



**Universität  
Zürich** UZH

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

---

# Themenblock ZNS

## Rückenmark II: Verbindungen und Bahnsysteme

---

David P. Wolfer

Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich

Vorlesung Humanbiologie II, Themenblock ZNS, Fr 21.02.2020 08:15-10:00 Y24-G45

# Fallbeispiel: Problem

- Willkürmotorik

- ✘ spastische Lähmung:  
Ausfall Willkürmotorik, erhöhter Muskeltonus

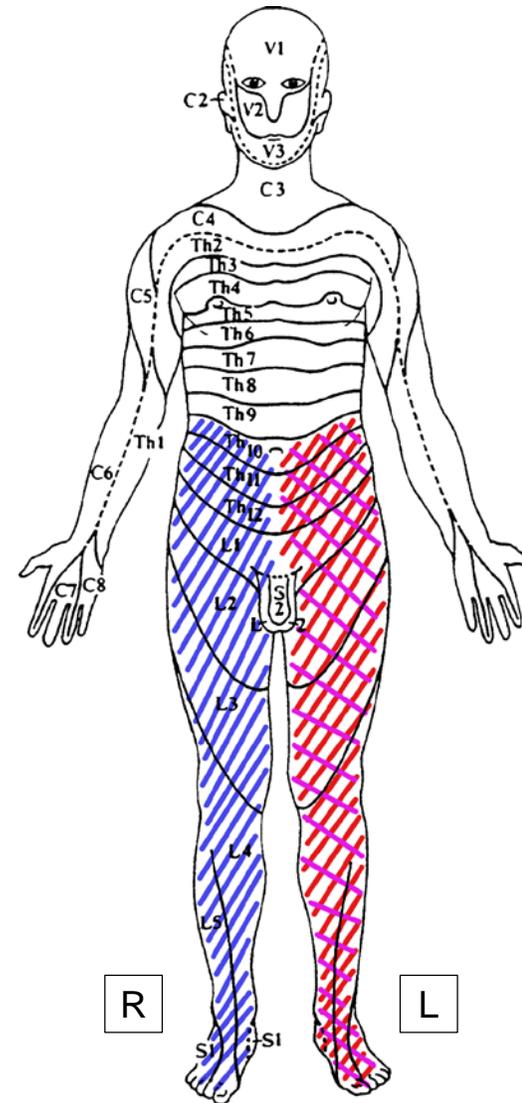
- Reflexe

- ✘ Muskeldehnungsreflexe einseitig gesteigert:  
Patellarsehnenreflex (PSR),  
Achillessehnenreflex (ASR)
- ✘ pathologischer Reflex: positives BABINSKI-Zeichen

- Sensibilität

- ✘ Ausfall Berührungssensibilität (Pinsel)
- ✘ Ausfall Vibrationsempfindung (gedämpfte Stimmgabel)
- ✘ Ausfall Propriozeption (Bewegungs- und Lagesinn)
- ▨ Ausfall Schmerzempfindung (Unterscheidung spitz/stumpf)
- ▨ Ausfall Temperaturempfindung (Unterscheidung kalt/warm)

