
DAS NERVENSYSTEM

Vom Gehirn bis zur Nervenzelle



ANATOMIE für die Pflegeassistenten

INHALTSVERZEICHNIS

DAS GEHIRN

Die Hirnhäute

Das Großhirn

Die Großhirnrinde

Das Kleinhirn

Das limbische System

Das Zwischenhirn

Thalamus

Hypothalamus

Epithalamus

Der Hirnstamm

Das Mittelhirn

Die Substantia nigra

Das verlängerte Rückenmark

DAS RÜCKENMARK

Die Liquorflüssigkeit

Die Liquordiagnostik

DAS NERVENSYSTEM

Einteilung des Nervensystems

Das somatische und das vegetative (autonome) Nervensystem

Das zentrale Nervensystem (ZNS)

Das periphere Nervensystem (PNS)

Reizweiterleitung

Afferente und efferente Nervenbahnen

Sensorische und motorische Nervenbahnen

Arten der Reizweiterleitung

Reflexe

Physiologische und pathologische Reflexe

DIE NERVENZELLE (NEURON)

Die 2 Zelltypen des Nervensystems

Aufbau der Nervenzelle

Reizweiterleitung zwischen Nervenzellen

Der Weg der Informationsweiterleitung von Neuron zu Neuron

Chemische Botenstoffe: Neurotransmittersubstanzen

Acetylcholin

Glutamat

Dopamin

[Noradrenalin](#)[Serotonin](#)[Myelinscheiden](#)[Die graue und die weiße Substanz](#)[Ranviersche Schnürringe](#)[FACH- UND FREMDWÖRTER FÜR DIE PFLEGEASSISTENZ](#)

Themencluster Nervensystem: Verknüpfte Themen

Wiederholen Sie die verknüpften Themen, bevor Sie mit dem neuen Thema beginnen (oder schneiden Sie das Thema erstmalig an).

1. Erste Hilfe:
 - a. Schlaganfall
 - b. Krampfanfall
 - c. Bewusstlosigkeit Definition
2. Pflegeprozess:
 - a. Die 5 Regeln für das Verfassen eines Pflegeberichts
3. Recht:
 - a. Welche Informationen darf die Pflegeassistenz weitergeben?
 - b. Der Unterschied zwischen Information und Aufklärung
4. Anatomie:
 - a. Die Zelle: Welche Zellen im Körper haben einen Zellkern, welche nicht?
5. Akut- und Langzeitpflege, Pflegetechnik:
 - a. Hypotonie

DAS GEHIRN

Das Gehirn (Enzephalon) ist das Steuerorgan des menschlichen Körpers. Es ist die Hauptschaltstelle und der Informationsspeicher des Nervensystems.^[1]

Gemeinsam mit dem Rückenmark bildet das Gehirn das zentrale Nervensystem.

Das menschliche Gehirn wiegt durchschnittlich etwa 1300 Gramm. Es besteht aus schätzungsweise 86 Milliarden Nervenzellen (Neuronen), die über zahlreiche Kontaktstellen miteinander verbunden sind.^[2]

Warum ist dieses Wissen für die Pflegeassistenz wichtig?

Beobachtung und Dokumentation:

Zu den Aufgaben der Pflegeassistenz gehören die Beobachtung des Gesundheitszustands und die Dokumentation. Grundwissen über das Gehirn versetzt sie in die Lage, fachlich korrekt zu dokumentieren.

Dokumentation, Beispiel:

09:15 Uhr: Frau M. wirkt heute deutlich verwirrter als am Vortag. Sie nennt ihren Namen richtig, kann aber den Ort nicht benennen. Auf Fragen antwortet sie erst nach längerer Zeit und sucht mehrmals nach Wörtern. Beim Aufstehen zeigt sie einen unsicheren Gang und hält sich an der Bettkante fest. Sie sagt, dass ihr „schwindelig“ ist. Der rechte Arm wird beim Anziehen weniger eingesetzt als sonst. Frau M. versteht einfache Aufforderungen, benötigt jedoch Wiederholungen. Beim Trinken von Wasser hustet Frau M. einmal. Atmung ruhig, keine sichtbare Atemnot. Zuständige diplomierte Pflegeperson um 09:20 Uhr über die Veränderungen informiert. Frau M. bis zur weiteren Abklärung beim Aufstehen begleitet und nicht allein gehen lassen. (Worauf ist dieser Symptomkomplex verdächtig? Antwort unten, s. a)

Kommunikation fördern:

Auch das Fördern von Kommunikation gehört zu ihren Aufgaben. Einfache, alltagsnahe Informationen können Sicherheit geben und Ängste verringern. Die Pflegeassistenz kann zum Beispiel erklären, warum eine

Person nach einem Schlaganfall Schwierigkeiten beim Sprechen oder Bewegen haben kann. Für die Aufklärung ist die ÄrztIn zuständig! Bei Fragen zu Diagnosen, Untersuchungen, Therapien oder Prognosen verweist die PA auf die zuständigen Fachpersonen.

Kommunikation, Beispiel:

Patient: „Warum kann ich plötzlich nicht richtig sprechen? Ich weiß doch, was ich sagen will.“

PA: „Das kann verunsichern. Im Gehirn gibt es Bereiche, die beim Verstehen und Sprechen mithelfen. Nach einem Schlaganfall kann es sein, dass diese Bereiche gerade nicht so gut zusammenarbeiten wie vorher. Das heißt aber nicht, dass dies auch langfristig so bleibt. Das Gehirn ist neuroplastisch - es kann sich anpassen und neue Verbindungen nutzen. Bei der Rehabilitation wird deshalb geübt, was gerade schwerfällt. Durch viele kleine Wiederholungen kann sich die Sprache wieder verbessern. Dazu heißt es aber: Viel üben!“

Die Hirnhäute

Die Hirnhäute sind bindegewebige Schichten, die das Gehirn umhüllen. Zwischen den Hirnhäuten zirkuliert der Liquor (Gehirn-Rückenmark-Flüssigkeit), der Schutz bei Erschütterungen bietet.

Die Hirnhäute bestehen aus drei Schichten, die sich von außen nach innen wie folgt anordnen:

- Dura mater (harte Hirnhaut) - liegt direkt am Knochen an
- Arachnoidea (Spinnwebhaut)
- Pia mater (weiche Hirnhaut) - liegt am Gehirn bzw. dem Rückenmark auf.^[3]

Zwischen den Hirnhäuten können Hirnblutungen entstehen. Hirnhautentzündung kann in schweren

Fällen zu bleibenden neurologischen Schäden, Entwicklungsstörungen oder einer Hörbehinderung führen.^[20]

Das Großhirn

Das Großhirn ist verantwortlich für Funktionen wie Denken und Gedächtnis.^[4]

Das Großhirn stellt mit etwa 80 % des Gesamtgewichts den größten Teil des menschlichen Gehirns dar. An der Oberfläche des Großhirns befinden sich zahlreiche Furchen und Windungen, die für die typische gefaltete Struktur des Gehirns verantwortlich sind und die das Gehirn optisch an eine Walnuss erinnern lassen. Diese Faltungen vergrößern die Oberfläche der Großhirnrinde und ermöglichen so eine höhere Dichte an Nervenzellen.^[5]

Wie bei der Walnuss ist das Großhirn in zwei Hälften, die sogenannten Hemisphären, unterteilt - eine linke und eine rechte Gehirnhälfte. Jede dieser Hemisphären ist wiederum in vier verschiedene Lappen unterteilt: den Stirnlappen (Frontallappen), den Scheitellappen (Parietallappen), den Schläfenlappen (Temporallappen) und den Hinterhauptslappen (Okzipitallappen).^[6]

Die beiden Hemisphären stehen über ein breites Nervenbündel, den sogenannten Balken, in Verbindung. Er dient dem Informationsaustausch zwischen beiden Gehirnhälften.^[5]

Jede Hirnhälfte hat sich im Laufe der Entwicklung auf bestimmte Funktionen spezialisiert. In der linken Hemisphäre befinden sich bei den meisten Menschen die Zentren für Sprache und abstraktes Denken, während die rechte Hemisphäre eher für

bildhafte Zusammenhänge oder räumliches Denken zuständig ist.^[6]

Die Großhirnrinde

Die äußere Schicht des Großhirns wird als Großhirnrinde (Cortex) bezeichnet. Sie ist stark gefaltet und misst etwa zwei bis fünf Millimeter in der Dicke.^[7] Trotz ihrer geringen Dicke beherbergt sie die zentralen Bereiche für Lernen, Sprache und Logik. In der Hirnrinde laufen zudem sämtliche Informationen aus den Sinnesorganen zusammen. Dort werden sie verarbeitet, bewertet und schließlich im Gedächtnis gespeichert. Unter der Großhirnrinde liegt das Großhirnmark.

Der Cortex ist in verschiedene funktionelle Bereiche unterteilt (Rindenfelder), die jeweils für bestimmte Aufgaben (Wahrnehmung, Sprache, Lernen, Denken) zuständig sind. Eintreffende sensorische Informationen aus dem Körper (Afferenzen) werden an Rindenfelder weitergeleitet und dort verarbeitet.^[8]

- Ein wichtiger Bereich ist das sensorische Sprachzentrum **(Wernicke-Zentrum)**^[9]. Es ist dafür zuständig, das Gehörte zu verstehen. Ist dieser Bereich gestört, kann das Sprachverständnis beeinträchtigt sein, obwohl Betroffene weiterhin sprechen können. Eine solche Funktionsstörung kann zum Beispiel durch einen Schlaganfall ausgelöst werden.
- Das motorische Sprachzentrum **(Broca-Zentrum)** spielt eine Rolle bei der Sprachproduktion^[9]. Eine Schädigung dieses Bereichs (z.B. durch einen Schlaganfall) führt häufig zu Wortbildungsstörungen (Broca-Aphasie). Betroffene haben Schwierigkeiten, Wörter korrekt

zu formen oder flüssig zu sprechen. Das Sprachverständnis ist dabei meist besser erhalten.

