

5 Anatomischer Aufbau und funktionale Struktur des Nervensystems

5.1 Zur funktionalen Struktur des Nervensystems

5.1.1 Arten von Neuronen im zentralen und peripheren Nervensystem

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.1.1:

- 1) Nennen Sie drei Arten von Neuronen.
- 2) Beschreiben Sie die Struktur eines zentralen Neurons.
- 3) Beschreiben Sie die Funktionsweise eines zentralen Neurons.
- 4) Definieren Sie den Begriff „Neuronensemble“.
- 5) Definieren Sie den Begriff „Neuronbuffer“ auf der Basis des Begriffs „Neuronensemble“.
- 6) Definieren Sie den Begriff „neuronales Netzwerk“

5.1.2 Neuronale Netzwerke

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.1.2:

- 1) Was ist der Unterschied zwischen einer kortikalen neuronalen Schicht, einer kortikalen Säule einem kortikalen Neuronensemble und einem kortikalen Neuronbuffer?
- 2) Sind neuronale Netzwerke prinzipiell gerichtet (monodirektional)?
- 3) Wie werden bidirektionale Netzwerke realisiert?

5.1.3 Exzitatorische und inhibitorische synaptische Verbindungen

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.1.3:

- 1) Wo sitzen die synaptischen Verbindungen zwischen zwei Neuronen?
- 2) Nennen Sie unterschiedliche Typen synaptischer Verbindungen.
- 3) Durch welche chemischen Stoffe werden diese unterschiedlichen Typen synaptischer Verbindungen realisiert?

5.2 Das Gehirn

5.2.1 Anatomischer Aufbau des Gehirns

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.2.1:

- 1) Aus welchen Strukturen ist das Gehirn aufgebaut?
- 2) Aus welchen Strukturen besteht das Großhirn?
- 3) Aus welchen Strukturen ist der Hirnstamm aufgebaut?

5.2.2 Die Großhirnrinde

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.2.2:

- 1) Nennen Sie die drei Schnittebenen des Körpers und die dadurch definierten Regionen.
- 2) Nennen Sie die vier Lobi der Großhirnrinde und ihre vornehmlichen funktionalen Aufgaben.
- 3) Nennen Sie drei Haupt-Furchen der Großhirnrinde.
- 4) Welche neuronalen Assoziationen treten eher innerhalb eines kortikalen Lappen und eher übergreifend über zwei kortikale Lappen auf?

5.2.3 Der Balken

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.2.3:

- 1) Warum benötigen wir zwei Hirnhälften?
- 2) Kämen wir notfalls auch mit einer Hirnhälfte zurecht?

5.2.4 Basalganglien und Thalamus

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.2.4:

- 1) Wie sind Aktionen in den Basalganglien und im Thalamus repräsentiert?
- 2) Welche Strukturen umfassen die Basalganglien?
- 3) Wie werden dem Striatum nachgeschaltete Strukturen im System Basalganglien – Thalamus aktiviert?
- 4) Was bedeutet Disinhibierung?
- 5) Wie ist der Thalamus strukturiert?

5.2.5 Das limbische System

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.2.5:

- 1) Nennen Sie zwei wichtige Strukturen des limbischen Systems.
- 2) Welche Funktionen haben diese beiden Strukturen?

5.2.6 *Das Kleinhirn*

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.2.6:

1) Nennen Sie zwei Funktionen des Kleinhirns bei der Sprachproduktion.

5.3 Die afferenten Nervenbahnen: die sensorischen Bahnen

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.3.0:

- 1) Was bedeutet afferent vs. efferent?
- 2) Was bedeutet ipsilateral vs. kontralateral?
- 3) Nennen Sie mindestens drei gemeinsame Merkmale aller sensorischen Bahnen

5.3.1 Die auditive Bahn

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.3.1:

- 1) Worauf beruht die Tonotopie neuronal?
- 2) Nennen Sie die wichtigsten Strukturen der Hörbahn.

5.3.2 Die visuelle Bahn

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.3.2:

- 1) Worauf beruht die Retinotopie neuronal?
- 2) Nennen sie die wichtigsten Strukturen der Sehbahn
- 3) Was ist das optische Chiasma?

5.3.3 Die somatosensorische Bahn

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.3.3:

- 1) Worauf beruht Somatotopie neuronal?
- 2) Wie ist die somatosensorischen Bahn aufgebaut?

5.4 Die efferente Nervenbahn: die motorische Bahn

5.4.1 Die pyramidale Bahn

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.4.1:

- 1) Wie ist die direkte (die pyramidale) motorische Bahn aufgebaut?
- 2) Was ist die Funktion des pyramidalen motorischen Systems?