→ dissoziierte Sensibilitätsstörung



# Übersicht Verschaltungen / 3 Bereiche der Informationsverarbeitung

## □ Informationsverarbeitung innerhalb Rückenmark

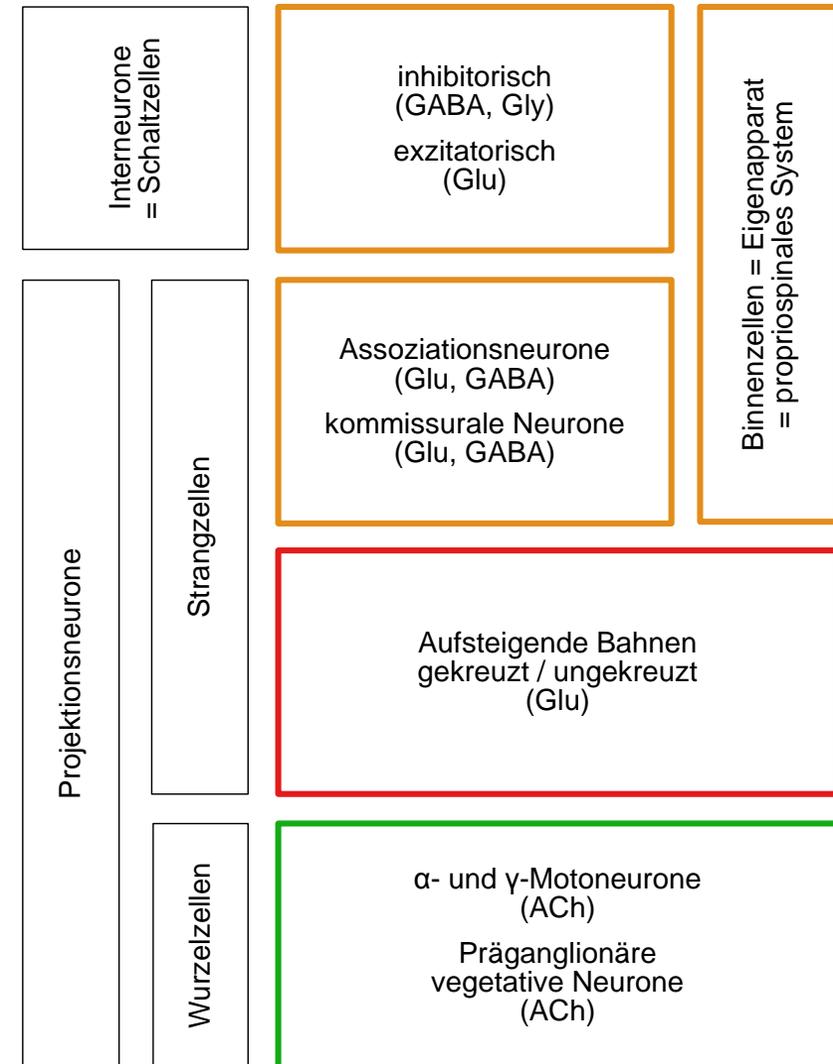
- intrinsische Systeme: Eigenapparat (Binnenzellen)
- Reflexzentren für monosynaptische (z.B. Muskeldehnungsreflexe) und polysynaptische Reflexe (gesteigert bei dauerhaftem Ausfall absteigender Systeme)
- sensible Verarbeitung (v.a. Schmerzreize)
- prämotorische Netzwerke: Koordinierte Aktivierung und Erschlaffung von synergistischen und antagonistischen Muskeln
- CPG (central pattern generators): generieren autonom rhythmische Bewegungen, z.B. Gehen, Laufen, Flügelschlag

## □ Kommunikation mit Gehirn

- aus Rückenmark aufsteigende Bahnen
- aus Gehirn absteigende Bahnen\*

## □ Kommunikation mit Peripherie

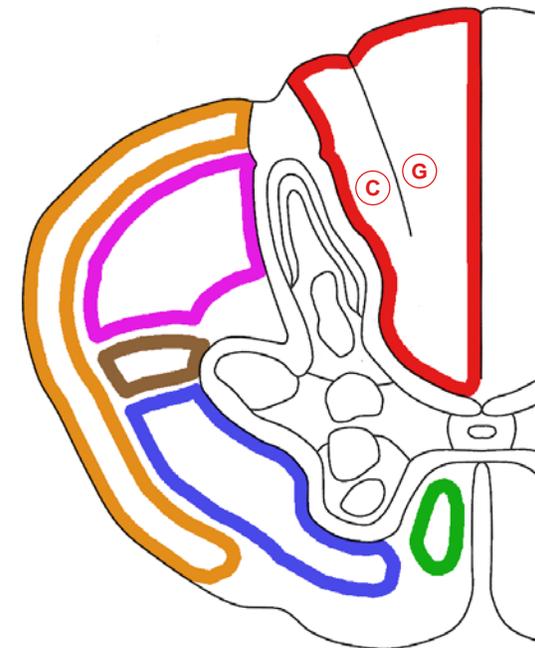
- efferent (motorisch), afferent\*
  - somatisch, vegetativ
- \* Zellkörper ausserhalb Rückenmark, im Rückenmark nur Nervenfasern