Wenn Sprachbereiche der Großhirnrinde geschädigt werden, z.B. durch einen Schlaganfall, kann es zu einer Aphasie (Beeinträchtigung der Kommunikation) kommen.^[21] Beim Fetalen Alkoholsyndrom werden unter anderem Veränderungen an Teilen der Großhirnrinde beschrieben.

Das Kleinhirn

Das Kleinhirn koordiniert Gleichgewicht und Bewegung.^[10]

Das Kleinhirn überwacht und korrigiert Bewegungsabläufe, erzeugt jedoch selbst keine Bewegungen. Es wirkt wie ein feinabstimmendes Kontrollzentrum, das sicherstellt, dass Bewegungen geschmeidig und zielgerichtet ausgeführt werden.^[11]

Wenn die Funktion des Kleinhirns gestört ist, leiden Betroffene unter motorischen Störungen, die sich beispielsweise in einem unsicheren Gang oder einem Verlust des Gleichgewichts äußern.^[12] Schon alltägliche Aufgaben, wie das sichere Stehen auf einem Bein, können dann kaum noch bewältigt werden.

Die Dandy-Walker-Malformation ist eine angeborene Fehlbildung des Kleinhirns. Sie kann zu Gangstörung, Gleichgewichts- oder Koordinationsstörung (Ataxie) sowie zu Entwicklungsverzögerungen führen.^[24]

Das Limbische System

Beim Limbischen System handelt es sich **nicht** um einen eigenen, klar abgegrenzten Teil des Gehirns, sondern um ein Netzwerk verschiedener Strukturen, die

sich in unterschiedlichen Bereichen des Gehirns befinden.^[13]

Im Limbischen System werden Emotionen, Motivation, Triebverhalten und unbewusste Reaktionen (Kampf oder Flucht) verarbeitet.^[13]

Da es dem Cortex (also dem denkenden Teil des Gehirns) vorgeschaltet ist, kann es Reaktionen auslösen, ohne dass das Denkvermögen aktiv wird (Kampf oder Flucht). Sinneseindrücke und Reize aus der Umwelt werden vom limbischen System unmittelbar auf Basis gespeicherter Erfahrungen emotional bewertet, was die Reaktionsfähigkeit dieses Systems bemerkenswert hoch macht. Eine vorherige rationale Analyse erfolgt nicht.

Das Zwischenhirn

Das Zwischenhirn ist vor allem an der automatischen Regulation lebenswichtiger Funktionen sowie an der Auswahl und Weiterleitung von Sinnesreizen beteiligt.^[14]

- **Thalamus:** "Das Tor des Bewusstseins", Auswahl und Weiterleitung von Sinnesreizen
- **Hypothalamus:** Hunger- und Durstgefühl, Temperaturregulation, Sexualtrieb
- **Epithalamus:** Zirbeldrüse (Schlaf-Wach-Rhythmus)^[14]

Thalamus

Ein besonders wichtiger Bestandteil des Zwischenhirns ist der Thalamus. Er wird häufig als „Tor zum Bewusstsein“ bezeichnet, da er entscheidet, welche Sinneseindrücke in unser Bewusstsein gelangen.

Hypothalamus

Neben dem Thalamus ist auch der Hypothalamus ein wichtiger Bestandteil des Zwischenhirns. Der

Hypothalamus reguliert lebenswichtige Körperfunktionen wie Hunger- und Durstgefühl, Temperaturregulation und Sexualtrieb.

Ein hypothalamisches Hamartom ist eine angeborene Fehlbildung im Bereich des Hypothalamus. Es kann zu epileptischen Anfällen^[22], Entwicklungsverzögerungen und Verhaltensauffälligkeiten^[23] führen.

Epithalamus

Der Epithalamus ist ein Teil des Zwischenhirns und umfasst unter anderem die Zirbeldrüse. Die Zirbeldrüse spielt eine wichtige Rolle bei der Regulation des Schlaf-Wach-Rhythmus.

Der Hirnstamm

Der Hirnstamm ist ein entwicklungsgeschichtlich alter Teil des Gehirns (umgangssprachlich "Reptiliengehirn") und verbindet das Gehirn mit dem Rückenmark. Er übernimmt grundlegende Aufgaben, die für das Überleben unverzichtbar sind - weitgehend unwillkürliche Funktionen. Dazu zählen die Atmung, der Herzschlag, und der Blutdruck.^[15] Außerdem befinden sich im Hirnstamm wichtige Schutzreflexe, zum Beispiel der Lidschluss-, Schluck- und Hustenreflex.^[16]

Teile des Hirnstamms

- **Thalamus:** "Das Tor des Bewusstseins", Auswahl und Weiterleitung von Sinnesreizen
- **Hypothalamus:** Hunger- und Durstgefühl, Temperaturregulation, Sexualtrieb
- **Epithalamus:** Zirbeldrüse (Schlaf-Wach-Rhythmus)^[14]

Das Mittelhirn

Das Mittelhirn ist der oberste Abschnitt des Hirnstamms.^[17] Eine wichtige Struktur im Mittelhirn ist die Substantia nigra.^[18] Sie ist im Zusammenhang mit Morbus Parkinson bekannt.

Die Substantia nigra

Die Substantia nigra trägt ihren Namen aufgrund ihrer dunklen Färbung^[17], welche durch einen hohen Gehalt an Eisen und Melanin entsteht. Melanin befindet sich in den Haarfollikeln, der Iris des Auges, dem Innenohr und in der Substantia nigra.

In der Substantia nigra wird Dopamin produziert. Dopamin beeinflusst die motorischen Funktionen. Bei Morbus Parkinson kommt es zu einem fortschreitenden Absterben der Dopamin produzierenden Nervenzellen in der Substantia nigra. Dieser Zellverlust führt zu einem Dopaminmangel, was die typischen motorischen Symptome wie Zittern, Muskelsteifheit und Bewegungsverlangsamung zur Folge hat.^[18]

Das verlängerte Rückenmark

Das verlängerte Rückenmark ist ein Teil des Hirnstamms.^[20] Es markiert den Übergang vom Rückenmark zum Gehirn.^[19] Hier beginnt funktionell das Gehirn.

Das verlängerte Rückenmark übernimmt lebenswichtige Funktionen wie:

- Atmung
- Herzschlag
- Blutdruck^[15]
- Lidschlussreflex
- Schluckreflex
- Hustenreflex^[16]

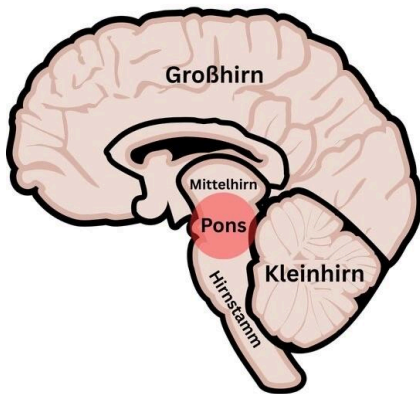


Abb. 2: sagittaler Schnitt

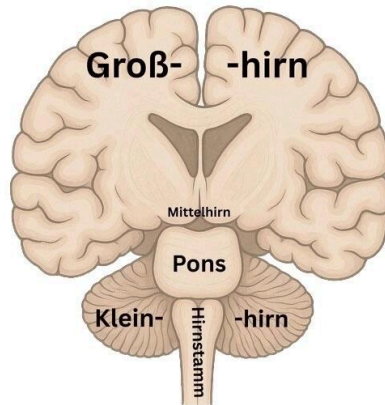


Abb. 3: koronaler Schnitt

Bei der pontozerebellären Hypoplasie sind die Brücke als Teil des Hirnstamms und das Kleinhirn nicht ausreichend entwickelt. Betroffene können verzögerte oder fehlende kognitive und motorische Entwicklung, geistiges Defizit, Spastizität (erhöhter Muskeltonus), Chorea / Dyskinesie (Bewegungsstörungen), Schluckbeschwerden und epileptische Anfälle haben. Zusätzlich kann eine Mikrozephalie auftreten.^[25]

DAS RÜCKENMARK

Wie das Gehirn ist auch das Rückenmark von den drei Hirnhäuten umgeben:

- harte Hirnhaut (Dura mater)
- Spinnwebenhaut (Arachnoidea mater)
- weiche Hirnhaut (Pia mater)

Die Hirnhäute und die Gehirn-Rückenmarks-Flüssigkeit (Liquor) schützen das Rückenmark vor Erschütterungen. Zusätzlich liegt das Rückenmark im knöchernen Wirbelkanal und ist dadurch vor mechanischen Einwirkungen geschützt.^[26]

Spina bifida ist eine angeborene Fehlbildung der Wirbelsäule. Dabei kann auch das Rückenmark betroffen sein.^[27] Die Fehlbildung entsteht sehr früh in der Schwangerschaft, wenn sich das Neuralrohr nicht vollständig schließt.^[28] Typische Folgen einer Spina bifida können Lähmungserscheinungen (Muskelschwäche, Lähmungen, Gangstörungen, Querschnittlähmung) und Empfindungsstörungen (eingeschränktes Schmerz-, Temperatur- oder Berührungsempfinden, Harn- oder Stuhlinkontinenz) sein. Zusätzlich kann ein Hydrozephalus („Wasserkopf“) auftreten. Wie ausgeprägt die Folgen sind, hängt vor allem davon ab, an welcher Stelle der Wirbelsäule die Fehlbildung liegt und wie stark Rückenmark und Nerven betroffen sind.^[29] Kognitiv kann Spina bifida sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. Die Behinderung bedeutet nicht automatisch eine intellektuelle Beeinträchtigung. Bei leichteren Formen, etwa Spina bifida occulta, ist die kognitive Entwicklung häufig unauffällig.^[30]

