

# Allgemeine Psychologie: Neurophysiologie

Sommersemester 2008

Thomas Schmidt

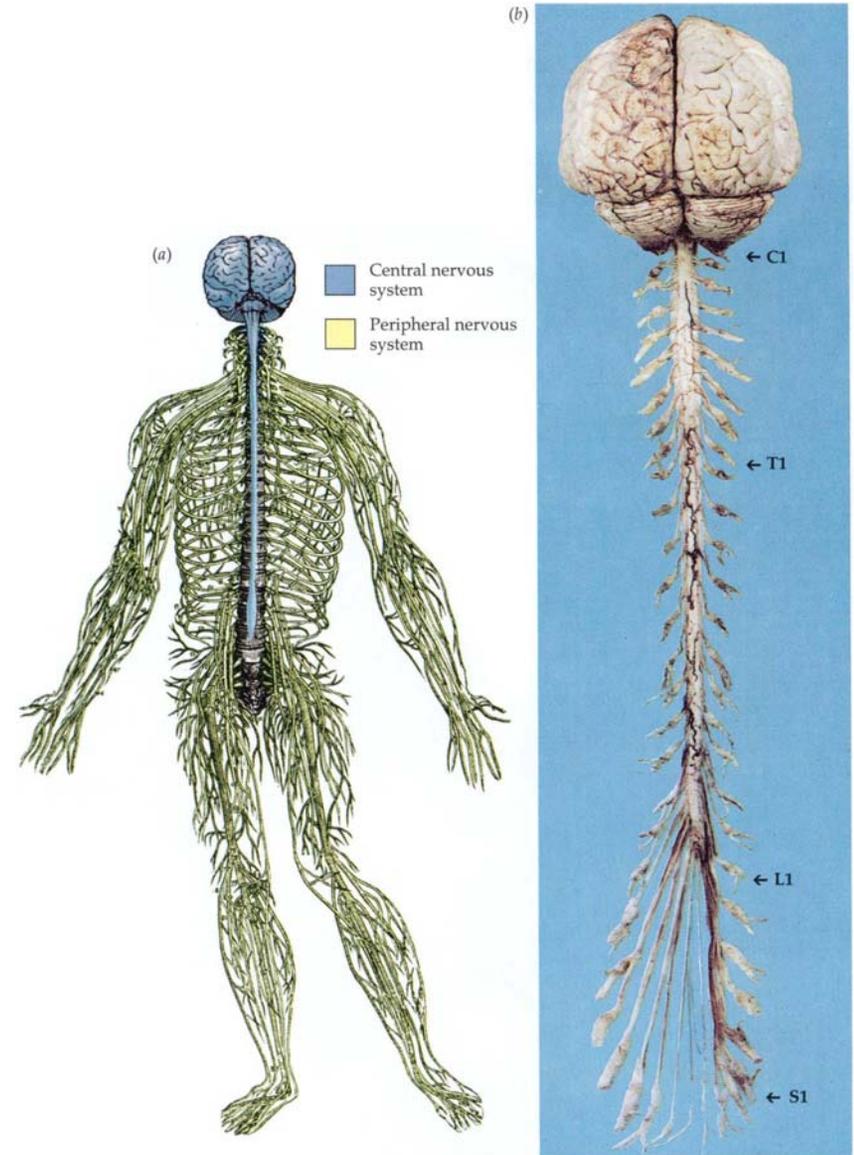
Folien: <http://www.allpsych.uni-giessen.de/thomas>

# Literatur

- Rosenzweig et al. (2005), Ch. 2 + 3

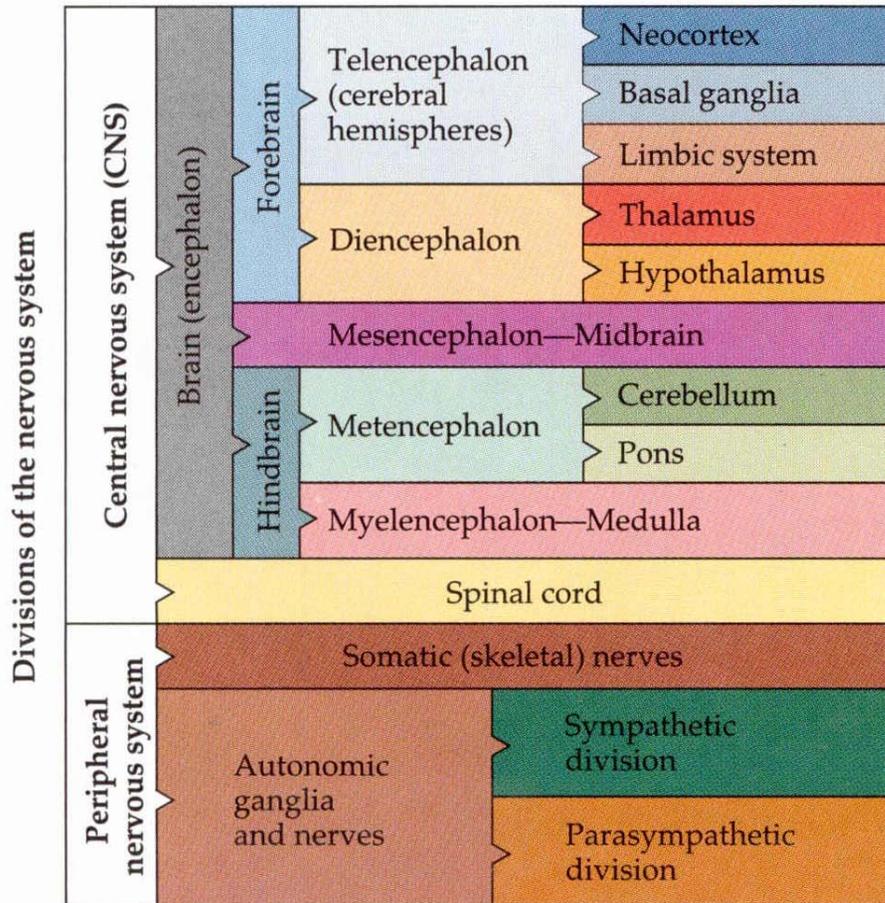
# Anatomie des Nervensystems

- Zentrales NS
  - Gehirn
  - Rückenmark
- Peripheres NS
  - Hirnnerven
  - Somatisch
    - Z.B. Körpermuskeln, Hautrezeptoren
  - Vegetativ
    - Sympathisch
      - Bewältigung von bedrohlichen Situationen, „preparing for action“
    - Parasympathisch
      - Aufbau von Energiereserven, „preparing for rest“

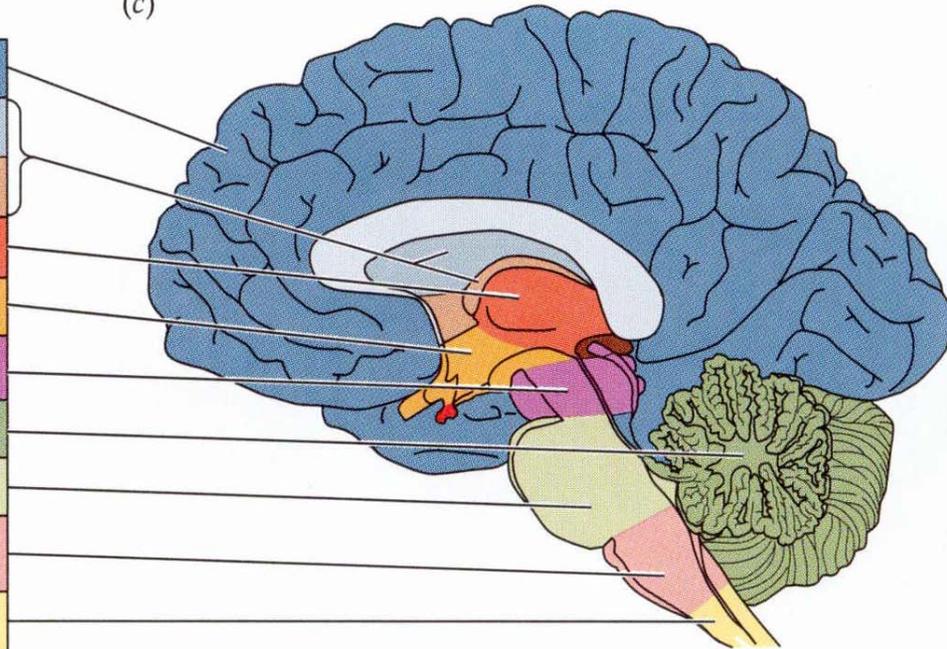


# Struktur des Gehirns

(b) Organization of the adult human brain

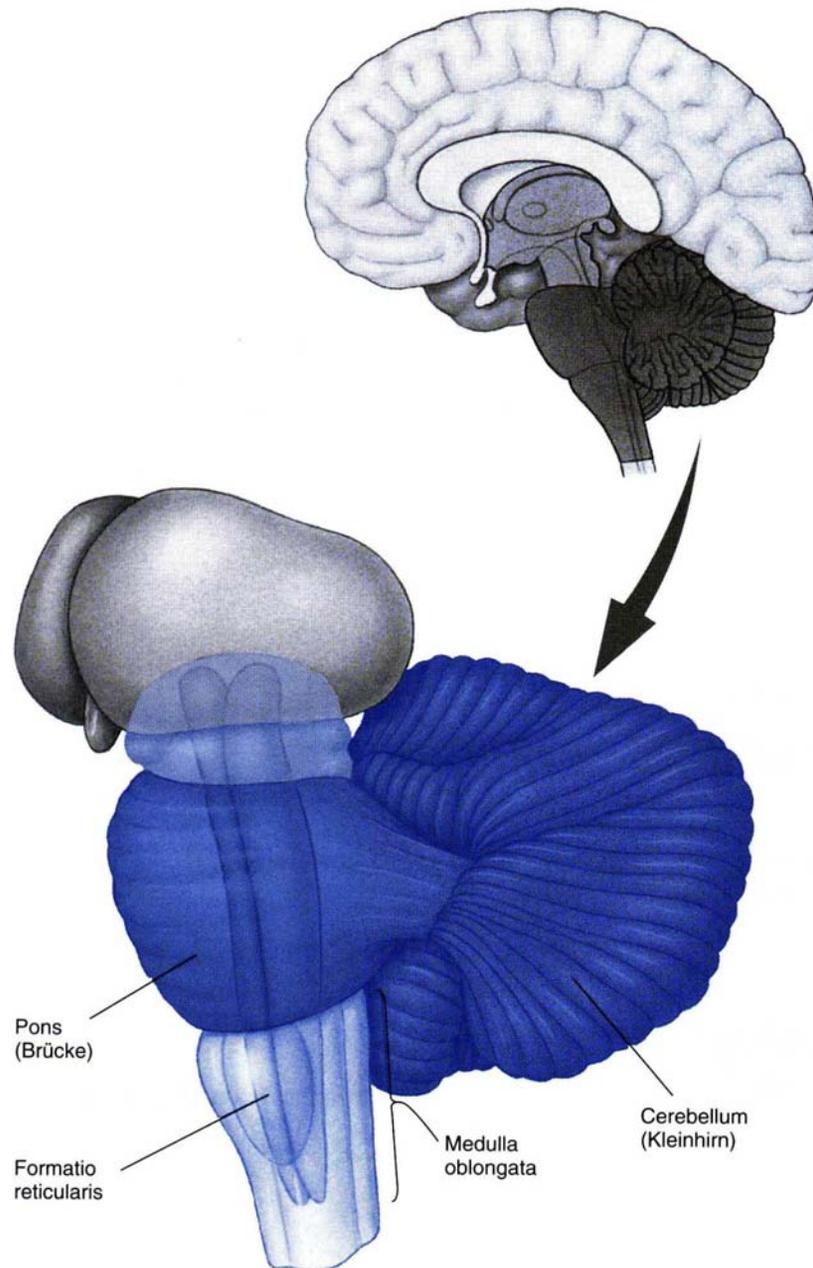


(c)



Adult brain

# Rautenhirn



**Myelencephalon:**  
Verlängertes  
Rückenmark,

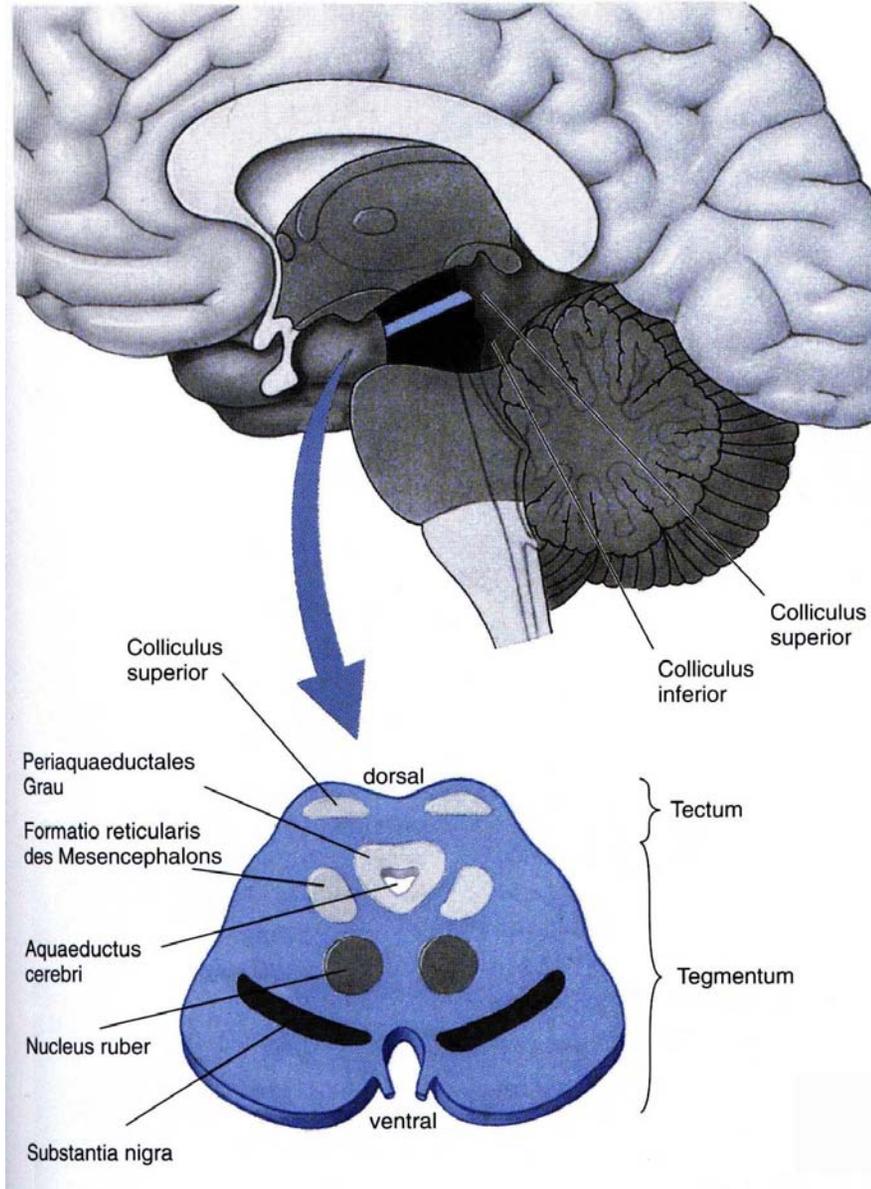
Faserzüge vom  
Gehirn zum Körper

**Metencephalon:**

Hinterhirn, besteht  
aus Pons (Brücke)  
und Cerebellum  
(Kleinhirn)

