

# Zytologie und Histologie

Wintersemester 2025/2026

Prof. Dr. Daniela Fietz

**SKRIPT**

Nur zur Verwendung für Studierende der Veterinärmedizin, Justus-Liebig-Universität Gießen

# Inhaltsverzeichnis

## Allgemeines

- [Herstellung von Präparaten](#)
- [Aufbau Mikroskop](#)

## Zytologie

- [Pro-vs. Eukaryoten](#)
- [Plasmalemm](#)
- [Oberflächendifferenzierungen](#)
- [Polarität von Zellen](#)
- [Zytosol](#)
- [Zytoskelett](#)
- [Zellkontakte](#)
- [Zellkern](#)
- [Kernkörperchen](#)
- [Zellzyklus](#)
- [Mitose/Meiose](#)
- [Ribosomen](#)
- [Endoplasmatisches Retikulum](#)
- [Golgi-Apparat](#)
- [Lysosomen](#)
- [Mitochondrien](#)

## Histologie

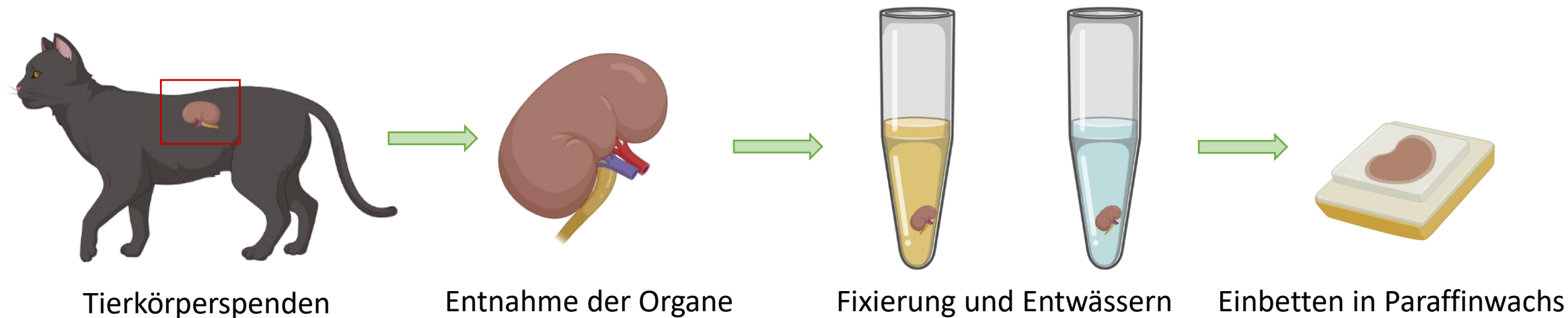
- [Epithelien allgemein](#)
  - [Deckepithelien](#)
  - [Drüsenepithelien](#)
- [Bindegewebe und Stützgewebe allgemein](#)
  - [Bindegewebe](#)
  - [Knorpel](#)
  - [Knochen](#)
- [Muskelgewebe – allgemein](#)
  - [glatte Muskulatur](#)
  - [quergestreifte Muskulatur \(Skelett\)](#)
  - [quergestreifte Muskulatur \(Herz\)](#)
- [Nervengewebe allgemein](#)
  - [Neuronen](#)
  - [Gliazellen](#)

Mit dieser Schaltfläche kommen Sie immer wieder  
zum Inhaltsverzeichnis zurück!

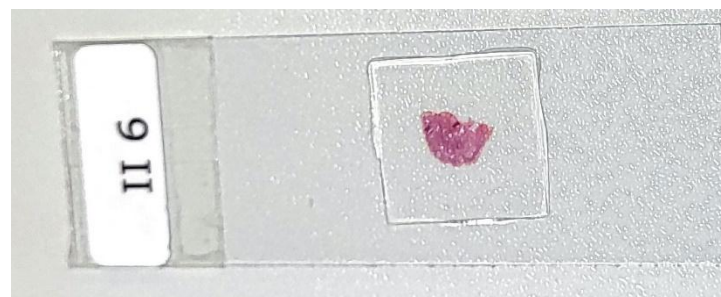




# Histologische Präparate herstellen



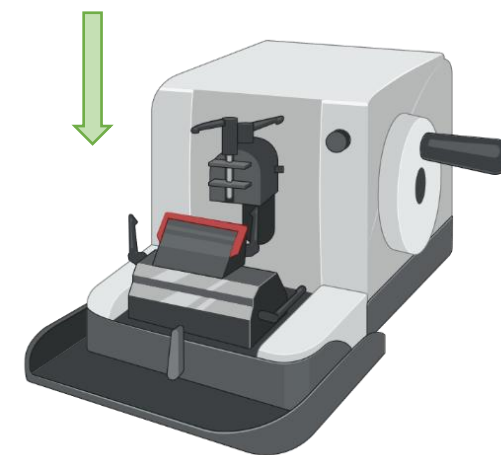
**Dauer: etwa 2 Wochen**



Rehydrieren, färben, entwässern, eindeckeln



Aufziehen auf Glasobjektträger



Schneiden von 5µm Schnitten

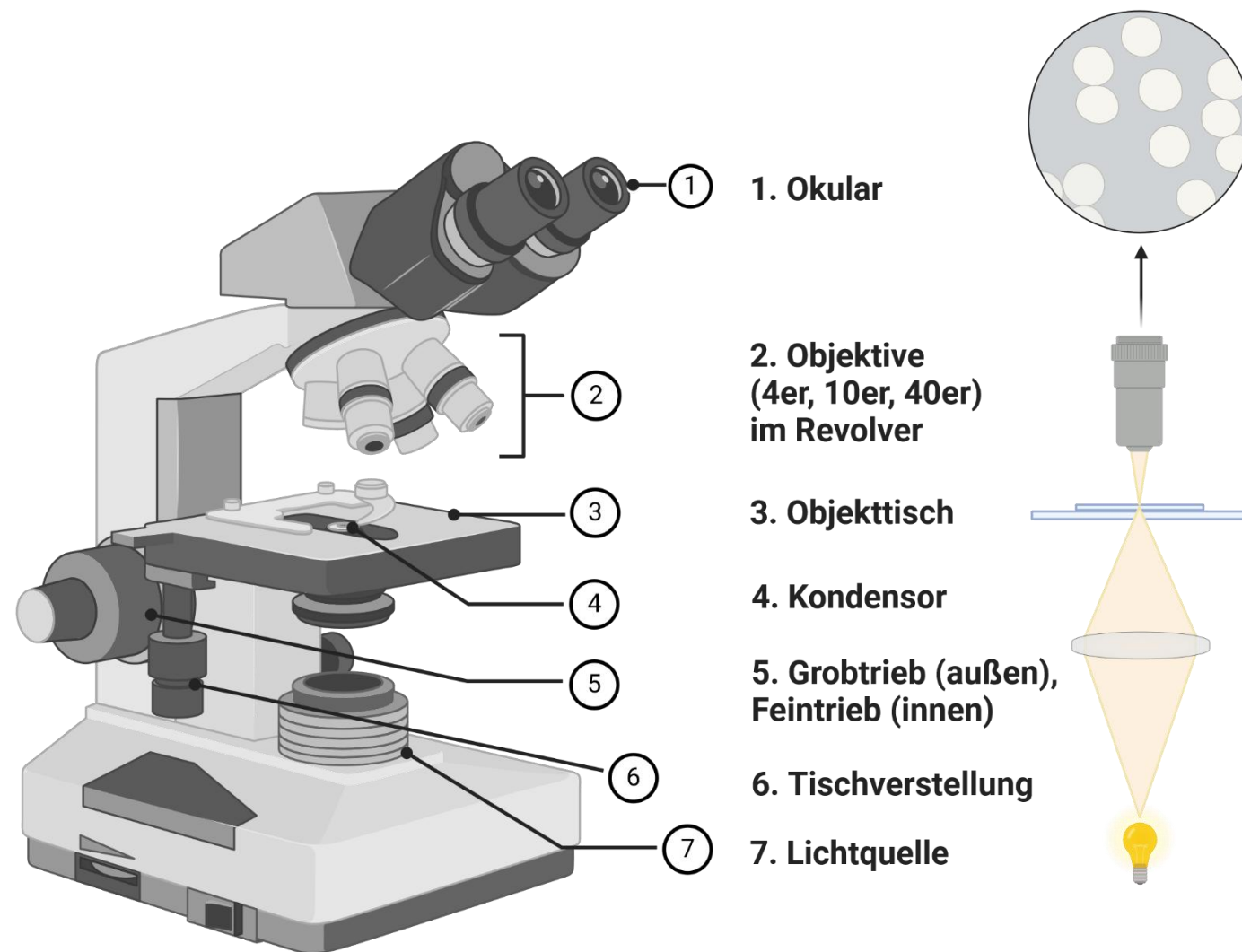


# Das Lichtmikroskop

- Die Vergrößerung ergibt sich als

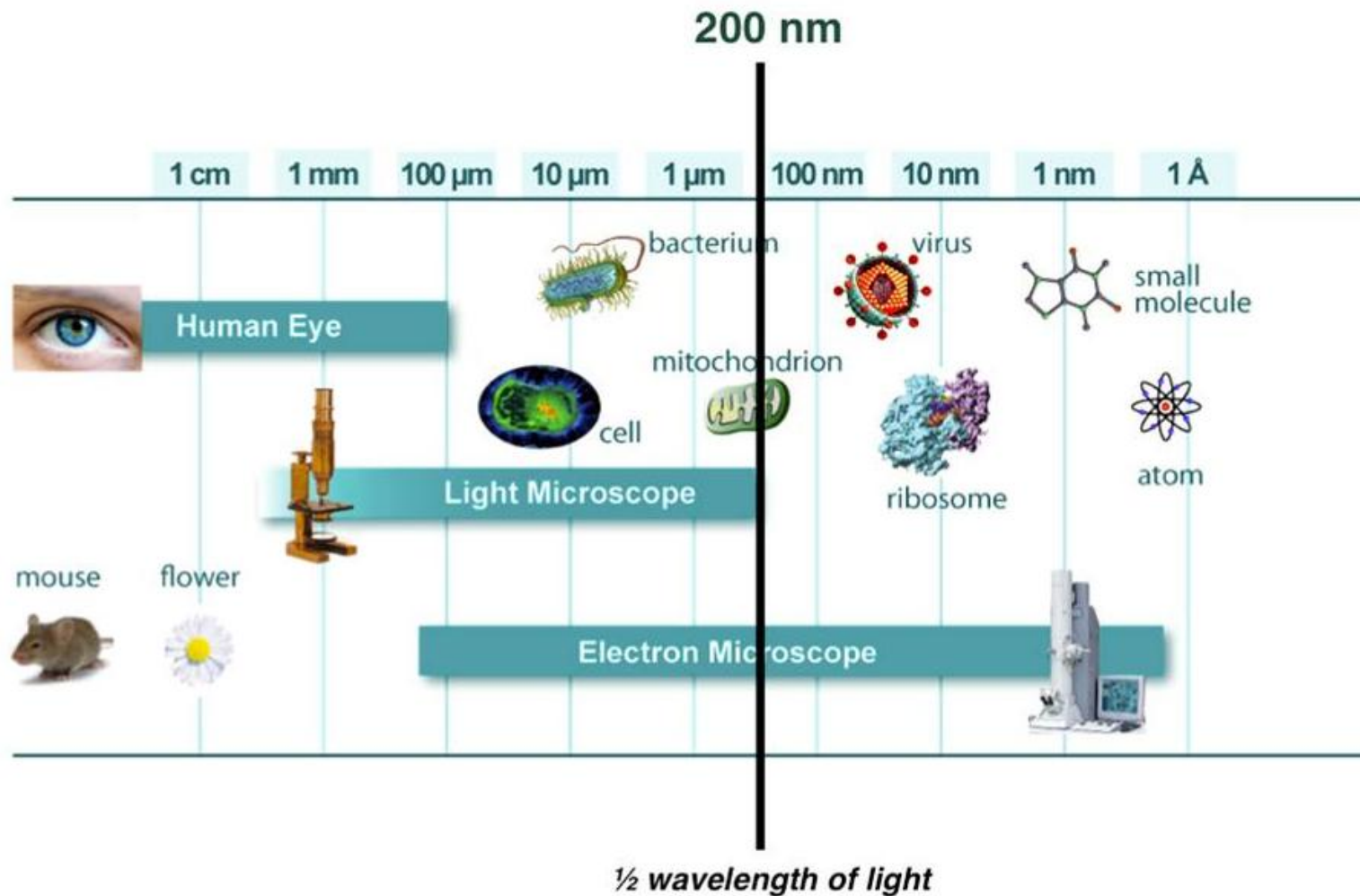
**Okular x Objektiv**

- Mögliche Vergrößerungsstufen:
  - 40fach
  - 100fach
  - 400fach



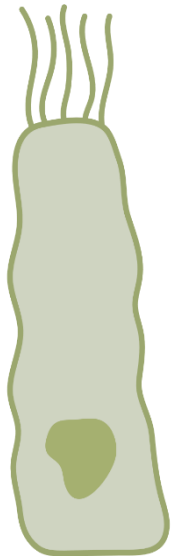


# Auflösungsgrenzen Lichtmikroskopie





# Von Zellen und Zellverbänden



## Zelle

- kleinste funktionelle Einheit
- Zeichen des Lebens

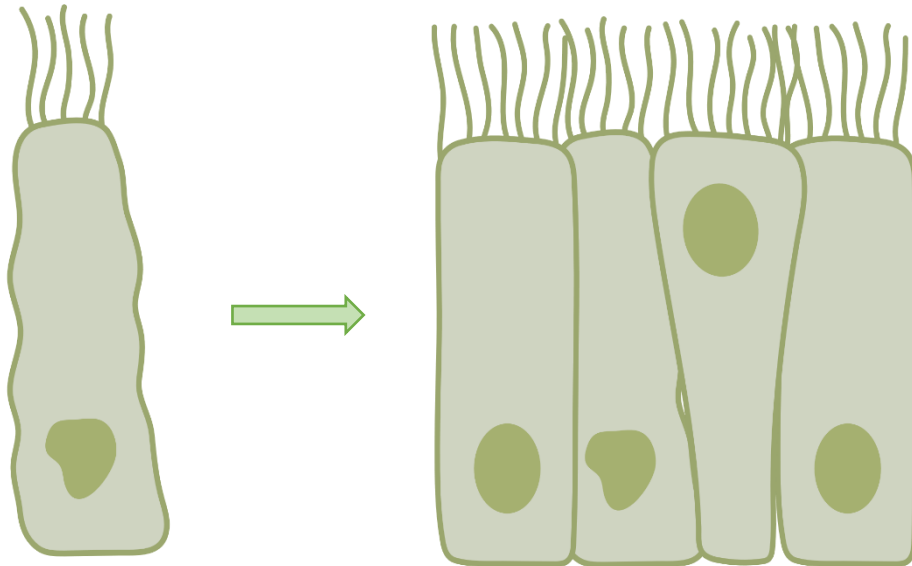
- Epithelzellen
- Bindegewebszellen
- Knochen- und Knorpelzellen
- Muskelzellen
- Nervenzellen



Wachstum, Vermehrung, Stoffwechsel, Fortbewegung, Regulationsvermögen



# Von Zellen und Zellverbänden

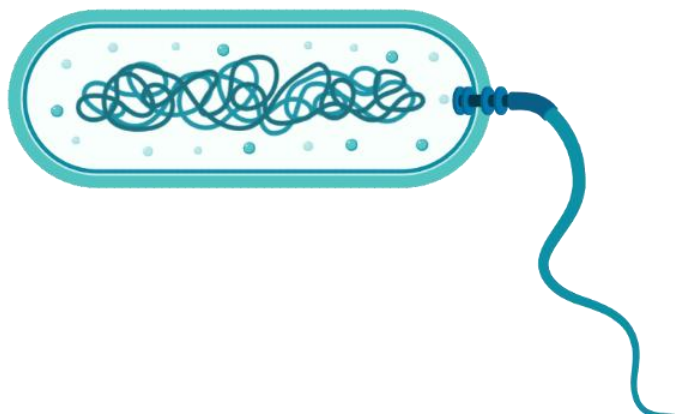


## Gewebe

- Verband gleichartig differenzierter Zellen
- gemeinsamer Aufbau
- gemeinsame Funktion



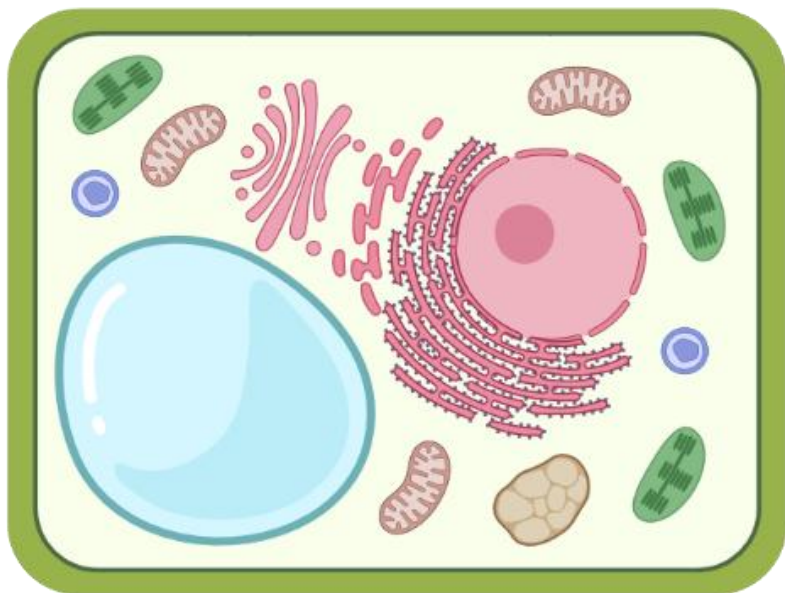
# Prokaryoten vs. Eukaryoten



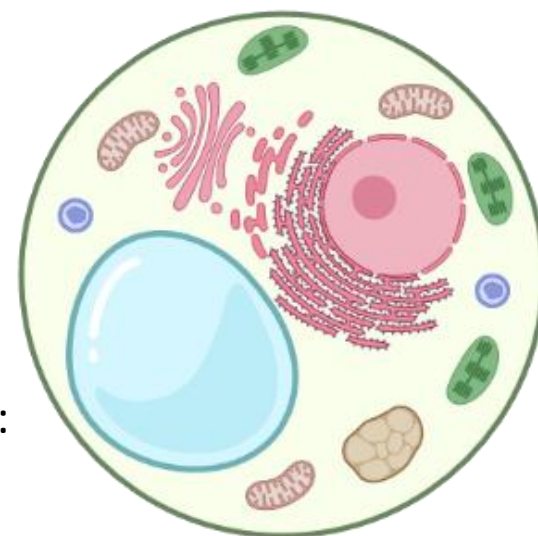
Wachstum, Vermehrung, Stoffwechsel, Fortbewegung, Regulationsvermögen



# Prokaryoten vs. Eukaryoten



Pflanzenzelle:  
mit Zellwand und Zellmembran



Tierische Zelle:  
Zellmembran



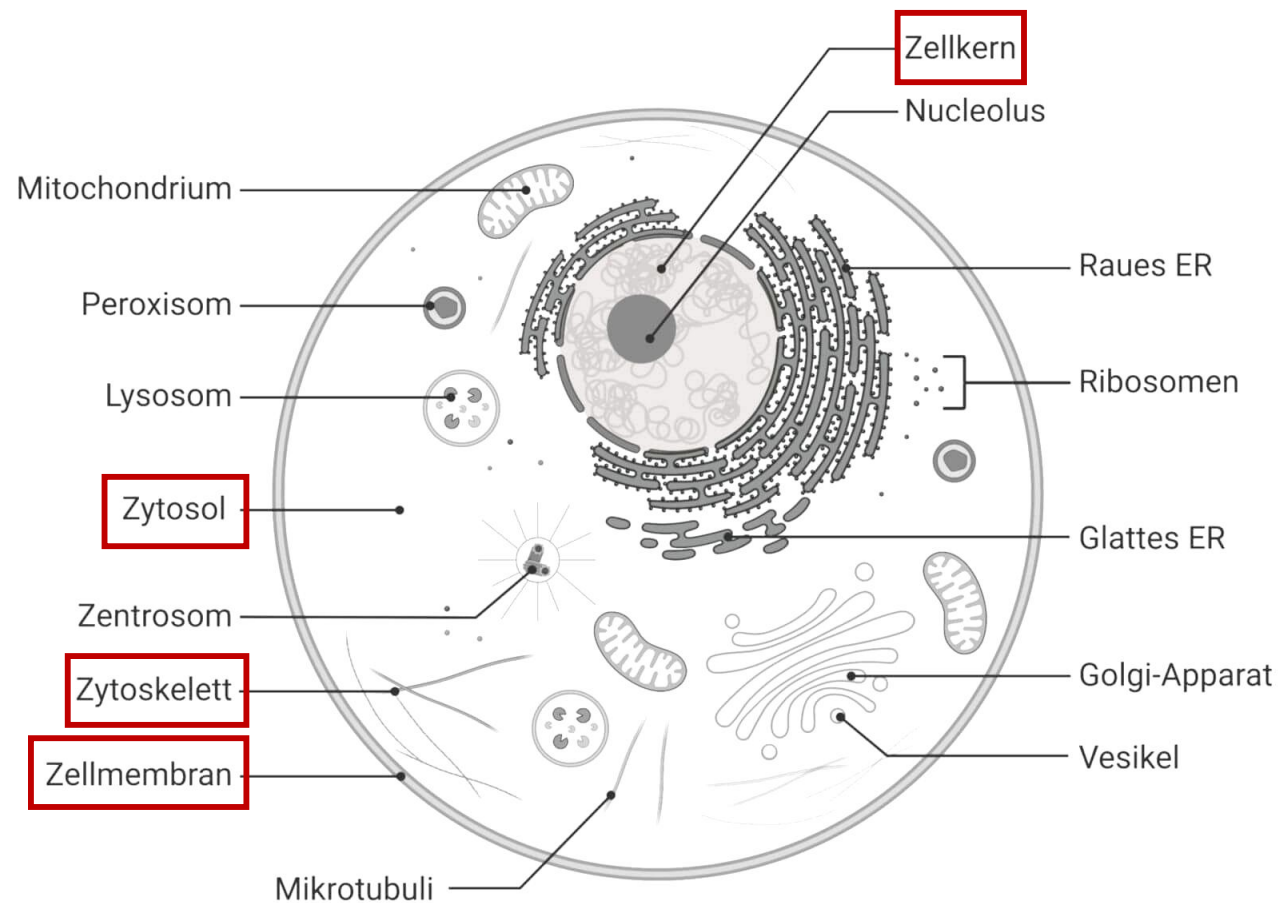
Wachstum, Vermehrung, Stoffwechsel, Fortbewegung, Regulationsvermögen



Organisation des Zytoplasmas durch Zellmembran-abgegrenzte Räume und Organellen



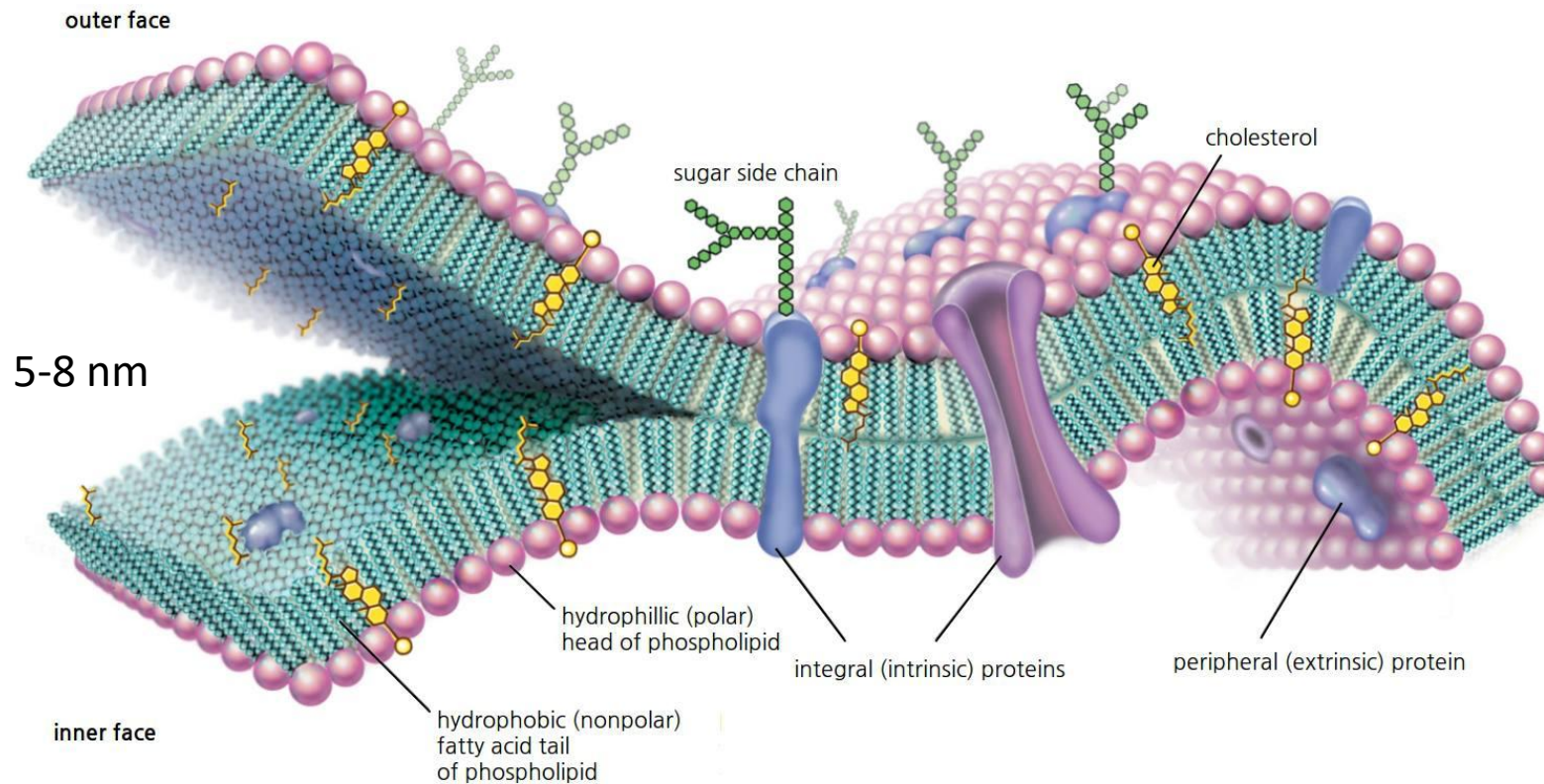
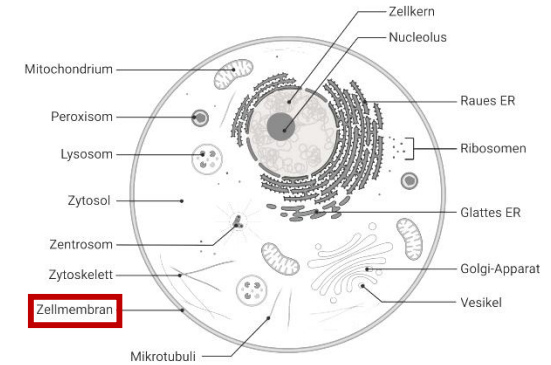
# Übersicht tierische Zelle



Mitose



# Zellmembran (Plasmalemma)



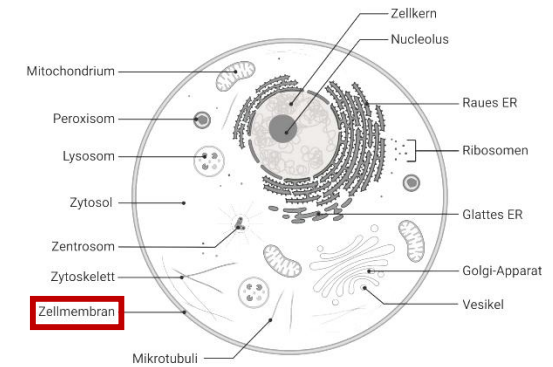
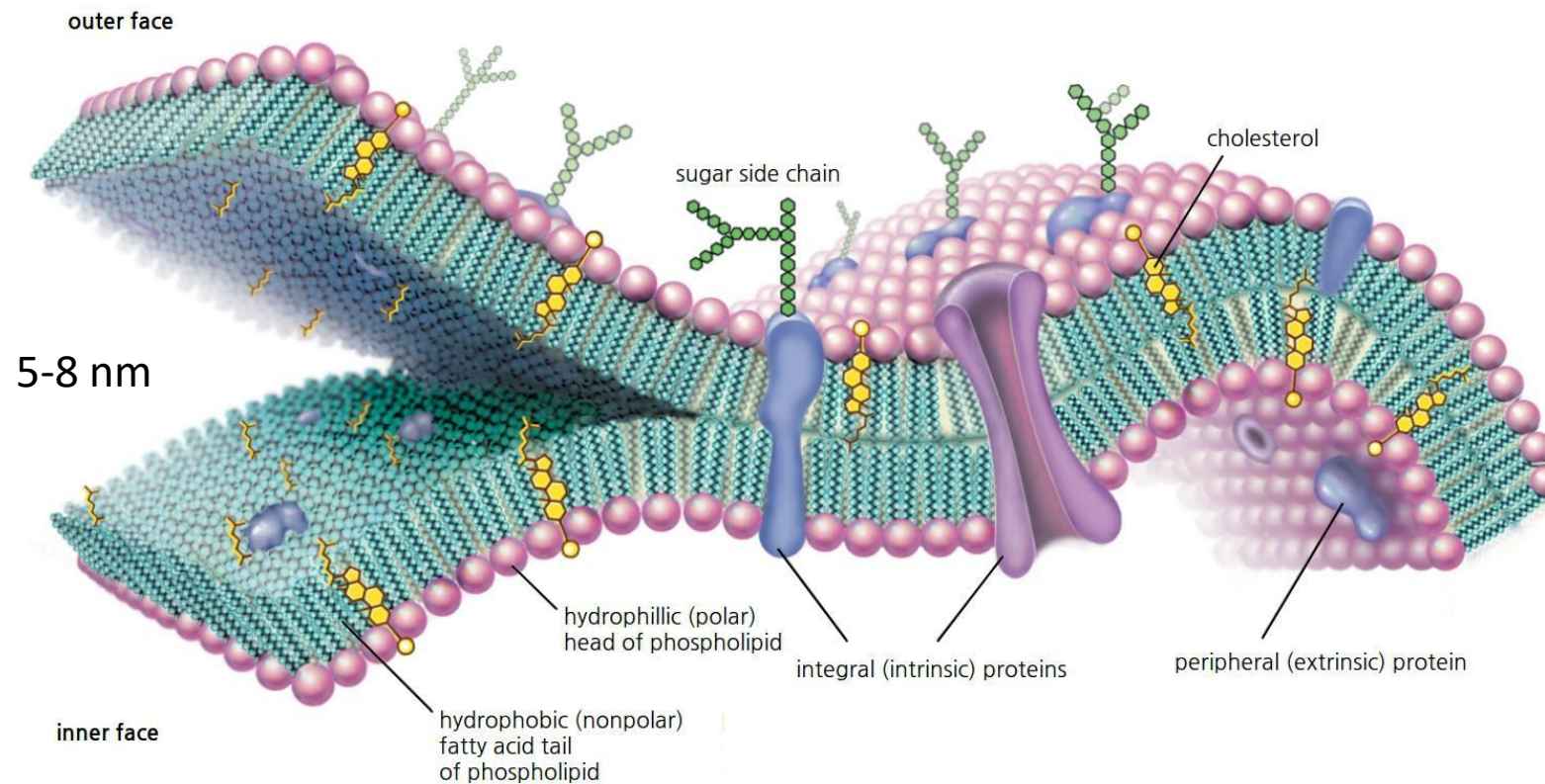
## Aufbau

- Phospholipid-Bilayer + integrale und periphere Proteine

➔ **Fluid mosaic model**



# Zellmembran (Plasmalemm)



## Funktion, generell

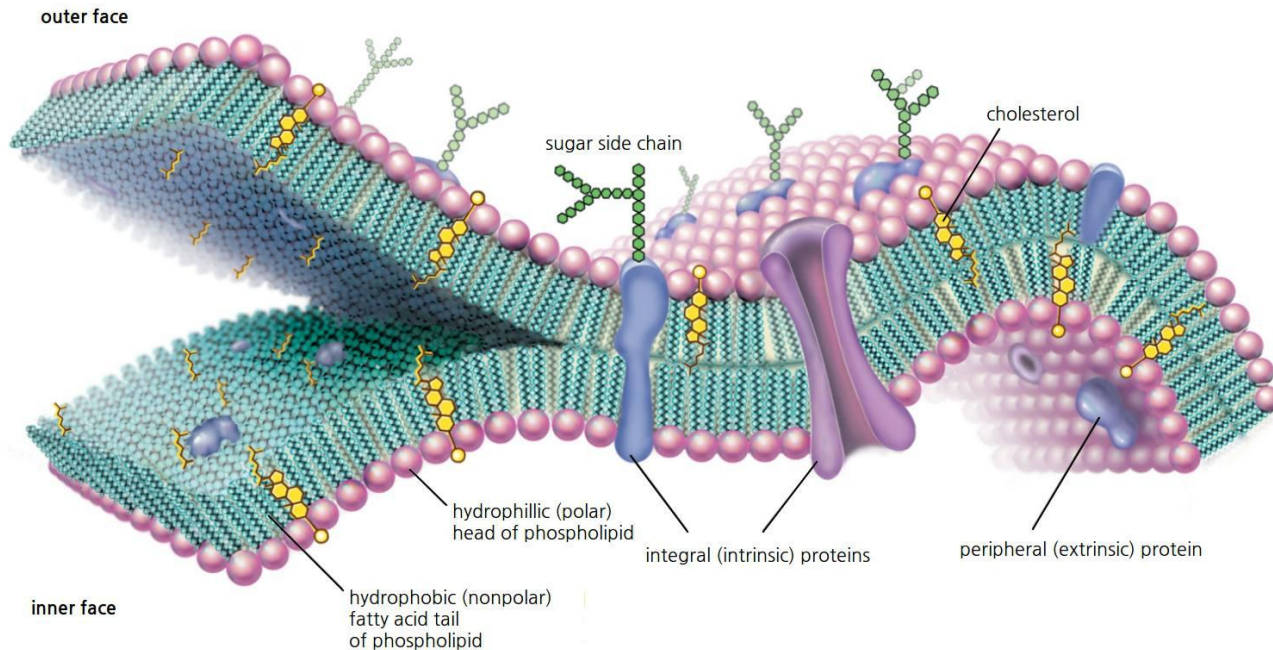
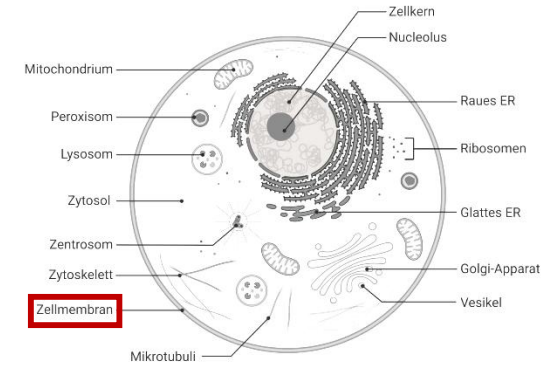
- Kompartimentierung
- selektive Permeabilität



**Stoffaustausch,  
Erregbarkeit  
Kommunikation, Kontakt**



# Zellmembran (Plasmalemm)

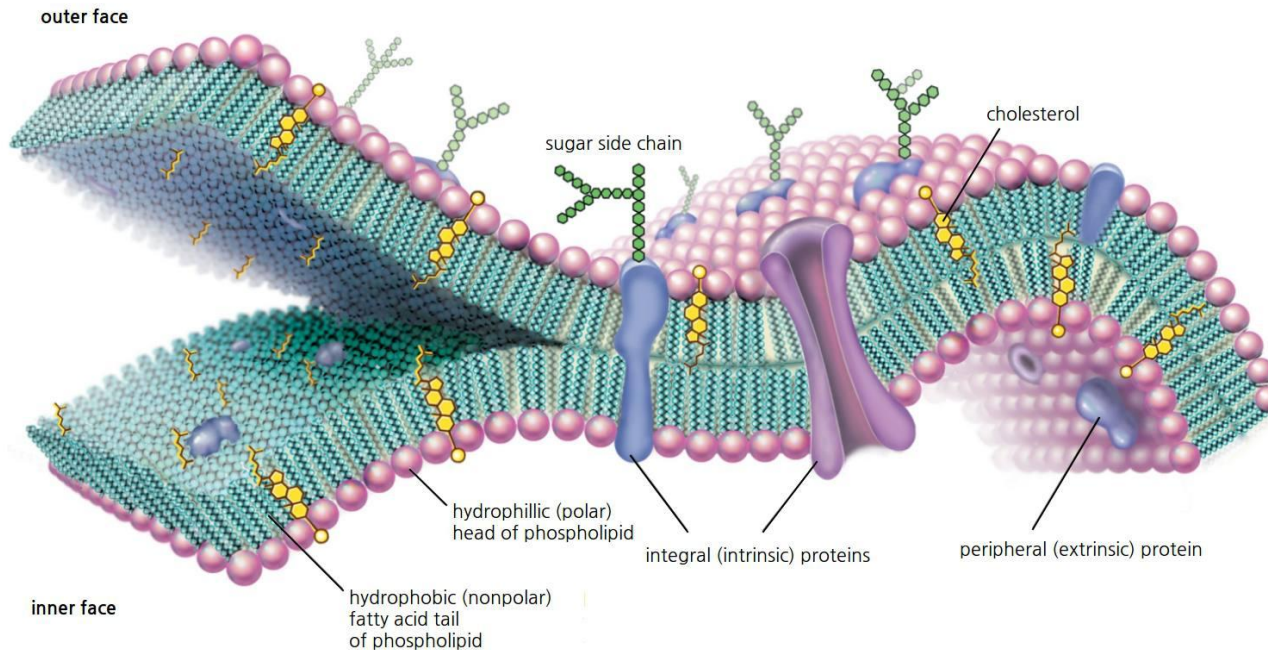
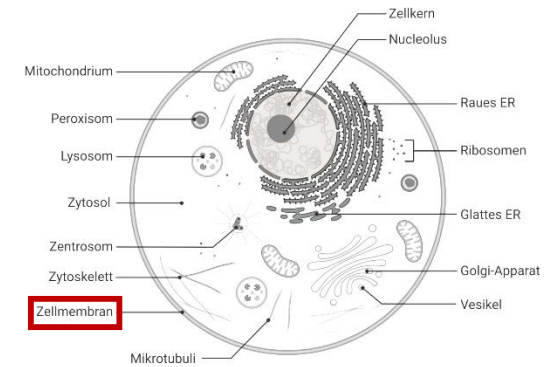


## Funktion der Membranproteine

- Transporter
- Ionenkanäle
- Pumpen
- Rezeptoren
- Zelladhäsionsmoleküle



# Zellmembran (Plasmalemm)

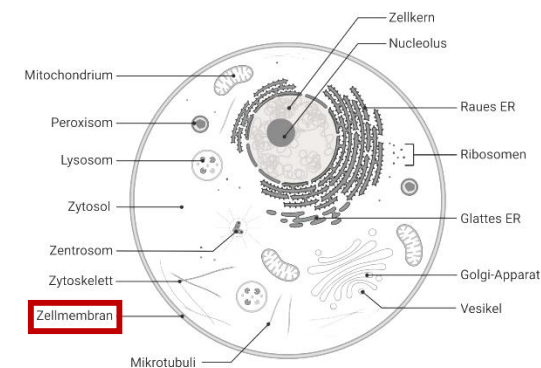
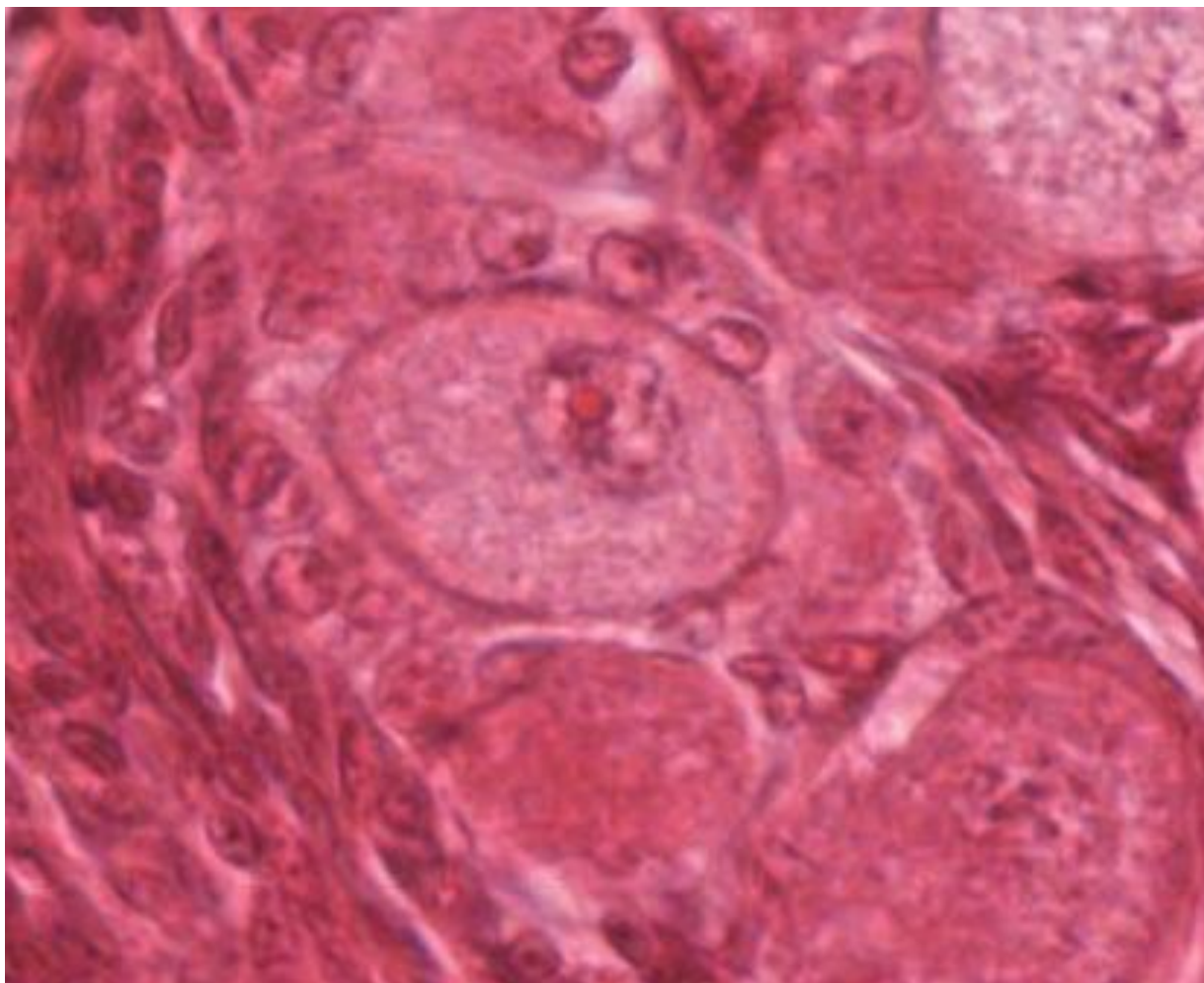


## Identifizierung der Zellen

Erkennen der Zellen als „Körper-eigen“ und „Körper-fremd“ durch die Glykokalix, Bestimmung der Blutgruppe und des Rhesus-Faktors auf Erythrozyten.



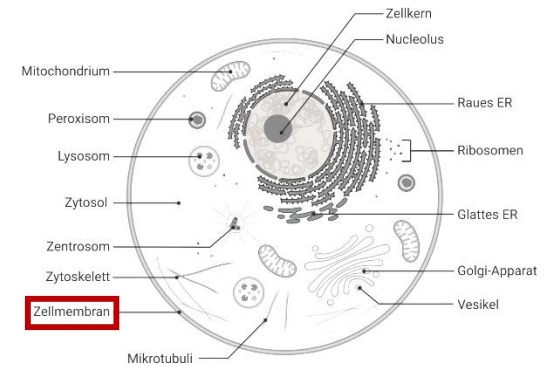
# Zellmembran (Plasmalemma)



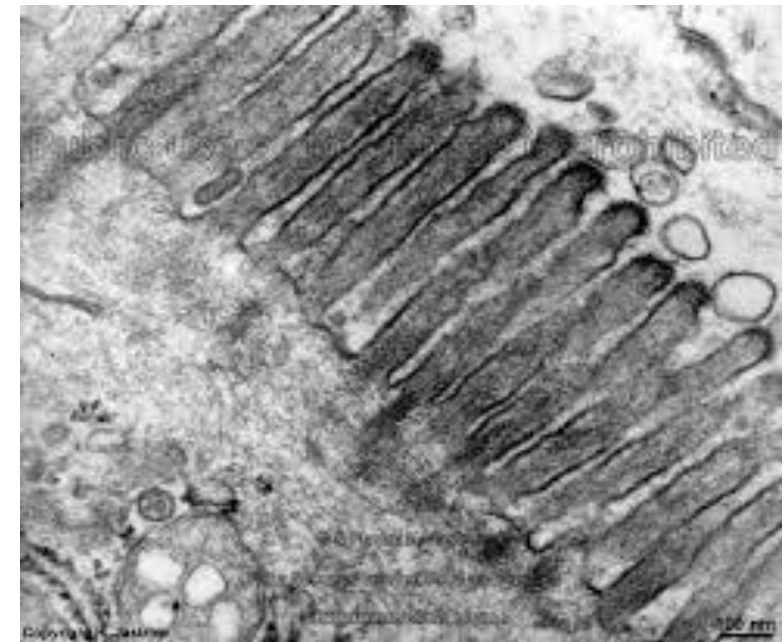
Was sieht man davon im Lichtmikroskop bei einer Standardfärbung?