5.4.2 Die extrapyramidale Bahn

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.4.1:

- 1) Wie ist das extrapyramidale motorische System aufgebaut?
- 2) Was ist die Funktion des extrapyramidalen motorischen Systems?

5.5 Ein erstes Modell der Sprachverarbeitung und des Spracherwerbs

5.5.1 Sprachproduktion und Sprachwahrnehmung: die sensorische und motorische Ebene

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.5.1:

- 1) In welchem Gebiet der Großhirnrinde werden alle sensorischen Informationen gebündelt?
- 2) Gibt es von dort aus eine Assoziation zu motorischer Information?
- 3) Welche Verarbeitungsschritte finden im Temporal- und Parietallappen statt?
- 4) Welche Verarbeitungsschritte finden im Frontallappen statt?
- 5) Wozu dient der Arcuatus in diesem motorisch-sensorischen Verarbeitungsmodell?

5.5.2 Lexikalische Verarbeitung und Satzgenerierung

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.5.2:

- 1) Was bedeutet deklaratives bzw. prozedurales Lernen?
- 2) Was bedeutet deklaratives vs. prozedurales System?
- 3) Wo ist das semantische Netzwerk lokalisiert?
- 4) Wo findet lexikalischer Abruf statt?
- 5) Wo findet Satzbildung statt?

5.5.3 Neuronale Lernmechanismen im Spracherwerb

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 5.5.3:

- 1) Wie läuft Lernen auf neuronaler Ebene ab?
- 2) Erläutern Sie überwachtes Lernen.
- 3) Erläutern Sie nicht-überwachtes Lernen.
- 4) Erläutern Sie teil-überwachtes Lernen (Bestärkungslernen).

Antworten zu Fragen in Kapitel 5

ANTWORTEN zu Kap. 5.1.1:

ad 1) sensorische Neuronen, Motoneuronen, zentrale Neuronen

ad 2) synaptische Verbindungen und Dendriten, Zellkörper, Axon mit synaptischen Verbindungen

ad 3) Dendriten: Sammeln von Eingangsimpulsen via synaptische Verbindungen mit vorgeschalteten Neuronen; Zellkörper: Verarbeitung der Eingangsimpulse zu einem Aktivierungslevel (Aktionspotential) des Neurons; Initiierung eines neuronalen Impulses („spike“) bei Überschreiten eines definierten Aktionspotentials; Axon: Weiterleitung des neuronalen Impulses entlang des Axons zu den synaptischen Verbindungen der nachgeschalteten Neuronen

ad 4) Neuronensemble: Ansammlung nah benachbarter (kortikaler) Neuronen z.B. zur Repräsentation eines Inputwertes (z.B. Intensität in einem definierten Frequenzbereich)

ad 5) Neuronbuffer: Gruppe benachbarter Neuronensembles; Funktion: Darstellung eines motorischen, sensorischen oder kognitiven Zustandes; z.B. eines Vektor von auditiven Inputwerten zur Beschreibung eines Klages, oder eines Vektors von motorischen Outputwerten zur Beschreibung einer definierten Einstellung aller Artikulatoren des Sprechapparates, oder eines Vektors von semantischen Merkmalen zur Beschreibung eines Konzeptes (kognitive Ebene)

ad 6) die Verbindung aller Neuronen eines Neuronbuffers A mit allen Neuronen eines Neuronbuffers B; ein neuronales Netzwerk ist eine neuronale Verarbeitungseinheit; es wird ein neuronaler Zustand in Buffer A in einem anderen neuronalen Zustand in Buffer B überführt, z.B. eine sensorische neuronale Repräsentation in eine kognitive neuronale Repräsentation.

ANTWORTEN zu Kap. 5.1.2:

ad 1) Schicht: der Kortex ist in jedem Areal (in jeder Region) aus sechs übereinanderliegenden neuronalen Schichten aufgebaut. Die Schichten haben unterschiedliche Aufgaben hinsichtlich Inputverarbeitung und Outputgenerierung; Säule: eine kortikale Säule repräsentiert einen sehr kleinen Bereich eines kortikalen Areals und umfasst alle sechs Schichten. Eine kortikale Säule ist funktional ein Neuronensemble und repräsentiert einen „Wert“; Neuronbuffer: Beschreibt ebenfalls ein kleines Kortexareal. Besteht aus mehreren benachbarten kortikalen Säulen (Neuronensembles). Ein Neuronbuffer repräsentiert einen Zustand (sensorisch, motorisch, kognitiv).

