



Wie die Netzwerke des Gehirns unsere Bewegung steuern

Silvia Arber

Biozentrum der Universität
Basel und Friedrich Miescher
Institute für Biomedizinische
Forschung (FMI), Basel

Vielfalt der Bewegungen



...und Krankheiten des Bewegungsapparats



Rett



Parkinson's



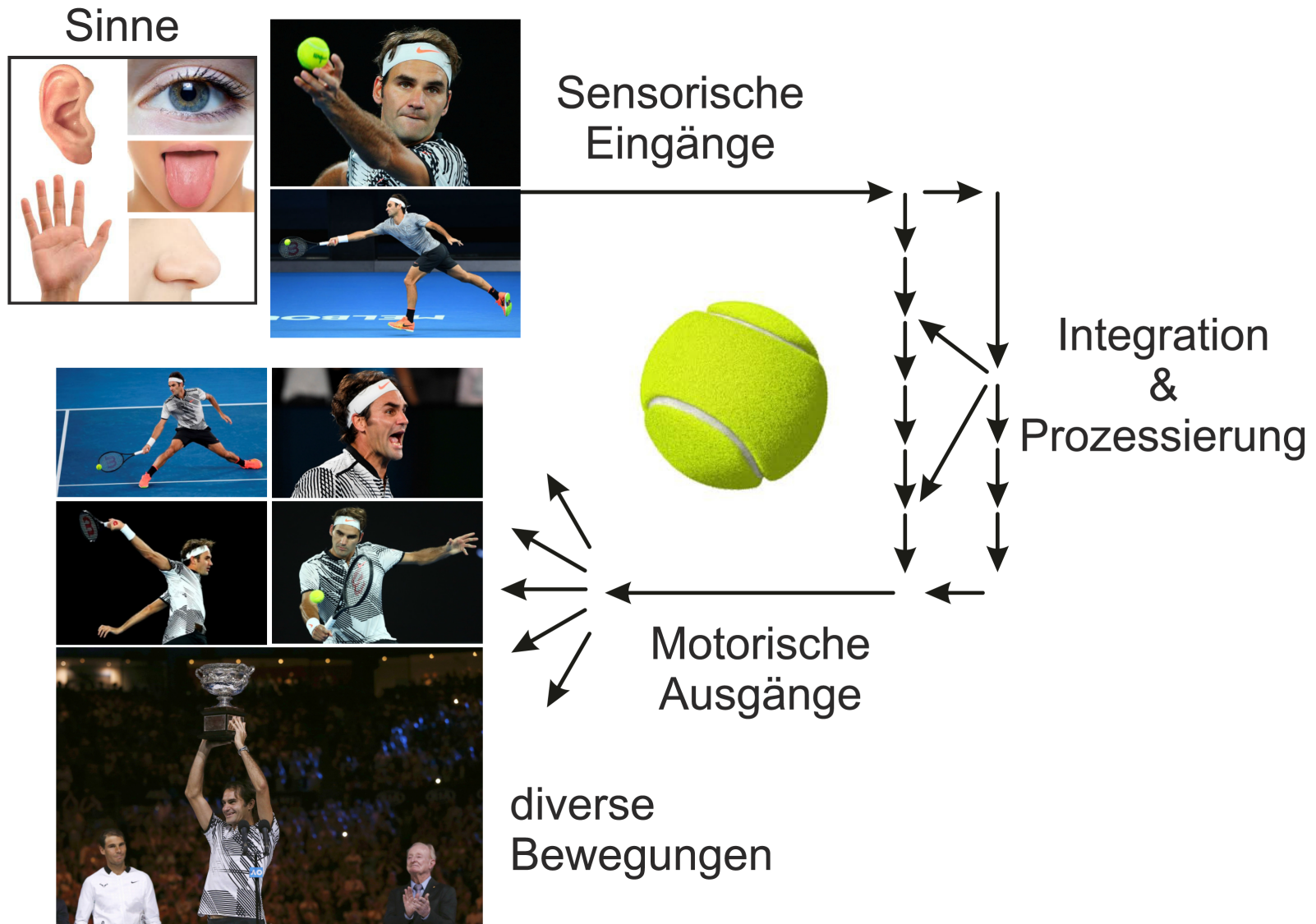
ALS



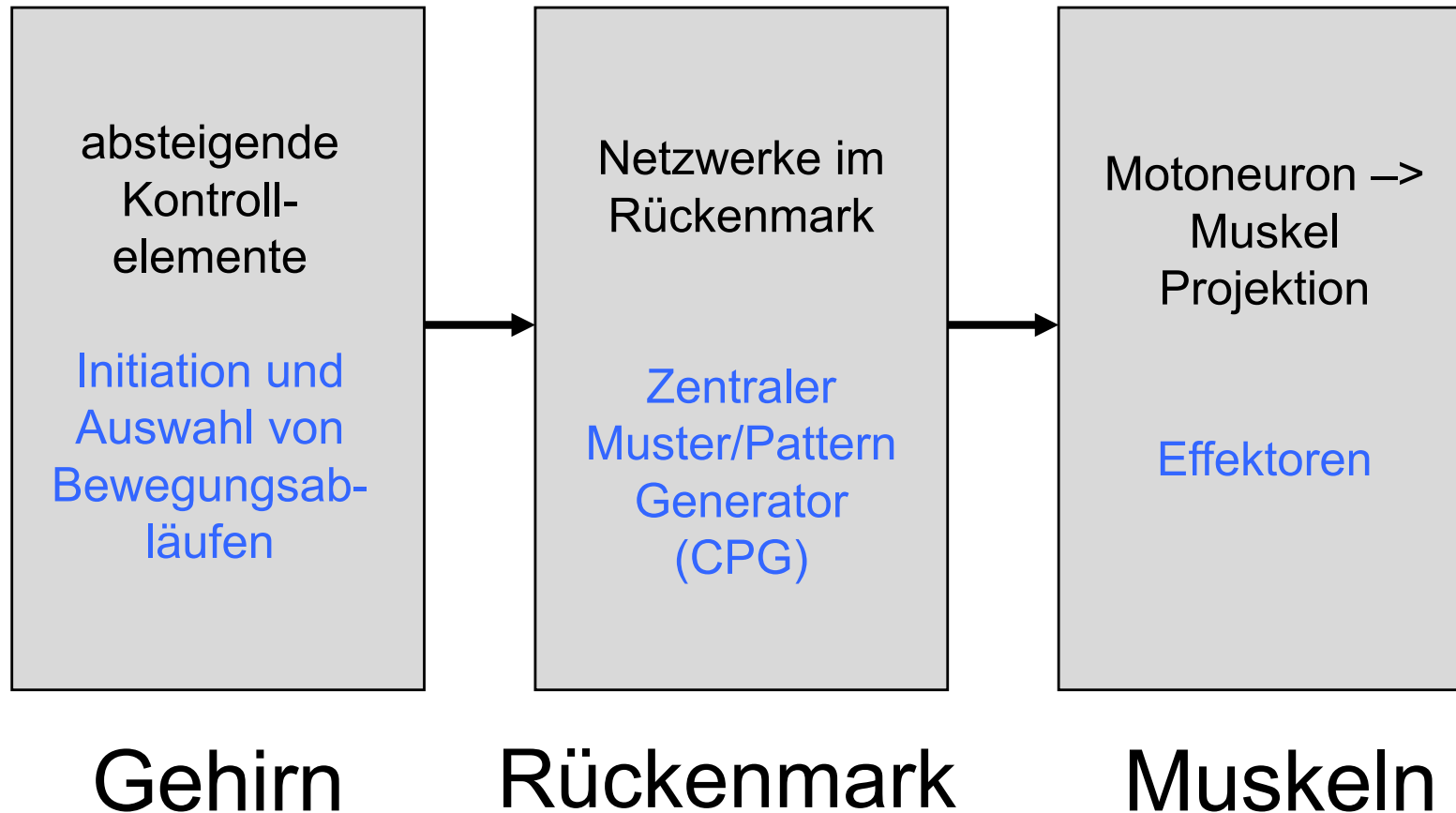
Spinal Cord Injury



