



Universität  
Zürich <sup>UZH</sup>

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

---

# Grundlagen

## Blutversorgung, Hirnhüllen und Ventrikelsystem

---

David P. Wolfer  
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich  
Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich

377-0107-00 Nervensystem, Fr 17.11.2017 12:45

# Circulus arteriosus cerebri, Versorgung von Telencephalon und Diencephalon

## ■ Carotis-System

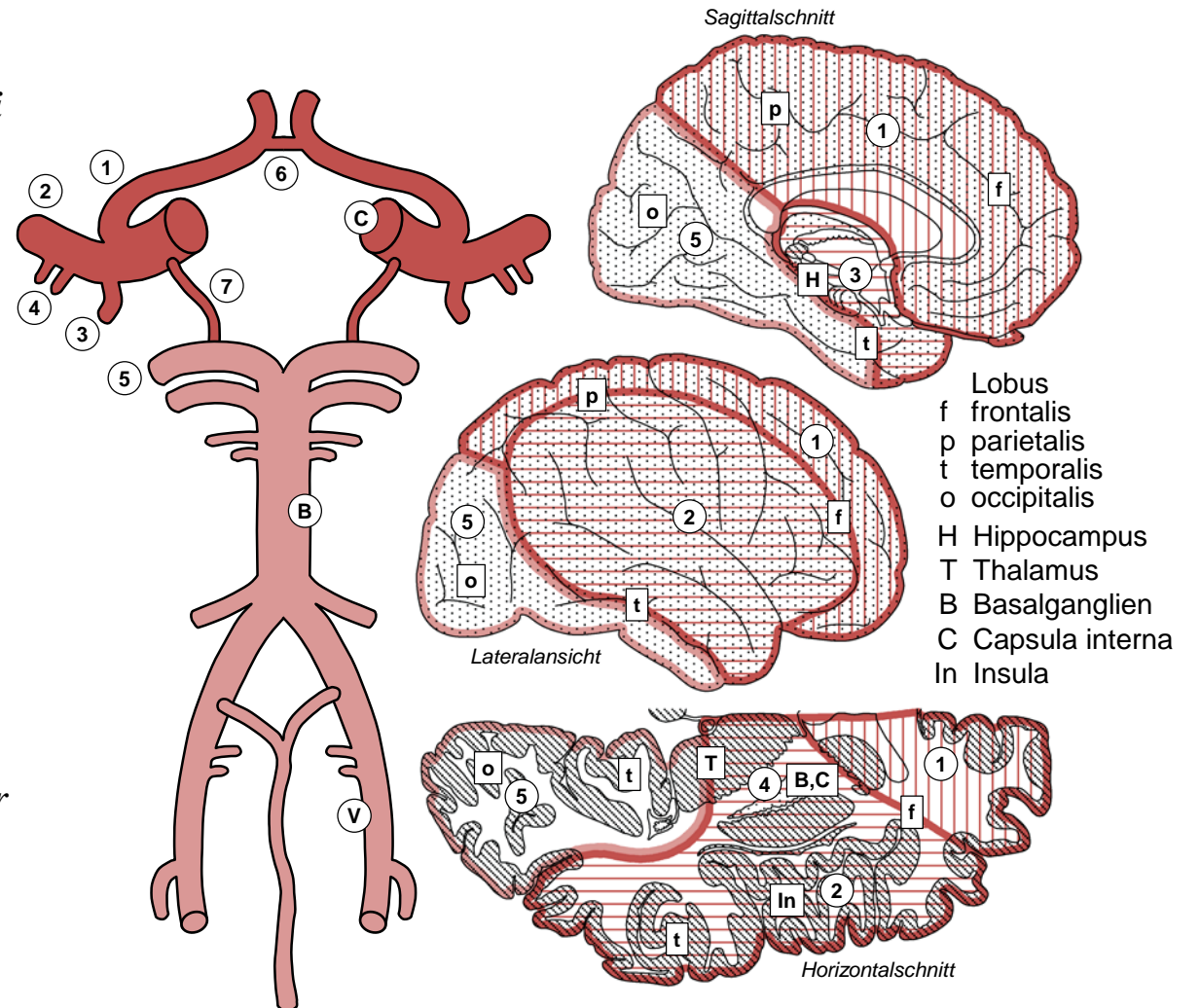
- *A carotis int (C):* Eintritt durch *Canalis caroticus*, *Karotissiphon* im *Sinus cavernosus*, *Endäste A cerebri ant (1)* und *med (2)* (mit *A choroidea ant (3)*, *Aa centrales anterolaterales (4)* = *lenticulostriatæ*)
- *versorgt Frontal- und Parietallappen, Teile des Temporallappens, Basalganglien, Capsula interna (Risikozone: Hemiplegie!), Diencephalon*

## ■ Vertebralis-System

- *Aa vertebrales (V):* Eintritt durch *Foramen occipitale magnum*, *Vereinigung zu unpaarer A basilaris (B)*
- *A cerebri post (5)* *versorgt Okzipitallappen, Teile von Temporallappen und Diencephalon*