Die Liquorflüssigkeit

Die Liquorflüssigkeit (Gehirn- und Rückenmarks-Flüssigkeit) ist eine klare Körperflüssigkeit, die das Gehirn und das Rückenmark vollständig umspült. Sie wird hauptsächlich in den Hirnkammern (Hirnventrikeln) gebildet.^[31]

Eine der wichtigsten Funktionen des Liquors besteht im mechanischen Schutz des Gehirns und des Rückenmarks. Gehirn und Rückenmark „schwimmen“ im Liquor. Dadurch wirkt er wie ein Polster: Er dämpft Erschütterungen und verringert die Belastung des empfindlichen Nervengewebes.^[31]

Neben dieser Schutzfunktion ist der Liquor auch an der Versorgung des Gehirns mit Nährstoffen beteiligt. Da der Liquor ständig in Bewegung ist, kann er

Stoffwechselprodukte und Abfallstoffe aus dem Nervengewebe aufnehmen. Anschließend werden diese über das venöse System abtransportiert. Durch den kontinuierlichen Fluss des Liquors kann ein stabiles Milieu im Gehirn aufrechterhalten werden.^[32]

Die Liquordiagnostik

Die Liquordiagnostik ist ein wichtiges Untersuchungsverfahren in der Neurologie. Da der Liquor nicht nur das Gehirn, sondern auch das Rückenmark umspült^[33], lässt sich durch eine sogenannte Lumbalpunktion – also die Entnahme von Liquor im Bereich der Lendenwirbelsäule – auf Entzündungen oder Infektionen von Gehirn, Rückenmark und Hirnhäuten schließen.^[34]

Eine Lumbalpunktion dient der Entnahme von Liquor zur Diagnostik neurologischer Erkrankungen.

Bei Multipler Sklerose zum Beispiel findet man im Liquor häufig Entzündungsmarker (Zeichen einer Entzündungsreaktion im zentralen Nervensystem) und in einigen Fällen eine leicht erhöhte Zahl von Abwehrzellen (Lymphozyten).^[35]

Die Liquordiagnostik kommt beispielsweise zum Einsatz bei Verdacht auf folgende Erkrankungen:

- Entzündungen der Hirnhäute und des Gehirns (Meningitis, Enzephalitis)
- Autoimmunerkrankungen (Multiple Sklerose)
- infektiöse Erkrankungen (Neuroborreliose)^[36]

DAS NERVENSYSTEM

Das Nervensystem besteht aus dem Gehirn, dem Rückenmark und allen Nervenbahnen des gesamten Körpers. Es verbindet Gehirn und Rückenmark mit den

Sinnesorganen, Muskeln und Organen. Das Nervensystem (und nicht bloß das Gehirn) ist der Sitz des Gedächtnisses, des Bewusstseins (Wachheit, Orientierung und Reaktionsfähigkeit), des Denkens und des Empfindens.^[37]

Das Nervensystem steuert alle lebenswichtigen Körperfunktionen und ermöglicht Reaktionen auf innere und äußere Reize. Wenn das Nervensystem beeinträchtigt ist, können zum Beispiel Bewusstseinsstörungen^[39] oder Veränderungen von Atmung und Kreislauf^[38] auftreten.

Zweck des Nervensystems:

Das Nervensystem wandelt Erregung in Aktion um.^[40]

- Reizaufnahme
- Reizweiterleitung
- Reizverarbeitung
- Auslösung und Steuerung von Reaktionen

Reize werden über spezialisierte Rezeptoren – z. B. für Temperatur, Druck oder Schmerz – aufgenommen, in elektrische Signale (Aktionspotentiale) umgewandelt und über die Nervenbahnen zum Gehirn weitergeleitet. Dort werden sie verarbeitet, bewertet und mit gespeicherten Erfahrungen verknüpft. Auf dieser Grundlage kann der Körper passend reagieren.^[41]

Praxisbeispiel Dokumentation:

10:30 Uhr: Herr S. berührt beim Trinken versehentlich die noch heiße Tasse mit der rechten Hand. Er zieht die Hand sofort zurück und sagt: „Das ist heiß, das brennt.“ An der rechten Handfläche leichte Rötung sichtbar, keine Blasen erkennbar. Hand unter kühles, nicht eiskaltes Wasser gehalten. Herr S. gibt danach an, dass der Schmerz nachlässt. Rechte Hand wird weiter beobachtet.

Dieses Beispiel zeigt, dass auch bei scheinbar unauffälligen Situationen eine sinnvolle Dokumentation (anstatt "keine Vorkommnisse" zu schreiben) möglich ist. Obwohl kein besonderes Vorkommnis vorliegt, wird festgehalten, dass Herr S. Temperatur- und Schmerzreize wahrnimmt, unmittelbar darauf reagiert und den Schmerz benennen kann.

Einteilung des Nervensystems

Funktionelle Einteilung

- willkürliches Nervensystem (somatisches)
- unwillkürliches Nervensystem (vegetatives oder autonomes)^[38]

Lage-Einteilung

- zentrales Nervensystem (ZNS)
- peripheres Nervensystem (PNS)^[38]

Das somatische und das vegetative (autonome) Nervensystem

Die funktionelle Gliederung des Nervensystems unterscheidet zwei Hauptbereiche: das **somatische** und das **vegetative (autonome) Nervensystem**.^[38]

Das **somatische Nervensystem** ist für willkürliche, bewusste Bewegungen und Sinneswahrnehmungen zuständig. Es ermöglicht die gezielte Steuerung der Skelettmuskulatur und regelt die Beziehung des Körpers zur Außenwelt. Dazu verfügt es über afferente und efferente Bahnen^[39], über die es Reize entweder aus der Umwelt ans Gehirn (z. B. Schmerz) oder vom Gehirn an die Muskeln weiterleitet.

Das **vegetative (autonome) Nervensystem** ist ein unwillkürliches, also unbewusst arbeitendes System. Es ist verantwortlich für die Sensibilität und Motorik der inneren Organe^[40] und reguliert die Beziehung zur körperlichen Innenwelt. So steuert es unter anderem die Verdauung^[41], den Herzschlag, die Atmung und den Stoffwechsel. Innerhalb des vegetativen Nervensystems unterscheidet man zwei gegensätzlich wirkende Anteile: den Sympathikus und den Parasympathikus.^[42]

Sympathikus

Der Sympathikus tritt aus dem Brust- und Lendenbereich in das periphere Nervensystem ein^[43]. Er ist vor allem in Stresssituationen aktiv und bereitet den Körper auf Kampf oder Flucht vor – zum Beispiel durch eine Erhöhung des Herzschlags, Erweiterung der Bronchien und Hemmung der Verdauung.

Parasympathikus

Der Parasympathikus hingegen entspringt überwiegend dem Kopfbereich und wirkt als Gegenspieler des Sympathikus. Er ist aktiv in Phasen der Ruhe, Regeneration und Verdauung^[44]. Seine Funktion besteht darin, den Körper in einen Zustand der Erholung zu versetzen.

Das zentrale Nervensystem (ZNS)

Zum zentralen Nervensystem gehören das **Gehirn und das Rückenmark**. Beide Strukturen werden von Hirnhäuten umgeben und vom Liquor umspült.

Warum muss die Pflegeassistenz das wissen?

Kopf, Nacken und Wirbelsäule müssen besonders geschützt werden. Zum Beispiel darf eine Person nach einem Sturz mit möglichen Verletzungen an Kopf oder Wirbelsäule nicht unnötig bewegt werden. Die Pflegeassistenz beobachtet und dokumentiert Bewusstsein, Orientierung, Pupillen, Bewegung, Gefühl,

Schmerzen oder Übelkeit und informiert sofort den Notruf (bzw. den gehobenen Dienst).

Praxisbeispiel Dokumentation:

10:15 Uhr: Bewohnerin im Bad neben dem WC am Boden vorgefunden. Bewohnerin gibt an, beim Sturz mit dem Kopf an die Wand gestoßen zu sein. Wach, ansprechbar und räumlich, örtlich, zeitlich und situativ orientiert. Pupillen beidseits gleich groß. Bewegung von Armen und Beinen möglich, keine Gefühlsstörungen angegeben. Bewohnerin berichtet über Kopfschmerzen und leichte Übelkeit. Bewohnerin nicht mobilisiert, Kopf und Nacken ruhig gehalten. Gehobener Dienst um 10:18 Uhr informiert. Weitere Vorgehensweise durch den gehobenen Dienst veranlasst.

Spastizität ist eine krankhaft erhöhte Muskelspannung (Muskeltonus) infolge einer Schädigung des zentralen Nervensystems.^[45] Eine mögliche Ursache für Spastizität ist der Schlaganfall.^[46] Dadurch können unter anderem spastische Hemiparese oder Hemiplegie auftreten.^[47] Frühkindliche Schädigungen und angeborene Fehlbildungen, bei denen Spastizität auftreten kann, sind unter anderem die infantile Zerebralparese^[48] und bestimmte Formen der Spina bifida^[49]. Bei der infantilen Zerebralparese liegt eine Schädigung des Gehirns vor.^[50] Bei Spina bifida handelt es sich um eine angeborene Fehlbildung der Wirbelsäule, bei der auch das Rückenmark betroffen sein kann.^[51]

Das periphere Nervensystem (PNS)

Das periphere Nervensystem (PNS) besteht aus allen **Nervenbahnen**, die außerhalb des ZNS (also außerhalb von Gehirn und Rückenmark) verlaufen^[52], inklusive der 12 Hirnnervenpaare^[54]. Es leitet Informationen aus der Umwelt an das ZNS weiter (afferent) und überträgt Befehle vom ZNS an Muskeln und Drüsen (efferent).^[53]

Aufgabe des PNS: efferente Reizleitung vom ZNS weg und afferente Reizleitung zum ZNS hin^[54]

Reizweiterleitung

Die Reizweiterleitung im Nervensystem erfolgt über zwei Hauptwege:

- afferente Nervenbahnen
- efferente Nervenbahnen

Afferente und efferente Nervenbahnen

Die **Nervenbahnen** sorgen für die Kommunikation zwischen dem Körper und dem zentralen Nervensystem.^[55] Sie befinden sich im Peripheren Nervensystem. Afferente Nervenbahnen leiten Reize zum ZNS hin, efferente Nervenbahnen leiten Befehle vom ZNS weg.

