



Wie wird das Nervensystem topologisch gegliedert?

Das zentrale Nervensystem - ZNS - besteht aus den zentral liegenden Teilen:

- Gehirn
- Rückenmark

Das periphere Nervensystem - PNS - umfasst alle außerhalb der Zentrale liegenden Nerven:

- 31 Spinalnerven
- 12 Hirnnerven

Erläutere die Gliederung in somatisches und vegetatives Nervensystem.

Dies ist eine Gliederung nach den Aufgaben:

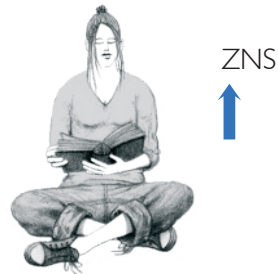
Das somatische Nervensystem steuert die bewusste Wahrnehmung über die Sinne und die Bewegung durch die Skelettmuskulatur.

Das vegetative Nervensystem ist autonom, d.h. es kann nur indirekt bewusst gesteuert werden. Es reguliert und koordiniert die Funktionen der inneren Organe.

Was sind sensorische und motorische Bahnen?
Was sind afferente und efferente Bahnen?

Die **sensorischen Bahnen** oder afferenten Bahnen bringen Informationen von den Sinnesorganen und den verschiedenen Sensoren zum ZNS. Sensoren werden auch als Rezeptoren bezeichnet.

Sensorisch bezeichnet meistens Empfindungen der "höheren" Sinne: Sehen, Hören, Riechen und Schmecken; sensibel bezeichnet dagegen die Empfindungen von Schmerz, Temperatur, Berührung, Druck, Vibration, Gelenkstellung, Muskeltonus.



Die **motorischen Bahnen** oder efferenten Bahnen bringen Steuer-Informationen zu den Muskeln oder zu den Organen.

Die Muskelspindelzellen in den Muskelbäuchen registrieren die Muskelspannung und können sich gleichzeitig zusammenziehen. Sensibler und motorischer Anteil wirken somit zusammen und die Unterteilung verliert ihren Sinn. Auch gibt es beim Gesunden keine Bewegung ohne Wahrnehmung. Das Nervensystem verhält sich eher wie ein Fluss, der gleichzeitig in zwei Richtungen fließt.



Arbeiten vegetatives und somatisches Nervensystem zusammen?

Ganz bestimmt. Auch das Hormon- und das Immunsystem arbeiten mit dem ganzen Nervensystem zusammen. Die Schnittstelle ist der Hypothalamus.

Welches sind die **allgemeinen** Funktionen des vegetativen Nervensystems?

Das vegetative Nervensystem passt die Prozesse im Körperinnern bei Ruhe und Belastung des Organismus an. Es regelt die lebenswichtigen Funktionen des Kreislaufs, der Verdauung, des Stoffwechsels, der Ausscheidung, der Körpertemperatur und der Fortpflanzung.



Aus welchen 3 Systemen besteht das vegetative Nervensystem und welches sind ihre grundsätzlichen Funktionen?

1. Sympathikus

Versetzt den Körper in Alarmbereitschaft und mobilisiert Energiereserven.



2. Parasympathikus

Wirkt als Gegenspieler des Sympathikus in körperlicher Ruhe.



3. Darmnervensystem oder enterisches Nervensystem

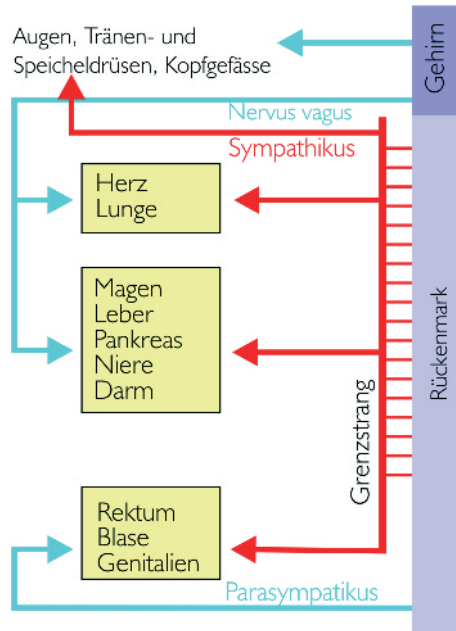
Weitgehend autonom arbeitender Regelkreis für die Peristaltik und Drüsentätigkeit des Verdauungstraktes.