# Oberflächendifferenzierungen



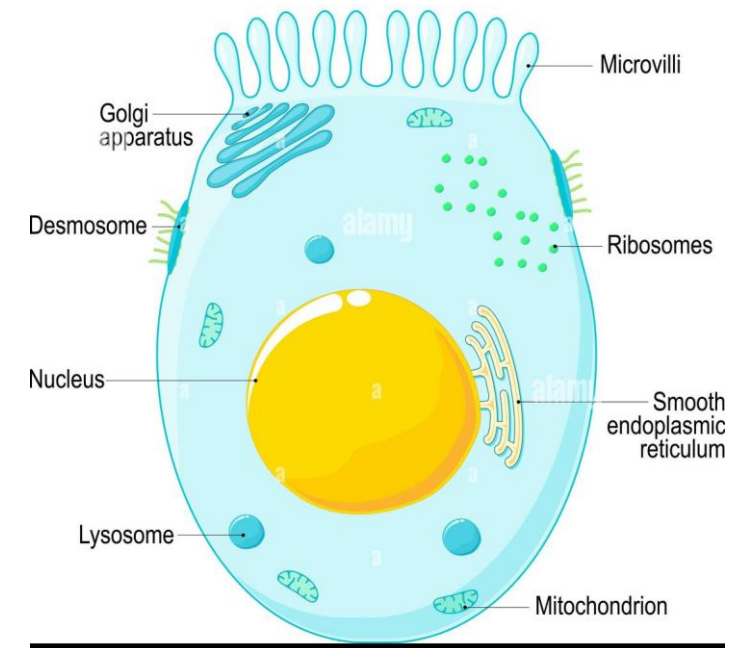
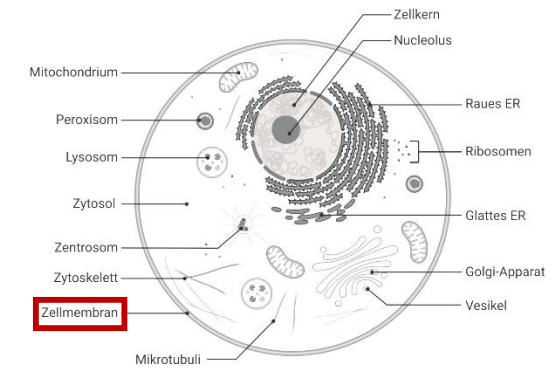
- Dienen der Oberflächenvergrößerung, der Resorption und/oder der Beweglichkeit der Zellen
  - Mikrovilli
  - Stereozilien
  - Kinozilien
  - Pseudo-/Filopodien
  - Invaginationen
- Beziehen auch das Zytoskelett und das Zytosol mit ein





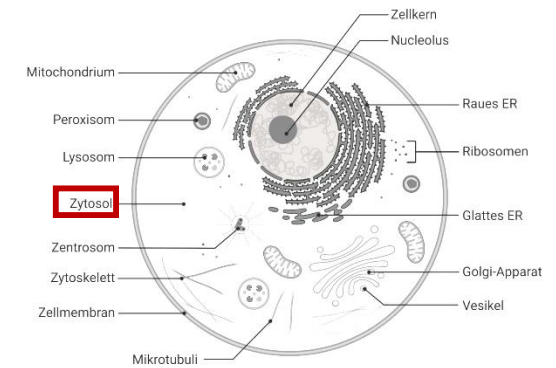
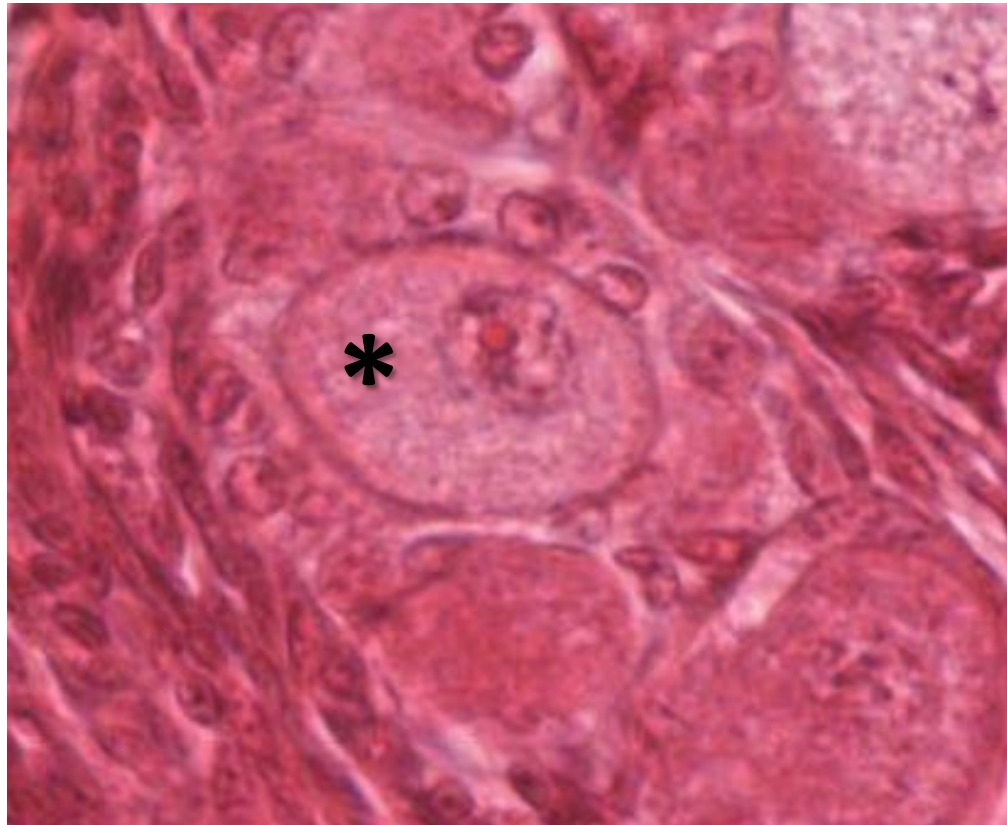
# Polarität der Zellen

- Je nach Gewebe unterscheidet sich die Ausrichtung der Zellen und durch Oberflächendifferenzierungen entstehen **polare Zellen**, die eine apikale und eine basolaterale Seite unterscheiden lassen.
- Dies kommt v.a. bei Epithelzellen vor, die auch starke **Zellkontakte** ausbilden.





# Zytoplasma (Zytosol)



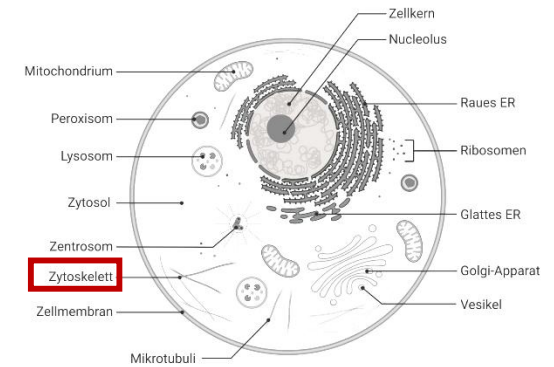
- Flüssig/gelartige Grundsubstanz, ca. 50% des Zellvolumens
- Enzymreaktionen, Transport- und Bewegungsprozesse



**Reaktionsraum der Zelle**

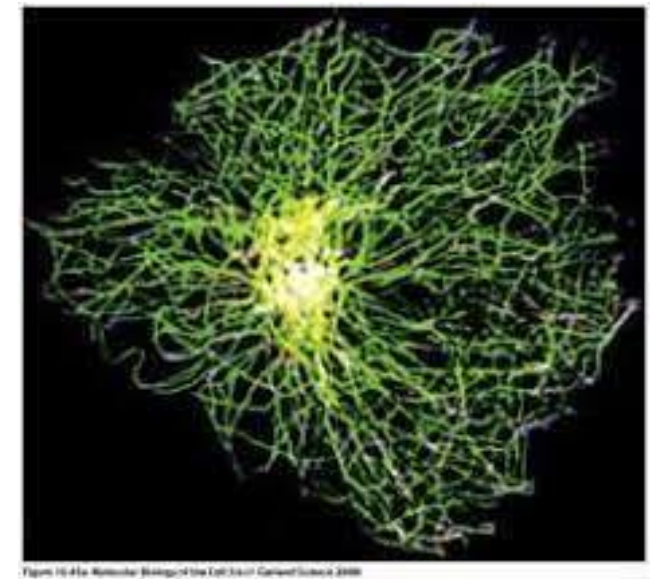


# Zytoskelett



= dynamisches, dreidimensionales Netzwerk aus Strukturproteinen im Zytosol mit unterschiedlichen Durchmessern

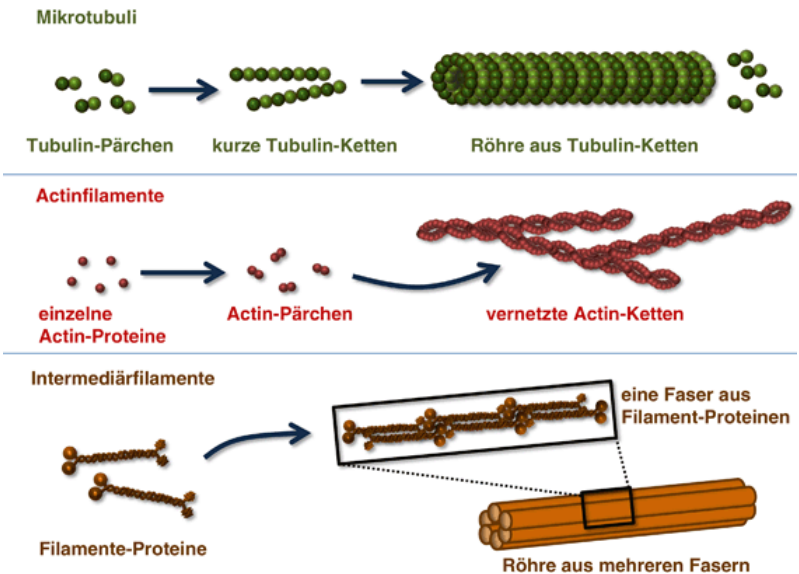
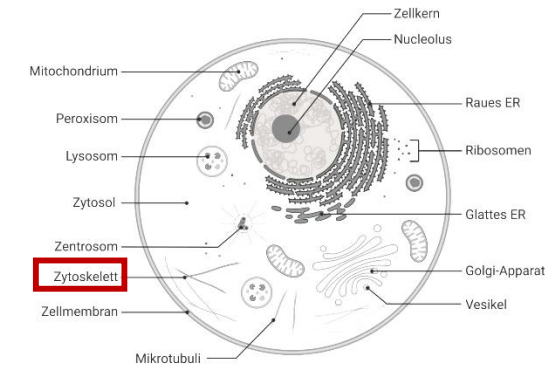
- Aktinfilamente (Mikrofilamente): 7nm Durchmesser
- Intermediärfilamente: 10nm Durchmesser
- Mikrotubuli: 25nm Durchmesser





# Zytoskelett

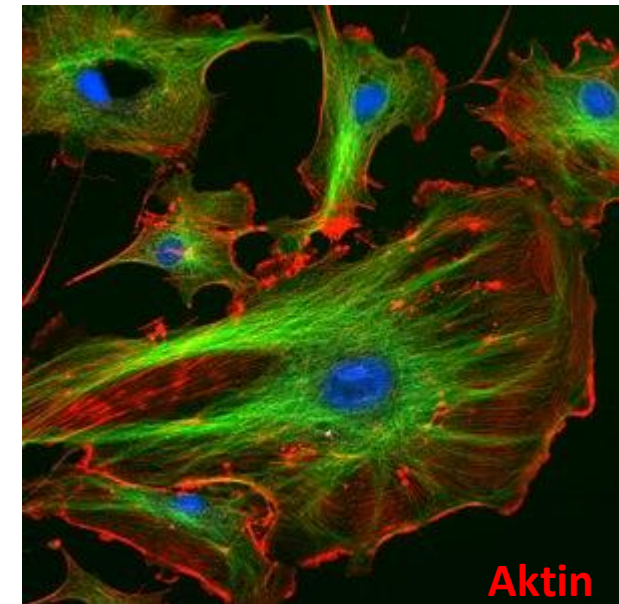
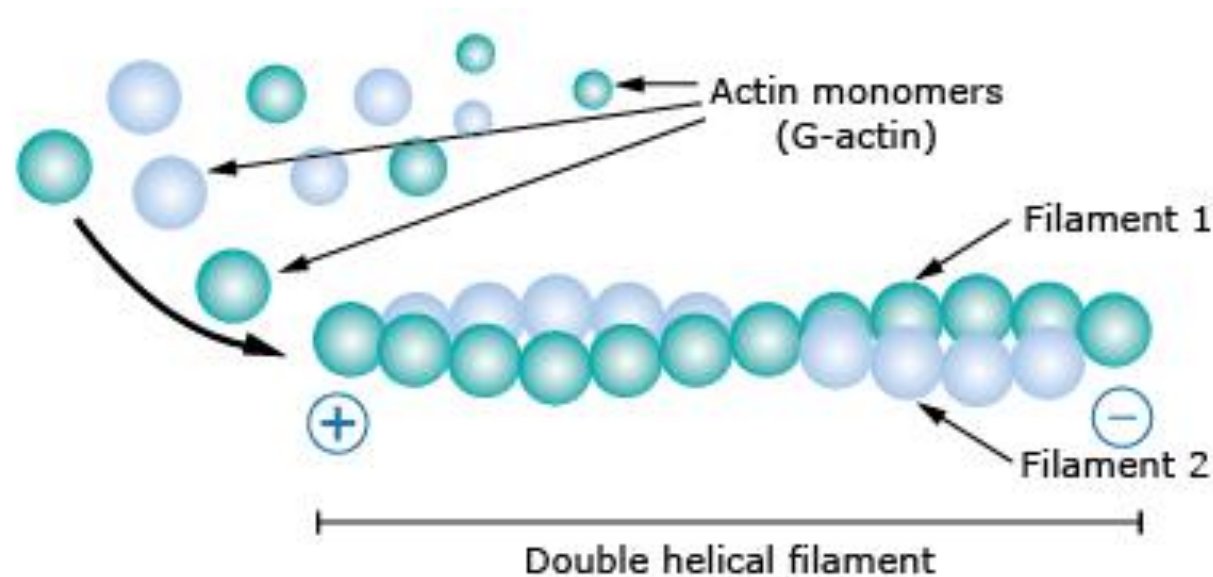
- Das Zytoskelett vermittelt **Stabilität** (Zelle und Zellmembran) und **Beweglichkeit** (zusammen mit sog. Motorproteinen)
- Filamente bestehen aus vielen identischen Proteinen, die ständig polymerisieren und auch depolymerisieren können => flexible Anpassung möglich.





# Aktinfilamente

- Globuläres G-Aktin polymerisiert zu F-Aktin
- Während am + Ende schnellerer Umbau (Auf- oder Abbau) als am - Ende (**Tretmühlenmechanismus**)



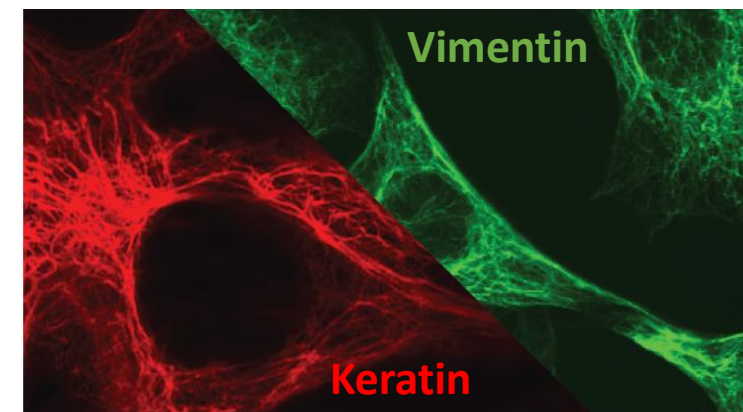
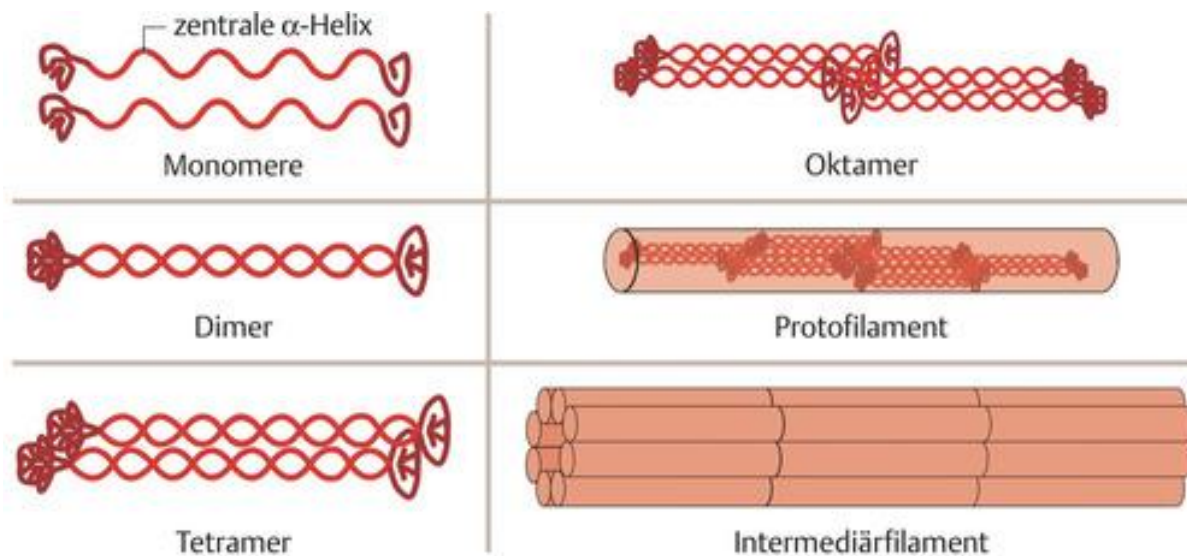
Hohe Dynamik der  
Aktinfilamente  
Beteiligung an Zell-  
kontakten





# Intermediärfilamente

- Passives Stützgerüst in fast allen Zelltypen gibt Stabilität
- Bildung aus Mono-, Di- und Tetrameren



**Beteiligung an Zell-  
Kontakten  
Zelltyp-spezifisch!**

Epithelzellen => Zytokeratine

Muskelzellen => Desmine

Bindegewebs-, Knorpel-, Knochen-  
und Endothelzellen => Vimentin e

Nervenzellen => Neurofilamente

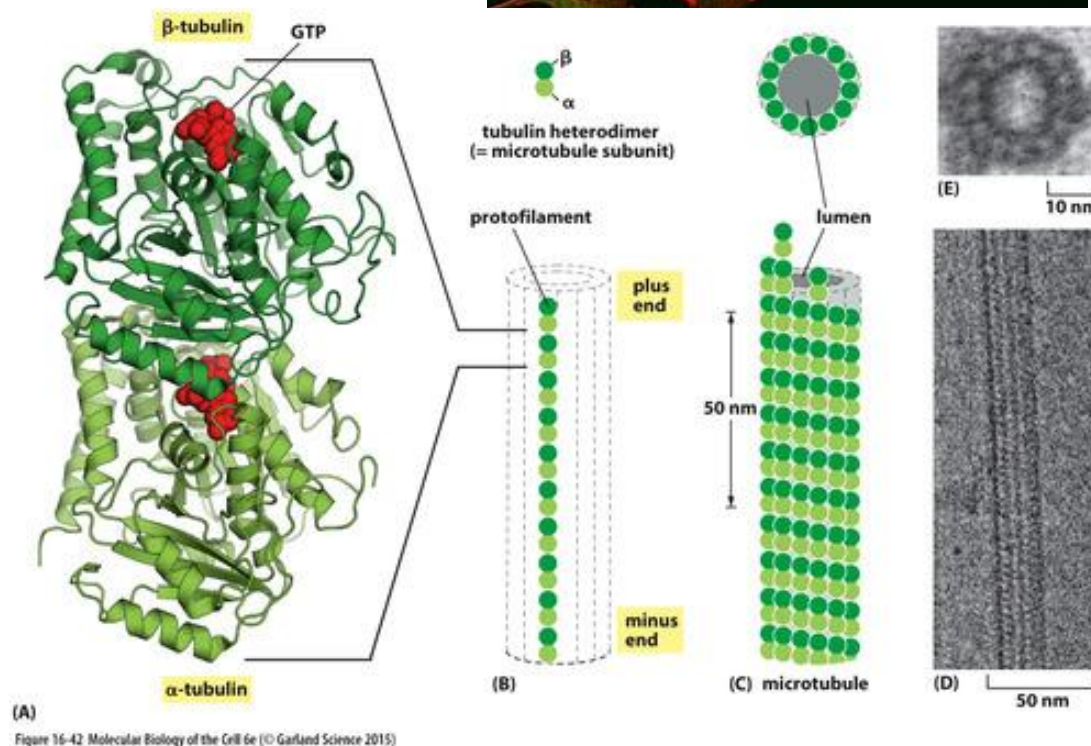
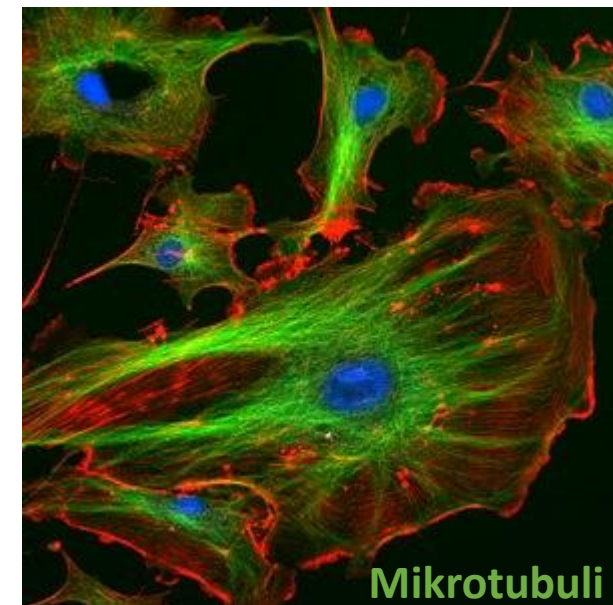


# Mikrotubuli

- Röhrenartige Strukturelemente, schneller Um-, Auf- und Abbau
- Bestehen aus  $\alpha$ - und  $\beta$ -Tubulin
- Während das + Ende frei ins Zytosol ragt, ist das - Ende mit dem Zentrosom verankert

**Stabilisierung der Zelle**

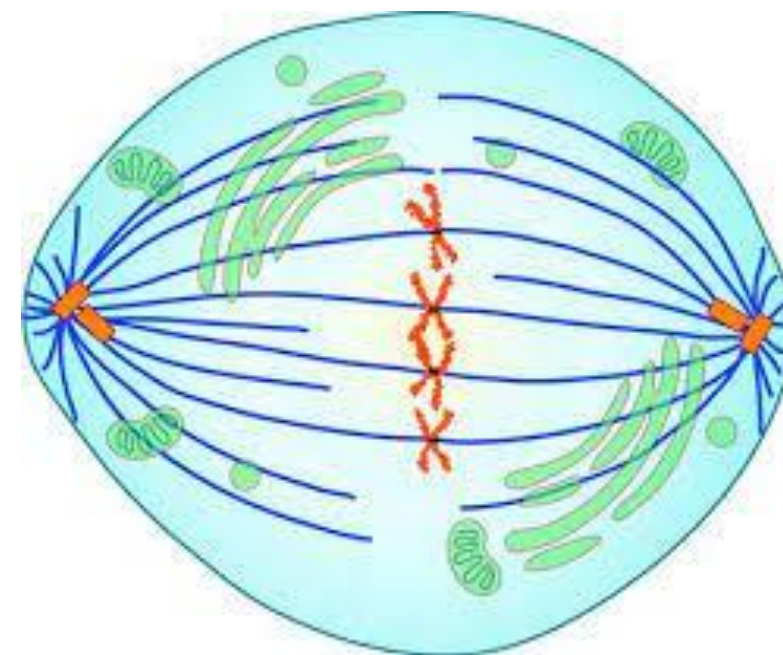
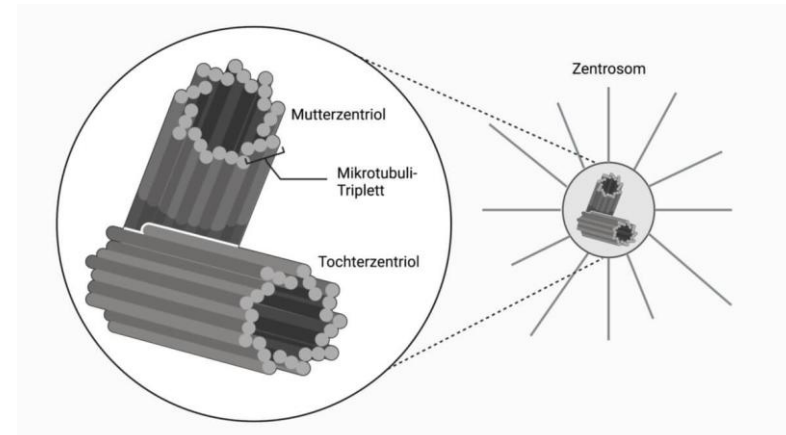
**→ Intrazellulärer Transport und Zellteilung**





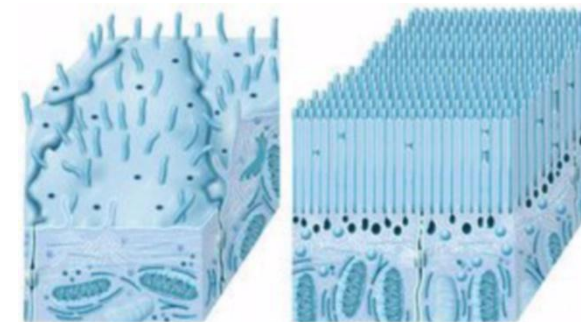
# Zentriolen und Zentrosom

- Zentriolen: Paarig angelegte Struktur aus 9 Mikrotubulitriplets, rechtwinklig angeordnet, meist in Kernnähe
- Aufbau der Teilungsspindel während der Mitose und Meiose
- Bilden Basalkörper der Kinozilien
- Zentrosom = Mikrotubulus-Organisations-Zentrum (MTOC): Bildung, Ausrichtung und Verankerung der Mikrotubuli einer Zelle

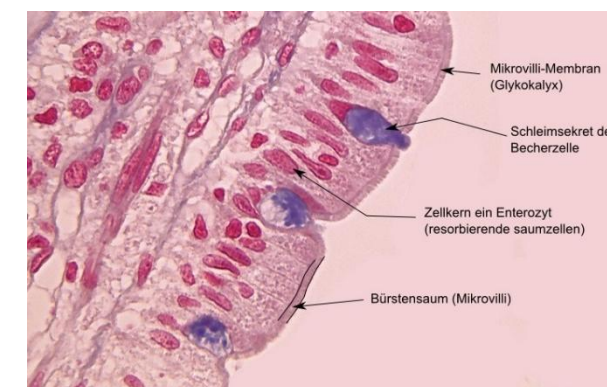
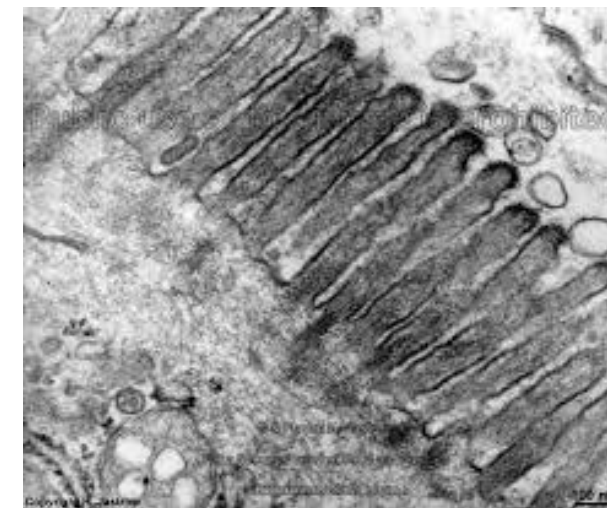




# Mikrovilli



- **Kurze (1-2 $\mu$ m) zottenartige Fortsätze**, v.a. auf Epithelzellen
- Stabilisiert durch Aktinfilamente sind Mikrovilli unbeweglich
- Kommen v.a. im Darmepithel vor, aber auch in der Niere etc.

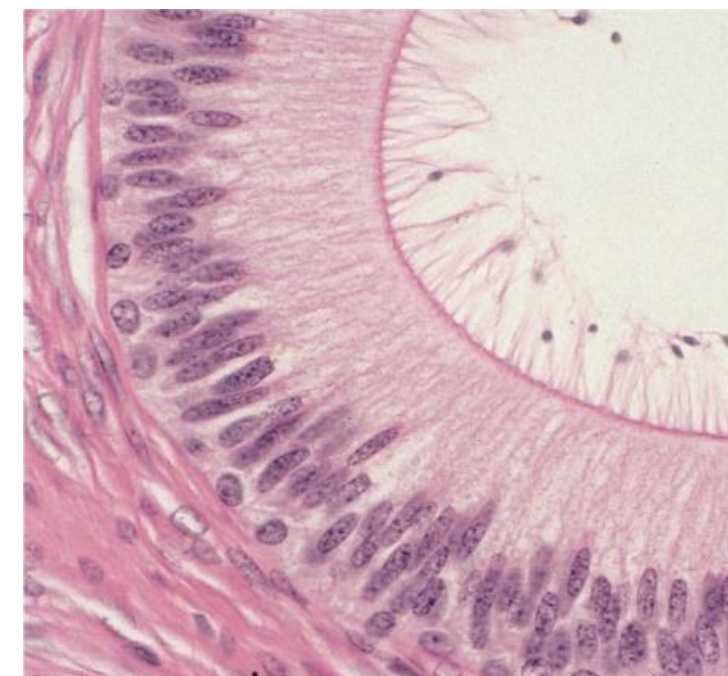


**Oberflächenvergrößerung**  
**Erhöhte Resorption und Transport**



# Stereozilien

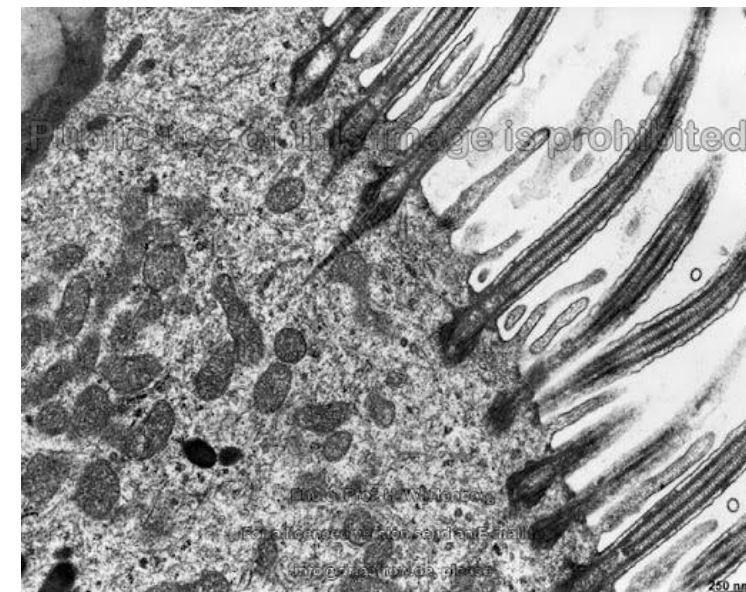
- **Lange (10 $\mu$ m) zottenartig-verzweigte Fortsätze;** eigentlich nur besonders lange Mikrovilli
- Stabilisiert durch Aktinfilamente und ebenfalls **unbeweglich**
- Kommen im Nebenhodengang und Samenleiter bzw. im Innenohr auf den Sinneszellen vor





# Kinozilien

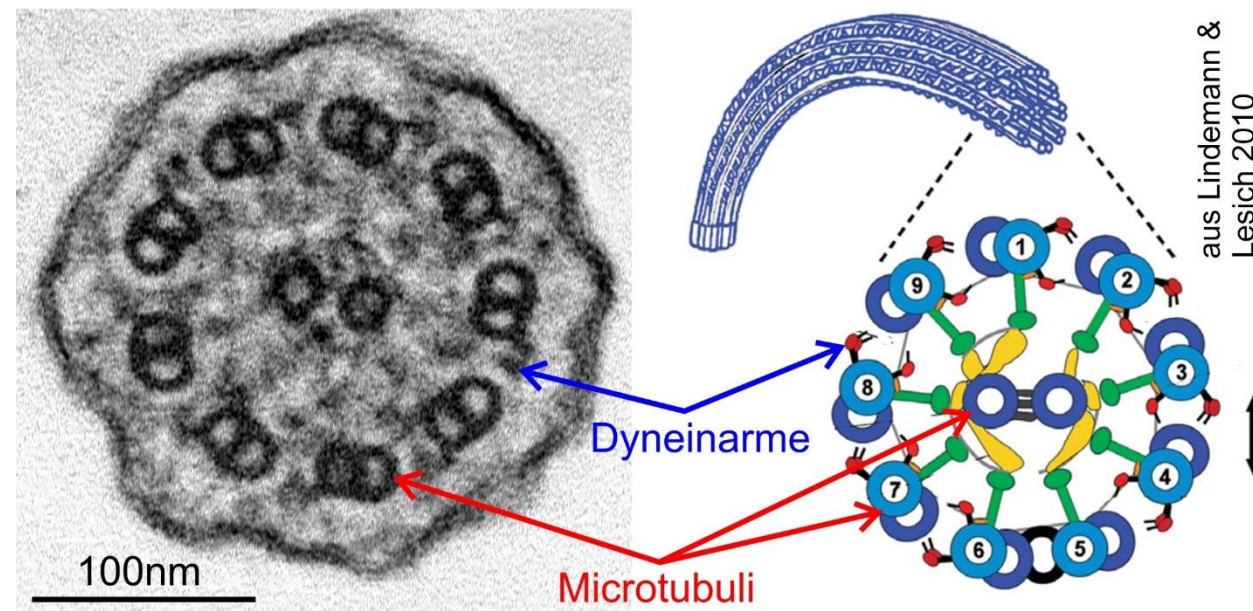
- **Lange (5 $\mu$ m) unverzweigte Flimmerhärchen**
- Kommen v.a. auf Epithelzellen des Atmungstraktes („Flimmerepithel“), dem Übergang von Hoden zu Nebenhoden, dem Eileiter und der Auskleidung der Hirnwasserräume (Ependym) vor
- Sonderform: Spermischwanz





# Kinozilien

- **Eigenbewegliche Zilien** durch Aufbau aus neun Mikrotubulus-Dupletten mit einem zentralen Paar
- Verbindung der Mikrotubuli durch **Dynein** (= Motorproteine)
- Verankerung im Zentriol (Spermium) bzw. Kinetochor

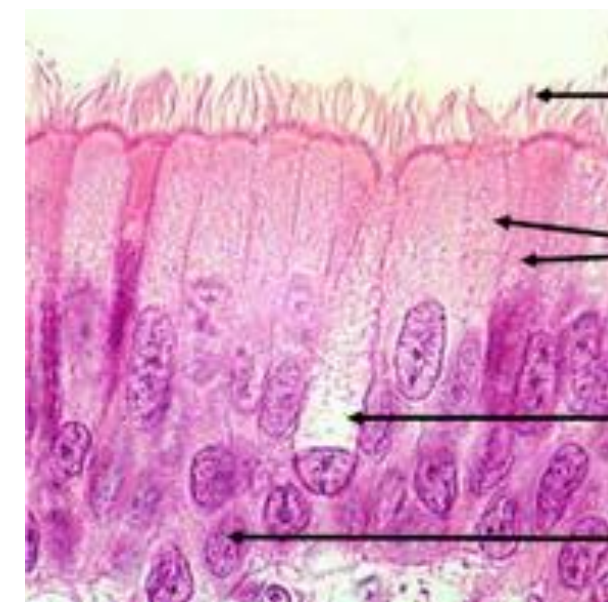
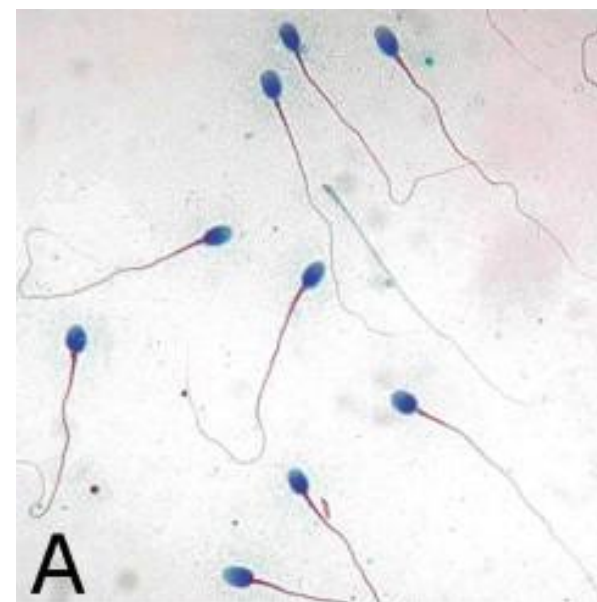
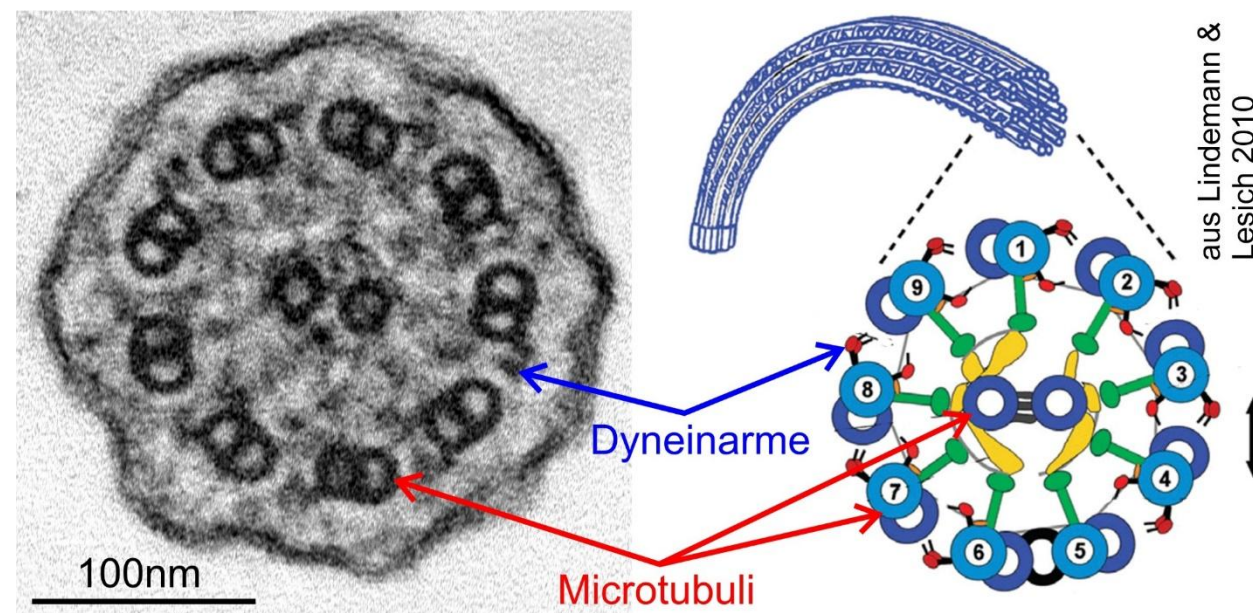


➔ **Flüssigkeits- und Sekrettransport**  
**Eizelltransport**  
**Vorwärtsbeweglichkeit**



# Kinozilien

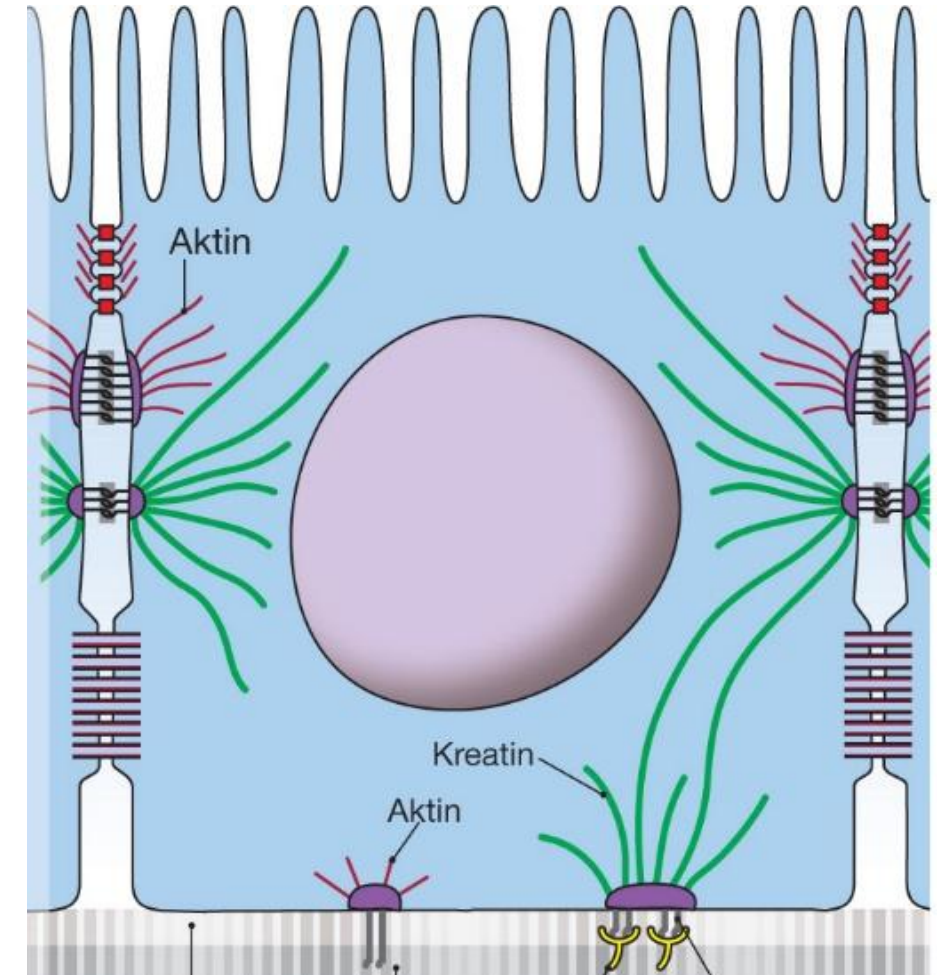
- **Eigenbewegliche Zilien** durch Aufbau aus neun Mikrotubulus-Dupletten mit einem zentralen Paar
- Verbindung der Mikrotubuli durch **Dynein** (= Motorproteine)
- Verankerung im Zentriol (Spermium) bzw. Kinetochor





# Zellkontakte

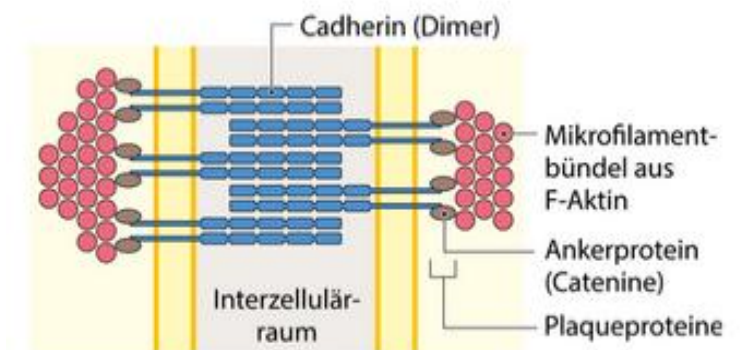
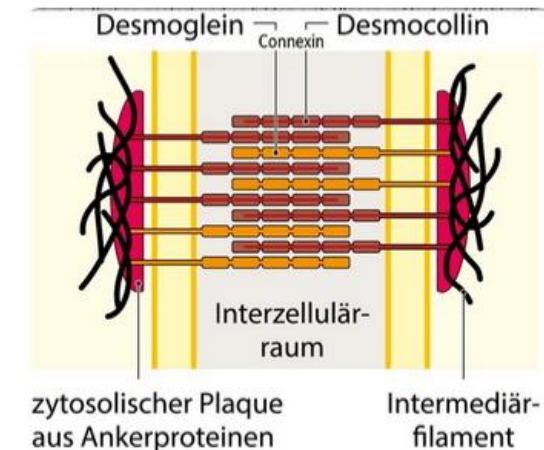
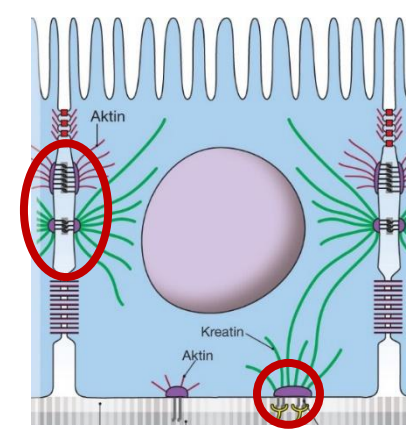
- Spezialisierungen der Zellmembran, Voraussetzung für die Bildung von **Zellverbänden**
  - Haft- oder Adhäsionskontakte
  - Kommunikationskontakte
  - Verschlusskontakte
- Bestehen aus Transmembranproteinen und dem Zytoskelett





# Adhäsionskontakte

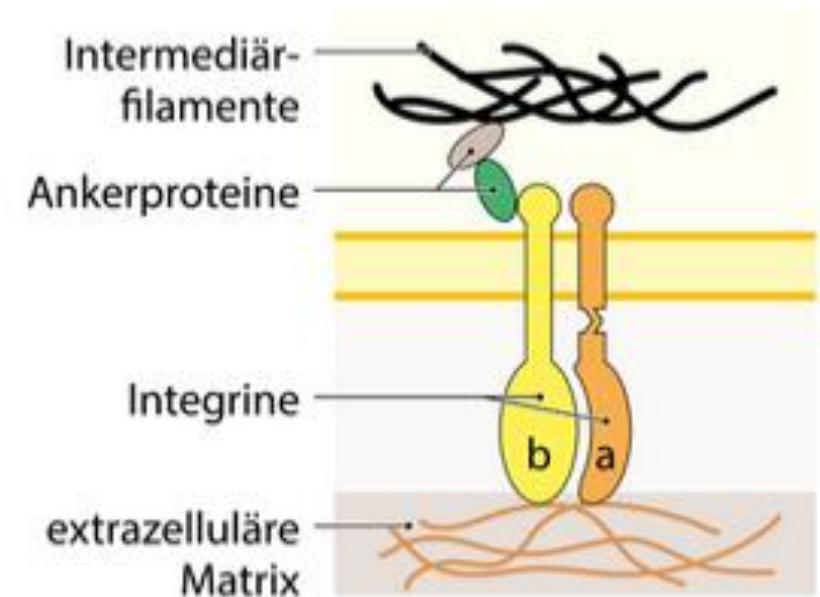
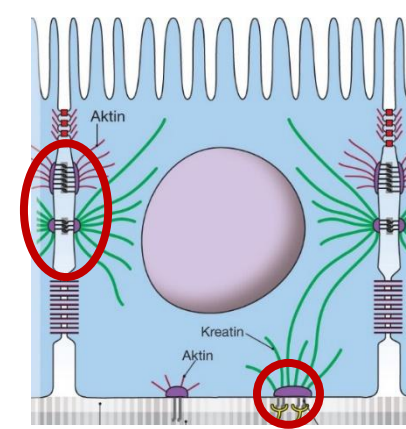
- Verbindung von Zellen untereinander, entweder punktförmig (**Macula adhaerens** = Desmosom) oder gürtelartig (**Zonula adhaerens**)
- Verbindung von Zellen und der Matrix (**Hemidesmosom**)
- Kommen v.a. bei mehrschichtigen Plattenepithelien und im Darm vor





# Adhäsionskontakte

- Verbindung von Zellen untereinander, entweder punktförmig (**Macula adhaerens** = Desmosom) oder gürtelartig (**Zonula adhaerens**)
- Verbindung von Zellen und der Matrix (**Hemidesmosom**)
- Kommen v.a. bei mehrschichtigen Plattenepithelien und im Darm vor