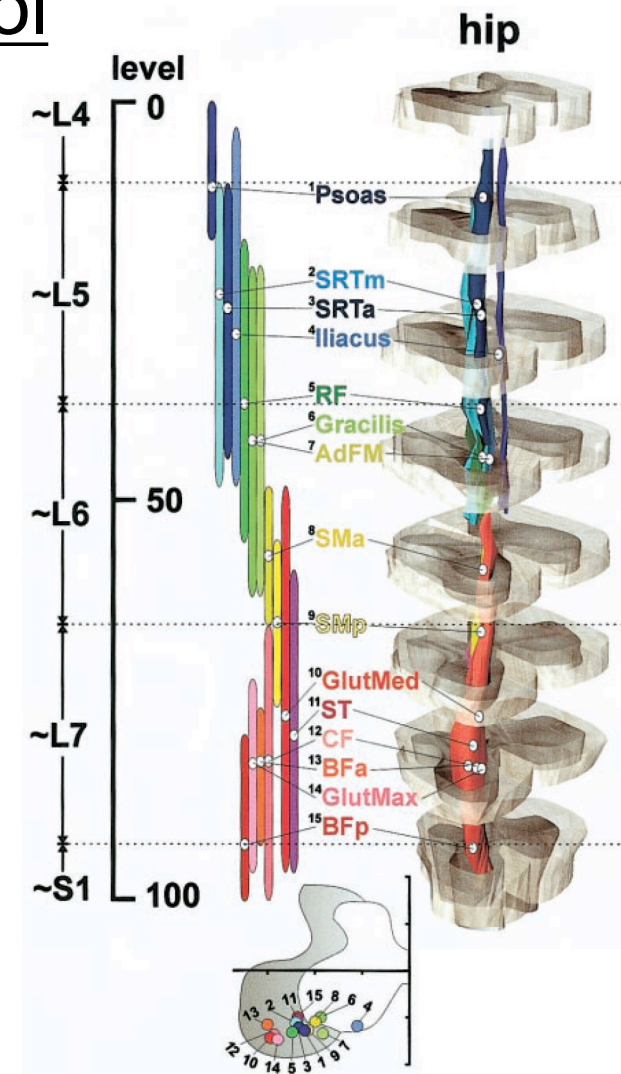
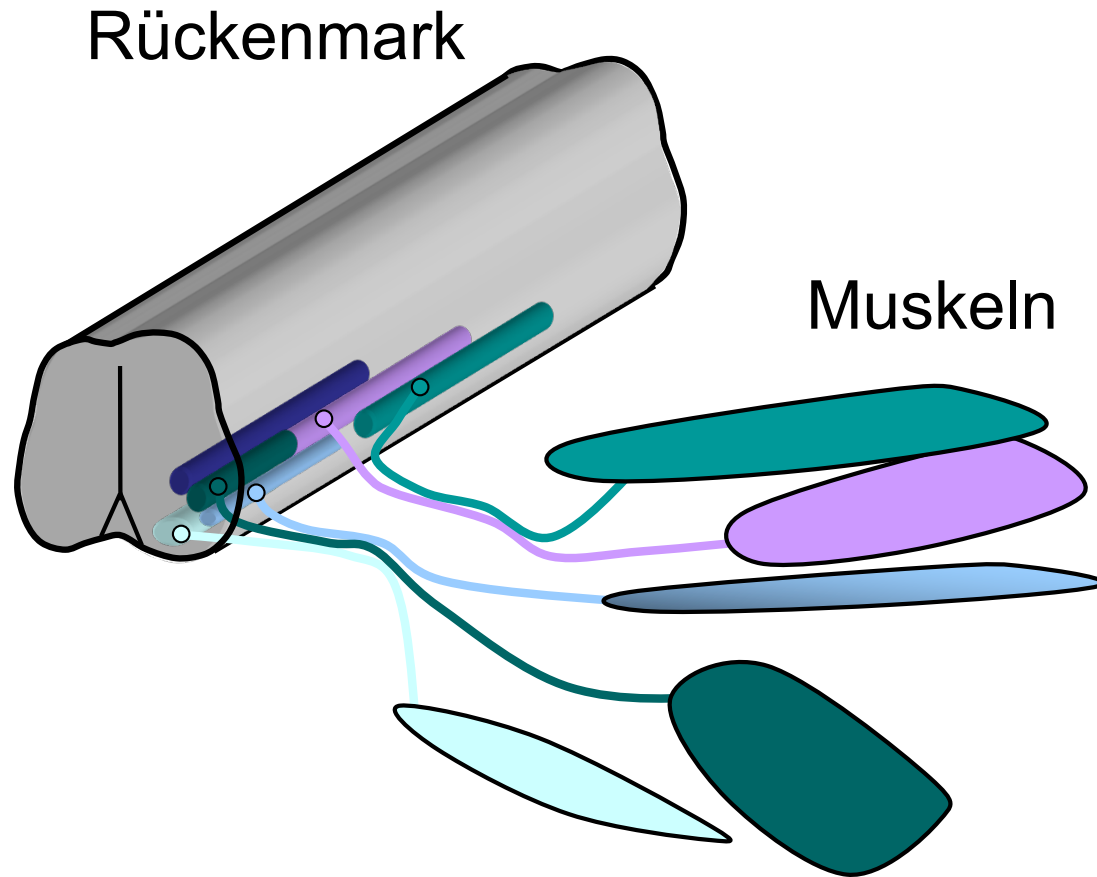
Von sensorischen Eingängen zu diversen Bewegungen



Wie wird eine Bewegung gesteuert?



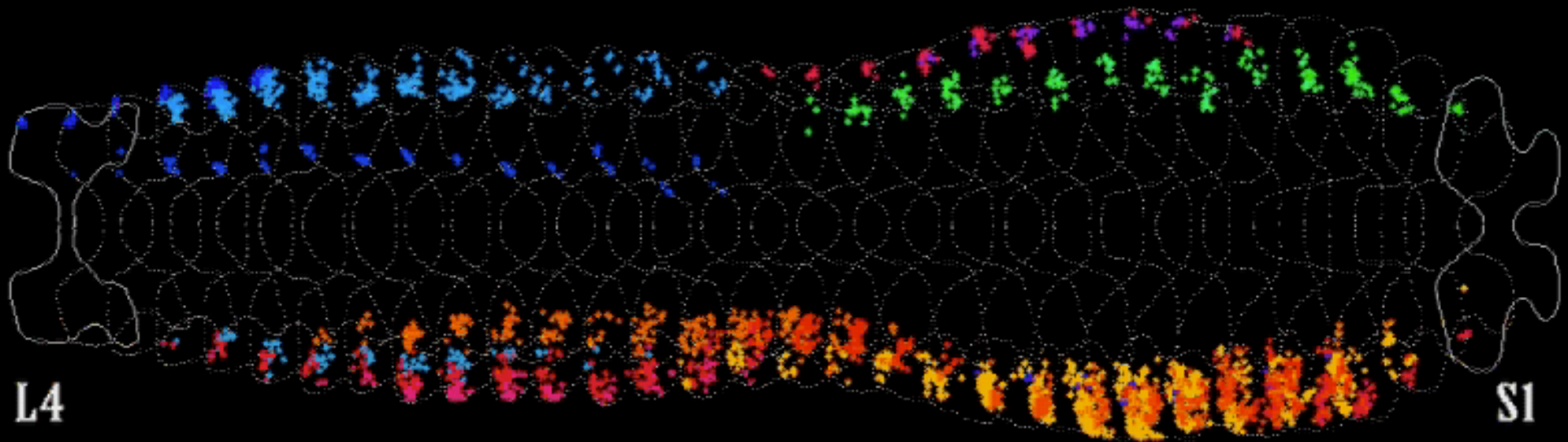
Organisation der Motoneuronen im Rückenmark: “Motoneuron Pool”



Präzision in der **3-dimensionalen Anordnung** von “Motoneuron Pools” im Rückenmark in Gruppen, jeder Motorneuron Pool steuert einen Muskel an.