Kerne der **Formatio  
Reticularis** in  
beiden Strukturen

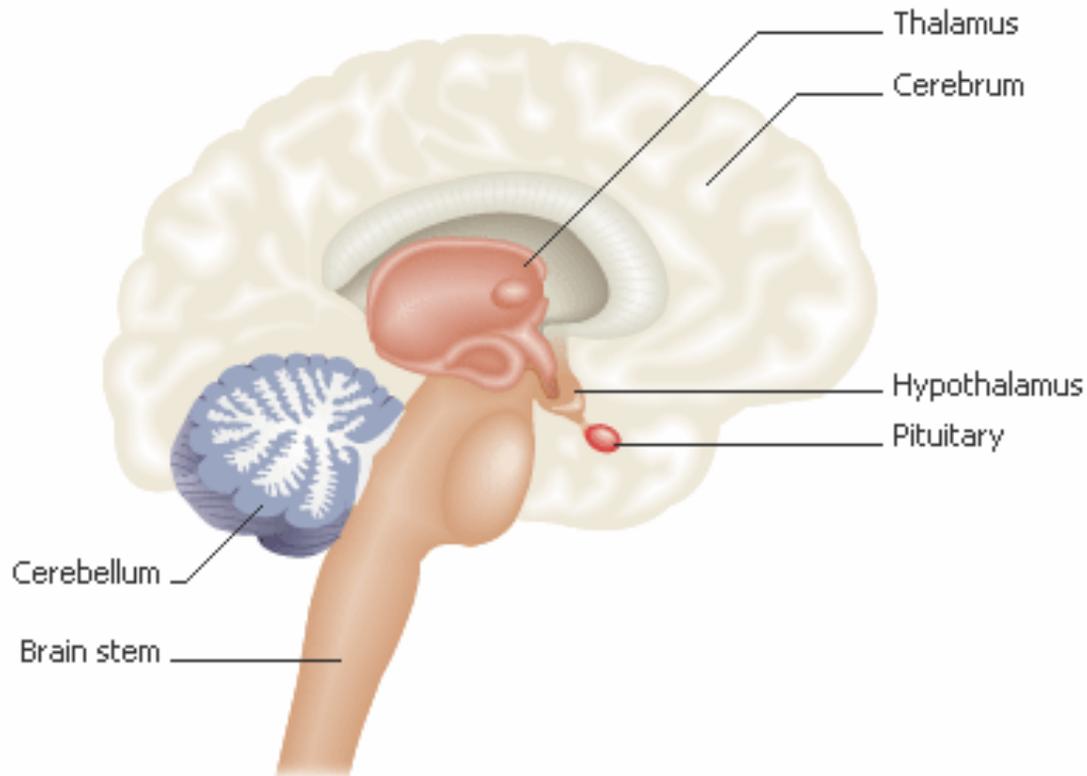
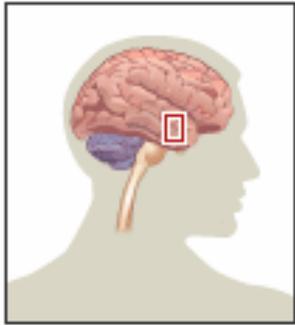
# Mesencephalon (Mittelhirn)



Das **Tectum** bildet zwei paarige Hügel, die **colliculi superior** (Sehen) und die **colliculi inferior** (Hören). In Amphibien und Reptilien sind diese Zentren entscheidend für visuelle und auditive Wahrnehmung.

Das Tegmentum beinhaltet u.a. das **periaquäduktale Grau** (Schmerz) und die **substantia nigra** (Motorik, Parkinson)

# Diencephalon (Zwischenhirn)

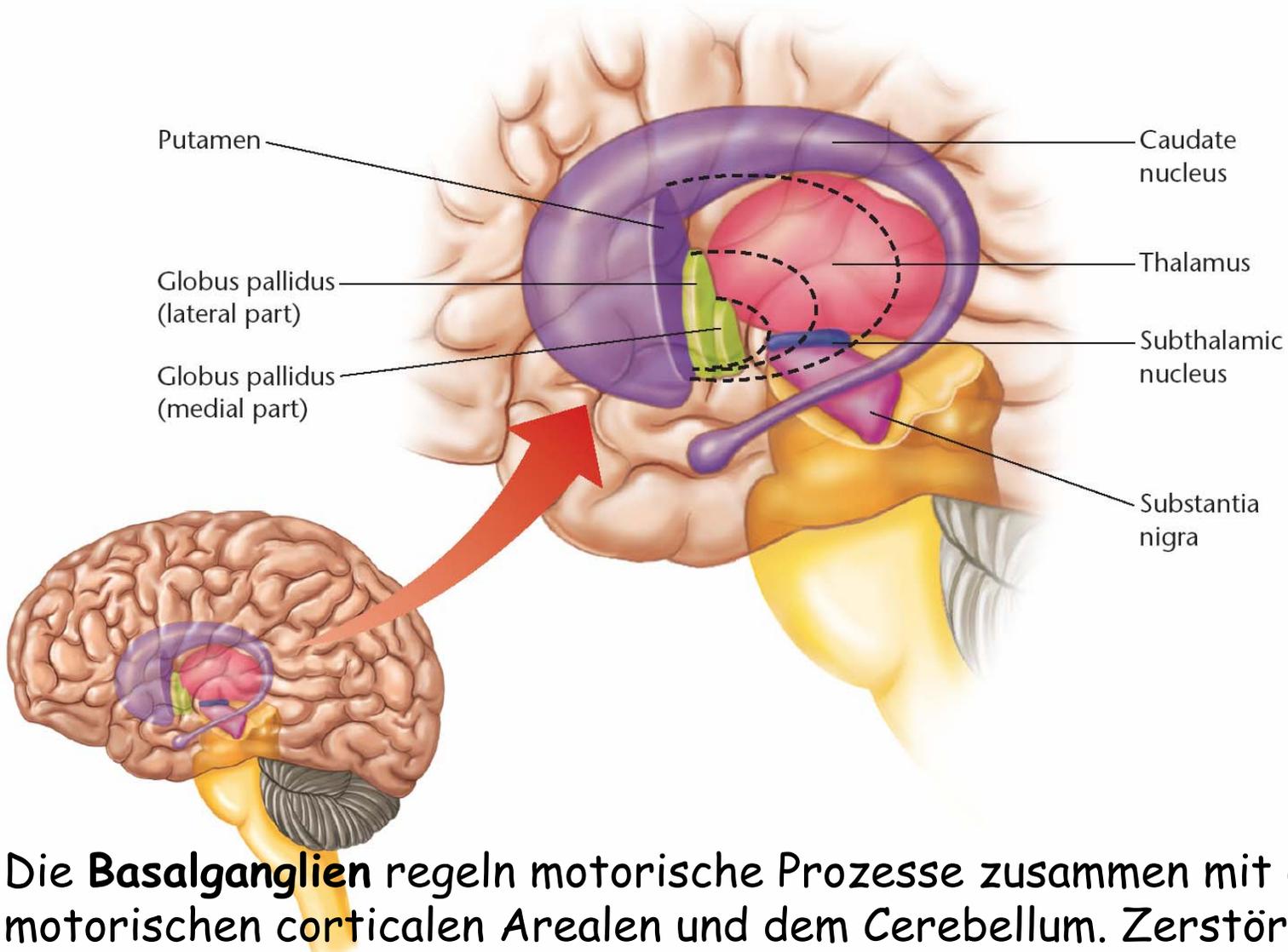


Das Zwischenhirn umfasst **Thalamus** und **Hypothalamus**.

Der Thalamus ist die wichtigste **Zwischenstation** der sensorischen Eingangssignale, z.B. der **seitliche Kniehöcker (CGL)**.

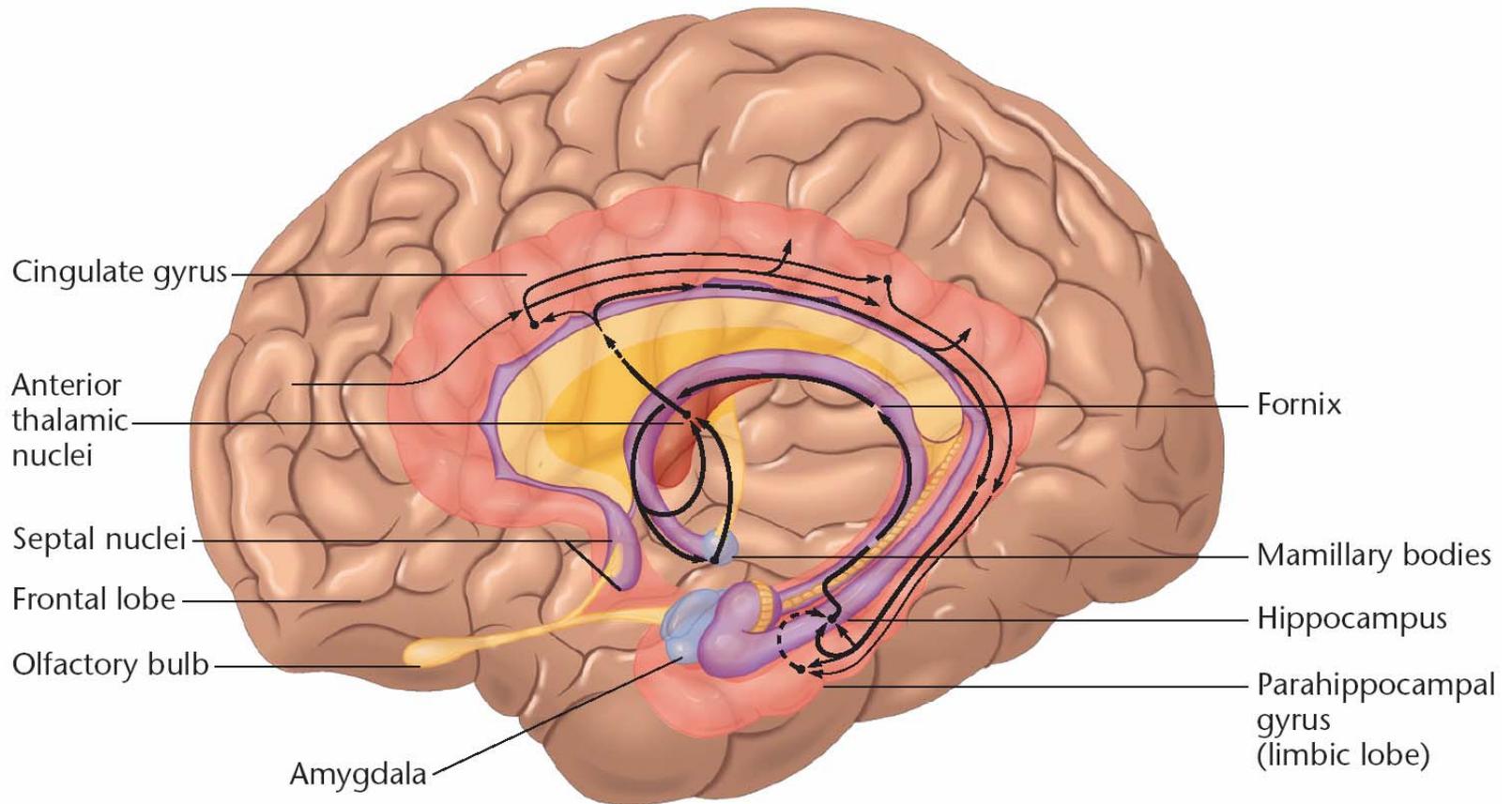
Der Hypothalamus reguliert das **Hormonsystem** über die **Hypophyse („pituitary gland“)**.

# Basalganglien



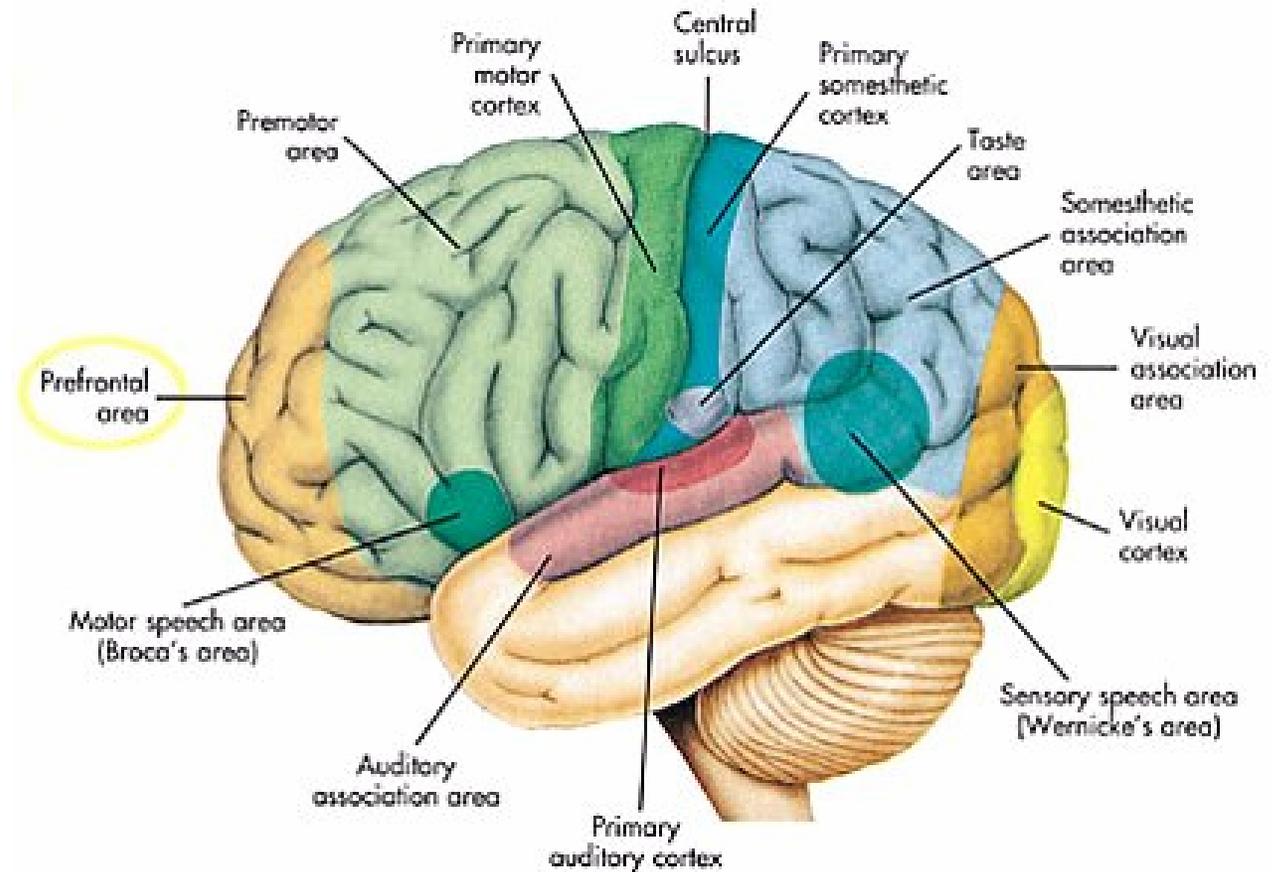
Die **Basalganglien** regeln motorische Prozesse zusammen mit den motorischen corticalen Arealen und dem Cerebellum. Zerstörung von Zellen in der **Substantia Nigra** führt zu Parkinson-Symptomen.

# Limbisches System



Das **limbische System** (mit der **Amygdala**) ist entscheidend für Motivation und Emotion. **Hippocampus** und parahippocampaler Cortex regeln die Enkodierung neuer Erinnerungen.