Der periphere Parasympathikus

Er entspringt im Hirnstamm und im Kreuzbeinbereich.

Der **Nervus vagus**, der X. Hirnnerv, versorgt den gesamten Brust- und den oberen Bauchraum. Die Fasern für die inneren Augenmuskeln und für die Drüsen im Kopfbereich treten über verschiedene Hirnnerven aus dem Hirnstamm.

Die parasympathischen Fasern aus dem Kreuzbeinbereich versorgen Enddarm, Harnblase und die erektilen Gewebe der Sexualorgane.



Prinzipiell ist der Parasympathikus für
Regeneration und Erholung zuständig.

Abnahme der Herzfrequenz.

Zunahme der Bewegung und der
Sekretion im Magen-Darm-Trakt.

keine Wirkung auf Leber und Fett-
zellen.



Prinzipiell tritt der Sympathikus
bei Stress in Aktion.

Zunahme der Herzfrequenz.

Abnahme der Bewegung und der
Sekretion im Magen-Darm-Trakt.

Zucker und Fette werden bereitge-
stellt.





Das Darmnervensystem ist im Grunde das “eigentliche autonome Nervensystem”. Dieses Nervensystem funktioniert auch ohne zentralvenöse Einflüsse von Sympathikus und Parasympathikus. Es ist in der Lage, die vielfältigen Bewegungen des Darmschlauches zur Durchmischung und zum Weitertransport des Darminhaltes und die Sekretionsvorgänge zu regeln.

Es besteht aus Ansammlungen von Nervenzellen, die zwischen der glatten Längsmuskulatur und der glatten Ringmuskulatur im **Plexus myentericus** oder Plexus Auerbach sowie innerhalb der Submucosa im **Plexus submucosa** oder Plexus Meissner liegen. Die Funktionen des “Gehirns des Darmes” werden über das sympathische und parasympathische Nervensystem an das Verhalten des Organismus angepasst.

Die Darmmuskulatur und die Darmdrüsen werden auch von Hormonen gesteuert, welche der Darm selber produziert. Es sind die gleichen Hormone, die im Gehirn als Botenstoffe verwendet werden, wo sie Neurotransmitter genannt werden. Im limbischen System wurden viele dieser Botenstoffe gefunden. Dieses System ist für emotionelle Vorgänge wichtig. Langsam setzt sich die Erkenntnis durch, dass der Darm für das emotionale Leben von grundlegender Bedeutung ist.

Nerven
Blutgefäße

Bauchfell

Mesenterium
Gekröse

Längsmuskelschicht

Plexus myentericus
Auerbach

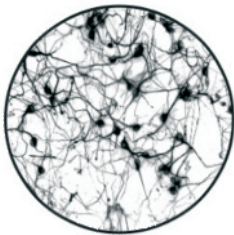
Ringmuskelschicht

Plexus submucosa
Meissner

Submucosa
Bindegewebe

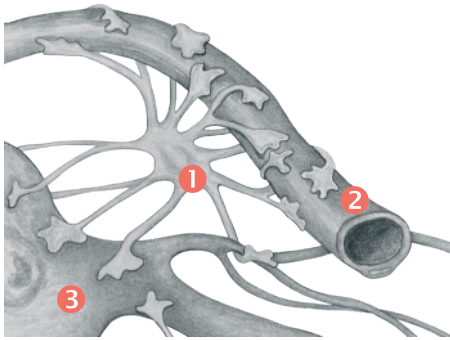
Schleimhautmuskelschicht

Mucosa
Schleimhaut



Darmnervenzellen

Der Darm ist ein wichtiges Organ. Er ist im entspannten Zustand bis zu sechs Meter lang. Er ist er dauernd in Bewegung und verkürzt und verlängert sich.



