



**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 26.02.2021 10:15

Fallbeispiel: Problem

- Willkürmotorik

- ✘ spastische Lähmung:
Ausfall willkürliche Zielmotorik, erhöhter Muskeltonus

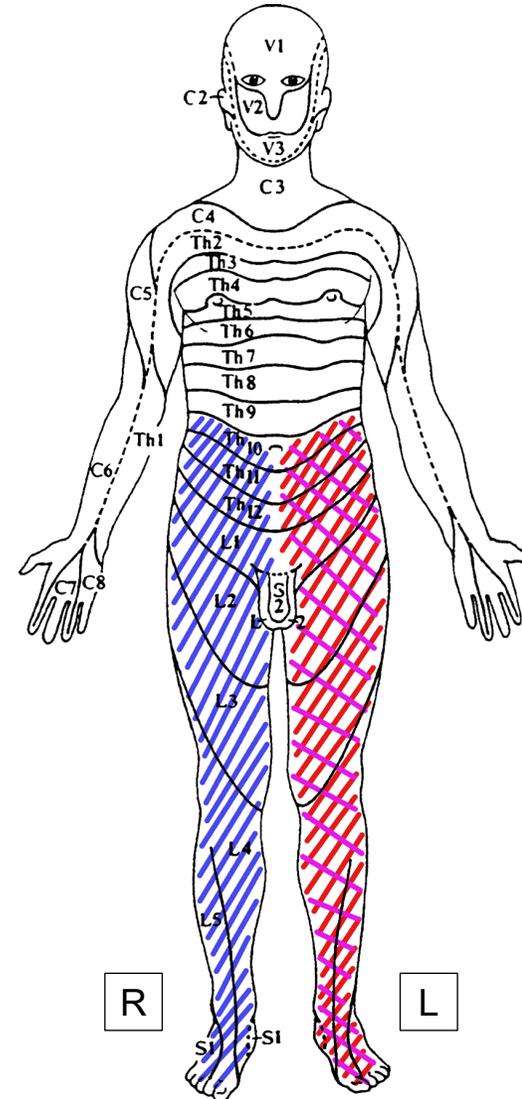
- Reflexe

- ✘ 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

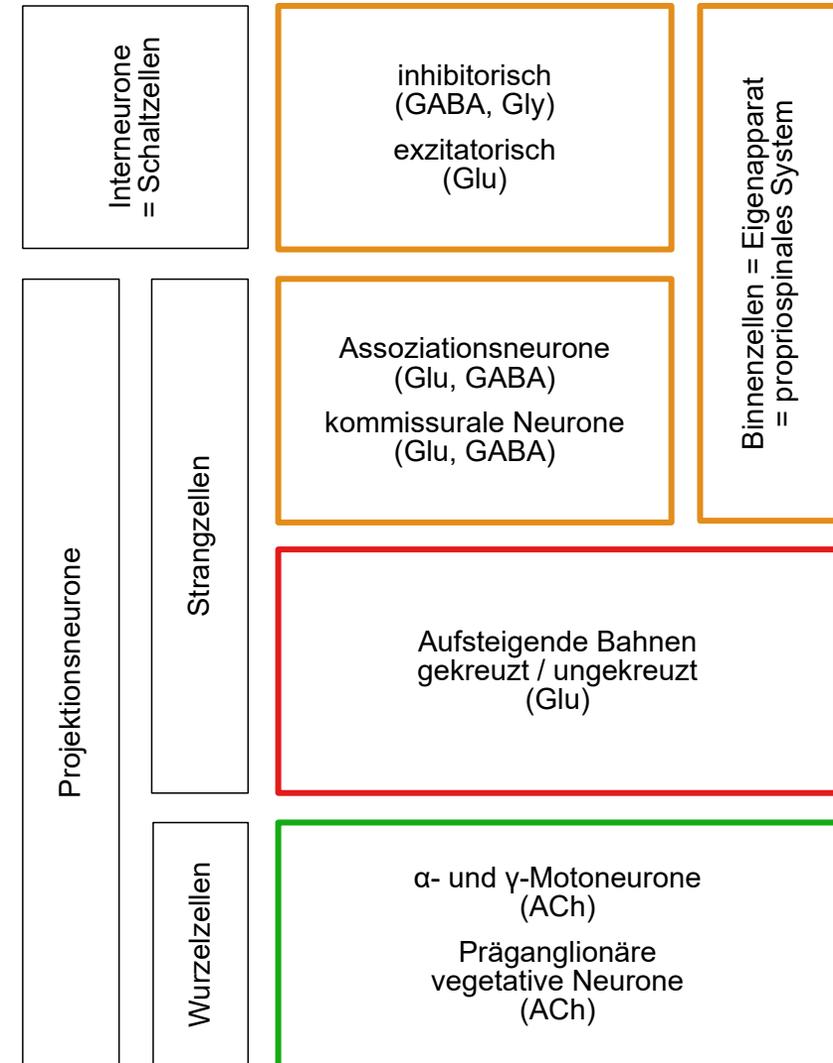
□ Kommunikation mit Gehirn

- 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

□ Viszerales spinoretikuläres System

- sensible Fasern aus inneren Organen (ua. Verdauungstrakt: spinaler Schenkel der «gut-brain axis»), Empfindung fakultativ (zB. Eingeweideschmerz, Völlegefühl, Stuhl/Harndrang)
- steigt als Teil des Tr (Tractus) spinoreticularis zur Formatio reticularis des Hirnstamms auf

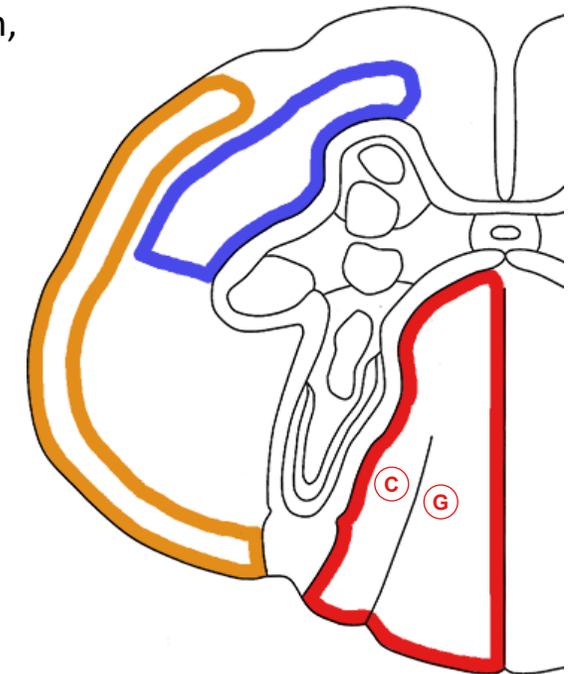
□ Spinozerebelläres System (somatisch)

- Vollzugssignale aus Sensoren des Bewegungsapparats und Rückmeldung über allen Input, den α - und γ -Motoneurone erhalten (spinale Efferenzkopie) direkt oder indirekt → Kleinhirn, keine bewusste Empfindung, bei Ausfall Ataxie = Störung der Bewegungskoordination
- Tractus spinocerebellaris posterior (=dorsalis) & anterior (=ventralis) (→ Moosfasersystem des Cerebellum), Tr spinoolivaris (→ Kletterfasersystem des Cerebellum)

• Lemniskales und anterolaterales System (somatisch)

- lemniskal: Berührung/Druck, Vibrationsempfindung (Sensoren in Haut und Subcutis), Propriozeption (Lage- und Bewegungssinn, Muskelspindeln, Sehnenorgane)
- anterolateral: Schmerzempfindung (Nozizeption, Unterscheidung spitz-stumpf), Temperaturempfindung (kalt-warm), grobe Druck und Berührungsempfindung
- gemeinsam: Signale erreichen Grosshirn über 3 in Serie geschaltete Neurone mit 2x Umschaltung und Verarbeitung an erregender Synapse → bewusste gut lokalisierbare Empfindung, unterschiedlich: Faserverlauf und Lokalisation der Neurone
- 3 Neurone in Serie → 1 Kanal → Signale aus einem oder wenigen Sensoren, Σ aller parallel geschalteten Kanäle → somatotopische Repräsentation des Körpers in der Hirnrinde