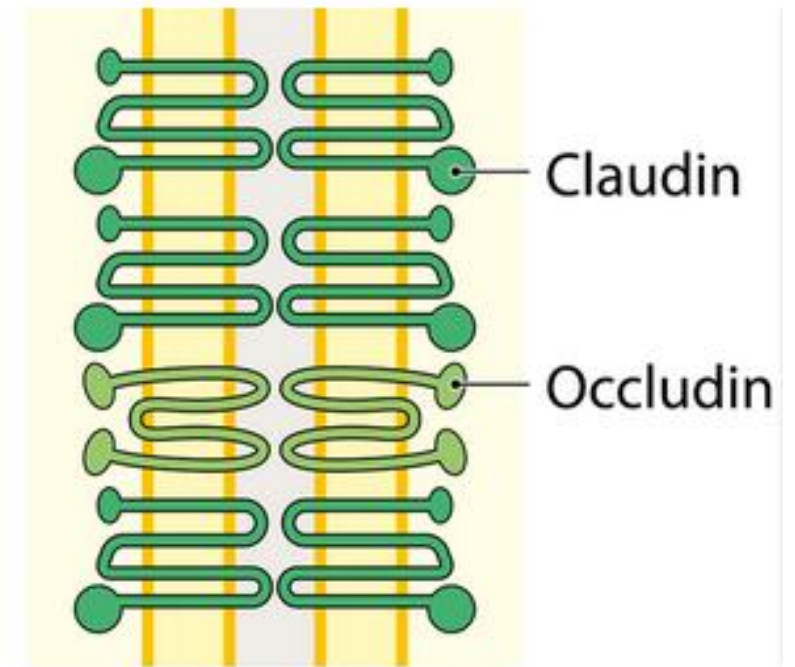
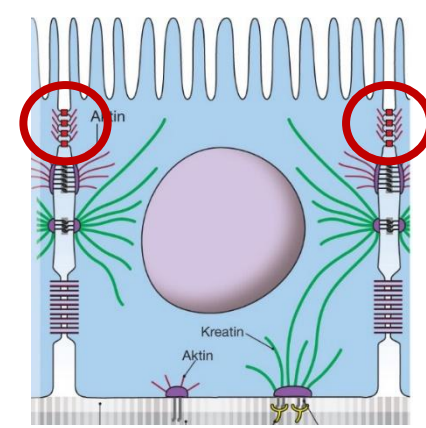




# Barrierekontakte

- **Zonula occludentes** oder auch **Tight junctions** liegen am weitesten apikal und versiegeln den Interzellular-spalt
- Stofftransport kann nur noch transzellulär (Ausnahme: Wasser) stattfinden
- Bilden Blut-Gewebe-Schranken und ermöglichen Polarität der Zellen

➔ **Kontrolle der Resorption und Sekretion**  
**Schutz des Gewebes**

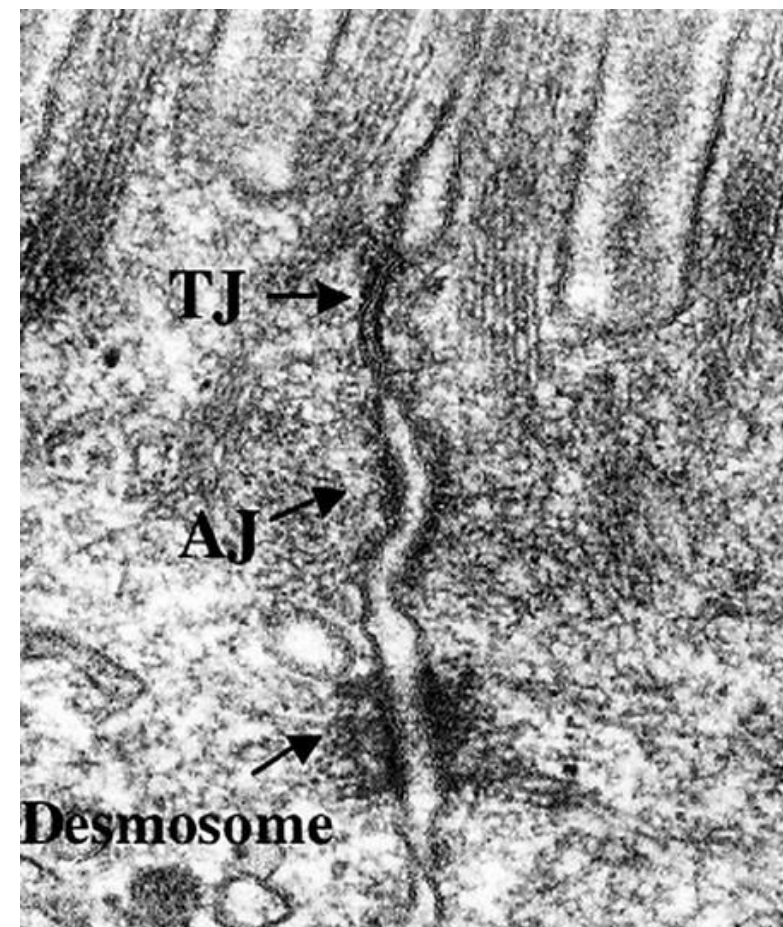
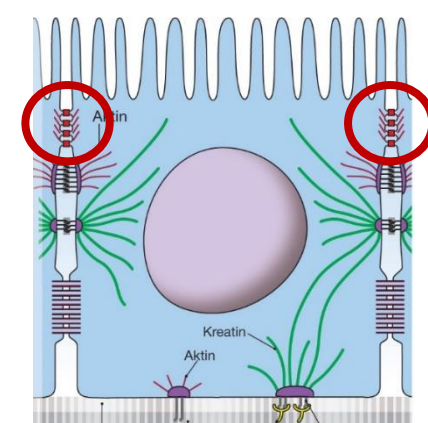




# Barrierekontakte

- **Zonula occludentes** oder auch **Tight junctions** liegen am weitesten apikal und versiegeln den Interzellular-spalt
- Stofftransport kann nur noch transzellulär (Ausnahme: Wasser) stattfinden
- Bilden Blut-Gewebe-Schranken und ermöglichen Polarität der Zellen

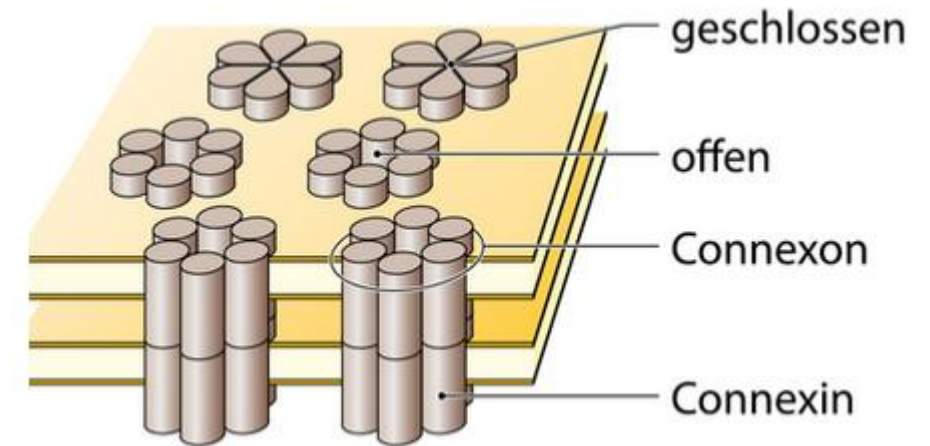
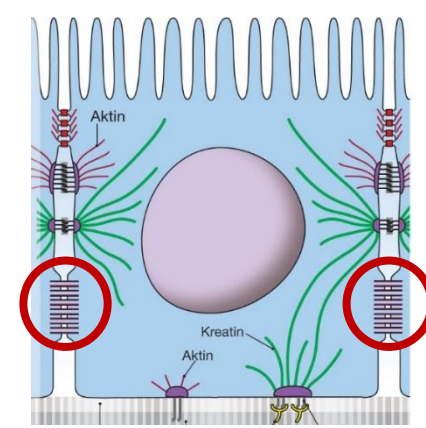
➔ **Kontrolle der Resorption und Sekretion**  
**Schutz des Gewebes**





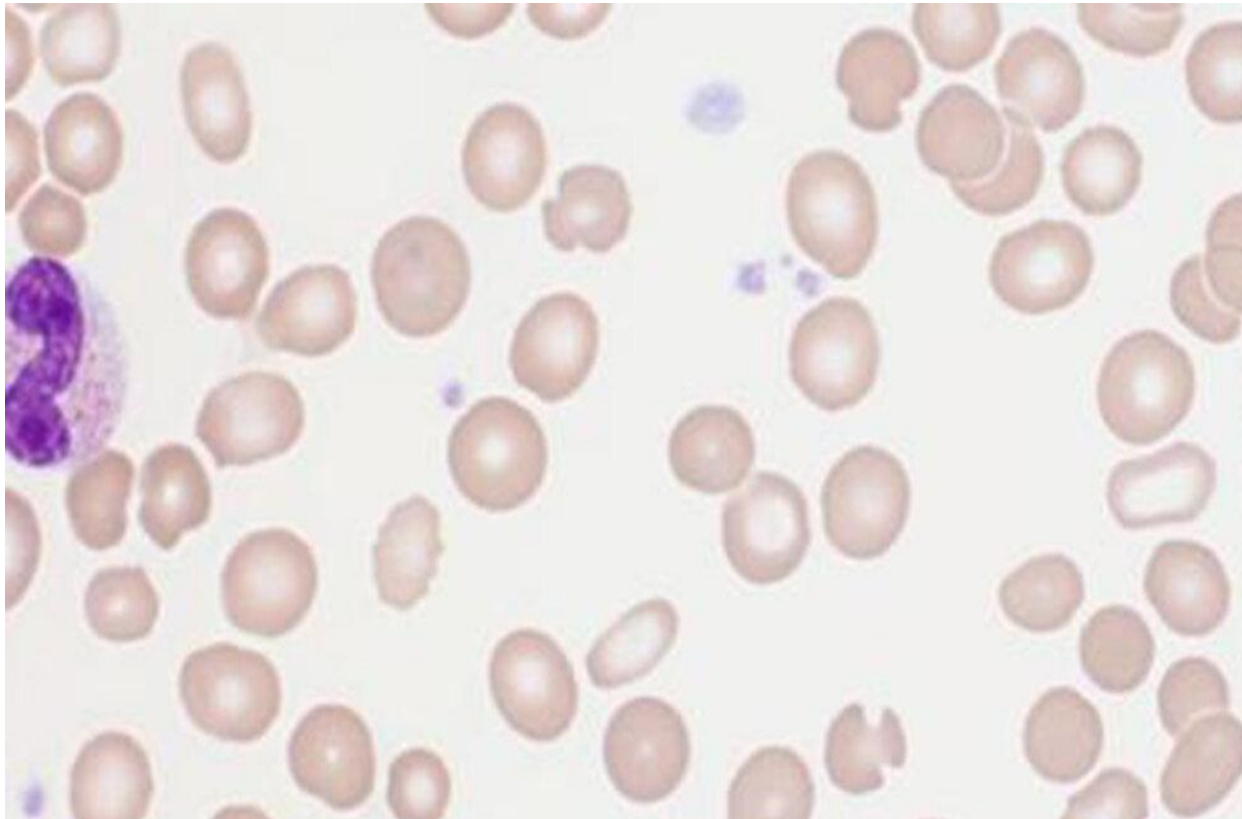
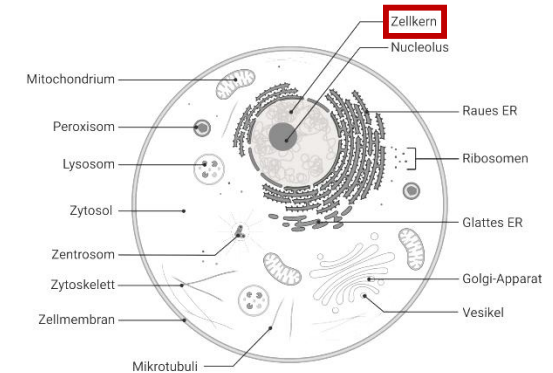
# Kommunikationskontakte

- **Gap junctions** oder **Nexus** vermitteln die interzelluläre Kommunikation bzw. die elektrisch und metabolische Kopplung
- Der Interzellularspalt wird durch zwei Halbkanäle (Connexone) überbrückt und besteht aus Connexinen
- Kommt in den meisten Zellen vor, v.a. aber in der **Herzmuskulatur**





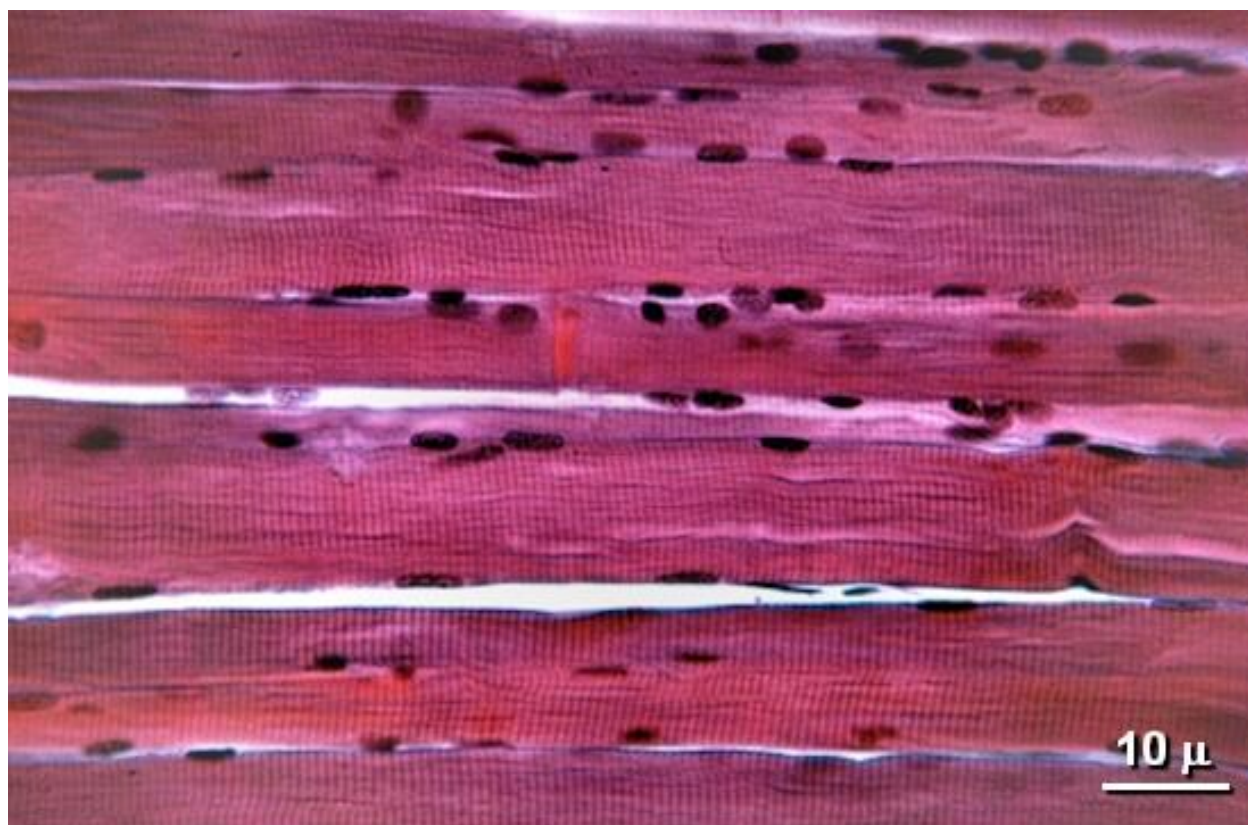
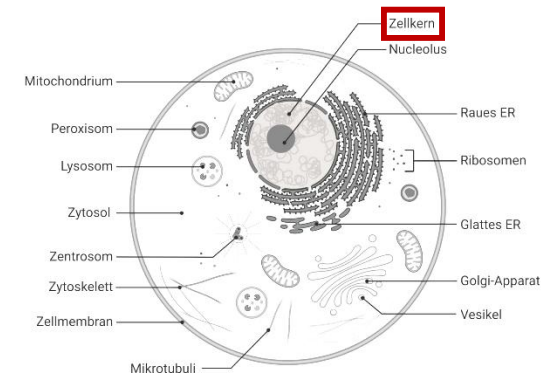
# Zellkern (Nucleus)



- Normalerweise ein Zellkern pro Zelle
- **Ausnahmen:**
  - Reife Erythrozyten beim Säuger (kernlos)
  - Skelettmuskelzellen, Osteoklasten (mehrere Zellkerne)
  - Leberzellen (zwei Zellkerne)



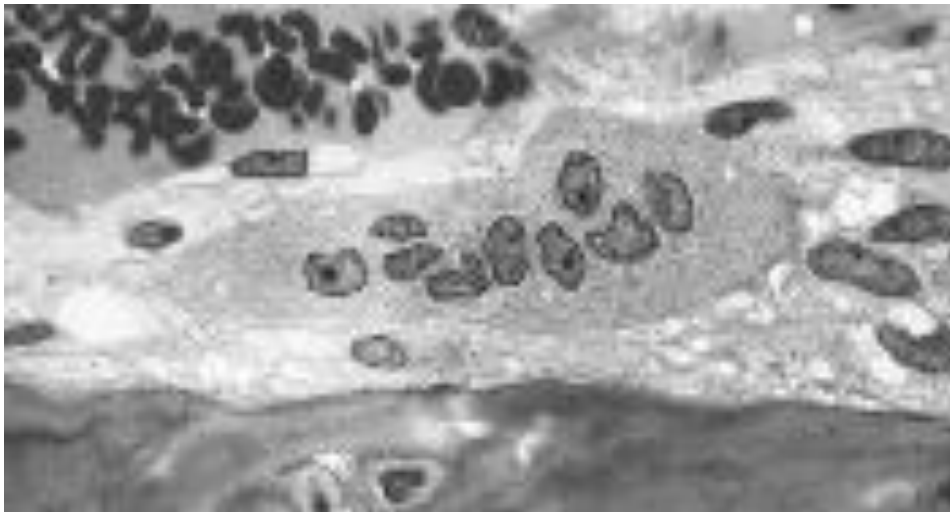
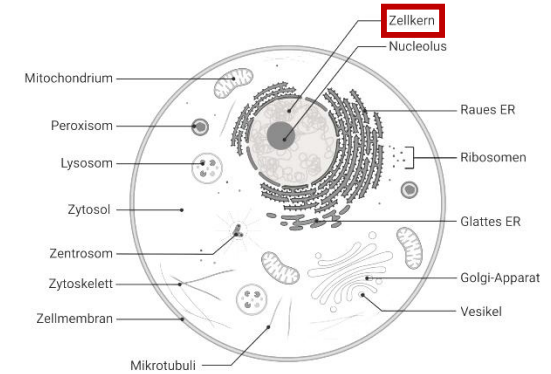
# Zellkern (Nucleus)



- Normalerweise ein Zellkern pro Zelle
- **Ausnahmen:**
  - Reife Erythrozyten beim Säuger (kernlos)
  - Skelettmuskelzellen, Osteoklasten (mehrere Zellkerne)
  - Leberzellen (zwei Zellkerne)



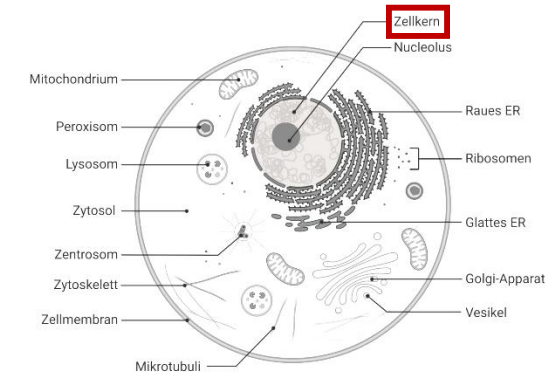
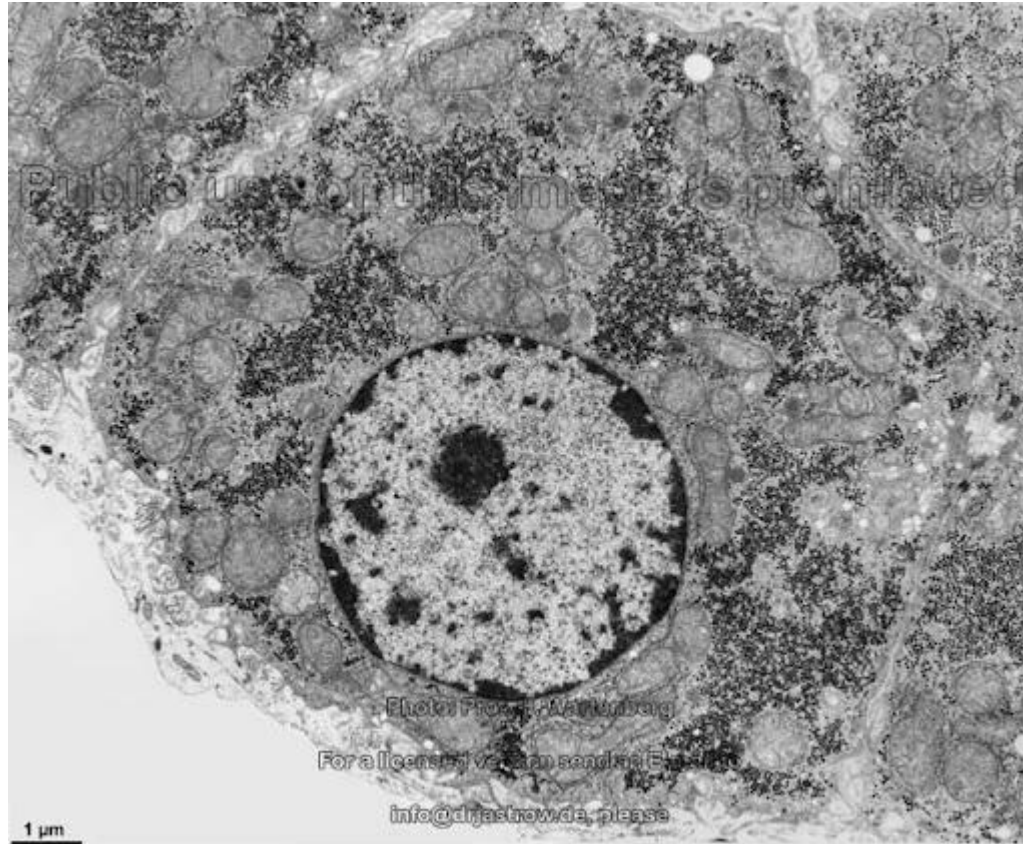
# Zellkern (Nucleus)



- Normalerweise ein Zellkern pro Zelle
- **Ausnahmen:**
  - Reife Erythrozyten beim Säuger (kernlos)
  - Skelettmuskelzellen, Osteoklasten (mehrere Zellkerne)
  - Leberzellen (zwei Zellkerne)



# Zellkern (Nucleus)



## Aufbau

- Kernmembran umgibt Kernplasma
- Enthält Chromatin (= DNA) und Kernkörperchen (Nucleolus)

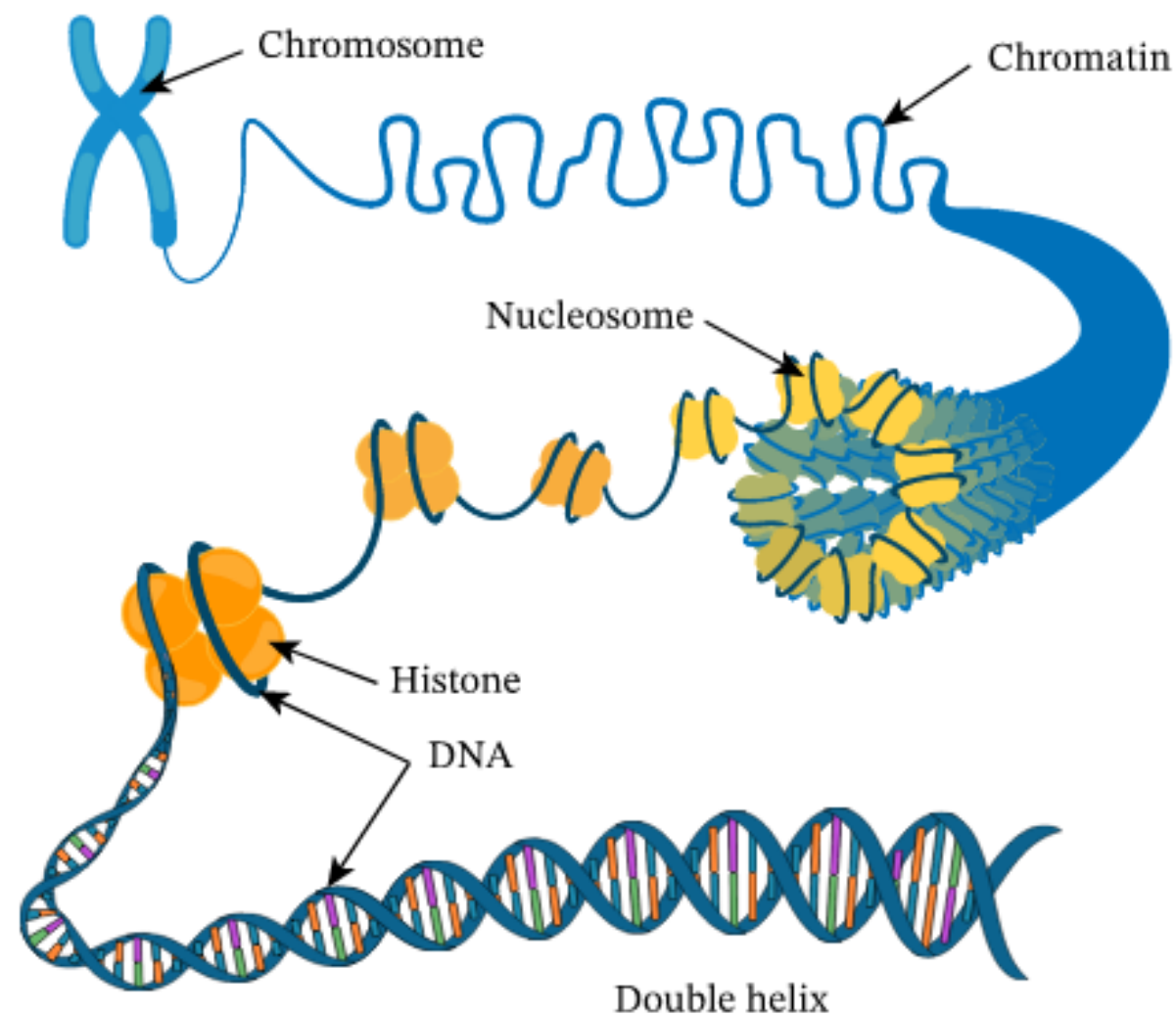


**Steuerzentrale der Zelle**



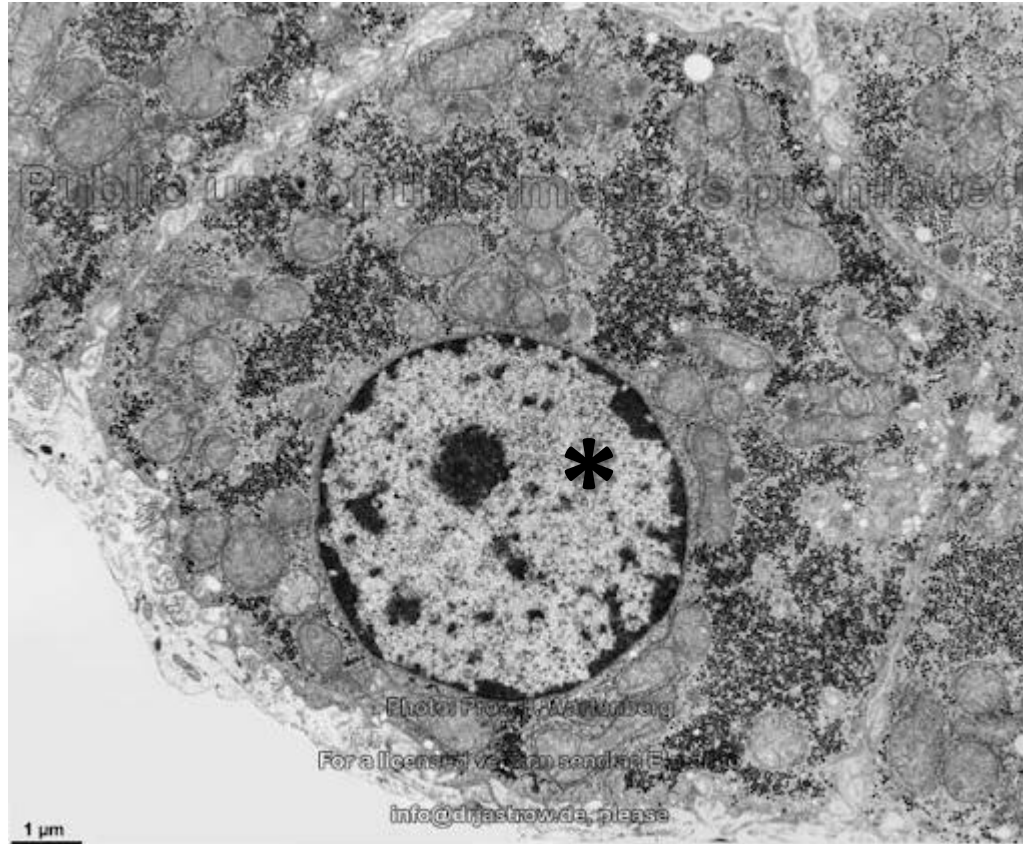
# Organisation der DNA

- DNA-Helix wird auf Kernproteine (Histone) aufgewickelt und bildet das **Chromatin**
- Nur während der Zellteilung sind die **Chromosomen** als „Transportform“ sichtbar

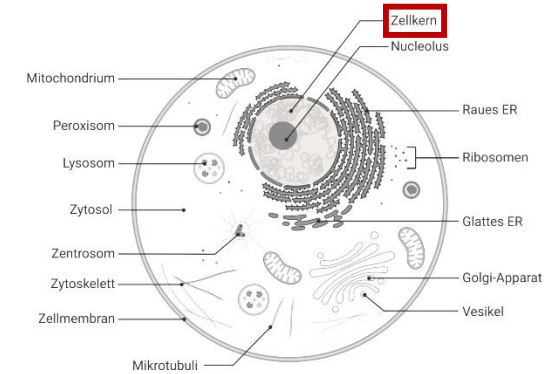




# Zellkern (Nucleus)



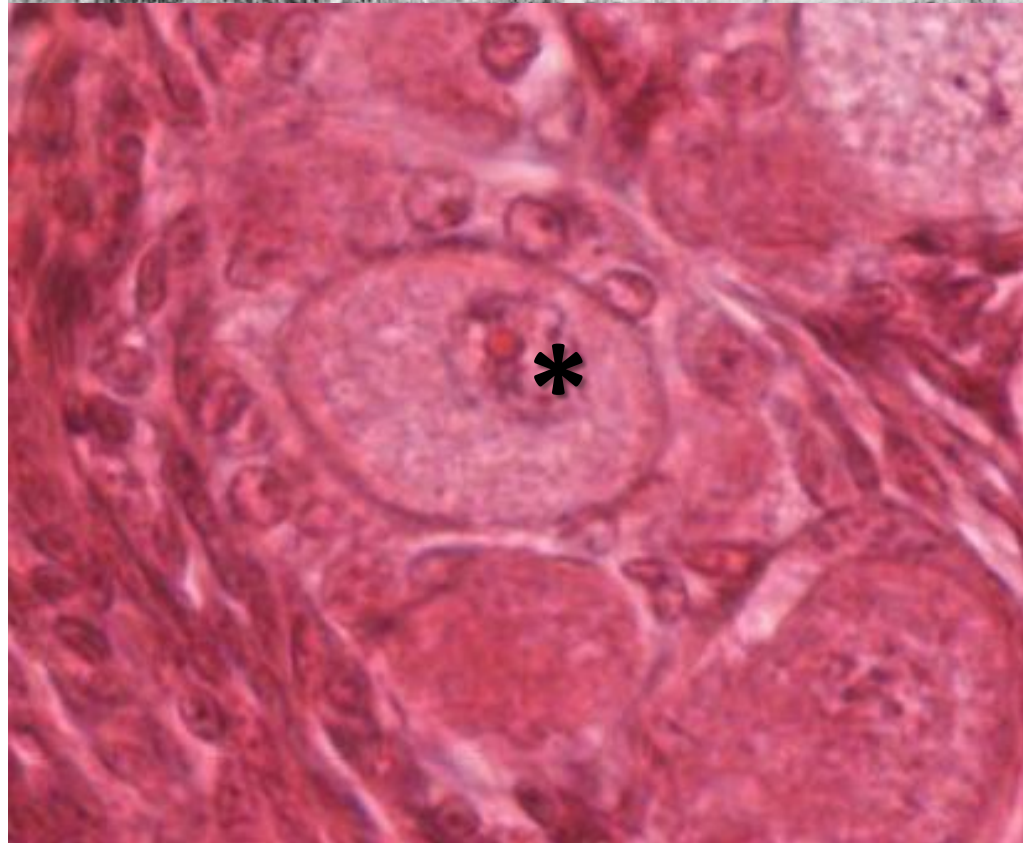
Chromatin = DNA + Kernproteine



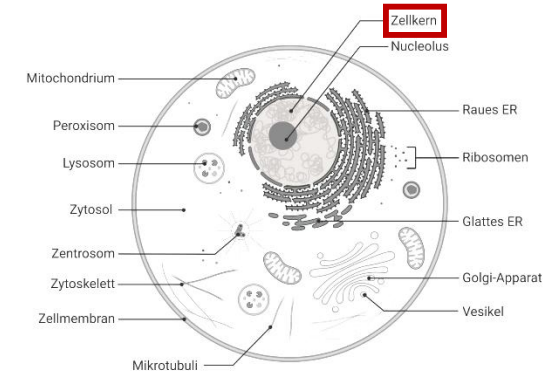
- Unterscheidung von Hetero- und Euchromatin (\*)
- Euchromatin: Locker, ermöglicht Transkription
- Heterochromatin: Dicht gepackt, keine Transkription



# Zellkern (Nucleus)



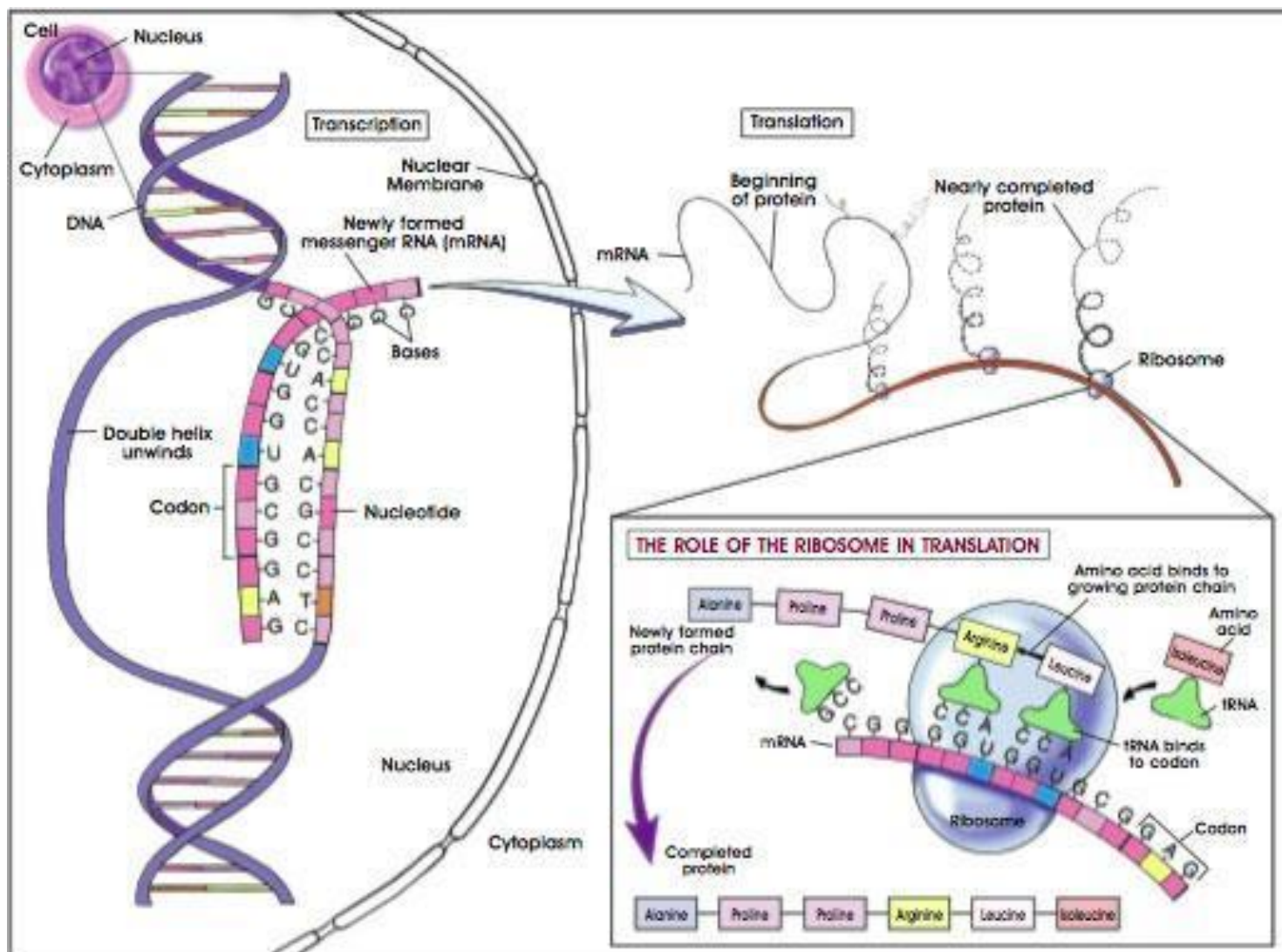
Chromatin = DNA + Kernproteine



- Unterscheidung von Hetero- und Euchromatin (\*)
- Euchromatin: Locker, ermöglicht Transkription
- Heterochromatin: Dicht gepackt, keine Transkription



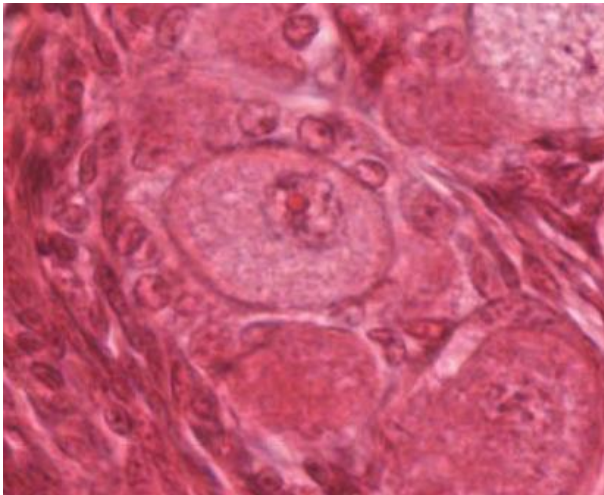
# Replikation, Transkription, Translation



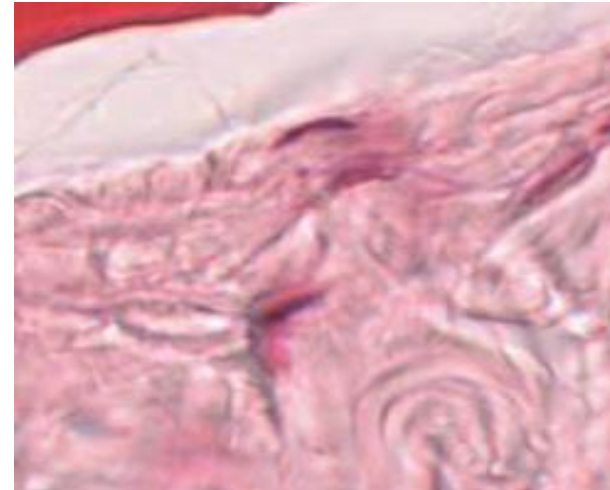
- Nur an aufgelockerten, euchromatischen Abschnitten des Interphasekerns kann Replikation und Transkription stattfinden



# Was heißt das nun für die Beurteilung der Zellkerne?



Eizelle, Katze

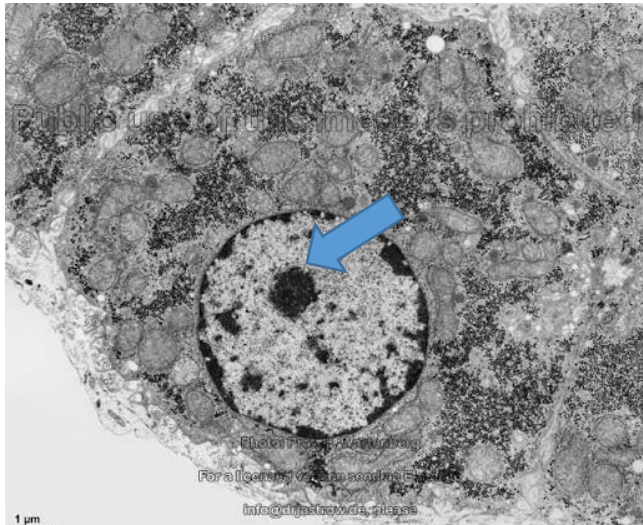
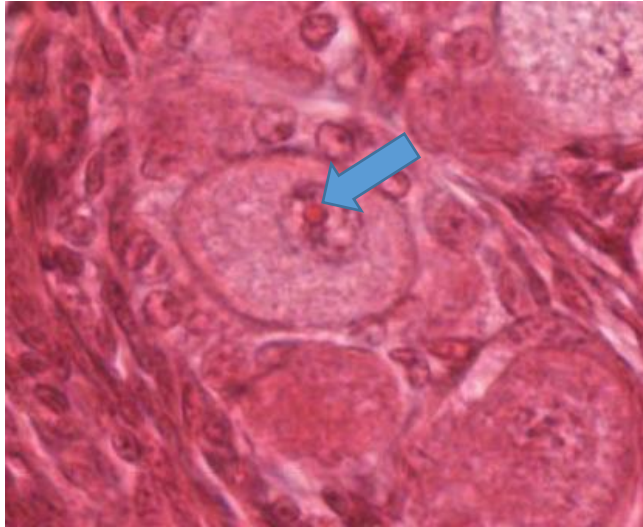
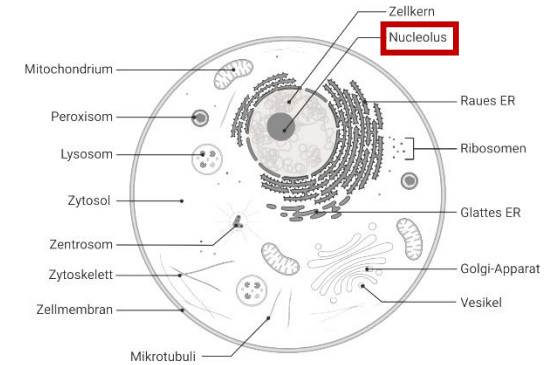


Bindegewebszelle, Rind

- 
- 
- 
- 
-



# Kernkörperchen (Nucleolus)



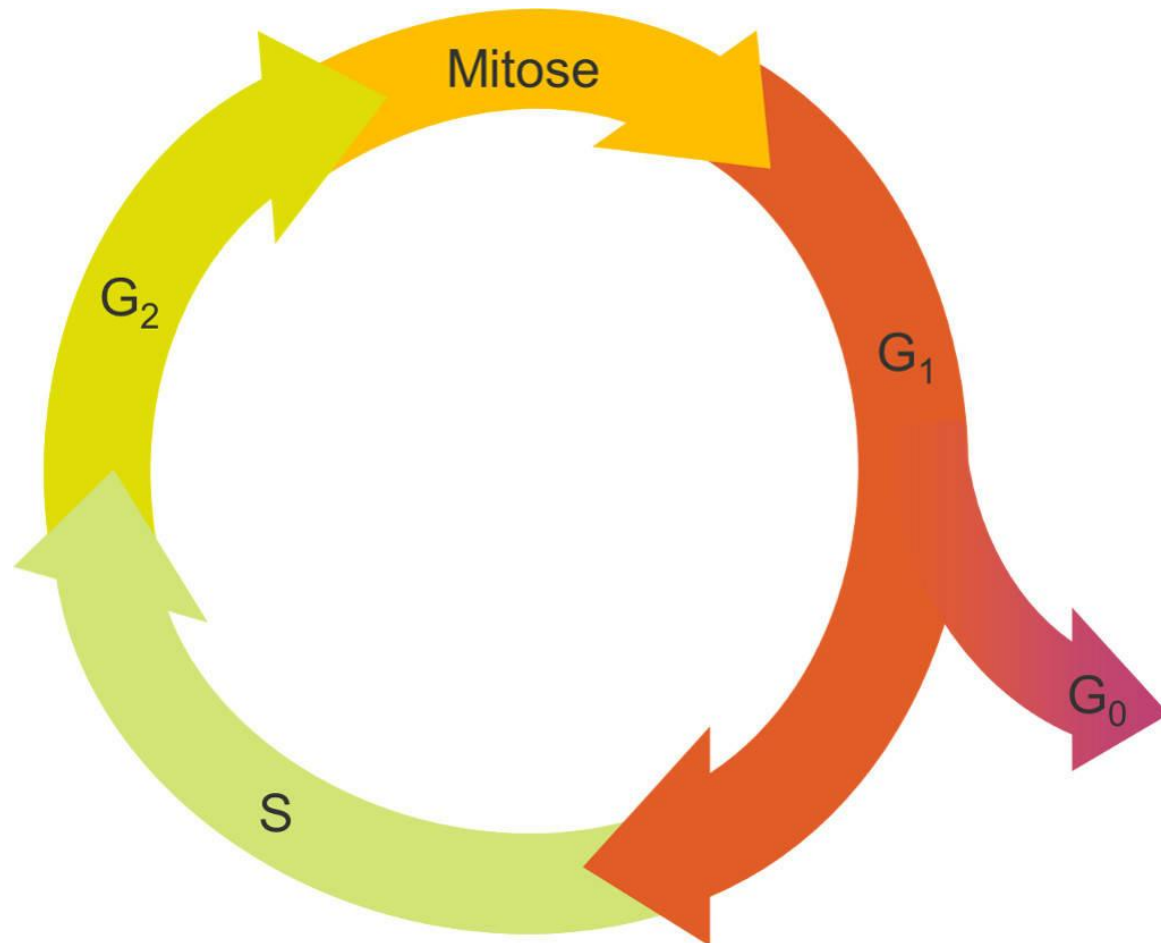
- Licht- und elektronenmikroskopisch dichter Bereich
- Synthese der **ribosomalen RNA (rRNA)**, die im Zytosol dann zu den Ribosomen zusammengesetzt wird
- Besonders deutlich bei Zellen mit hoher Proteinbiosynthese (Nerven-, Drüsenzellen)