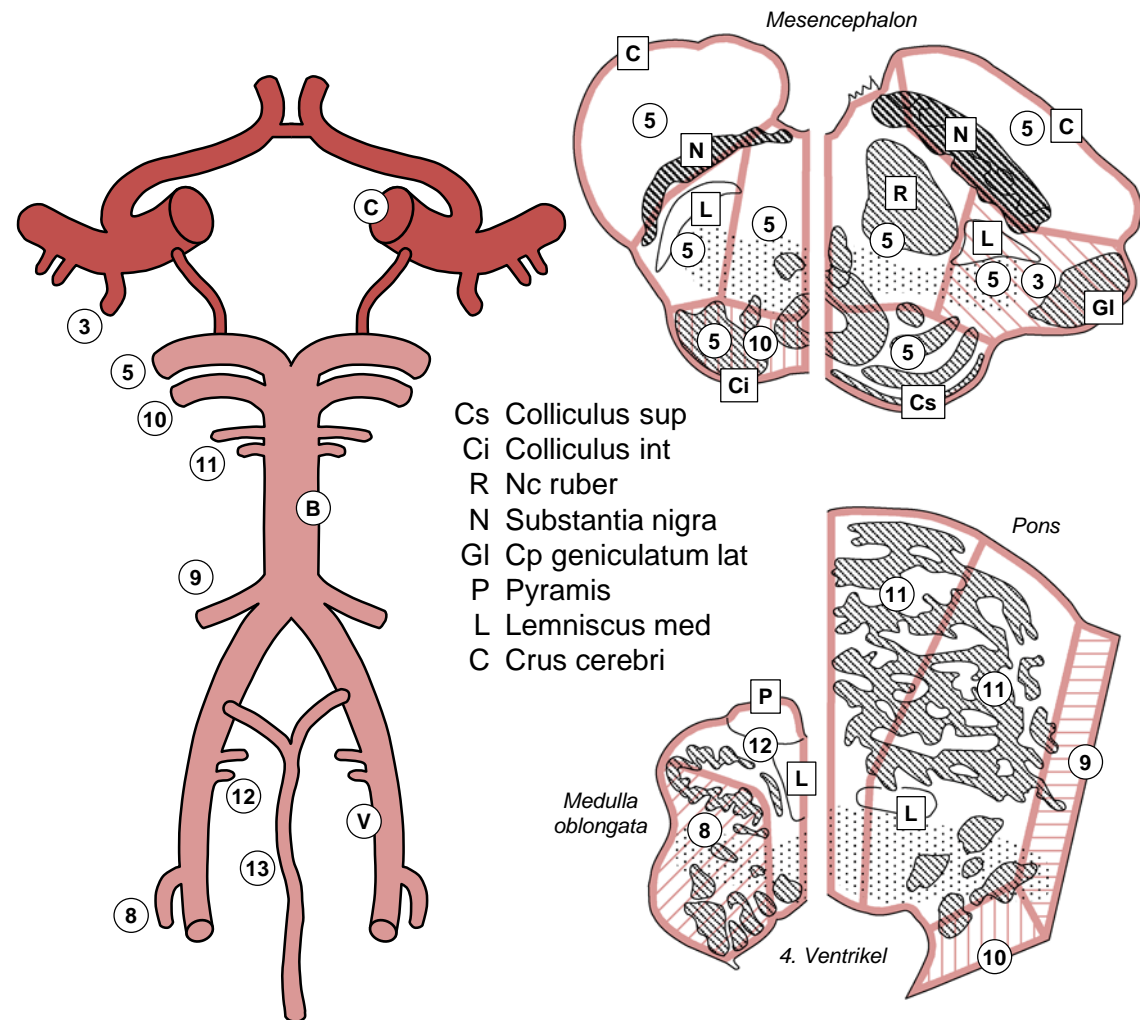
## ■■ Circulus arteriosus cerebri (Willisii)

- *A communicans ant (6)*, *Aa communicantes post (7)*
- *normal wenig durchblutet, Erweiterung bei langsamer Stenose eines Zuganges (über Wochen, Monate)*
- *Abgänge des Circulus arteriosus sind Endarterien, Verschluss bewirkt Infarkt des Versorgungsgebiets*



