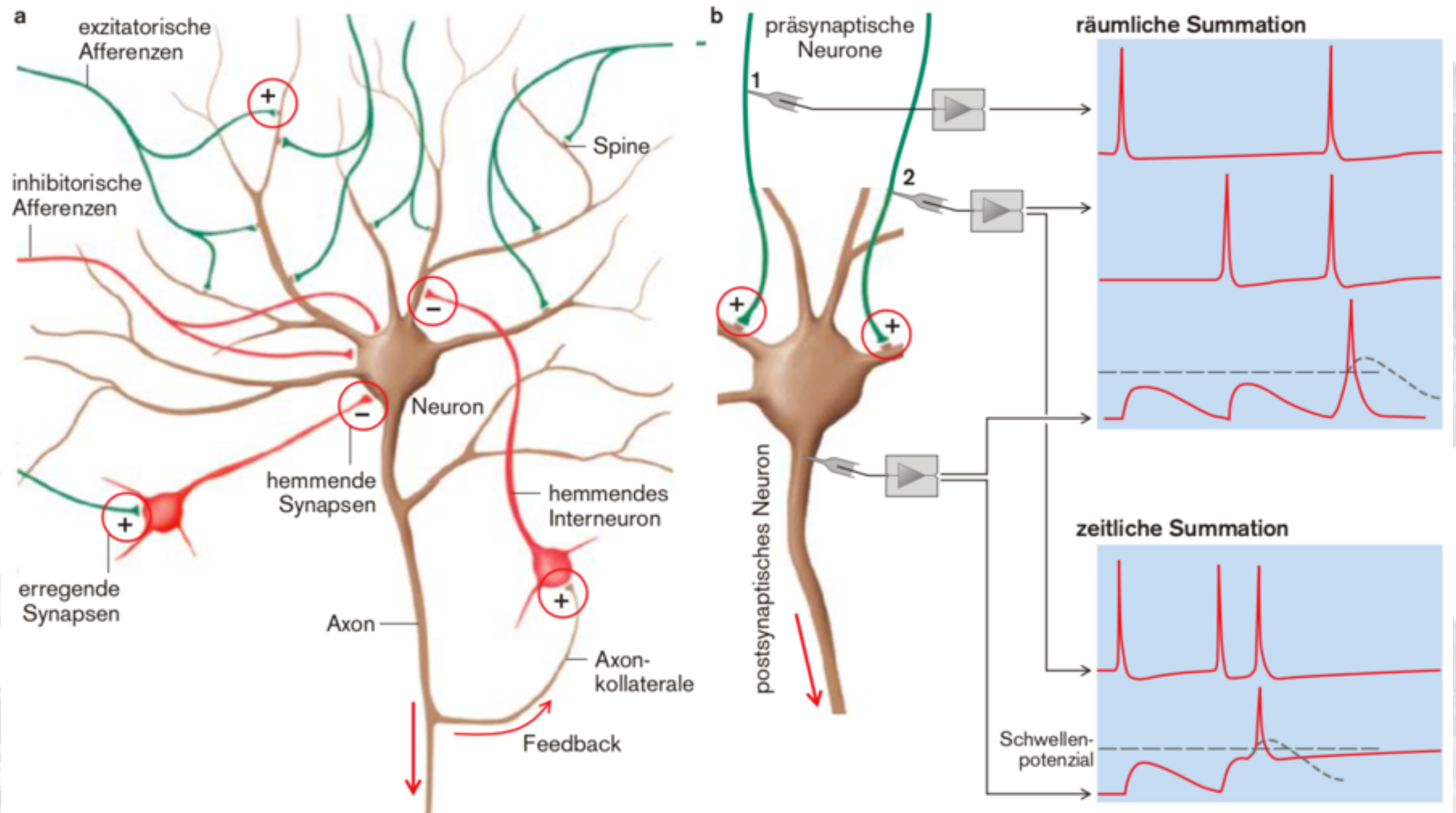


jede einzelne Synapse unterschwellig