Afferente Nerven leiten **sensorische** Reize aus der Umwelt oder aus dem Körperinneren zum Gehirn, z.B. sehen → afferente Nervenfasern → Gehirn. Zu den sensorischen Reizen aus der Umwelt gehören alle Sinneswahrnehmungen wie Sehen, Hören, Fühlen, Riechen und Schmecken. Über afferente Nervenbahnen werden auch Informationen über Schmerz und Temperatur^[56] zum Gehirn geleitet.

Efferente Nerven leiten Befehle (**motorische** Reize) vom zentralen Nervensystem zu Muskeln und Drüsen. Sie steuern sowohl willkürliche Bewegungen der Skelettmuskulatur^[54] als auch unwillkürliche Vorgänge in inneren Organen und Drüsen. Viele dieser Nervenbahnen kreuzen sich auf ihrem Weg in Richtung Muskeln. Deshalb steuert die linke Gehirnhälfte meist die rechte Körperseite und die rechte Gehirnhälfte meist die linke.^[56]

Sensorische und motorische Nervenbahnen

- **Sensorische Nerven** leiten Sinnesreize ans Gehirn (afferente Nervenbahnen, Afferenzen)^[54]
- **Motorische Nerven** leiten Befehle vom ZNS zu den Muskeln (efferente Nervenbahnen, Efferenzen)^[54]

Sprung zurück zur Großhirnrinde:

Wir haben bereits gehört, dass das **Wernicke-Zentrum** ein wichtiger Bereich der Großhirnrinde (Rindenfeld) ist. Es wird als **sensorisches** Sprachzentrum bezeichnet: Damit Sprache verstanden werden kann, müssen Sinnesinformationen zuerst über **afferente sensorische** Nervenfasern^[57] vom Ohr zum Gehirn gelangen.

Wir haben gehört, dass das Broca-Zentrum ein **motorisches** Sprachzentrum ist und eine wichtige Rolle bei der Sprachproduktion spielt. Von dort werden Befehle über **efferente motorische Nervenfasern** zu den Sprechmuskeln weitergeleitet, zum Beispiel zu Zunge, Lippen und Kehlkopf^[58].

Arten der Reizweiterleitung

Die Reizweiterleitung im Nervensystem lässt sich in zwei Arten unterscheiden:

- die **willkürliche** (bewusste) Reizleitung (z.B. Gehen oder Greifen)
- die **unwillkürliche** (unbewusste) Reizleitung (z.B. Herzschlag, Verdauung, Reflexe)

Reflexe

Reflexe sind automatische Reaktionen des Nervensystems, die zum Schutz des Körpers^[59] dienen. An einem Reflexbogen sind sowohl das PNS als auch das ZNS beteiligt, weil die Verarbeitung häufig im Rückenmark erfolgt.

Da einige Reaktionen über das Gehirn zu lange dauern würden, hat der Körper ein eigenes schnelles System entwickelt, um in Gefahrensituationen rasch reagieren zu können - den Reflexbogen^[60]. Ein Reflexbogen läuft unwillkürlich über das Rückenmark ab und sorgt so für eine schnelle Gefahrenabwehr.

Reflexbogen = Rezeptor → afferente Bahn → Rückenmark/Hirnstamm → efferente Bahn → Muskel/Organ

Physiologische und pathologische Reflexe

Physiologische Reflexe sind bei gesunden Menschen auslösbare, unwillkürliche Reaktionen auf einen Reiz. Dazu gehören zum Beispiel der Lidschlussreflex, Hustenreflex, Schluckreflex, Pupillenreflex und Niesreflex. Primitivreflexe gehören zu den physiologischen Reflexen. Sie sind bei Säuglingen physiologisch und verschwinden im Verlauf der neurologischen Reifung.

Pathologische Reflexe können ein Hinweis auf eine Schädigung des Zentralen Nervensystems sein, z.B. der Babinski-Reflex: Wird die Fußsohle gereizt, spreizt sich die Großzehe nach oben und die übrigen Zehen reihen sich fächerförmig („Fächerzeichen“). Dieses Reflexverhalten ist bei Säuglingen normal^[61], beim Erwachsenen gilt es als Hinweis auf eine mögliche Schädigung des zentralen Nervensystems.^[62]

Praxisbeispiel Dokumentation:

14:10 Uhr: Frau B. trinkt Wasser in aufrechter Sitzposition. Nach einem Schluck hustet sie zweimal kräftig und setzt die Tasse selbstständig ab. Sie sagt: „Das ist in den falschen Hals gekommen.“ Danach keine sichtbare Atemnot, Atmung ruhig. Frau B. wirkt nicht verängstigt und will nach kurzer Pause weitertrinken. Weitere Flüssigkeitsgabe nur in kleinen Schlucken.

Dieses Beispiel zeigt, dass auch bei unauffälligen Situationen eine sinnvolle Dokumentation möglich ist. Statt nur „keine Vorkommnisse“ festzuhalten, wird sichtbar, dass Frau B. an diesem Tag getrunken hat, wie sie auf den Hustenreiz reagierte und dass anschließend keine Atemnot erkennbar war. (Was könnte der Hintergrund dieses Eintrags sein? Warum könnte die PA das dokumentiert haben? Antwort unten, s. b)

DIE NERVENZELLE (NEURON)

Die Hauptaufgabe der Nervenzelle liegt in der Aufnahme und Weiterleitung von Informationen.^[63]

Das menschliche Gehirn besitzt ungefähr 86 Milliarden Nervenzellen^[66], also rund 86.000.000.000 Neuronen.

Wie Herzmuskelzellen besitzen auch Nervenzellen nicht die Fähigkeit zur Zellteilung.^[65] Lange Zeit galt daher die Annahme, dass das Gehirn keine Nervenzellen nachbilden kann. Heute wissen wir, dass sich das Gehirn durch Training und Wiederholung anpassen kann (Neurogenese).^[64]

Wie fast jede Zelle besitzt auch die Nervenzelle Organellen (das sind Zellbestandteile: z. B. Zellkern), die im Zellkörper liegen.

Ein funktionstüchtiges Nervensystem ermöglicht eine schnelle Kommunikation zwischen Gehirn, Rückenmark und dem restlichen Körper. Die Funktionstüchtigkeit des Nervensystems kann gestört sein, z.B. wenn Nervenzellen oder Myelinscheiden geschädigt sind. Dies kann bei Multipler Sklerose (Myelinscheiden werden zerstört) oder Morbus Parkinson (Dopamin produzierende Zellen gehen unter) der Fall sein. Auch bei Behinderungen, die durch eine Schädigung oder Entwicklungsbesonderheit des Gehirns, des Rückenmarks oder der Nerven entstehen, kann die Funktionstüchtigkeit des Nervensystems beeinträchtigt sein. Beispiele dafür sind Infantile Zerebralparese (Schädigung des Gehirns) und Spina bifida (Schädigung von Wirbelsäule und Rückenmark).^[68]

Die 2 Zelltypen des Nervensystems

Das Nervensystem besteht aus zwei grundlegenden Zelltypen, die eng zusammenarbeiten:

- Neuronen (= Nervenzellen)
- Gliazellen (= Stütz- und Versorgungszellen des Nervensystems)^[69]

Aufbau der Nervenzelle

- Die Nervenzelle besitzt einen **Zellkörper**, in dem sich der Zellkern und die Zellorganellen^[70] befinden.
- Vom Zellkörper gehen mehrere kurze Fortsätze, die sogenannten **Dendriten**, aus.^[71] Sie nehmen eintreffende Reize auf und leiten sie zum Zellkörper weiter.
- Zusätzlich verfügt jede Nervenzelle über einen langen Fortsatz, das **Axon**.^[71] Es ist meist länger als

die Dendriten und leitet elektrische Signale im Zellkörper weiter.

- Am Ende des Axons verzweigt sich dieses in **Kollateralen**,^[72] an denen Synapsen sitzen. Dort wird das elektrische Signal in chemische Reize (Neurotransmitter) umgewandelt und an die nächste Nervenzelle übertragen.

Grober Aufbau:

- **Zellkörper** (mit Zellkern)
- **Dendriten** (auf denen Synapsen sitzen)
- **Axon** (umschlossen von Myelinscheiden und den Ranvierschen Schnüren)
- **Kollateralen** (auf denen Synapsen sitzen)

Reizweiterleitung zwischen Nervenzellen

1. Dendriten nehmen an Synapsen Signale von anderen Nervenzellen auf.
2. Der Zellkörper empfängt Informationen von den Dendriten und gibt sie an das Axon weiter.
3. Axone leiten elektrische Impulse zu den Kollateralen.
4. Kollateralen leiten die Information über die Synapsen an andere Neuronen weiter.
5. Synapsen sind die Kontaktstelle zum nächsten Neuron. Sie sitzen sowohl an den Kollateralen von Axonen als auch an den Dendriten.^[73]

Der Weg der Informationsweiterleitung von Neuron zu Neuron

Nervenzellen erzeugen elektrische Impulse und leiten diese chemisch zur nächsten Nervenzelle weiter:

Der chemische Reiz (Neurotransmitter), der von Nervenzelle1 zu Nervenzelle2 weitergeleitet wird, wird von der Nervenzelle2 in einen elektrischen Impuls

umgewandelt → bevor der Impuls an Nervenzelle³ weitergeleitet wird, wird der elektrische Impuls wieder in einen chemischen Reiz umgewandelt.