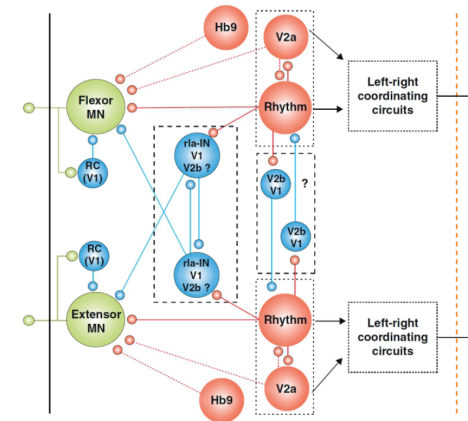
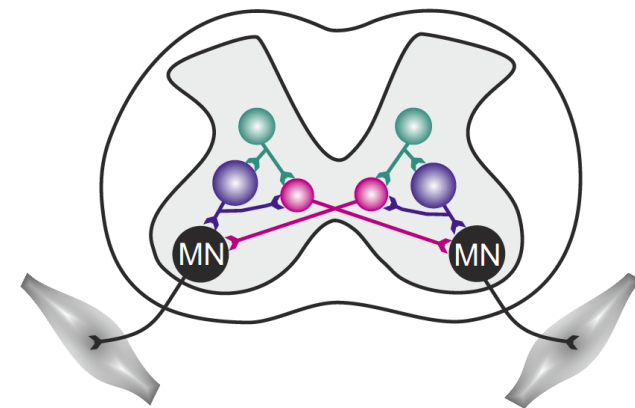
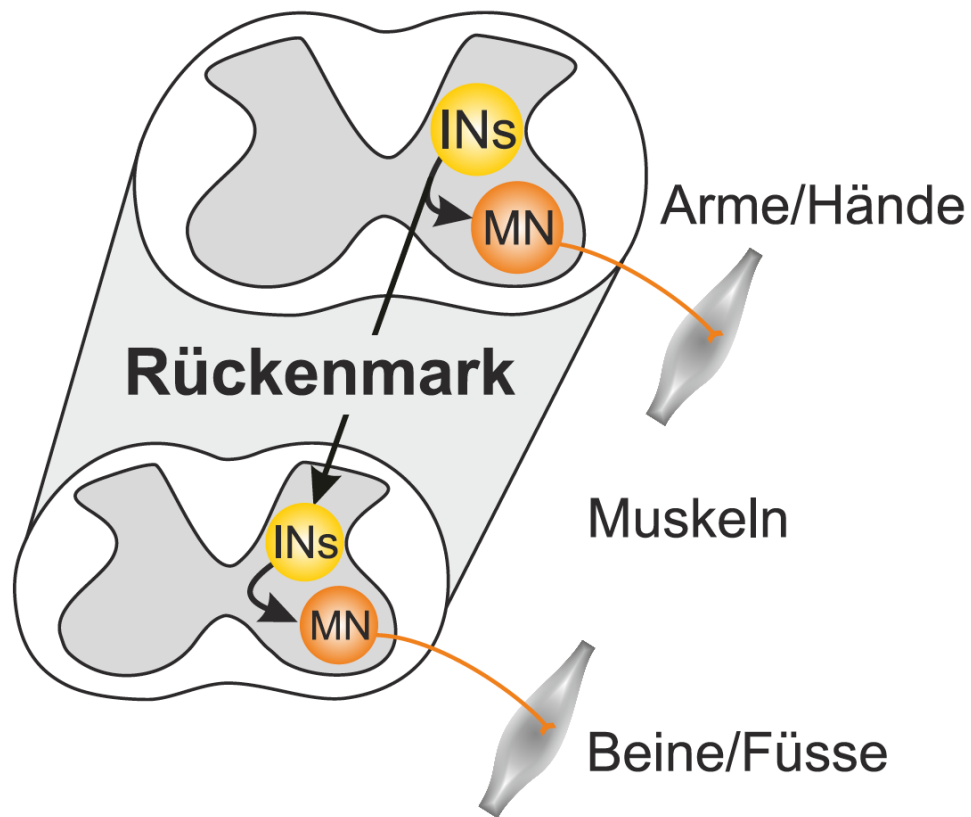
– konserviert zwischen Individuen und Spezies

Motoneuron-Pools sind zu präzisen
Zeiten im Bewegungsablauf aktiv





Interneuronen (IN) im Rückenmark regulieren Grundmuster der Bewegung



IN: Interneuronen
(inter = dazwischen, und
Motoneuronen vorgeschaltet)

Viele verschiedene Interneuronen
im Rückenmark sind in präzise
Netzwerke verknüpft

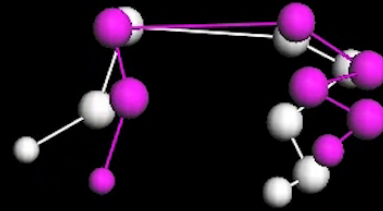
Änderungen in Interneuronen-Netzwerken können zu verändertem Bewegungsablauf führen, z.B. bei hoher Geschwindigkeit