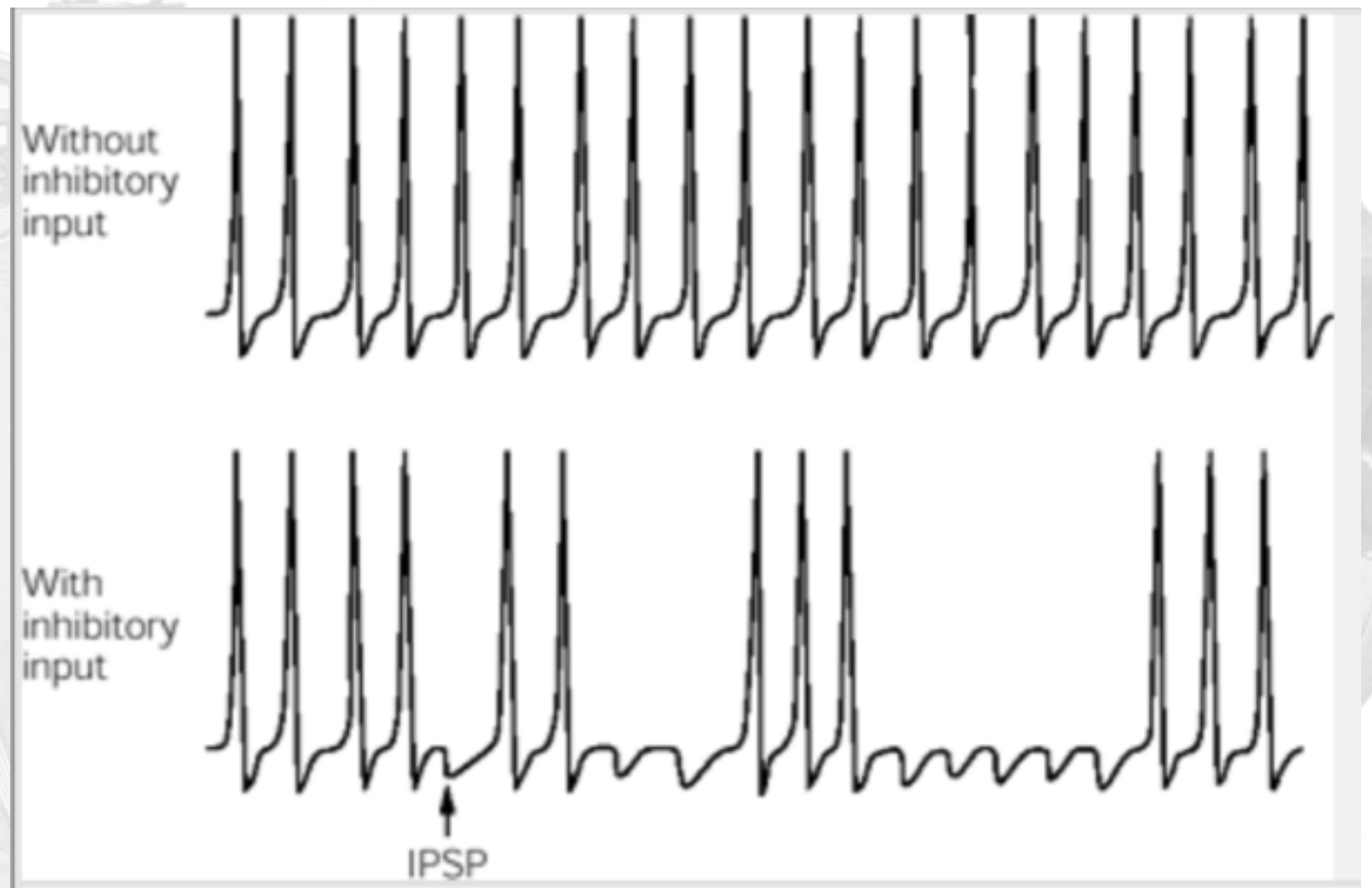
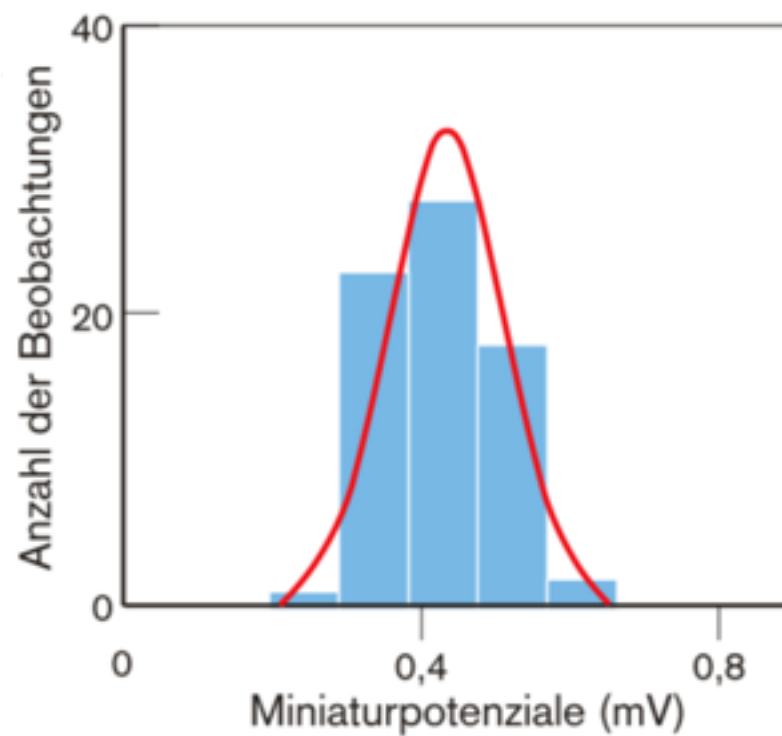
Transduktion