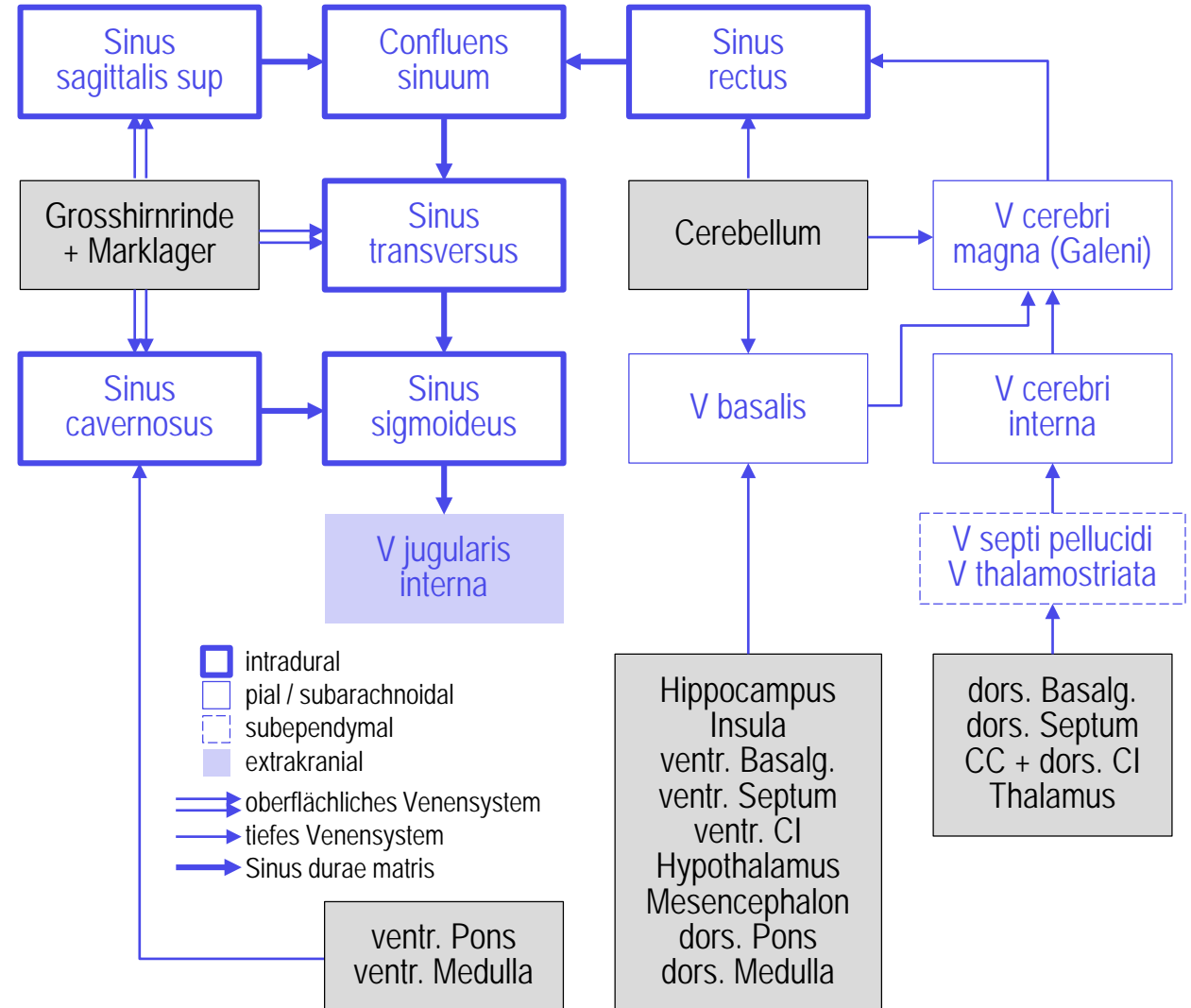
# Arterielle Versorgung von Cerebellum und Hirnstamm

- **Cerebellum**
  - *Aa inf post (8), inf ant (9), sup (10) cerebelli*
- **Mesencephalon**
  - *Äste der A cerebri post (5): Hauptversorgung*
  - *A choroidea ant (3): Teile von Tegmentum und Crus cerebri (einziger Beitrag des Karotis-Systems!)*
  - *A sup cerebelli (10): Teile des Colliculus inf*
- **Pons**
  - *AA pontis med & lat (11): sektorweise medial und basolateral (Pars basilaris und Tegmentum)*
  - *A sup cerebelli (10): Gebiet um Pedunculus cerebellaris sup, A inf ant cerebelli (9): Gebiet um Pedunculus cerebellaris med*
- **Medulla oblongata**
  - *Rr medullares (12) aus Aa vertebrales oder A spinalis ant (13): sektorweise medial und basolateral*
  - *A inf post cerebelli (8): dorsolaterales Gebiet um Pedunculus cerebellaris inf bis Ncc olivares inf*