- ① Eine Gliazelle vermittelt zwischen
- ② einem Blutgefäß und
- ③ einem Neuron

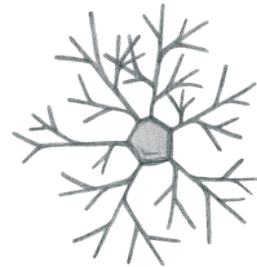
Was ist eine Gliazelle?

Die Gliazellen bilden das Stütz- und Hüllgewebe der Neuronen. Sie haben folgende Aufgaben: Ernährung, Stütze und Isolation. Im embryonalen Wachstum führen und leiten sie die Wanderungen der Neuriten. Sie erzeugen ein Gleichspannungsfeld, welches die Regeneration der Neurone bei Verletzungen fördert.

Die Blut-Hirn-Schranke und die Blut-Liquor-Schranke werden von Gliazellen gebildet. Die Gliazellen bestimmen welche Stoffe zu den Neuriten gelangen und welche nicht.

Welche Formen von Gliazellen gibt es?

Astroglia haben sternförmige Fortsätze und liefern den Neuronen die Nährstoffe. Mikroglia sind an der Reparatur von Gehirnschäden beteiligt und scheinen im gesunden Gehirngewebe kaum vorzukommen. Oligodendroglia bilden die Markscheiden im ZNS, die Schwann-Zellen diejenigen des PNS.

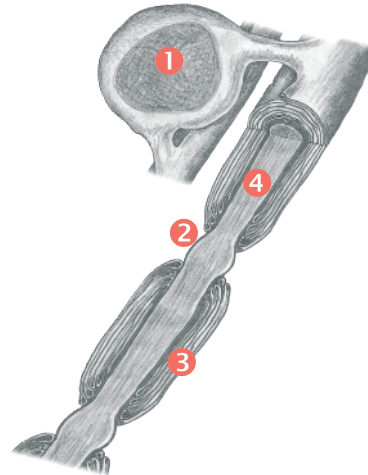


Was sind Markscheiden?

Etwa bei einem Drittel aller Nervenfasern wickeln sich Gliazellen während der Entwicklung mehrfach um das Axon herum und bilden so die Markscheide der markhaltigen Nervenfasern. Diese bestehen aus Myelin, welches aus verschiedenen Fettsubstanzen zusammengesetzt ist. Etwa alle 12 mm ist die Markscheide oder Myelinscheide durch Schnürringe unterbrochen. Die Myelinscheide dient der elektrischen Isolierung der Axone. Sie wird entlang der Axone regelmäßig von den Ranvier-Schnürringen unterbrochen.

Im PNS umhüllt eine Schwann-Zelle jeweils ein Axon. Im ZNS umhüllt ein Oligodendrozyt mehrere Axone.

Nicht myelinisierte Nervenfasern im PNS sind nicht völlig ohne Schutz. Mehrere Axone senken sich in aufeinanderfolgende Schwann-Zellen ein.



- ① Gliazelle
- ② Ranvier-Schnürring
- ③ Myelinscheide oder Markscheide
- ④ Axon

Was ist eine Nervenfaser?

Ein Axon mit seiner Hülle aus Neurogliazellen wird als Nervenfaser bezeichnet. Nervenfasern verlaufen zu ihrem Ziel stets gebündelt. Ein Bündel Nervenfasern heißt im ZNS Bahn oder *Tractus* sowie Strang oder *Fasciculus*, im PNS peripherer Nerv.

Was machen Nervenzellen?

Nervenzellen können Informationen **verarbeiten** und **weiterleiten**.