- spinozerebelläres System
- lemniskales System
- Ⓞ Fasciculus gracilis
- Ⓞ Fasciculus cuneatus
- anterolaterales & spinoretikuläres System



Lemniskales System

• 1. Neuron

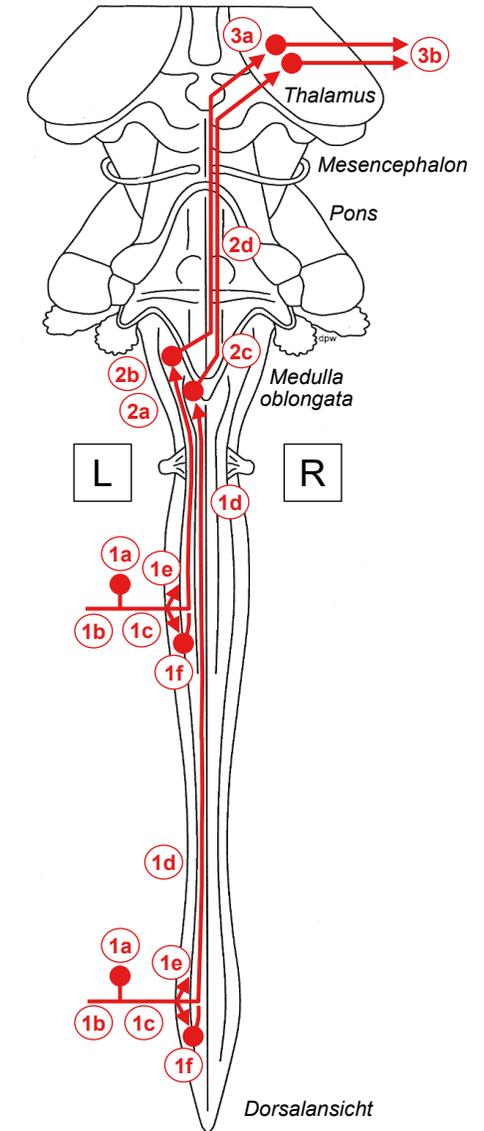
- ①a primärafferentes Neuron mit Zellkörper im Spinalganglion
- ①b peripherer Fortsatz kommt aus Spinalnerv
- ①c zentraler Fortsatz in Radix dorsalis zum Rückenmark
- ①d Hauptfaser direkt → Hinterstränge ohne Umschaltung:
S5-Th7 → Fasciculus gracilis, Th6-C1 → Fasciculus cuneatus
- ①e Kollateralen →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

