

Somatosensorik – Rezeptoren und Peripherie

Das somatosensible System hat vier Modalitäten

- mechanischer Sinn der Haut
- statokinetischer Sinn (Propriozeption)
- Schmerz
- Temperatur

Grundsinn (Gesicht, Geschmack, Gehör, Getast) als **Modalitäten**, Untereinheiten = **Qualitäten**
Nahsinn ↔ Fernsinn

3 Aufgaben der Sinnessysteme

- a.) Nahrungssuche
- b.) Suche eines Geschlechtspartners
- c.) Gefahrvermeidung

Die Modalität ist eine Eigenschaft des Rezeptors und seiner spezifischen zentralen Verschaltung

- jeder Rezeptor projiziert auf distinkte, spezielle corticale Areale → spezifische Sinneswahrnehmung
 - Rezeptor wird durch einen bestimmten Reiz, für den er eine niedrige Schwelle besitzt, erregt → adäquater Reiz
- Prinzip der spezifischen Sinnesenergie (auch inadäquate Reize können Empfindungen auslösen)

Das rezeptive Feld ist die kleinste räumliche Einheit, von der aus ein Rezeptor erregt werden kann

- das rezeptive Feld entsteht durch die Axonkollateralen
- innerhalb eines rezeptiven Feldes kann nicht lokal differenziert werden
- die räumliche Auflösung zentral ist besser als die der Rezeptoren in der Peripherie

Die spezifischen Komponenten eines Reizes werden von dafür spezialisierten Rezeptoren extrahiert

- Intensitätsdetektoren
- Geschwindigkeitsdetektoren
- Schwellendetektoren

P-Rezeptoren

Sensorpotential proportional zur Intensität des Reizes

D- Rezeptoren

Sensorpotential differentiell (Geschwindigkeitsänderung)

PD-Rezeptoren

sowohl proportional als auch differentiell

langsam adaptierende Rezeptoren SA

zwei Populationen

- SAI – Merkel (P)
- SAII – Ruffini (PD)

schnell adaptierende Rezeptoren RA

- Meißner (D)

Vater –Pacini-Körperchen als Schwellendetektoren

- adaptiert sofort
- Vibrationsdetektor
- niederschwellige Reize

- der Reiz wird von mehreren Rezeptorpopulationen aufgenommen

- jeder Rezeptor leitet nur eine Eigenschaft des Reizes weiter
→ eigene Sinneskanäle
- Zerlegung in Sinneskanäle, Wahrnehmung setzt die Komponenten wieder zusammen
- **die Stärke des Reizes wird in der AP-Frequenz abgebildet**
- Unterscheidung der verschiedenen Qualitäten/Komponenten eines Reizes
 - physikalisch exakte Abbildung
 - *der Anstiegssteilheit /-geschwindigkeit*
 - *Intensität / Amplitude*
 - *Zeit / Dauer*

Die Adaptation sichert die Meßempfindlichkeit der Rezeptoren

Adaptation = Abnahme der AP-Frequenz trotz gleichbleibend starkem Reiz

Die Hand als rezeptives Organ – Tastsinn

- die Innervationsdichte der Rezeptoren erklärt die gute **Zweipunktgediskrimination** = simultane Unterschiedsschwelle
 - unterschiedliche Verteilung der Rezeptoren
 - **Merkel (SA-I)**
 - 4200 /Hand
 - Lokalisation fast ausschließlich in den Fingerspitzen
 - **Intensitätsdetektoren**
 - **Ruffini (SA-II)**
 - 3200 /Hand
 - Scherungen
 - **Intensitätsdetektoren**
 - **Meißner (RA)**
 - 7300/Hand
 - Lokalisation: Fingerspitzen
 - **Geschwindigkeitsdetektoren**
 - **Vater-Pacini**
 - 2200
 - Druckschwankungen

enormer Besitz mit Rezeptoren als Sinnbild der Interaktion von Sensorik und Motorik
anatomischer Aufbau ermöglicht die spezifischen rezeptiven Eigenschaften

- die Größe der rezeptiven Felder wird von proximal nach distal kleiner
- Stereognosie und taktile Agnosie

Warm und kalt werden von verschiedenen Rezeptoren gemessen

- freie Nervenendigungen, Gruppen I-III, Temperaturpunkte
 - **Kaltpunkte** und **Warmpunkte**
 - **Kaltrezeptoren** und **Warmrezeptoren** (1-3 pro cm²)
- Empfindlichkeiten für dynamische Temperaturänderungen größer als für statische
 - *statisch*: 1 °C Unterschied
 - *dynamisch*: 0,1 °C/sec
 - periorales Organ größte Empfindlichkeit
- Indifferenzbereich der Temperaturempfindung
 - Aktivierung beider Fasertypen, keine Empfindung
 - Kaltparadoxon