Laufband

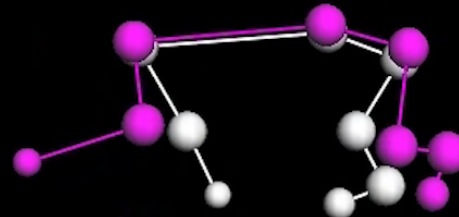


Verschiedene Geschwindigkeiten

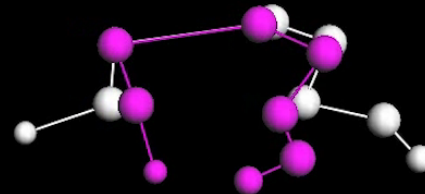
20cm/sec



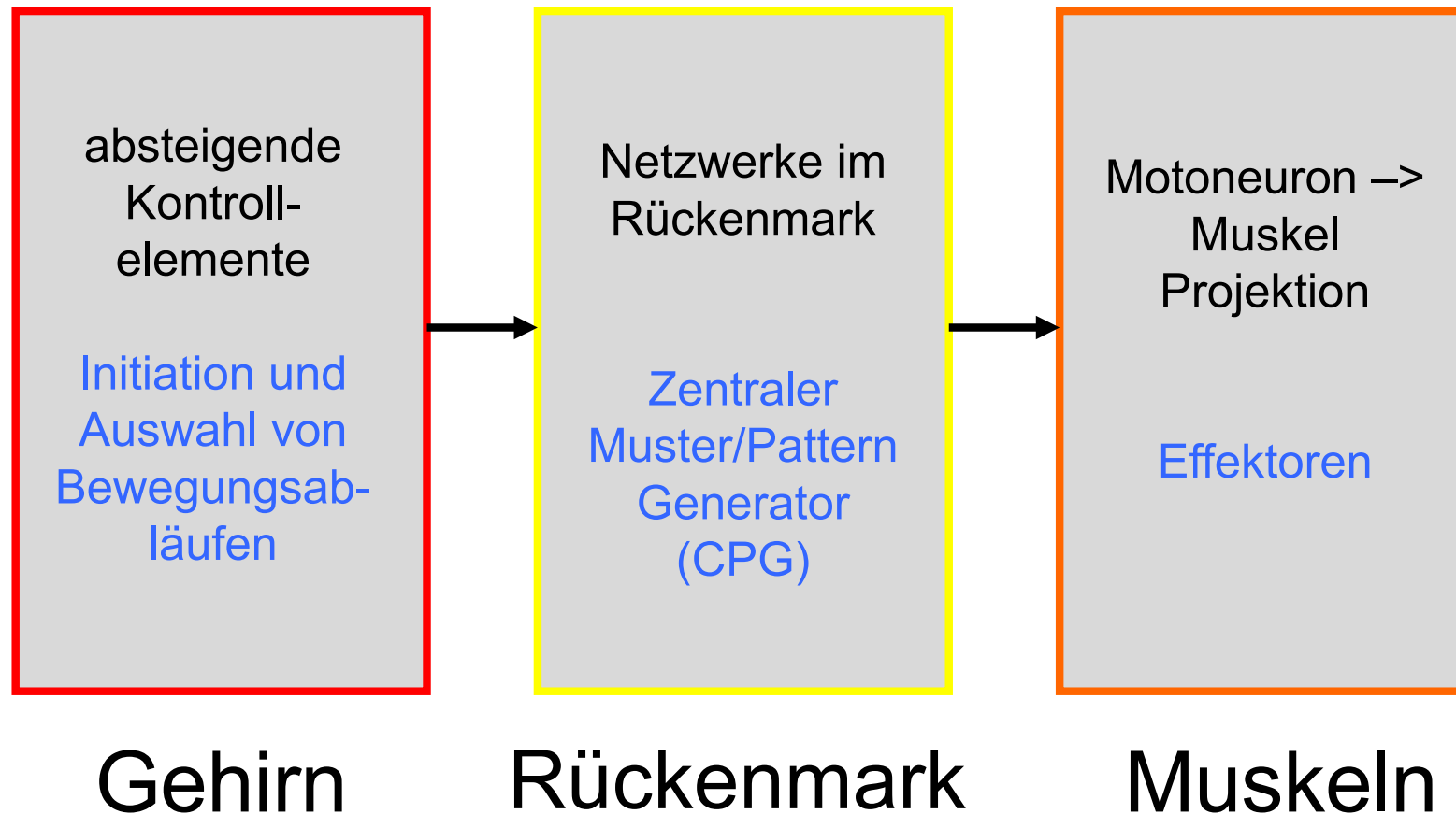
40cm/sec



60cm/sec

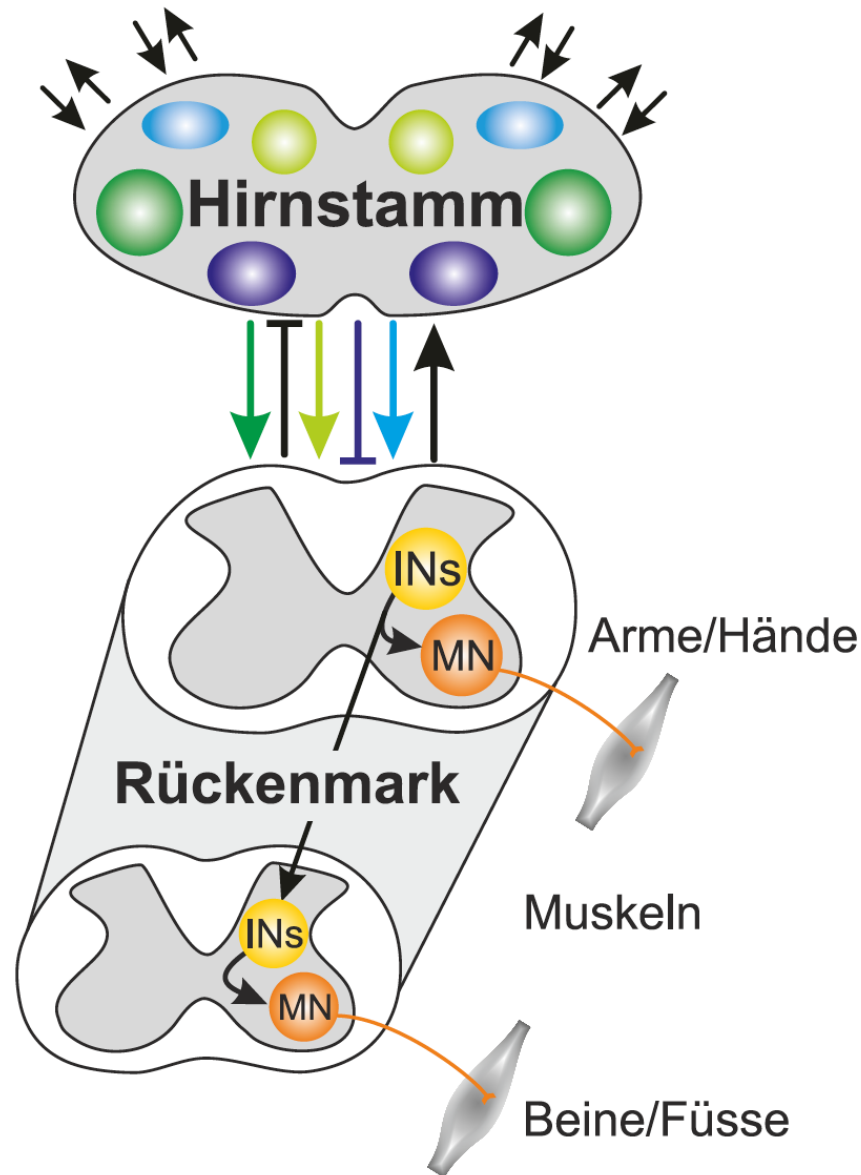


Wie wird eine Bewegung gesteuert?



Woher kommen die Befehle für verschiedene Bewegungen?

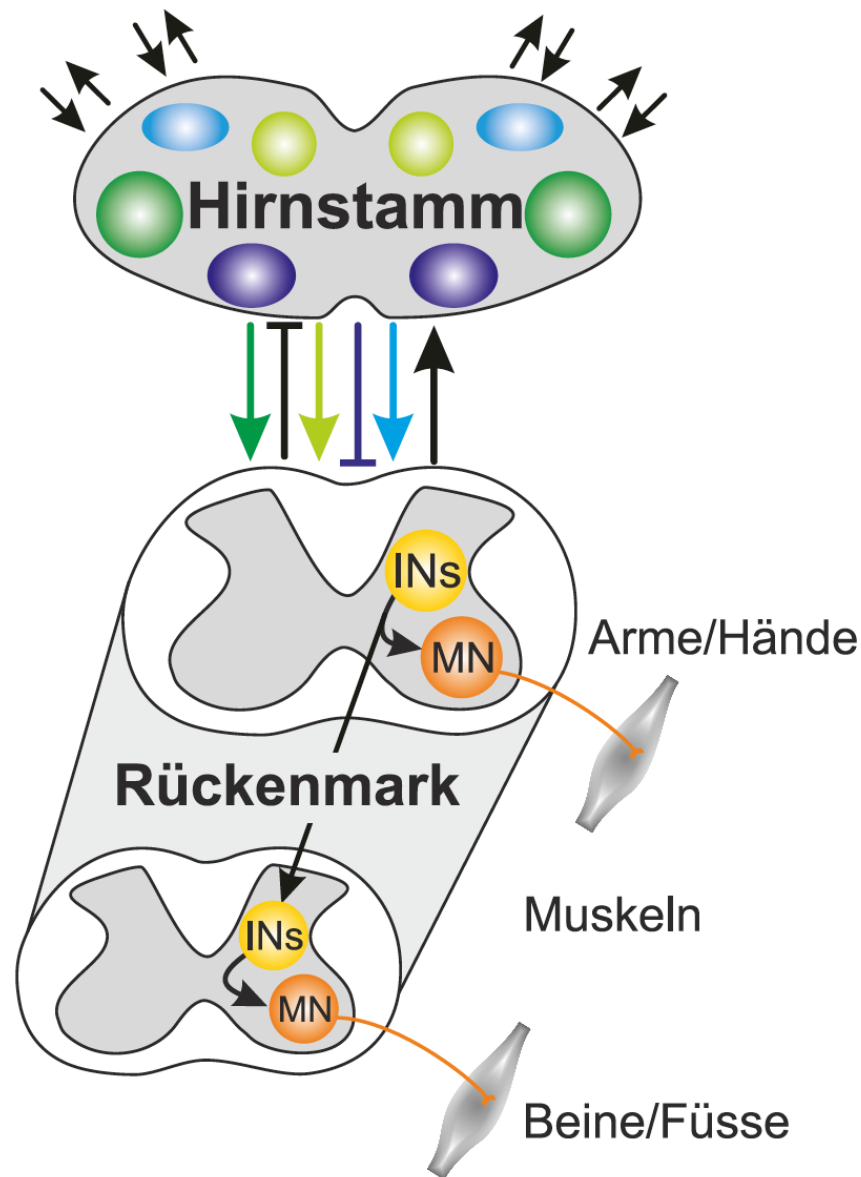
Aufbau des motorischen Systems



Was weiss man?