Summation - Transduktion

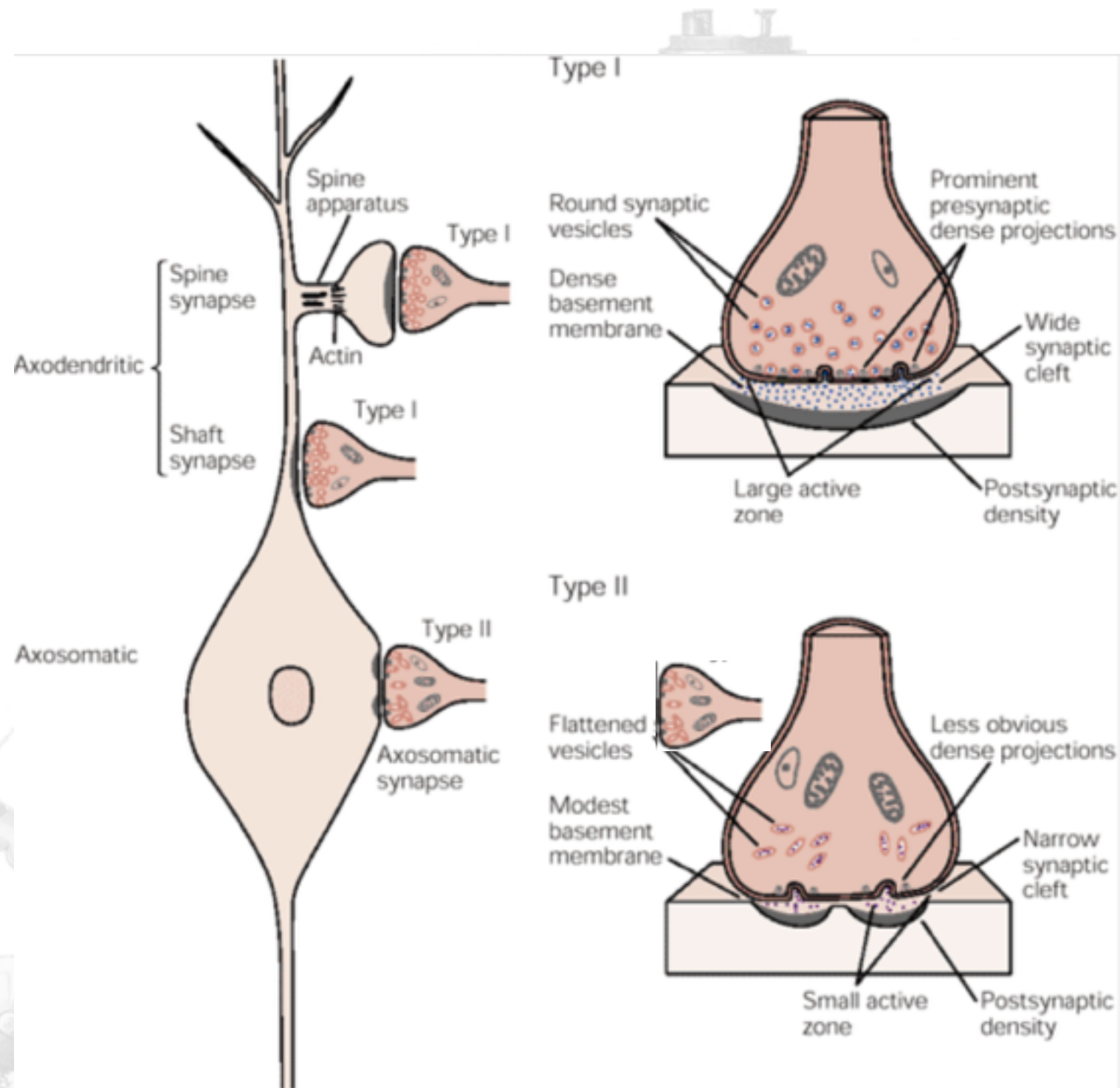


Tonisch aktive Nervenzellen in einem Schaltkreis



AP Frequenz kann gesteigert oder verringert werden,
Hintergrund muss nicht NULL sein
Beispiel: Blutdruckregulation