Die Informationen werden elektrochemisch und chemisch übertragen.

Am Axonhügel fällt die Entscheidung, ob das Neuron das aufsummierte Signal weitergibt oder nicht. Damit sind alle Signale gemeint, welche das Neuron von anderen Neuronen empfängt.

Bei der elektrochemischen Übertragung wird ein Reiz als elektrische Erregung, als *Aktionspotenzial*, entlang des Neuriten weitergeleitet. Dabei treten Elektrolytwanderungen zwischen Zelle und Zwischenzellflüssigkeit auf.

Diese und vorhergehende Seiten: Vereinfachte Demonstration der Weiterleitung im Axon. Jedes mal wenn der Absatz ein Loch in die Wand des Axons drückt, findet ein Austausch von Natrium und Kalium statt.



Weiterleitung eines Nervenimpulses in
einem marklosen Nervenfortsatz



Aktionspotenzial



Refraktärphase: Bereich der Membran,
welche nicht erregt werden kann

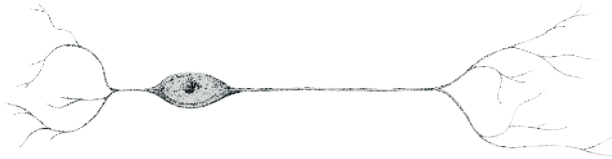


Dieser Teil der Membran kann erregt
werden



Die Information springt von Schnürring zu Schnürring

Unmittelbar nach dem Aktionspotenzial kann die Membran nicht nochmals erregt werden. Die Refraktärphase stellt sicher, dass die Erregung, das Aktionspotenzial, sich nur in eine Richtung ausbreitet.



Bei den marklosen Nervenfortsätzen wird die Erregung kontinuierlich über den ganzen Fortsatz weitergeleitet.

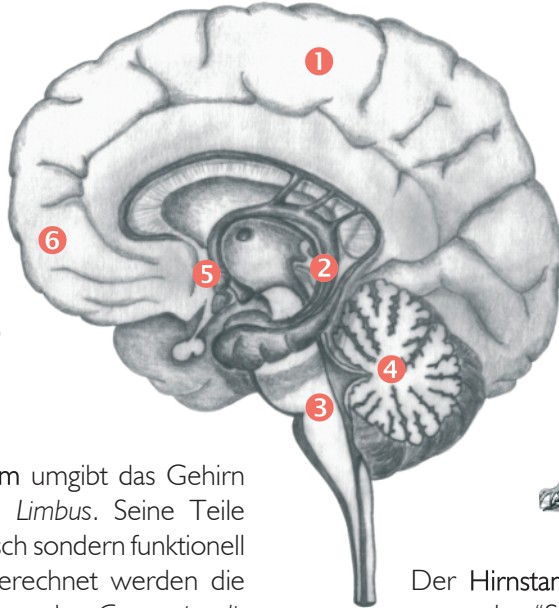


Der **Kortex** - die Großhirnrinde - umgibt die beiden Großhirnhälften. Betrachtet man ein Gehirn von außen, ist hauptsächlich der Kortex sichtbar. Nur an der Unterseite ist ein kleiner Teil des Hirnstammes und des Kleinhirns zu sehen.

Der Kortex ist mit dem limbischen System besonders über den **Stirnlappen** **6** verbunden.



Das **limbische System** umgibt das Gehirn wie einen Saum = *Limbus*. Seine Teile bilden nicht anatomisch sondern funktionell eine Einheit. Dazugerechnet werden die innere Kortexwindung, der *Gyrus cinguli*, der Hippocampus, die Mandelkerne sowie das Gewölbe.



Der **Hirnstamm** ist sozusagen der "Stiel" des Gehirnes. Er bildet die Verbindung zum Kleinhirn und zum Rückenmark.