# Aufsteigende Bahnsysteme

- Spinozerebelläres System
  - Tractus (Tr = Bahn) spinocerebellaris posterior & anterior (→ Moosfasersystem des Cerebellum), Tr spinoolivaris (→ Kletterfasersystem des Cerebellum)
  - Vollzugssignale aus Sensoren des Bewegungsapparats und Rückmeldung aus CPG und prämotorischen Netzwerken direkt oder indirekt → Kleinhirn, keine bewusste Empfindung, bei Ausfall Ataxie = Störung der Bewegungskoordination
- Lemniskales System\*
  - Berührung/Druck, Vibrationsempfindung (Sensoren in Haut und Subcutis), Propriozeption (Lage- und Bewegungssinn, Muskelspindeln, Sehnenorgane)
- Anterolaterales System\*
  - Schmerzempfindung (Nozizeption, Unterscheidung spitz-stumpf), Temperaturempfindung (kalt-warm), grobe Druck und Berührungsempfindung
- \*3 Neurone in Serie
  - 2x Umschaltung an erregender Synapse mit Signalverarbeitung
  - mindestens Teil der Fasern erreicht Grosshirn: bewusste Empfindung
  - 1 Kanal vermittelt Signale aus kleinem rezeptivem Feld oder Muskelsensor,  $\Sigma$  aller Kanäle → somatotopische Repräsentation des Körpers in der Hirnrinde
  - gleiches Prinzip in beiden Bahnen aber unterschiedlicher Faserverlauf und unterschiedliche Lokalisation der Umschaltungen

- Lemniskales System
- G Fasciculus gracilis
- C Fasciculus cuneatus
- Tr. spinothalamicus ant., lat.
- Tr. spinocerebellaris post., ant.
- Tr. rubrospinalis
- Tr. corticospinalis lat.
- Tr. corticospinalis ant.



# Lemniskales System

## • 1. Neuron

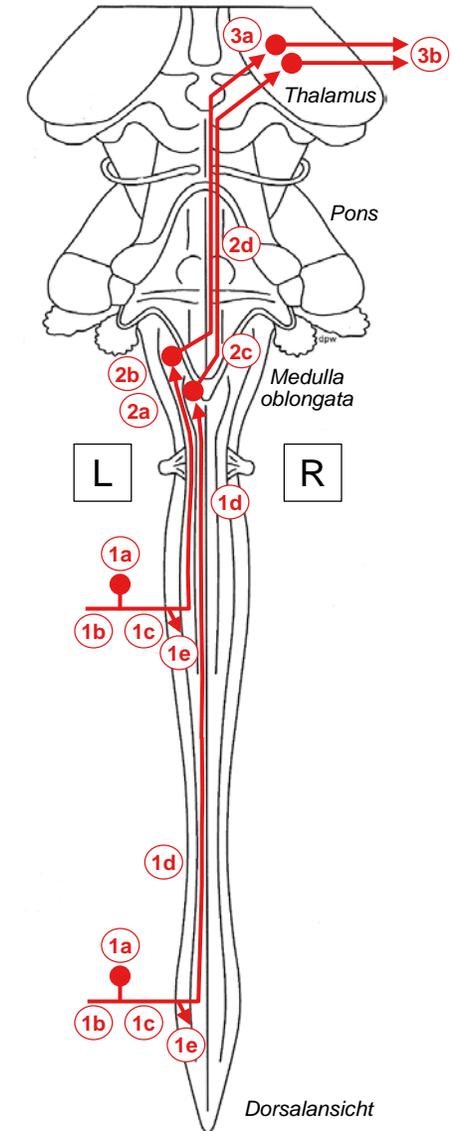
- 1a primärafferentes Neuron mit Zellkörper im Spinalganglion
- 1b peripherer Fortsatz kommt aus Spinalnerv
- 1c zentraler Fortsatz in Radix dorsalis zum Rückenmark
- 1d Hauptfaser direkt → Hinterstränge ohne Umschaltung:  
S5-Th7 → Fasciculus gracilis, Th6-C1 → Fasciculus cuneatus
- 1e Kollateralen → graue Substanz (ev. via LISSAUER Randzone in andere Segmente): Afferenzen für Reflexe, Umschaltung auf spinozerebelläres System oder auf Projektionsneurone, deren Fasern im Funiculus post zu Nuclei gracilis und cuneatus aufsteigen (fakultatives spinale Zwischenrelais des lemniskalen Systems auf Weg zum 2. Neuron)