Synapsenmorphologie → Funktion



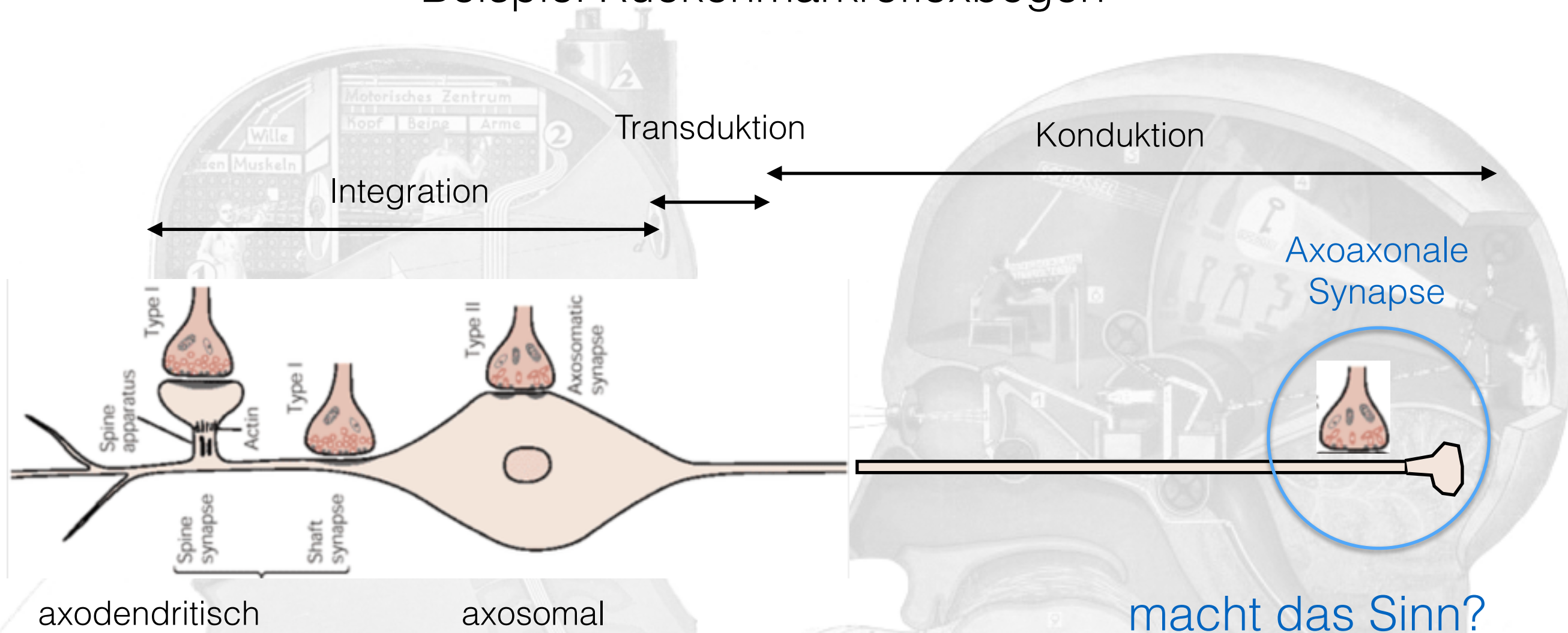
erregend: Glu

inhibierend: GABA

Gray, E. G., *J. Anat. (Lond.)*, **93**, 420 (1959).

Es gibt noch eine Synapsenart...