ad 2) nein: es gibt mono- und bidirektionale Neuronale Netzwerke. Monodirektionale Netzwerke sind gerichtete Netzwerke. Dies ist der Normalfall eines neuronalen Netzwerkes: Alle Neuronen eines ersten Buffers A assoziieren zu allen Neuronen eines zweiten (nachgeschalteten) Buffers B; da ein Axon einen neuronalen Impuls immer nur vom Zellkern via Axon zum nachgeschalteten Neuron weiterleiten kann (und nicht umgekehrt), ist ein (normales) neuronales Netzwerk immer gerichtet. Synaptische Verbindungen treten hier nur am Eingang (an den Dendriten und an den Zellkörpern) der Neuronen von Buffer B auf.

ad 3) zur Realisierung eines bidirektionalen neuronalen Netzwerkes benötigen wir in beiden Buffern (Buffer A und Buffer B) jeweils die doppelte Anzahl von Neuronen, da jetzt jeder Buffer „Eingangneuronen“ mit synaptischen Verbindungen benötigt. Bidirektionale neuronale Netzwerke sind somit nicht der Normalfall.

ANTWORTEN zu Kap. 5.1.3:

Ad 1) immer am Ende des Axons des ersten Neurons, hin zu einem Dendrit oder direkt zum Zellkörper des nachfolgenden Neurons

ad 2) inhibierende (hemmende) Verbindungen, exzitatorische (erregende) Verbindungen

ad 3) durch Neurotransmitter: Glutamat, Dopamin -> erregend (exzitatorisch); GABA -> hemmend (inhibitorisch)

ANTWORTEN zu Kap. 5.2.1:

ad 1) Großhirn (Zerebrum), Thalamus (Zwischenhirn), Hirnstamm, Kleinhirn (Zerebellum)

ad 2) Großhirnrinde (Neokortex, zerebraler Kortex), Balken (corpus callosum), Basalganglien

ad 3) Mittelhirn, Brücke (pons), verlängertes Mark (medulla oblongata)

ANTWORTEN zu Kap. 5.2.2:

ad 1) transversal (waagrecht) -> superior (oben), inferior unten; koronal (senkrecht) -> anterior (vorne), posterior (hinten); sagittal (senkrecht) -> lateral (seitlich), medial (mittig)

ad 2) Frontallappen: Kognition, Motorik; Temporallappen: auditive Verarbeitung; Parietallappen: somatosensorische Verarbeitung; Okzipitallappen: visuelle Verarbeitung

ad 3) Zentralfurche: frontal vs. parietal; Lateralfurche: frontal und parietal vs. temporal; Longitudinalfurche: linke vs. rechte Hemisphäre

ad 4) innerhalb eines Lappens: eher Netzwerk-Assoziationen: Jedes Neuron eines Buffers A ist mit jedem Neuron eines Buffers B verbunden, überkreuzende Assoziationen, führt zu neuronaler Verarbeitung; übergreifend, z.B. vom Temporalappen zum Frontallappen: eher projizierende Assoziationen: parallelgeführte Axone; führt nur zu einer einfachen Weiterleitung einer neuronalen Repräsentation

ANTWORTEN zu Kap. 5.2.3:

ad 1) zur (kontralateralen) motorischen Steuerung bzw. zur (kontralateralen) sensorischen Inputverarbeitung aus beiden Körperhälften; teilweise werden auch höhere kognitive Aufgaben vorzugsweise lateral bearbeitet

ad 2) nein, aber die Großhirn-interne Verbindung beider Hirnhälften (der Balken) darf z.B. zur Verhinderung einiger Epilepsie-Formen getrennt werden; nicht getrennt werden dürfen andere symmetrisch auftretende Verbindungen (z.B. motorische und sensorische Verbindungen) zu untergeordneten subkortikalen und peripheren Teilen des Nervensystems; Notfalls können hohe kognitive Aufgaben, die vorzugsweise in einer bestimmten Hirnhälfte, also lateral verarbeitet werden, nach Ausfall bestimmter Regionen in dieser Hirnhälfte auch von der anderen Hirnhälfte übernommen werden

ANTWORTEN zu Kap. 5.2.4:

ad 1) durch parallele neuronale Stränge: jede Aktion wird im Striatum neuronal aktiviert, via nachfolgender Zentren der Basalganglien weiterverarbeitet und führt im Thalamus zur Inhibierung oder zur Disinhibierung dieser Aktion.