"Die Information im Gehirn erfolgt elektrisch. Die Synapsen selbst kommunizieren jedoch über chemische Botenstoffe, die besagten Neurotransmitter." [67]

1. Dendriten empfangen über Synapsen chemische Botenstoffe (Neurotransmitter) von anderen Nervenzellen und wandeln diese in elektrische Impulse um.
2. Axone leiten diese elektrischen Impulse an die Synapsen weiter.
3. Synapsen wandeln die elektrischen Impulse wieder in chemische Botenstoffe um und reichen sie an die Dendriten der nächsten Nervenzelle weiter.^[73]

Chemische Botenstoffe: Neurotransmittersubstanzen

Neurotransmittersubstanzen sind chemische Botenstoffe.^[74] Sie sind an allen physischen und psychischen Prozessen beteiligt – von der Bewegung bis zur Stimmungslage.^[73]

Zu den wichtigsten Neurotransmittern zählen:

- Acetylcholin
- Glutamat
- Dopamin
- Noradrenalin
- Serotonin

Acetylcholin

Acetylcholin ist an der Reizübertragung zwischen Nerven und Muskeln beteiligt.^[75] Im Gehirn spielt Acetylcholin auch bei Lern- und Gedächtnisprozessen eine Rolle.^[76] Ein Mangel an Acetylcholin wird unter anderem mit Alzheimer-Krankheit in Verbindung gebracht.^[77]

Warum ist das für die Pflegeassistenz wichtig?

Anticholinergika sind Medikamente, die die Wirkung des Neurotransmitters Acetylcholin hemmen oder blockieren. Das spielt zum Beispiel bei Dranginkontinenz und COPD eine Rolle.

Die Pflegeassistenz muss wissen, ob die PatientIn Anticholinergika einnimmt, um mögliche Nebenwirkungen beobachten und gegebenenfalls den gehobenen Dienst verständigen zu können.

Das Nervengift Botox unterbindet die Ausschüttung des Botenstoffs Acetylcholin, der die Signale von Nerven- auf Muskelzellen überträgt. Es verursacht Lähmungen, wodurch der gewünschte Effekt erzielt wird.^[75]

Glutamat

Glutamat unterstützt Lern- und Gedächtnisprozesse.^[78]

Warum ist das für die Pflegeassistenz wichtig?

Glutamat ist im Zusammenhang mit Antidementiva wichtig. Neben Acetylcholinesterase-Hemmern gibt es auch Glutamat-Antagonisten zur Behandlung von Demenzen.

Wenn die Pflegeassistent weiß, dass Schwindel, Müdigkeit, Schläfrigkeit, Kopfschmerzen, Gleichgewichtsstörungen, Verstopfung und erhöhter Blutdruck mögliche Nebenwirkungen sein können, weiß sie, dass sie besonders auf Sturz- und Obstipationsprophylaxe achtet.

Idealerweise wird der Pflegeassistent durch den gehobenen Dienst mitgeteilt, welche Wirkstoffe eine PatientIn einnimmt und auf welche Nebenwirkungen besonders geachtet werden muss. Ist dies nicht der Fall, sichtet die Pflegeassistent selbst die Beipackzettel der Medikamente, die eine PatientIn einnimmt. Die Sichtung wird in der Dokumentation vermerkt. Anschließend achtet die Pflegeassistent gezielt auf mögliche Auffälligkeiten. Beobachtete Nebenwirkungen werden dem gehobenen Dienst mitgeteilt und dokumentiert.

Dokumentation, Beispiel 1:

05.07.2026, 09:15 Uhr: Beipackzettel zu den aktuell eingenommenen Medikamenten eingesehen. Auf mögliche Nebenwirkungen wie Schwindel, Müdigkeit, Verwirrtheit und Gleichgewichtsstörungen wird gezielt geachtet. Derzeit keine Auffälligkeiten beobachtet. Bei Auffälligkeiten wird der gehobene Dienst informiert.

Dokumentation, Beispiel 2:

07.07.2026, 14:30 Uhr: Patientin berichtet über neu aufgetretenen Schwindel. Beim Aufstehen zeigt sie einen unsicheren Gang und benötigt Unterstützung. Patientin wird beim Gehen begleitet und auf die Sturzgefahr hingewiesen. Der gehobene Dienst wurde um 14:35 Uhr informiert. Weitere Beobachtung erfolgt.

Dopamin

Dopamin ist an der Steuerung von Bewegungen beteiligt. Ein Mangel an Dopamin, wie er bei

Parkinson-Patienten auftritt, führt dazu, dass Bewegungsimpulse nicht mehr korrekt übermittelt werden.^[79]

L-Dopa (Levodopa) ist die Vorstufe von Dopamin. Es wird bei Parkinson eingesetzt, weil es ins Gehirn gelangt und dort zu Dopamin umgewandelt wird. Es kann Parkinson-Beschwerden lindern, heilt die Erkrankung aber nicht.^[88]

Noradrenalin

Noradrenalin hat Einfluss auf Aufmerksamkeit, Wachheit und Konzentrationsfähigkeit.^[80] Es wird in Stresssituationen ausgeschüttet.^[81]

Noradrenalin wird in der Notfall- und Intensivmedizin bei akuter Hypotonie eingesetzt. Es verengt akut die Blutgefäße (Vasokonstriktion) und regt die Herzkraft an, was zu einem akuten Anstieg des Blutdrucks führt. Noradrenalin wird in der Notfall- und Intensivmedizin bei akuter Hypotonie eingesetzt. Es verengt akut die Blutgefäße (Vasokonstriktion) und regt die Herzkraft an was zu einem akuten Anstieg des Blutdrucks führt.^[82]

Serotonin

Serotonin ist ein Neurotransmitter, der an der Regulation der Stimmungslage, dem sozialen Verhalten, dem Schlaf-Wach-Rhythmus, der Thermoregulation, dem Appetit und dem Sexualverhalten beteiligt ist.^[84]

Serotonin ist auch ein Schmerzmediator: bei Gewebeschädigung und Entzündung kann Serotonin gemeinsam mit anderen Botenstoffen Nozizeptoren reizen und dadurch Schmerzsignale auslösen bzw. die Schmerzwahrnehmung verstärken oder hemmen.^[83] Ob Serotonin Schmerzen verstärkt oder hemmt, hängt unter

anderem davon ab, wo es im Körper wirkt und an welche Rezeptoren es bindet.^[85]

Ein Ungleichgewicht oder Mangel an Dopamin, Noradrenalin und Serotonin wird aktuell mit Depression in Verbindung gebracht. Bislang existieren jedoch keine diagnostischen Verfahren, mit denen eine Depression objektiv anhand neurochemischer Parameter festgestellt werden kann.^[86]

Myelinscheiden

Myelinscheiden umschließen die Axone der Nervenzellen und stellen eine schützende Isolationsschicht dar. Dies ermöglicht die schnelle Weiterleitung elektrischer Nervenimpulse.^[89]

Die graue und die weiße Substanz

Die graue Substanz im Gehirn besteht aus den Körpern von Nervenzellen, die weiße aus Nervenfasern (Axone, umschlossen von Myelinscheiden). Die Großhirnrinde (Cortex) besteht aus grauer Substanz. Das darunterliegende Großhirnmark besteht aus weißer Substanz.^[4]

Im Gehirn liegt die graue Substanz außen, die weiße Substanz innen. Im Rückenmark ist die Anordnung umgekehrt. Dort liegt die weiße Substanz außen.^[90] Die graue Substanz liegt innen und ist im Querschnitt schmetterlingsförmig^[91] angeordnet.

Ranviersche Schnürringe

Ranviersche Schnürringe sind regelmäßige Unterbrechungen der Myelinscheide entlang einer Nervenfaser (eines Axons). An diesen Stellen fehlt die Myelinscheide. Die Axonmembran ist dort daher nicht

elektrisch isoliert, wodurch an diesen Stellen eine schnellere Informationsübertragung möglich ist.

Die elektrische Erregung wird saltatorisch (sprunghaft) weitergeleitet: Sie „springt“ von einem Schnürring zum nächsten. Dadurch ist eine erhöhte Geschwindigkeit der Reizweiterleitung möglich - Informationen werden schneller übertragen.^[92]

FACH- UND FREMDWÖRTER FÜR DIE PFLEGEASSISTENZ

Begriff	Bedeutung
afferent	vom PNS zum ZNS
efferent	vom ZNS zu den Muskeln
Enzephalon	Gehirn
Hirnventrikel	Hirnkammern
Liquor	Gehirn- und Rückenmarksflüssigkeit
Lumbalpunktion	Entnahme von Liquor im Bereich der Lendenwirbelsäule
Lymphozyten	Abwehrzellen
Muskeltonus	Muskelspannung
Neocortex	Hirnrinde

Neurogenese	Neubildung von Nervenzellen (durch Training und Wiederholung)
Neuron	Nervenzelle
Neuroplastizität	die Fähigkeit des Gehirns, sich anzupassen (z.B. nach dem Untergang von Nervenzellen nach einem Schlaganfall)
Neurotransmitter	chemische Botenstoffe
Parasympathikus	wirkt beruhigend und regenerierend, z. B. Förderung der Verdauung, Senkung der Herzfrequenz
Pathogene	Krankheitserreger
peripheres Nervensystem	alle Nerven, die nicht zum zentralen Nervensystem gehören, willkürliches Nervensystem
Sympathikus	wirkt aktivierend und bereitet den Körper auf Leistung und Stressreaktionen vor, z. B. „Kampf-oder-Flucht“-Reaktion
zentrales Nervensystem	Gehirn und das Rückenmark, willkürliches Nervensystem

.....