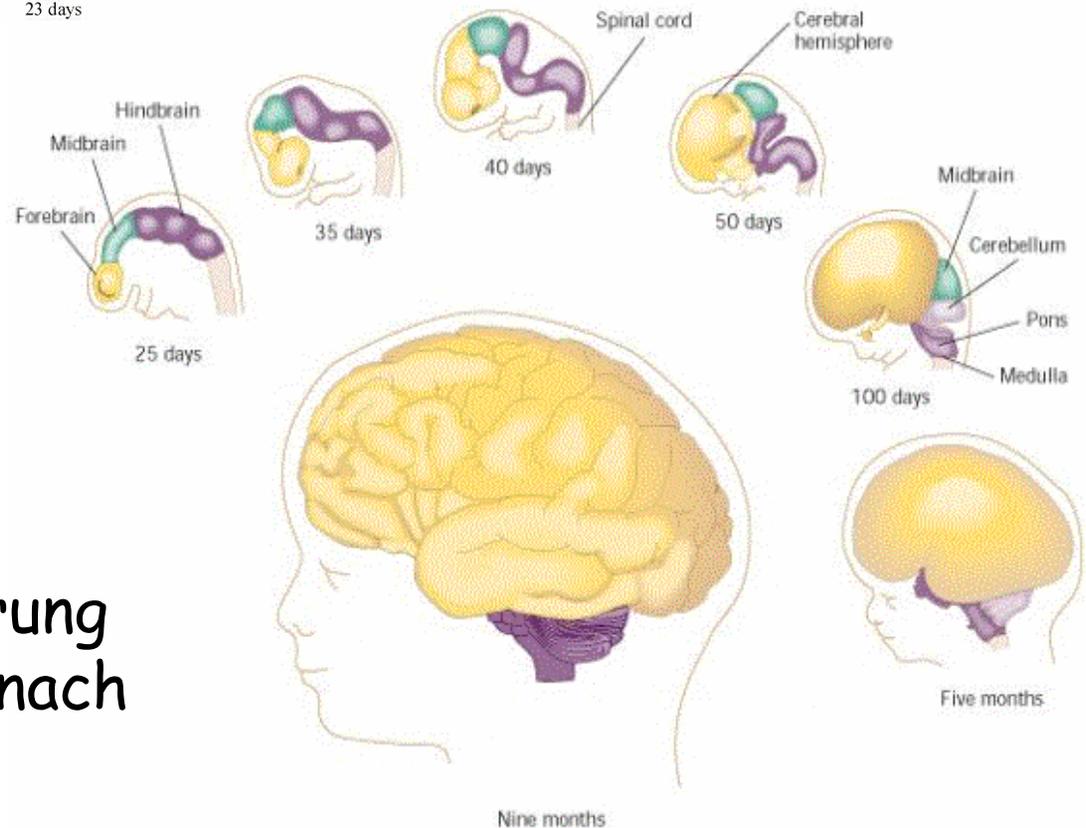
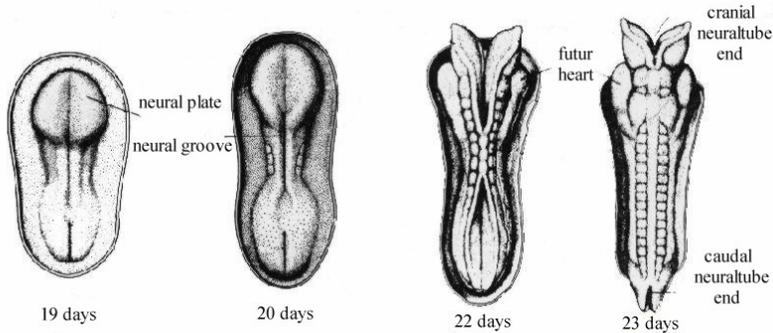
# Cortex



Die Großhirnrinde (**Cortex**, auch Neocortex, Isocortex genannt) ist für die komplexesten Hirnfunktionen zuständig. Sie wird in **Frontal-**, **Temporal-**, **Parietal-** und **Okzipitallappen** unterteilt und besitzt zahlreiche Windungen (**Gyri**) und Furchen (**Sulci**).

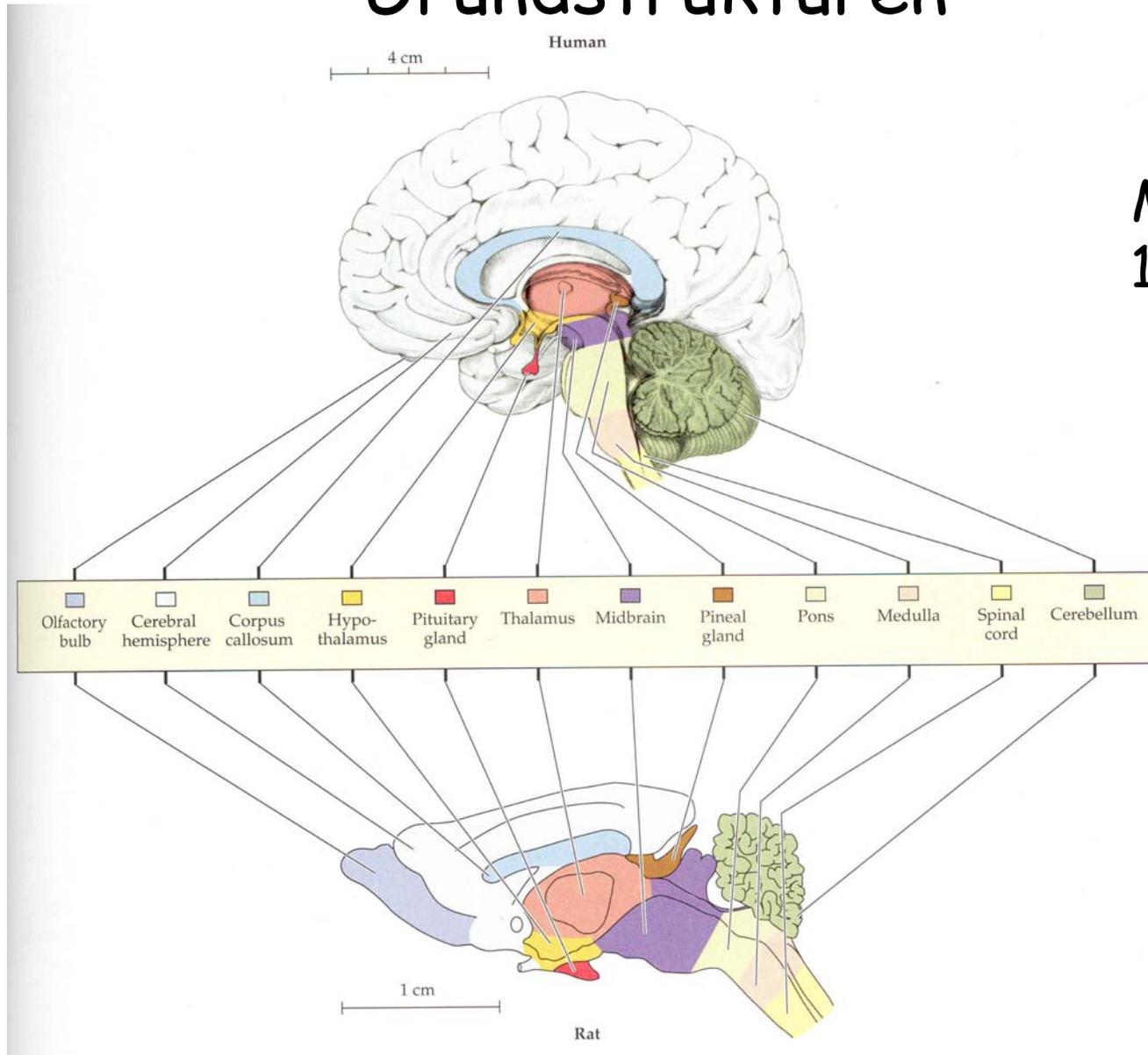
# Embryonale Entwicklung des Gehirns

1. Auffaltung des Neuralrohrs, bei allen Wirbeltieren ähnlich

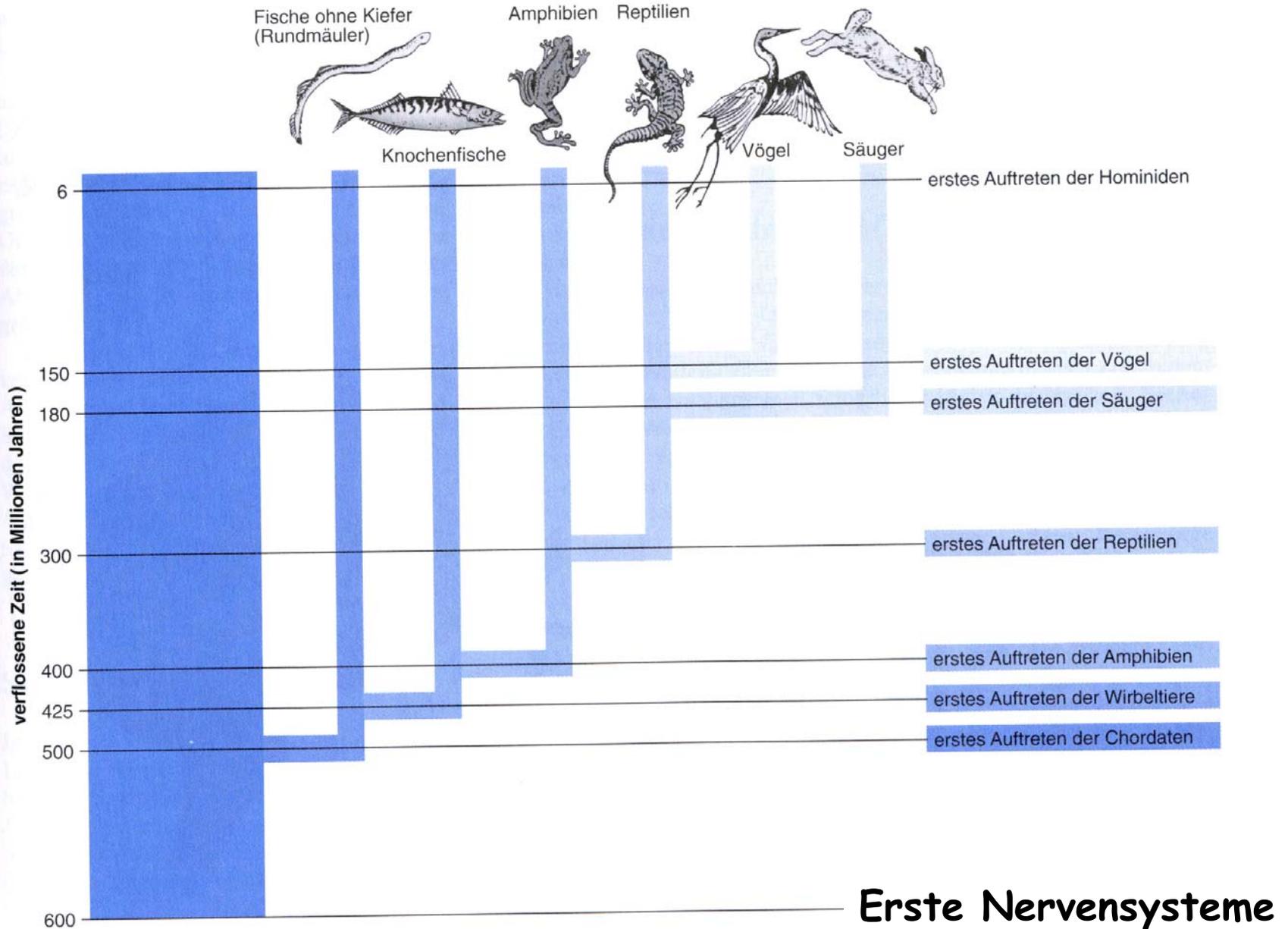


2. Ausdifferenzierung des Gehirns, geht nach der Geburt weiter

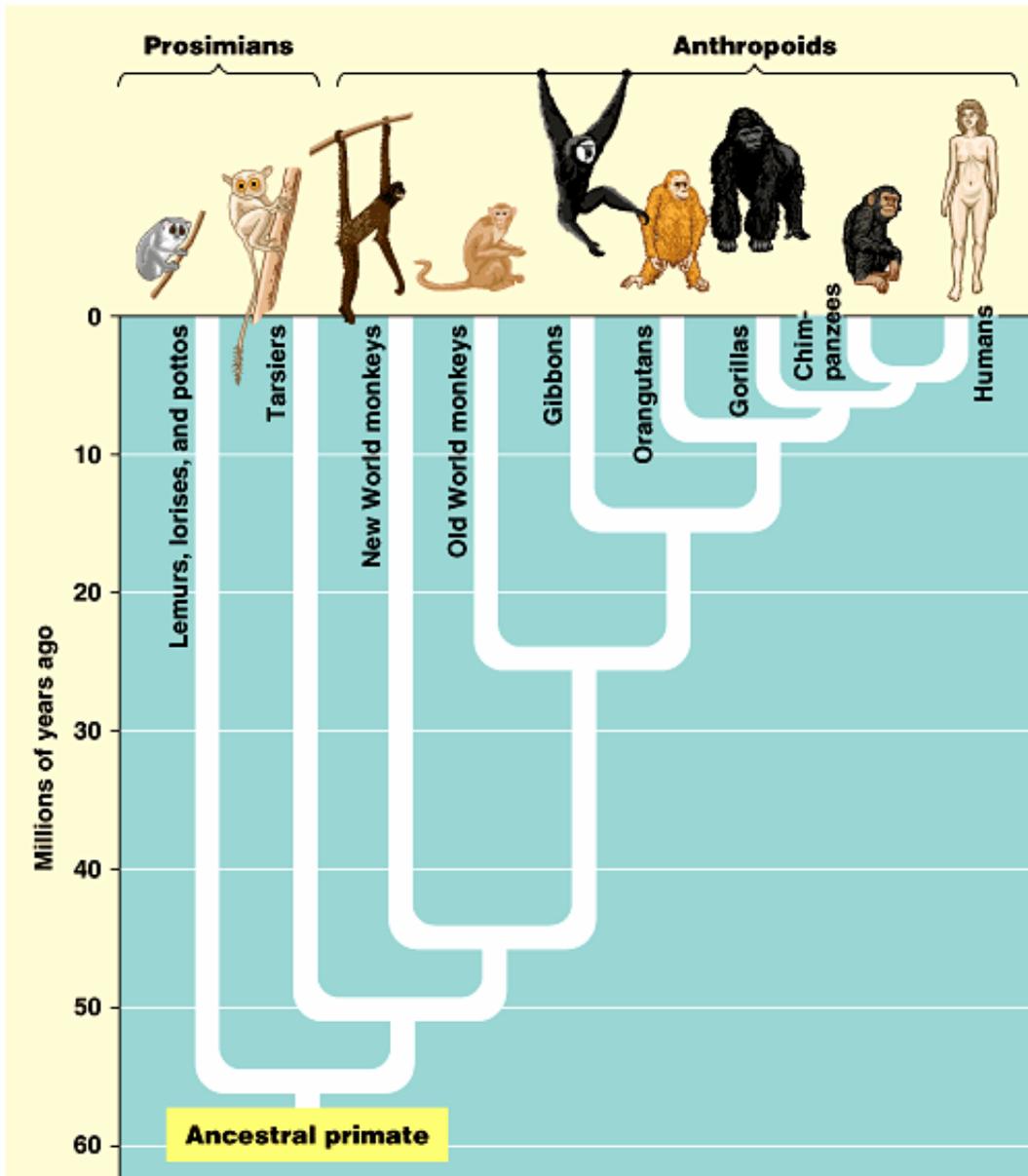
# Alle Wirbeltiergehirne besitzen dieselben Grundstrukturen



# Stadien der Evolution



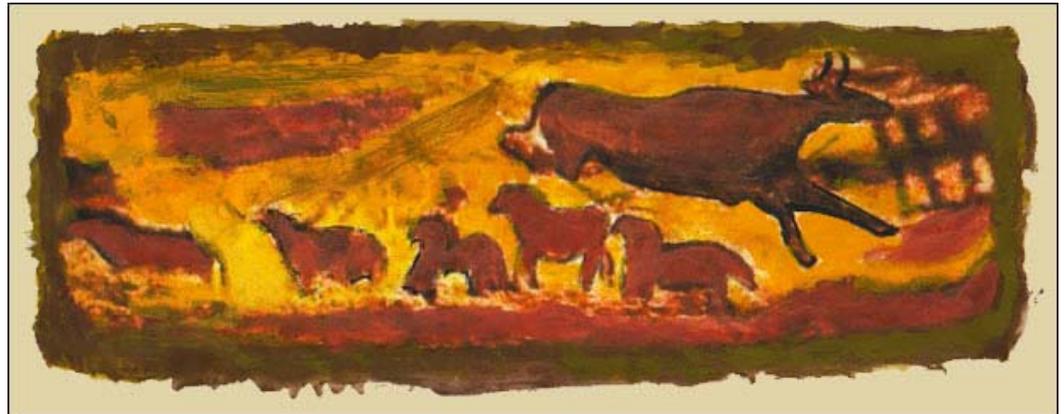
# Evolution der Primaten



Wichtig: Es gab noch andere, parallele Entwicklungslinien, die aber alle ausgestorben sind!