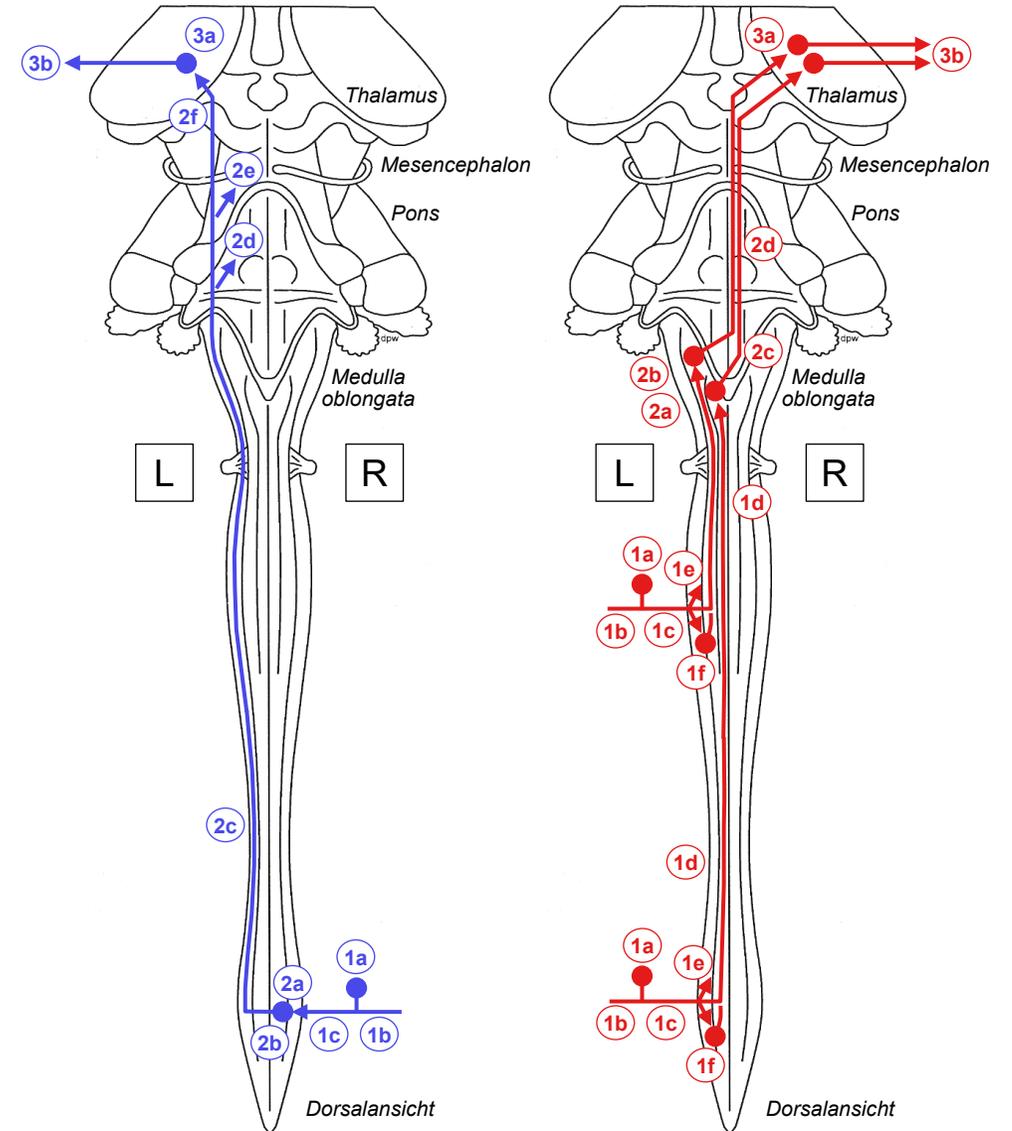
- ①a ①b primärafferentes Neuron wie lemniskales System, aber ...
- ①c Endigung der Fasern in grauer Substanz des Rückenmarks (ev via Lissauer-Randzone Kollateralen in mehrere Segmente), dort Modulation der Signale durch lokale Interneurone (Lamina II) und absteigende Bahnen (z.B. aus Mittelhirn)

• 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 im Tr spinoreticularis → Formatio reticularis des Hirnstamms
- ②e im Tr spinomesencephalicus → Mittelhirn
- ②f als Tr spinothalamicus → Thalamus