- Hirnstamm ist essentiell für Bewegungskontrolle
- Nervenzellen zwischen Hirnstamm und Rückenmark kommunizieren in beide Richtungen
- Es gibt viele verschiedene Nervenbahnen

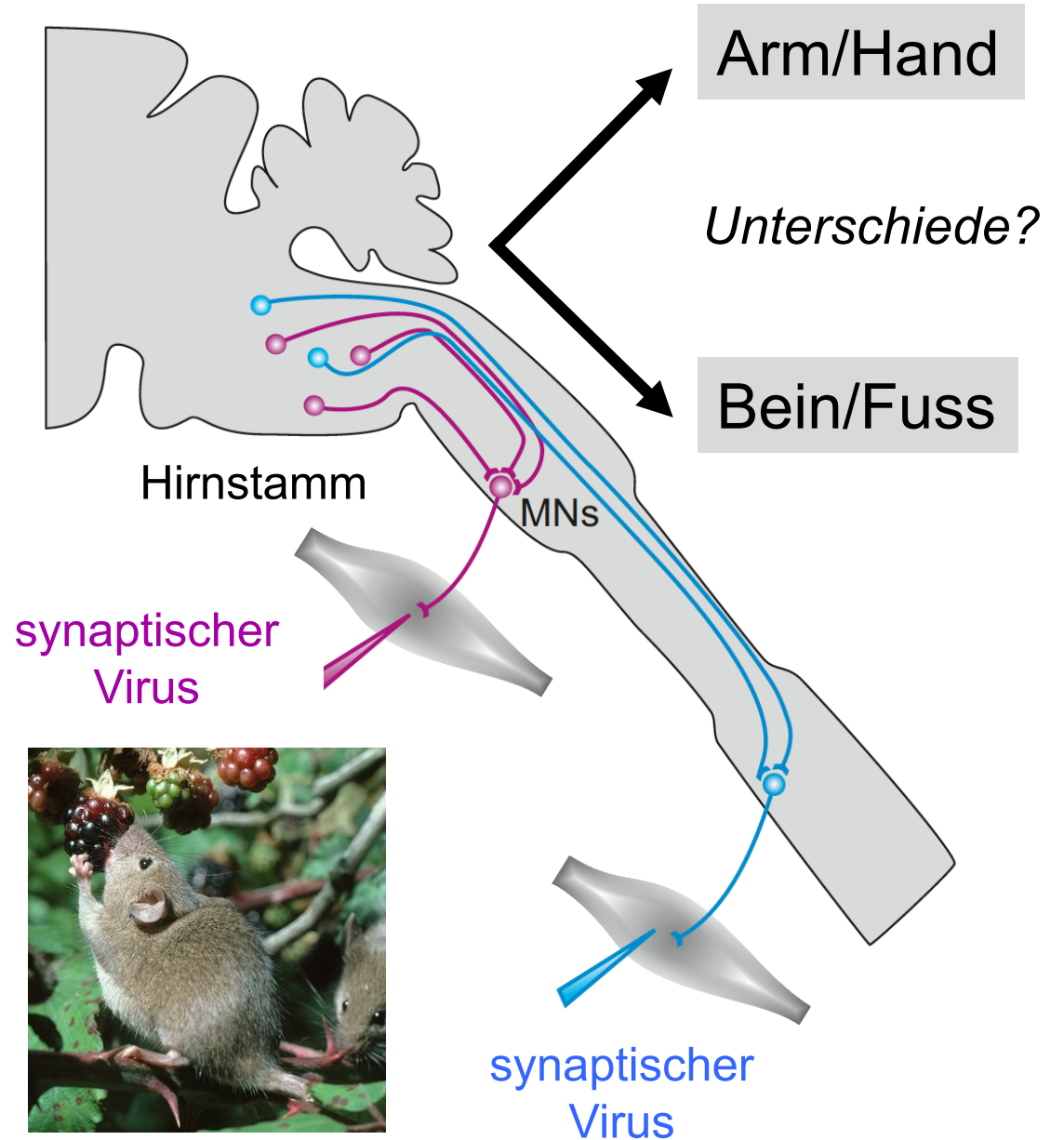
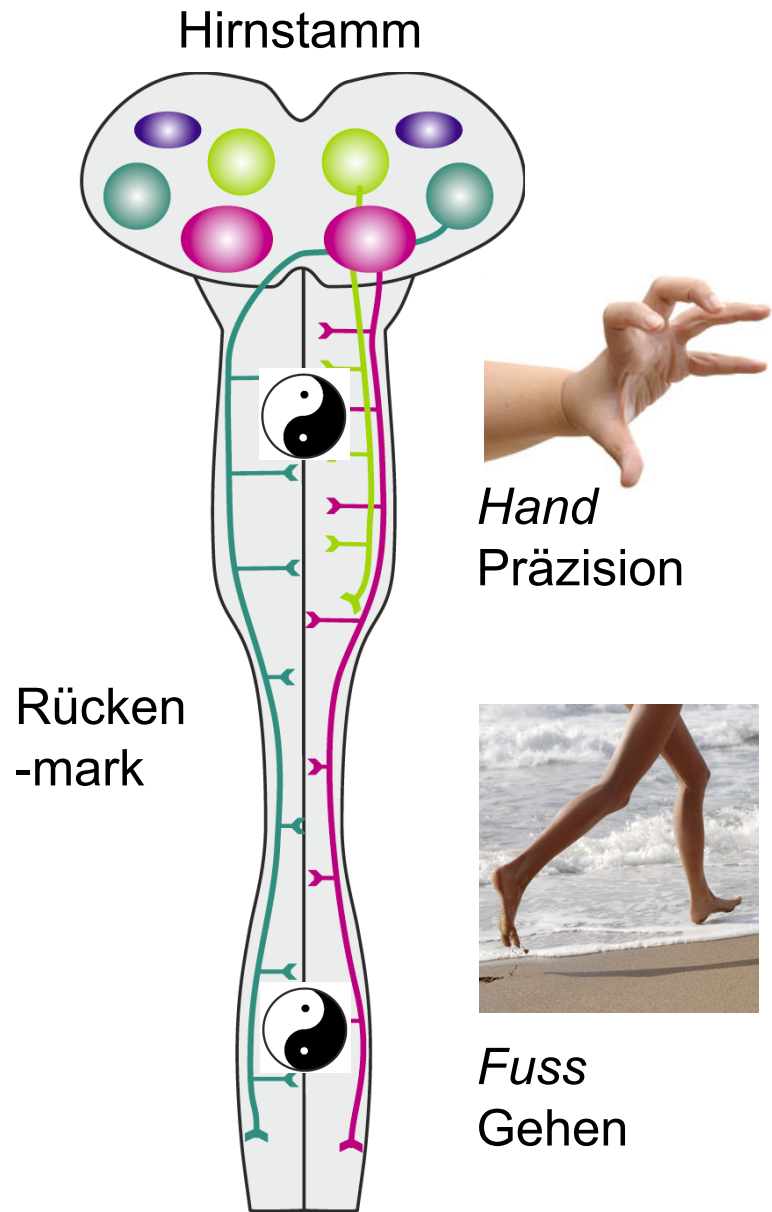
Aufbau des motorischen Systems



Was war/ist noch unbekannt?