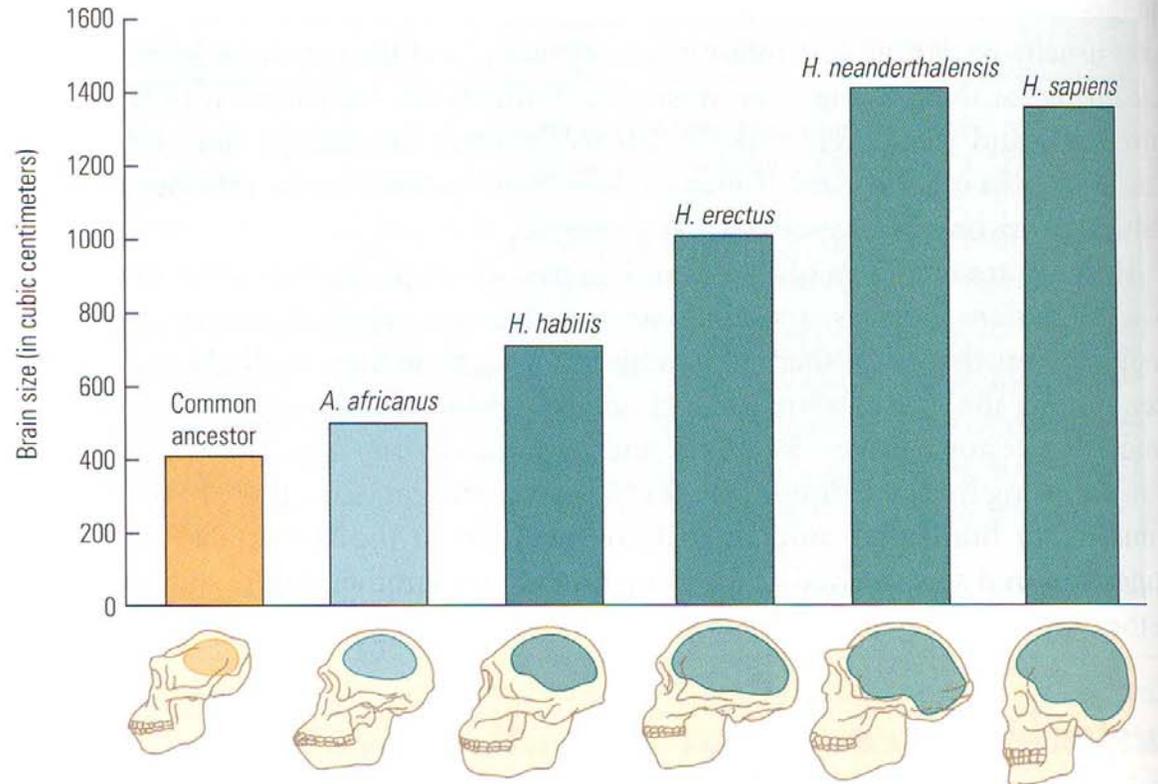
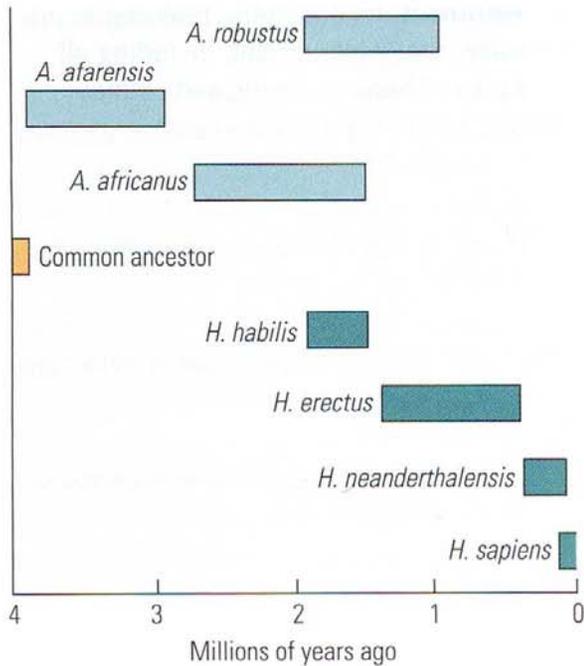
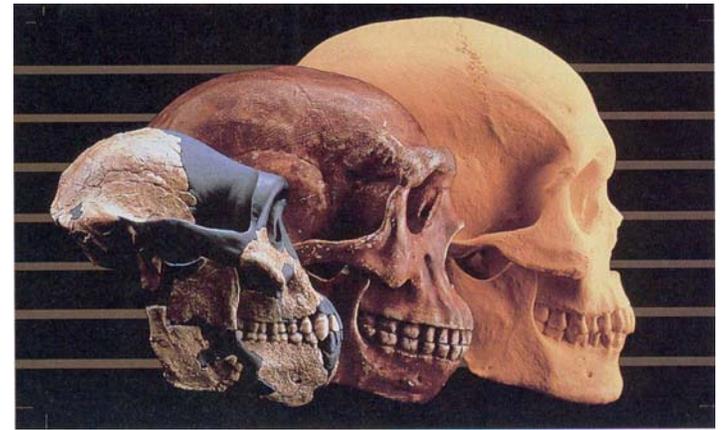
# Entstehung des Menschen

- 6 MJ: Menschenaffen -> Australopithecus (ca. 1,30 m groß, kleines Gehirn: 500 cm<sup>3</sup>, aufrechter Gang, Afrika)
- 2 MJ: Homo habilis/erectus (Feuer, Werkzeuge, größeres Gehirn: 850 cm<sup>3</sup>, Europa, Asien)
- 200 TJ: Neanderthaler, Homo sapiens (großes Gehirn: 1400 cm<sup>3</sup>)
- 25 TJ: Cro Magnon (Wandmalereien)
- 10 TJ: sesshafte Bauern und Viehzüchter
- 6 TJ: frühe Hochkulturen in Mesopotamien und Indien
- 3 TJ: Erfindung der Schrift
- 15 J: Erfindung des MP3-Players

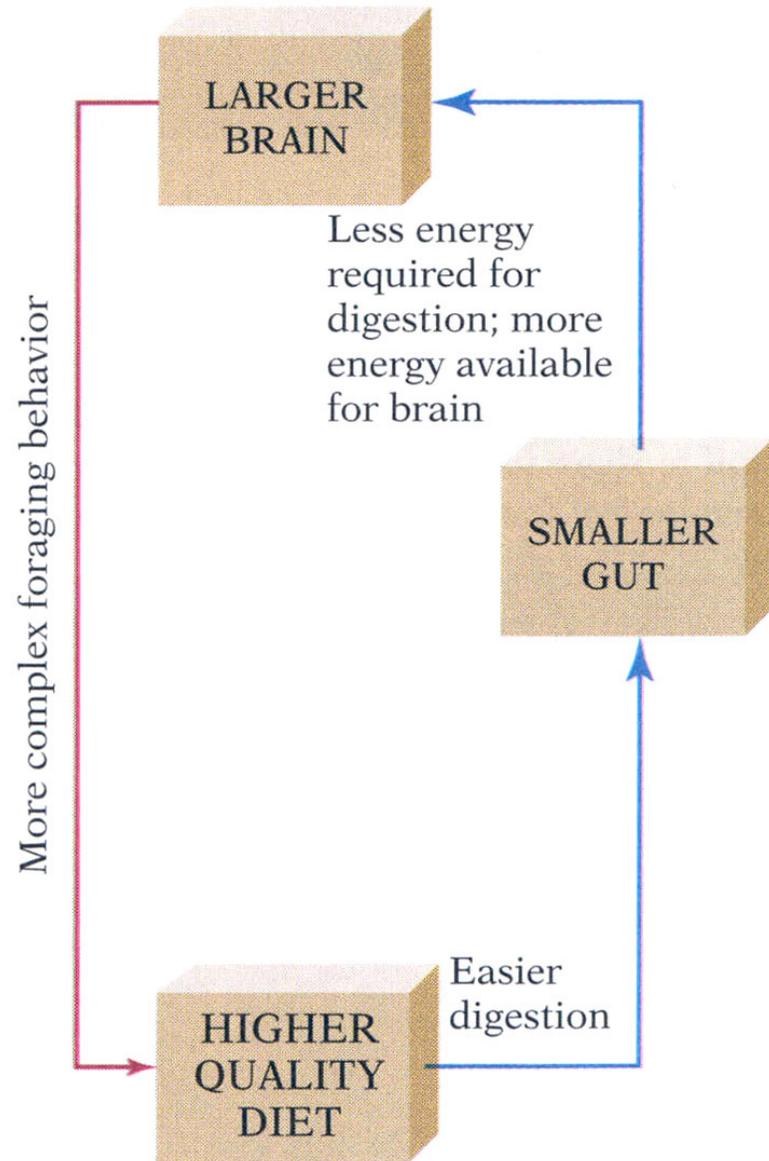
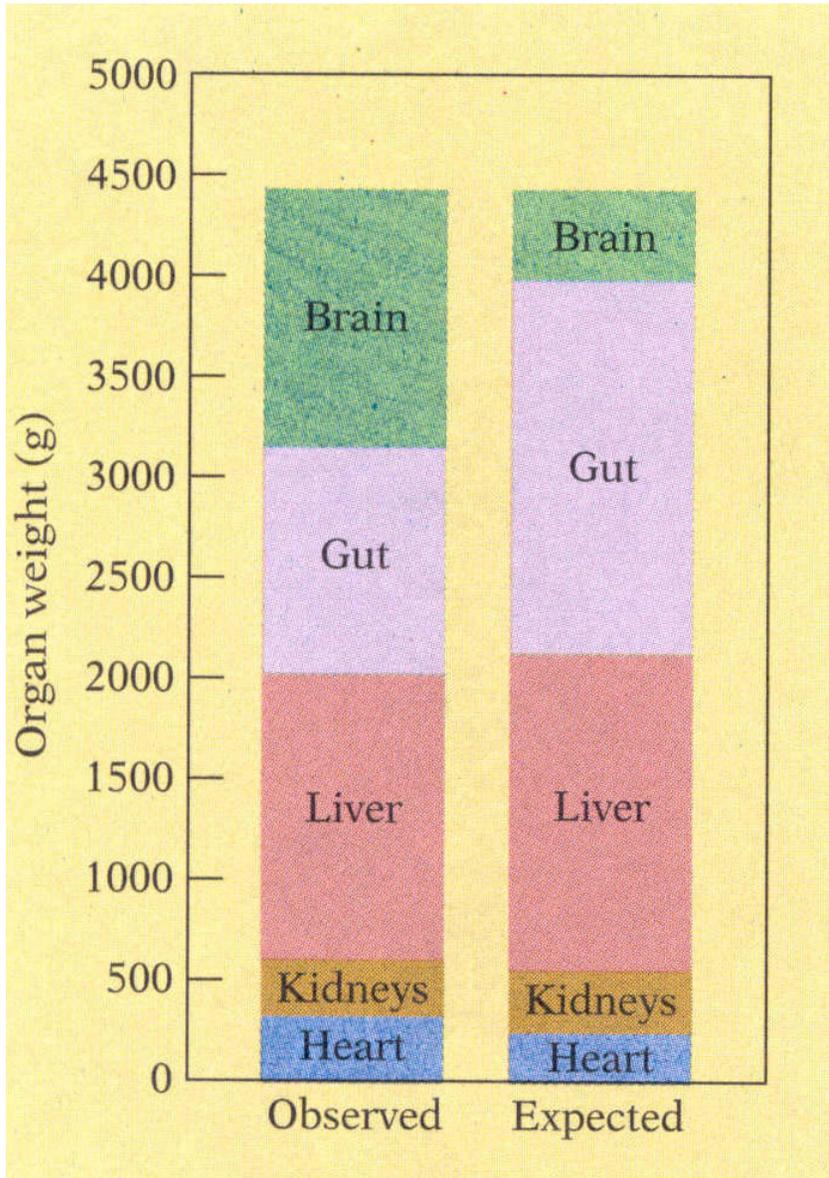


Cro-Magnon-Malereien in Lascaux, Frankreich

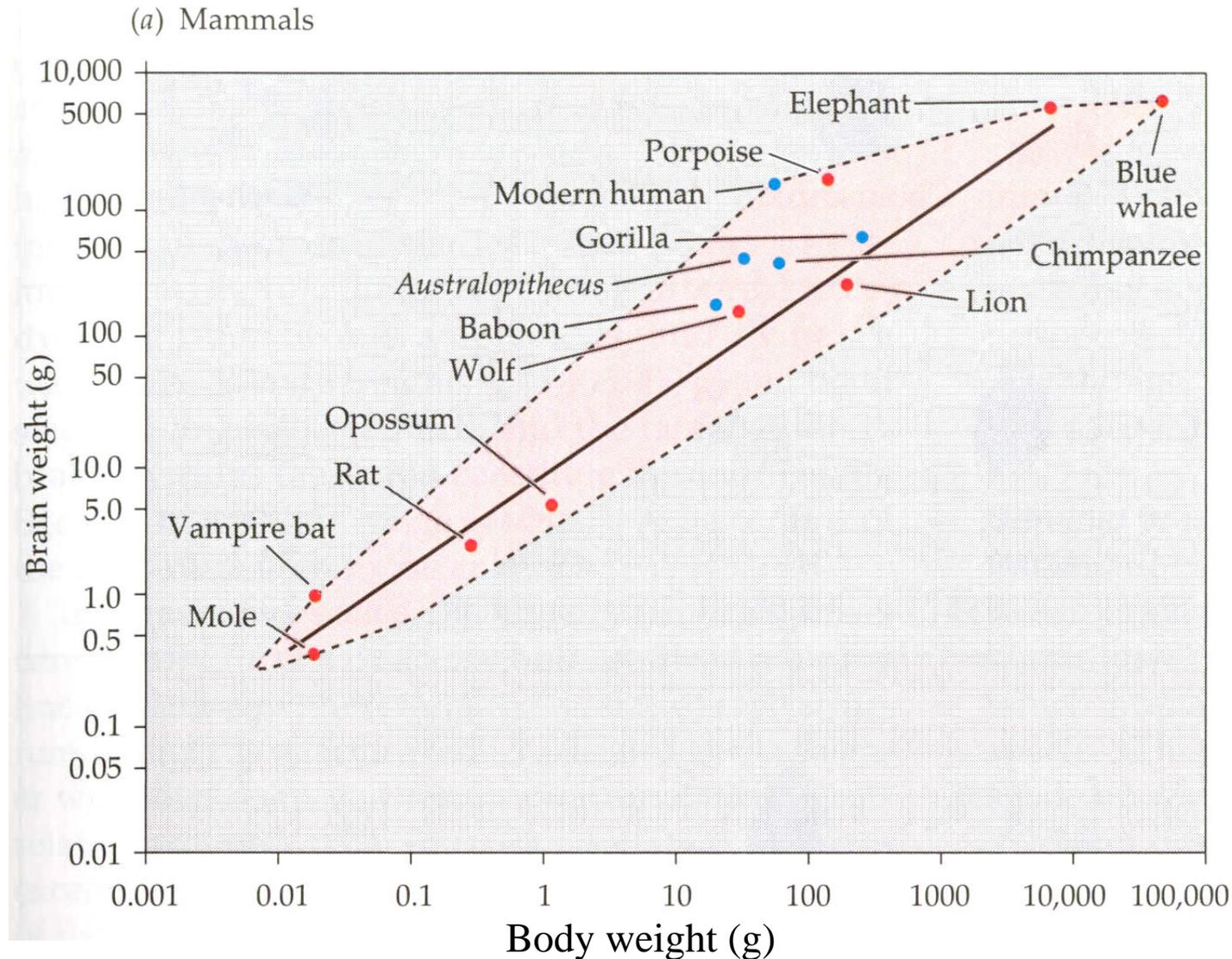
Im Entwicklungsverlauf der Hominiden wird das Gehirn immer größer, der Cortex faltet sich immer weiter auf.