**Mehrere Nucleoli können auf eine Entartung der Zellen hinweisen**



# Zellzyklus



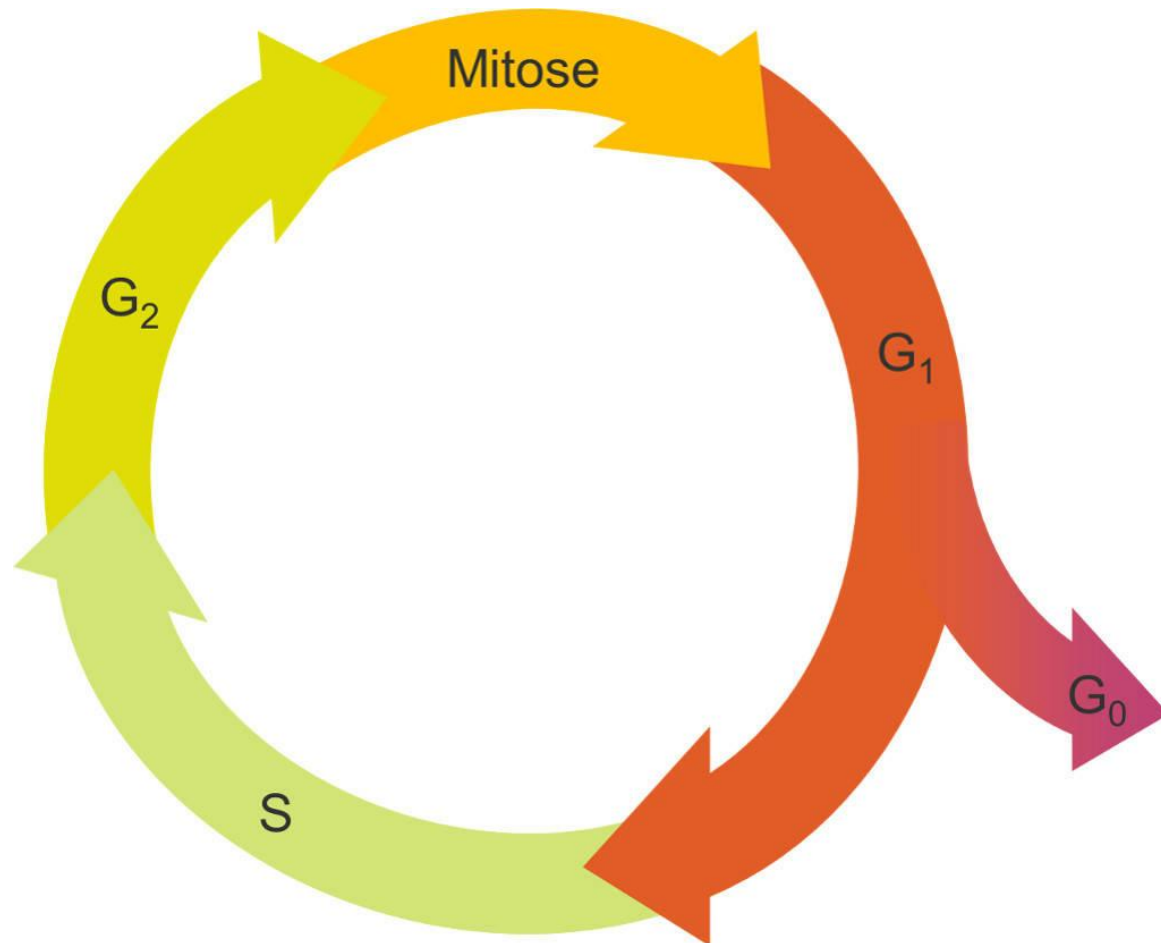
- Unter Zellzyklus versteht man alle Ereignisse, die zwischen dem Ende einer und der nächsten Zellteilung liegen

- G = Gap: Fehlerprüfung des genetischen Materials und ggf. Reparatur
- S = Synthesis von DNA, Histonen und Regulationsproteinen
- G<sub>1</sub>-, S- und G<sub>2</sub>-Phase bilden die **Interphase**

**Interphase kurz bei proliferierenden Zellen (12-24h), sonst Tage bis Wochen**



# Zellzyklus



- Unter Zellzyklus versteht man alle Ereignisse, die zwischen dem Ende einer und der nächsten Zellteilung liegen
- G<sub>0</sub>-Phase: Zellzyklus kann durch Differenzierung oder Apoptose (physiologischer Zelltod) verlassen werden; Wiedereintritt oder permanente Differenzierung (z.B. Nervenzellen) möglich
- M = Mitose: relativ kurze Phase (1h) der Zellteilung

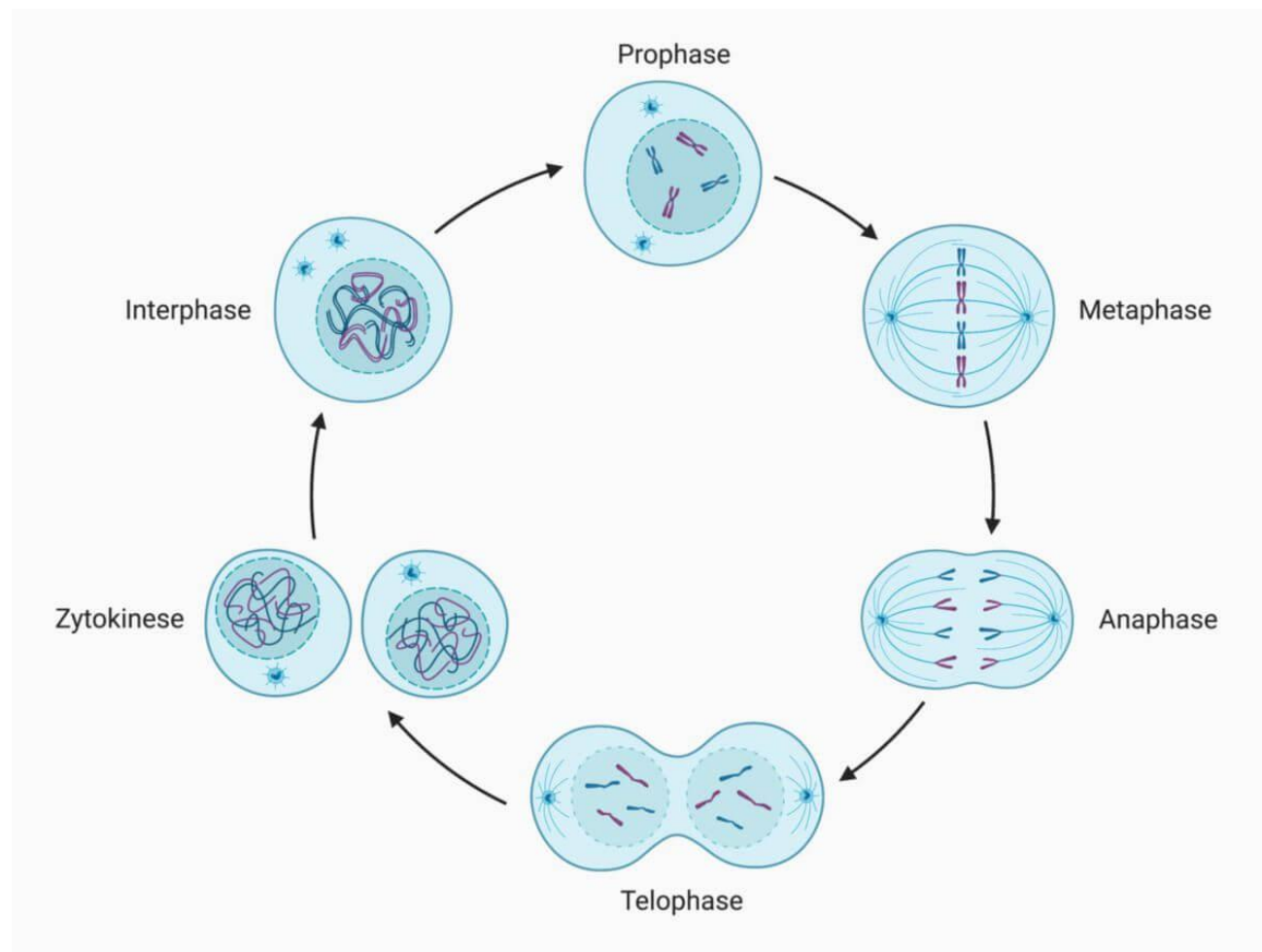


# Zellteilung (Mitose)

- Kürzeste Phase des Zellzyklus, ca. 1 Stunde bei schnell teilenden Zellen
- Grundlage für das Wachstum (**Proliferation**) von Zellen und Geweben
- Einteilung in **sechs Abschnitte**

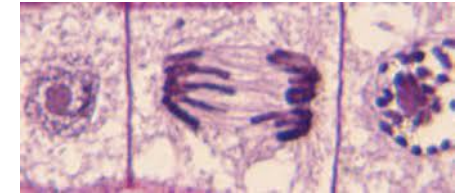


Mitose

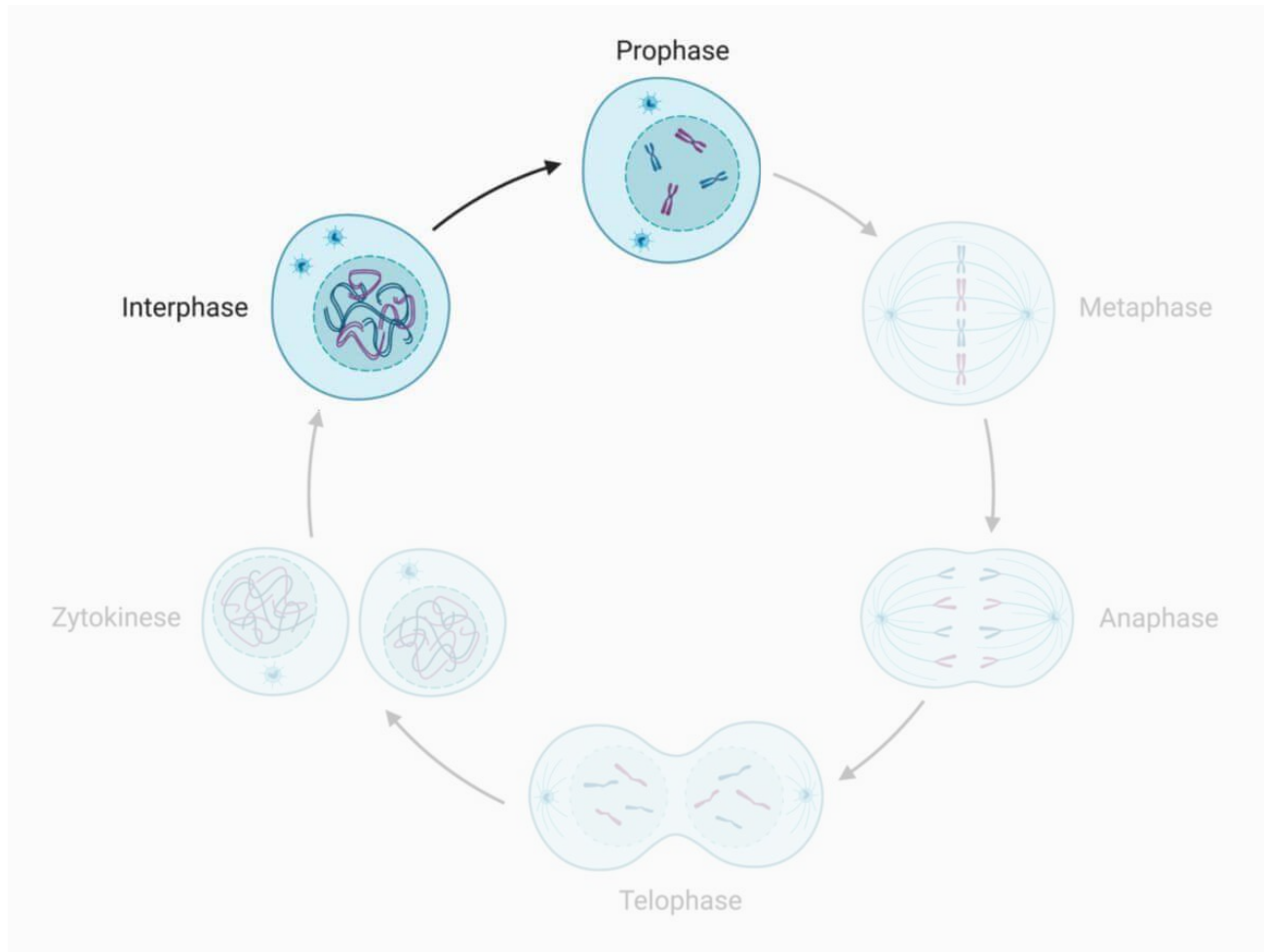




# Mitose – Interphase/Prophase



Mitose



- Im letzten Abschnitt der Interphase und der Prophase verdoppelt sich der Chromosomensatz ( $2n2C \Rightarrow 2n4C$ ), die Schwesterchromatiden sind am Zentromer verbunden
- Das Zentriolenpaar verdoppelt sich ebenfalls und es bildet sich der **Spindelapparat**

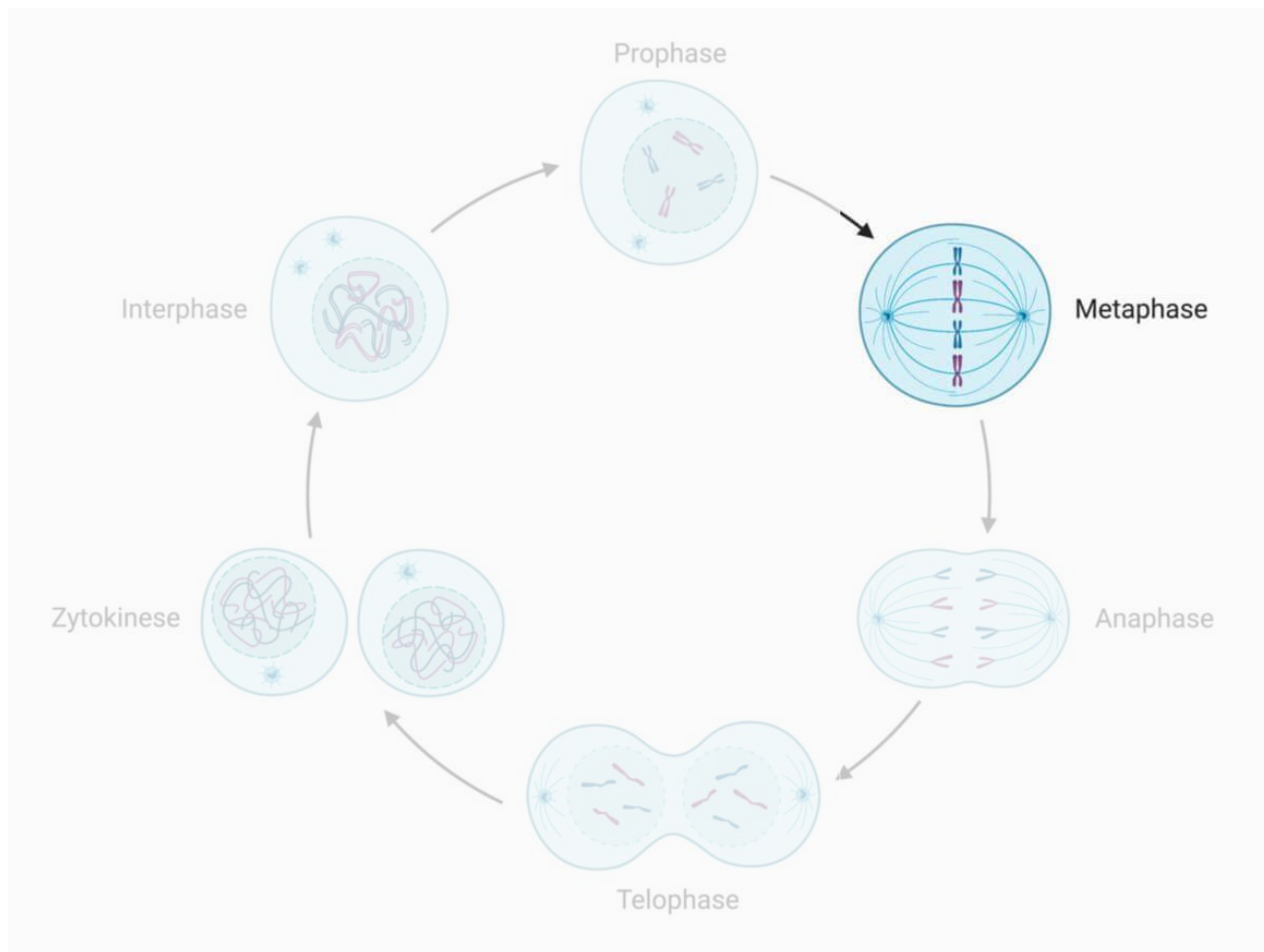




# Mitose – Metaphase



Mitose



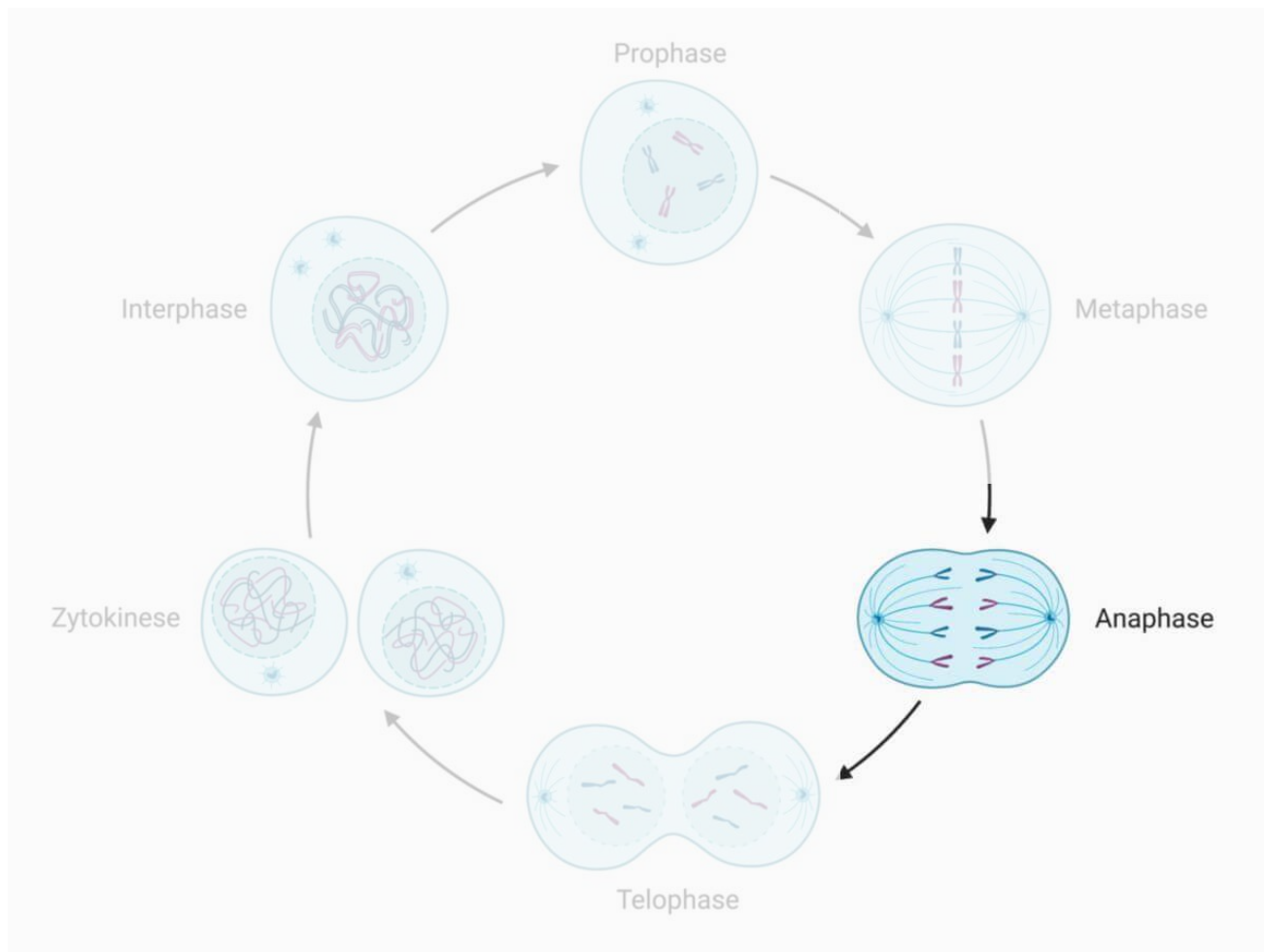
- Kinetochor-Mikrotubuli ordnen alle Chromosomen in der **Meta-phaseplatte** an
- Von dort aus verkürzen sich die Mikrotubuli und ziehen so die Schwesterchromatiden auseinander und zu den gegenüber liegenden Zellpolen



# Mitose – Anaphase



Mitose



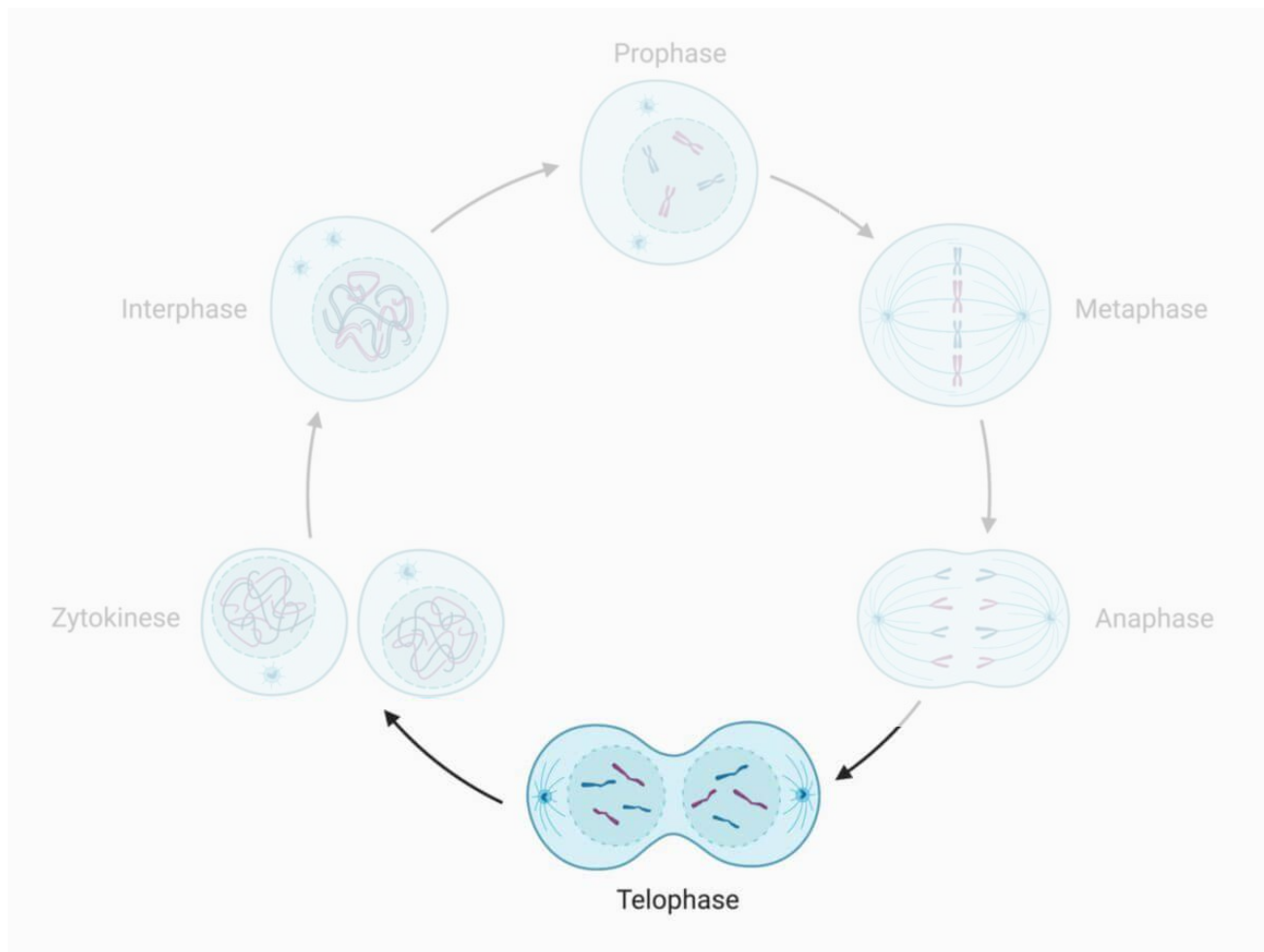
- In der Anaphasen trennen sich die Schwesterchromatiden komplett
- An jedem Zellpol liegt nun ein kompletter Chromosomensatz



# Mitose – Telophase



Mitose



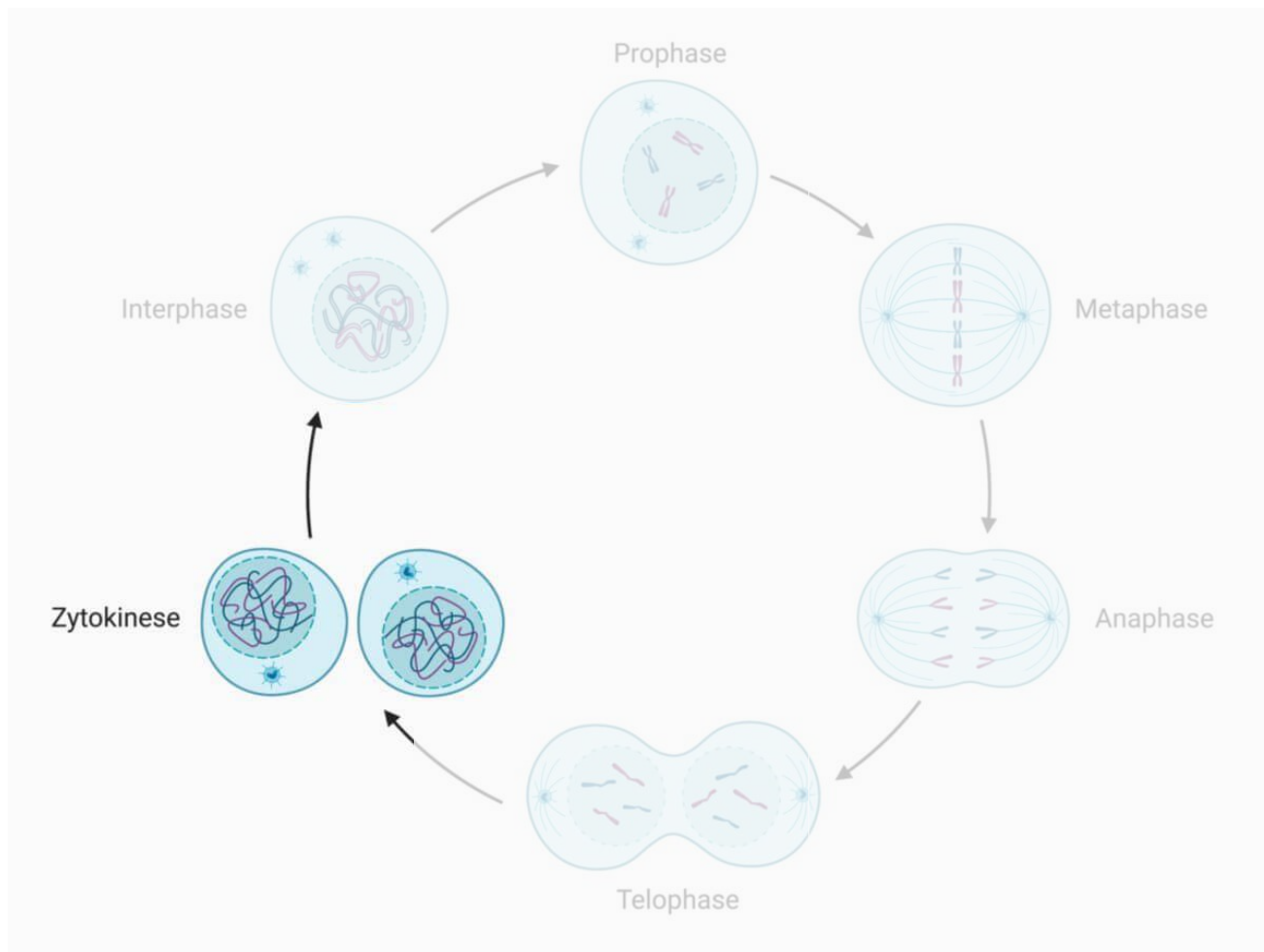
- Die Mitosespindel zerfällt und es bilden sich neue Kernhüllen
- Die nun eigenständigen Chromosomen dekondensieren
- Die Einschnürung des Zytoplasmas beginnt



# Mitose – Zytokinese



Mitose

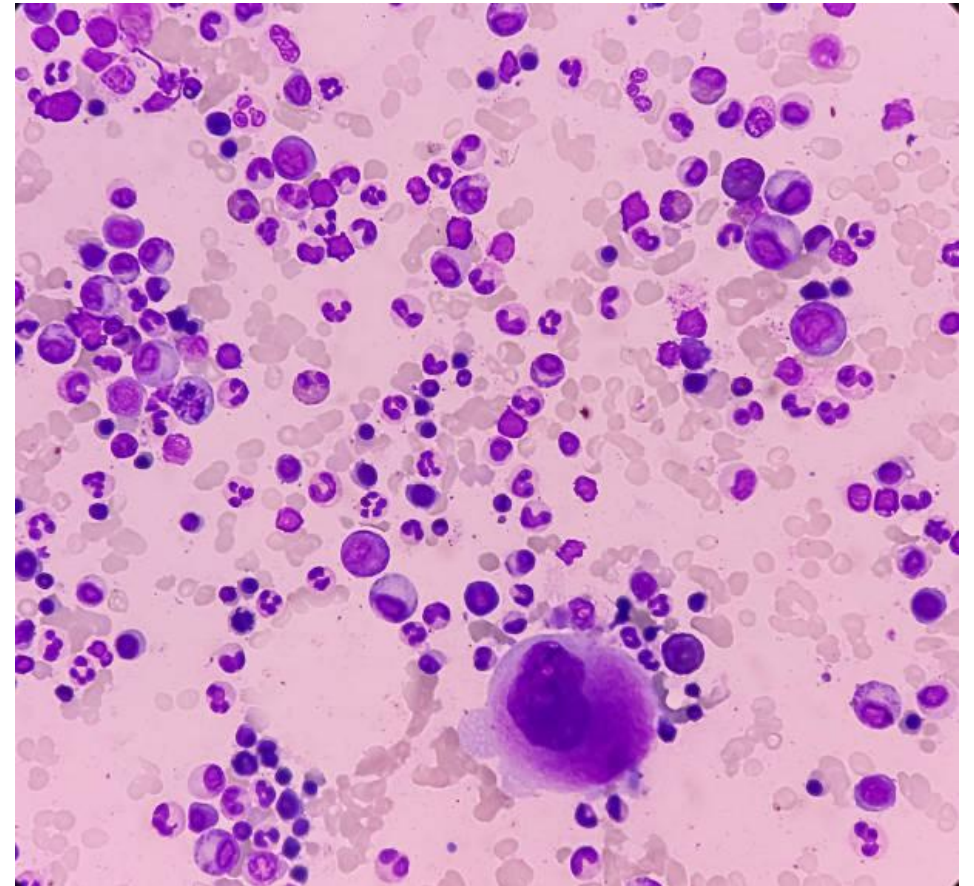


- Das Zytoplasma inklusiver aller Zellorganellen ist komplett geteilt
- Es sind zwei genetisch identische Tochterzellen entstanden



# Sonderform: Polyploide Zellen

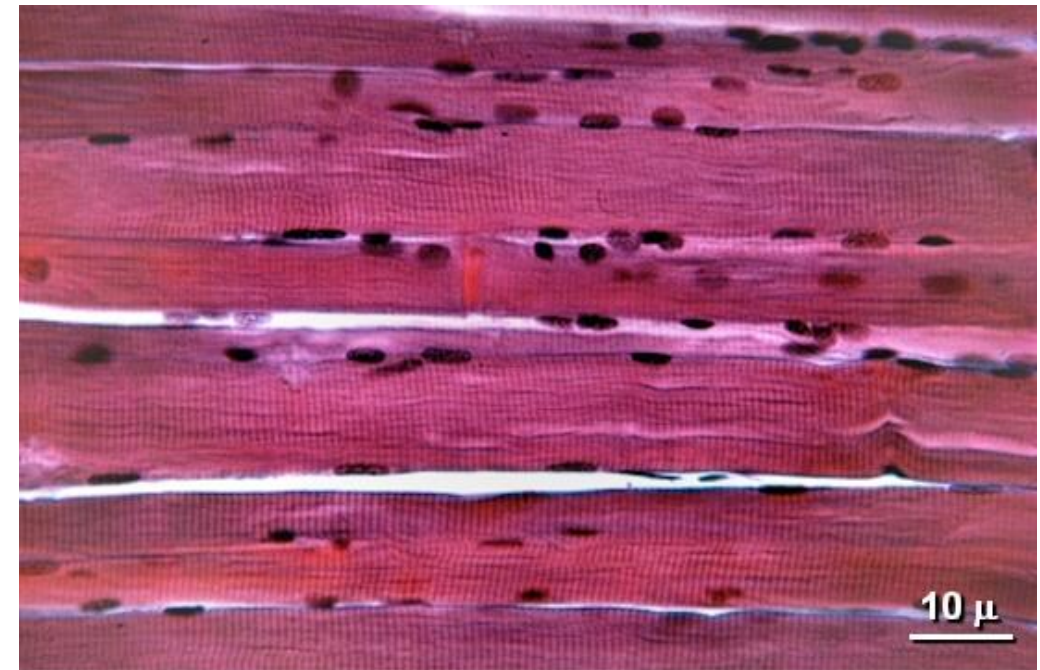
- Polyploide Zellen haben einen ganzzahlig Vielfachen des normalen Chromosomensatzes
  - **Endomitose** (unvollständige Mitose, Kernteilung und Zytokinese bleiben aus, z.B. Megakaryozyten)
  - **Azytokinetische Mitose** (Zytokinese bleibt aus, es entstehen mehrkernige Zellen)





# Sonderform: Polyploide Zellen

- Polyploide Zellen haben einen ganzzahlig Vielfachen des normalen Chromosomensatzes
  - **Endomitose** (unvollständige Mitose, Kernteilung und Zytokinese bleiben aus, z.B. Megakaryozyten)
  - **Azytokineticische Mitose** (Zytokinese bleibt aus, es entstehen mehrkernige Zellen)
  - **Fusion** (Einzelzellen verschmelzen zu mehr- oder vielkernigen **Synzytien**)



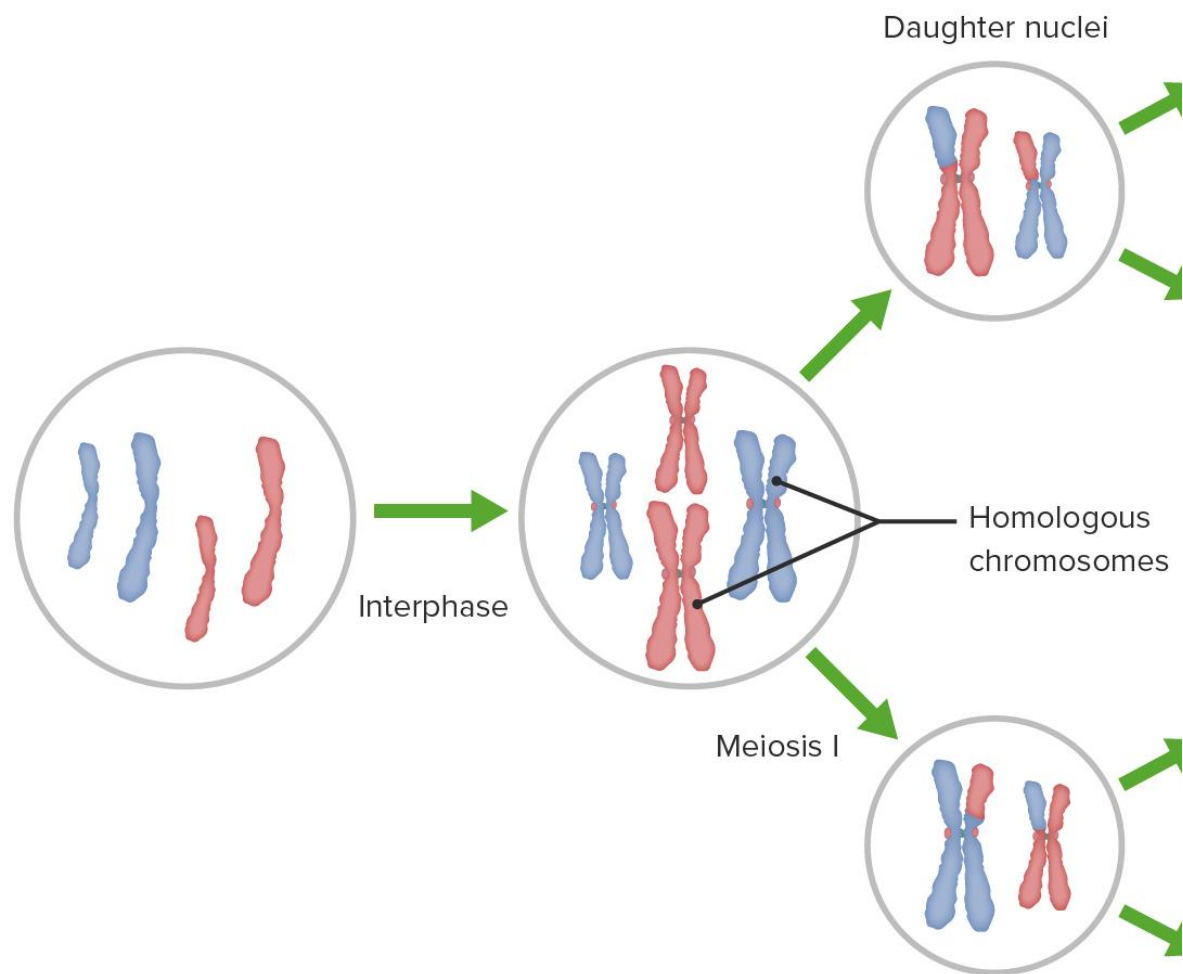


# Meiose

- Bei Keimzellen (Spermien bzw. Eizellen) muss in der Entwicklung eine **Reduktion des Chromosomensatzes** stattfinden
- Es entstehen **haploide** ( $1n1C$ ) Keimzellen; verschmelzen Spermium und Eizelle entsteht wieder ein **diploider Embryo**
- Zusätzlich kann **genetische Rekombination** stattfinden, die zu evolutionärem Fortschritt führen kann (!)



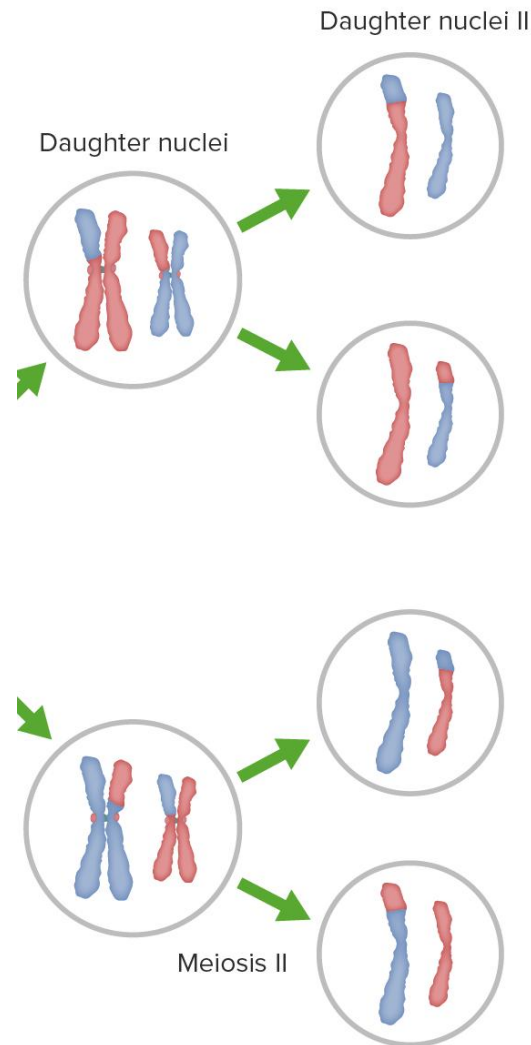
# Meiose I – Reduktionsteilung



- Durchlaufen von Pro-, Meta-, Ana- und Telophase I
- Möglichkeit des **Crossing overs** mit Rekombination homologer Chromosomen in der Prophase I
- Nach der Aufteilung der homologen Chromosomen ist die Zelle **haploid**



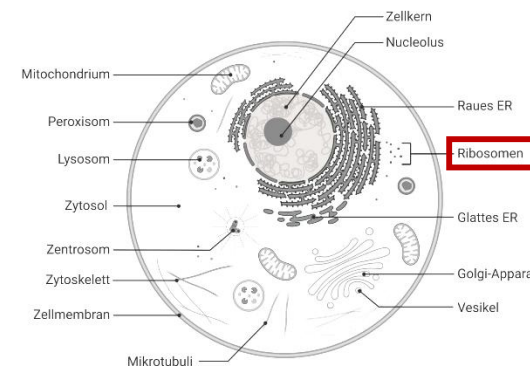
# Meiose II – Äquationsteilung



- Vor der Äquationsteilung findet **keine erneute Verdopplung** statt
- Die Schwesterchromatiden werden in Pro-, Meta-, Ana- und Telophase II auseinander gezogen

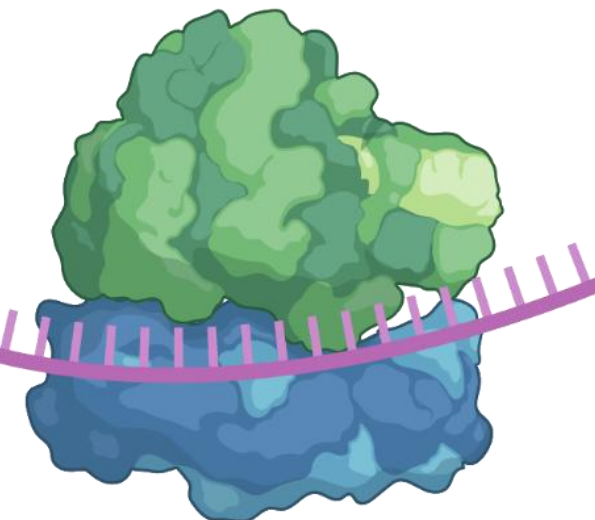


# Ribosomen

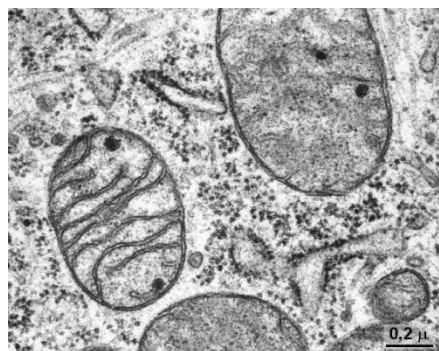


- Ribosomen aus rRNA und Proteine sind die Orte der Proteinbiosynthese
- Kommen als Gruppen an mRNA (**Polysomen**) oder auch membran-gebunden (**raues endoplasmatisches Retikulum**) vor
- Mit einem Durchmesser von 20nm **nicht** im Lichtmikroskop sichtbar

60S Untereinheit

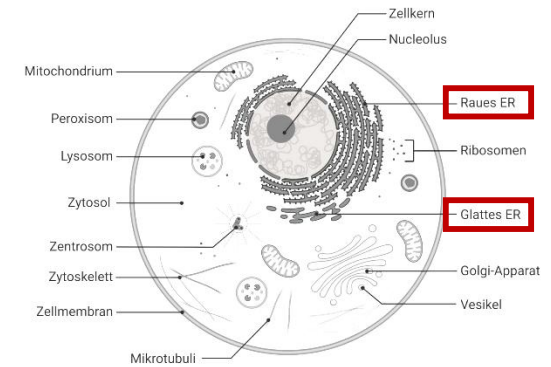


Eukaryoten: 80S Ribosomen aus 40S Untereinheit

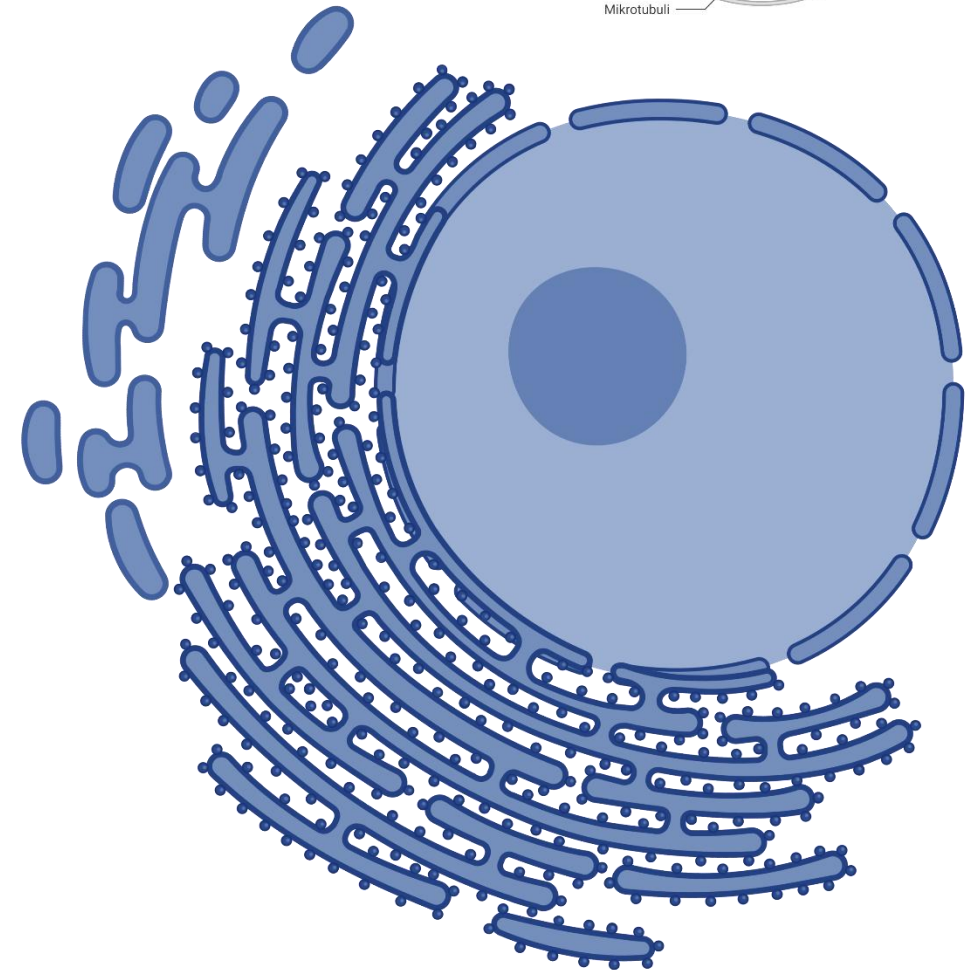




# Endoplasmatisches Retikulum

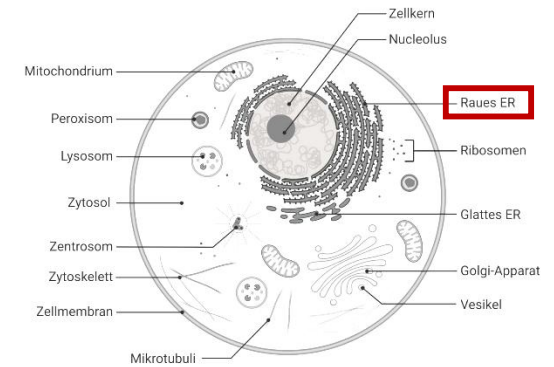


- Netzwerk („Retikulum“) aus flachen, membran-umhüllten Zisternen im Zytoplasma („endoplasmatisch“) => ER
- Zisternen sind miteinander und meistens auch mit der Kernmembran verbunden
- Kommt vor als **glattes** und **raues ER**