## • 2. Neuron

- 2a Nucleus gracilis erhält Fasern aus S5-Th7 (Fasciculus gracilis)
- 2b Nucleus cuneatus erhält Fasern aus Th6-C1 (Fasciculus cuneatus)
- 2c alle Fasern kreuzen in Decussatio lemniscorum
- 2d weiterer Verlauf durch Hirnstamm als Lemniscus medialis

## • 3. Neuron

- 3a Zellkörper im sensiblen Thalamus
- 3b Fasern → primäres somatosensorisches Grosshirnrindenfeld (S1):  
somatotope Repräsentation des Körpers als sensibler Homunculus



# Anterolaterales System

## • 1. Neuron

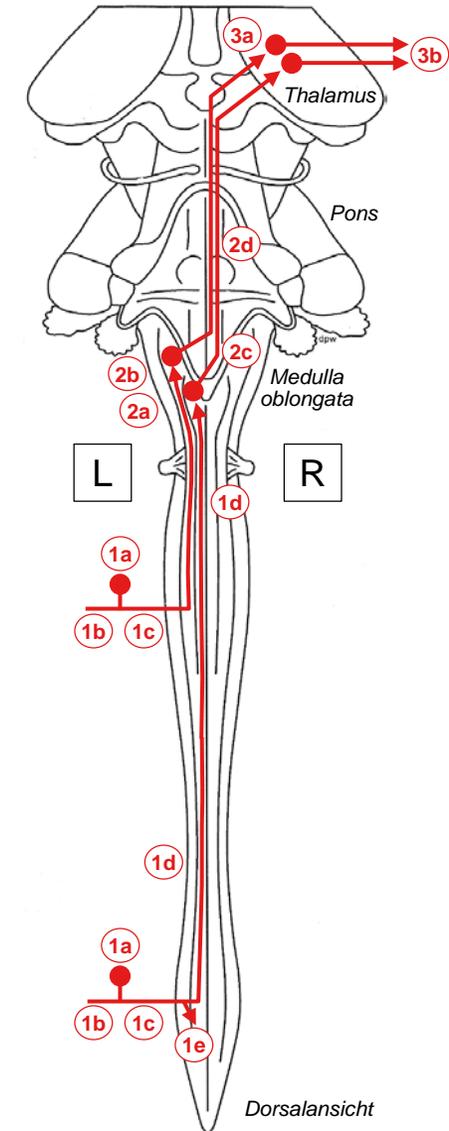
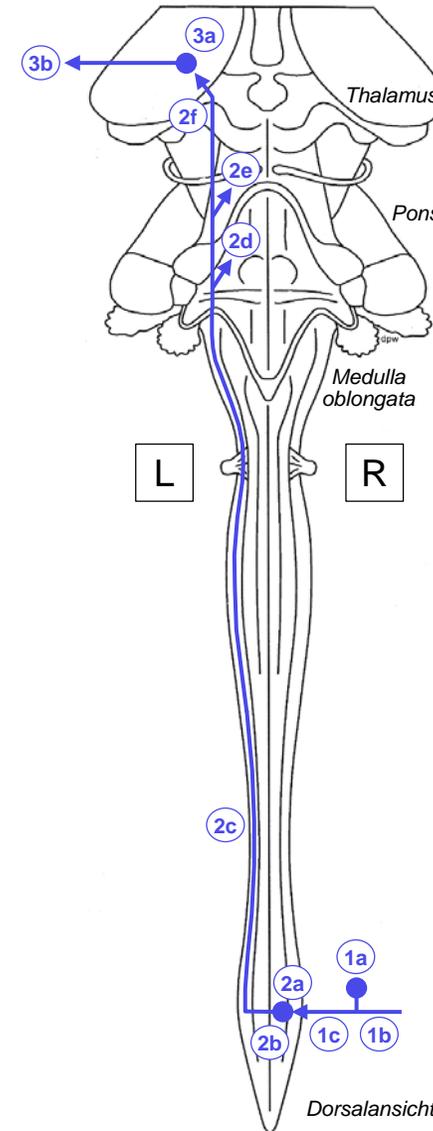
- ①a ①b primärafferentes Neuron wie lemniskales System, aber ...
- ①c Endigung aller Fasern in grauer Substanz des Rückenmarks (ev via Lissauer-Randzone Kollateralen in andere Segmente), dort Modulation der Signale durch lokale Interneurone (Lamina II) und absteigende Bahnen (zB. aus Mittelhirn)