# Venöser Abfluss aus dem Gehirn

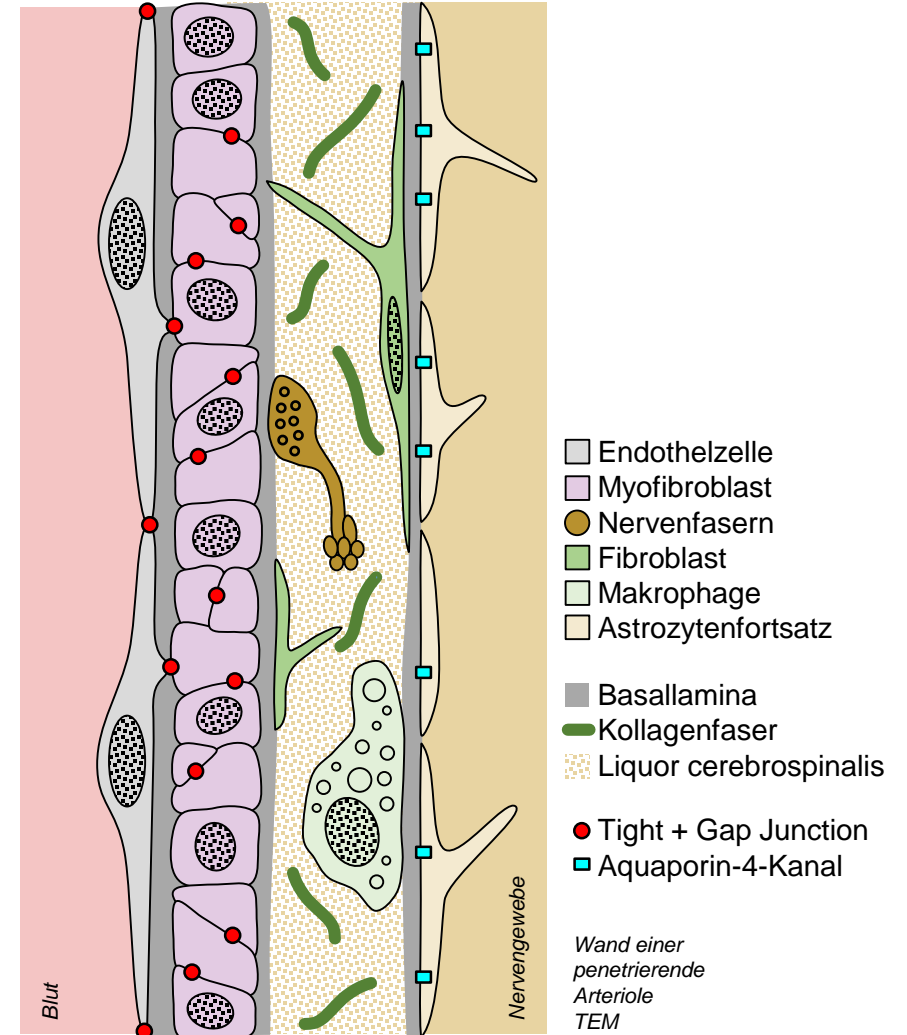
- *Oberflächliches & tiefes Venensystem*
  - oberflächliche 1-2cm der Grosshirn-Hemisphären: piale Grosshirnvenen via Brückenvenen direkt → Sinus durae matris
  - Tiefes Venensystem: Sockel der Grosshirn-Hemisphären & Hippocampus, Diencephalon, Hirnstamm: via V cerebri magna → Sinus rectus
  - keine Venenklappen, Variabilität, Anastomosen
- *Sinus durae matris*
  - Hohlräume zwischen 2 Blättern der Dura oder Dura und Periost, Endothel, kaum Muskulatur
  - begleitet von Lymphgefässen: Austritt aus Schädel mit V jugularis int und Hirnnerven, Drainage in tiefe zervikale Lymphknoten
- *Abflüsse aus Schädel*
  - überwiegend → V jugularis int
  - alternativ: Vv emissariae → Kopfhautvenen, Pl basilaris → Pl venosus vertebralis int
  - via Vv ophthalmica sup & inf und Pl pterygoideus Gesichtsregion → Sinus cavernosus: Infektionen!



# Penetrierende Blutgefäße und glymphatisches System

- *Schichtenweise Abfolge der arteriellen Gefäßkaliber*
  - *Circulus arteriosus und Äste mit Pia-Hülle im Subarachnoidalraum*
  - *mittlere Arterien auf Gehirnoberfläche in Pia mater*
  - *kleine Arterien und Arteriolen penetrieren Nervengewebe*
- *Neurovascular Unit*
  - *Gefäßwand ↔ Gliazellen (va Astrozyten) ↔ Neurone: Kommunikation über Transmitter, Mediatoren und Zellkontakte*
  - *Anpassung der Blutzufuhr an neuronale Aktivität, Milieuhomöostase (keine O<sub>2</sub>- und Brennstoff-Reserve, nur aerober Stoffwechsel im ZNS!)*
- *Penetrierende kleine Arterien und Arteriolen*
  - *perivaskulärer Raum (Virchow-Robin Raum) = Ausläufer des Subarachnoidalraumes (auch perivenös!): Liquor cerebrospinalis, piale Fibroblasten, Kollagenfasern, perivaskuläre Makrophagen*
  - *Membrana limitans Gliae: Basallamina + Astrozytenfortsätze mit 50nm Spalten und Aquaporin-4-Kanälen: Stoff- und H<sub>2</sub>O-Austausch*
  - *vegetative Innervation: afferent (Kopfschmerz!), sympathisch, parasympathisch (NO Freisetzung → Vasodilatation)*
  - *Tight und Gap Junctions kombiniert im Endothel, zwischen Myofibroblasten der Media und als myoendotheliale Kontakte*