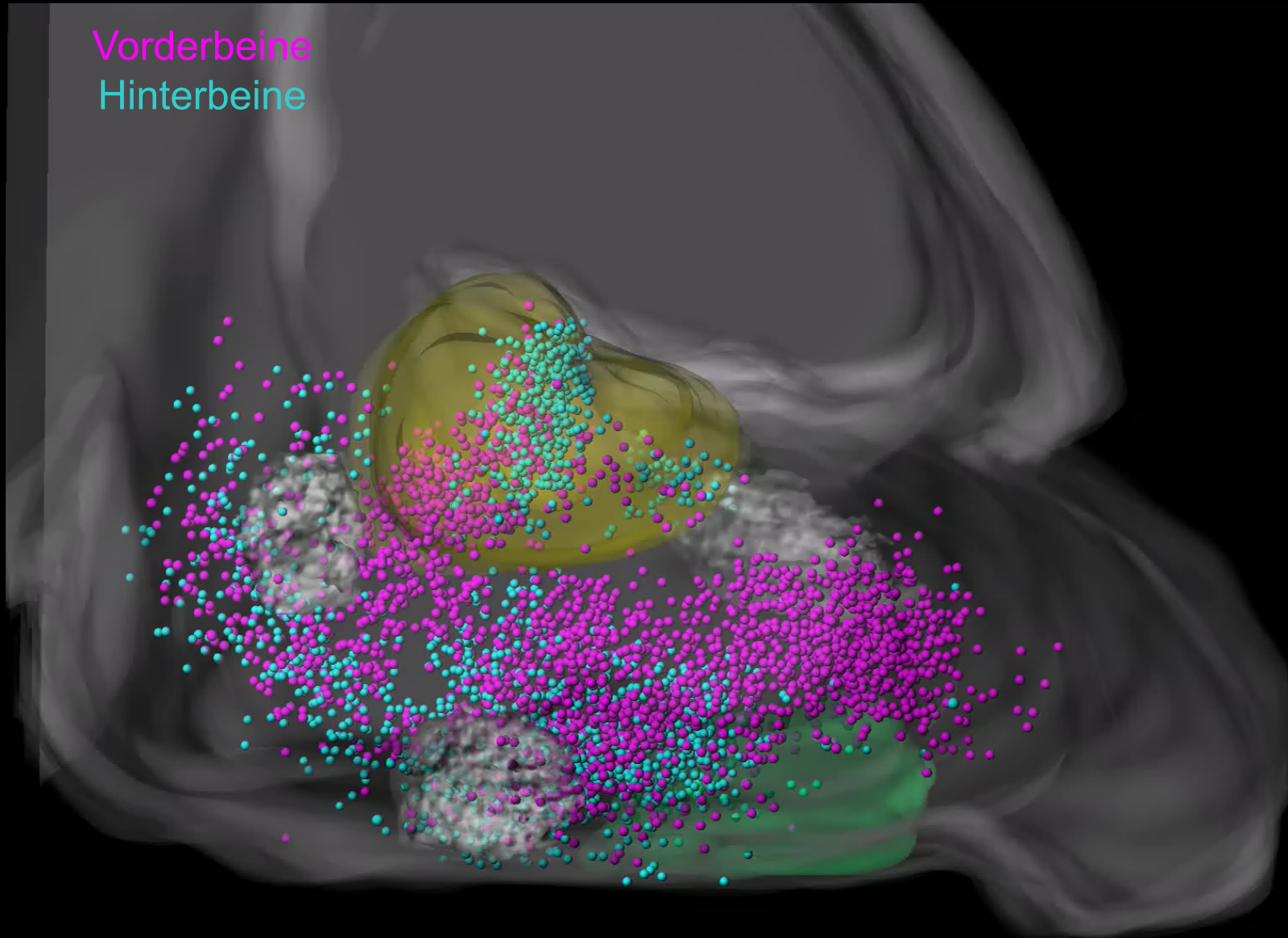
- Wie kontrolliert der Hirnstamm Bewegungen?
- Gibt es Nervenzellen, die verschiedene Aufgaben in der Bewegungskontrolle haben?
- Wie kommunizieren diese Nervenzellen mit den Zellen im Rückenmark?

Neuste Methoden zur Visualisierung von Nervenzell-netzwerken



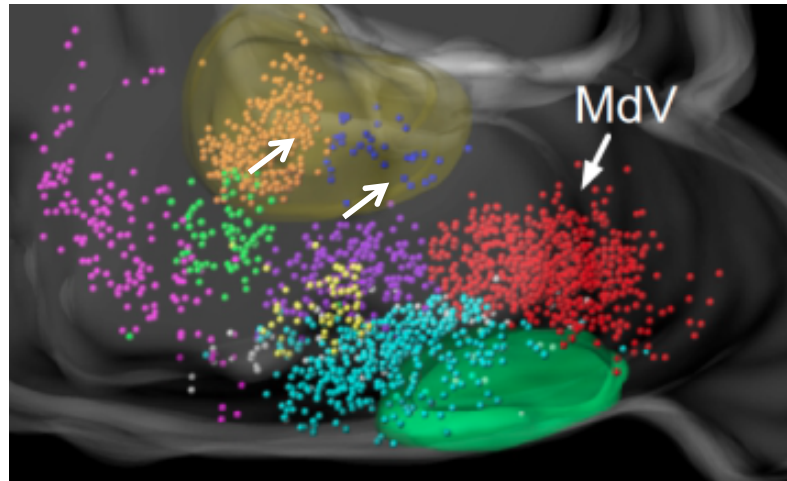
3D Anordnung von Hirnstamm-Neuronen

Vorderbeine
Hinterbeine

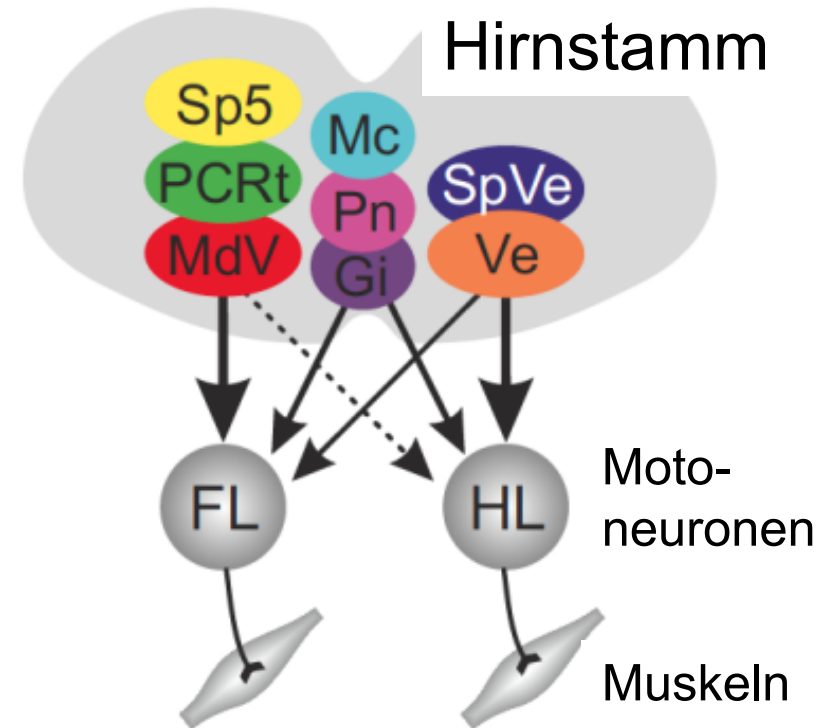
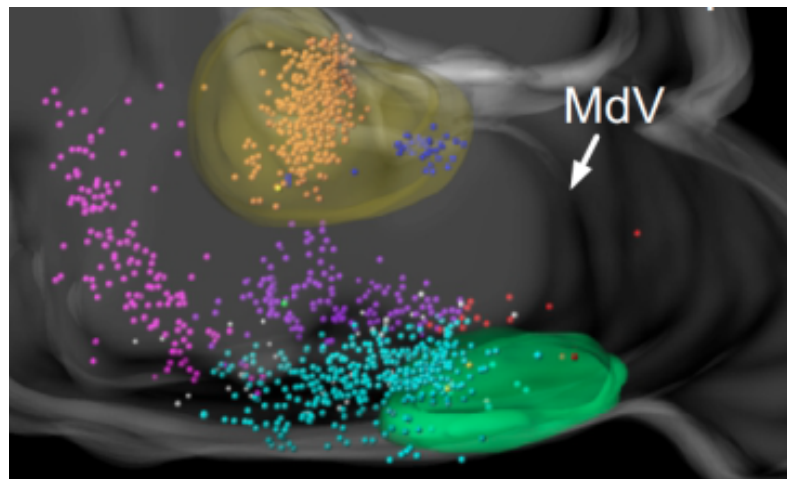