Das ZNS steuert und organisiert Verhalten des Körpers in seiner Umwelt

Es

- analysiert die Umwelt
- vergleicht diese Information mit Gedächtnisinhalten und emotional gesteuerten Erfahrungen
- entwirft eine Strategie zur Auseinandersetzung mit der Umwelt
- führt die Strategie durch
- kontrolliert der Durchführung und den Erfolg der Strategie

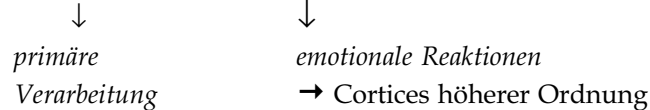
Verzahnung der Teile des Nervensystems → Zusammenarbeit

- Analyse der Umwelt durch die rezeptiven und sensorischen Mechanismen
- Entwicklung der Strategie durch die großen Gebiete des limbischen Systems und der corticalen und cerebellären Strukturen
- Durchführung der Strategie durch die motorischen Anteile des ZNS
- Kontrolle der Strategiedurchführungen durch das sensorische System

Sieben Schritte sind allen Sinnen gemeinsam

- 1.) *ein physikalischer Reiz*
- 2.) *Umwandlung des Reizes in einen Signal durch einen Rezeptor*
- 3.) *Umwandlung des Sensorpotentials in eine Folge von Aktionspotentialen*
- 4.) *zentrale Weiterleitung*
- 5.) *Projektion auf primäre corticale Areale mit anschließender Weiterverarbeitung (Empfindung)*
- 6.) *die Realisation des Reizes in seinem Kontext (Wahrnehmung)*
- 7.) *eine Antwort (auch Strategieänderung) auf diese neuronale Information*

Unterscheidung **Empfindung** ↔ **Wahrnehmung**



Somatosensorik – Zentrale Verarbeitung

Die Information wird hierarchisch und parallel geleitet

(distribuiert, sequentiell trotzdem parallel und Spezialisierung auf eine Eigenschaft)

- die verschiedenen Reizqualitäten haben eigene afferente Sinneskanäle
- Fasergruppen I-IV
 - parallele Projektion der verschiedenen Qualitäten auf den Cortex
 - **Hinterstrangsysteme:** *epikritische Sensibilität*
 - **Vorderseitenstrangsysteme:** *protopathische Sensibilität*
 - spezifische Schaltkerne im Thalamus
 - corticale Projektionsareale
 - SI
 - SII
 - posterior-parietaler Cortex (Areae 5, 7)
 - Submodalitäten an verschiedenen Stellen auf dem Cortex repräsentiert
 - **Area 1:** Haut, schnell adaptierende Rezeptoren (RA)
 - **Area 2:** propriozeptive Afferenzen
 - **Area 3a:** Haut: schnell und langsam adaptierende Rezeptoren
 - **Area 3b:** Propriozeption, Muskelspindeln
- *das spezifische System dient der Verarbeitung von Qualität, Lokalisation und Intensität*
Beschreibung eines Ereignisses in der Peripherie/ Abbildung des Ereignisses
- *das unspezifische Systeme dient der Aufrechterhaltung des Bewußtseins; es ist Voraussetzung für die Verarbeitung auf dem Cortex*
 - **kein Bezug zwischen Gehalt/Sinnessystem und der Lokalisation in der Peripherie**
 - Aktionspotentiale werden ein Areal der FR eingespeist (ARAS)
 - Neurone auf dem Cortex werden dadurch in konstanter Depolarisation gehalten

Schwellen messen die Empfindlichkeit von Sinnessystemen

- **Rezeptorpotentiale haben eine Schwelle und eine Sättigung**
 - Schwelle und Sättigung bedeuten Informationsverlust
 - Sättigung, Adaptation
- Definition der Schwelle
 - 50 % der gesetzten Reize werden erkannt
- Verschiebung der Schwelle: Training, Erfahrung, Ermüdung, Kontext
- Schwellenveränderungen Folge der Einstellung der zentralen Verarbeitung
- absolute Intensitäten

Die Schaltkerne verarbeiten und selektieren Information

hintereinandergeschaltete Schaltkerne

- ⇒ Leitung zerfällt in mehrere Neurone
- ⇒ Möglichkeit zur Erzeugung eines neuen Signals
- ⇒ differenzierte Wahrnehmung / Empfindung!