Autoritäten zum Thema

- Universität Heidelberg
- Leibnitz Uni Hannover
- Uni Leipzig
- Max-Planck-Gesellschaft München
- Westfälische Wilhelms-Universität Münster
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- Universität Duisburg-Essen
- Philipps Uni Marburg
- Ludwig-Maximilians-Universität München
- Uni München
- MedUni Würzburg
- Friedrich-Schiller-Universität Jena
- Universität Salzburg
- Uni Tübingen
- Uniklinikum Heidelberg
- Österreichische Schlaganfall Gesellschaft
- Stiftung Deutsche Schlaganfall-Hilfe
- MSD Manual / Merck Manual
- GPOH Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie
- AWMF, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V.
- Universitätsmedizin Mannheim
- Charité – Universitätsmedizin Berlin
- Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- Uni Hamburg
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
- Stiftung für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG), Gemeinsamer Bundesausschuss
- Öffentliches Gesundheitsportal Österreichs, Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz
- MedUni Wien
- MedUni Innsbruck
- Thieme
- Elsevier
- BASG Gesundheitsamt für Sicherheit im Gesundheitswesen
- Springer
- WHO

Quellen:

- [1] Sengebusch, J. (2023): *Heilpraktiker-Kolleg – Nervensystem. Lernmodul 12*. 1. Aufl. Stuttgart: Thieme, S. 9. Online verfügbar unter: https://shopware.thieme.de/media/a2/d4/91/1661763739/9783132441392_musterseite.pdf (Zugriff: 02.07.2026).
- [2] Medizinische Universität Innsbruck (2012): „Unser Gehirn wächst und wächst“. In: *Forum MedizinUni*, Nr. 269-BG3, 27. September 2012, S. 5. Online verfügbar unter: https://www.i-med.ac.at/pr/forum_medizin/forum-medizinuni_270912.pdf (Zugriff: 02.07.2026).
- [3] Schewior-Popp, S., Sitzmann, F. und Ullrich, L. (2017): *Thiemes Pflege. Das Lehrbuch für Pflegende in der Ausbildung*. 13., aktualisierte und erweiterte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, S. 1213. Online verfügbar unter: https://beckassets.blob.core.windows.net/product/readingsample/20346106/20346106_9783132402935_musterseite_1213_1222.pdf (Zugriff: 02.07.2026).
- [4] Gesundheitsportal Österreich (o. J.): *Gehirn & Nerven: Basisinfo*. Online verfügbar unter: <https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/gehirn-nerven/basis-info.html> (Zugriff: 02.07.2026).
- [5] Georg Thieme Verlag KG (2026): *Großhirn (Telencephalon)*. In: *via medici*. Online verfügbar unter: <https://viamedici.thieme.de/lernmodul/558318/530112/gro%C3%9Fhirn%2Btelencephalon> (Zugriff: 02.07.2026).
- [6] Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG) (2026): *Wie funktioniert das Gehirn?* In: *Gesundheitsinformation.de*. Online verfügbar unter: <https://www.gesundheitsinformation.de/wie-funktioniert-das-gehirn.html> (Zugriff: 02.07.2026).
- [7] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompandium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 60 und 64. Online verfügbar unter: https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompandium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).
- [8] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompandium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 47. Online verfügbar unter: https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompandium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).
- [9] Georg Thieme Verlag KG (2025): *Sprachbildung im Cortex*. In: *via medici*. Online verfügbar unter: <https://viamedici.thieme.de/lernmodul/543299/532576/sprachbildung%2Bim%2Bcortex> (Zugriff: 02.07.2026).
- [10] Georg Thieme Verlag KG (2026): *Motorische Funktion des Kleinhirns*. In: *via medici*. Online verfügbar unter: <https://viamedici.thieme.de/lernmodul/558463/530118/motorische%2Bfunktion%2Bdes%2BKleinhirns> (Zugriff: 02.07.2026).
- [11] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompandium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 43. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[12] Georg Thieme Verlag KG (2026): *Motorische Funktion des Kleinhirns*. In: *via medici*. Online verfügbar unter:

<https://viamedici.thieme.de/lernmodul/558463/530118/motorische%2Bfunktion%2Bdes%2BKleinhirns> (Zugriff: 02.07.2026).

[13] Klimaschewski, L. (o. J.): *ZNS-Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 66. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[14] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 45, 51 und 58. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[14] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 57. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[15] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 28. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[15] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 35. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[16] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 21. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[17] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 30. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[18] Gesundheitsportal Österreich (2020): *Morbus Parkinson: Was ist das?* Online verfügbar unter:

<https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/gehirn-nerven/parkinson/was-ist-das.html> (Zugriff: 02.07.2026).

[19] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 8. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[19] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS-Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 21. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[20] Gesundheitsportal Österreich (2026): *Impfung gegen Meningokokken*. Online verfügbar unter:

<https://www.gesundheit.gv.at/leben/gesundheitsvorsorge/impfungen/ueberblick/meningokokken.html> (Zugriff: 02.07.2026).

[21] Klimaschewski, L. (o. J.): *ZNS-Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 68. Online verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[22] Niedermoser, F. (2025): *Lateralisierende Hinweise auf mit hypothalamischen Hamartomen assoziierte funktionelle Netzwerke*. Inaugural-Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, S. 4. Online verfügbar unter:

https://freidok.uni-freiburg.de/files/263498/PqgfXpurSRIM543j/Dissertationsschrift_Friederike_Niedermoser.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[23] Niedermoser, F. (2025): *Lateralisierende Hinweise auf mit hypothalamischen Hamartomen assoziierte funktionelle Netzwerke*. Inaugural-Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, S. 7. Online verfügbar unter:

https://freidok.uni-freiburg.de/files/263498/PqgfXpurSRIM543j/Dissertationsschrift_Friederike_Niedermoser.pdf (Zugriff: 02.07.2026).

[24] Devecioglu, S. (2013): *Molekulargenetische Analysen bei Patienten mit Kleinhirnehlbildungen: Sequenzanalyse der Gene SHH, CNPY1, EN2 und PFN1*. Dissertation, Medizinische Fakultät der Universität Hamburg, Hamburg, S. 6. Online verfügbar unter: <https://ediss.sub.uni-hamburg.de/bitstream/ediss/5494/1/Dissertation.pdf> (Zugriff: 02.07.2026).

[25] Universitätsmedizin Mainz, Institut für Humangenetik (o. J.): *Hirnentwicklungsstörungen*. Online verfügbar unter:

<https://www.unimedizin-mainz.de/humangenetik/diagnostik/genpanel/hirnentwicklungsstorungen.html> (Zugriff: 02.07.2026).

[26] Schewior-Popp, S., Sitzmann, F. und Ullrich, L. (2017): *Thiemes Pflege. Das Lehrbuch für Pflegende in der Ausbildung*. 13., aktualisierte und erweiterte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, S. 1213.

https://beckassets.blob.core.windows.net/product/readingsample/20346106/20346106_9783132402935_musterseite_1213_1222.pdf [Zugriff: 03.07.2026].

[27] Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (BMASGPK) (o. J.): *Spina bifida*. Gesundheitsportal Österreich. Verfügbar unter:

https://www.gesundheit.gv.at/lexikon/S/lexikon-spina_bifida.html [Zugriff: 03.07.2026].

[28] Charité – Universitätsmedizin Berlin (2015): *Frühzeitige Diagnose von Spina bifida in der Schwangerschaft*. Pressemitteilung, 15.07.2015. Verfügbar unter:

https://www.charite.de/service/pressemitteilung/artikel/detail/fruehzeitige_diagnose_von_spina_bifida_in_der_schwangerschaft [Zugriff: 03.07.2026].

[29] Universitätsmedizin Mannheim (o. J.): *Spina bifida – offener Rücken*. Verfügbar unter:

<https://www.umm.de/fetale-therapie/krankheitsbilder/spina-bifida-offener-ruecken/> [Zugriff: 03.07.2026].

- [30] Schneider, J., Mohr, N., Aliataakis, N., Seidel, U., John, R., Promnitz, G., Spors, B. und Kaindl, A. M. (2021): Brain malformations and cognitive performance in spina bifida. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 63(3), S. 295–302.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33140418/> [Zugriff: 03.07.2026].
- [31] Bierbach, E. (Hrsg.) (2024) *Naturheilpraxis heute: Lehrbuch und Atlas*. 7. Aufl. München: Elsevier, S. 989. Verfügbar unter:
<https://shop.elsevier.de/media/wysiwyg/PDF/DE/983437550294.pdf> [Zugriff: 04.07.2026].
- [32] Bierbach, E. (Hrsg.) (2024) *Naturheilpraxis heute: Lehrbuch und Atlas*. 7. Aufl. München: Elsevier/Urban & Fischer, S. 989–990. Verfügbar unter:
<https://shop.elsevier.de/media/wysiwyg/PDF/DE/983437550294.pdf> [Zugriff: 04.07.2026].
- [33] Bierbach, E. (Hrsg.) (2024) *Naturheilpraxis heute: Lehrbuch und Atlas*. 7. Aufl. München: Elsevier, S. 990. Verfügbar unter:
<https://shop.elsevier.de/media/wysiwyg/PDF/DE/983437550294.pdf> [Zugriff: 04.07.2026].
- [34] Tumani, H., Petereit, H.-F. et al. (2026) *Lumbalpunktion und Liquordiagnostik: S1-Leitlinie*. Deutsche Gesellschaft für Neurologie, S. 5 und 9. Verfügbar unter:
https://register.awmf.org/assets/guidelines/030-141I_S1_Lumbalpunktion-Liquordiagnostik_2026-03.pdf [Zugriff: 04.07.2026].
- [35] Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN) (2026) *Lumbalpunktion und Liquordiagnostik: S1-Leitlinie*. Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie, S. 59–60. Verfügbar unter:
https://register.awmf.org/assets/guidelines/030-141I_S1_Lumbalpunktion-Liquordiagnostik_2026-03.pdf [Zugriff: 04.07.2026].
- [36] Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN) (2026) *Lumbalpunktion und Liquordiagnostik: S1-Leitlinie*. Berlin: AWMF, S. 10. Verfügbar unter:
https://register.awmf.org/assets/guidelines/030-141I_S1_Lumbalpunktion-Liquordiagnostik_2026-03.pdf [Zugriff: 04.07.2026].
- [37] Georg Thieme Verlag KG (2020) *I care Anatomie Physiologie: Gliederung des Nervensystems*. Stuttgart: Thieme, S. 14. Verfügbar unter:
https://icareplus-testen.thieme.de/wp-content/uploads/unterrichtsmaterial/arbeitsblaetter/1_4.3_Einteilung_Nervensystem_2.pdf [Zugriff: 04.07.2026].
- [38] Georg Thieme Verlag KG (2020): *Gliederung des Nervensystems*. Arbeitsblatt, *I care Anatomie Physiologie* 14.2. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG. Verfügbar unter:
https://icareplus-testen.thieme.de/wp-content/uploads/unterrichtsmaterial/arbeitsblaetter/1_4.3_Einteilung_Nervensystem_2.pdf (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [38] Waxenbaum, J.A., Reddy, V. & Das, J. (2025): *Anatomy, Autonomic Nervous System*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing, o. S. Verfügbar unter:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539845> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [39] Universität Hamburg (o. J.): *Nerv. Fachgebärdenlexikon*. Verfügbar unter:
<https://www.sign-lang.uni-hamburg.de/glex/konzepte/I7876.html> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [40] Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie (GPOH) (2016): *Das vegetative Nervensystem*. Kinderkrebsinfo, S. o. S. Verfügbar unter:
https://www.gpoh.de/kinderkrebsinfo/content/erkrankungen/zns_tumoren/pohpatinfozns120070626/das_zns/einteilung_zns/vegetatives_nervensystem/index_ger.html (Zugriff: 4. Juli 2026).