Beispiel Rückenmarkreflexbogen



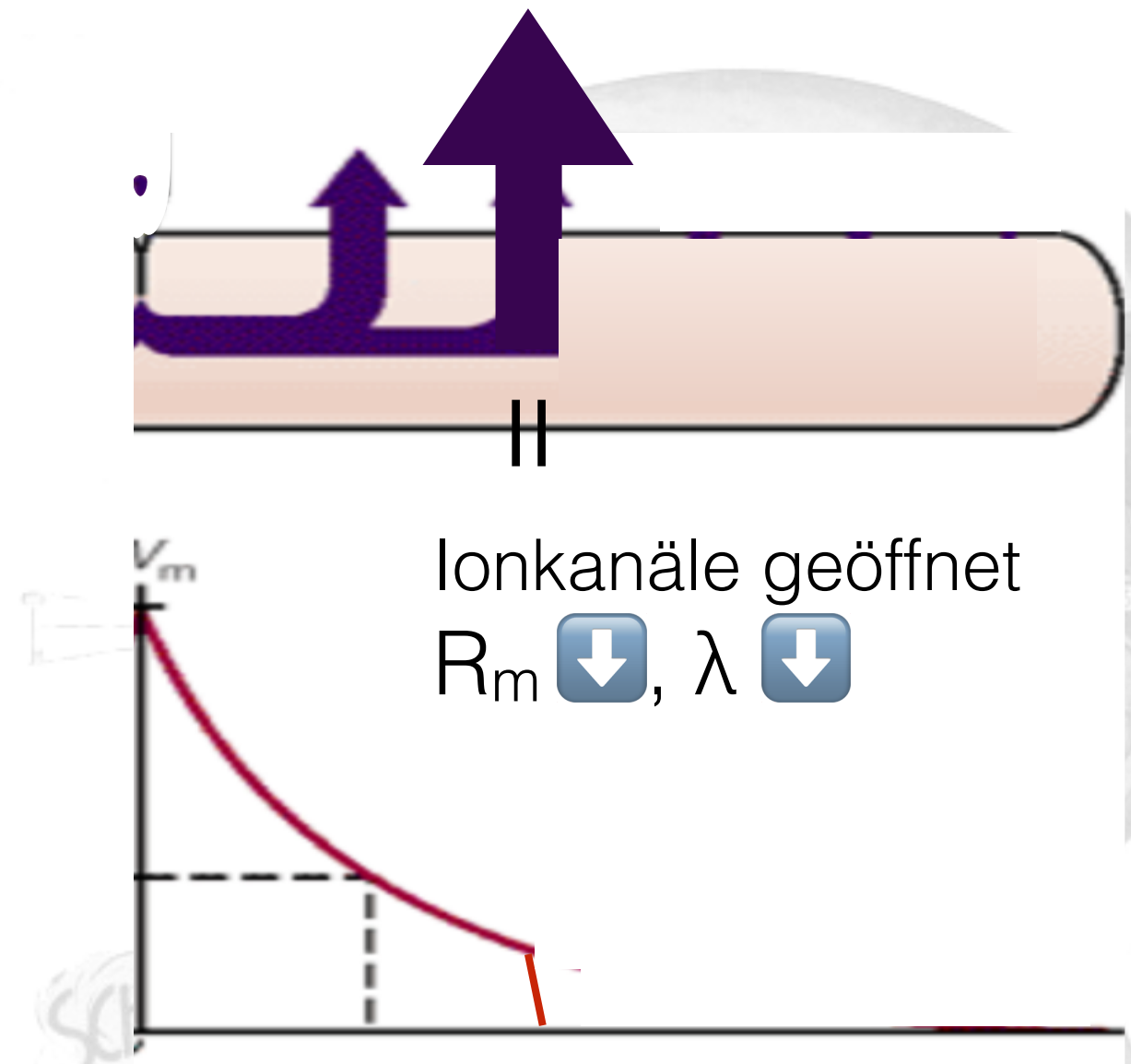
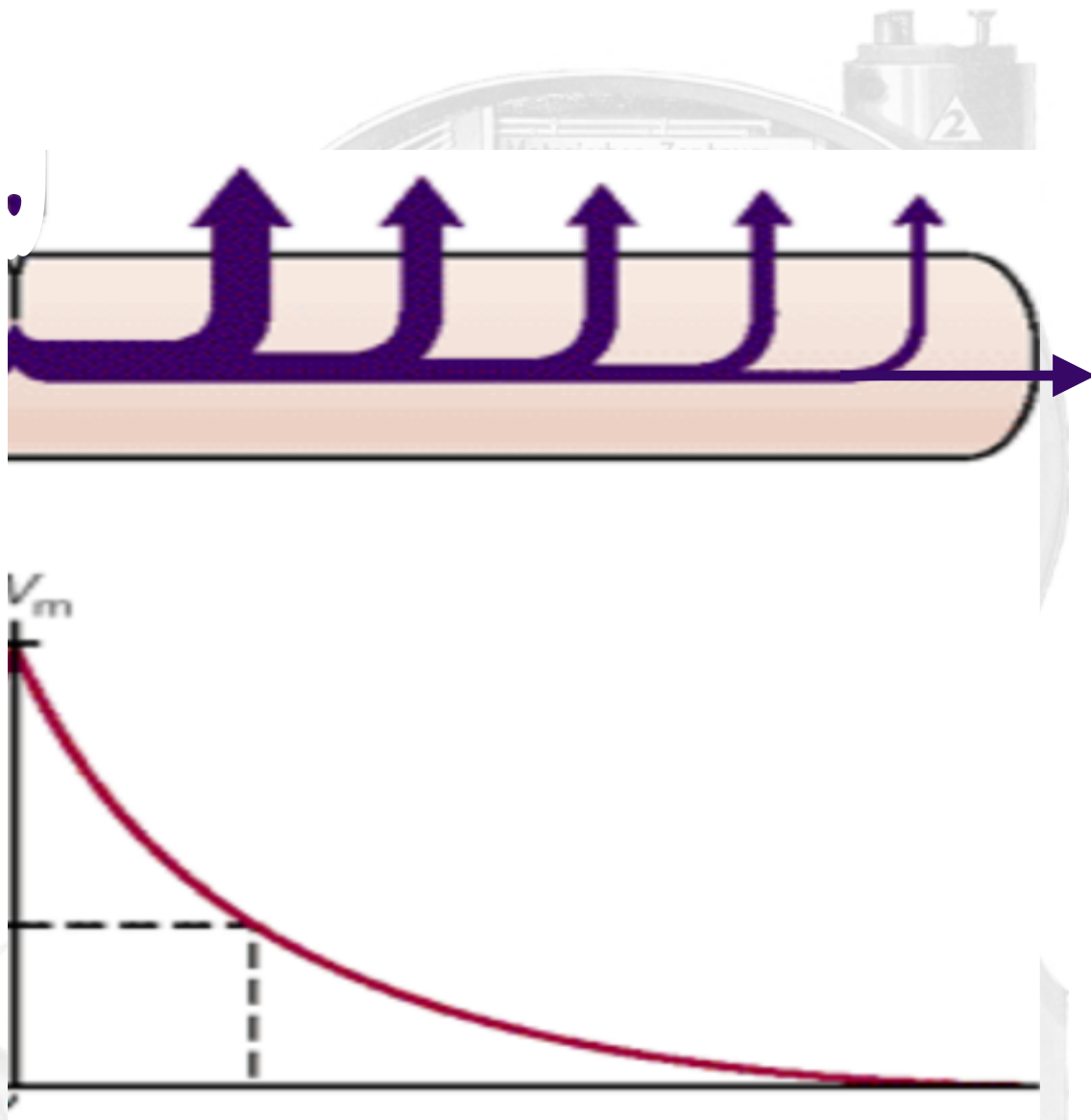
diminution in the excitatory post-synaptic potential produced in motoneurones by muscle afferents, accompanied by no other change in the resting potential of the motoneurone