ad 2) Striatum, Globus pallidus, substantia nigra, und subthalamischer Kern

ad 3) immer inhibitorisch (hemmend); nur der subthalamische Kern wirkt exzitatorisch (erregend) auf höhere Strukturen (substantia nigra und globus pallidus); die Funktion der Basalganglien und des Thalamus ist daher nie direkt exzitatorisch sondern dafür: doppelt inhibitorisch, d.h. disinhibierend

ad 4) eine disinhibierte Aktion wird am Thalamus durchgelassen; alle anderen Aktionen sind zu diesem Zeitpunkt inhibiert

ad 5) durch Kerne, d.h. Aggregate von Neuronen; diese sind immer an bestimmte sensorische Domänen gebunden: auditiv, visuell, somatosensorisch; oder eben motorisch; darüber hinaus: es gibt immer einen Input- und einen Output-Kern. Dazwischen wirkt die durch die Basalganglien an den Thalamus weitergeleitete Inhibierung oder Disinhibierung auf jede neuronale Bahn einer potentiellen Aktion.

ANTWORTEN zu Kap. 5.2.5:

ad 1) Hippocampus und Amygdala

ad 2) Hippocampus: episodisches Gedächtnis; Amygdala: Auslösung und Kontrolle von Emotionen

ANTWORTEN zu Kap. 5.2.6:

ad 1) Kontrolle der Ausführung des Motorplans; erstens: Kontrolle der Zeitpunkte der Aktivierung einzelner SBEs; zweitens: Kontrolle der Ausführung einzelner SBEs; diese Kontrollmechanismen basieren hauptsächlich auf somatosensorischem Feedback; dies ermöglicht artikulatorische Kompensation; auditives Feedback wird hingegen eher zur Korrektur ganzer Motorpläne durch Nachlernen (Adaptation) genutzt; dieser Kontrollmechanismus ist eher kortikal

ANTWORTEN zu Kap. 5.3.0:

ad 1) afferent: von außen nach innen: sensorische Bahnen; efferent: von innen nach außen: motorische Bahn

ad 2) kontralateral: zur andere Körperhälfte gehend; ipsilateral: in der gleichen Körperhälfte bleibend;

ad 3) zumeist kontralaterale Weiterführung der Bahnen vor dem Thalamus; alle Bahnen laufen durch den Thalamus, um die Möglichkeit der Reizunterdrückung zu geben; alle laufen „topisch“ in den jeweiligen primär-sensorischen Kortex zur Weiterverarbeitung; Parallelführung der Axone aller Neuronen; viele Neuronen parallel, aber diese vielen Neuronen sind jeweils mit nur wenigen Neuronen hintereinander geschaltet (oberes vs. unteres Neuron); die oberen, mittleren bzw. unteren Neuronen sitzen immer in Kernen der Bahnen, den sogenannten „Nuclei“

ANTWORTEN zu Kap. 5.3.1:

ad 1) Parallele Weiterleitung von Information von nebeneinanderliegenden Orten der Basilarmembran führt zu primär-kortikal nebeneinander-liegenden neuronalen Repräsentationen von Frequenzbändern

ad 2) Hörnerv bis Cochleakern; ventrale Bahn bis zur oberen Olive; dorsale Bahn zum inferioren Colliculus-Kern; weiter zum CGM im Thalamus; weiter zum primären auditiven Kortex

ANTWORTEN zu Kap. 5.3.2:

ad 1) Parallele Weiterleitung von Information von nebeneinander liegenden Orten auf der Retina zu nebeneinander liegenden Orten im primären visuellen Kortex

ad 2) neuronale Vorverarbeitung bereits im Bereich der Retina; dann: optischer Nerv leitet direkt zum CGL im Thalamus; dies ist der einzige Kern der visuellen Bahn; Weiterleitung über die visuelle Radialbahn zum primären visuellen Kortex

ad 3) hier werden die unterschiedlichen Bereiche des visuellen Feldes (Gesichtsfeld) der Retina ipsi- bzw. kontralateral weitergeleitet; wichtig: es liegt hier kein Kern vor; nur Weiterführung der Axone von der Retina zum Thalamus; nur im Thalamus hier existieren Kerne der visuellen Bahn; das ist ein Unterschied zur auditiven und zur somatosensorischen Bahn

ANTWORTEN zu Kap. 5.3.3:

ad 1) Parallele Weiterleitung von Information von nebeneinander liegenden Orten des Körpers (Körperregionen); dabei parallele Weiterleitung taktiler (Haut) und propriozeptiver (Muskeln und Gelenke) Information; die Information wird von nebeneinander liegenden Regionen des primären somatosensorischen Kortex repräsentiert

ad 2) der erste Kern dieser Bahn liegt im Rückenmark (falls peripher spinal) bzw. Hirnstamm (falls peripher kranial); der zweite Kern liegt im Thalamus; Weiterleitung an den somatosensorischen primären Kortex