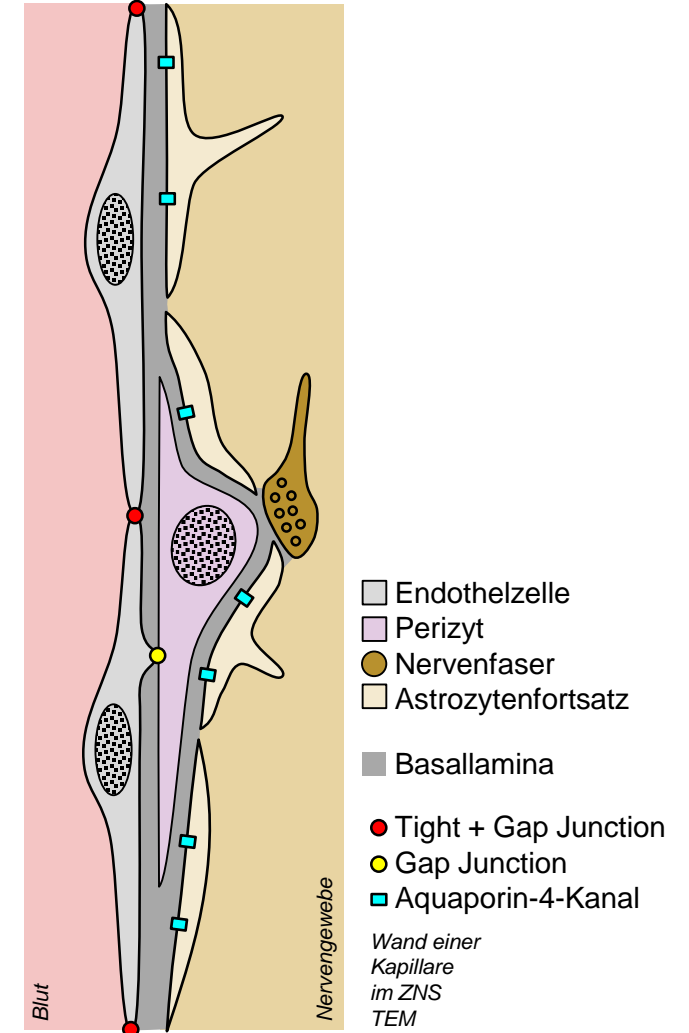
glymphatisches System





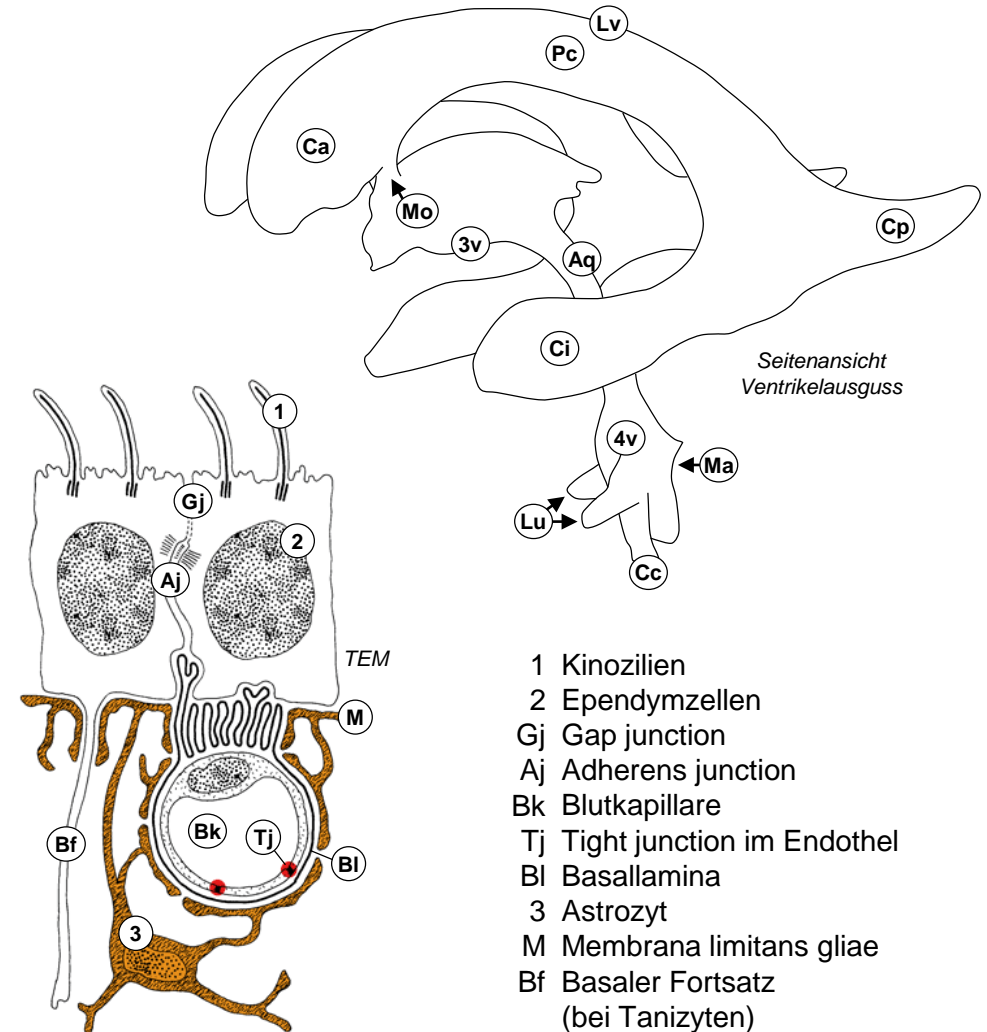
# ZNS Kapillaren und Bluthirnschranke

- *Endothelzellen implementieren Bluthirnschranke*
  - *Tight Junctions* → interzelluläre Barriere, *Gap Junctions*, *Adhärens Junctions*
  - *keine Fenestrierung, Pinozytose und Transzytose unterdrückt*  
→ *unspezifischer transzellulärer Transport stark eingeschränkt*
  - *keine Rezeptoren für Leukodiapedese: kein Zelldurchtritt im Normalzustand*
  - *Transportsysteme für selektiven Stoffimport (zB von Glukose) und -Export*
- *Perizyten induzieren, erhalten und steuern Bluthirnschranke*
  - *gemeinsame Basallamina mit Endothel und Membrana limitans gliae: peripherer Ausläufer und Verbindung der perivenösen und periarteriellen Räume*
  - *Signalaustausch mit Endothelzellen via Gap Junctions*
  - *Aktin & Myosin in zirkulären Fortsätzen* → *Mikroregulation des Blutflusses*
  - *Regulieren Tight Junctions, Stofftransport und Leukodiapedese durch Endothel*
  - *Funktion als auch als perivaskuläre Makrophagen*
  - *kontaktiert von Fortsätzen nahegelegener Neurone*
- *Astrozyten vermitteln zwischen Gefäßen und Neuronen*
  - *Membrana limitans Gliae: gemeinsame Basallamina + Astrozytenfortsätze mit 50nm Spalten und Aquaporin-4-Kanälen*
  - *Signalaustausch (neurovascular Unit), Transport von Brennstoff und Abfall*