Großhirnrinde

Denken - bewusste Funktionen



limbisches System

Gefühle und Traumbewusstsein

Hirnstamm

Körperbewusstsein - Körperfunktionen wie
HerzKreislaufsteuerung



Die Zuordnungen von Funktionen zu bestimmten Hirnabschnitten

Das Gehirn ist immer als Ganzes an “alten” Funktionen (Triebe) und “höheren” Funktionen (Verstand) beteiligt. Gewisse Funktionsschwerpunkte lassen sich jedoch einzelnen Hirnabschnitten zuordnen. Nach neueren Forschungen beeinträchtigen beschädigte Regionen des limbischen Systems sowohl das Denken und Entscheiden wie auch die Gefühle und das Empfinden. Antonio R. Damasio beschreibt dies eindrücklich in seinem Buch Descartes' Irrtum.

Wir können uns nur Modellvorstellungen der Gehirnfunktionen machen.

Das einfachste Gehirnmodell ist das “dreieine Gehirn”: Der Kortex steuert die bewussten Funktionen, das limbische System die Triebe, Motivationen und Emotionen. Diese sind uns nicht gleich bewusst wie klare und logische Gedanken. Der Hirnstamm ist für die normalerweise unbewussten Körperfunktionen zuständig.

Bewußte Vorgänge benötigen die Großhirnrinde. Der vorderste Teil - der Stirnlappen - ist an Entscheidungen beteiligt. Er hat besonders viele Verbindungen zum limbischen System. Auch uns völlig bewußt erscheinende Entscheidungen aus logischen Gründen scheinen doch immer von Gefühlen beeinflusst zu werden. Menschen mit Verletzungen im limbischen System können sehr gut logisch denken, sie sind jedoch nicht in der Lage, selbständig einfachste Entscheidungen zu treffen wie: Zuerst ziehe ich mich an und danach gehe ich einkaufen. Durch dieses Dilemma gehemmt, bleiben sie einfach sitzen.

Vegetative Zentren steuern den Kreislauf, die Atmung, den Schluckreflex, den Brechreflex ...

Diese Vorgänge sind uns normalerweise nicht bewusst und ohne Training können wir sie nur indirekt beeinflussen.

RECHTS

nonverbal
synthetisch
gegenständlich
konkret
räumlich
nichtrational
analog
intuitiv
ganzheitlich



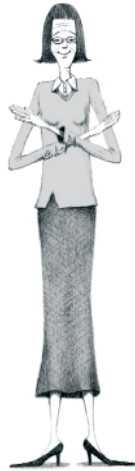
LINKS

verbal
analytisch
symbolisch
abstrakt
zeitlich
rational
digital
logisch
linear

Die Entdeckung der zwei Seiten

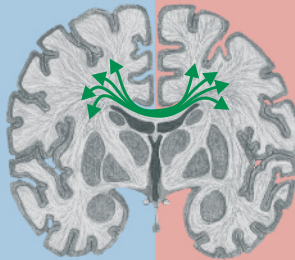
Nach der operativen Durchtrennung des Balkens zur Eindämmung von epileptischen Anfällen konnten die Behandelten, die “split-brain” Patienten, Gegenstände nur erkennen und benennen, solange sie direkt vor ihnen waren. Berührten sie Gegenstände mit der linken Hand, gelangte die Information in die rechte Gehirnhälfte. Da sich alle Nervenbahnen der Körperseiten überkreuzen, konnten sie die Gegenstände nicht benennen, denn das Sprachzentrum liegt links. Sie konnten jedoch durch Bewegung die Funktion des Gegenstandes zeigen. Berührten sie Gegenstände mit der rechten Hand konnten sie benennen, jedoch nicht die Funktion erklären. Auch beim Sehen traten die gleichen Phänomene auf (siehe Schema II. Hirnnerv, Kapitel 5).

Die rechte Hemisphäre dominiert bei räumlichen Wahrnehmungen, komplexen Mustererkenntnissen, Kunst und intuitiven Leistungen.