ANTWORTEN zu Kap. 5.4.1:

ad 1) oberes Motoneuron liegt im primären Motorkortex; sein Axon reicht bis zum Kern des unteren Motoneurons im Hirnstamm für Kranialnerven (kortiko-bulbäre Bahn) bzw. im Rückenmark für Spinalnerven (kortiko-spinale Bahn); unteres Motoneuron endet mit seinem Axon in der Muskulatur;

ad 2) direkte Weiterleitung der primär-kortikalen neuronalen Aktivierungen an die Muskulatur (via unteres Motoneuron); sensomotorische Reflexbögen im Bereich der Kerne des unteren Motoneurons

ANTWORTEN zu Kap. 5.4.2:

ad 1) kortiko-kortikale Rückkopplungsschleife via Basalganglien und Thalamus;

ad 2) das System ermöglicht die Korrektur von Sprechbewegungen aufgrund kortikaler Rückmeldungen; die Sprechbewegungen werden vom primären Motorkortex aus initiiert

ANTWORTEN zu Kap. 5.5.1:

ad 1) im posterioren Bereich zwischen temporalem und parietalem Kortex (sensorischer Hub)

ad 2) ja: via Arcuatis wird zum prämotorischen Kortex im Frontallappen projiziert.

ad 3) primär-sensorische (auditive oder somatosensorische) Muster werden in höhere unimodale Muster überführt; sie werden dann im sensorischen Hub gebündelt.

ad 4) Aktivierung des Motorplans, Weiterverarbeitung in primär-motorische Aktivierungen für einzelne Muskelgruppen

ad 5) Projektion hoher sensorischer Muster in den Frontallappen und Projektion hoher motorischer Muster in den Temporal-Parietallappen (zum sensorischen Hub); diese Projektionen dienen einer heteromodalen motorisch-sensorischen Verarbeitung

ANTWORTEN zu Kap. 5.5.2:

ad 1) deklarativ: bewusstes Lernen von Fakten durch Erklärungen (intellektuell; kein Üben notwendig); prozedural: intuitives sub-bewusstes Lernen von Prozeduren und Fertigkeiten durch (mehrmaliges) Üben

ad 2) deklaratives System: Abruf von Wissen; prozedurales System: Durchführen von Befehls-Sequenzen; also: ein Nacheinander, eine Abfolge von Aktionen

ad 3) es ist weitgestreut; ein semantischer Hub befindet sich im anterioren Bereich des Temporallappens; bei vielen Konzepten sind aber ebenfalls das motorische und alle sensorischen Zentren mit aktiviert

ad 4) im deklarativen System (Temporallappen); Aktivierung von Lexemen

ad 5) im prozeduralen System (Frontallappen); hier sind auch die Lemmata gespeichert; grammatikalische Regeln (implizite Regeln) sind wahrscheinlich im inferioren Teil des Parietallappen gespeichert und müssen von dort aus mitaktiviert werden

ANTWORTEN zu Kap. 5.5.3:

ad 1) Lernen bedeutet: Erwerb von Langzeitwissen; Gelerntes wird neuronal gespeichert durch Setzen bzw. Adaptieren von Verbindungsgewichten in einem Netzwerk zwischen zwei Neuronen A und B; nach dem Lernen: ein neuronaler Zustand in Buffer A kann jetzt in einen definierten anderen neuronalen Zustand in Buffer B überführt werden; Also: Das Gehirn hat gelernt, einen definierten neuronalen Prozess durchzuführen.

ad 2) Neuronale Zustände am Input-Buffer A und Output-Buffer B sind bekannt; d.h. es ist klar, welche Ergebnisse das neuronale Netzwerk produzieren soll; einfaches Hebb'sches Lernen nach delta-Regel;

ad 3) Neuronale Input-Zustände an Buffer A sind klar; Buffer B muss sich aber selbst organisieren; eine sich selbst organisierende Karte durch Hebb'sches Lernen; in der sich selbst organisierenden Karte

werden ähnliche Input-Zustände durch nebeneinanderliegende Neuronen repräsentiert; dieses Lernergebnis, d.h. diese Ordnung der Stimuli auf der sich selbst organisierenden Karte ist die Basis für die spätere Identifikation (Klassifikation) von Stimuli

ad 4) definierte sensorische neuronale Input-Zustände sollen definierte motorische Output-Zustände (definierte Reaktionen) nach sich ziehen; immer wenn der Lehrer mit der Reaktion zufrieden ist, gibt er dem Lernenden positives Feedback (eine Bestärkung); der Lernende assoziiert dann sensorischen Input in Buffer A mit definiertem motorischem Output in Buffer B