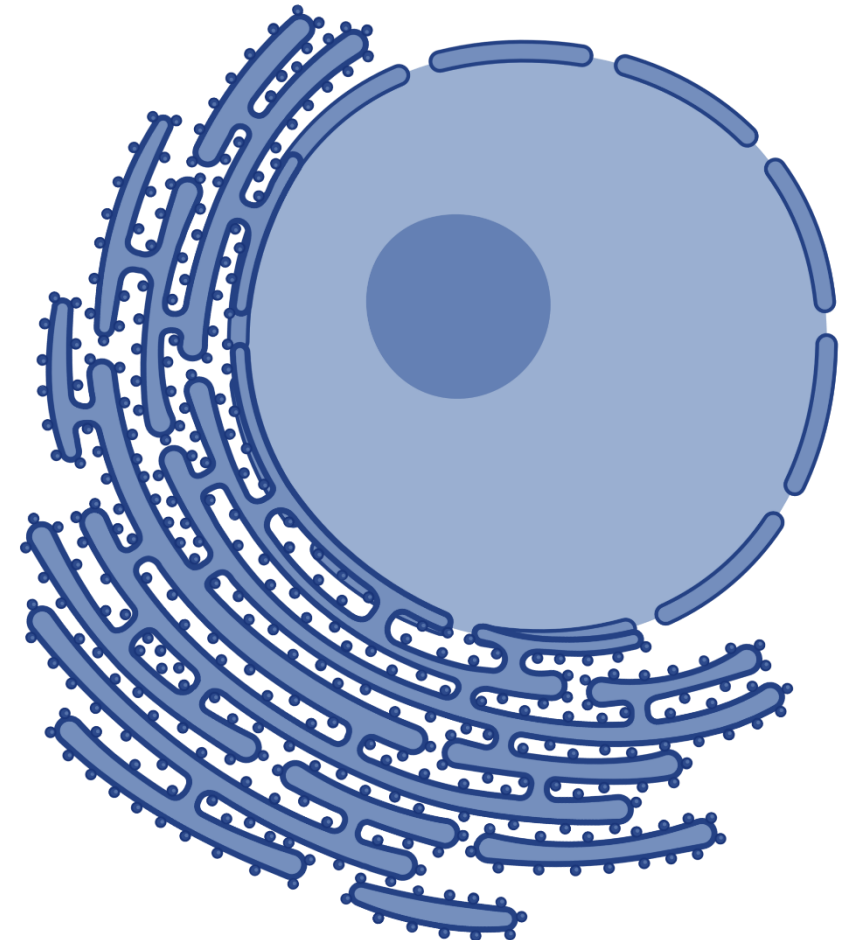




# Raues endoplasmatisches Retikulum

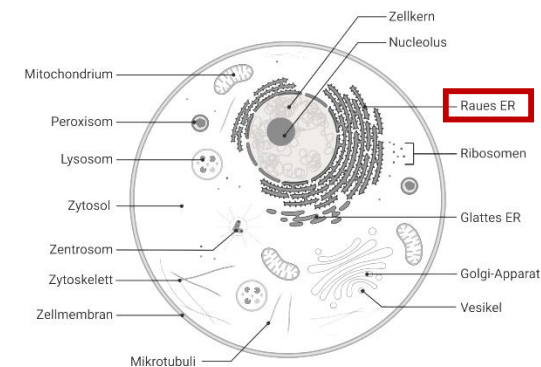


- Ort der Proteinbiosynthese von Membran- und sezernierten Proteinen
- Gesamtheit als **Ergastoplasma**, besonders viel in stoffwechselaktiven Zellen (z.B. Nerven-, Drüsenzellen)

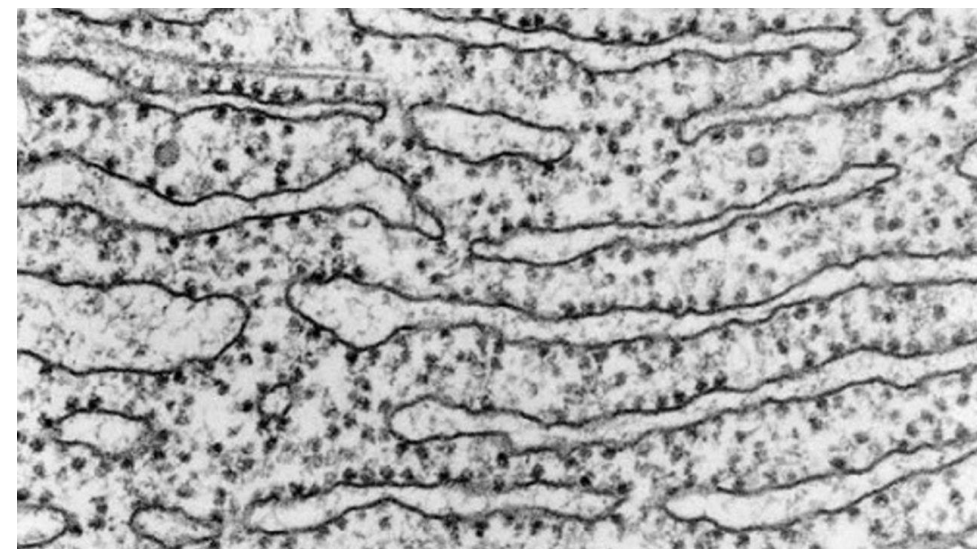




# Raues endoplasmatisches Retikulum

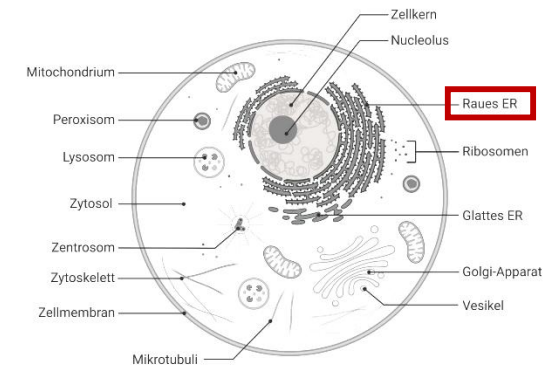


- Ort der Proteinbiosynthese von Membran- und sezernierten Proteinen
- Gesamtheit als **Ergastoplasma**, besonders viel in stoffwechselaktiven Zellen (z.B. Nerven-, Drüsenzellen)

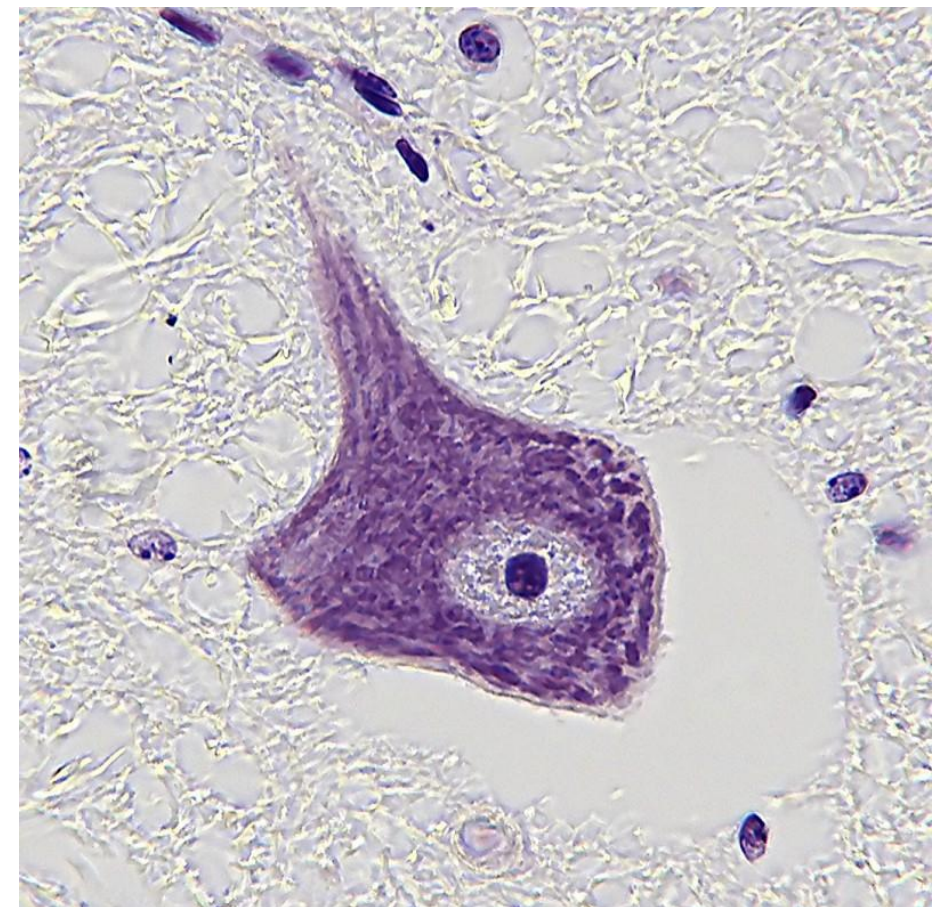




# Raues endoplasmatisches Retikulum

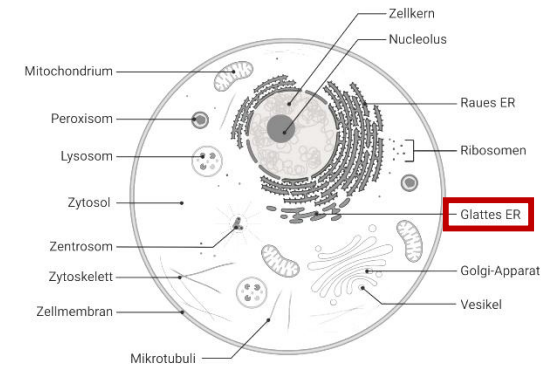


- Ort der Proteinbiosynthese von Membran- und sezernierten Proteinen
- Gesamtheit als **Ergastoplasma**, besonders viel in stoffwechselaktiven Zellen (z.B. Nerven-, Drüsenzellen)
- In Nervenzellen als **Nissl-Substanz** anfärbbar

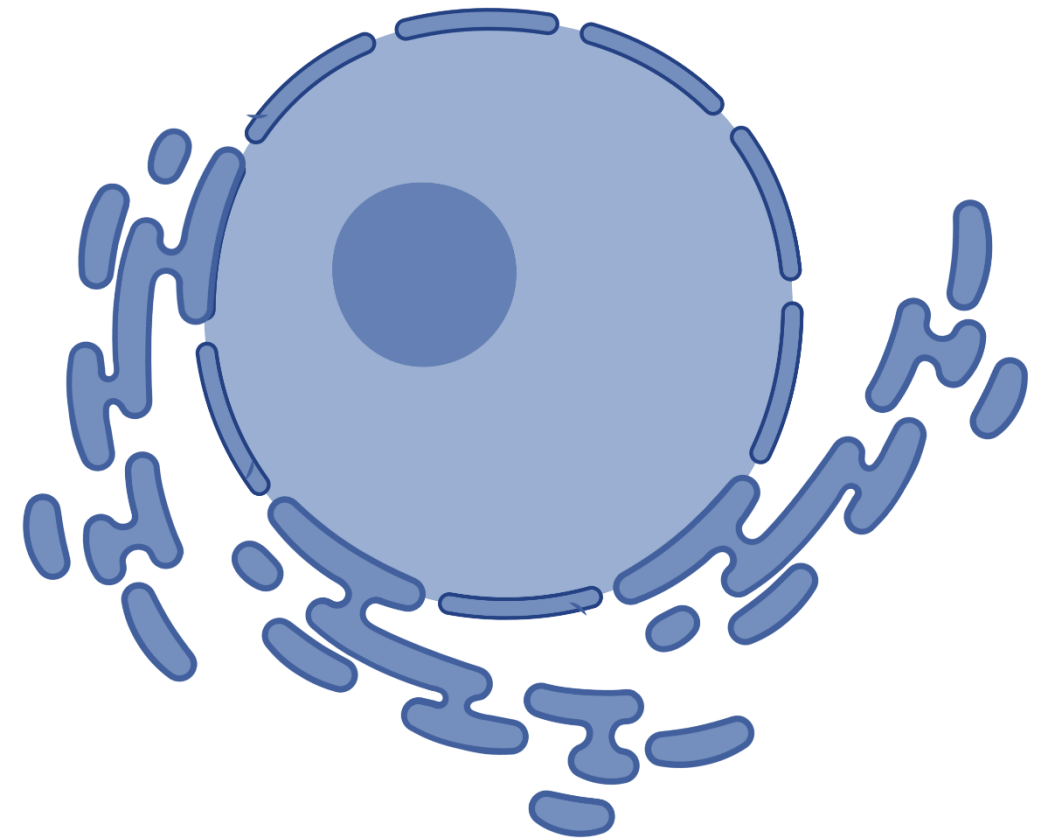




# Glattes endoplasmatisches Retikulum

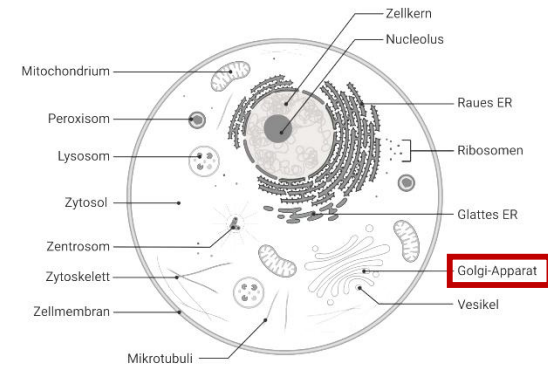


- Nicht mit Ribosomen besetzt, unterschiedliche Funktion je nach Zelltyp:
  - Skelett-/Herzmuskel: Kalziumspeicher (longitudinales System)
  - Fettzellen: Lipidsynthese
  - Endokrine (hormonproduzierende) Zellen: Steroidhormonsynthese, z.B. Hoden, Eierstock, Nebenniere
  - Leberzellen: Entgiftung durch Hydroxylierung

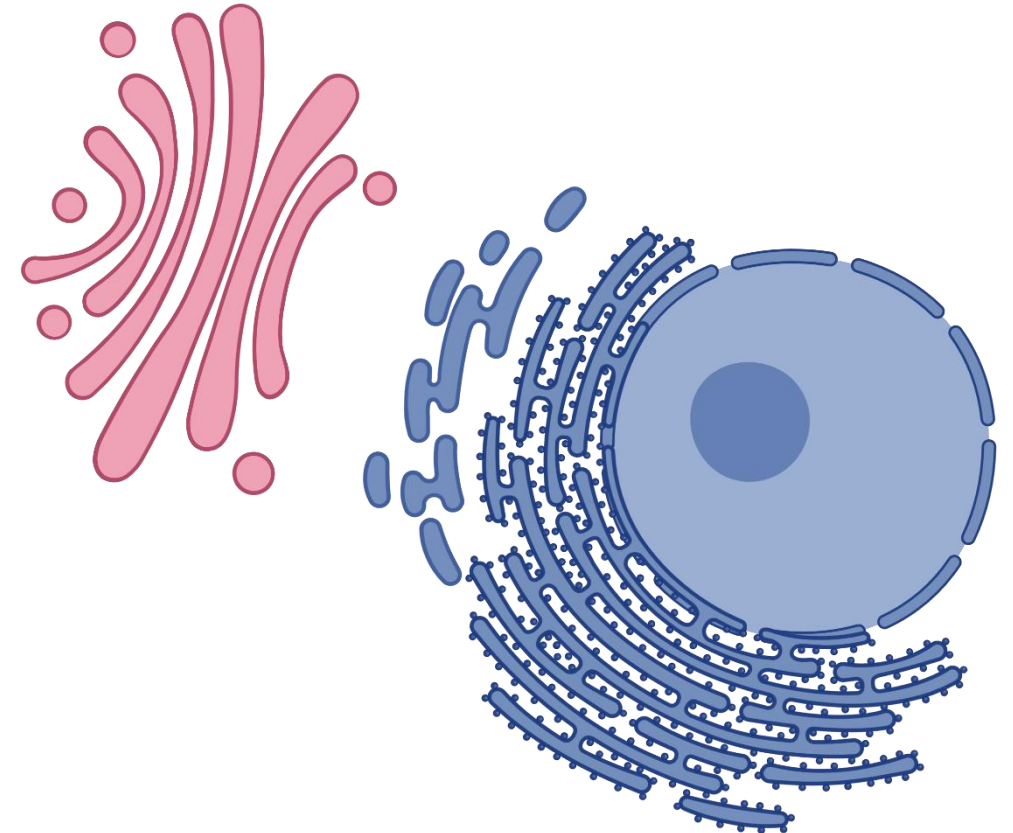




# Golgi-Apparat

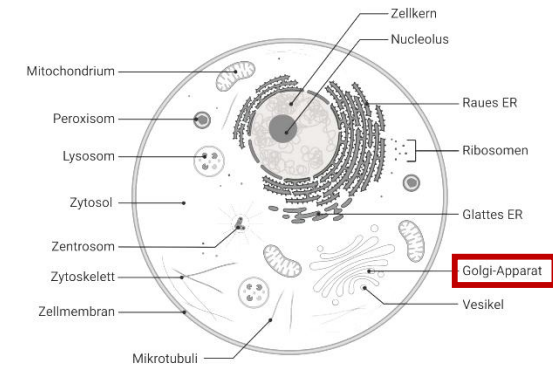


- Stapel aus membran-umhüllten, **nicht miteinander verbundenen** Zisternen (Dictyosomen)
- Meist in der Nähe von rER (und damit auch Kern)
- Zwei Seiten:
  - cis-Seite: konvex, dem ER zugewandt, nimmt Vesikel von dort auf
  - trans-Seite: konkav, schnürt Vesikel ab, die dann weitertransportiert werden

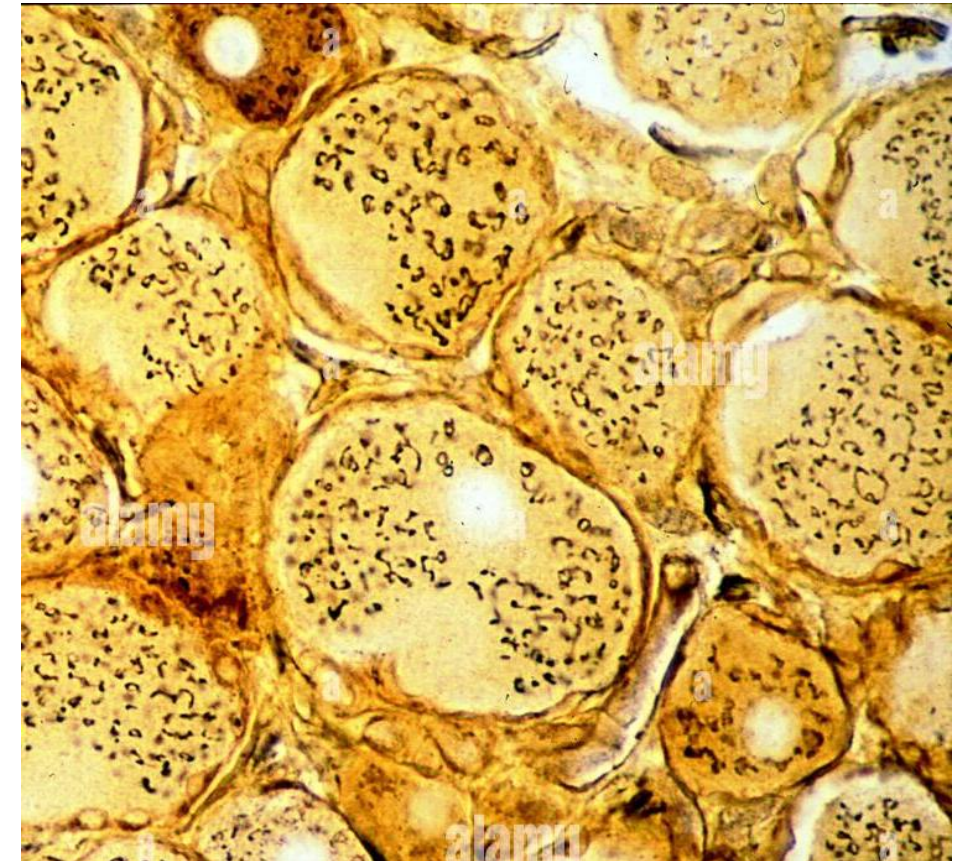




# Golgi-Apparat

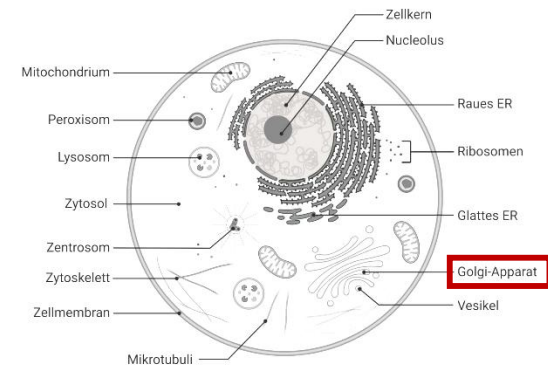


- Stapel aus membran-umhüllten, **nicht miteinander verbundenen** Zisternen (Dictyosomen)
- Meist in der Nähe von rER (und damit auch Kern)
- Zwei Seiten:
  - cis-Seite: konvex, dem ER zugewandt, nimmt Vesikel von dort auf
  - trans-Seite: konkav, schnürt Vesikel ab, die dann weitertransportiert werden

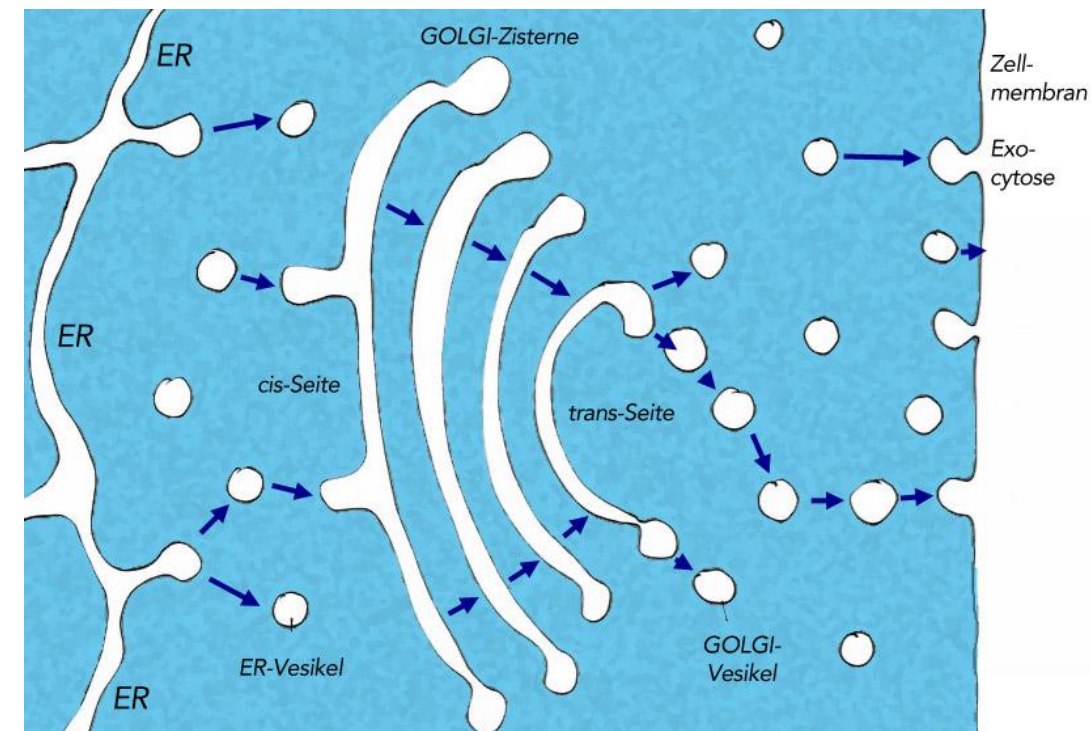
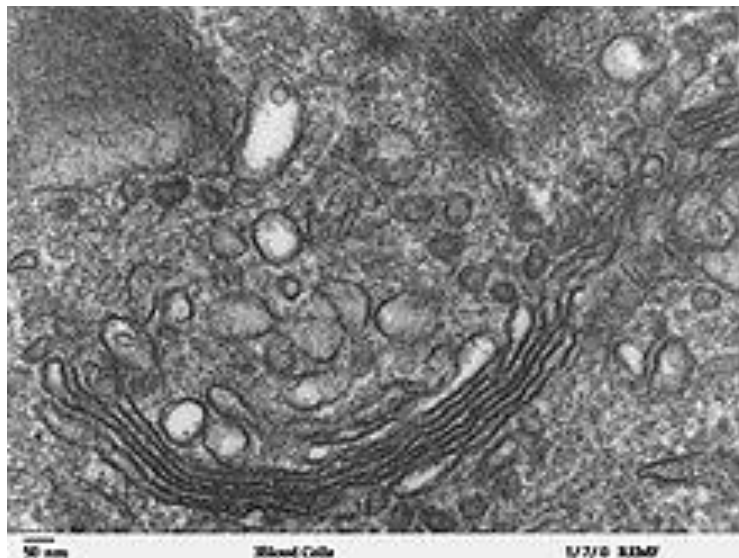




# Golgi-Apparat



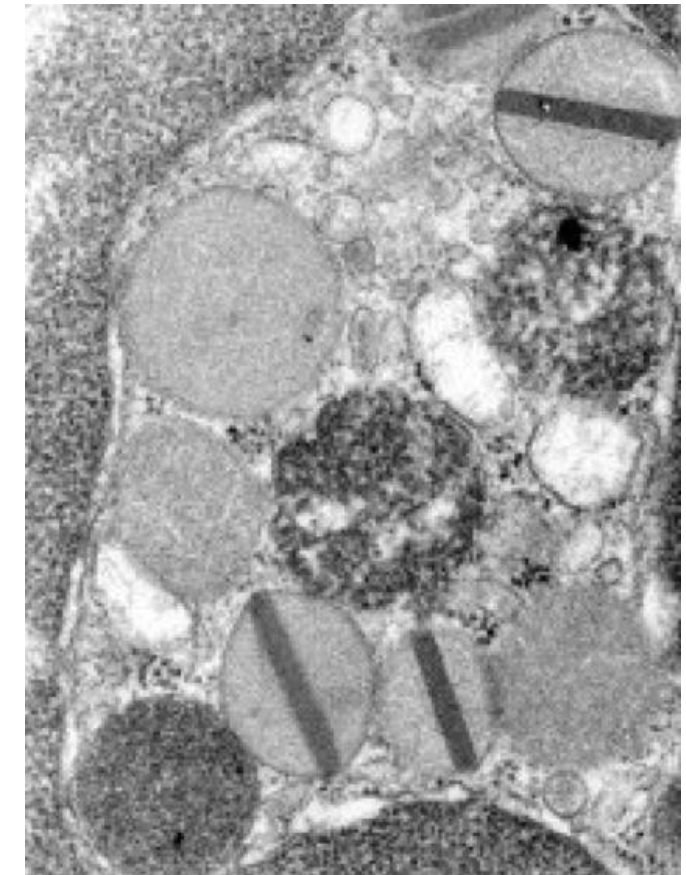
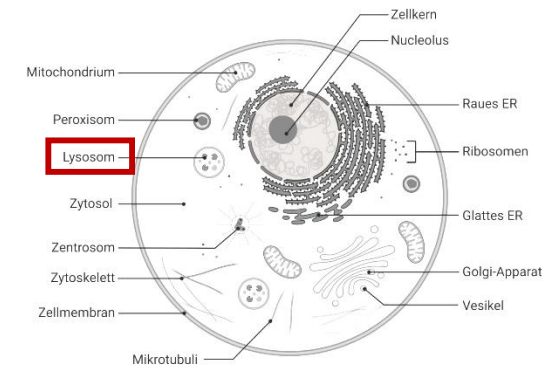
- Funktion: „Logistikzentrum“ der Zelle, Prozessierung und Modifikation von Proteinen aus dem rER





# Lysosomen

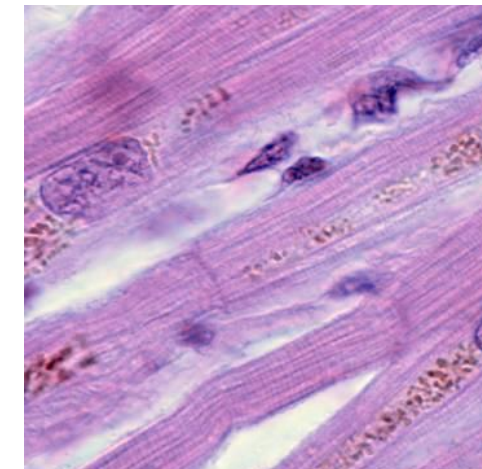
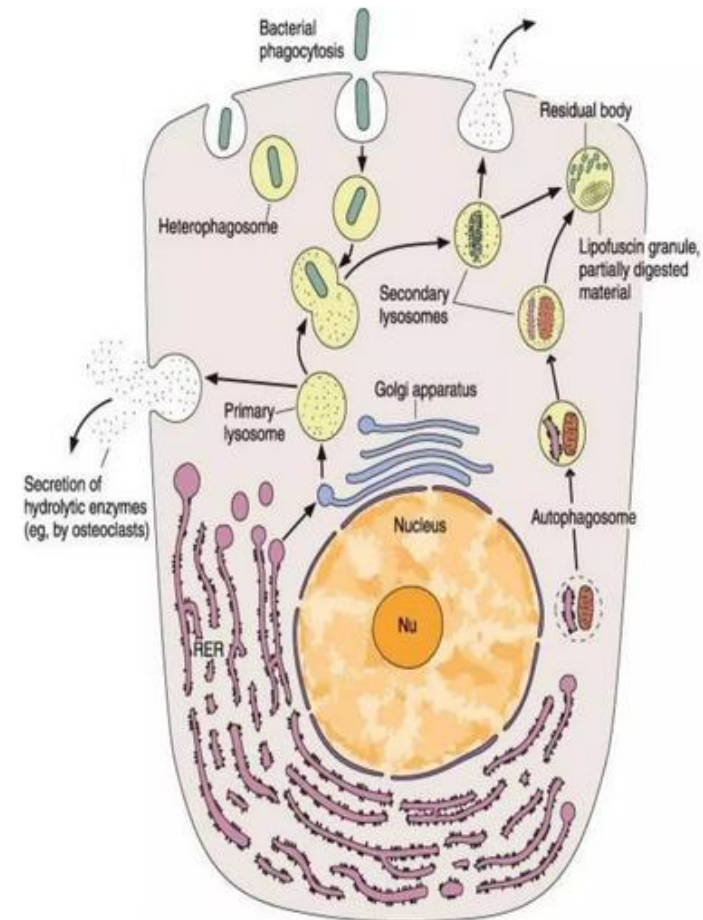
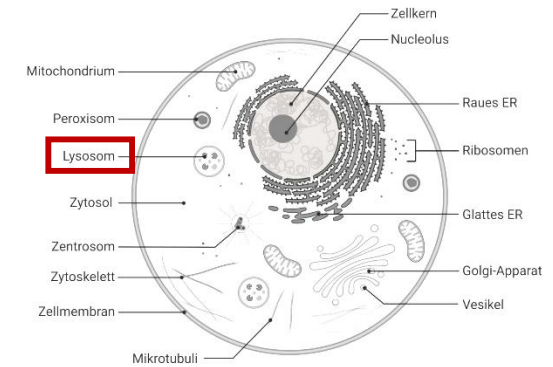
- Kleine (0,1-1 $\mu$ m) runde, membran-umhüllte Struktur
- Entstehen als Endosomen am Golgi und enthalten saure Enzyme, dienen als „Müllhalde“ der Zelle
  - Primäre Lysosomen: Vor Substratkontakt
  - Sekundäre Lysosomen: Nach Substratkontakt, Verdauung und evtl. Endlagerung





# Lysosomen

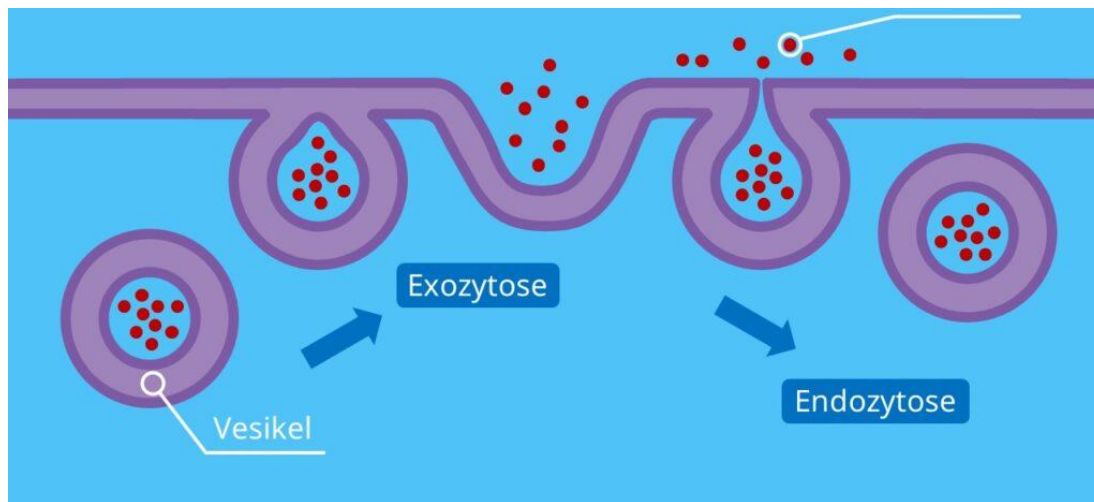
- **Phagosom:** Verdau von phagozytierten Stoffen, z.B. Bakterien
- **Autophagosom:** Abbau von zell-eigenen Organellen (**Autophagie**)
- **Residualkörper:** z.B. Lipofuszin



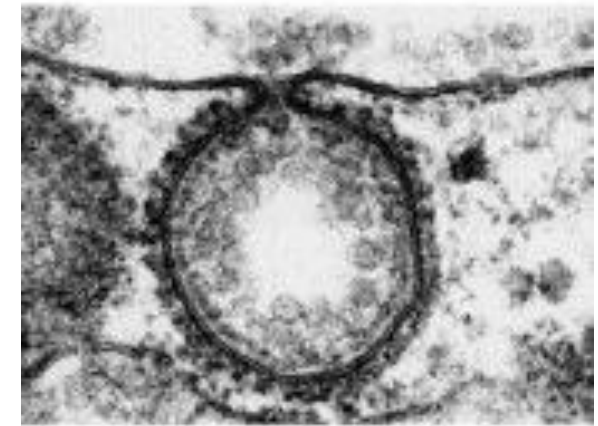


# Endozytose, Exozytose, Transzytose

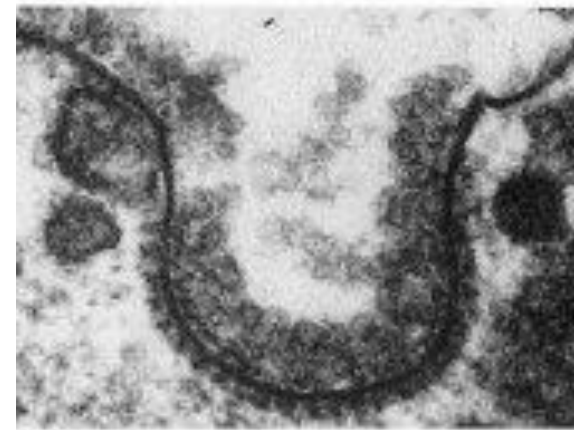
- Die Aufnahme von Stoffen aus dem Extrazellularraum wird als **Endozytose** bezeichnet, die Abgabe als **Exozytose**



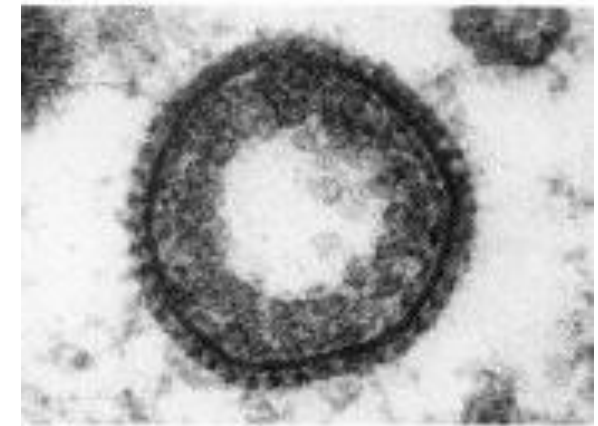
1



3



2

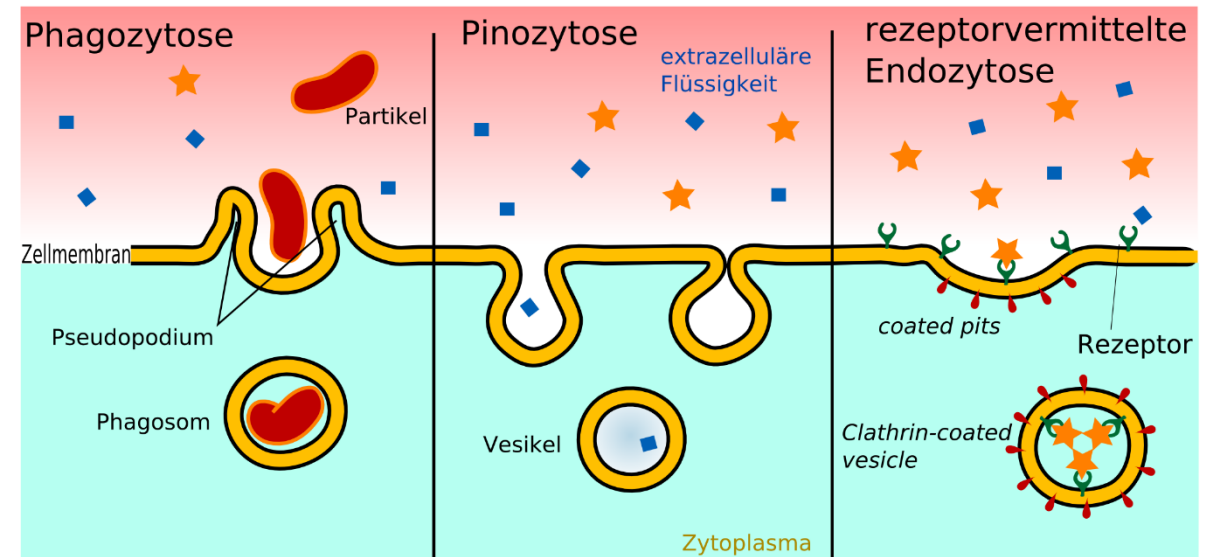


4



# Endozytose

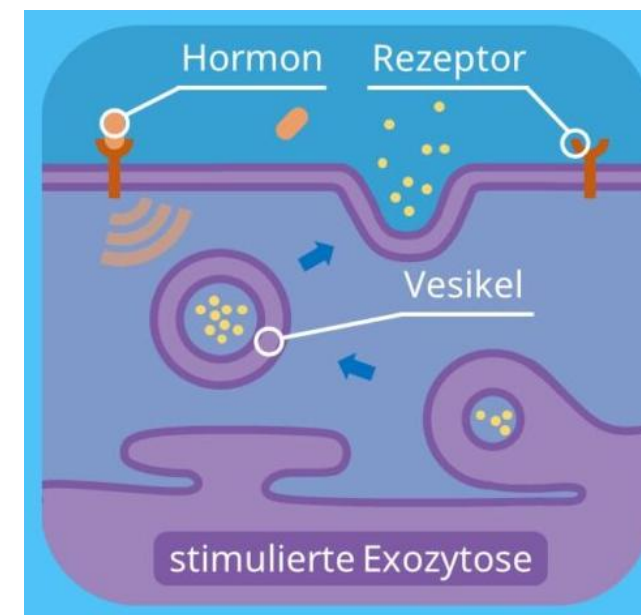
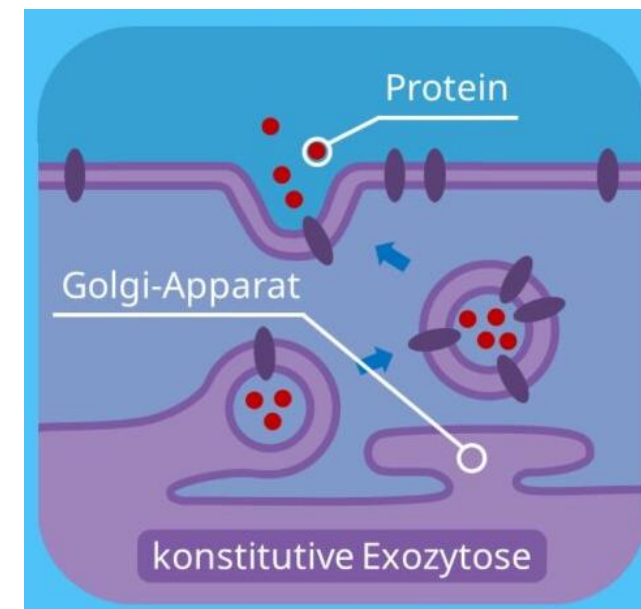
- Zur Aufnahme von Flüssigkeiten (**Pinozytose**) oder Feststoffen (**Phagozytose**) werden diese in Vesikel oder Vakuolen aus der Zellmembran verpackt
- Dieser Vorgang kann rezeptorvermittelt oder ungerichtet sein
- Häufig bei Immunzellen (Makrophagen)





# Exozytose

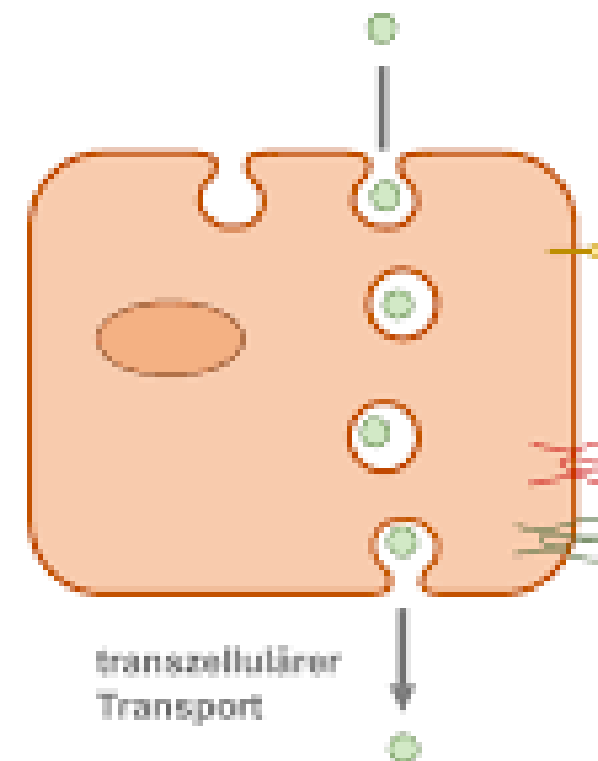
- Die Abgabe von hydrophilen (= wasserlöslichen) Stoffen muss über Exozytose erfolgen
- Hierbei verschmelzen Vesikel des Golgi-Apparates oder Lysosomen mit der Zellmembran und entleeren den Inhalt in den Extrazellularraum
- Dieser Vorgang kann auch rezeptor-vermittelt stattfinden
- Häufig in Drüsen- und Immunzellen





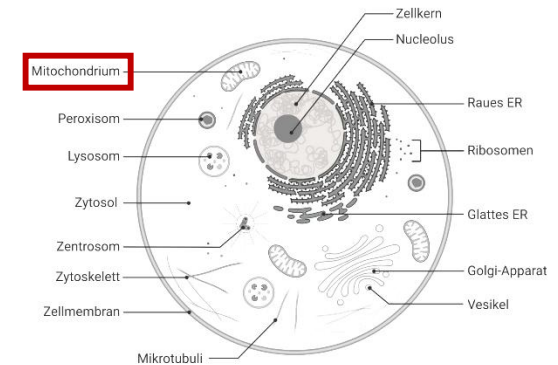
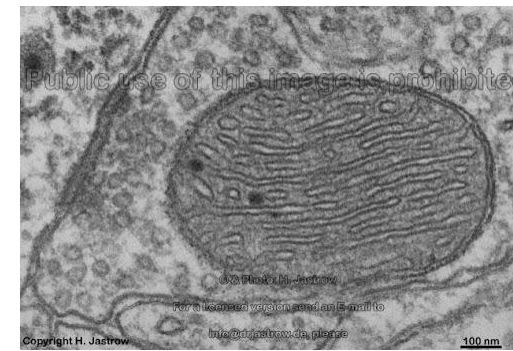
# Transzytose

- Bei der Transzytose werden Stoffe endozytotisch aufgenommen, **nicht verarbeitet**, und auf der anderen Seite der Zelle exozytotisch abgegeben
- Vor allem bei Lipoproteinen, Hormonen, Immunglobulinen
- Kommt in Nieren- und Darmzellen vor, in denen der interzelluläre Transport durch Tight junctions eingeschränkt ist

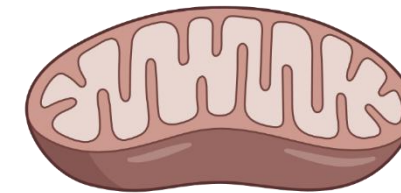




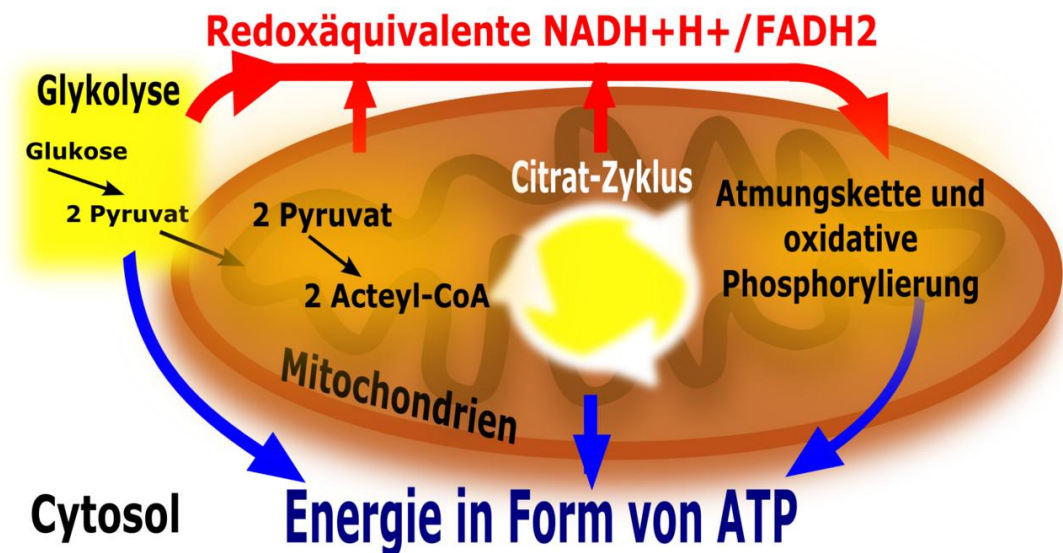
# Mitochondrien



- **Kraftwerke der Zelle**, Produktion von ATP durch Enzyme der Atmungskette in der inneren Mitochondrienmembran
- Unterscheidung: Mitochondrien vom Cristae- und Tubuli-Typ
- Besonders zahlreich in Zellen mit hohem Energiebedarf, z.B. Muskelzellen, Leberzellen, Spermien...