• 3. Neuron

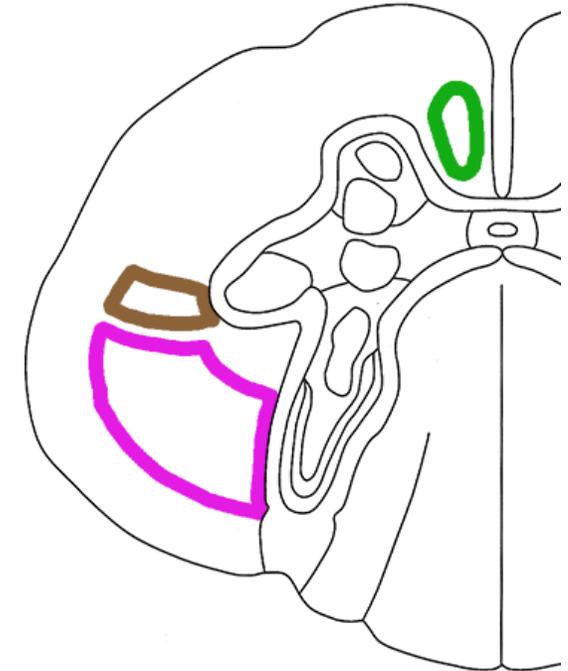
- ③a Zellkörper im sensiblen Thalamus, erreicht nur durch Tr spinothalamicus
- ③b Fasern steigen zum primären somatosensorischen (S1) und anderen (z.B. des limbischen Systems) Rindenfeldern auf.



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. α - und γ -Motoneurone
- **Motorische Bahnen**
 - beeinflussen: prämotorischen Netzwerke, CPG, zT. α - und γ -Motoneurone
 - Tr vestibulospinalis (Nuclei vestibulares) und motorische Anteile des retikulospinalen Systems: steuert rumpfnaher Muskulatur (Stützmotorik)
 - 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, Σ übrige motorische Bahnen = extrapyramidale Bahnen (unwillkürliche Motorik, vermitteln «Restmotorik» bei isoliertem Ausfall des Tr corticospinalis)

- Tr rubrospinalis
- Tr corticospinalis lat
- Tr corticospinalis ant



Pyramidenbahn

- **Gemeinsam**

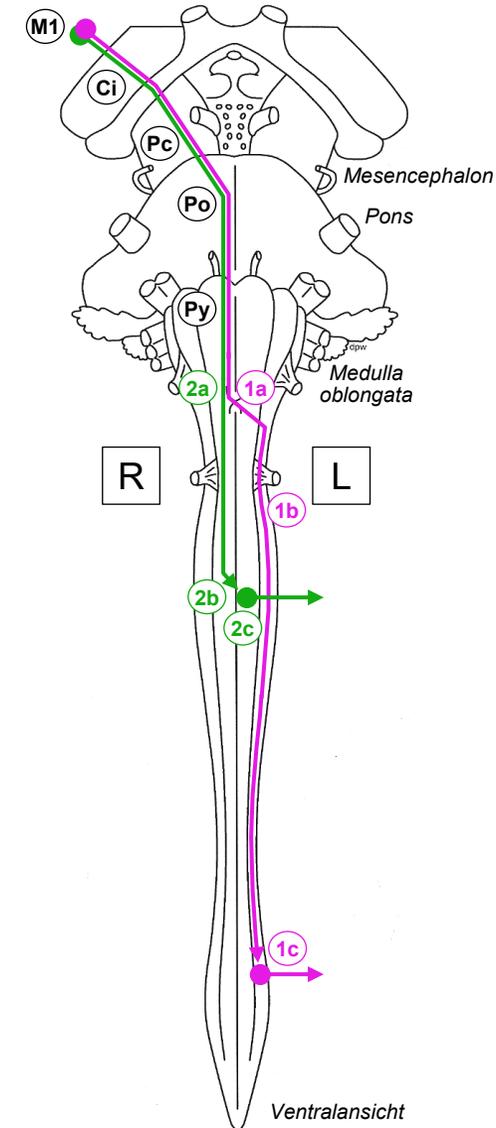
- ① Zellkörper (Pyramidenzellen, «upper motor neurons») im primären motorischen Grosshirnrindenfeld (Gyrus praecentralis), Muskelgruppen somatotop als motorischer Homunculus repräsentiert
- ② Abstieg durch Capsula interna (häufiger Läsionsort bei Schlaganfall)
- ③ Verlauf als kompakter Faserstrang durch 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, α - und γ - 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, α - und γ -Motoneuronen («lower motor neurons») bis ca. Segment Th6 (obere Extremität)



Fallbeispiel: Lösung II

- Willkürmotorik

- ✘ spastische Lähmung:
Ausfall willkürliche Zielmotorik, 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