## • 2. Neuron

- ②a Zellkörper in Columna post. oder intermedia
- ②b Axon kreuzt Mittellinie in Commissura alba
- ②c nach Kreuzung Aufstieg im Funiculus anterior + lateralis
- ②d Tr spinoreticularis → Formatio reticularis des Hirnstamms
- ②e Tr spinomesencephalicus → Mittelhirn
- ②f Tr spinothalamicus → Thalamus

## • 3. Neuron

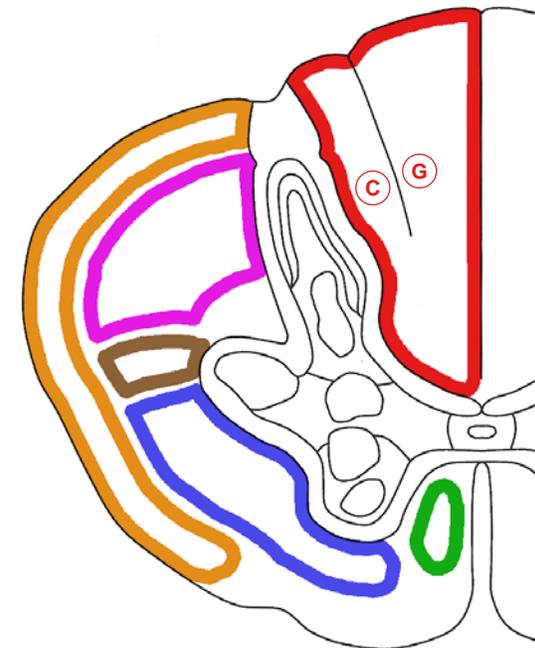
- ③a Zellkörper im sensorischen Thalamus, nur durch Tr spinothalamicus erreicht
- ③b Fasern steigen zum primären somatosensorischen (S1) und anderen (zB. des limbischen Systems) Rindenfeldern auf.
- ③c Keine eigene Repräsentation für innere Organe: Projektion der Empfindung auf Körperoberfläche (HEAD-Zonen)



# Absteigende Bahnsysteme

- **Retikulospinales System**
  - Sammelbegriff für verschiedene Bahnen mit Ursprung aus Formatio reticularis des Hirnstamms
  - heterogene Funktionen: Modulation spinaler Reizverarbeitung (Schmerz); Kontrolle präganglionärer vegetativer Neurone; Steuerung von prämotorischen Netzwerken, CPG, zT.  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Motoneurone
- **Motorische Bahnen**
  - beeinflussen: prämotorischen Netzwerke, CPG, zT.  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Motoneurone
  - Tr vestibulospinalis (Nuclei vestibulares) und Anteile des retikulospinalen Systems: steuert rumpfnaher Muskulatur (Haltungsmotorik)
  - Tr tectospinalis (Colliculus superior): steuert v.a. Hals- und Nackenmuskulatur (Blickfolgebewegungen)
  - Tr rubrospinalis (Nucleus ruber): beeinflusst v.a. rumpferne Extremitätenmuskulatur (Zielmotorik)
  - Tr corticospinalis (lateralis, anterior) = Pyramidenbahn: essentiell für Willkür- und Feinmotorik (Zielmotorik) bei Primaten, akut schlaffe  $\rightarrow$  chronisch spastische Lähmung bei Ausfall,  $\Sigma$  übrige motorische Bahnen = extrapyramidale Bahnen (unwillkürliche Motorik, vermitteln «Restmotorik» bei isoliertem Ausfall des Tr corticospinalis)

- Lemniskales System
- G Fasciculus gracilis
- C Fasciculus cuneatus
- Tr. spinothalamicus ant., lat.
- Tr. spinocerebellaris post., ant.
- Tr. rubrospinalis
- Tr. corticospinalis lat.
- Tr. corticospinalis ant.