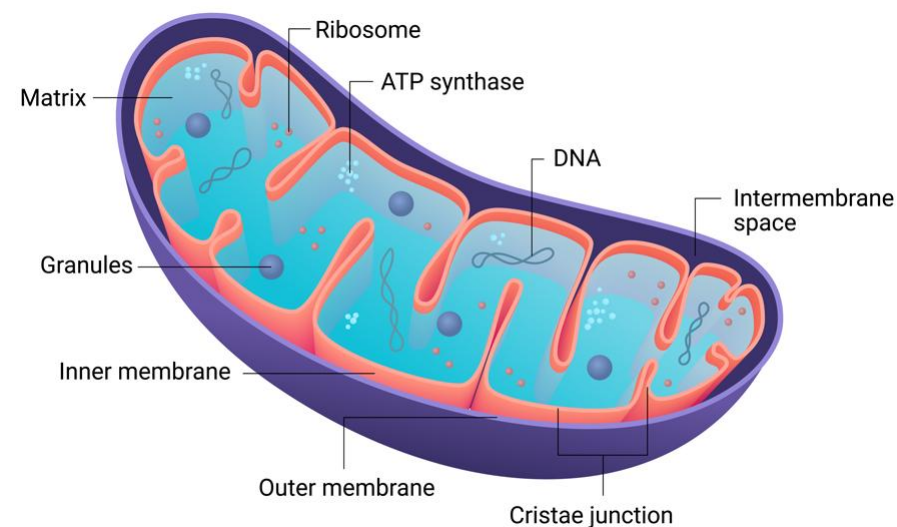
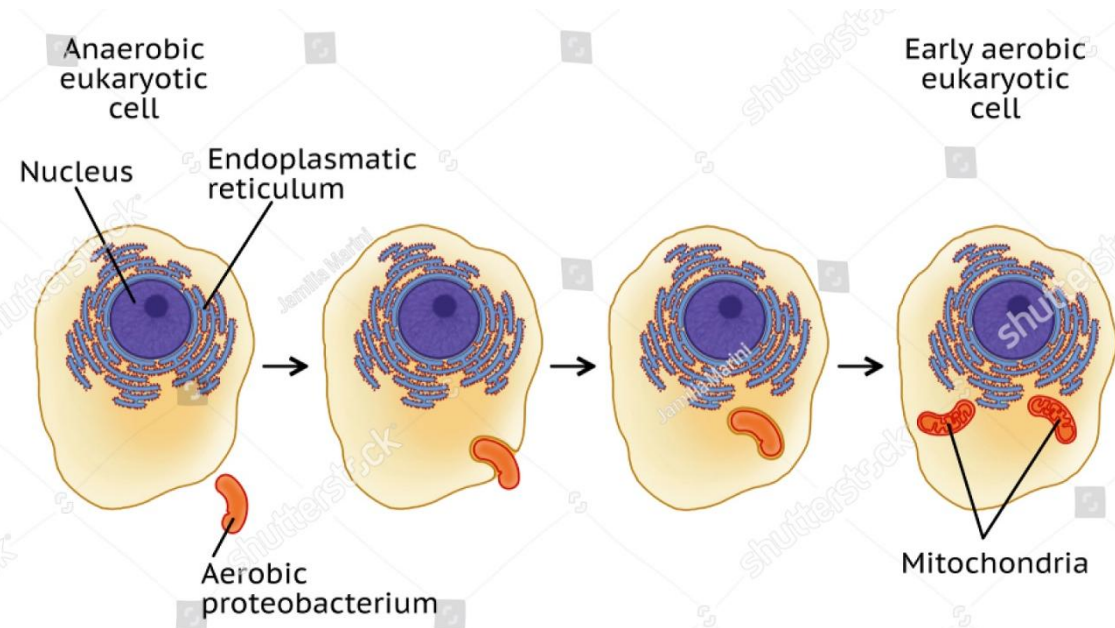
## Stoffwechsel: Abbau der Glukose bringt Energie





# Endosymbionten-Theorie

- Mitochondrien waren einmal eigenständige prokaryotische Zellen, die in eukaryotische Zellen aufgenommen wurden; sie wurden allerdings nicht abgebaut, sondern für die aerobe Energiegewinnung genutzt
- Mitochondrien haben eigene DNA (mtDNA), vermehren sich eigenständig und haben eigene (70S!) Ribosomen





# Gewebelehre – Definition

**Gewebe bestehen aus gleichartig differenzierten Zellen**

- Epithelgewebe
- Bindegewebe
- Stützgewebe
- Muskelgewebe
- Nervengewebe

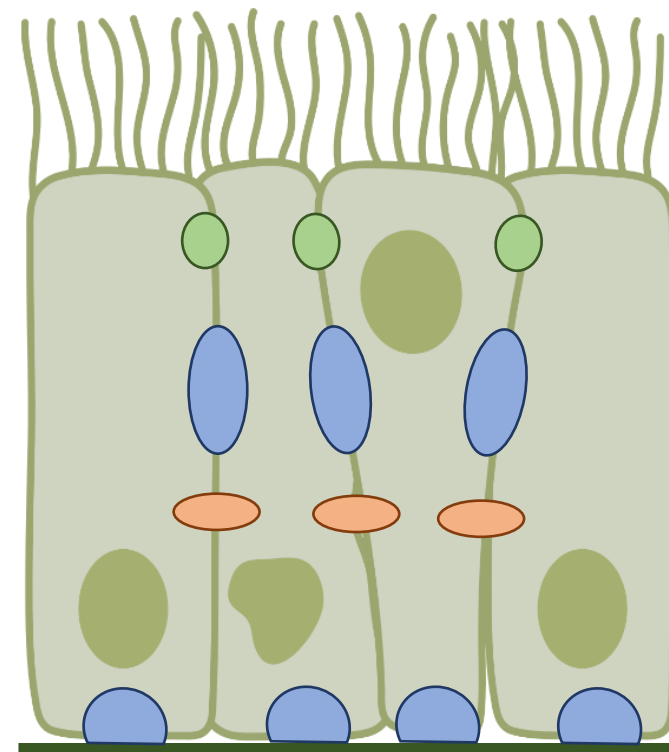
**Mehrere Gewebe mit verschiedenen Funktionen bilden dann  
Organe**



# Epithelien – Definition

**Epithelzellen bilden flächenhafte Zellverbände mit engen Interzellularräumen, die auf einer Basalmembran aufsitzen**

- Polarisierte Zellen (basal => apikal)
- Zellkontakte
- Oberflächendifferenzierungen
- Frei von Blutgefäßen
- Intermediärfilament: Zytokeratin
- Schlechte/langsame Regeneration

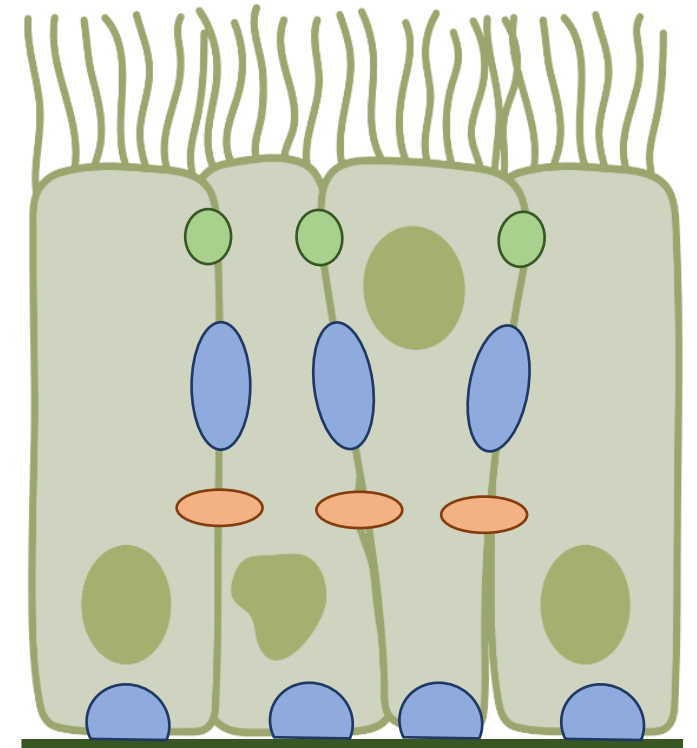




# Epithelien – Definition

**Epithelzellen bilden flächenhafte Zellverbände mit engen Interzellularräumen, die auf einer Basalmembran aufsitzen**

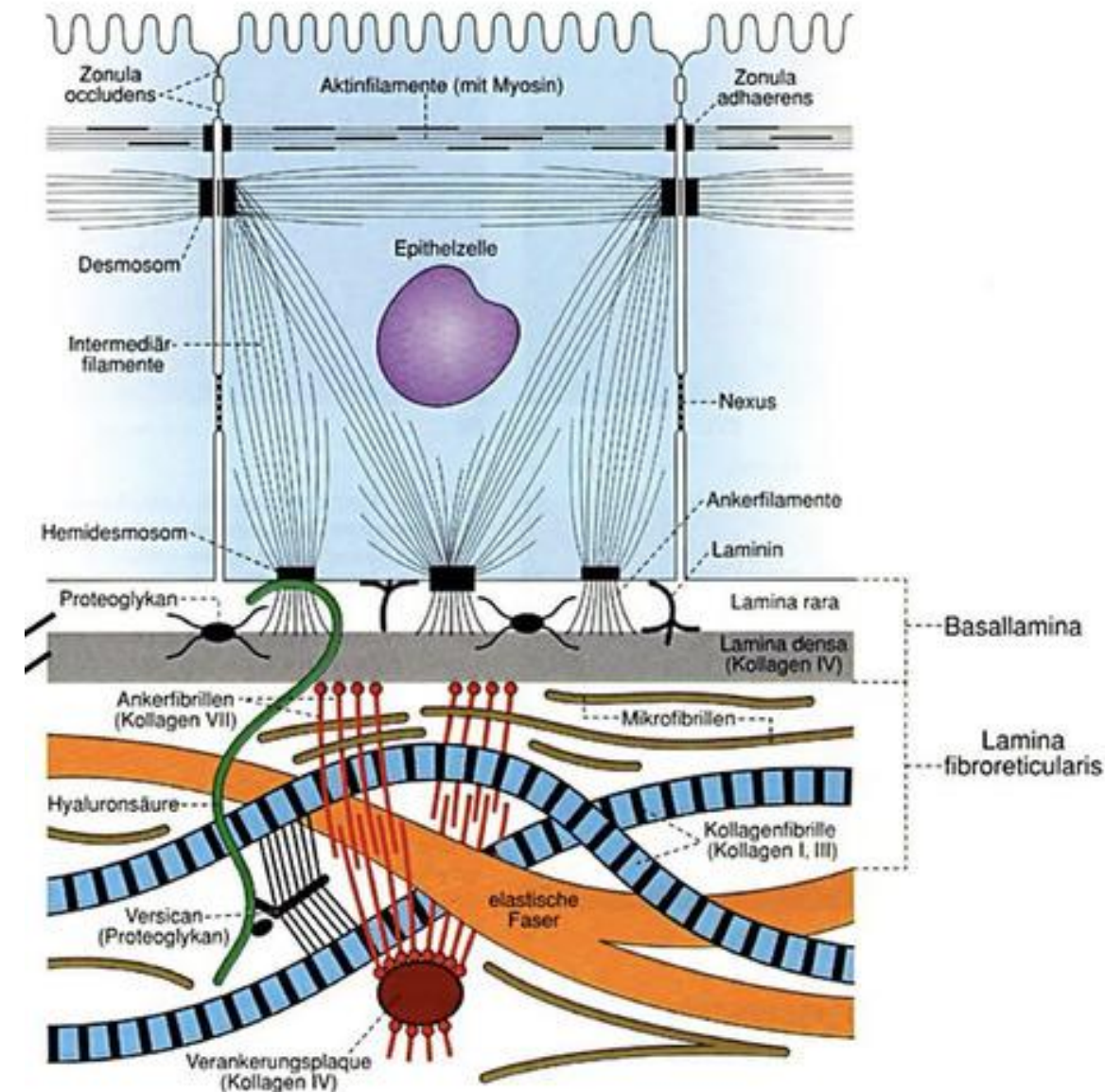
- Oberflächenepithelien
- Drüsenepithelien
- Sinnesepithelien
- Keimepithelien
- Exkretionsepithelien





# Basalmembran

- Besteht aus Basallamina und Lamina fibroreticularis
- Im Lichtmikroskop meist nicht oder nur als dünne Linie zu erkennen
- Dient der Verankerung der Epithelzellen mit dem darunter liegenden Bindegewebe, Einfluss auf Zellproliferation und -funktion
- Zellen und Gefäße durchbrechen **physiologisch** die Basalmembran nicht





# Oberflächenepithelien – Definition

## **Oberflächen-/Deckepithelien decken innere und äußere Körperoberflächen ab**

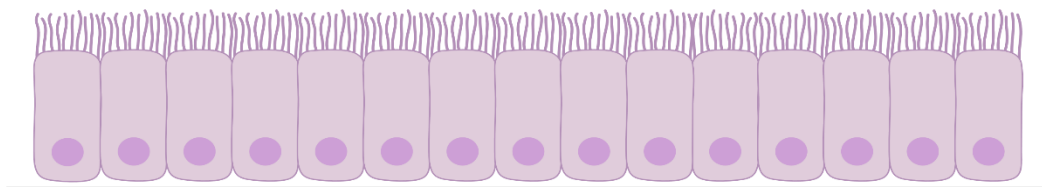
- Haut
- Verdauungsorgane (Mundhöhle bis Anus)
- Atmungsorgane (Nase bis Lunge)
- Harnorgane (Nierenbecken bis Harnröhre)
- Geschlechtsorgane (Eileiter/Nebenhoden bis Harnröhre)
- Körperhöhlen
- (Innenauskleidung der Gefäße)



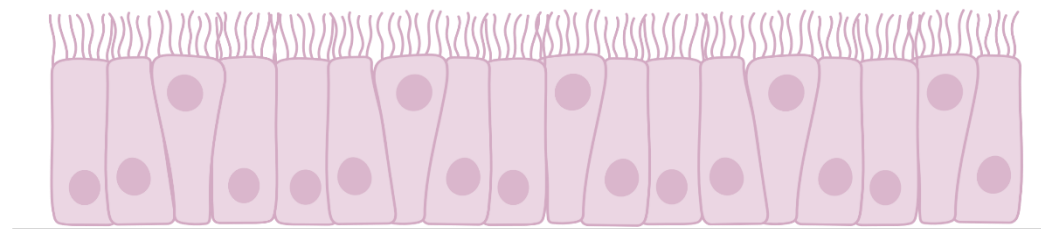
# Oberflächenepithelien – Einteilung

## Anzahl der Zellschichten

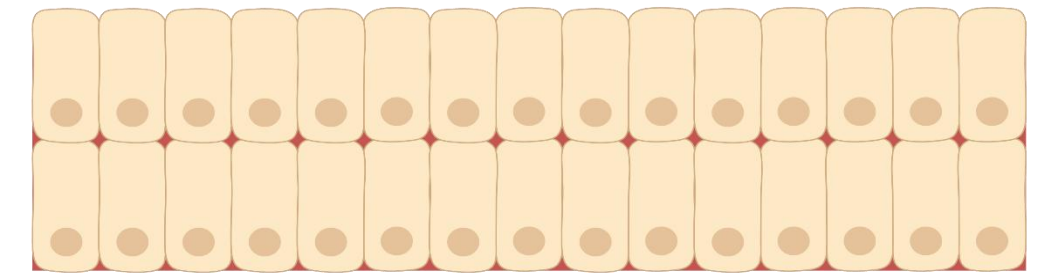
einschichtig:



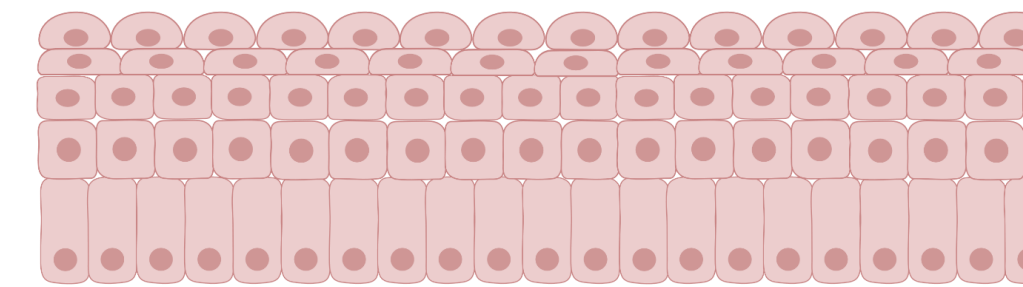
mehrschichtig:



mehrschichtig:



Übergangsepithel:





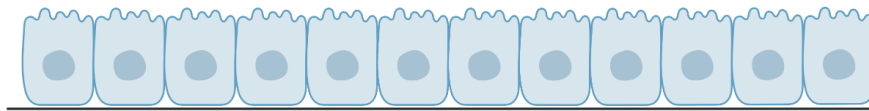
# Oberflächenepithelien – Einteilung

## Form der obersten Zellschicht

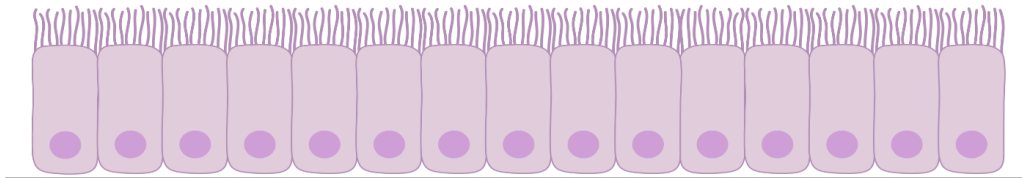
platt:



isoprismatisch/kubisch:



hochprismatisch/zylindrisch:





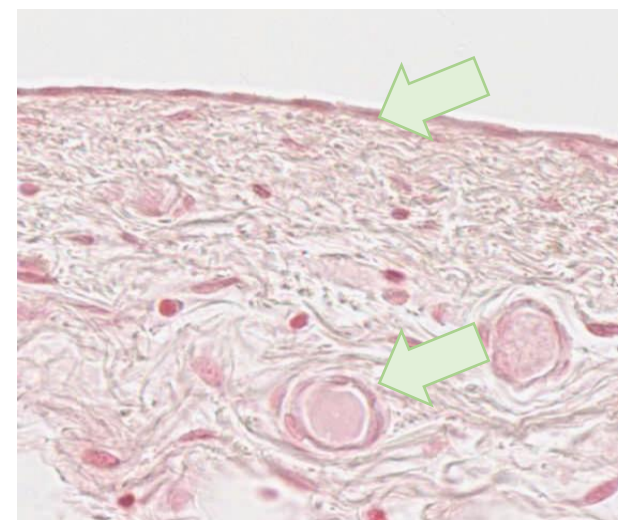
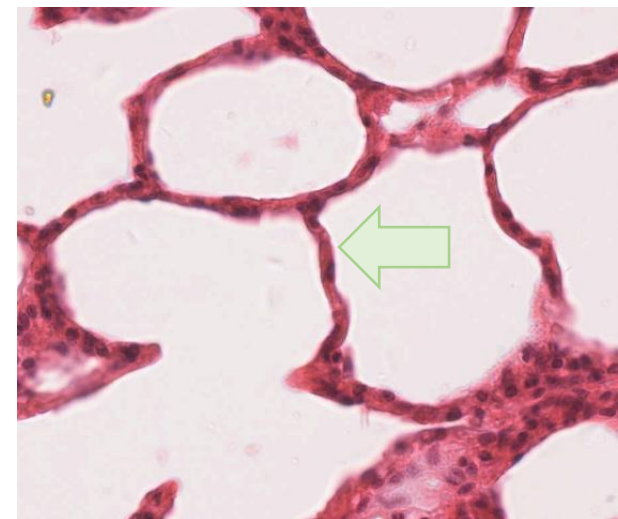
# Einschichtig platte Epithelien



- Epithelzellen sind deutlich breiter als hoch
- Dünn ausgezogenes, oft nicht sichtbares Zytoplasma im Lichtmikroskop
- Kern meist als einziges sichtbar, wölbt sich vor

## Beispiele

Epithel der Lungenalveolen  
Mesothel der Körperhöhlen

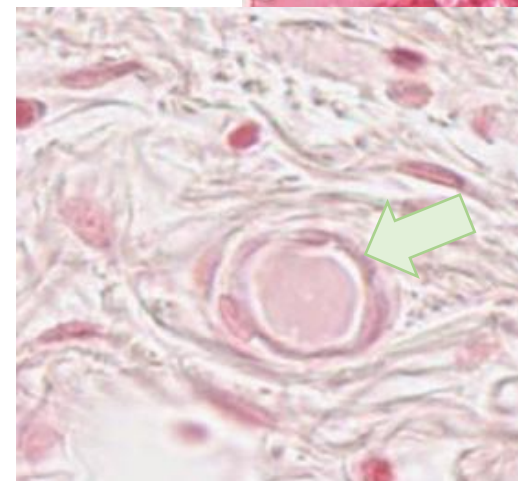
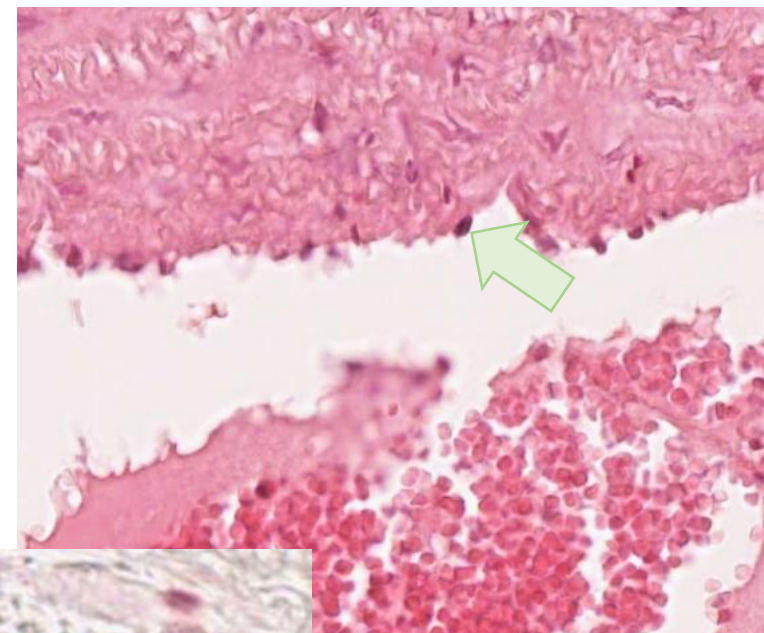




# Einschichtig platte Epithelien



- Sonderfall: Endothelien
- Endothelien kleiden Gefäße (Arterien, Venen, Kapillaren) aus
- Es ist umstritten, ob sie zu den Epithelien gehören, da sie als Intermediärfilament nicht Zytokeratin, sondern **Vimentin** haben





# Einschichtig kubische Epithelien



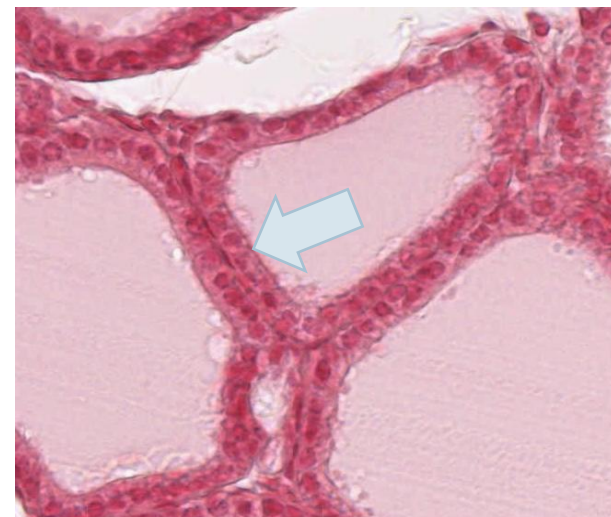
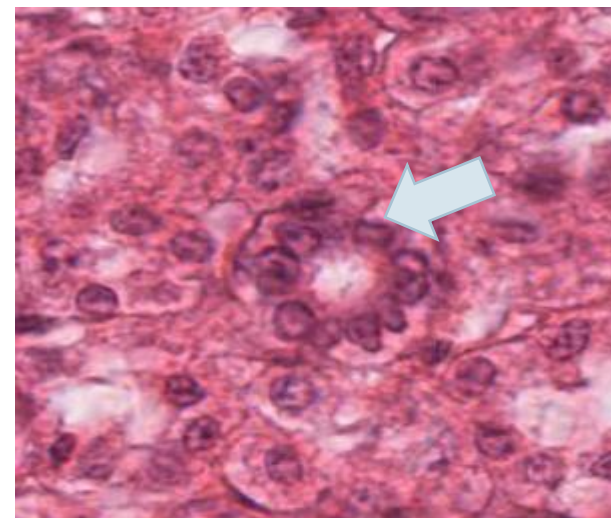
- Epithelzellen sind etwa so breit wie hoch
- Zytoplasma und Kern im Lichtmikroskop gut sichtbar
- Kern meist rund und zentral in der Zelle

## Beispiele

Drüsenausführungsgänge

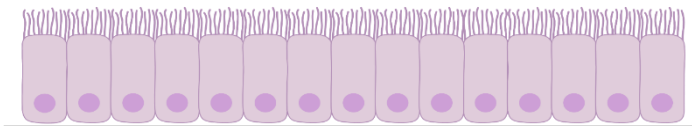
Gallengänge

**Schilddrüsenfollikelzellen**





# Einschichtig zylindrische Epithelien



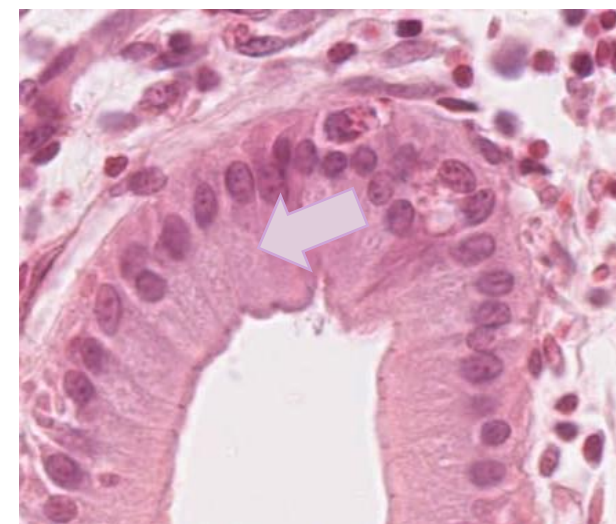
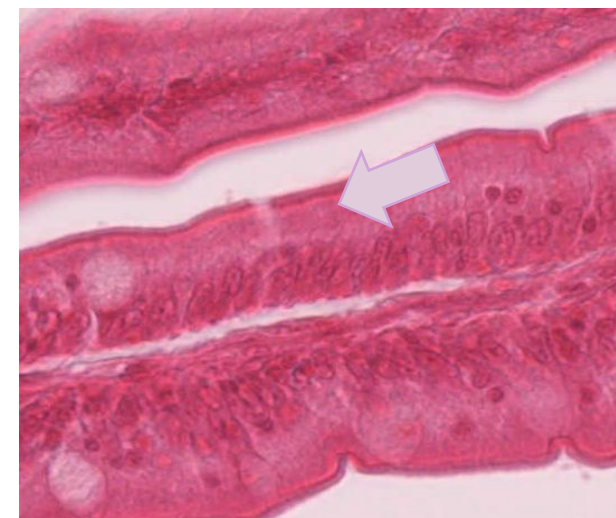
- Epithelzellen sind deutlich höher als breit
- Kern rund bis oval und meist zentral in der Zelle
- Oft Mikrovillibesatz (**Oberflächenvergrößerung**)

## Beispiele

Magen-/Darmepithel

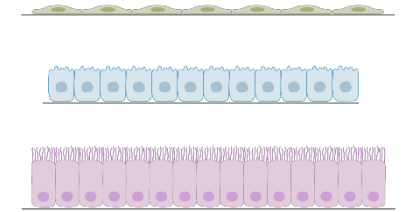
Gallenblase

Uterus

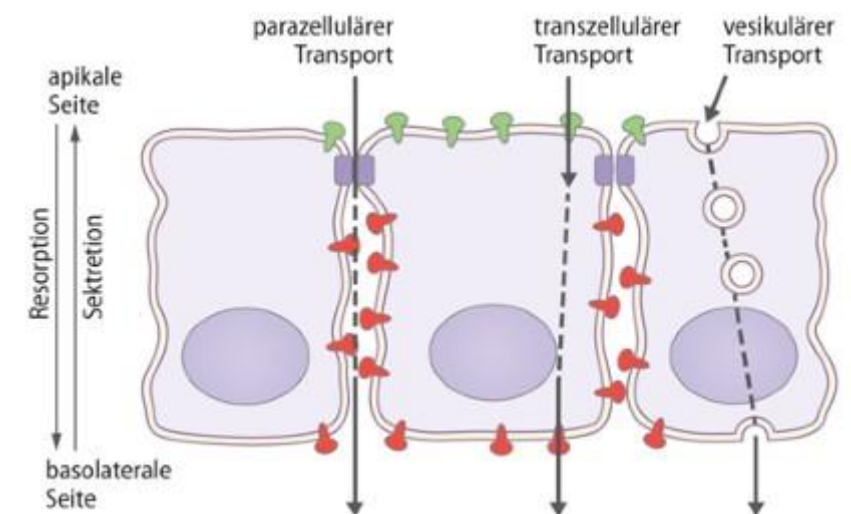
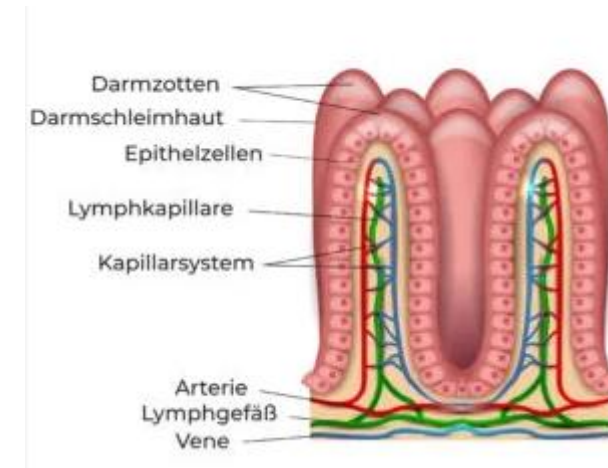




# Funktion der einschichtigen Epithelien

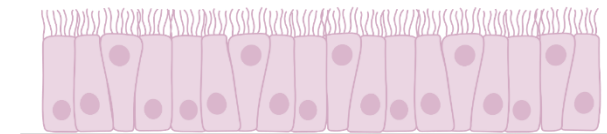


- Einschichtige Epithelien sind **Resorptions-** oder **Sekretionsepithelien**
- Durch die Einschichtigkeit sowie eventuelle Oberflächendifferenzierungen können Stoffe effizient in den Körper aufgenommen werden





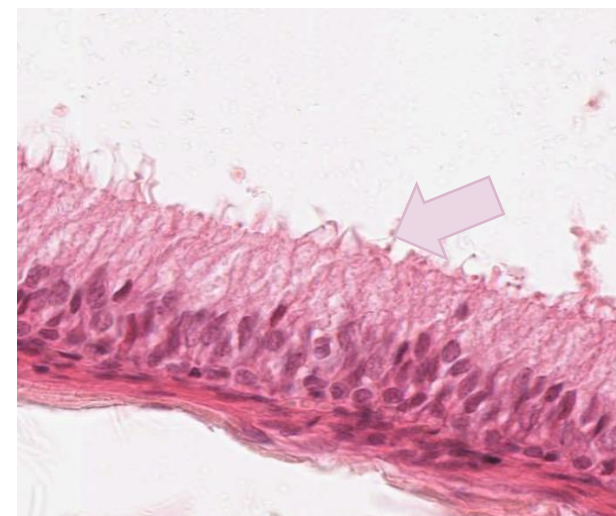
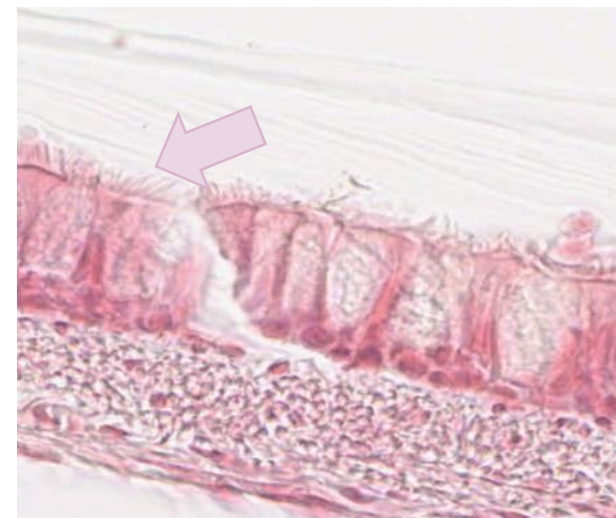
# Mehrrеihige Zylinderepithelien

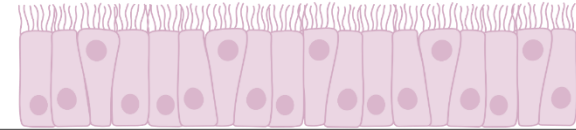


- Alle Epithelzellen sitzen der Basalmembran auf, aber nicht alle erreichen die Oberfläche
- Es entstehen **mehrere Zellkernreihen**
- Basale Zellen dienen dem Nachschub
- Oberflächendifferenzierungen: Kino- oder Stereozilien

## Beispiele

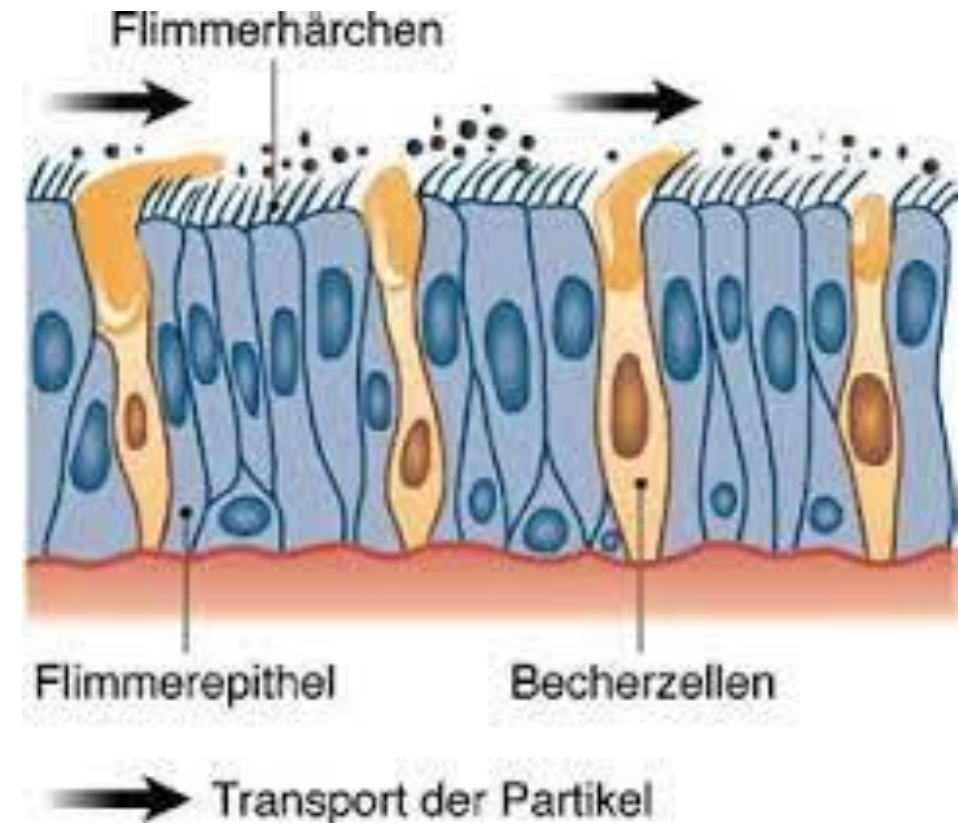
Atmungsapparat  
Nebenhoden





# Funktion der mehrreihigen Epithelien

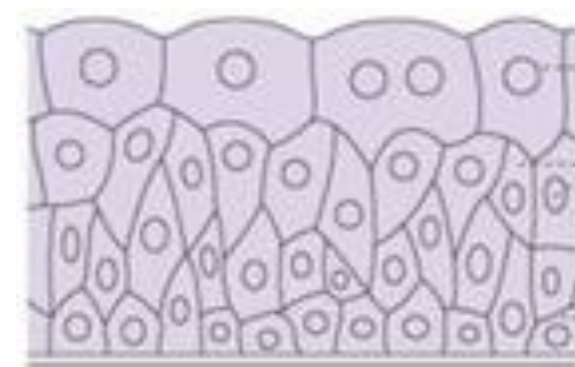
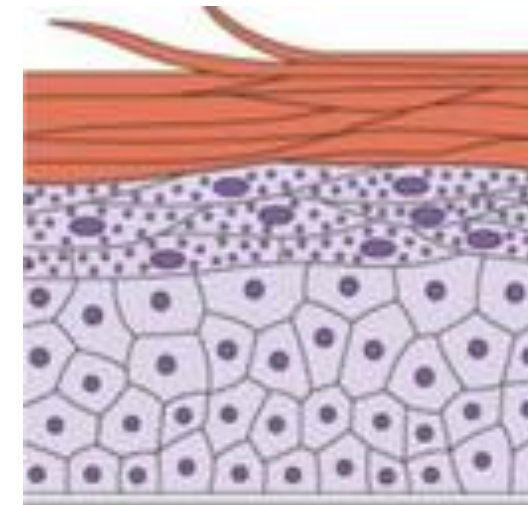
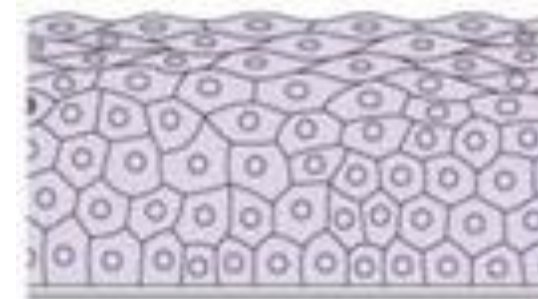
- Mehrreihige Epithelien sind **Transportepithelien**
- Durch die Ausstattung mit Kinozilien können Staub (Atemwege) oder Eizellen (Eileiter) aktiv transportiert werden
- Ausnahme: Stereozilien im Nebenhodengang sind per se unbeweglich und dienen eher der Oberflächenvergrößerung (große Mikrovilli)





# Mehrschichtige Epithelien

- Nur die basale Zellschicht sitzt der Basalmembran auf, die anderen haben keinen Kontakt
- Dichte Zellkontakte (Desmosomen!) und Keratinfilamente
- Einteilung in
  - **Mehrschichtig unverhornte Plattenepithelien**
  - **Mehrschichtig verhornte Plattenepithelien**
  - **Übergangsepithel**



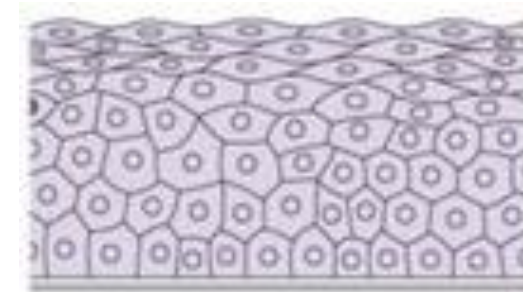


# Mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel

- Einteilung in Stratum (Str.) basale, intermedium und superficiale
- Nur Zellen des Str. basale haben Kontakt zur Basalmembran und damit direkten Zugang zu Nährstoffen => die anderen Zellen gehen langsam zu Grunde
- Zellen im Str. superficiale sind abgeplattet mit dunklem Zellkern (**Kernpyknose**)

## Beispiele

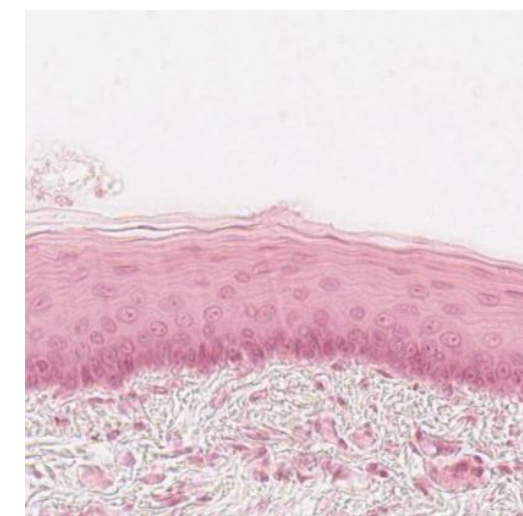
Speiseröhre, Mundhöhle, Anus...



Str. superficiale

Str. intermedium

Str. basale



Str. superficiale

Str. intermedium

Str. basale

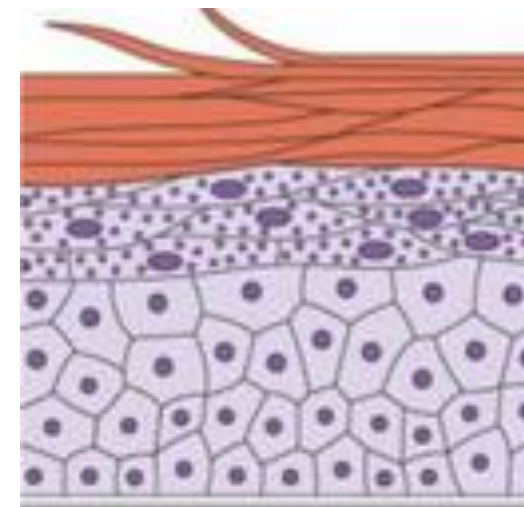


# Mehrschichtig verhorntes Plattenepithel

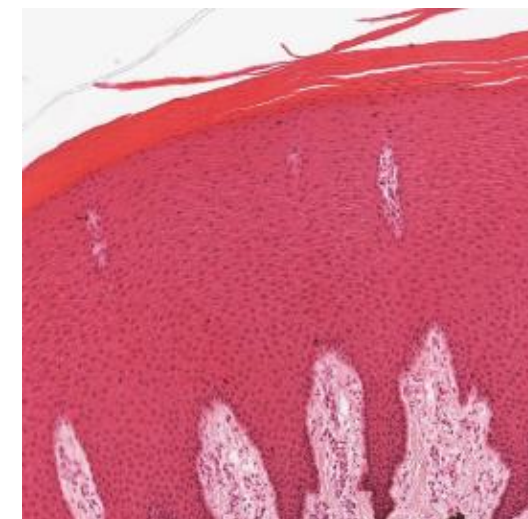
- Einteilung in Stratum (Str.) basale, spinosum, granulosum, lucidum und corneum
- Hornbildung in den oberen Zellschichten führt zum Absterben => **keine Zellkerne im Str. corneum!**
- Str. granulosum und lucidum nicht in der HE-Färbung sichtbar

## Beispiele

Äußere Haut, Flotzmaul, Rüsselscheibe...



Str. corneum  
Str. lucidum  
Str. granulosum  
Str. spinosum  
Str. basale

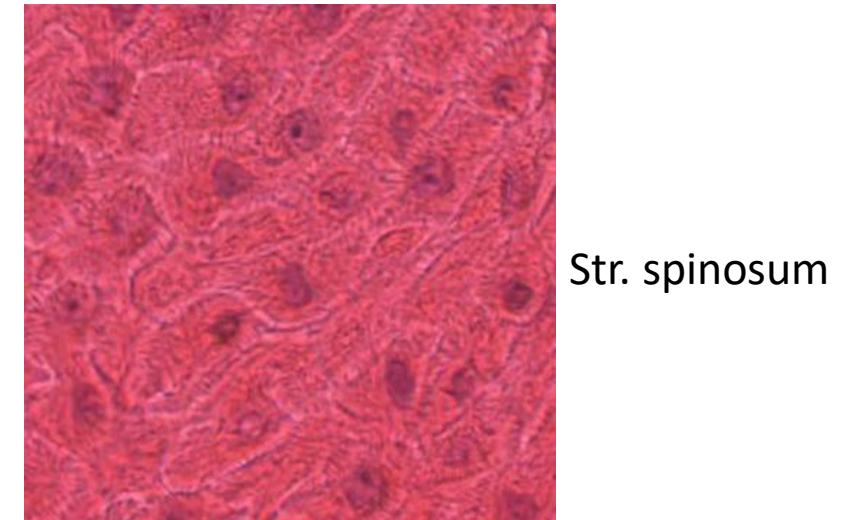
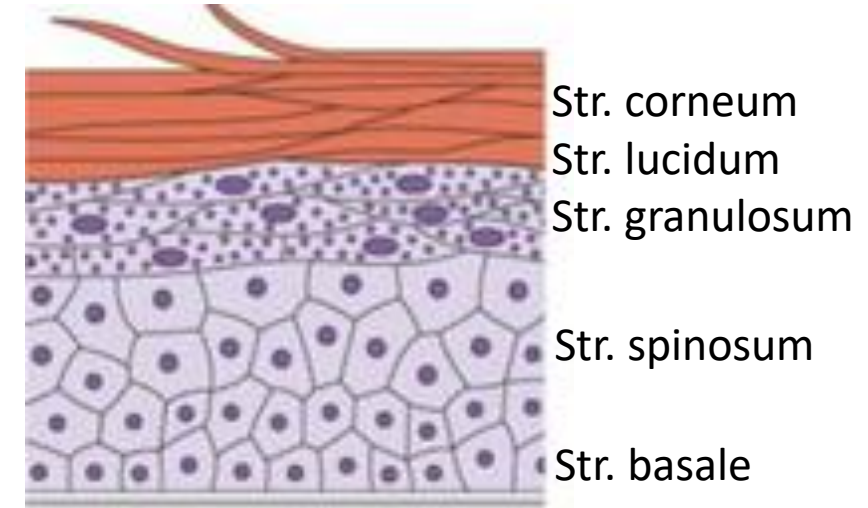


Str. corneum  
Str. lucidum  
Str. granulosum  
Str. spinosum  
Str. basale



# Mehrschichtig verhorntes Plattenepithel

- Einteilung in Stratum (Str.) basale, spinosum, granulosum, lucidum und corneum
- Hornbildung in den oberen Zellschichten führt zum Absterben => **keine Zellkerne im Str. corneum!**
- Str. granulosum und lucidum nicht in der HE-Färbung sichtbar



## Beispiele

Äußere Haut, Flotzmaul, Rüsselscheibe...