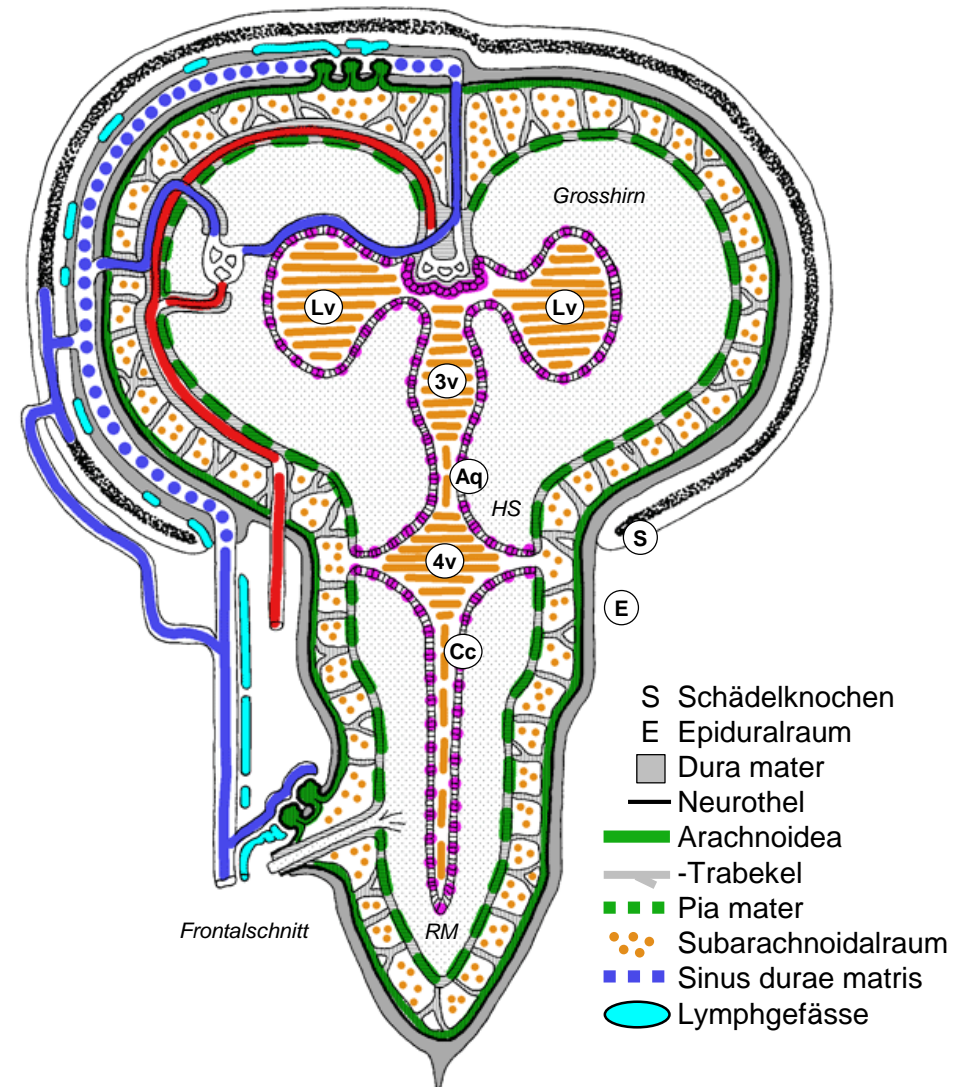
# Innere Liquorräume

- *Ventrikel (weit)*
  - *Ventriculus lat. (Lv) im Telencephalon: ausgehend von Pars centralis (Pc) Cornu ant. (Ca), post. (Cp), inf. (Ci)*
  - *Ventriculus tertius (3v) im Diencephalon*
  - *Ventriculus quartus (4v) in Medulla oblongata und Pons (Boden = Fossa rhomboidea)*
- *Verbindungen / Kanäle (eng)*
  - *Foramina Monroi (Mo)*
  - *Aqueductus cerebri (Aq) im Mesencephalon*
  - *Foramina Magendie (Ma) et Luschkae (Lu): einzige Verbindung zu Subarachnoidalraum*
  - *Canalis centralis (Cc) des Rückenmarks*
- *95% der Ventrikeloberfläche: Ependym*
  - *einschichtiges Epithel aus Gliazellen mit Kinozilien*
  - *Interzellularräum durchlässig, keine Basallamina*
  - *Tanizyten: Ependymzellen mit langem basalem Fortsatz*
  - *Liquor-Kontakt-Neurone (va. Canalis centralis): Soma im ZNS, Dendrit erreicht durch Ependym Liquor, chemosensorisch? mechanosensorisch?*