Die linke Hemisphäre dominiert bei sprachlichen Funktionen, mathematischen Fähigkeiten und bei komplexen Bewegungen.

rechte Hemisphäre
“Musik”



linke Hemisphäre
“Sprache”

Der Balken verbindet

Die Arachnoidea oder Spinnwebhaut liegt der Dura dicht an. Sie umschließt den liquorhaltigen Subarachnoidalraum und ist mit der Pia durch Fäden, den *Trabekeln*, sowie Zwischenwänden, den *Septen*, verbunden.

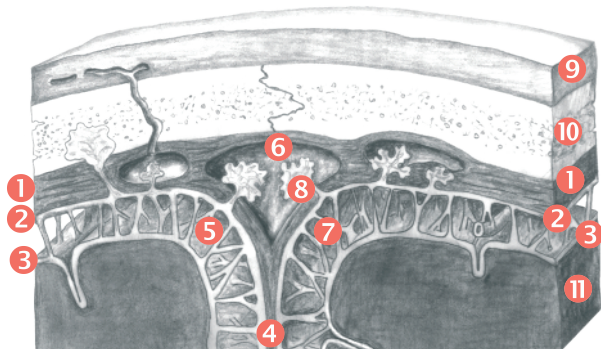
Zwischen Dura mater und Arachnoidea liegt der *Subduralraum*.

In die großen Blutleiter schieben sich gestielte, pilzartige Wucherungen ein. Diese Arachnoidalzotten leiten den Liquor ins Gefäßsystem zurück.

Die Pia mater ist die gefäßführende weiche Hirnhaut. Sie liegt der Oberfläche des Nervengewebes dicht an und folgt ihr bis in alle Vertiefungen.

In der weichen Hirnhaut zwischen Arachnoidea und Pia mater liegt der *Subarachnoidalraum*.

- 1 Dura mater
- 2 Arachnoidea
- 3 Pia mater
- 4 Falx cerebri
- 5 Subarachnoidalraum
- 6 Blutleiter
- 7 Trabekel
- 8 Arachnoidalzotten
- 9 Kopfschwarte
- 10 Knochen
- 11 Gehirn



Liquor

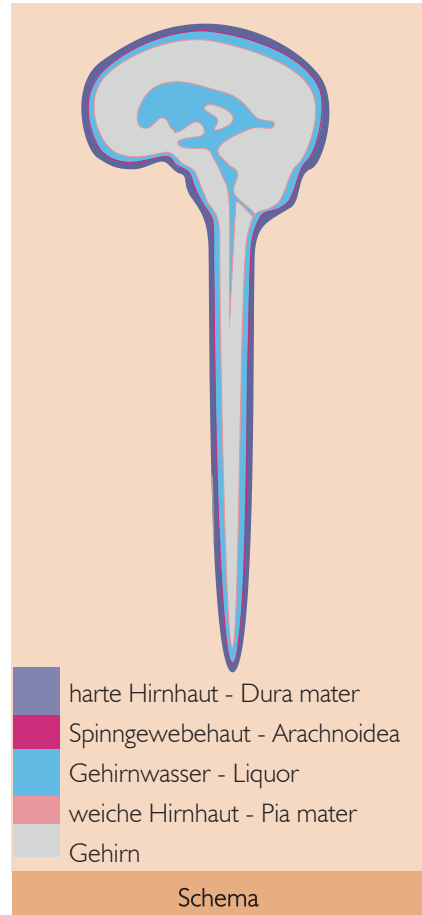
Der Liquor cerebrospinalis ist eine klare Flüssigkeit, welche den Subarachnoidalraum und die Hohlräume im Gehirn und Rückenmark ausfüllt.