Viele verschiedene Regionen im Hirnstamm kommunizieren mit Motoneuronen

Vorderbeine

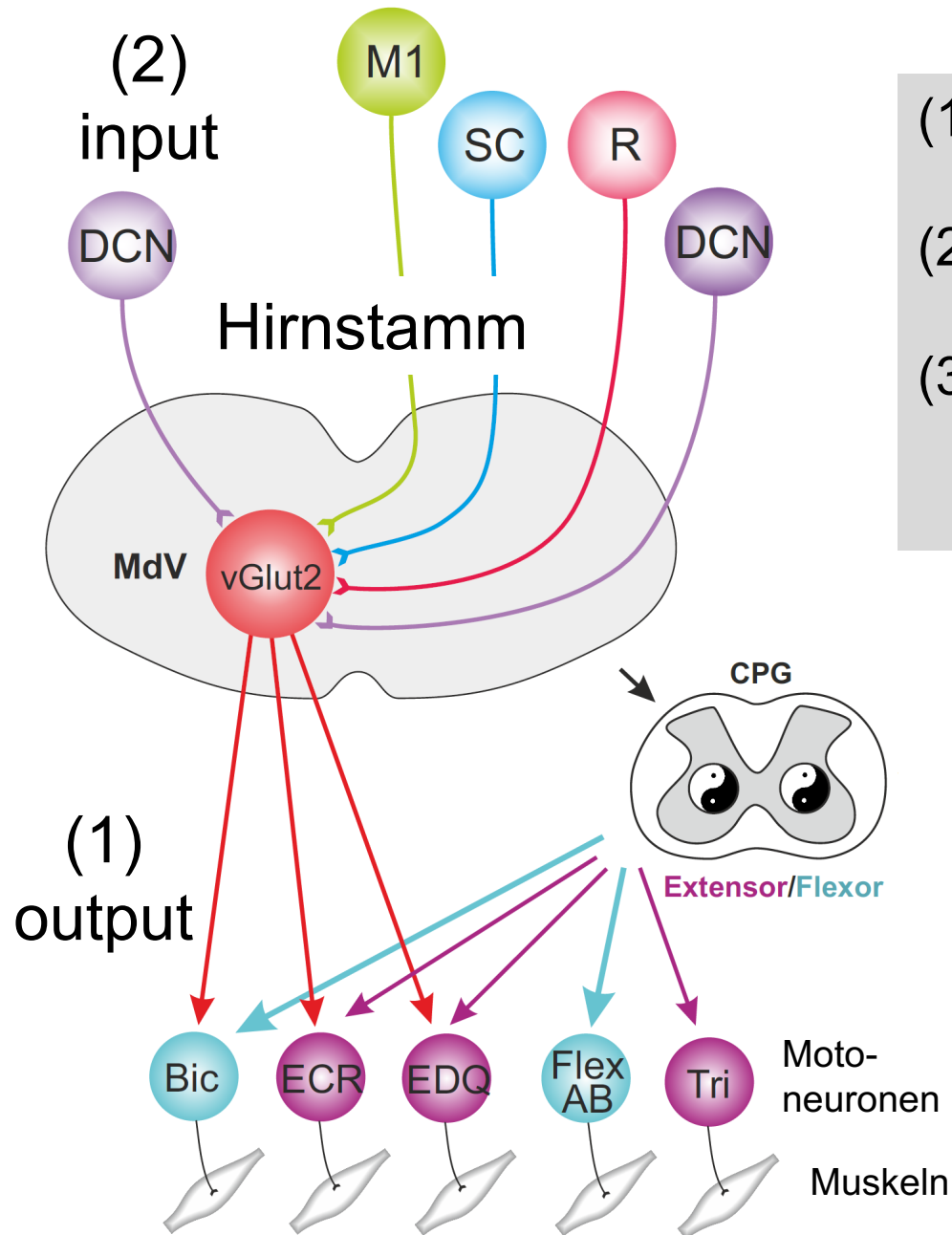


Hinterbeine



Verschiedene Hirnstammnervenzellen haben Präferenzen in der Kommunikation mit dem Rückenmark

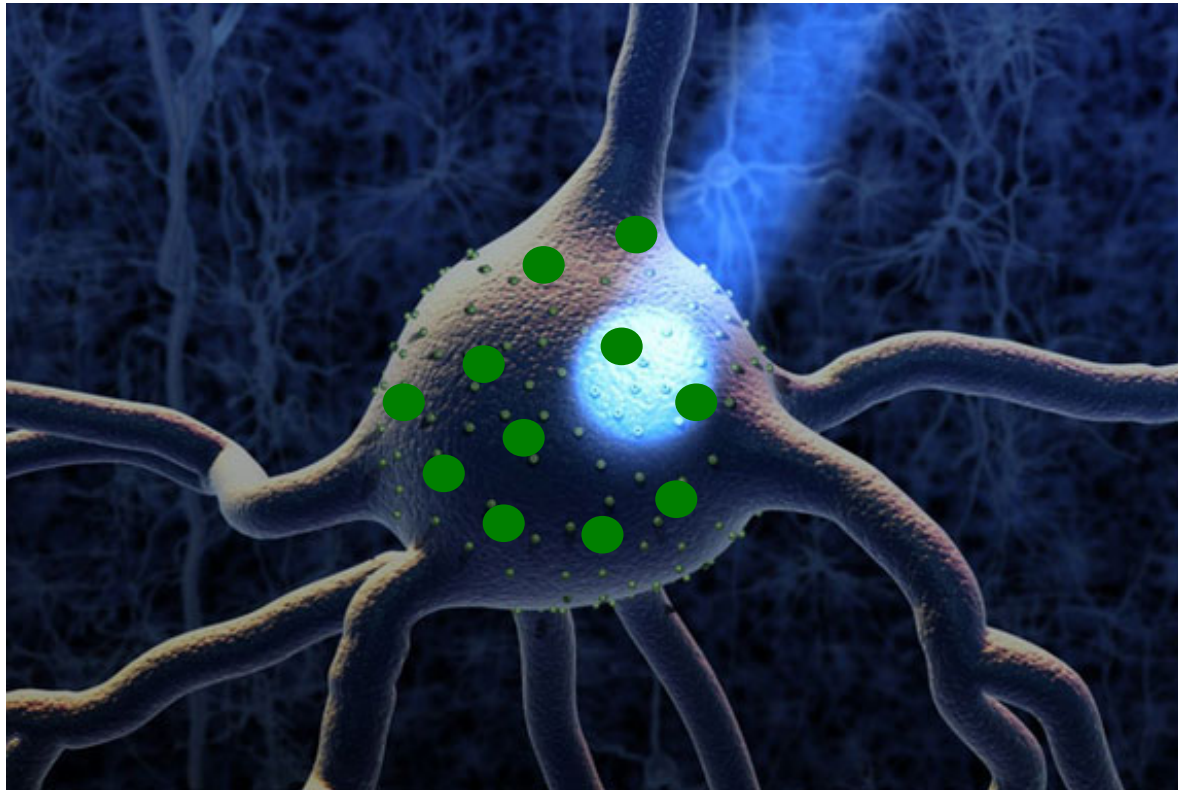
MdV – ein Modul für Feinbewegungen



- (1) MdV aktiviert spezifische Motoneuronen im Rückenmark
- (2) MdV wird durch höhere Motorikzentren angesteuert
- (3) MdV ist essentiell für Ausführung von Feinbewegungen – insbesondere Greifen