# Äussere Liquorräume und Hirnhäute

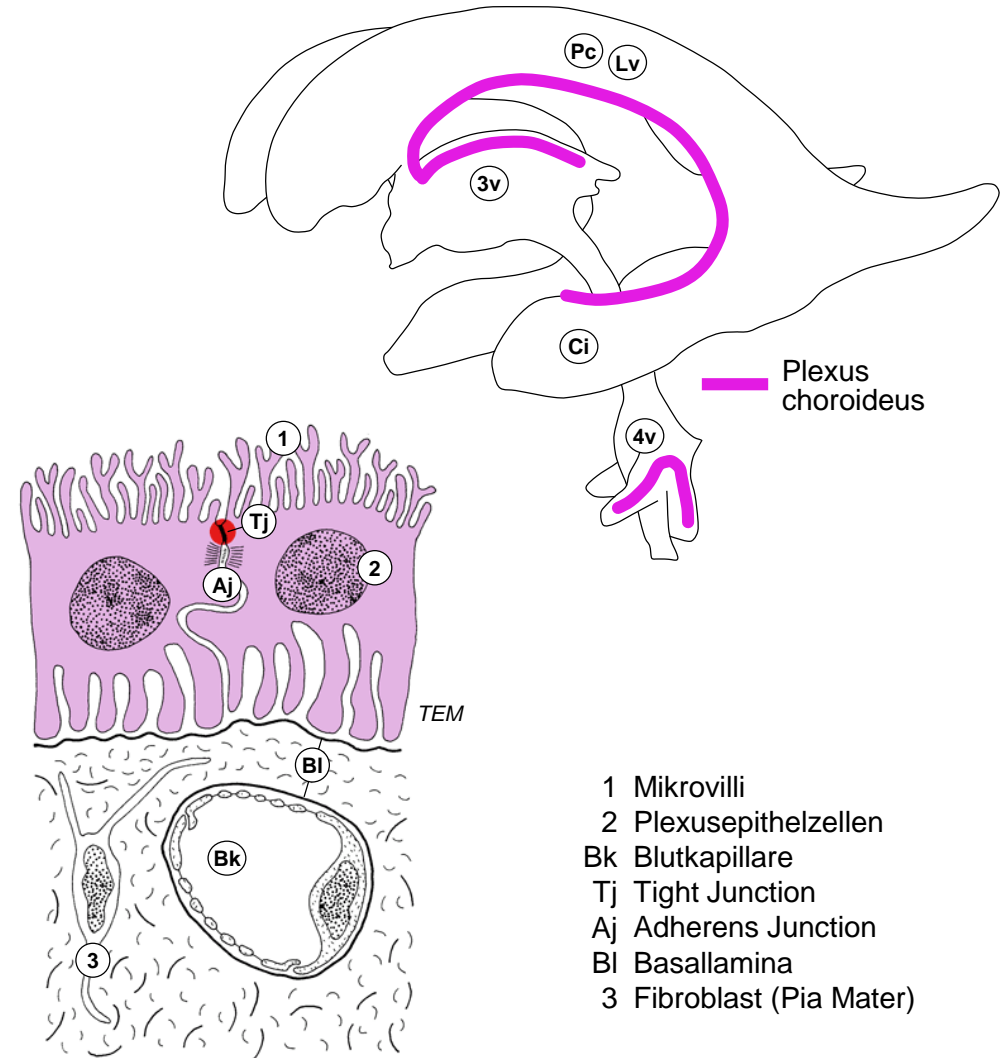
- *Mehrfachfunktion der Hirnhüllen*
  - *mechanischer Schutz, Stoffwechselbarriere, Immunabwehr*
- *Leptomeninges*
  - *Pia mater: feinfibrilläres Bindegewebe, in Kontakt mit Membrana limitans gliae (Basallamina + Astrozytenfortsätze)*
  - *Arachnoidea mater: feinfibrilläres Bindegewebe innen (Stroma), Basallamina, epitheliale arachnoidale Zellschicht mit Tight Junctions aussen gegen Dura mater*
  - *Subarachnoidalraum mit Liquor, ausgekleidet durch Leptomeninges-Mesothel, durchzogen von Arachnoidaltrabekeln*
- *Pachymeninges*
  - *Dura mater: straffes geflechtartiges kollagenes Bindegewebe mit feinem Lymphgefässnetz aussen (Stratum fibrosum), mehrschichtiges Plattenepithel mit Tight Junctions innen (Stratum neurotheliale = Neurothel)*
  - *Stratum fibrosum verwachsen mit Periost des Schädelknochens ausser bei Sinus durae matris*
  - *Duplikaturen der Dura bilden Falx cerebri, Tentorium cerebelli und Diaphragma sellae*