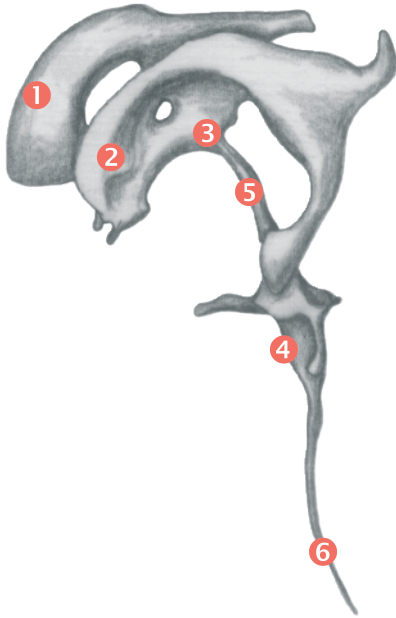
Die Zusammensetzung des Liquors: Wasser, Salze, Glukose, wenige Zellen sowie Eiweiß.

Durch den Liquor wird das Nervengewebe wie von einem Wasserkissen geschützt. Das Gehirn schwimmt im Liquor und verliert dadurch praktisch sein Eigengewicht: Es "schwebt" sozusagen im "Weltenraum" des Schädels. Auch der Fötus "schwebt" in der Amnionflüssigkeit. Das Gehirn bleibt in diesem Sinne das ganze Leben in einem foetalen Zustand.

Der Liquor erhält Nährstoffe aus dem Blut, versorgt damit das Hirn und transportiert Stoffwechselprodukte aus dem Nervengewebe ab.

Blut-Liquor-Schranke: Wie die Blut-Hirnschranke der Gliazellen lässt diese





- ① I. Ventrikel
- ② II. Ventrikel
- ③ III. Ventrikel
- ④ IV. Ventrikel
- ⑤ Aquaeductus cerebri
- ⑥ Zentralkanal

Schranke viele Substanzen wie Giftstoffe, Stoffwechselprodukte und viele Medikamente nicht durch.

Ventrikel

Das Ventrikelsystem besteht aus vier Kammern. Der I. und der II. Ventrikel liegen symmetrisch in der linken und rechten Großhirnhälfte. Der III. Ventrikel liegt im Zwischenhirn. Seine Seitenwände bilden der Thalamus und der Hypothalamus. Der IV. Ventrikel liegt zwischen Hirnstamm und Kleinhirn.

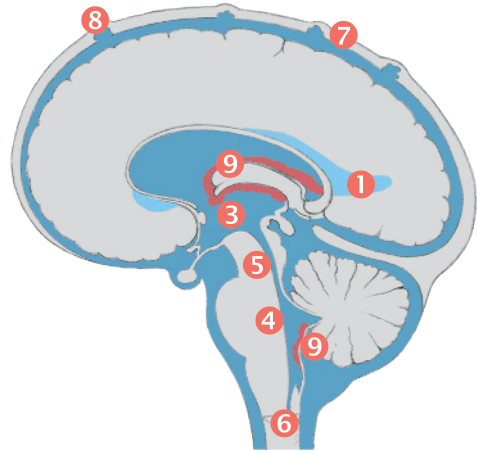
Plexus choroideus: Alle Ventrikel besitzen Gefäßzotten, welche Liquor aus dem Blut heraus bilden.

Äußere Liquorräume sind der Subarachnoidalraum, der im Bereich der Hirnbasis einige Erweiterungen, sogenannte Zisternen, bildet und der Zentralkanal im Rückenmark. Der Zentralkanal ist allerdings normalerweise gegen unten verschlossen und nimmt nicht an der Liquorzirkulation teil.

Liquorzirkulation

In den Adergeflechten der Ventrikel, den Plexen, wird der Liquor aus Blutplasma gewonnen. Von den Seitenventrikeln fließt der Liquor in den III. Ventrikel. Von diesem durch den Aquädukt in den IV. Ventrikel. Hier tritt er in den äußeren Liquorraum über. In den Arachnoidalzotten und den Venenplexen an den Abgängen der Spinalnerven wird er wieder ins Blut resorbiert. Die zirkulierende Menge beträgt ca. 200 ml pro Tag.