# Pyramidenbahn

- **Gemeinsam**

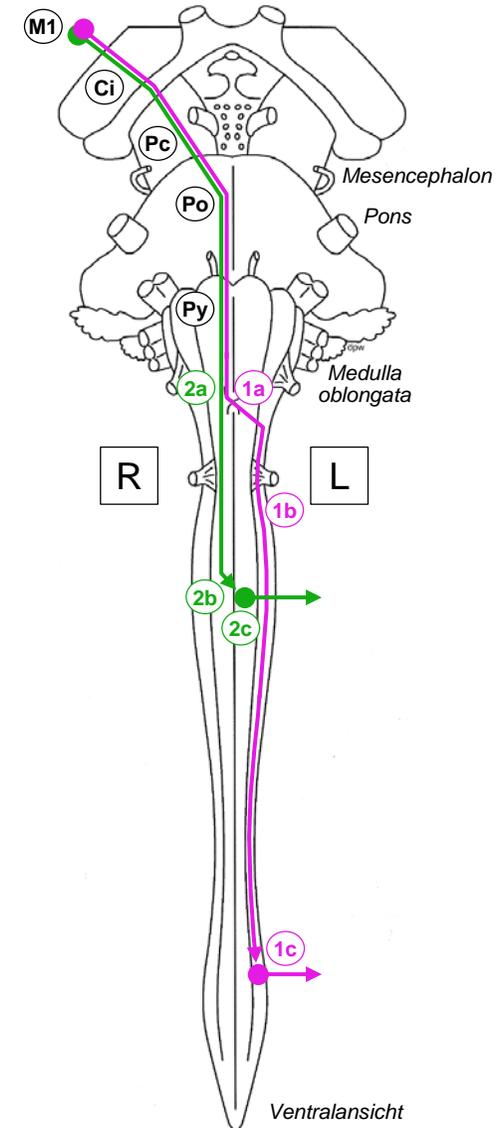
- ① Zellkörper (Pyramidenzellen, «upper motor neurons») im primären motorischen Grosshirnrindenfeld (Gyrus praecentralis), Muskelgruppen somatotop als motorischer Homunculus repräsentiert
- ② Abstieg durch Capsula interna (häufiger Läsionsort bei Schlaganfall)
- ③ Verlauf als kompakter Faserstrang durch Mesencephalon im Crus cerebri
- ④ Durchtritt zwischen Ponskernen als verteilte kleinere Faserbündel
- ⑤ Kompakter Faserstrang in ventraler Medulla oblongata, Vorwölbung der Oberfläche als Pyramis

- **Tr corticospinalis lat (70-90% der Fasern)**

- ①a Decussatio pyramidum bei Übertritt in Rückenmark
- ①b Abstieg im Funiculus lateralis
- ①c Endigung an prämotorischen Netzwerken, CPG,  $\alpha$ - und  $\gamma$ - Motoneuronen («lower motor neurons») aller Segmente

- **Tr corticospinalis ant (10-30% der Fasern)**

- ②a Übertritt in Funiculus anterior ohne Kreuzung
- ②b Kreuzung durch Commissura alba nahe beim Zielsegment
- ②c Endigung an prämotorischen Netzwerken, CPG,  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Motoneuronen («lower motor neurons») bis ca. Segment Th6 (obere Extremität)



# Fallbeispiel: Lösung I

- Willkürmotorik

- ✘ spastische Lähmung:  
Ausfall Willkürmotorik, erhöhter Muskeltonus

- Reflexe

- ✘ Muskeldehnungsreflexe einseitig gesteigert:  
Patellarsehnenreflex (PSR),  
Achillessehnenreflex (ASR)

- ✘ pathologischer Reflex: positives BABINSKI-Zeichen

- Sensibilität

- ✘ Ausfall Berührungssensibilität (Pinsel)