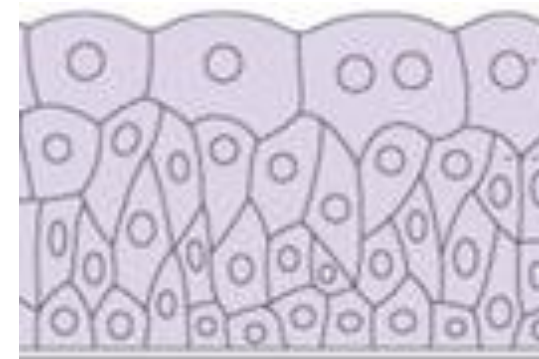


# Übergangsepithel (Urothel)

- Mehrere Lagen Intermediärzellen ermöglichen eine große **Dehnungsfähigkeit**
- Die Deckzellen weisen eine starke Permeabilitätsbarriere (Tight junctions!) und besondere Membranproteine auf
- Uroplakine können bei Bedarf in die apikale Membran eingebaut werden und schützen vor dem hypertonen Harn (**Crusta**)

## Beispiele

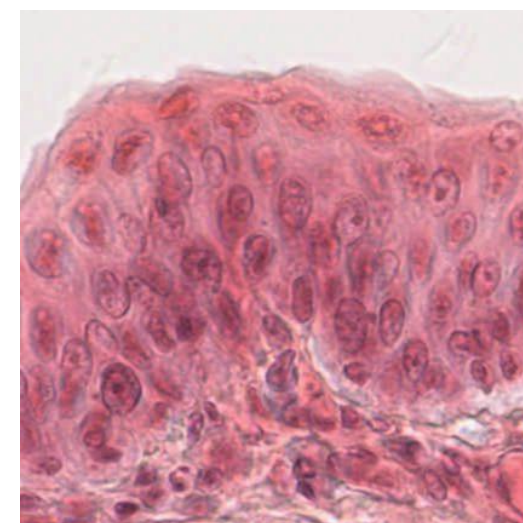
Harnableitende Wege



Deckzellen

Intermediärzellen

Basalzellen



Deckzellen

Intermediärzellen

Basalzellen

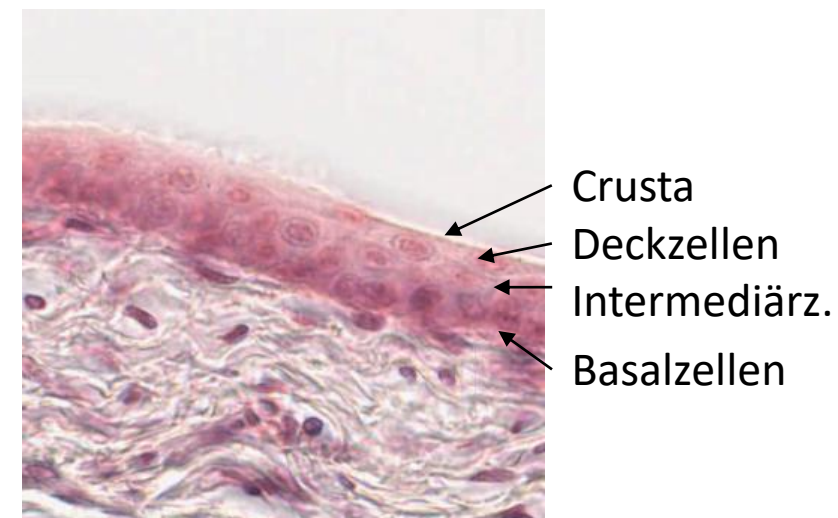
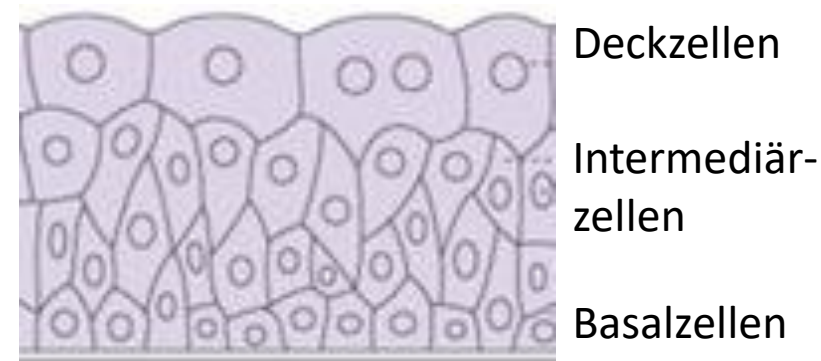


# Übergangsepithel (Urothel)

- Mehrere Lagen Intermediärzellen ermöglichen eine große **Dehnungsfähigkeit**
- Die Deckzellen weisen eine starke Permeabilitätsbarriere (Tight junctions!) und besondere Membranproteine auf
- Uroplakine können bei Bedarf in die apikale Membran eingebaut werden und schützen vor dem hypertonen Harn (**Crusta**)

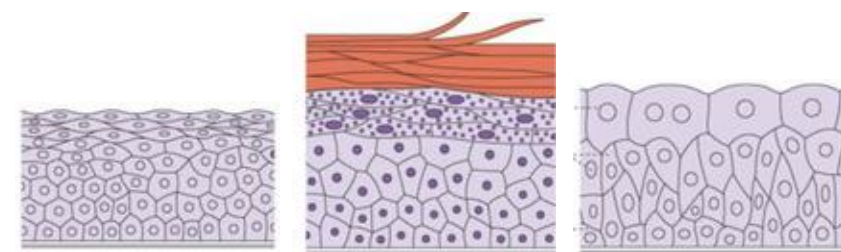
## Beispiele

Harnableitende Wege





# Funktion der mehrschichtigen Epithelien



- Mehrschichtige Epithelien sind **Schutz-epithelien**
- Nur die oberste Zellschicht hat Kontakt zur Körperoberfläche, Modifikationen (Hornschicht, Abschuppung, Crusta) schützen vor mechanischen, biologischen und chemischen „Gefahren“
- Auf der Zunge erfüllt die Verhornung auch z.T. andere Funktionen





# Drüsenepithelien – Definition

**Drüsenepithelien entstehen aus dem Oberflächenepithelien und sind zu einer Sekretion fähig**

- Je nachdem, ob die Drüsenepithelzellen Kontakt zur Oberfläche behalten oder nicht unterscheidet man endokrine und exokrine Drüsen
- Diese werden nach Aussehen, Sekretqualität und -abgabe in verschiedene Drüsenformen eingeteilt

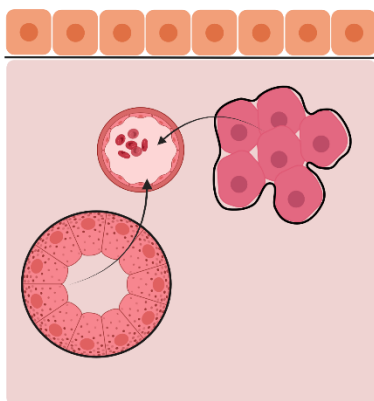


# Drüsenepithelien – Entstehung

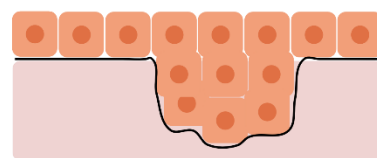
Zellspross kann (!) kanalisieren,  
verliert aber immer Kontakt zur  
Oberfläche

## Endokrine Drüse

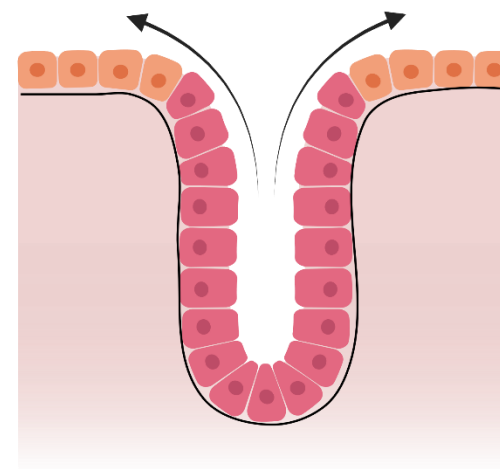
Abgabe des Inkrets  
(Hormon!) an das  
Blutgefäßsystem



Bildung von Zellsprossen



Zellspross kanalisiert und behält  
immer Kontakt zur Oberfläche

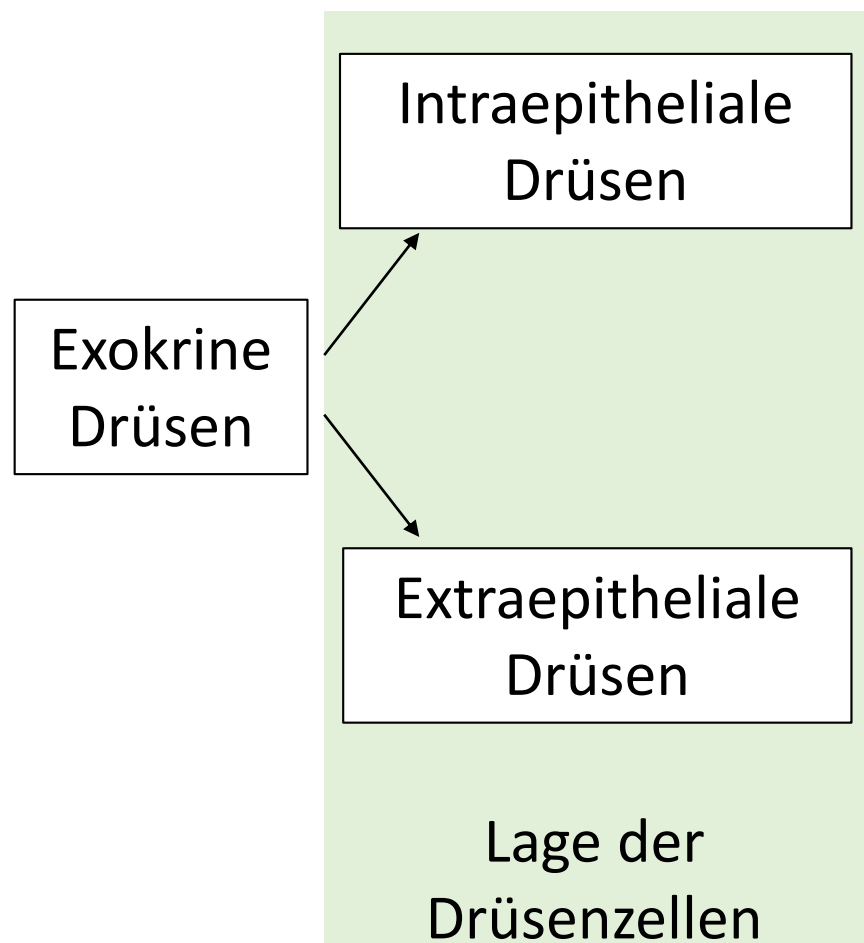
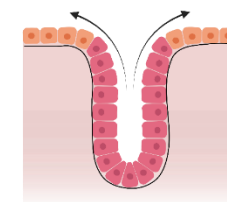


## Exokrine Drüse

Abgabe des  
Sekrets über einen  
Ausführungsgang

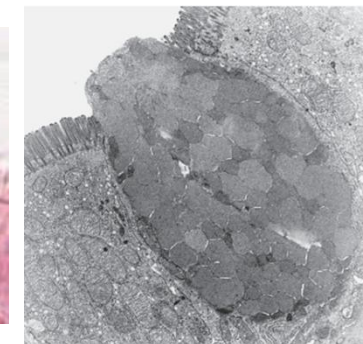
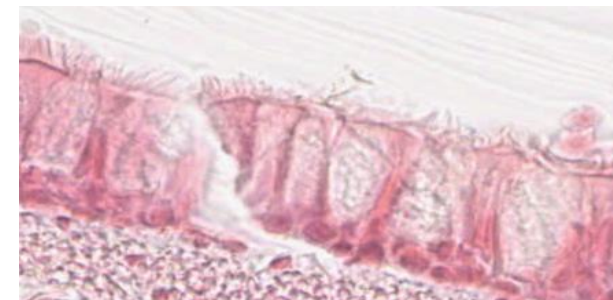


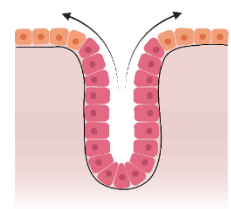
# Exokrine Drüsen – Einteilung



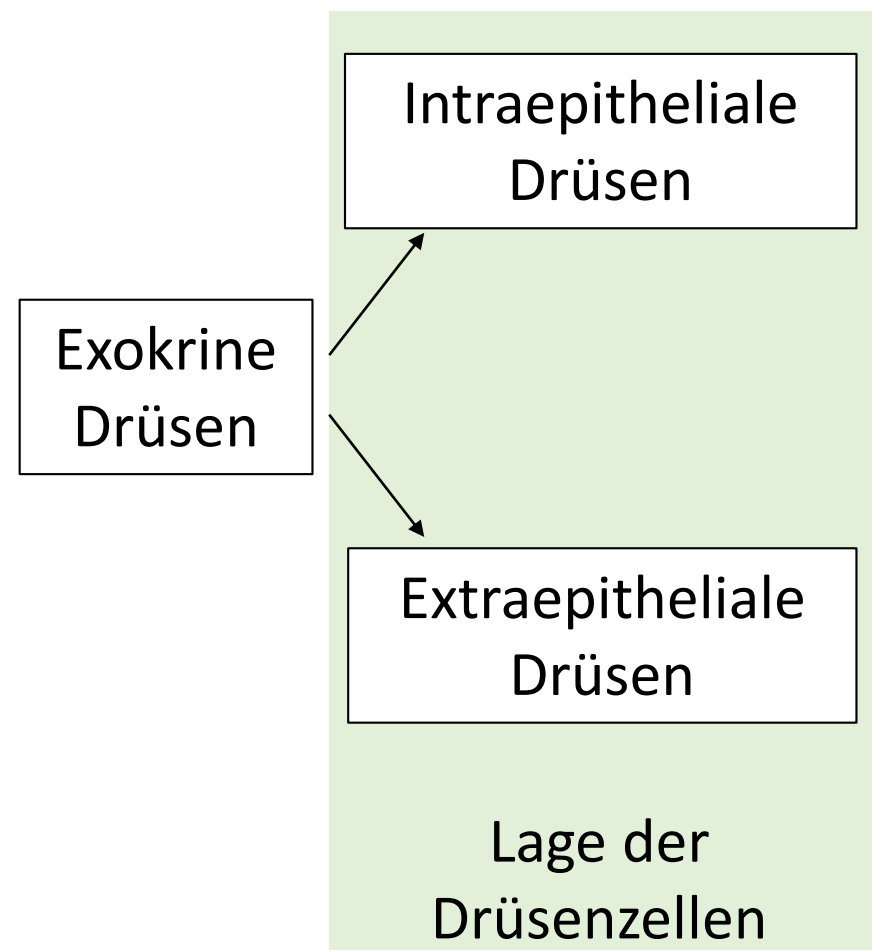
Intraepitheliale Drüsen liegen **innerhalb** des Oberflächenepithels:

**Becherzelle**



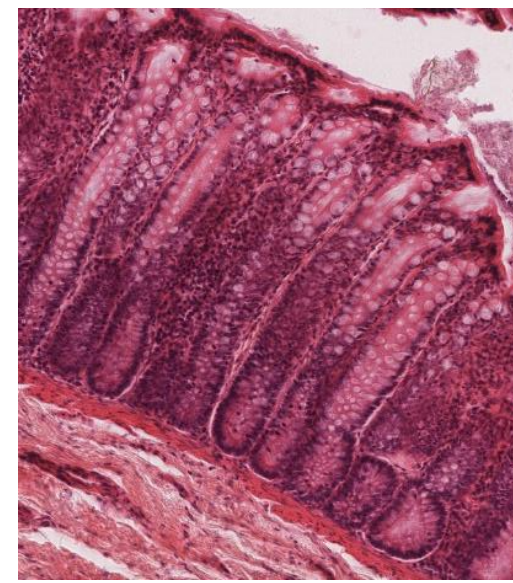


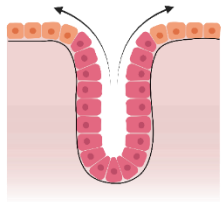
# Exokrine Drüsen – Einteilung



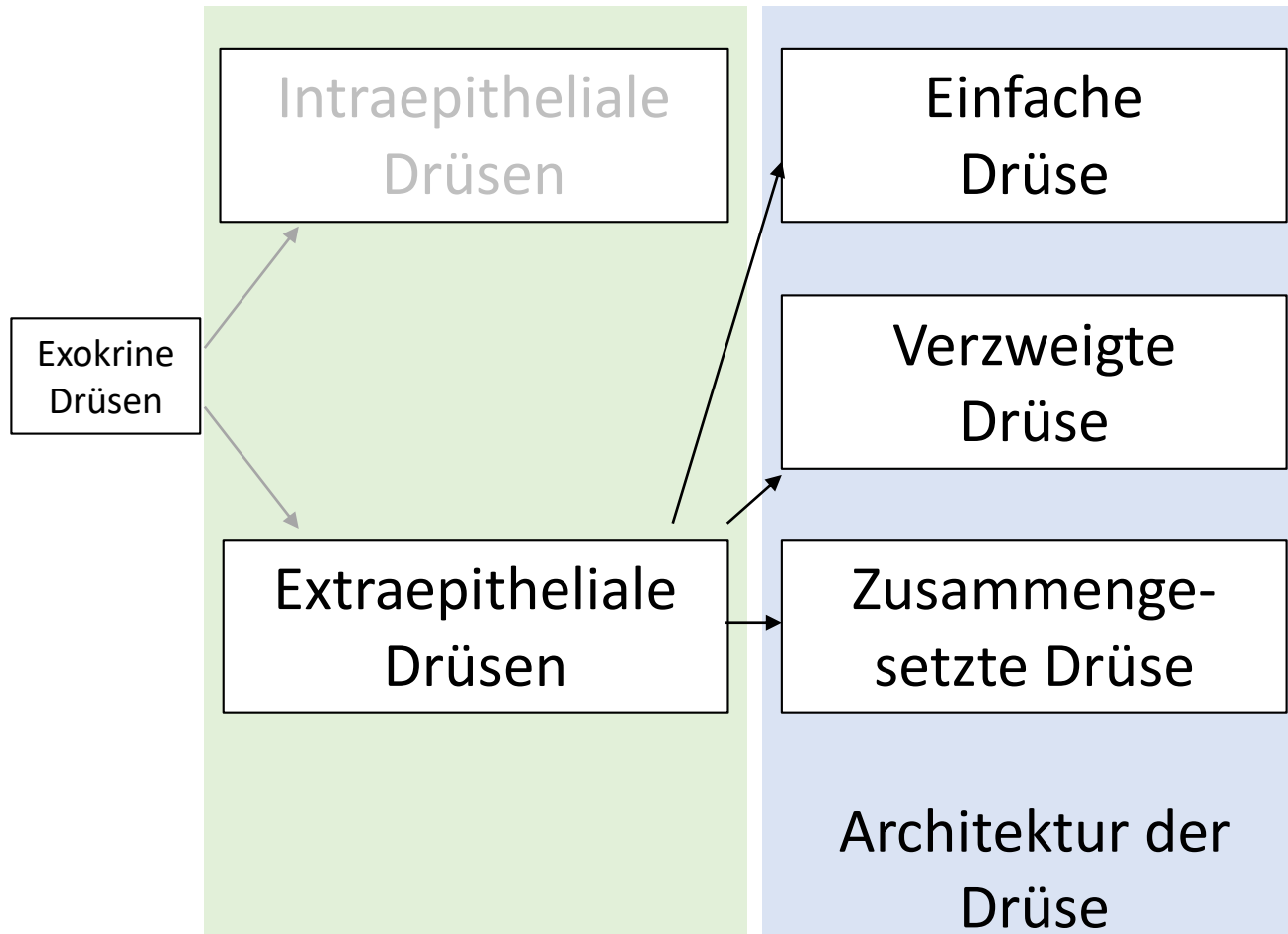
Extraepitheliale Drüsen liegen **unterhalb** des Oberflächenepithels **im Bindegewebe:**

**Alle anderen Drüsen**



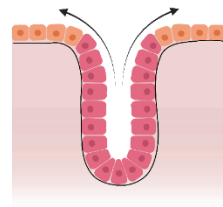


# Exokrine Drüsen – Einteilung

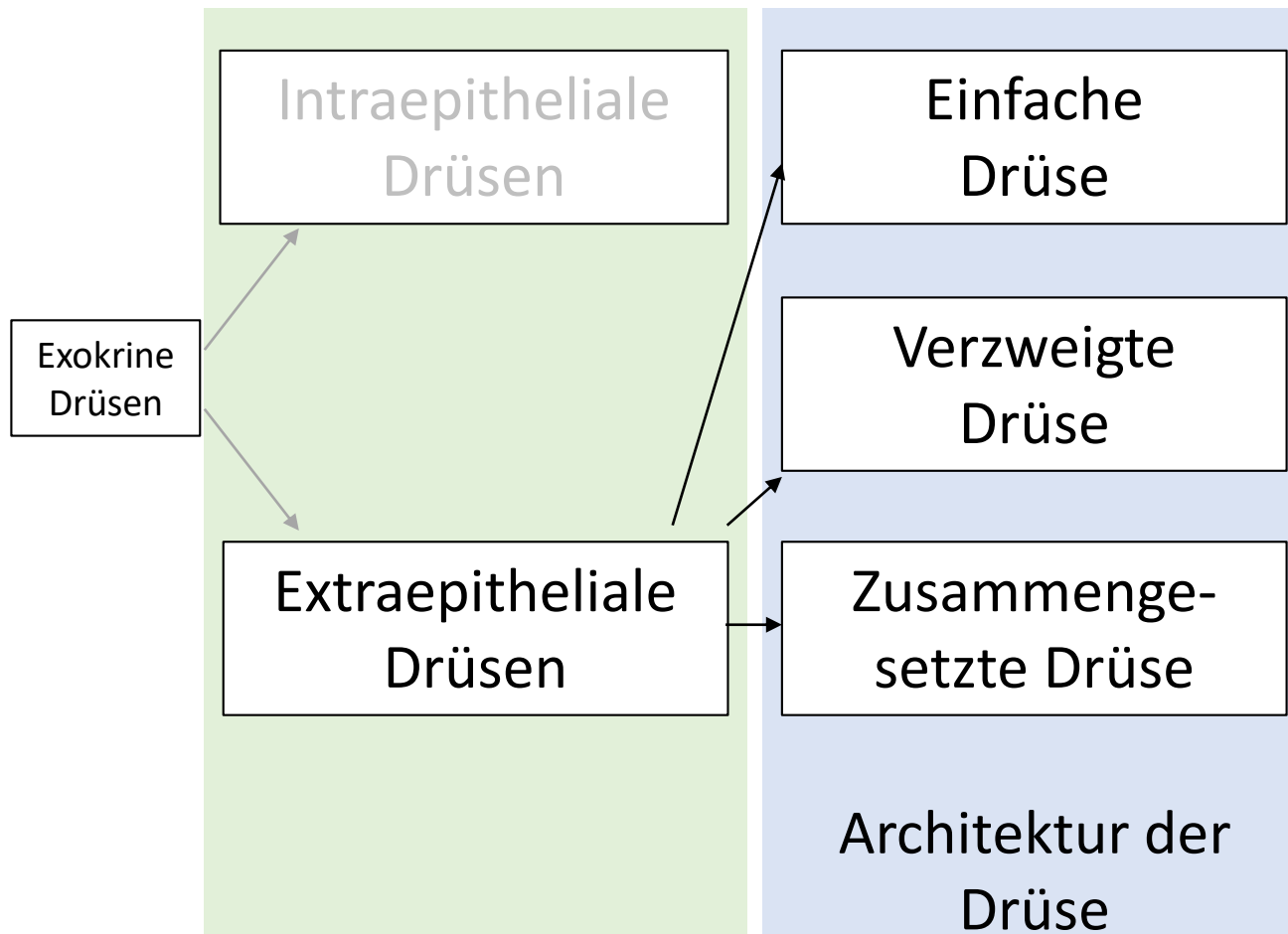


Einfache Drüsen haben **einen Ausführungsgang** und **ein Drüsenendstück**  
z.B. Schweißdrüsen



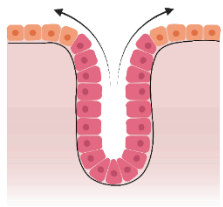


# Exokrine Drüsen – Einteilung

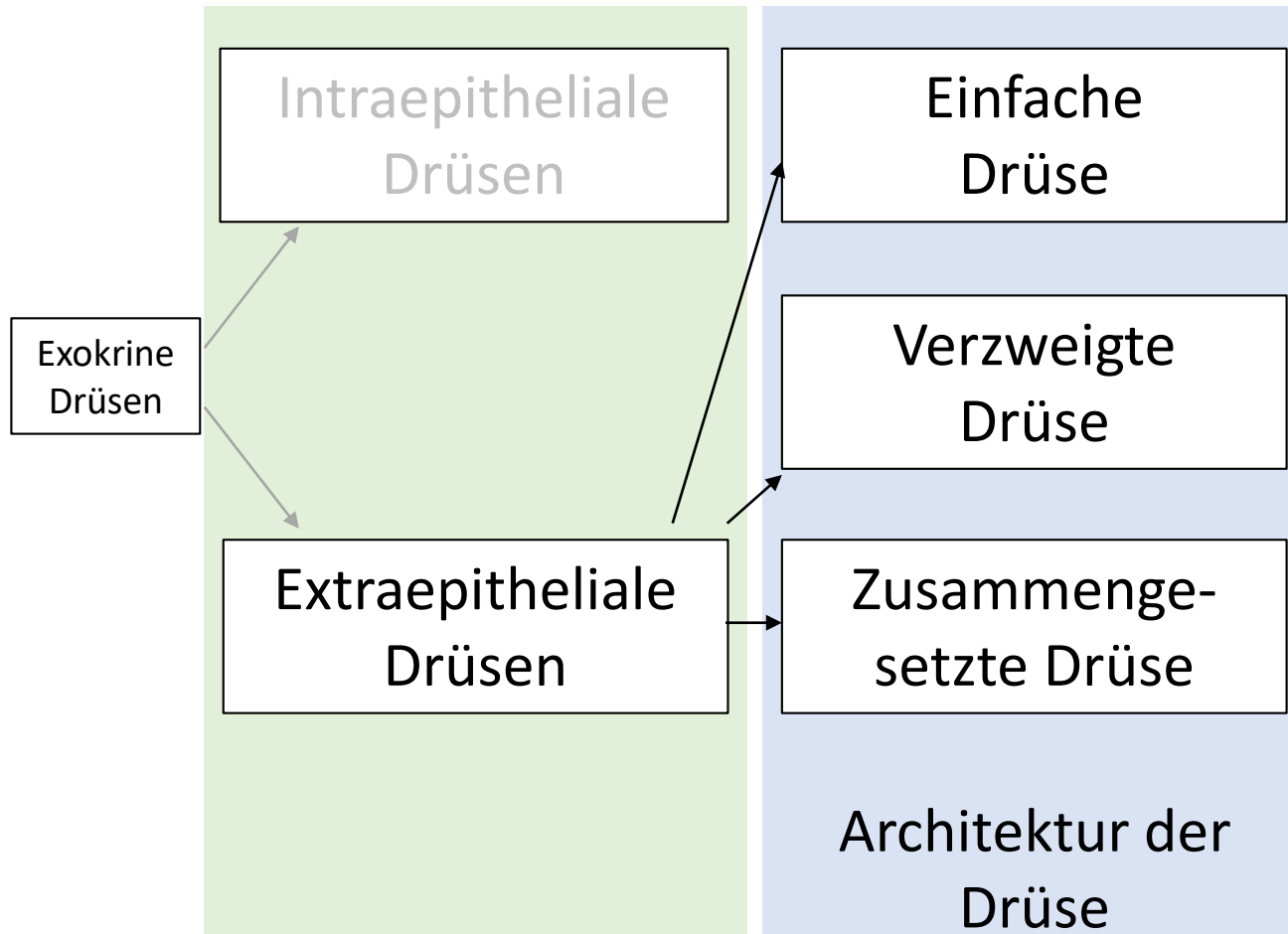


Verzweigte Drüsen haben **einen Ausführungsgang** und **mehrere Drüsenendstücke**  
**z.B. Magendrüsen**





# Exokrine Drüsen – Einteilung



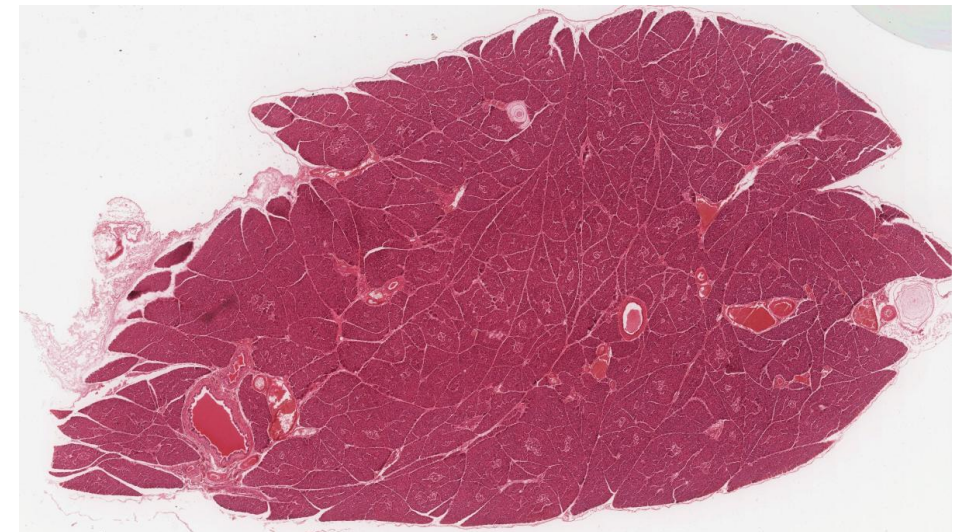
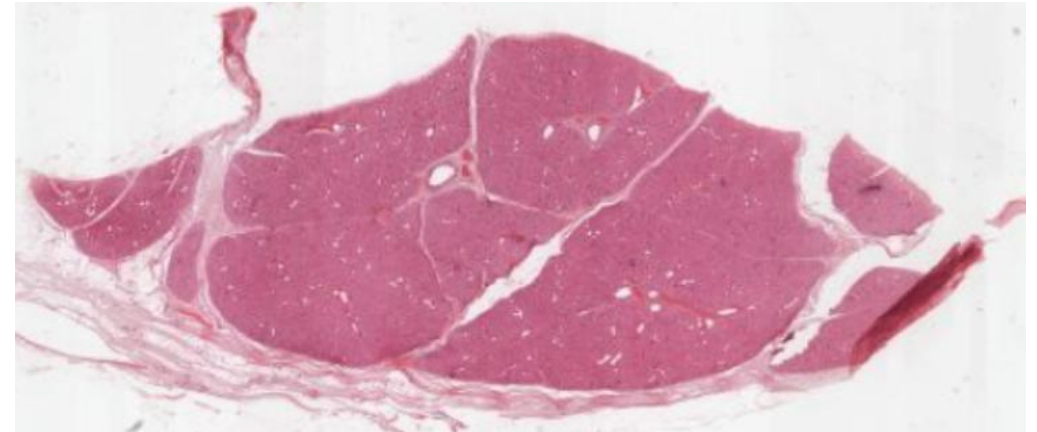
Zusammengesetzte Drüsen haben ein **Ausführungssystem** und mehrere **Drüsenendstücke**  
z.B. **Speicheldrüsen**





# Zusammengesetzte Drüsen

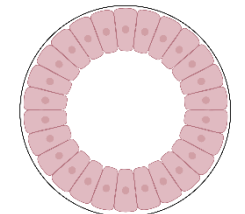
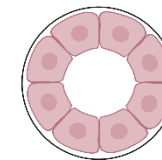
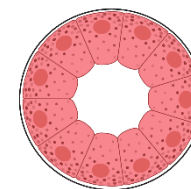
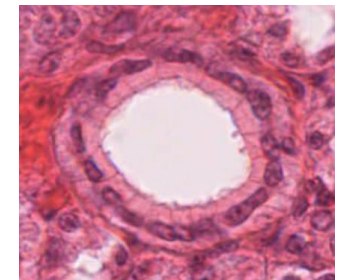
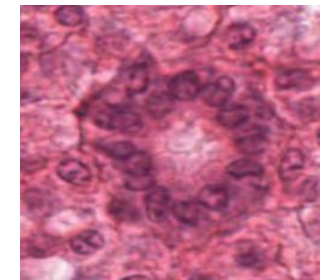
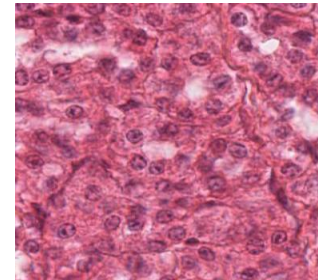
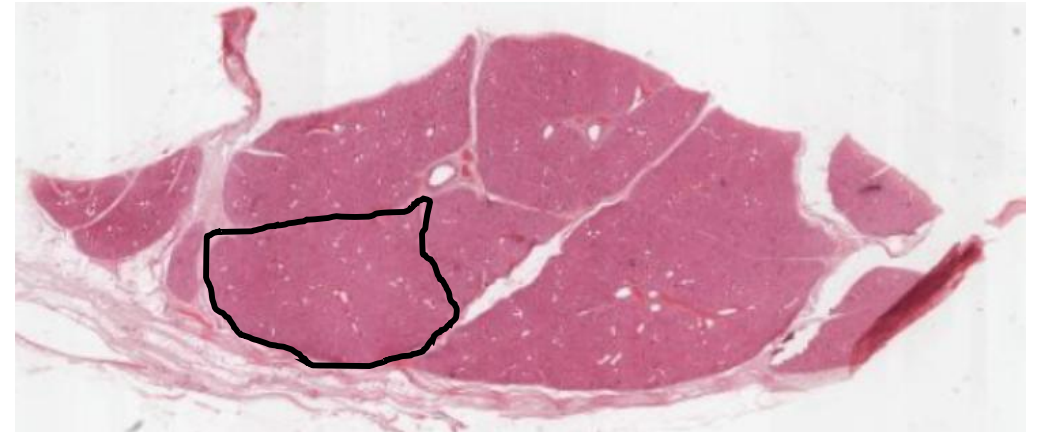
- Weisen immer eine **Lobulierung** auf, Läppchen werden durch bindegewebige **Septen** unterteilt





# Zusammengesetzte Drüsen

- Weisen immer eine **Lobulierung** auf, Läppchen werden durch bindegewebige **Septen** unterteilt
- Intralobuläre Anteile
  - Drüsenendstücke (Acini)
  - Schaltstücke (Ductus intercalatus)
  - Streifenstücke (Ductus striatus)





# Zusammengesetzte Drüsen

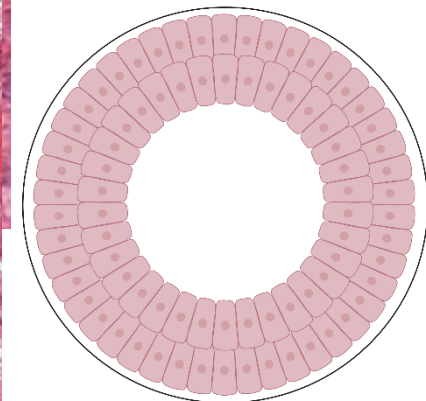
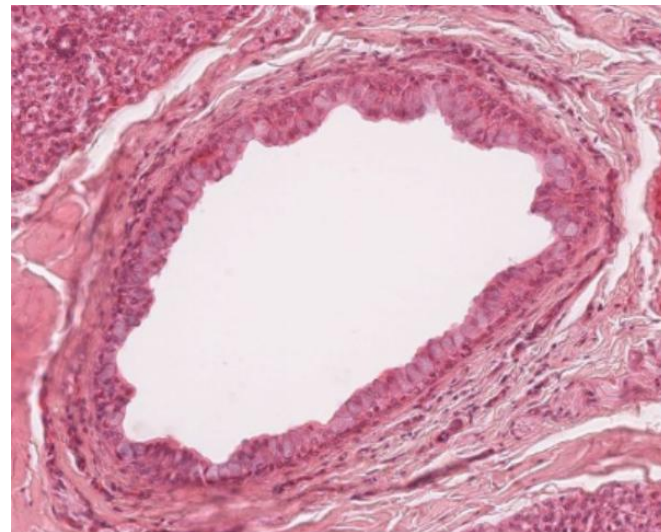


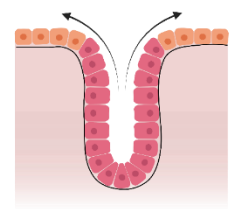
- Weisen immer eine **Lobulierung** auf, Läppchen werden durch bindegewebige **Septen** unterteilt



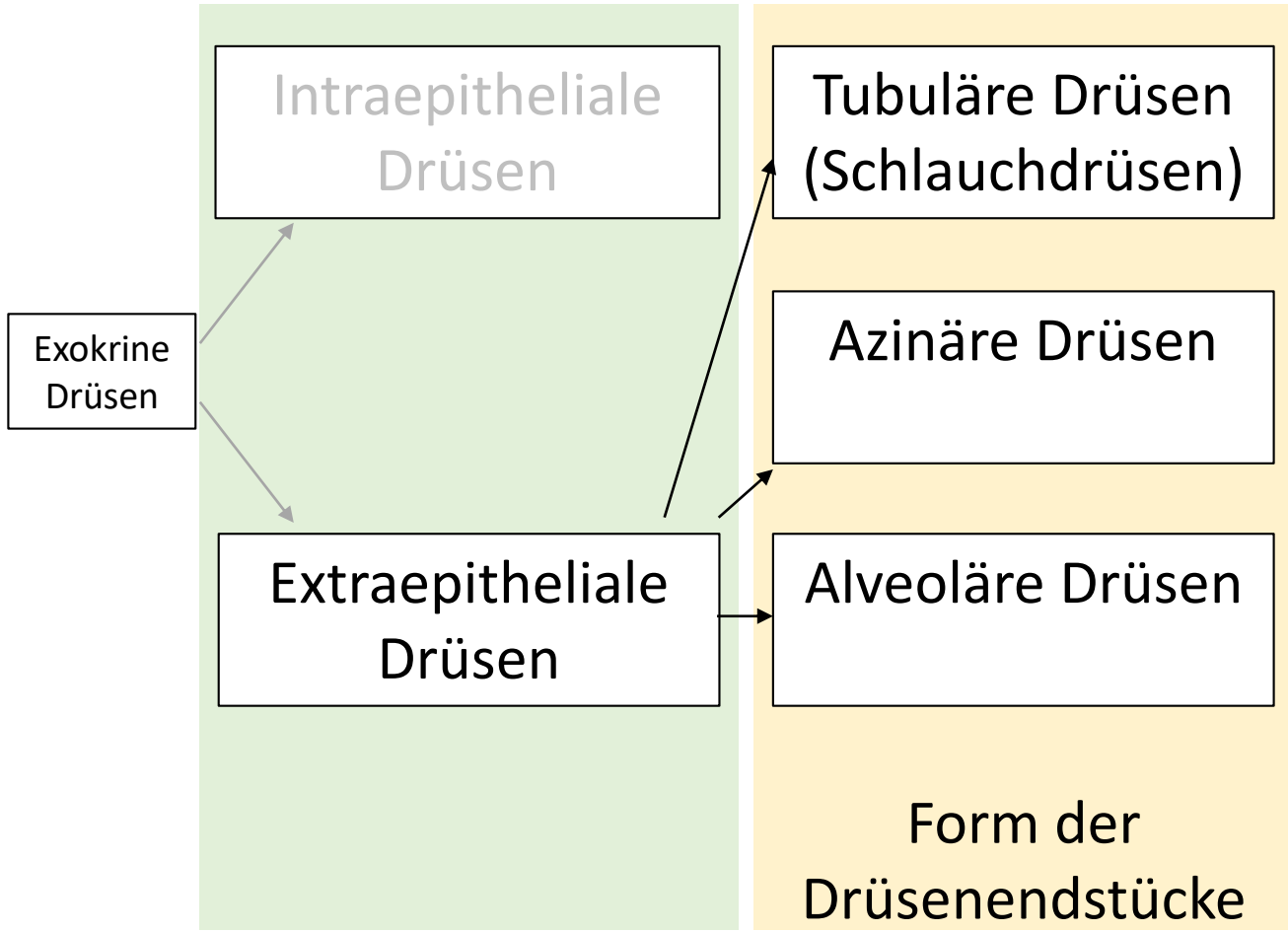
- Intralobuläre Anteile  
Drüsenendstücke (Acini)  
Schaltstücke (Ductus intercalatus)  
Streifenstücke (Ductus striatus)

- Interlobuläre Anteile  
Ausführungsgang

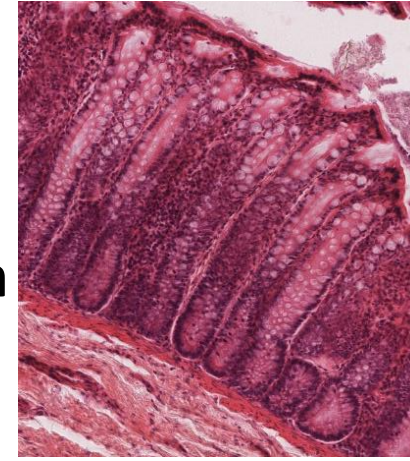


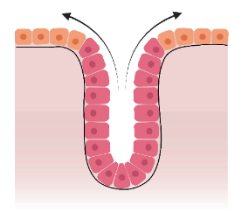


# Exokrine Drüsen – Einteilung

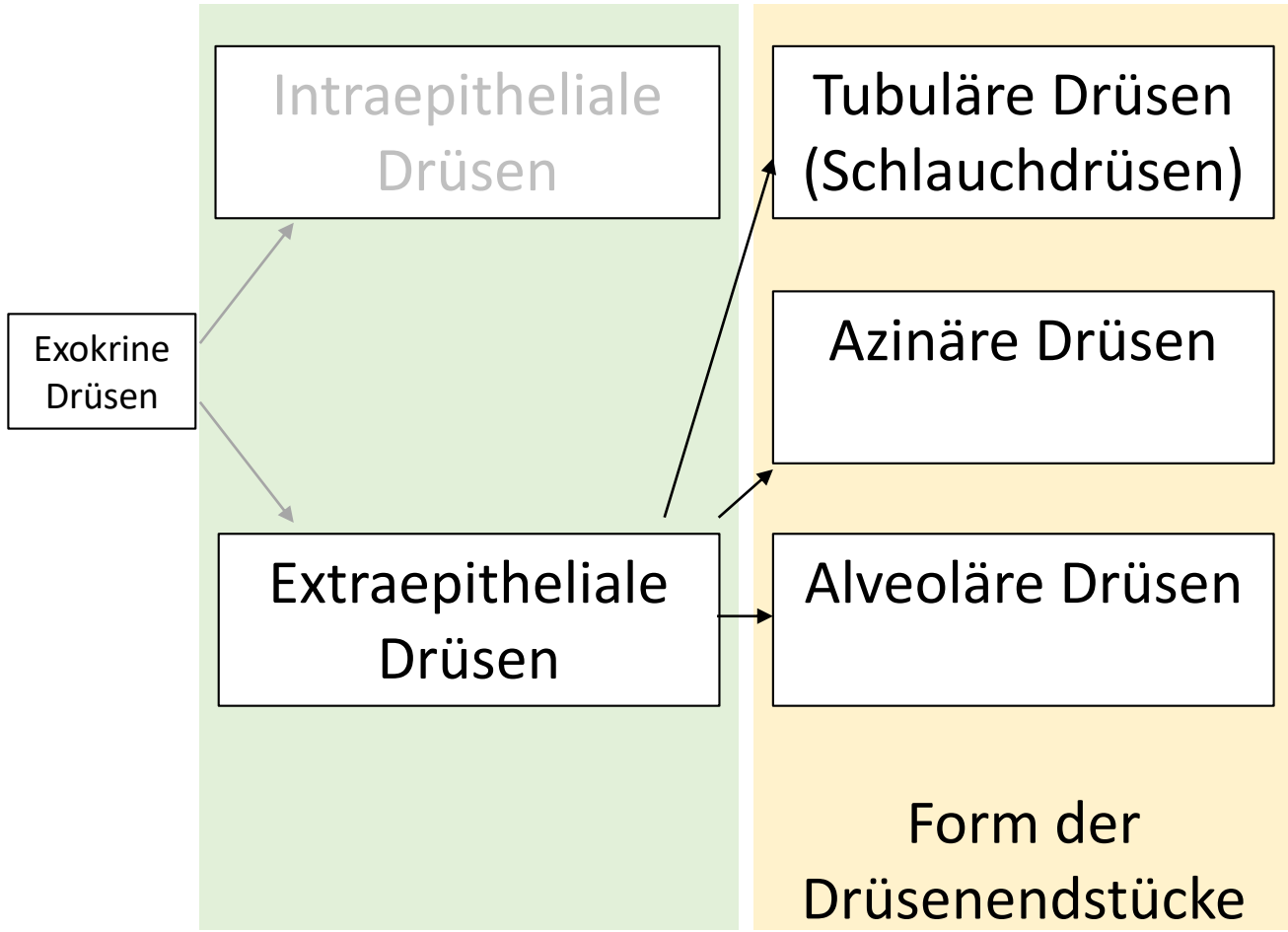


Schlauchförmige Drüsenendstücke, können auch geknäuelnt sein:  
**z.B. Magen-, Darmdrüsen**

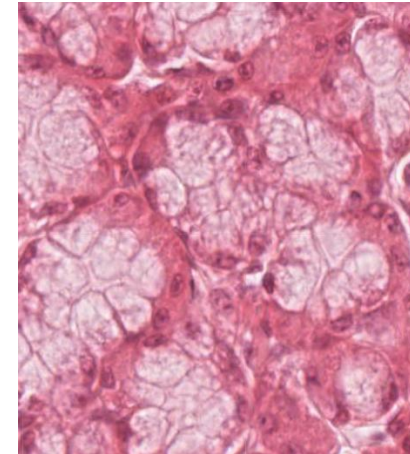


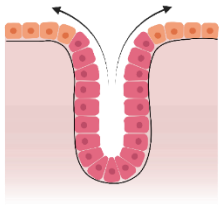


# Exokrine Drüsen – Einteilung

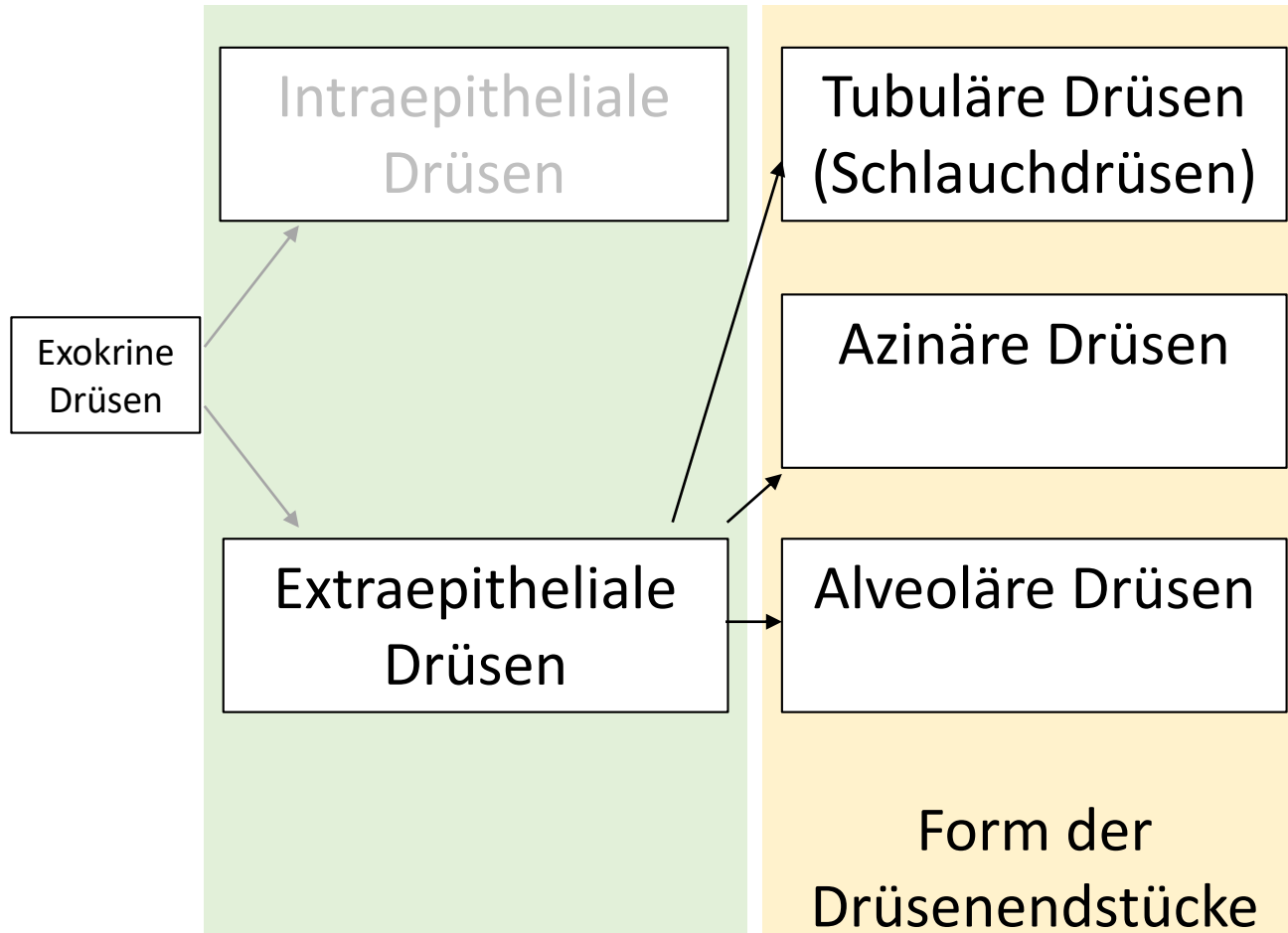


Beerenförmige Drüsenendstücke  
**z.B. Speicheldrüsen**

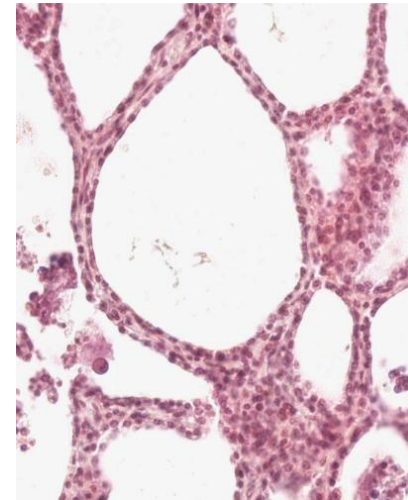




# Exokrine Drüsen – Einteilung

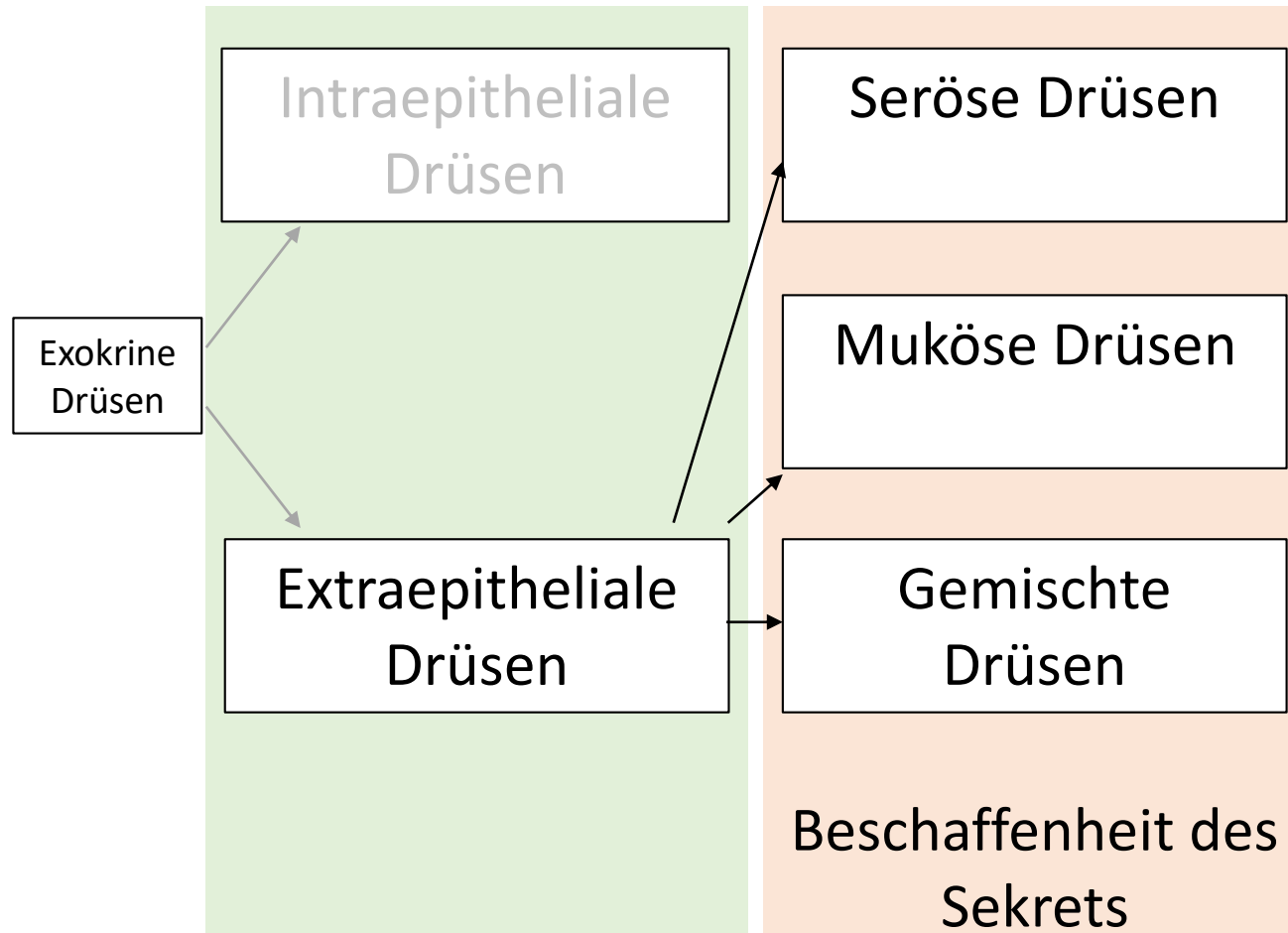
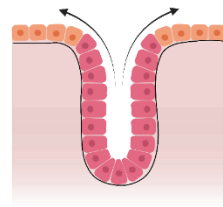