# Das Gehirn muss wichtig sein: Energieverschwender Nr. 1

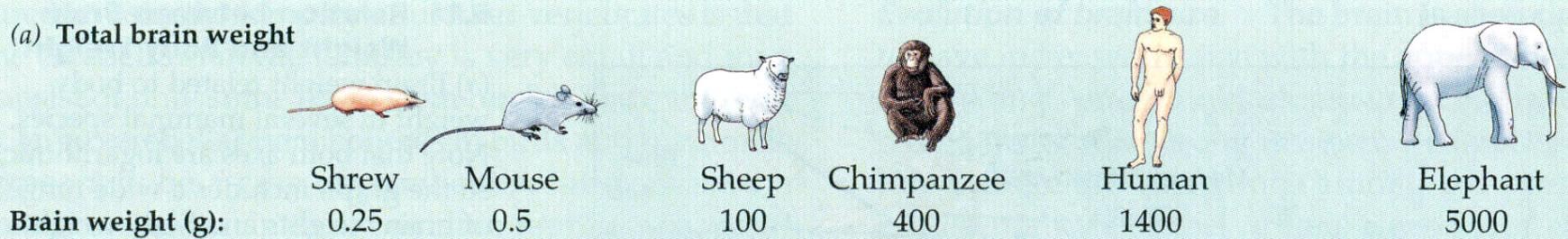


# Primaten haben für ihre Größe ungewöhnlich große Gehirne:

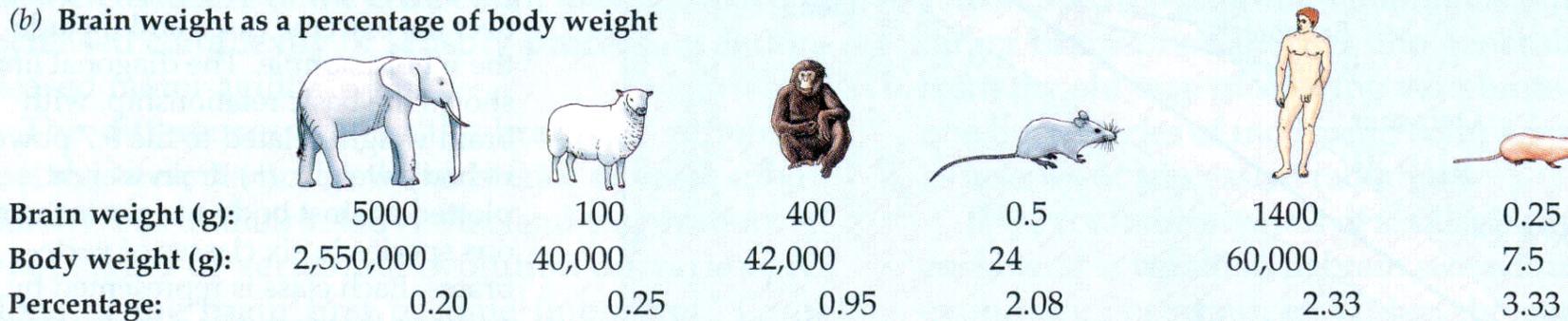


# Wer ist der Schlaueste?

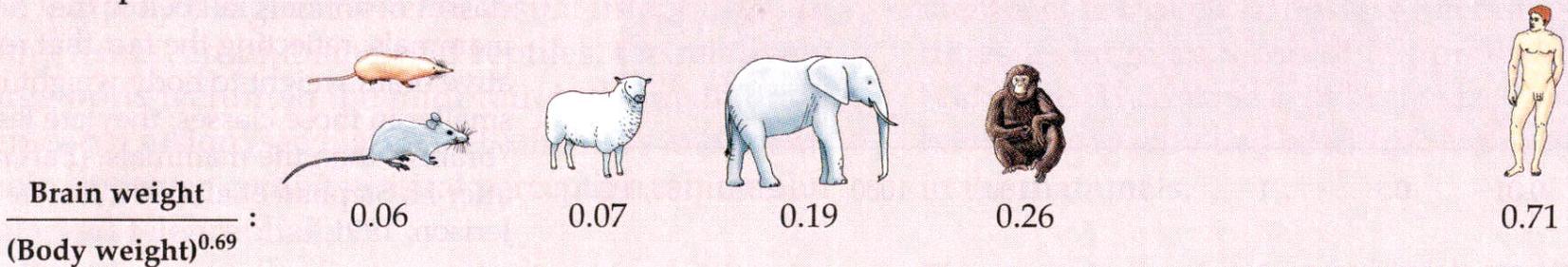
## (a) Total brain weight



## (b) Brain weight as a percentage of body weight



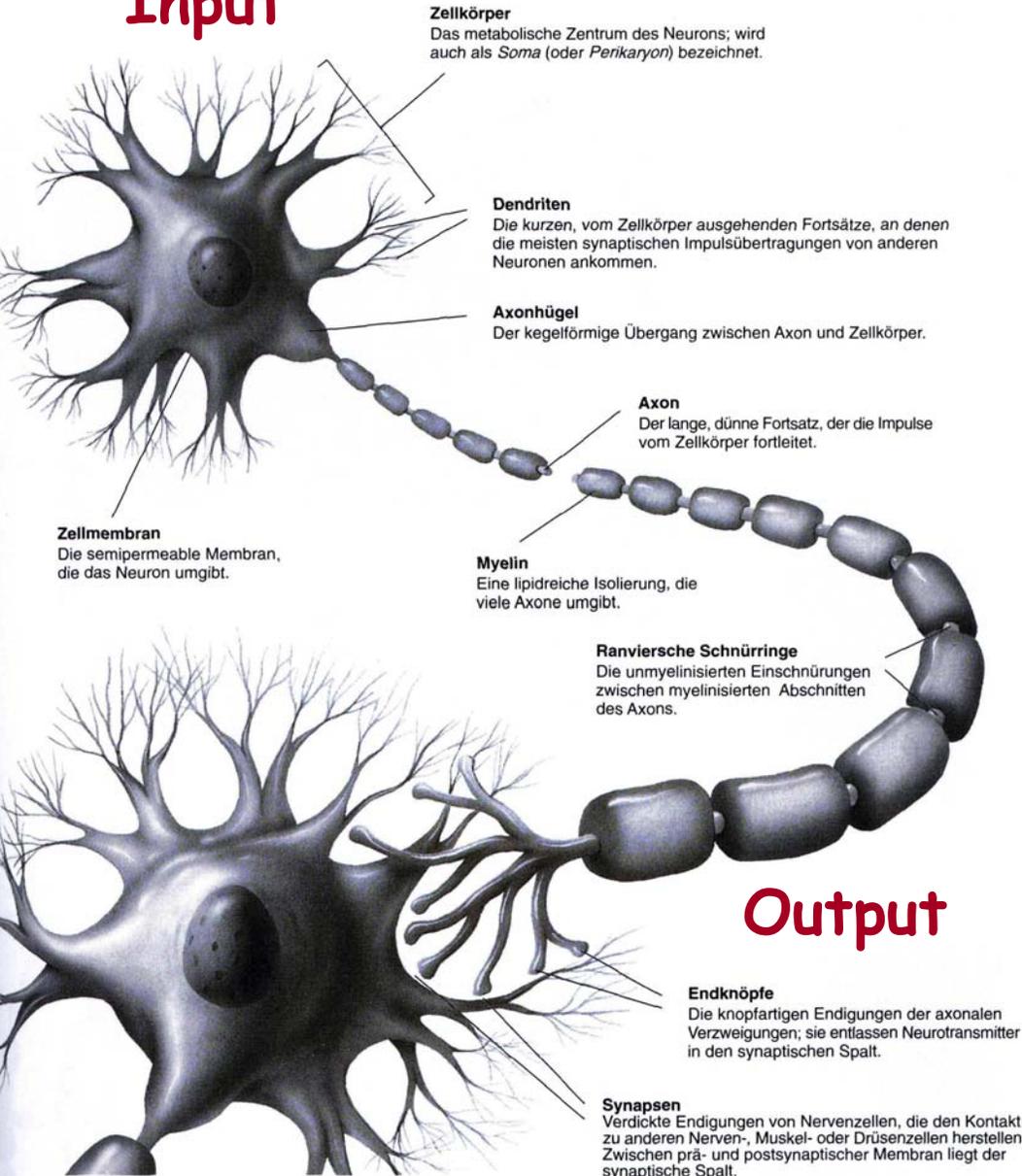
## (c) Encephalization factor



INTERMISSION

# Aufbau von Nervenzellen

## Input



## Output

- **Neurone** bestehen aus Zellkörper, Dendriten, einem Axon und präsynaptischen Endigungen
- Jeder Bereich hat eine ganz bestimmte Aufgabe bei der Signalübertragung
- Der **Zellkörper** ist das Stoffwechselzentrum der Zelle
- **Dendriten** und Zellkörper empfangen Information von anderen Zellen
- Über das **Axon** wird Information an andere Zellen weitergegeben

# Auch Neuronen besitzen Zellorganellen:

## Endoplasmatisches Reticulum.

Ein System stark gefalteter Membranen im Zellkörper; rauhe Anteile (mit Ribosomen besetzt) spielen eine Rolle bei der Proteinsynthese, glatte Anteile (ohne Ribosomen) bei der Lipidsynthese.

## Cytoplasma.

Die klare Flüssigkeit im Inneren des Neurons.

## Ribosomen.

Zellorganellen, an denen Proteine synthetisiert werden; sie liegen auf dem endoplasmatischen Reticulum.

## Golgi-Apparat.

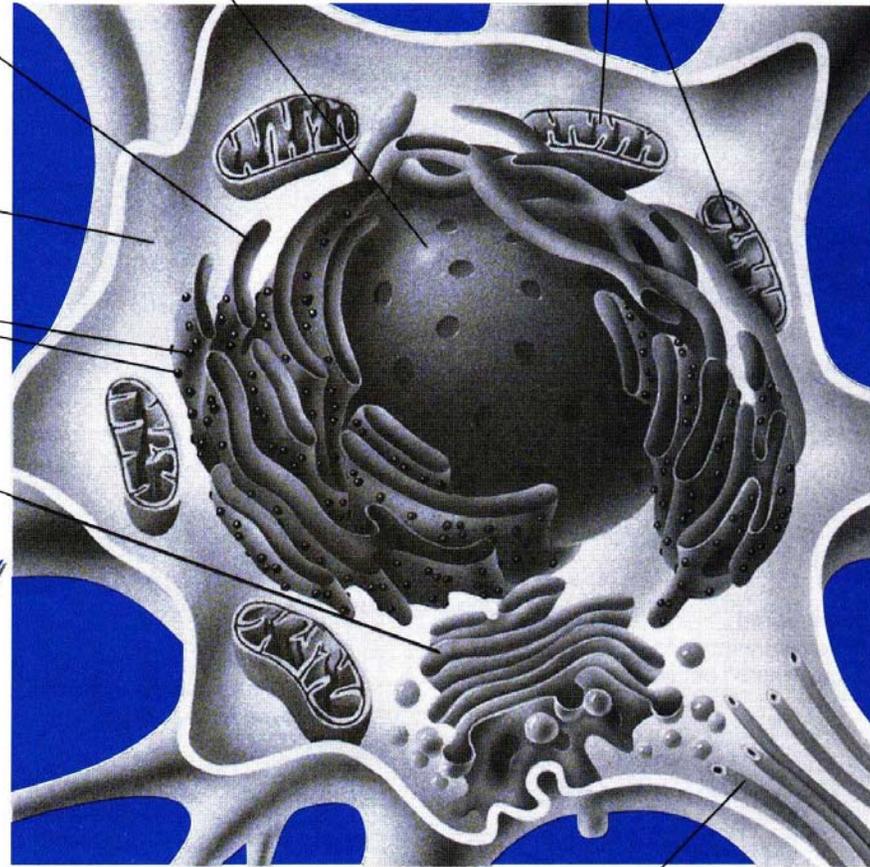
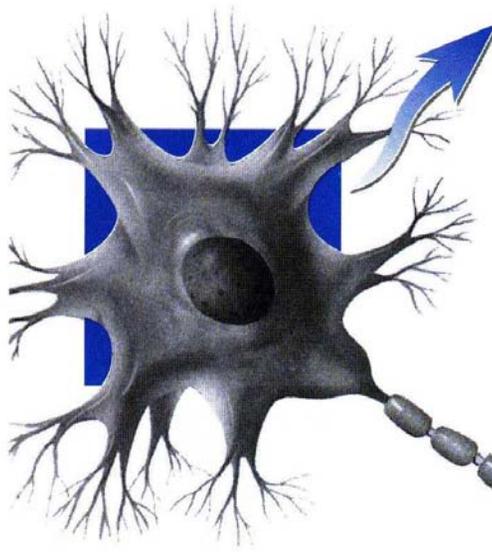
Ein Membrankomplex, der Moleküle in Vesikeln verpackt.

## Nucleus.

Der Zellkern im Zellkörper enthält die genetische Information (DNS).

## Mitochondrien.

Zellorganellen, an denen unter Sauerstoffverbrauch Stoffwechselenergie freigesetzt wird.



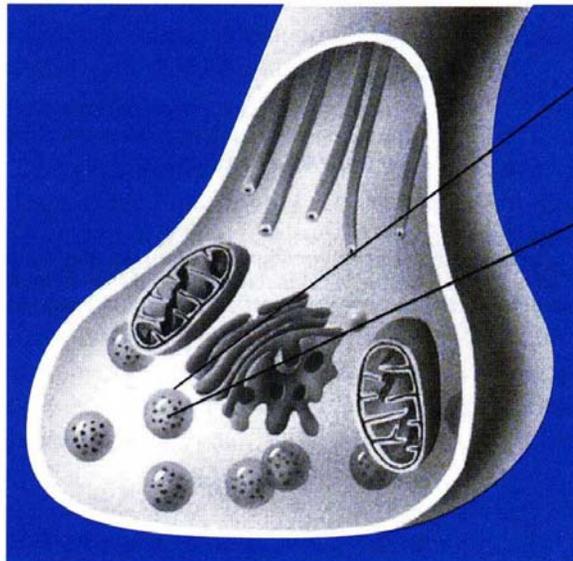
## Mikrotubuli.

Röhrenförmige Strukturen, die für den raschen Materialtransport durch die Neurone zuständig sind.