E. G. GRAY

A Morphological Basis for Pre-synaptic Inhibition ?

NATURE No. 4810 January 6, 1962

Präsynaptische Inhibition durch axoaxonale Synapsen

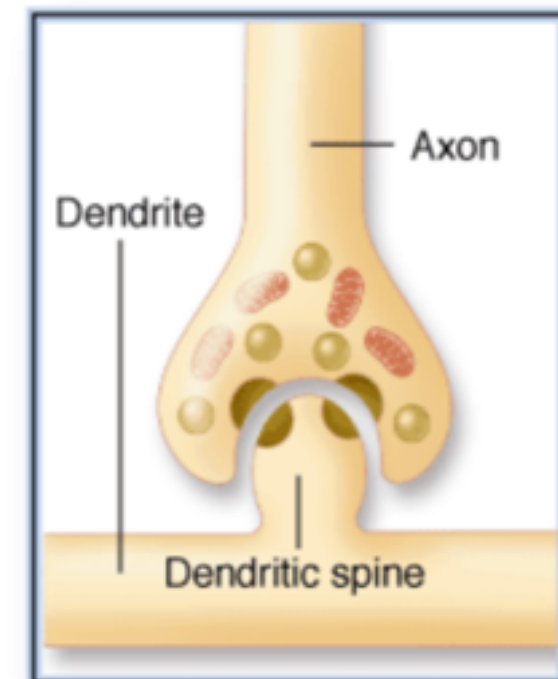


Es kommt weniger vom letzten AP an der Synapse an

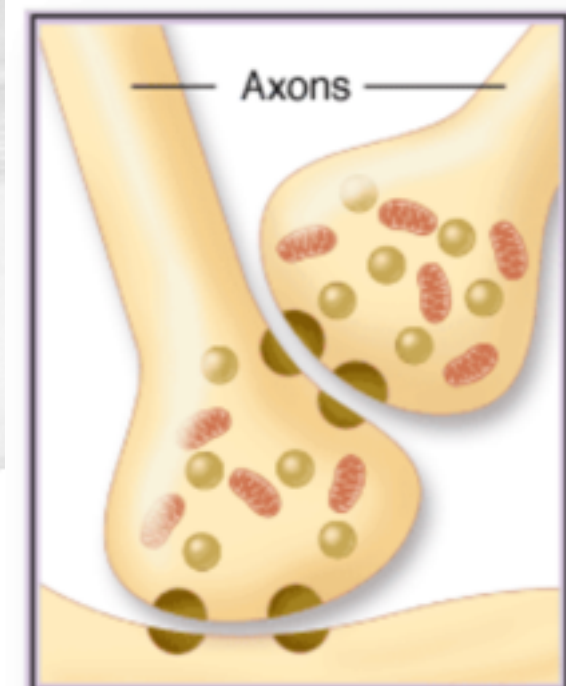


Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas*, 12th Edition: <http://www.accessmedicine.com>
 Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

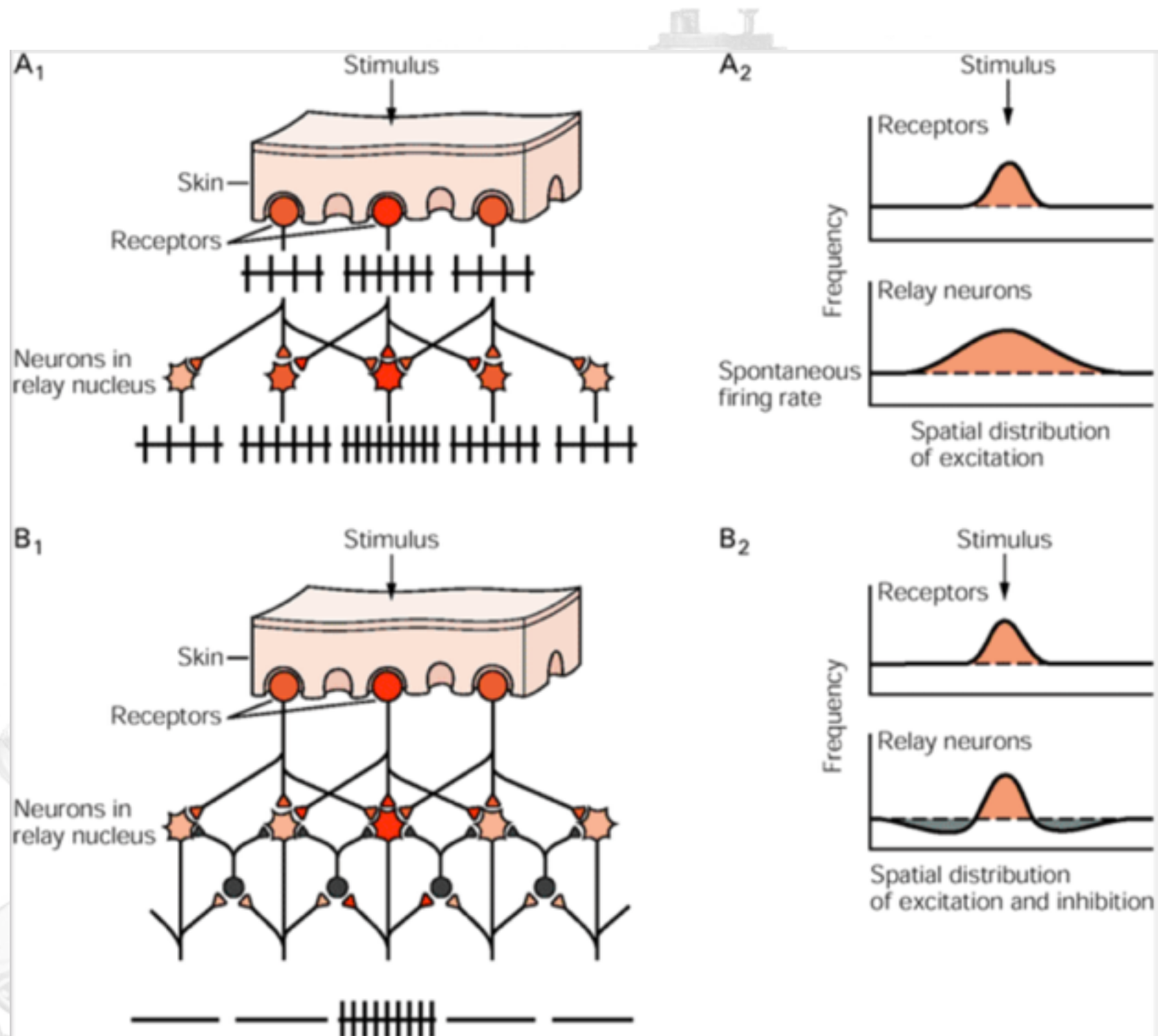
Axodendritic synapse



Axoxaxonic synapse



Einfache Netzwerke



laterale Hemmung

Empfindlichkeit
(grosses *rezeptives Feld*)