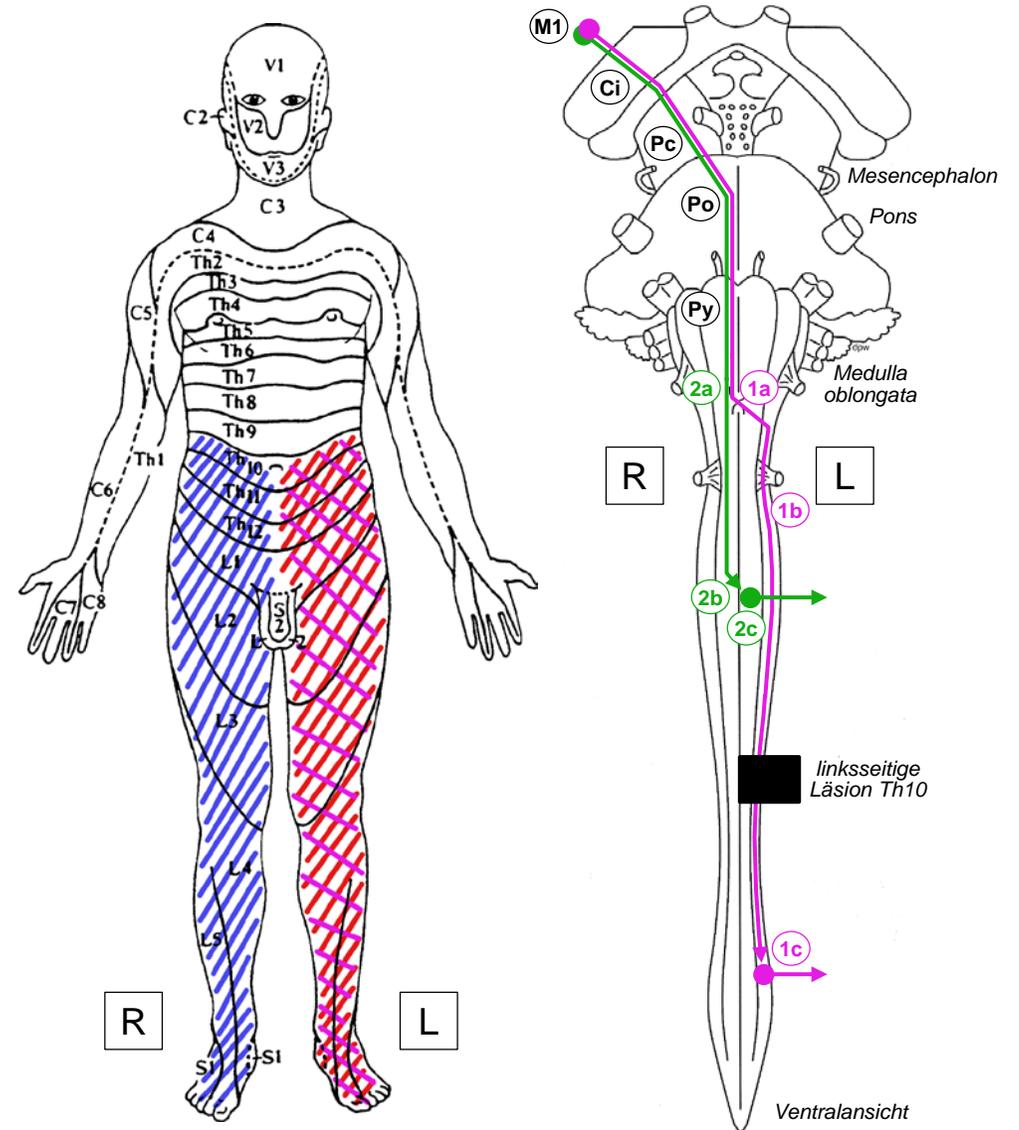
- ✘ Ausfall Vibrationsempfindung (gedämpfte Stimmgabel)

- ✘ Ausfall Propriozeption (Bewegungs- und Lagesinn)

- ✘ Ausfall Schmerzempfindung (Unterscheidung spitz/stumpf)

- ✘ Ausfall Temperaturempfindung (Unterscheidung kalt/warm)

→ dissoziierte Sensibilitätsstörung



# Fallbeispiel: Lösung II

- Willkürmotorik

- ✘ spastische Lähmung:  
Ausfall Willkürmotorik, erhöhter Muskeltonus

- Reflexe

- ✘ Muskeldehnungsreflexe einseitig gesteigert:  
Patellarsehnenreflex (PSR),  
Achillessehnenreflex (ASR)

- ✘ pathologischer Reflex: positives BABINSKI-Zeichen

- Sensibilität

- ✘ Ausfall Berührungssensibilität (Pinsel)
  - ✘ Ausfall Vibrationsempfindung (gedämpfte Stimmgabel)
  - ✘ Ausfall Propriozeption (Bewegungs- und Lagesinn)
  - ✘ Ausfall Schmerzempfindung (Unterscheidung spitz/stumpf)
  - ✘ Ausfall Temperaturempfindung (Unterscheidung kalt/warm)

→ dissoziierte Sensibilitätsstörung  
(Brown-Séquard-Syndrom)

→ halbseitige Rückenmarksläsion