(3) Funktion

Neueste Methode zur Aktivierung von Nervenzellen: Optogenetik

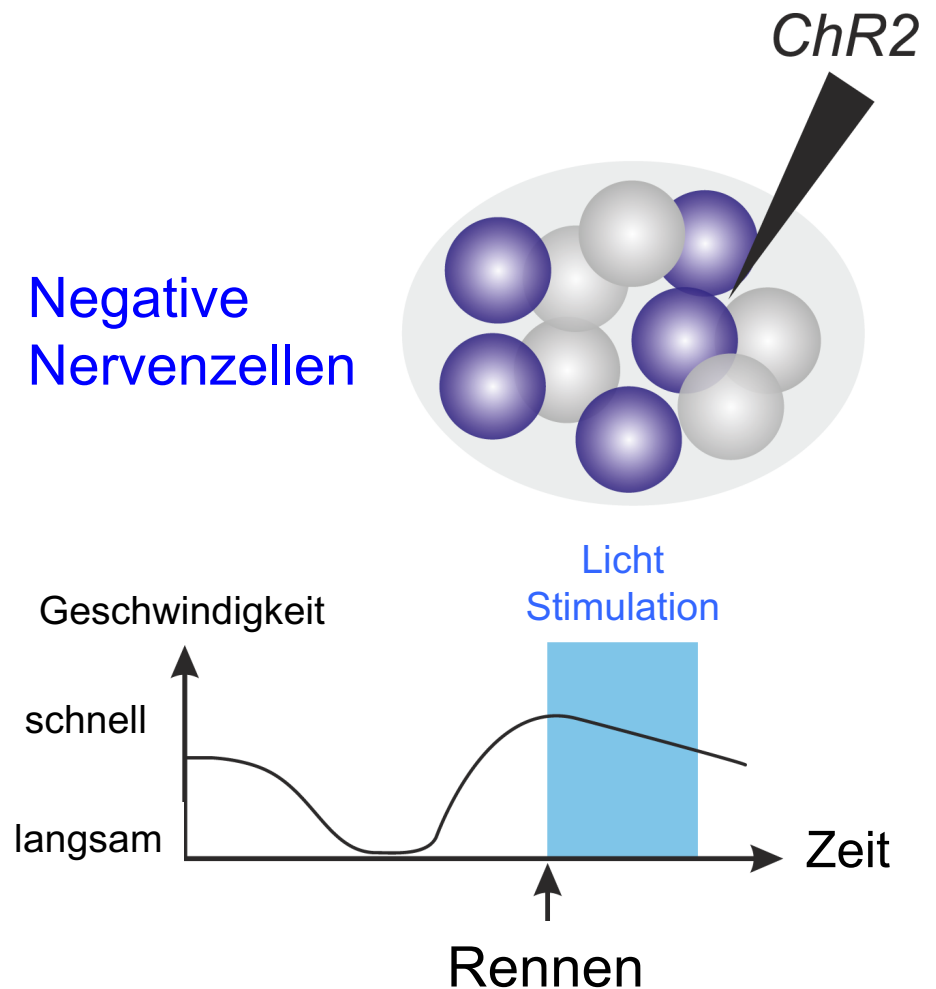
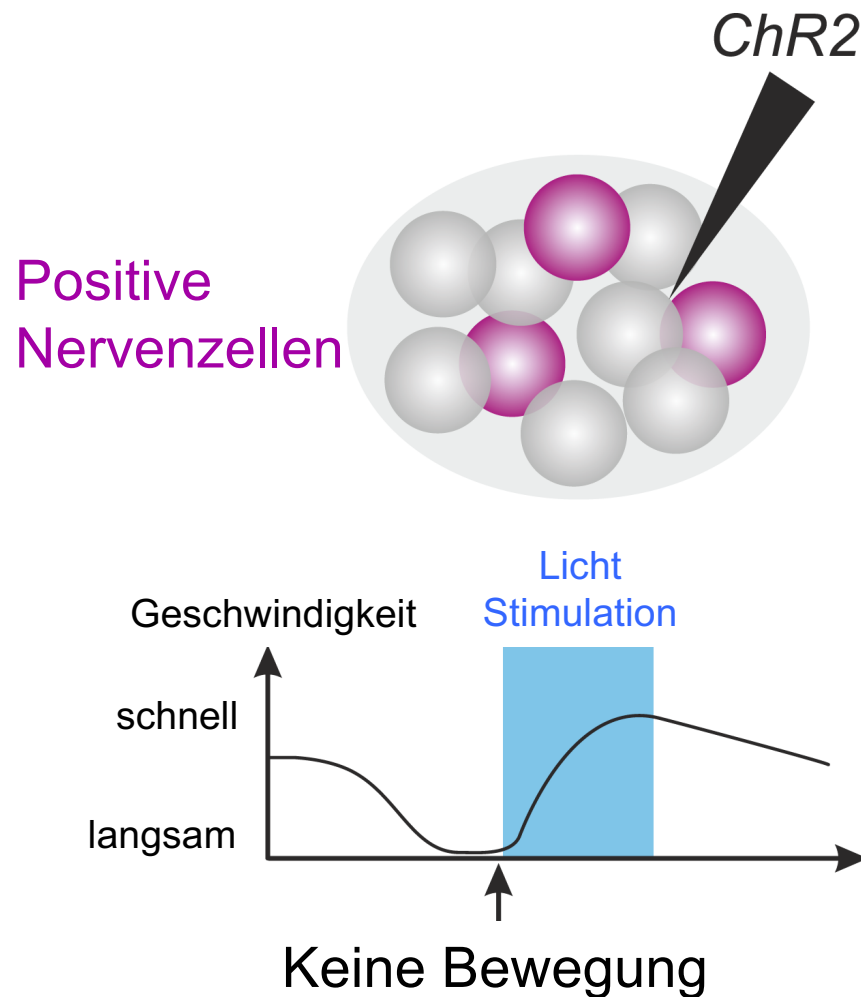


- Aus **Algen** isolierte **Ionenkanäle** können spezifisch in Säugetierzellen exprimiert werden
- **Blaues Licht** führt zur Stimulation dieser Nervenzellen
- Nun kann die Konsequenz dieser Stimulation auf das **Verhalten/die Bewegung** untersucht werden

Ionenkanal: Channelrhodopsin (ChR)

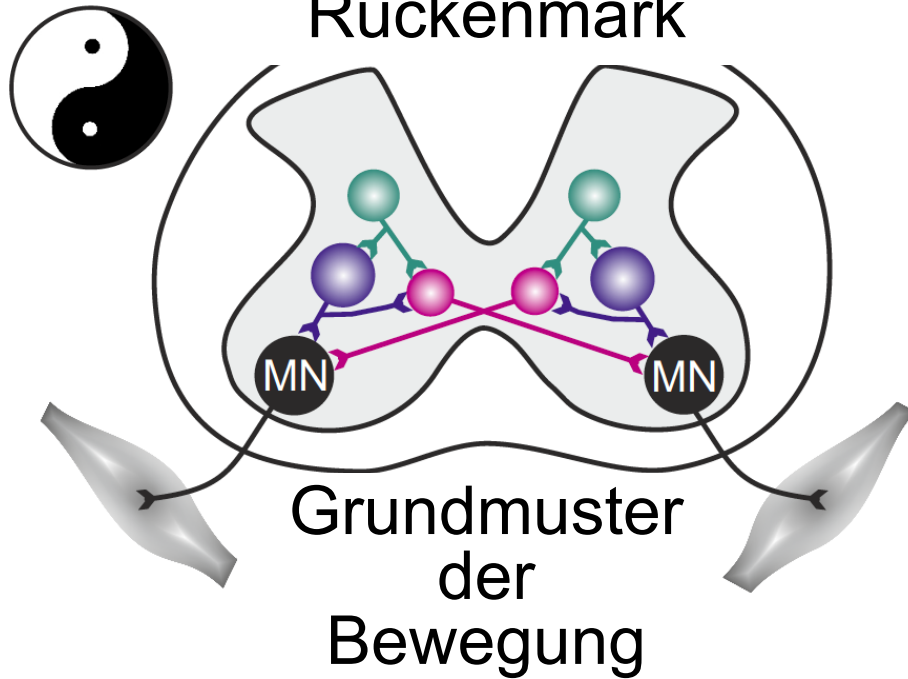
Laser: blaues Licht -> aktiviert Nervenzelle

In einer Hirnstamm-region können positive und negative Nervenzellen durchmischelt sein, und müssen deshalb getrennt studiert werden



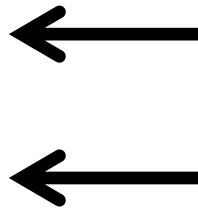
Wie wird eine Bewegung gesteuert?

Lokale Netzwerke im Rückenmark



Befehle aus dem Hirnstamm führen zu verschiedenen Bewegungen

Motor

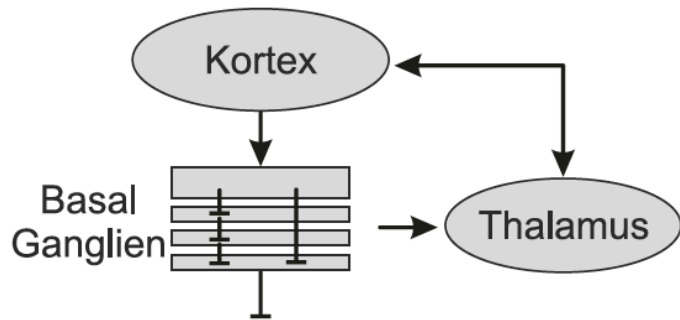


Richtung

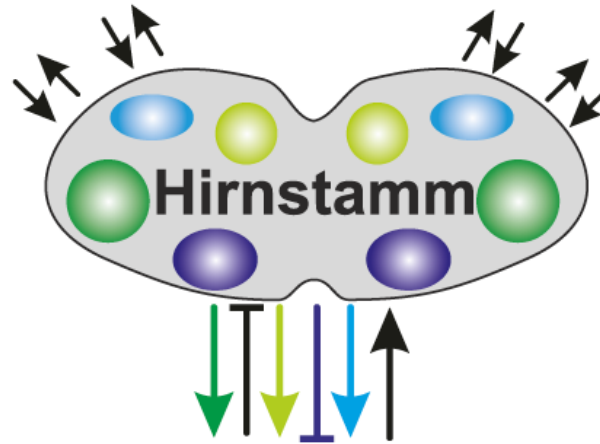


Geschwindigkeit

Bewegungs-Planung



Selektion bestimmter Bewegungen



Ausführung und Feedback