# Neuronale Strukturen

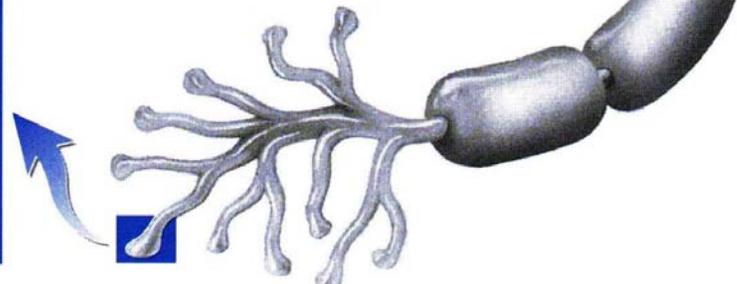


**Mikrotubuli.**  
Röhrenförmige Strukturen, die für den raschen Materialtransport durch die Neurone zuständig sind.



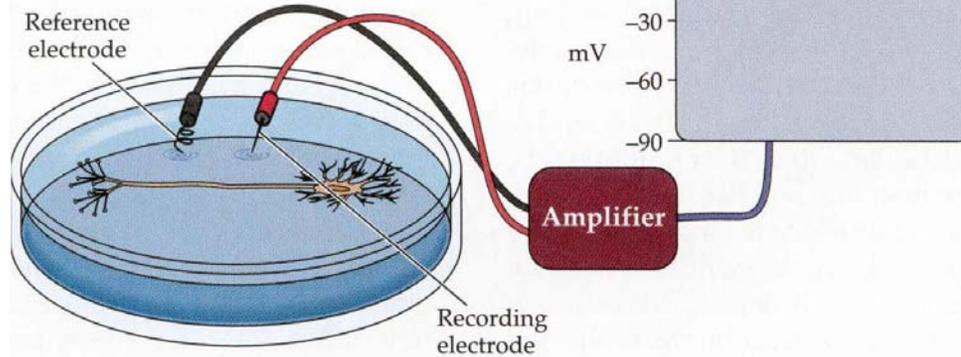
**Synaptische Vesikel.**  
Kleine Pakete mit Neurotransmittermolekülen; sie sammeln sich in den Endknöpfen häufig dicht an der präsynaptischen Membran an.

**Neurotransmitter.**  
Moleküle, die von aktiven Neuronen freigesetzt werden und die Aktivität anderer Zellen beeinflussen.

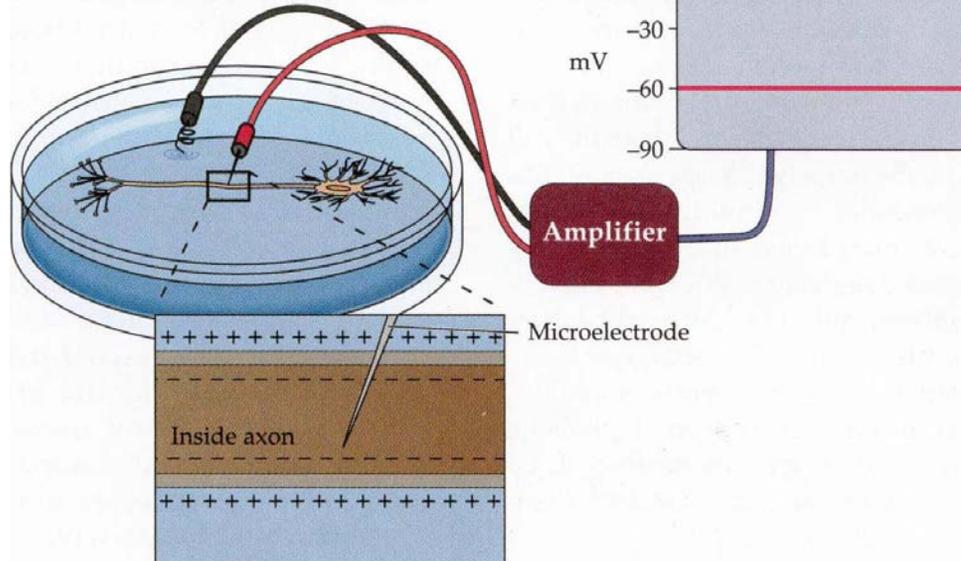


# Messung des Ruhepotentials

(a) Zero potential difference when the two electrodes are in the bath

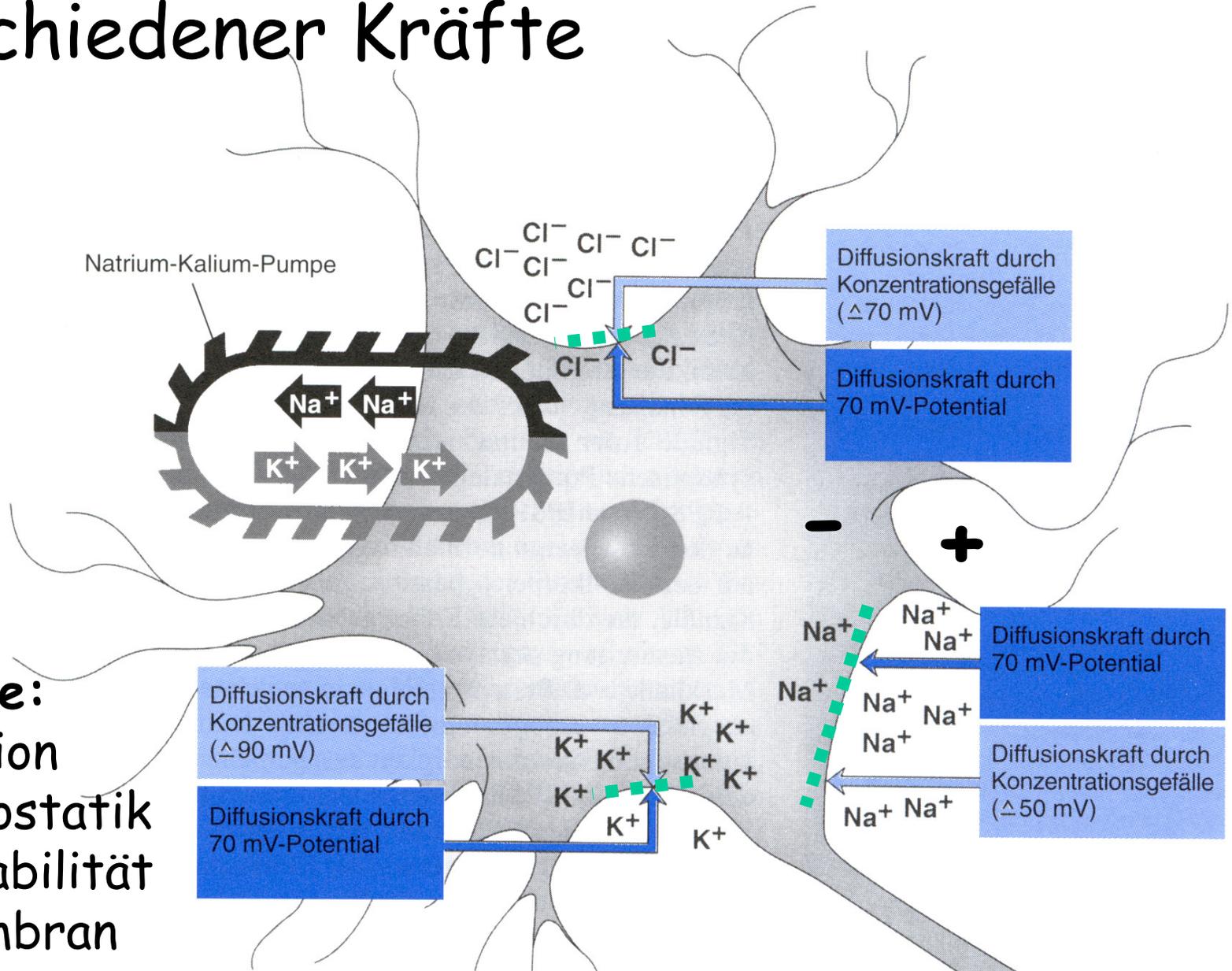


(b) When the recording electrode enters the axon, a negative potential difference is seen



Warum ist das Zellinnere negativ geladen?

# Das Ruhepotential als Gleichgewicht verschiedener Kräfte

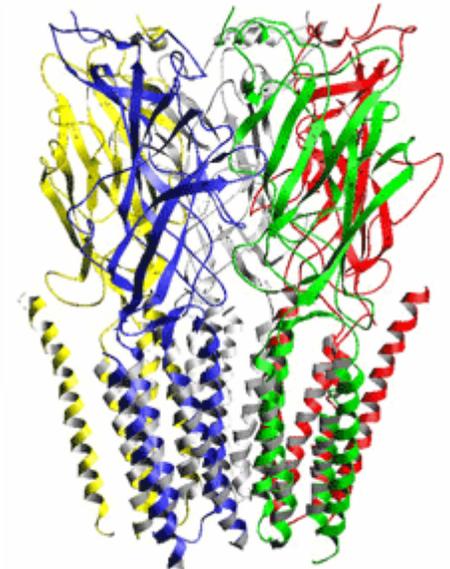
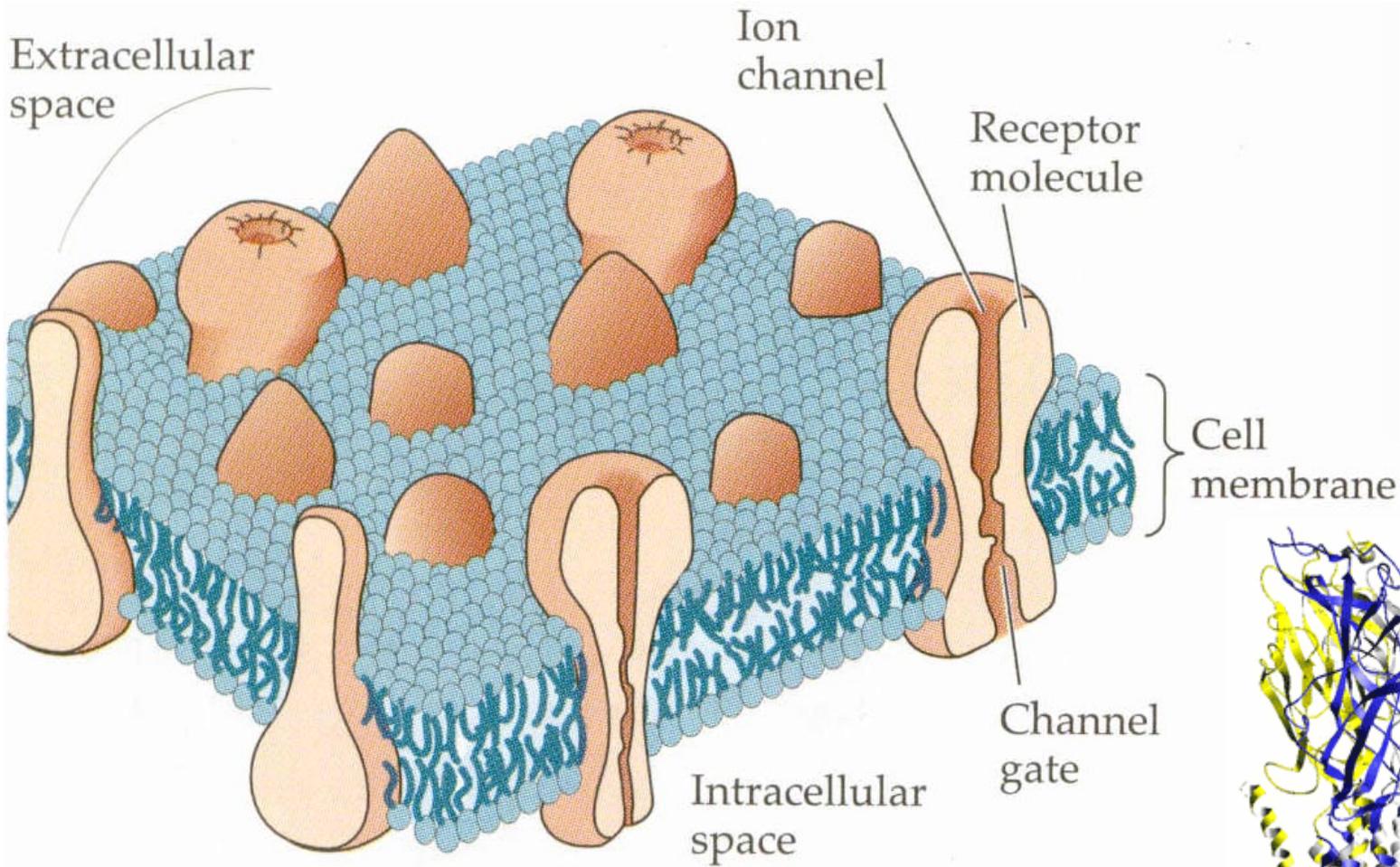


## Passive

## Vorgänge:

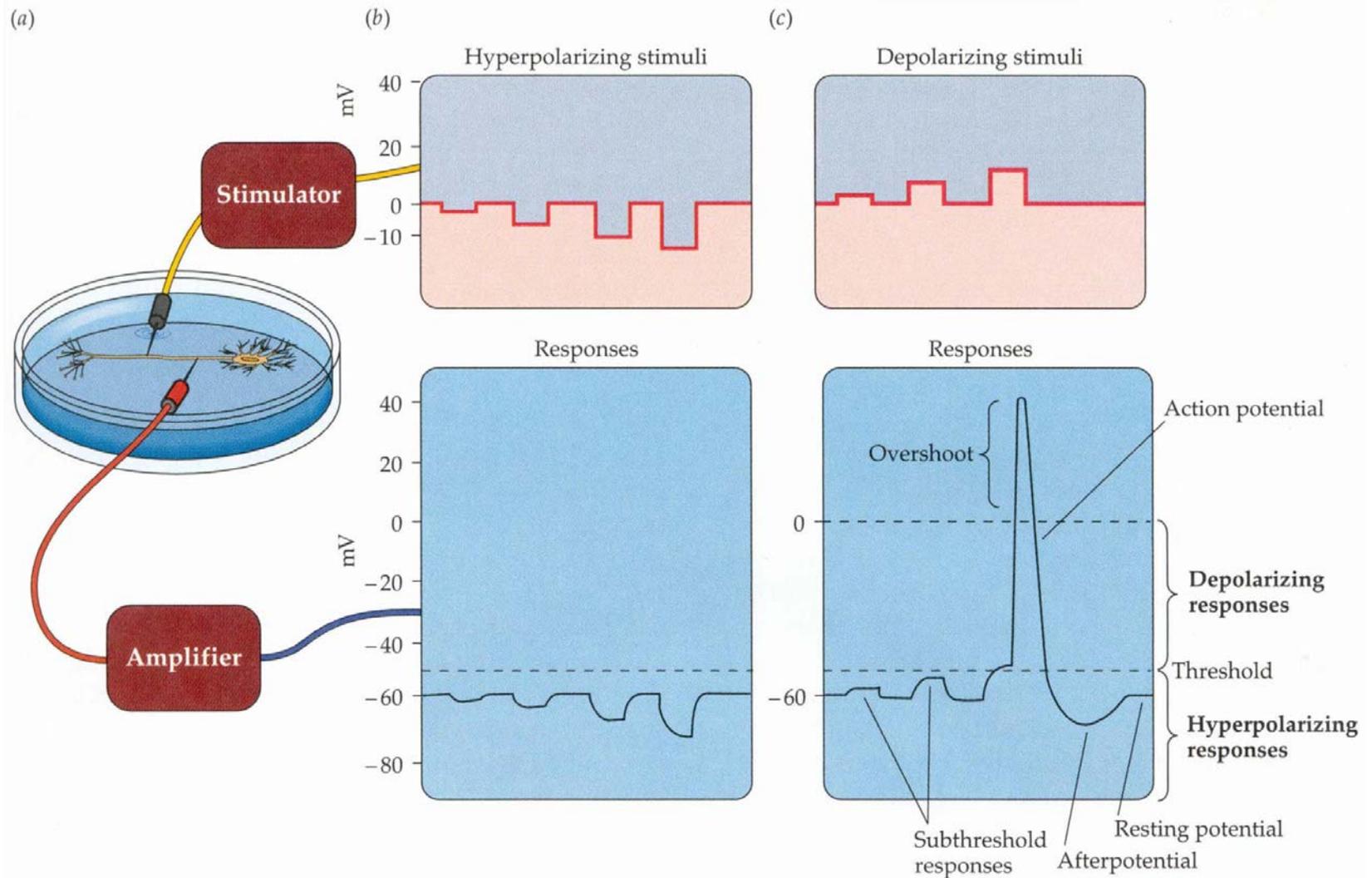
- Diffusion
- Elektrostatik
- Permeabilität der Membran