- Divergenz und Konvergenz
- **Kontrastverschärfung**
 - verbesserte physikalische Darstellung
 - Auflösung besser als in der Peripherie, durch die Rezeptoren möglich
- Selektieren von Kanälen
- **feed-back- Inhibition** und **feed-forward-Inhibition**
 - **feed-back-Inhibition**
Reduktion der Erregung in benachbarten, weniger erregten Kanälen → Kontrastverschärfung

Ausmaß der Hemmung und Ausmaß der Erregung korrespondieren bei starker Erregung werden benachbarte Kanäle stark gehemmt
postsynaptische Hemmung

- **feed-forward-Hemmung**

Selektion von Kanälen

wird zusätzlich durch die feed-back-Hemmung unterstützt

⇒ *Rezeptoren werden miteinander in Beziehung gesetzt*

⇒ *Kontrastverschärfung: einzelne Kanäle können selektiert werden*

• zentrale Kontrolle

- Bewegungsdurchführung generiert afferente Info (Reafferenz)

- deszendierende Systeme helfen bei der Fokussierung

- *Einstellung der Sensibilität einzelner Sinneskanäle in Abhängigkeit von der erwarteten Rückmeldung im Rahmen der Motorik*

- Anpassung der Rückmeldung an den geplanten Kontext

Die Körperoberfläche ist im Gehirn topographisch geordnet repräsentiert = Somatotopik

die segmentale Organisation ist auch funktionell erhalten

• *die Repräsentation der verschiedenen Gebiete ist größenmäßig verzerrt*

• Repräsentation als Folge des Gebrauchs

Die Submodalitäten sind an spezifischen Stellen von SI repräsentiert

einzelne Kanäle leiten die Submodalitäten und jeder Sinneskanal hat ein eigenes, spezifisches Gebiet

• jedes Körperteil ist mehrfach repräsentiert, unterschiedliche Eigenschaften sind repräsentiert

Somatotopische Organisation führt zu charakteristischen sensorischen Ausfällen

• Läsionen SI (Areae 1, 2, 3)

• Läsionen im Handgebiet von SI

• Läsionen im posterioren-parietalen Cortex → Balint-Syndrom; keine Koordination der Sinneskanäle

Corticale Kolumnen fassen die Repräsentation der Submodalitäten zusammen und sind in ihrer Größe dynamisch

Zusammenfassung ALLER Modalitäten EINES rezeptiven Feldes

• z.B. Amputationen: Kolumne verkleinert sich, andere vergrößern sich

• Lernen diskriminativer Tests: Kolumnen vergrößern sich

- Vergrößerung der Areale, die für die Verarbeitung nötig sind (aber: führt nicht zur Verdrängung anderer Kolumnen)

- Repräsentation hängt vom Gebrauch ab → Plastizität / Anpassungsfähigkeit zeitlebens

- Lernvorgang = bestehende Verschaltungen werden anders genutzt (keine anatomische Änderung, sondern Änderung der Verschaltung)

- Säule = Verteilungsstation, in der Umschaltungen stattfinden / räumliche Strukturierung

Kontrastverschärfung zwischen den Sinneskanälen ist eine wesentliche Funktion der Verarbeitung

• Divergenz führt zu einer räumlichen Ausbreitung der Information

• zentral wird etwas abgebildet, das in den Rezeptoren nicht wahrgenommen wird

• ZNS-Reaktion: **laterale Hemmung** → 1 Sinneskanal hemmt den benachbarten, weniger erregten Sinneskanal

- *Unterdrückung der Erregung der benachbarten Kanäle = Beseitigung von störender Information*

- Effekte nicht in der Sensorik, sondern in der Motorik

Jedes Neuron hat ein rezeptives Feld

- definierte strukturelle Grundlage
 - rezeptive Felder immer rund
 - rezeptive Felder überlappen sich (Kombination der erregten rezeptiven Felder ermöglicht exakte Lokalisation des Reizes)
 - Auflösung ist kleiner als die Größe der rezeptiven Felder
- **ON-Zentrum**
- **OFF-Peripherie**
 - Reize im lateralen Bereich lösen über Interneurone eine Hemmung aus
⇒ antagonistischer Aufbau (ON/ OFF-Komponente)
- Erkennen von Strukturen
- Proximo-distaler Gradient der rezeptiven Felder corticaler Neurone
- Größe der rezeptiven Felder ändert sich, z.B. taktilen Lernen

Die corticalen Zellen erarbeiten differenzierte Aspekte der Reize

- auf früher corticaler Stufe werden die Situation an Rezeptor und in verschiedenen Submodalitäten erarbeitet
- auf später corticaler Stufe werden die Topographie des Reizes sowie verschiedene sensorische Aspekte integriert
 - bewegungsspezifische Neurone
 - richtungsspezifische Neurone
 - orientierungsspezifische Neurone