- [41] Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG) (2025): *Was passiert bei einer neurologischen Untersuchung?* Gesundheitsinformation.de. Verfügbar unter:
<https://www.gesundheitsinformation.de/was-passiert-bei-einer-neurologischen-untersuchung.html> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [42] Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (2026): *Vegetatives Nervensystem*. Gesundheitsportal Österreich. Verfügbar unter:
<https://www.gesundheit.gv.at/lexikon/V/autonomes-nervensystem.html> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [43] Spektrum der Wissenschaft (2000): *Peripheres Nervensystem*. Lexikon der Psychologie. Verfügbar unter:
<https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/peripheres-nervensystem/11322> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [44] MSD Manuals (2025): *Überblick über das vegetative Nervensystem*. Verfügbar unter:
<https://www.msdmanuals.com/de/heim/störungen-der-hirn-rückenmarks-und-nervenfunktion/störungen-des-vegetativen-nervensystems/überblick-über-das-vegetative-nervensystem> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [45] Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (o. J.): *Spastik*. Gesundheitsportal Österreich. Verfügbar unter:
<https://www.gesundheit.gv.at/lexikon/S/lexikon-spastik.html> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [46] Redaktion Gesundheitsportal (2023): *Spastische Lähmung*. Gesundheitsportal Österreich, Abschnitt „Welche Ursachen hat eine spastische Lähmung?“. Verfügbar unter:
<https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/gehirn-nerven/laehmungen/spastische-laehmung.html> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [47] Stiftung Deutsche Schlaganfall-Hilfe (o. J.): *Halbseitenlähmung nach Schlaganfall: Ursachen, Therapie, Alltag*. Verfügbar unter:
<https://www.schlaganfall-hilfe.de/de/verstehen-vermeiden/folgen-eines-schlaganfalls/halbseitenlaehmung-koerperliche-folge-eines-schlaganfalls> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [48] Redaktion Gesundheitsportal (2023): *Spastische Lähmung*. Gesundheitsportal Österreich. Verfügbar unter:
<https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/gehirn-nerven/laehmungen/spastische-laehmung.html> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [49] Techniker Krankenkasse (2026): *Spina bifida: Offener Rücken*. Verfügbar unter:
<https://www.tk.de/techniker/krankheit-und-behandlungen/erkrankungen/behandlungen-und-medizin/rueckenerkrankungen/spina-bifida-offener-ruecken-2017922> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [50] Universitätsklinikum Heidelberg (o. J.): *Spastik / infantile Zerebralparese*. Neurochirurgische Klinik, Spezialsprechstunde Pädiatrische Neurochirurgie. Verfügbar unter:
<https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/erkrankungen/spastik/-/infantile-zerebralparese-202035> (Zugriff: 4. Juli 2026).
- [51] Universitätsklinikum Heidelberg (o. J.): *ZNS – Entwicklungsstörungen*. Neurochirurgische Klinik, Spezialsprechstunde Pädiatrische Neurochirurgie. Verfügbar unter:

<https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/erkrankungen/entwicklungsstoerungen-zns-202019> (Zugriff: 4. Juli 2026).

[52] Medizinische Universität Wien (o. J.): *Histologie: Nervengewebe – Nervensystem* [Vorlesungsfolien], Folie 3. Verfügbar unter:

<https://studyguide.meduniwien.ac.at/curriculum/n202-2021/learningmaterial/46577/download/nervengewebe-grundlagen-vo-block-2-ellinger-ws20.pdf> [Zugriff: 04.07.2026].

[53] Unland, D. (2020): *Neuritenwachstum kardialer Neurone unter Hypoxiebedingungen*. Dissertation. Hamburg: Medizinische Fakultät der Universität Hamburg, S. 3. Verfügbar unter: <https://ediss.sub.uni-hamburg.de/bitstream/ediss/8717/1/Dissertation.pdf> [Zugriff: 04.07.2026].

[54] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 2+3. Verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf [Zugriff: 04.07.2026].

[55] Härtig, K. E. (2023): *Retrospektive Untersuchung der Aussagekraft sonographisch ermittelter Nervenwurzelndurchmesser im Rahmen der Polyneuropathie-Diagnostik vor dem Hintergrund einer neuroforaminalen Enge*. Inaugural-Dissertation. Tübingen: Medizinische Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen, S. 5. Verfügbar unter:

https://bibliographie.uni-tuebingen.de/xmlui/bitstream/handle/10900/142490/Dissertation_Kathrin%20Haertig_2023.pdf?sequence=1 [Zugriff: 04.07.2026].

[56] Fachbereich Psychologie der Paris Lodron Universität Salzburg (2025): *Psycho ... logisch! Einführung in die Grundlagen der Psychologie: Lernskript für die Aufnahmeprüfung Bachelor Psychologie 2025*. Salzburg: Paris Lodron Universität Salzburg, S. 109. Verfügbar unter:

https://www.plus.ac.at/wp-content/uploads/2025/02/psyskript_04Feb2025_ausreichendeBilDaufloesung.pdf [Zugriff: 04.07.2026].

[57] Konrad, R. & Prillwitz, S. (2007): *Fachgebärdenlexikon Gesundheit und Pflege: Nerv*. Hamburg: Universität Hamburg, Institut für Deutsche Gebärdensprache und Kommunikation Gehörloser. Verfügbar unter:

<https://www.sign-lang.uni-hamburg.de/glex/konzepte/l7876.html> [Zugriff: 04.07.2026].

[58] Schulze, M. (2011): *Präoperatives Brainmapping von Motor- und Sprachkortex bei Hirntumorpatienten mittels navigierter transkranieller Magnetstimulation*. Dissertation. Jena: Medizinische Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena, PDF-S. 15. Verfügbar unter: <https://d-nb.info/1016391765/34> [Zugriff: 04.07.2026].

[59] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, Institut für Neuroanatomie, S. 18. Verfügbar unter:

https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf [Zugriff: 04.07.2026].

[60] Georg Thieme Verlag KG (2026): *Reflexe des Rückenmarks*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG, via medici, zuletzt bearbeitet am 20.01.2026. Verfügbar unter:

<https://viamedici.thieme.de/lernmodul/543222/530736/reflexe%2Bdes%2Br%C3%BCckenmarks> [Zugriff: 04.07.2026].

[61] Medizinische Universität Wien, Universitätsklinik für Neurologie (2019): *Der neurologische Status*. Wien: Medizinische Universität Wien, S. 5–7. Verfügbar unter:

https://neurologie.meduniwien.ac.at/fileadmin/content/OE/neurologie/dokumente/Lineelement/Hilger_Skript_Der_Status_3x3_13.08.2019.pdf [Zugriff: 04.07.2026].

[62] Lehrklinik der Julius-Maximilians-Universität Würzburg (2022/2023): *Skript zum Kurs Praktische Klinische Untersuchungsmethoden*. Würzburg: Julius-Maximilians-Universität Würzburg, S. 67–68. Verfügbar unter:

https://www.med.uni-wuerzburg.de/fileadmin/0300-lehrklinik/2023/PKU-Skript_gesamt_Deutsch_07.11.2022_ohne_Jordan.pdf [Zugriff: 04.07.2026].

[63] Bullinger, R. M. E. (2012): *In vitro Imaging neokortikaler Pyramidenneuronen nach patch-clamp gestützter Beladung mit Quantum Dots*. Dissertation. München: Technische Universität München, S. 1. Verfügbar unter:

<https://mediatum.ub.tum.de/doc/1094872/file.pdf> [Zugriff: 04.07.2026].

[64] Kluge, J. (2005): *Adulte Neurogenese im Gyrus dentatus der adulten Ratte nach inkompletter globaler zerebraler Ischämie und deren Beeinflussung durch Sevofluran*. Inaugural-Dissertation. München: Ludwig-Maximilians-Universität München, S. 1.

Verfügbar unter: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/4185/1/Kluge_Julia.pdf [Zugriff: 05.07.2026].