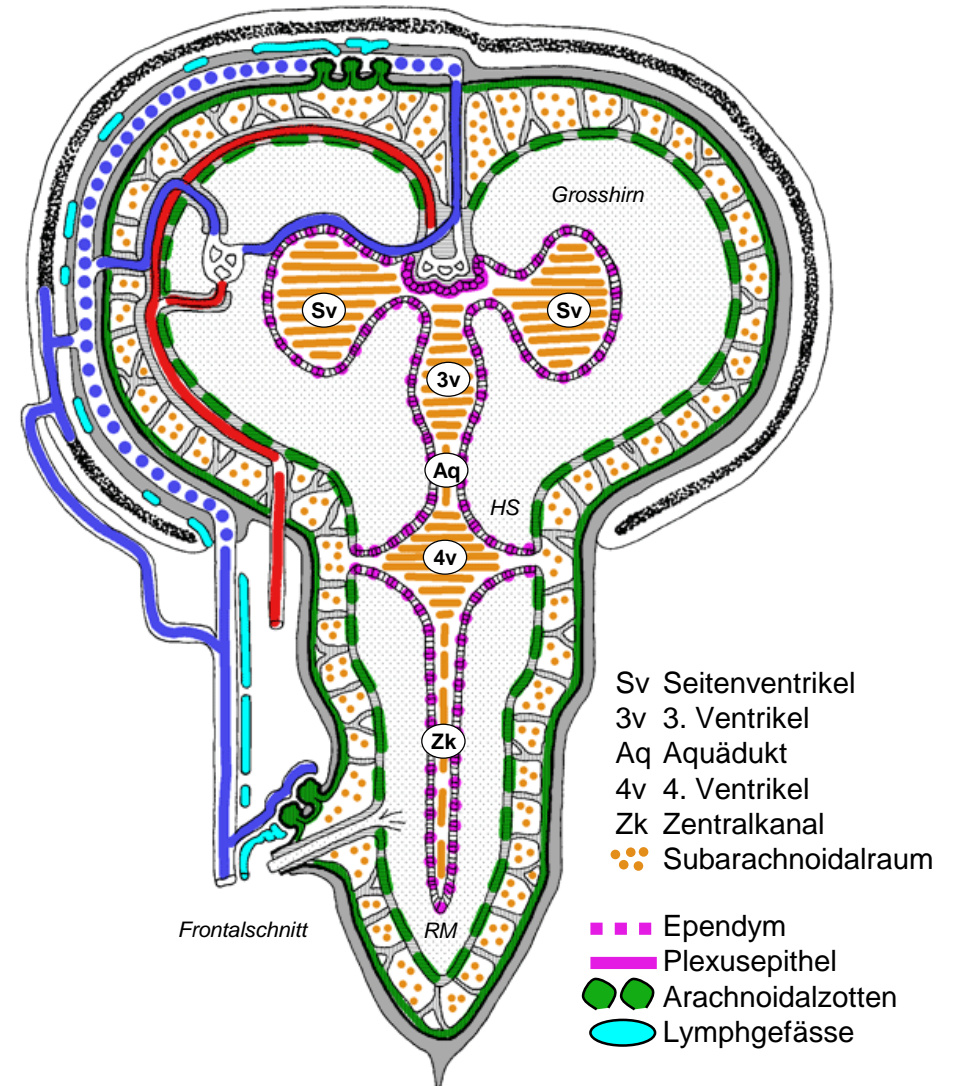
# Liquorproduktion

- *6x täglich ausgetauscht*
  - *Totalvolumen ca. 150 ml*
  - *Täglich ca. 900 ml durch Plexus choroideus sezerniert*
- *Plexus choroideus*
  - *ca. 5% der Ventrikeloberfläche*
  - *in allen Ventrikeln (Seitenventrikel ohne Cornu ant. et post.), nicht im Aqueductus cerebri & Can. centralis*
  - *Zottenbildung gegen Ventrikellichtung*
  - *Ventrikelwand reduziert auf einschichtiges Plexusepithel, apikal Liquor, basal Basallamina und Pia mater mit Blutgefäßen (Tela choroidea)*
  - *aktiver transzellulärer Transport: parazelluläre Abdichtung (Blut-Liquor-Schranke), apikale Oberflächenvergrößerung, basale Membranfalten mit Mitochondrien*
  - *piale Blutkapillaren in Tela choroidea mit fenestriertem Endothel ohne Tight Junctions*



# Liquorresorption & Zirkulation

- *Arachnoidalzotten = Arachnoidalgranulationen*
  - *resorbieren Liquor aus Subarachnoidalraum*
  - *Dura mater lückenhaft*
  - *Arachnoidea zottig nach aussen gestülpt, in Kontakt mit Sinus durae matris und Lymphgefässen der Dura mater*
- *Vorkommen:*
  - *Pacchioni-Granulationen entlang Sinus sagittalis superior*
  - *Duratrichter im Spinalkanal bei Austritt der Spinalnerven*
- *Komplexe Liquorbewegungen*
  - *Hauptfluss Seitenventrikel → 3. Ventrikel → Aqueductus → 4. Ventrikel → Subarachnoidalraum:*  
*Behinderung führt zu Druckanstieg (Hydrocephalus)*
  - *Pendelbewegung 4. Ventrikel ↔ Zentralkanal*
  - *Mikrozirkulation durch Zilienschlag des Ependyms*
  - *Austausch (va im Schlaf) Liquorräume ↔ Nervengewebe via Ependym, Pia mater und glymphatisches System*
  - *Subarachnoidalraum via Arachnoidalzotten 1. → Sinus durae matris und 2. → Lymphgefässnetz der Dura mater → extrakranielle Lymphgefässe (entlang Venen und Nerven)*



# Raumforderung durch intrakranielle Blutungen

- *Intrazerebrale Blutung*

- ③ *kleine Arterien*

- *Spontanruptur bei Arteriosklerose → Schlaganfall*

- *Subarachnoidalblutung*

- ① *grosse Arterien:*

- Circulus arteriosus Willisii und abgehende Äste*

- *Trauma oder Spontanruptur eines angeborenen Aneurysmas → akute oft tödliche Massenblutung*

- *Subduralblutung*

- ⑥ *Brückenvenen*

- *Abriss der Einmündung in Durasinus durch Scherkräfte → Hämatom zwischen Dura und Arachnoidea*

- *akut bei schwerem Schädelhirntrauma*

- *chronisch nach Bagateltrauma bei älteren Leuten*

- *Epiduralblutung*

- *Arteria meningea media ausserhalb Dura mater*

- *Schädelfraktur → Hämatom zwischen Schädelknochen und Periost/Dura, Eintrübung des Bewusstseins innert Stunden*