Die treibende Kraft der Liquorbewegung ist wahrscheinlich die Pulsation der Plexen durch den Herzrhythmus. Es wird eine Überwachung durch die feinen Nervenendigungen in der Pia mater vermutet. Die Bewegungen und Drücke des Liquors reagieren dynamisch auf die Druckverhältnisse im Körper. Dadurch kommt es zu puls- und atemsynchronen Änderungen sowie zu Schwankungen. Beispielsweise beim Husten.



- ① I. Ventrikel
- ③ III. Ventrikel
- ④ IV. Ventrikel
- ⑤ Aquaeductus cerebri
- ⑥ Zentralkanal
- ⑦ Dura mater mit Blutleiter
- ⑧ Arachnoidalzotten
- ⑨ Plexus choroideus

Die Blutversorgung des Gehirns

Unterbrechungen der Sauerstoffzufuhr führen schon nach kürzester Zeit zu irreparablen Schäden der Nervenzellen.

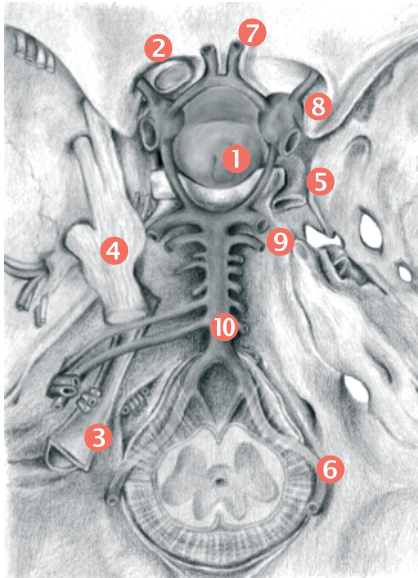
Das Gehirn wird von der Unterseite her durch die paarigen Kopfschlagadern, die *Aa. carotides interna*, und durch die paarigen Wirbelschlagadern, den *Aa. vertebrales*, versorgt. Diese Arterien sind miteinander verbunden und bilden den *Circulus arteriosus Willisii*. Die von der Halsschlagader, der *A. carotis*, abzweigenden vorderen und mittleren Großhirnarterien heißen *Aa. cerebri anterior* und *posterior*. Sie versorgen die vorderen und mittleren Hirngebiete. Die hinteren Hirnareale und die Hirnbasis werden von den hinteren Großhirnarterien, den *Aa. cerebri posteriores*, versorgt, welche ihr Blut vor allem aus den Wirbelschlagadern beziehen.

Der venöse Abfluss findet an der Hirnoberfläche statt. Das Blut aus der weichen Hirnhaut wird in den venösen Blutleitern gesammelt. Von hier gelangt es in die rechte und linke innere Drosselvene, die *V. jugularis interna*.

Schlaganfall - Apoplexie

Wird die arterielle Blutversorgung von Gehirnabschnitten gestört, so stirbt Hirngewebe ab. Dabei kommt es zu Lähmungen und sensiblen Ausfällen. Die Ursache ist meist der Verschluss einer sklerotisch vorgeschädigten Arterie durch ein Blutgerinnsel.

Oft liegt der Schaden im Bereich der inneren Kapsel, der *Capsula interna*. Diese liegt zwischen den Basalganglien und dem Thalamus. In ihr verläuft die Pyramidenbahn und da diese erst in der Medulla zur Gegenseite überkreuzt, führt ein Schaden zu einer Lähmung der gegenüberliegenden Seite.



- ① Hypophysenstiel
- ② Sehnerv
- ③ Blutleiter
- ④ N. trigeminus
- ⑤ A. carotis interna
- ⑥ A. vertebralis
- ⑦ A. cerebri anterior
- ⑧ A. cerebri media
- ⑨ A. cerebri posterior
- ⑩ A. basilaris

A. = Arterie; Aa = Arterien; V = Vene