[65] Philipps-Universität Marburg (2007): *Parkinson: Ursache sind fehlgeleitete Signale*. Marburg: Philipps-Universität Marburg, o. S. Verfügbar unter:

<https://www.uni-marburg.de/archive/news/2007-2-22-parkinson-ursache-sind-fehlgeleitete-signale.html> [Zugriff: 05.07.2026].

[66] Universität Duisburg-Essen (o. J.): *LE 3 Gehirn und Lernen*. Duisburg/Essen: Universität Duisburg-Essen, S. 3. Verfügbar unter:

https://www.uni-due.de/imperia/md/images/iw/de/studium/le_3_gehirn.pdf [Zugriff: 05.07.2026].

[67] Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (2020): *Antikörper im Gehirn lösen Epilepsie aus*. Bonn: Universität Bonn, 24.03.2020, o. S. Verfügbar unter:

<https://www.uni-bonn.de/de/neues/073-2020> [Zugriff: 05.07.2026].

[68] Universitätsklinikum Tübingen (o. J.): *Fehlbildung im Bereich Rückenmark und Wirbelsäule: Spina bifida bei Kindern*. Tübingen: Universitätsklinikum Tübingen, o. S. Verfügbar unter:

<https://www.medizin.uni-tuebingen.de/en-de/das-klinikum/einrichtungen/kliniken/neurochirurgie-und-neurotechnologie/neurochirurgie/paediatrische-neurochirurgie/spina-bifida-kinder> [Zugriff: 05.07.2026].

[69] Pintea, B. (2011): *Striatin, ein Marker glialer Vorläuferzellen im Kleinhirnkortex*. Inauguraldissertation. Bonn: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, S. 10.

Verfügbar unter:

<https://bonndoc.ulb.uni-bonn.de/xmlui/bitstream/handle/20.500.11811/4775/2471.pdf> [Zugriff: 05.07.2026].

[70] Leibniz Universität Hannover (2006): *C07 Membranmodell und Signalausbreitung*. Lehrunterlage zum Physikalischen Anfängerpraktikum. Hannover: Leibniz Universität Hannover, S. 1. Verfügbar unter:

https://www.praktikumphysik.uni-hannover.de/fileadmin/praktikumphysik/Versuche/NF/C-Elektrizitaet/C07_NF.pdf [Zugriff: 05.07.2026].

- [71] Redaktion Gesundheitsportal (2025): *Gehirn & Nerven: Basisinfo*. Wien: Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz. Verfügbar unter: <https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/gehirn-nerven/basis-info.html> [Zugriff: 05.07.2026].
- [72] Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (o. J.): *Präparat Betrachter: Nervenfaser*. Halle (Saale): Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, o. S. Verfügbar unter: <https://histohal.uni-halle.de/histopatho/praepview.php?id=99&system=histo> [Zugriff: 05.07.2026].
- [73] Jahn, R. (2016): *Wie Nervenzellen miteinander reden*. München: Max-Planck-Gesellschaft, 16.09.2016. Verfügbar unter: <https://www.mpg.de/synapse> [Zugriff: 05.07.2026].
- [74] Thieme (2026): *Neurotransmitter und Neuromodulatoren*. Via medici. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG, aktualisiert am 22.05.2026. Verfügbar unter: <https://viamedici.thieme.de/lernmodul/543133/532533/neurotransmitter+und+neuromodulatoren> [Zugriff: 05.07.2026].
- [75] Bundesministerium für Gesundheit (2024): *Botulismus: Ursache, Symptome, Behandlung*. Berlin: gesund.bund.de, Stand: 24.04.2024, o. S. Verfügbar unter: <https://gesund.bund.de/botulismus> [Zugriff: 05.07.2026].
- [76] Marschner-Preuth, N. A. (2011): *Prädiktoren erfolgreichen Sprachlernens im Alter*. Inaugural-Dissertation. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität Münster, S. 6 (PDF-S. 14). Verfügbar unter: <https://d-nb.info/1012659356/34> [Zugriff: 05.07.2026].
- [77] Bundesministerium für Gesundheit (2022): *Alzheimer-Demenz: Symptome und Behandlung*. Berlin: gesund.bund.de, Stand: 01.07.2022, o. S. Verfügbar unter: <https://gesund.bund.de/alzheimer-demenz> [Zugriff: 05.07.2026].
- [78] Universität Heidelberg (2020): *Neue Klasse von hochwirksamen Hemmstoffen zum Schutz vor Neurodegeneration*. Pressemitteilung Nr. 87/2020. Heidelberg: Universität Heidelberg, 08.10.2020, o. S. Verfügbar unter: <https://www.uni-heidelberg.de/de/newsroom/neue-klasse-von-hochwirksamen-hemmstoffen-zum-schutz-vor-neurodegeneration> [Zugriff: 05.07.2026].
- [79] Redaktion Gesundheitsportal (2020): *Morbus Parkinson: Was ist das?* Wien: Gesundheitsportal Österreich, aktualisiert am 02.09.2020, o. S. Verfügbar unter: <https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/gehirn-nerven/parkinson/was-ist-das.html> [Zugriff: 05.07.2026].
- [80] Gesundheitsportal Österreich (o. J.): *Noradrenalin*. Wien: Gesundheitsportal Österreich, o. S. Verfügbar unter: <https://www.gesundheit.gv.at/lexikon/N/noradrenalin-hk.html> [Zugriff: 05.07.2026].
- [81] ETH Zürich (2019): *Was bei Stress im Hirn abläuft*. Zürich: ETH Zürich, 25.07.2019, o. S. Verfügbar unter: <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2019/07/stress-im-hirn.html> [Zugriff: 05.07.2026].
- [82] Laboratoire Aguettant (2026): *Noradrenalin Aguettant 0,08 mg/ml Infusionslösung: Zusammenfassung der Merkmale des Arzneimittels*. Lyon: Laboratoire Aguettant, S. 1–2, 8. Verfügbar unter:

- https://medikamente.basg.gv.at/documents/138966_DOTC_FACH_INFO.pdf [Zugriff: 05.07.2026].
- [83] Geiger, M. (2014): *Transkranielle Gleichstromstimulation viszeraler Schmerzen bei palliativen Patienten*. Dissertation. München: Ludwig-Maximilians-Universität München, S. 2. Verfügbar unter: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/16662/1/Geiger_Michaela.pdf [Zugriff: 05.07.2026].
- [84] Holzmeier, I. M. (2020): *Einfluss von Polymorphismen im TPH2-Gen auf Neurotizismus und dessen Bedeutung als mögliches Risikogen für phobischen Schwindel*. Dissertation. München: Ludwig-Maximilians-Universität München, S. 39. Verfügbar unter: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/25970/7/Holzmeier_Isabella_M.pdf [Zugriff: 05.07.2026].
- [85] Alt, L. K. (2022): *Der Einfluss der nichtinvasiven Vagusnervstimulation auf die absteigende Schmerzhemmung*. Dissertation. München: Ludwig-Maximilians-Universität München, S. 28. Verfügbar unter: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/29494/1/Alt_Laura.pdf [Zugriff: 05.07.2026].
- [86] Vogt, J. J. (2024): *Transkranielle Gleichstromstimulation und deren modulierende Faktoren auf den plastizitätsinduzierenden Effekt*. Medizinische Dissertation. Freiburg im Breisgau: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, S. 2–3. Verfügbar unter: <https://freidok.uni-freiburg.de/files/260758/u7SJR-bAvKLdYEO/DissertationJonathanJohannesVogt.pdf> [Zugriff: 05.07.2026].
- [87] Bundesärztekammer (BÄK), Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV) & Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) (2022): *Nationale VersorgungsLeitlinie Unipolare Depression: Langfassung, Version 3.2*. Berlin: Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin, S. 21. Verfügbar unter: https://register.awmf.org/assets/guidelines/nvl-005l_S3_Unipolare-Depression_2023-07.pdf [Zugriff: 05.07.2026].
- [88] Redaktion Gesundheitsportal (2020): *Morbus Parkinson: Therapie*. Wien: Gesundheitsportal Österreich, aktualisiert am 02.09.2020, o. S. Verfügbar unter: <https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/gehirn-nerven/parkinson/therapie.html> [Zugriff: 05.07.2026].
- [89] Universität Leipzig (2023): *Multiple Sklerose: Myelin kann Überleben der Nervenfasern bedrohen*. Leipzig: Universität Leipzig, 30.06.2023, o. S. Verfügbar unter: <https://www.uni-leipzig.de/newsdetail/artikel/multiple-sklerose-myelin-kann-ueberleben-der-nervenfasern-bedrohen-2023-06-30> [Zugriff: 05.07.2026].
- [90] Klimaschewski, L. (2023): *ZNS Kompendium*. Innsbruck: Medizinische Universität Innsbruck, S. 12. Verfügbar unter: https://www.i-med.ac.at/neuroanatomy/documents/zns_kompendium.pdf [Zugriff: 05.07.2026].
- [91] Tallen, G. & Yiallourous, M. (2015): *Aufbau und Funktion des Zentralnervensystems (ZNS)*. Bonn: Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie, S. 38. Verfügbar unter: https://www.gpoh.de/kinderkrebsinfo/content/e9031/e10566/e28007/e145819/AufbauundFunktiondesZNS-25062015_ger.pdf [Zugriff: 05.07.2026].
- [92] Medizinische Universität Wien (2020): *Histologie: Nervengewebe – Grundlagen*. Vorlesungsunterlage, Folie 15. Wien: Medizinische Universität Wien. Verfügbar unter:

<https://studyguide.meduniwien.ac.at/curriculum/n202-2021/learningmaterial/46577/download/nervengewebe-grundlagen-vo-block-2-ellinger-ws20.pdf> [Zugriff: 05.07.2026].

Bilder:

Cover: pixabay, David_SMC

Abb. 1: @pixabay, @NickyHayes

Abb. 2: @pixabay, @BilliTheCat, weiterbearbeitet

Abb. 3: eigene Darstellung

Erstellt am: 05.07.2026

Aktualisiert am: -