# Kanäle und Rezeptoren

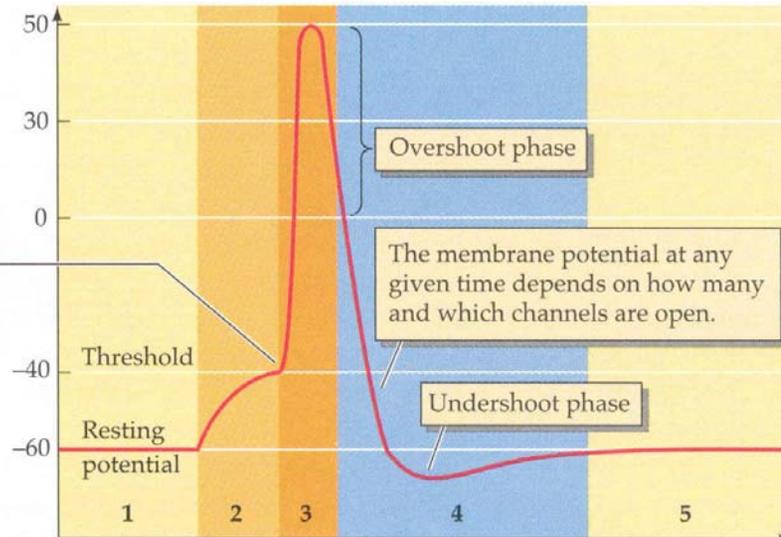


Model of the ligand-gated ion channel GABAA receptor

# Depolarisation experiment



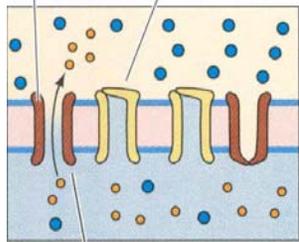
# Das Aktionspotential



Sufficient depolarization of the axon results in an action potential.

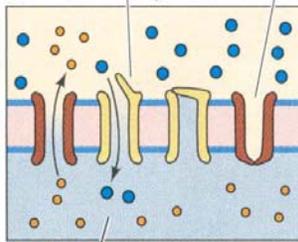
The membrane potential at any given time depends on how many and which channels are open.

Open  $K^+$  channel  
Closed  $Na^+$  channel



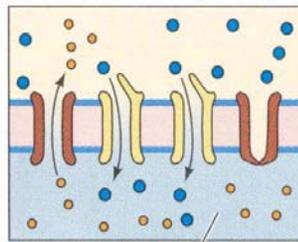
1. Open  $K^+$  channels create the resting potential.

Open  $Na^+$  channel  
Closed  $K^+$  channel



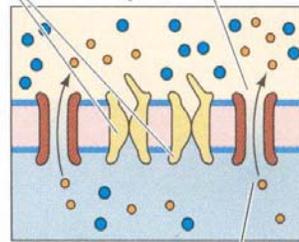
2.  $Na^+$  channels open, depolarizing the cell to threshold.

Inactivated  $Na^+$  channels  
Open  $K^+$  channel



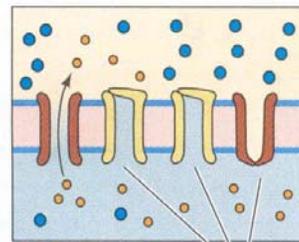
3. Additional voltage-gated  $Na^+$  channels open, causing a rapid change of polarity—the action potential.

Open  $K^+$  channel



4.  $Na^+$  channels are inactivated; gated  $K^+$  channels open, repolarizing and even hyperpolarizing the cell (undershoot phase).

Open  $K^+$  channel

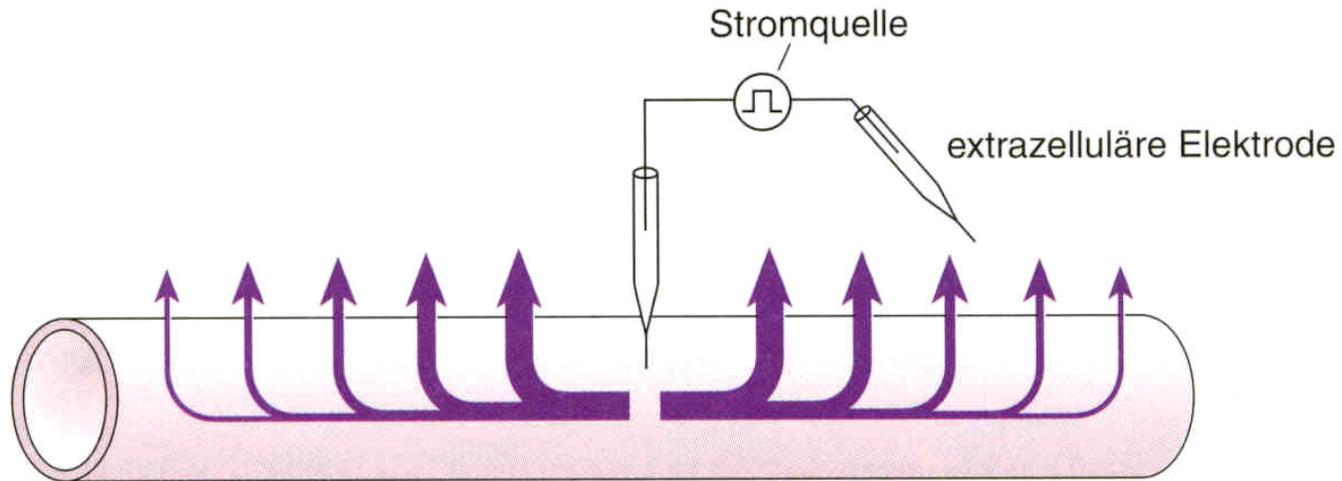


5. All gated channels close. The cell returns to its resting potential.

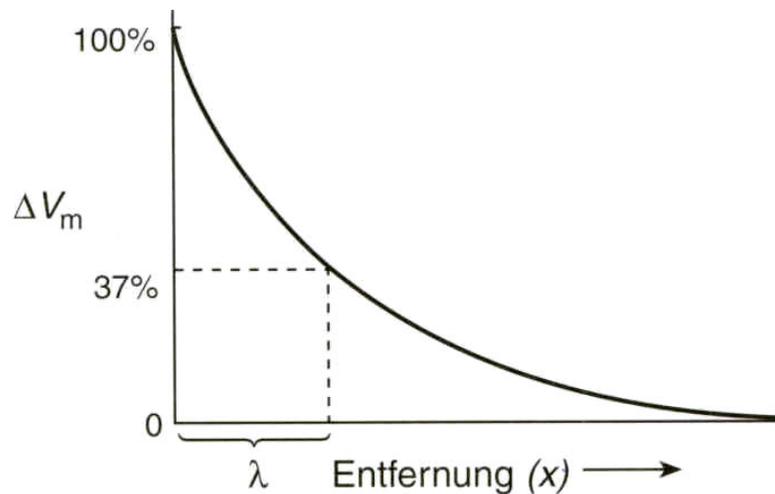
Dann:  
Na-K-  
Pumpe

# Passive Stromleitung

A



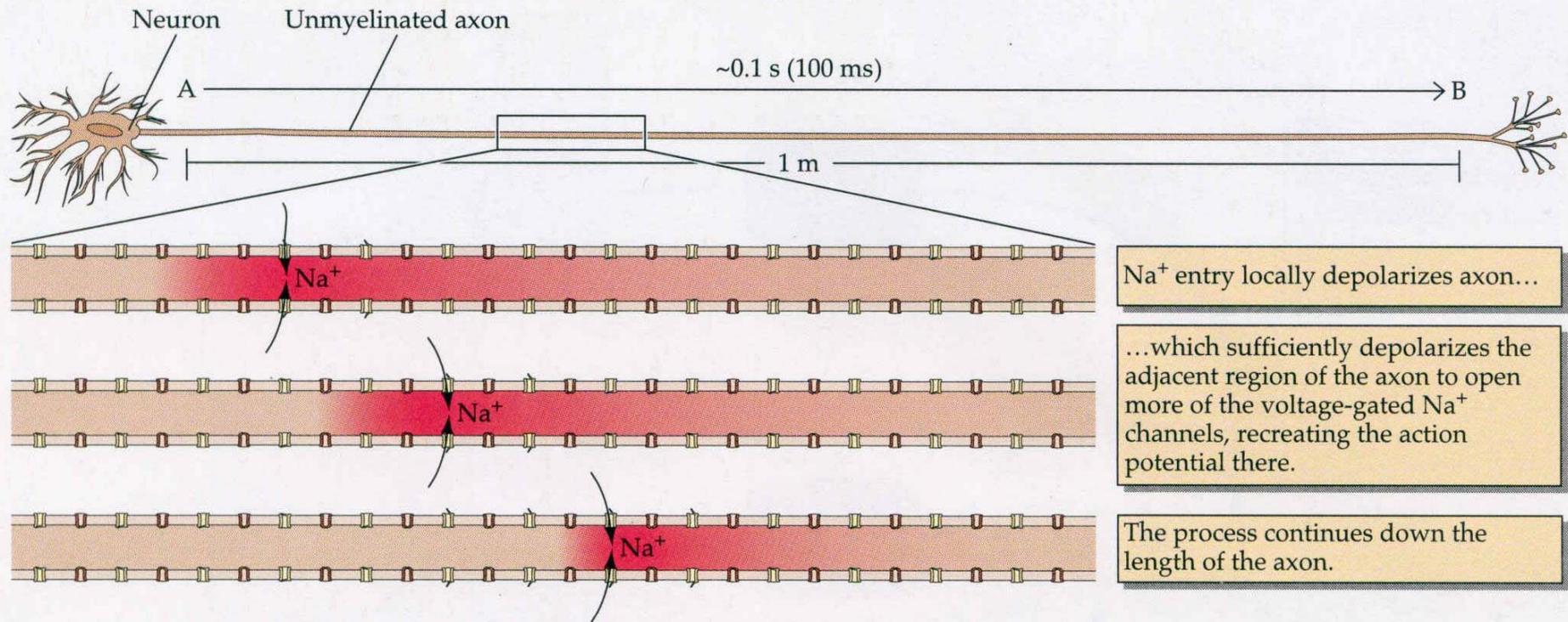
B



Stromstärke nimmt mit dem Abstand rasch ab

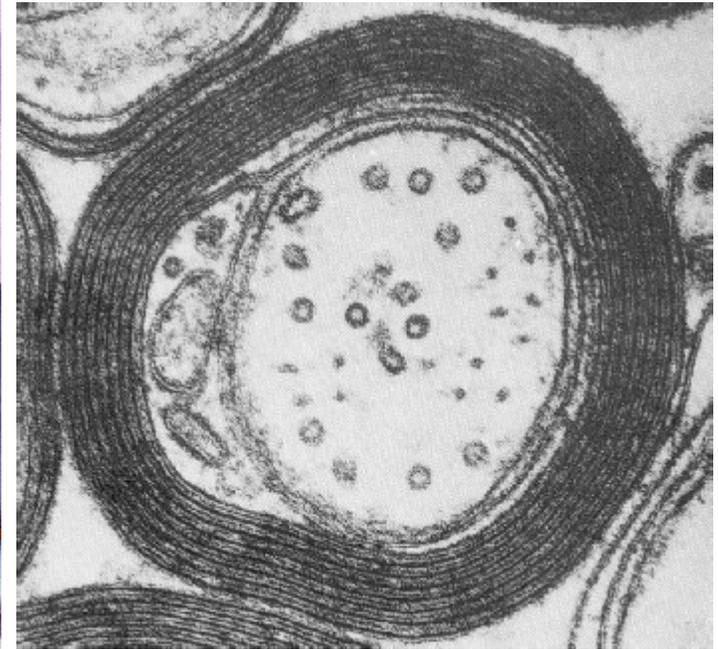
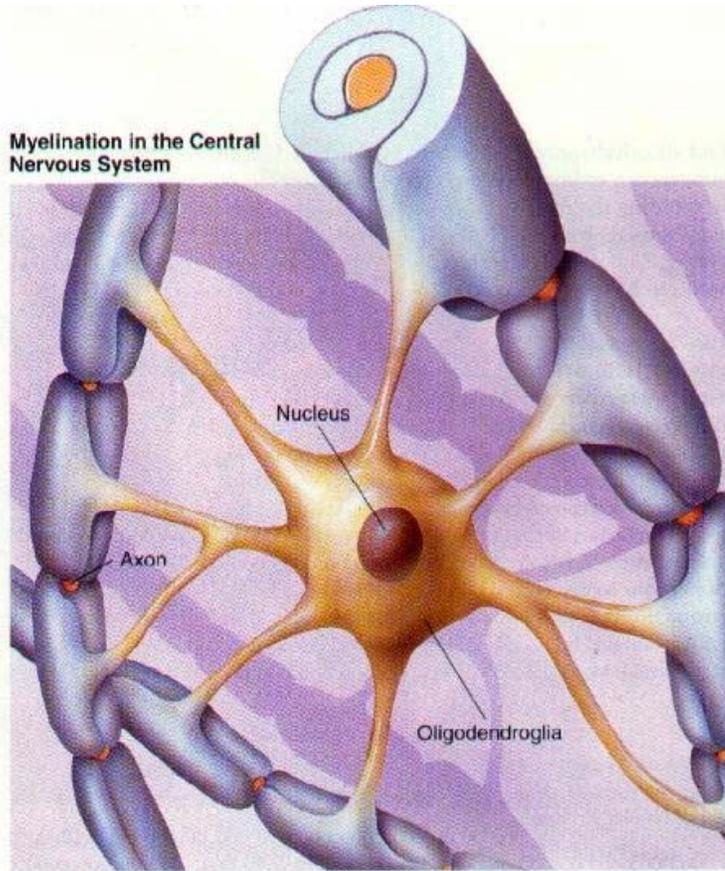
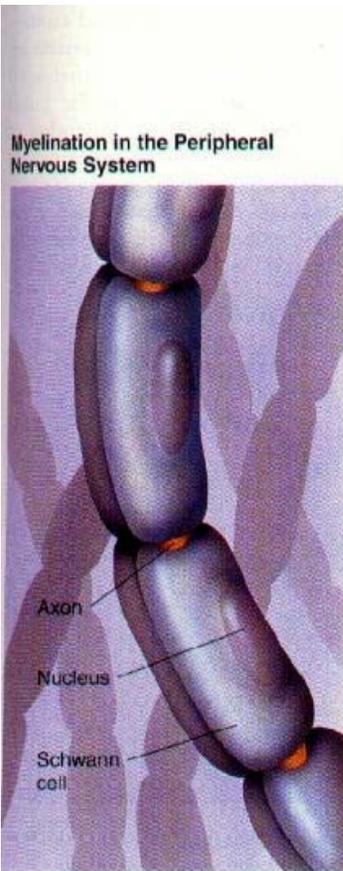
# Erregungsleitung in Axonen

(a) Slow (10 meters per second) conduction of action potential along unmyelinated axon