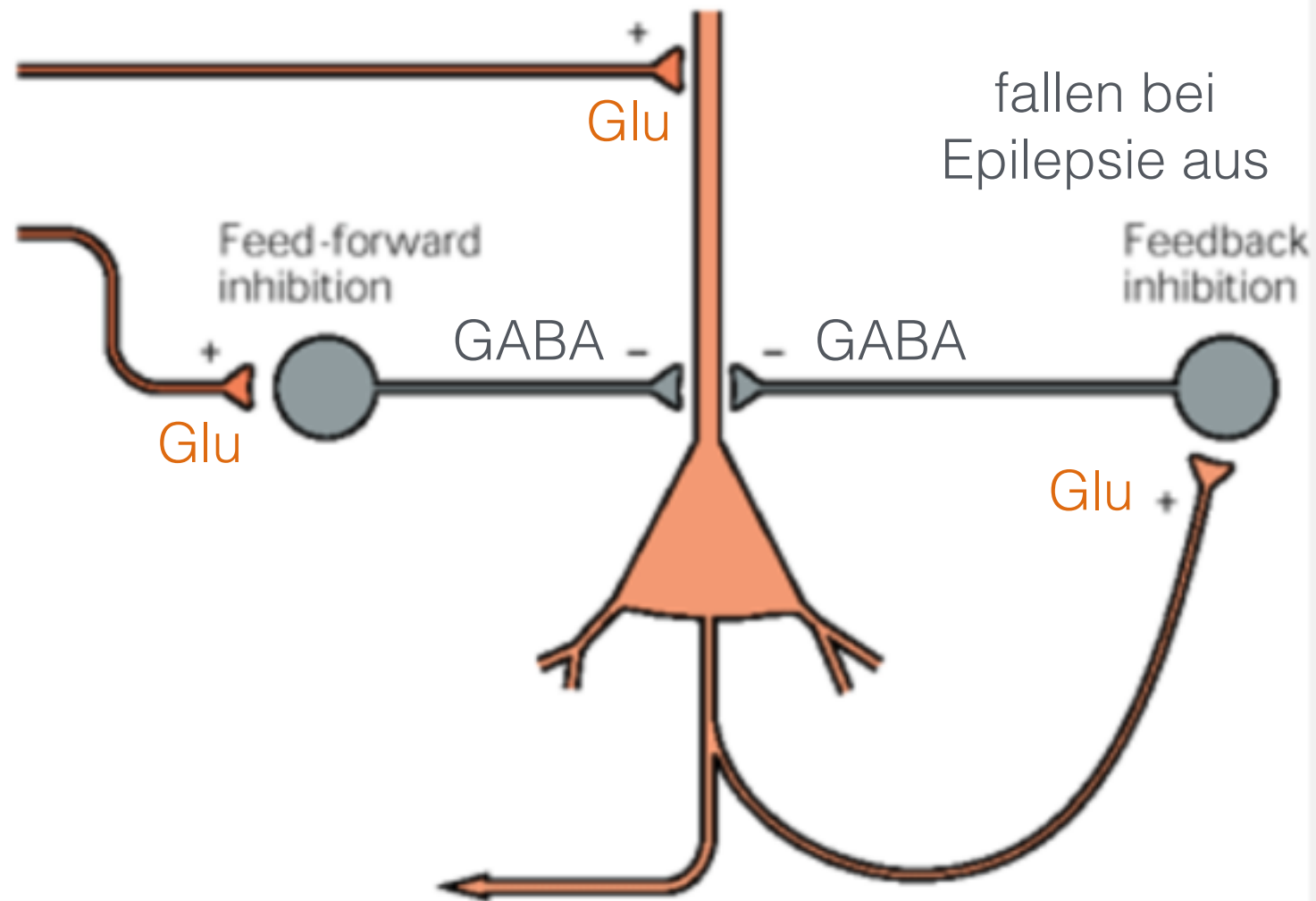
aber mit

Präzision

Einfache Netzwerke

Das Basisnetzwerk der Hirnrinde: *Balance zwischen Erregung und Inhibition*

B Basic cortical circuit



Einfache Netzwerke

Wenn die Information, nach Verschaltung auf das gleiche Organ, bzw. die gleiche Struktur zurückführt, also eine Schleife beschreibt, ist das ein **Reflex**