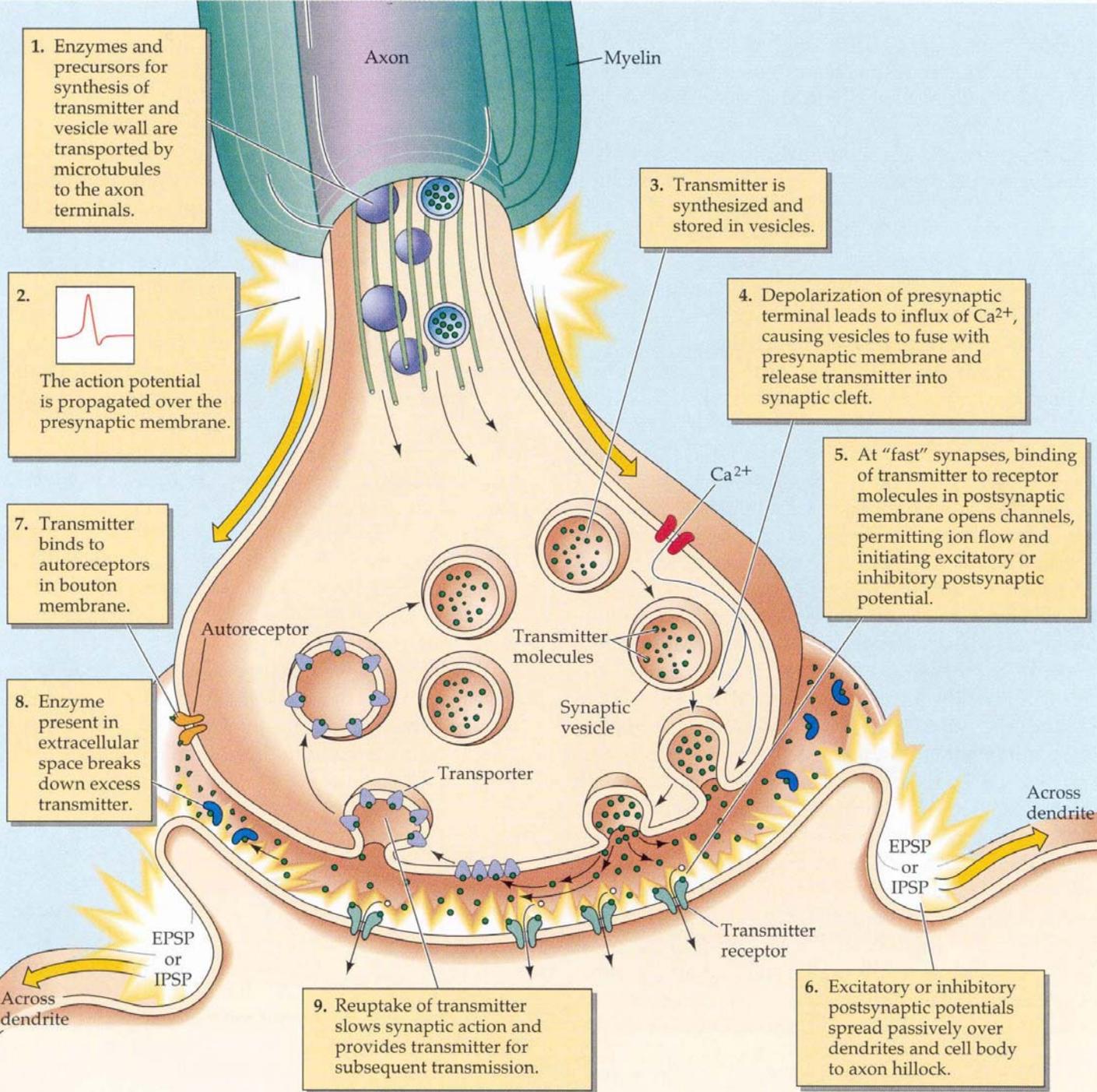
Jedes Aktionspotential löst wieder ein AP an der Nachbarposition aus - aber nur dort, weil die Stromstärke mit der Entfernung zu schnell abnimmt. Das Resultat ist eine sehr langsame Weiterleitung des APs.

# Lösung: „Kabelstränge“ elektrisch isolieren durch Myelinisierung



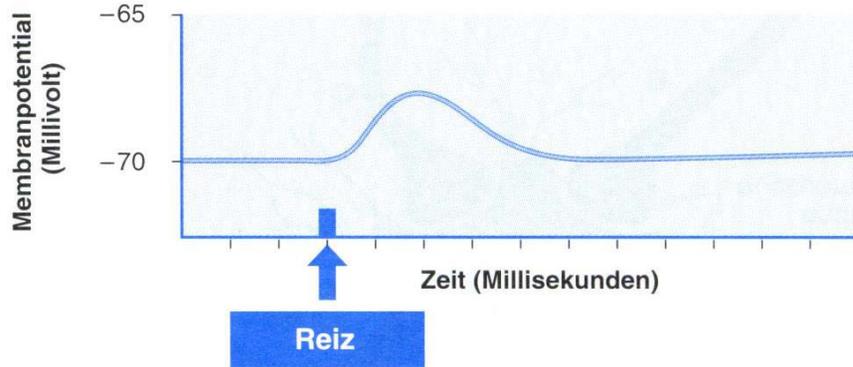


# Synapsen



# Prä- und postsynaptische Potentiale

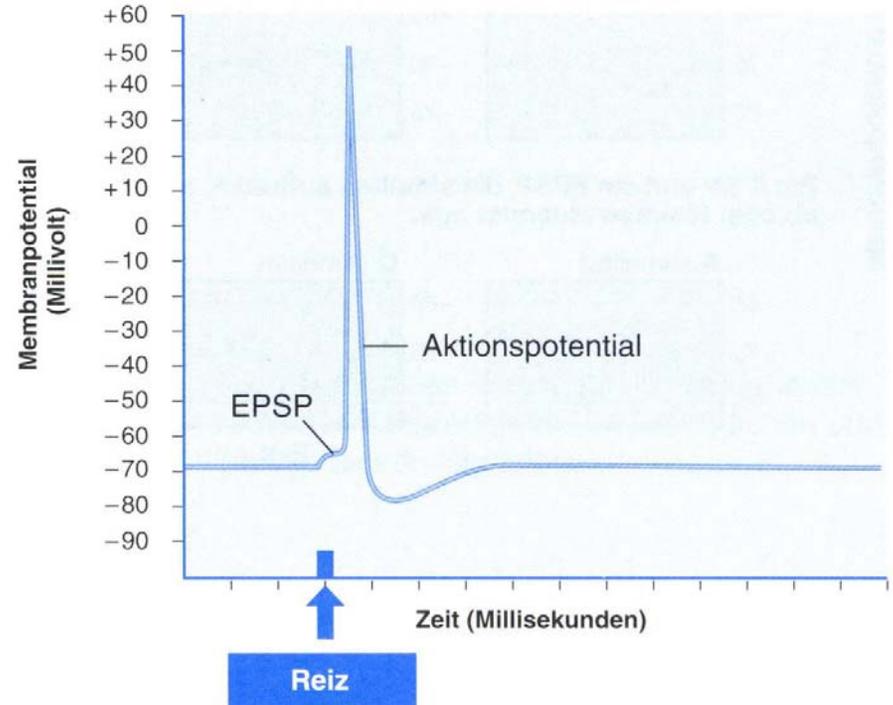
Ein exzitatorisches postsynaptisches Potential (EPSP)



Ein inhibitorisches postsynaptisches Potential (IPSP)



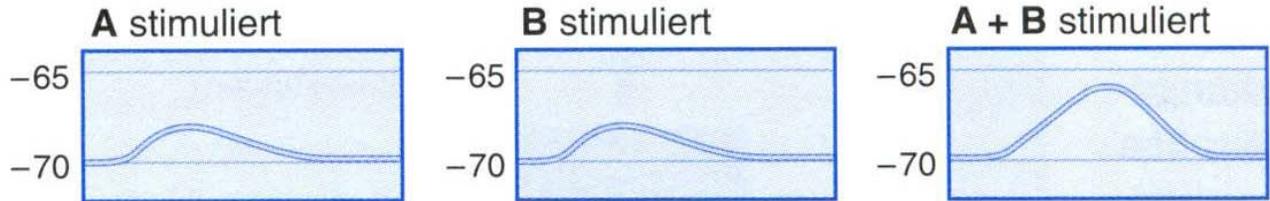
Ein EPSP und ein Aktionspotential



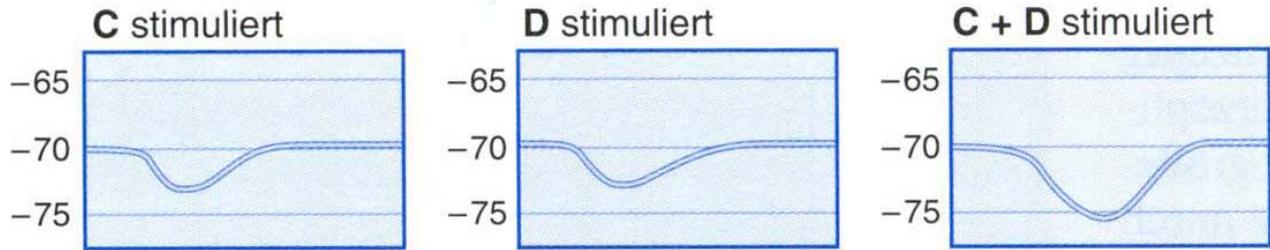
Ob ein Signal postsynaptisch erregend oder hemmend wirkt, hängt von den postsynaptischen Rezeptoren ab. Manche Neurotransmitter können sowohl erregend als auch hemmend wirken.

# Räumliche Summation

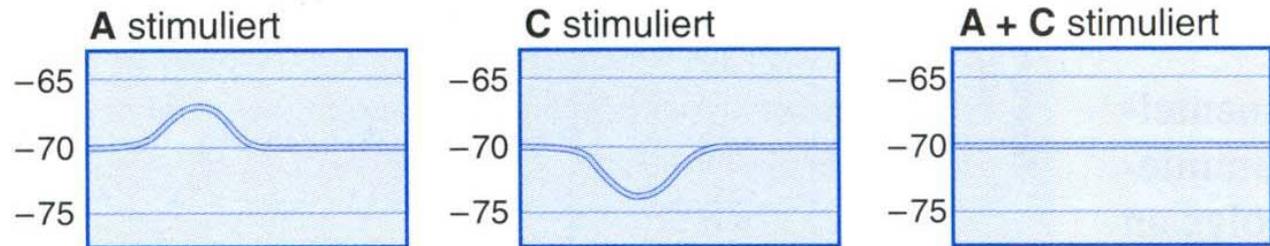
Zwei simultane EPSPs addieren sich und rufen ein größeres EPSP hervor.



Zwei simultane IPSPs addieren sich und rufen ein größeres IPSP hervor.

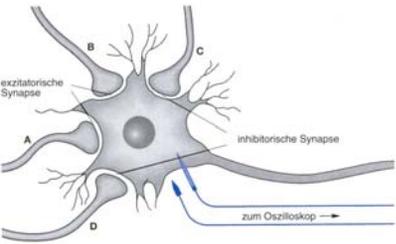


Ein IPSP und ein EPSP, die simultan auftreten, schwächen sich gegenseitig ab oder löschen einander aus.



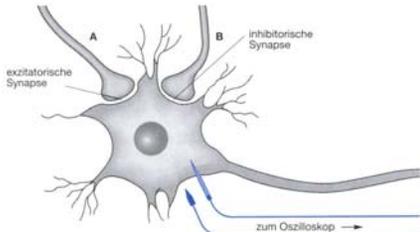
Membranpotential (Millivolt)

Zeit

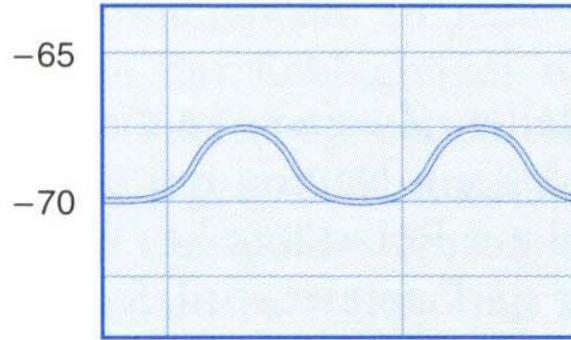


# Zeitliche Summation

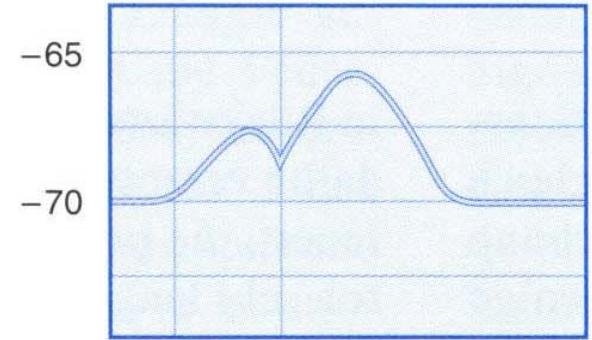
Zwei EPSPs, die in rascher Folge ausgelöst werden (links), addieren sich und rufen ein größeres EPSP hervor.



Membranpotential (Millivolt)

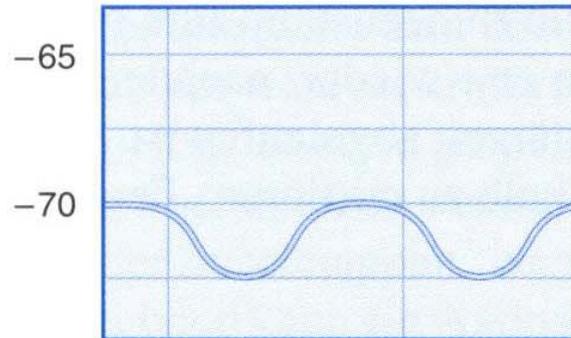


A A



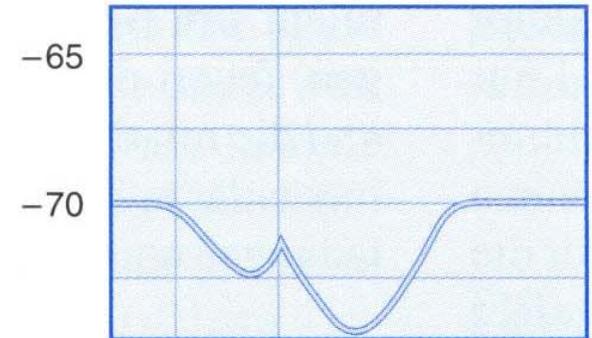
A A

Zwei IPSPs, die in rascher Folge ausgelöst werden (links), addieren sich und rufen ein größeres IPSP hervor.



B B

Zeit



B B

Zeit

# Wissenswertes über Synapsen

- Es gibt ca. 100 Milliarden Neurone und bis zu 1 Billiarde Synapsen. Einzelne Neurone haben 1000 bis 10.000 Synapsen.
- Einzelne Synapsen tragen nur 1% bis 5% zur Schwelle eines postsynaptischen Neurons bei.
- Zeitliche Synchronisation ist wichtig!
- Wie gut sich zwei Signale addieren, hängt von den Positionen der Synapsen auf der Empfängerzelle ab (z.B. Nähe zum Axonhügel).
- Das Ruhepotential der Zelle (z.B. -70 mV) ist wichtig, damit es positive und negative Signale geben kann. Es muss durch Ionenpumpen unter großem Energieaufwand aufrecht erhalten werden.

# Weitere Fakten

- Konnektivität: Trotz der hohen Anzahl von Synapsen sind Neurone im Schnitt nur mit ca. 3% der sie umgebenden Neurone ( $1 \text{ mm}^3$ ) verbunden.
- Die Eingangssignale der Neurone sind analog. Das Ausgabesignal (Aktionspotential) ist aber diskret - ein Neuron funktioniert wie ein **Analog-Digital-Wandler**, der Eingangspotentiale in Feuerraten umwandelt.
- Ein Aktionspotential dauert ca. 1 msec. Synaptische Übertragung dauert ca. 5 msec.