Säckchenförmige Drüsenendstücke  
**z.B. Milchdrüse**



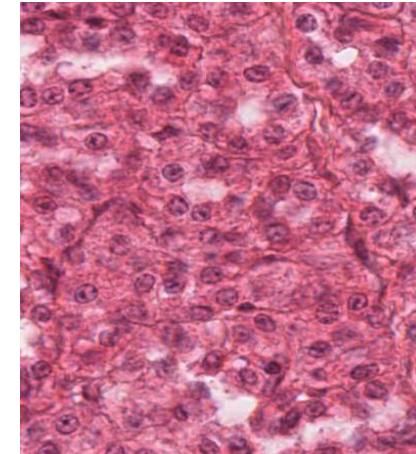


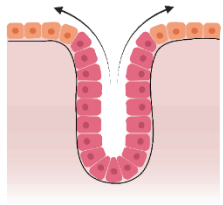
# Exokrine Drüsen – Einteilung



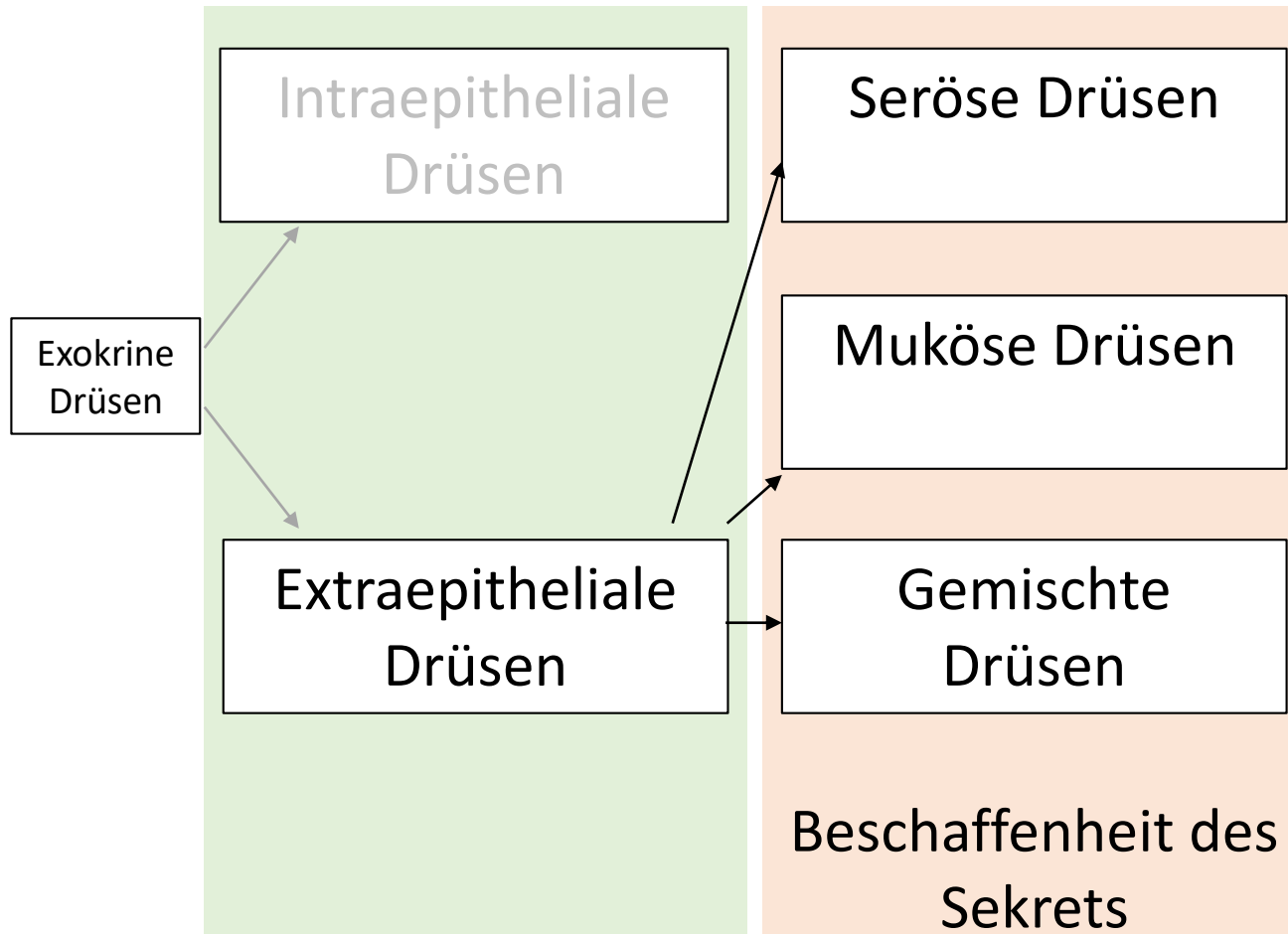
Wässriges, proteinreiches Sekret

**z.B. Ohrspeicheldrüse**

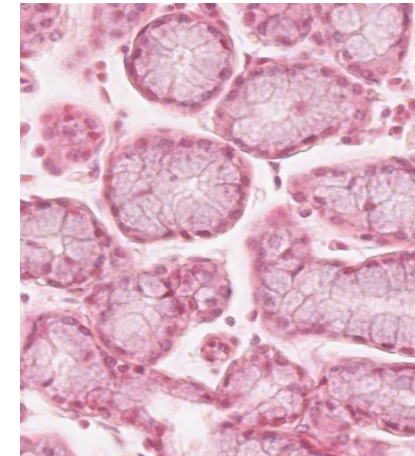


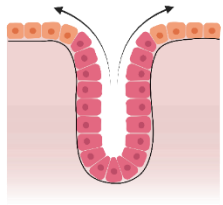


# Exokrine Drüsen – Einteilung

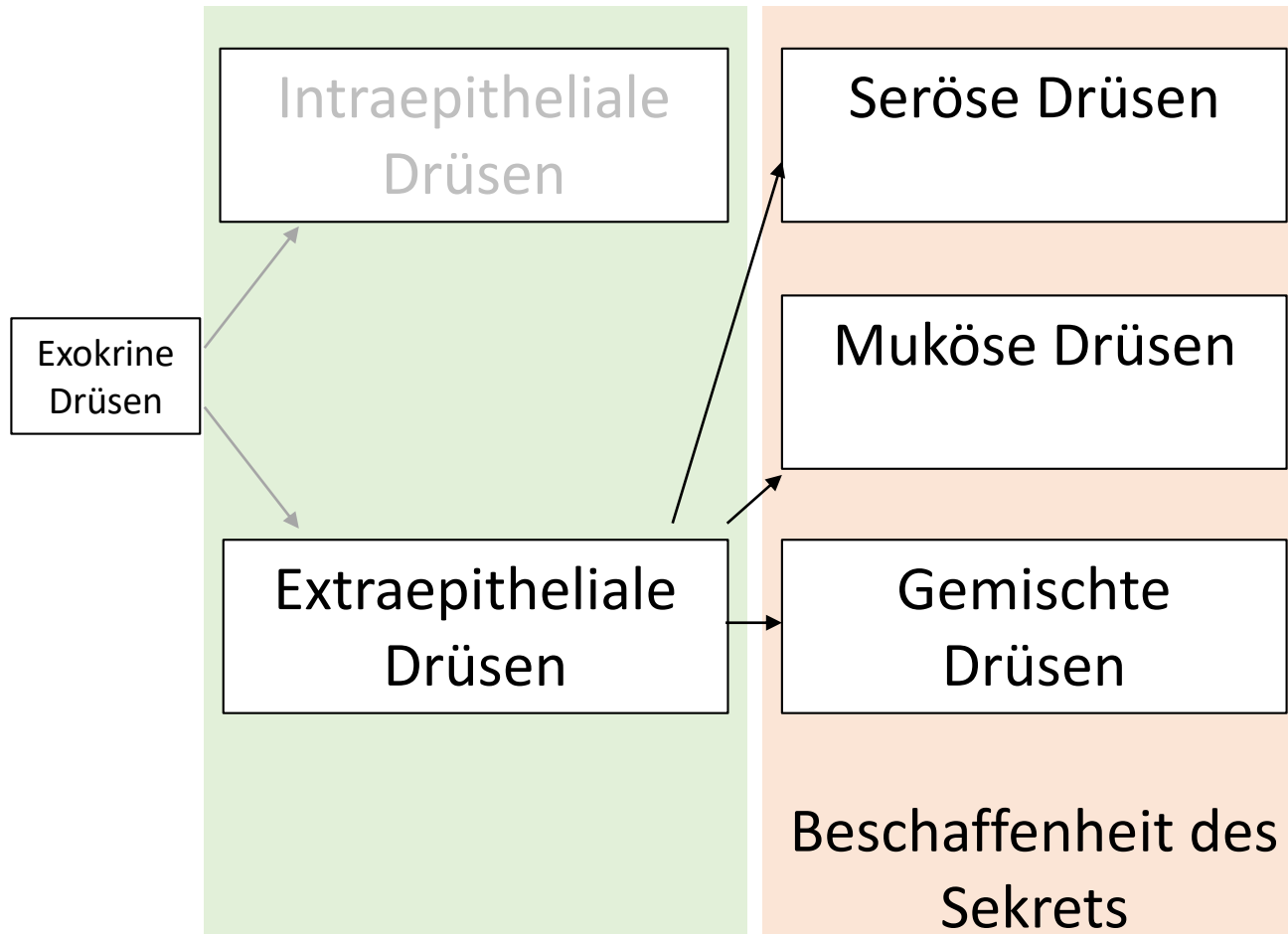


Zähflüssiges, mizinreiches  
(schleimiges) Sekret  
**z.B. Magendrüsen**

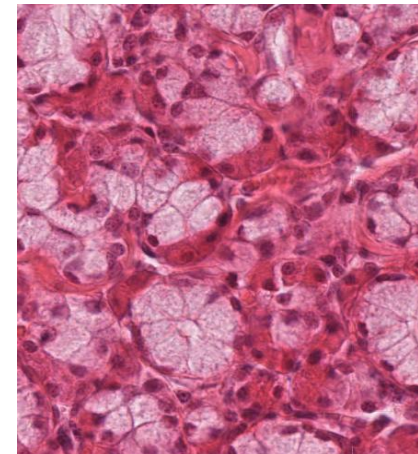




# Exokrine Drüsen – Einteilung



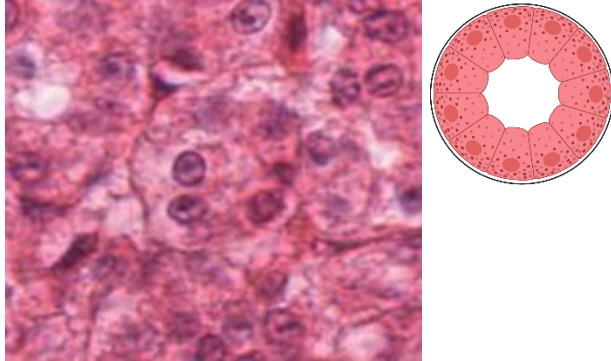
Gemischtes Sekret, muköse und seröse Anteile  
**z.B. Unterzungendrüse**





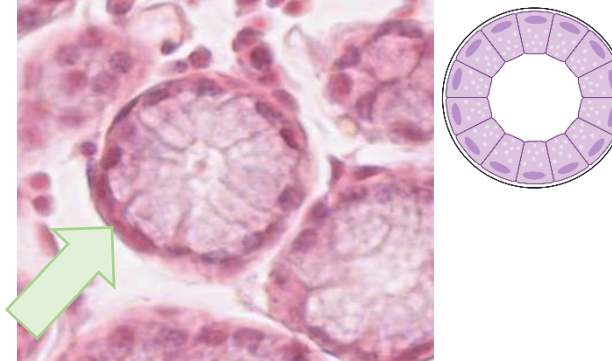
# Serös – mukös – gemischt

## Seröses Endstück



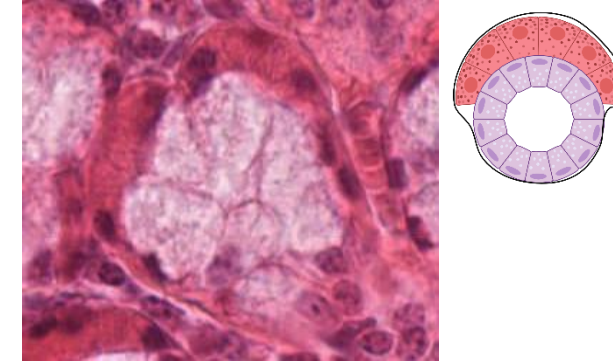
Zellkerne: rund, zentral  
Zytoplasma: eosinophil  
Zellgrenzen: schlecht sichtbar  
Lumen: klein

## Muköses Endstück

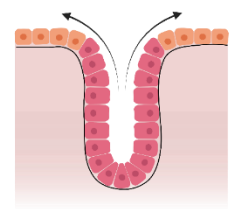


Zellkerne: platt, am Rand  
Zytoplasma: basophil  
Zellgrenzen: ganz gut sichtbar  
Lumen: groß  
Besonderheit: Myoepithelzellen

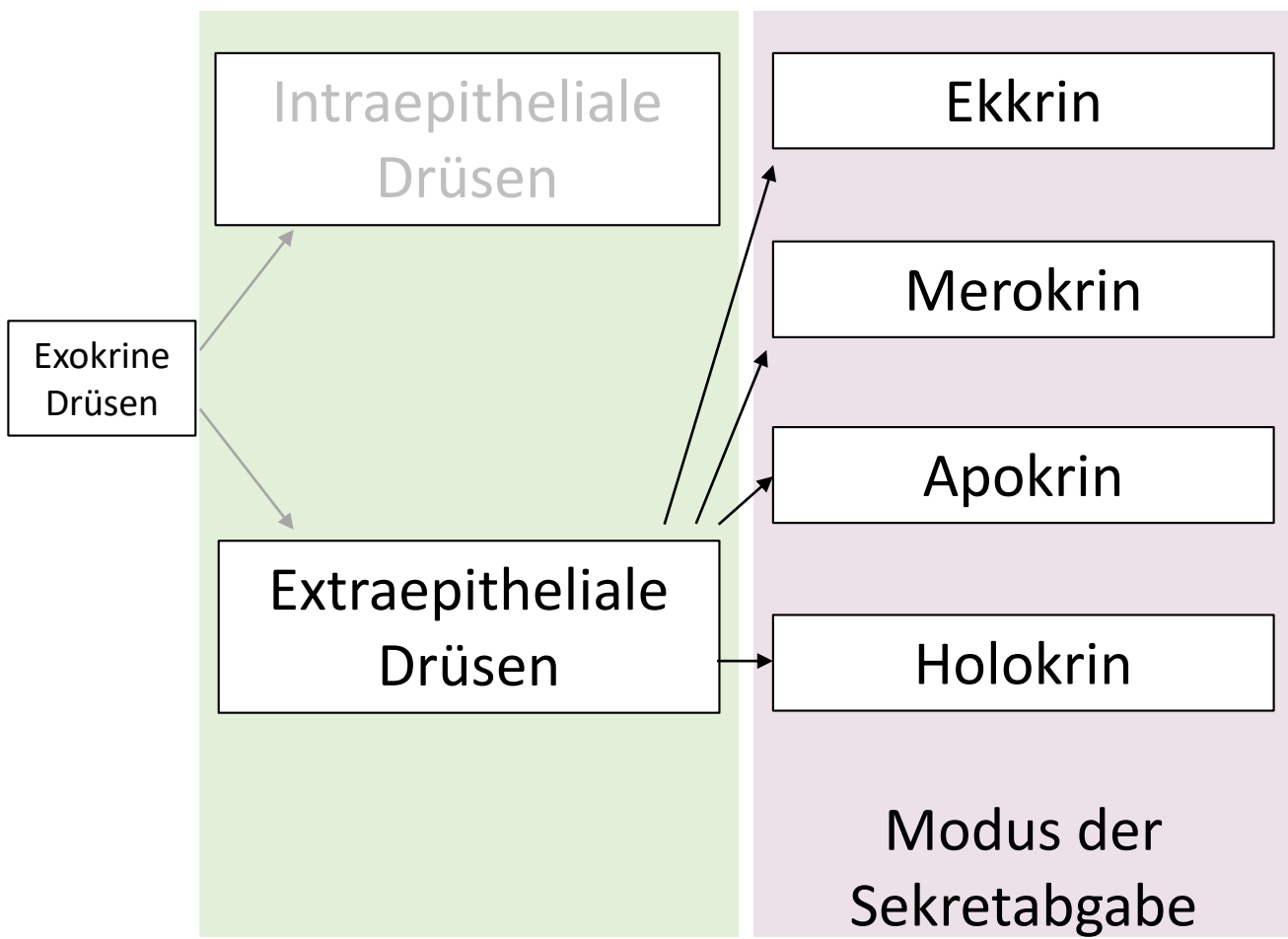
## Gemischtes Endstück



Muköser Anteil mit serösen Drüsenzellen als **Gianuzzi-** oder **von Ebner-Halbmonden**



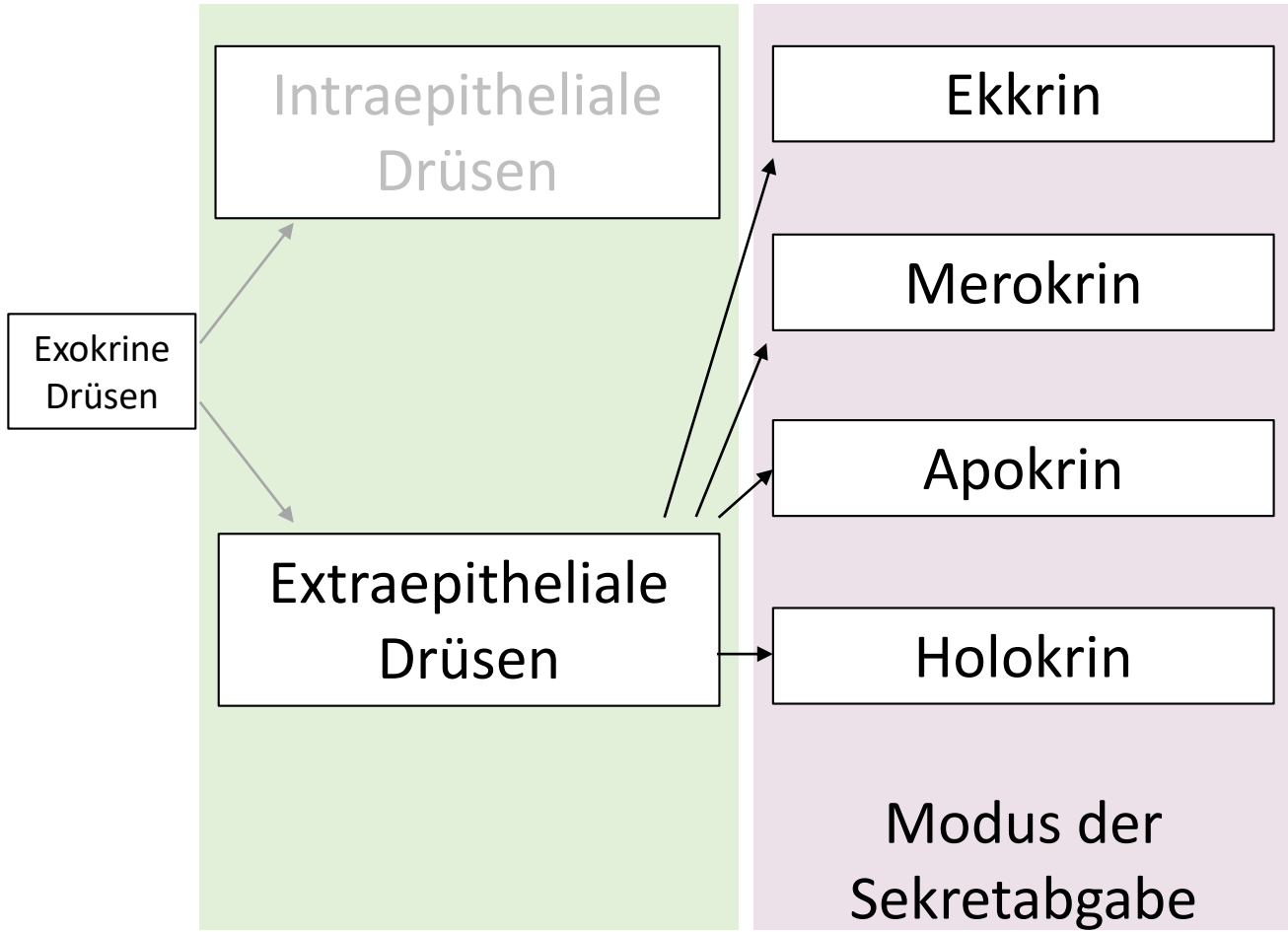
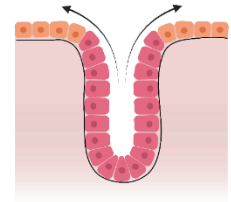
# Exokrine Drüsen – Einteilung



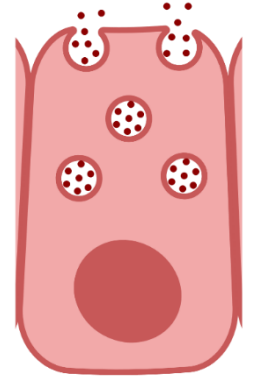
Passive Abgabe von Ionen und Wasser  
**z.B. Schweißdrüsen**

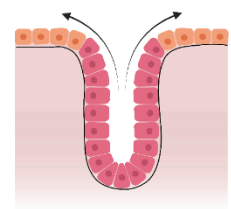


# Exokrine Drüsen – Einteilung

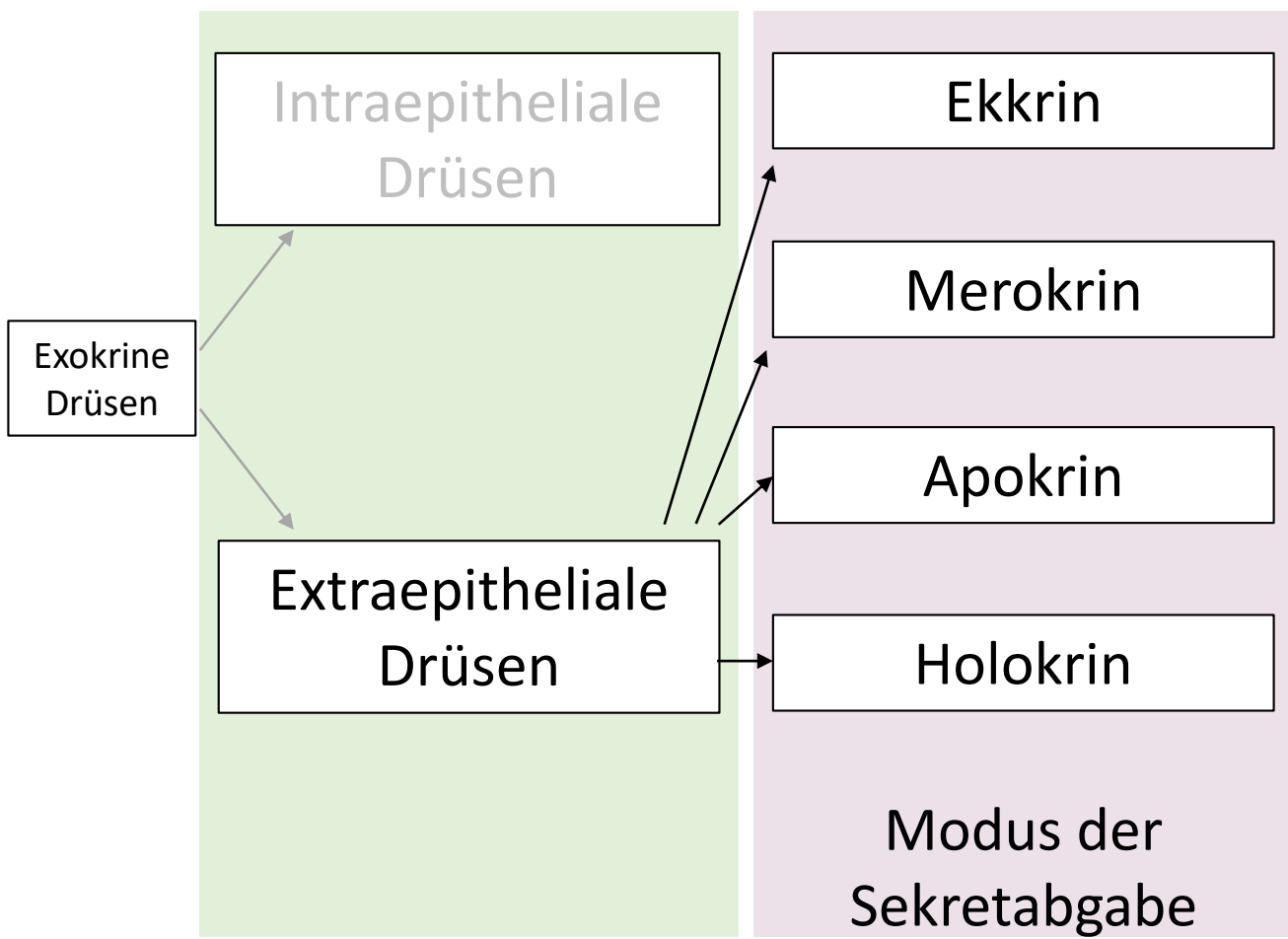


Abgabe von wässrigen Sekreten über Exozytose  
**Häufigste Abgabeform!**



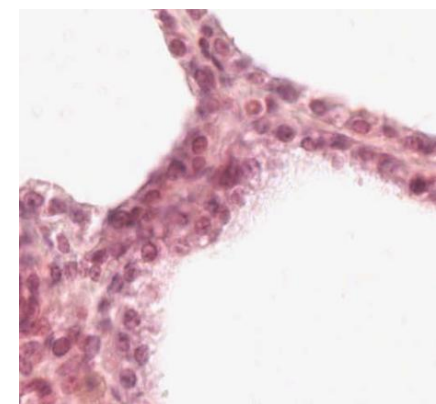
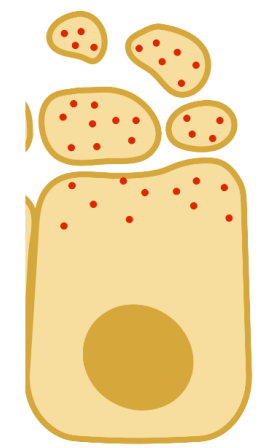


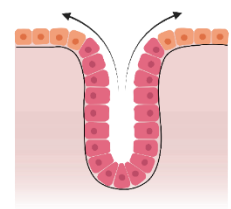
# Exokrine Drüsen – Einteilung



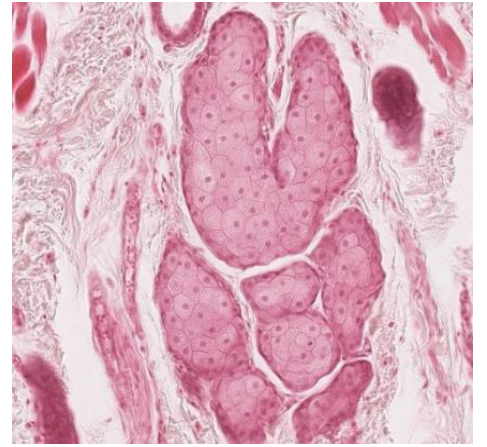
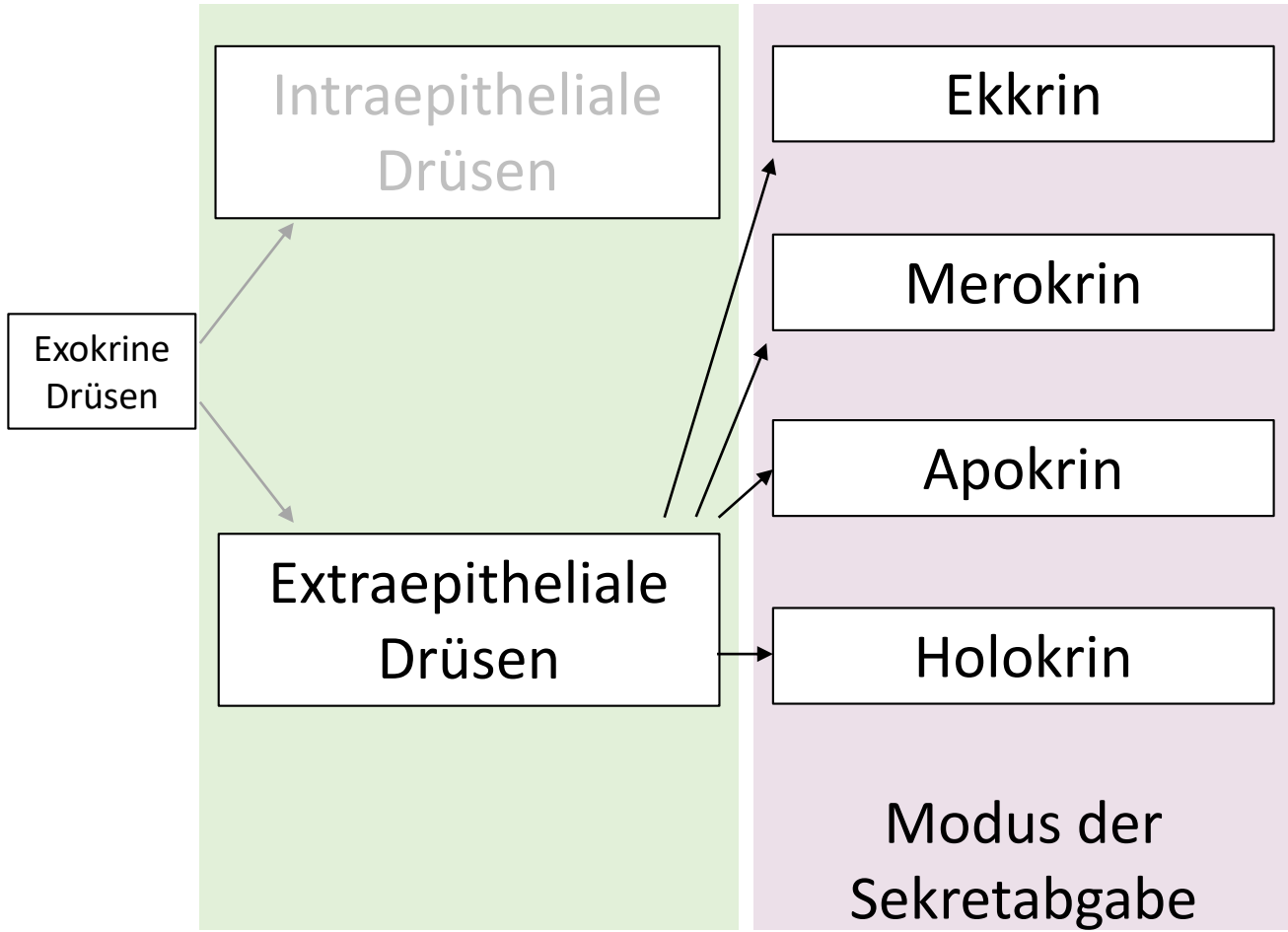
Abgabe öliger Sekrete in Vesikeln

**z.B. Milchdrüse, Duftdrüse**

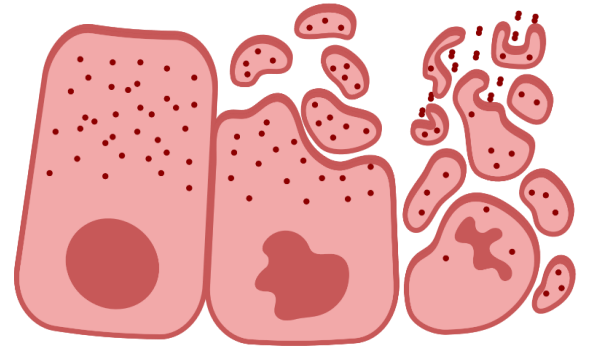




# Exokrine Drüsen – Einteilung



Abgabe von Talg, Zelle wird zum Sekret  
**z.B. Talgdrüsen**

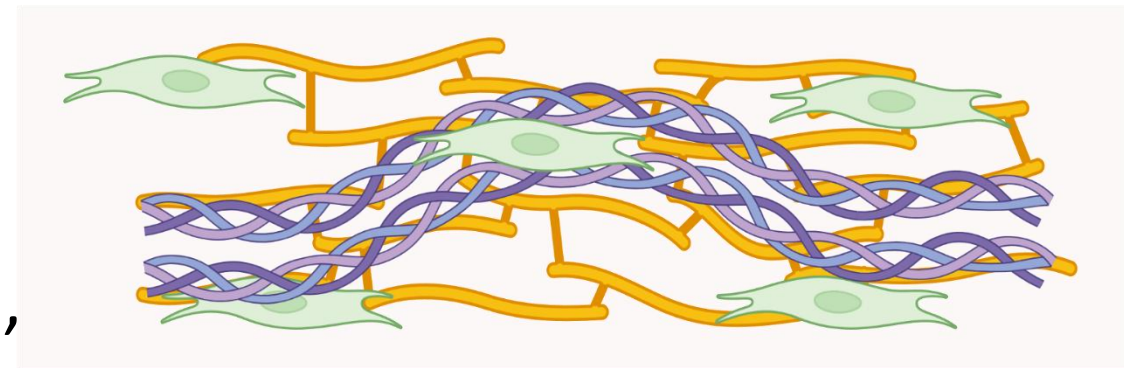


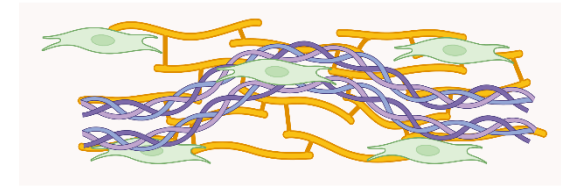


# Binde- und Stützgewebe – Definition

**Binde- und Stützgewebe sind Verbände gleichartig differenzierter Zellen, die viel Interzellulärsubstanz produzieren**

- Keine flächenhafte Zellverbände => Einzelzellen, die durch Interzellulärsubstanz verbunden aber u.U. weit voneinander entfernt sein können
- Keine mechanischen Zell-Kontakte
- Keine Polarisierung der Zellen
- Blutgefäße im Bindegewebe/Knochen, hier gute Regeneration





# Binde- und Stützgewebe – Funktion

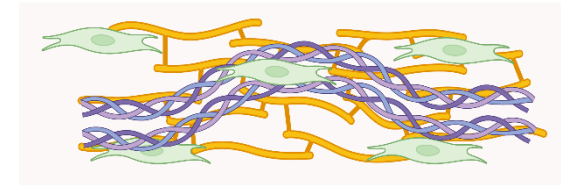
## ■ Bindegewebe

- strukturell: Beteiligt am Aufbau aller Organe, **Verbindung** von Geweben/ Organen
- funktionell: Regeneration und Reparatur, Stoffaustausch und -transport, Immunabwehr

## ■ Knorpel/Knochen

- strukturell: Formgebung des Körpers, Stabilität
- funktionell:  $\text{Ca}^{++}$ -Speicher, Hämatopoese (Knochen)





# Binde- und Stützgewebe – Funktion

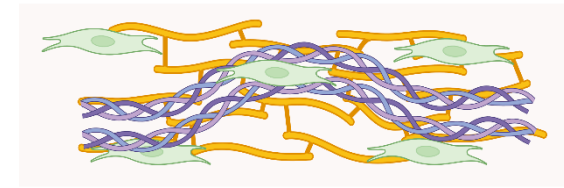
## ■ Bindegewebe

- strukturell: Beteiligt am Aufbau aller Organe, **Verbindung** von Geweben/ Organen
- funktionell: Regeneration und Reparatur, Stoffaustausch und -transport, Immunabwehr

## ■ Knorpel/Knochen

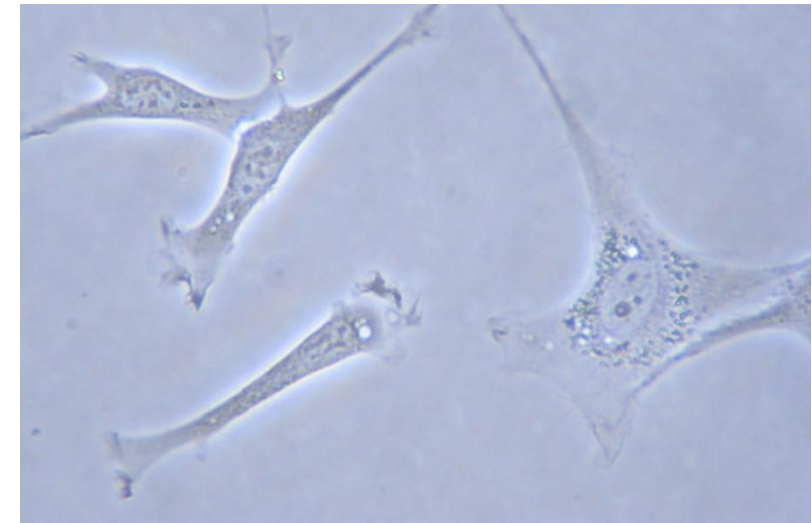
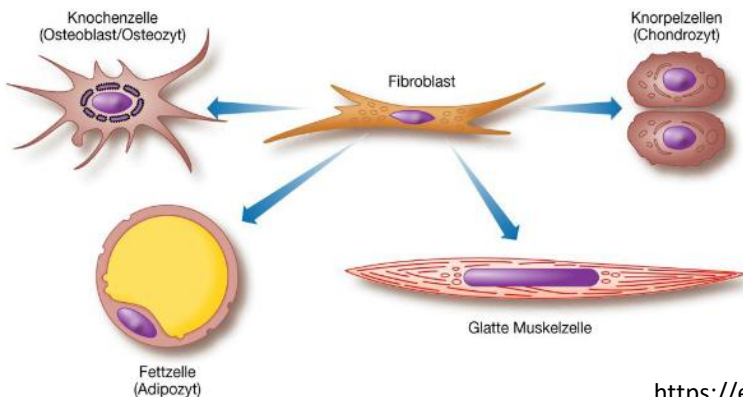
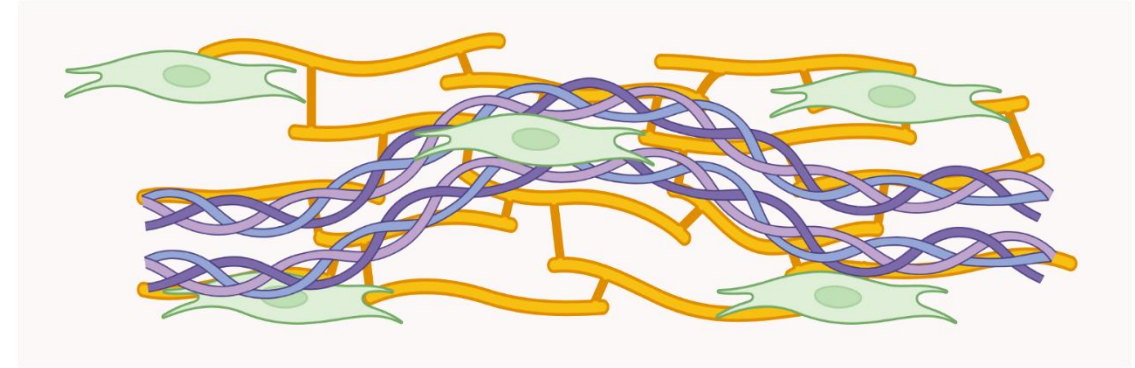
- strukturell: Formgebung des Körpers, Stabilität
- funktionell:  $\text{Ca}^{++}$ -Speicher, Hämatopoese (Knochen)

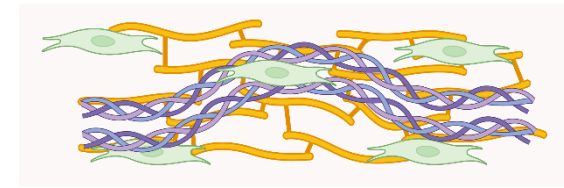




# Zellen und Interzellulärschubstanz

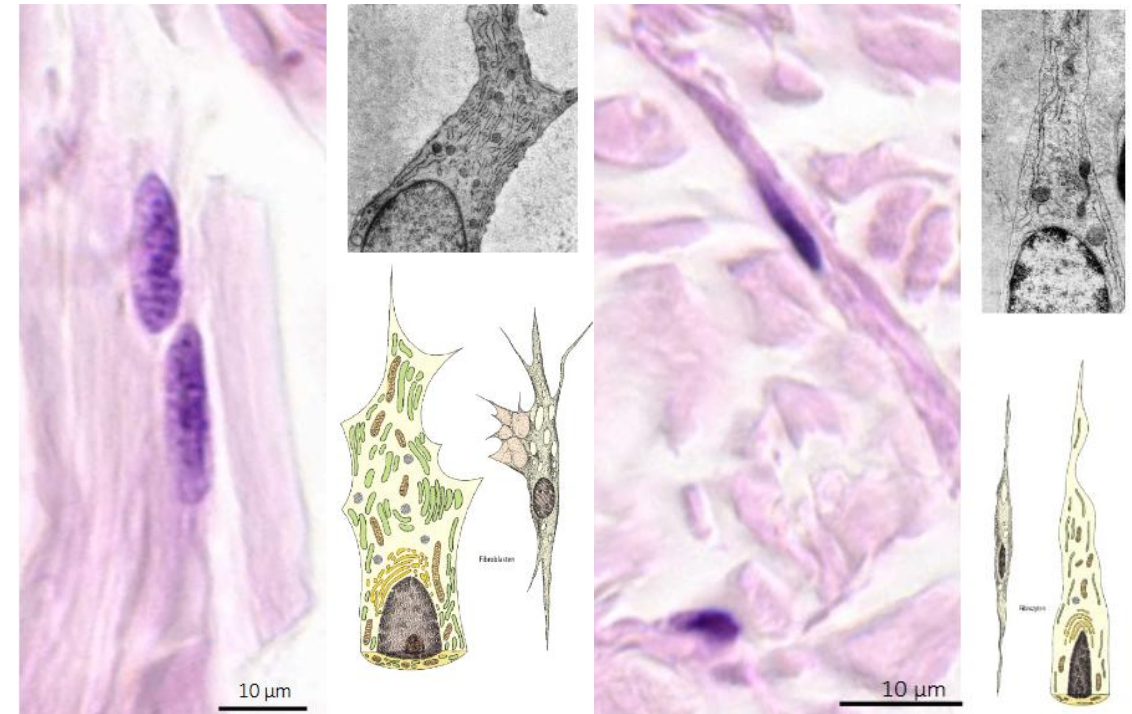
- Zellen werden unterschieden in **fixe** (ortständige) **Zellen** und **freie Zellen**
- Fixe Zellen: Fibroblasten/-zyten, Chondroblasten/-zyten, Osteoblasten/-zyten





# Zellen und Interzellulärschubstanz

- Zellen werden unterschieden in **fixe** (ortständige) **Zellen** und **freie Zellen**
  - Fixe Zellen: Fibroblasten/-zyten, Chondroblasten/-zyten, Osteoblasten/-zyten
  - Diese Zellen bilden die Interzellulärschubstanz (aktive Form) und gehen dann in einen Ruhezustand über (Altersform)

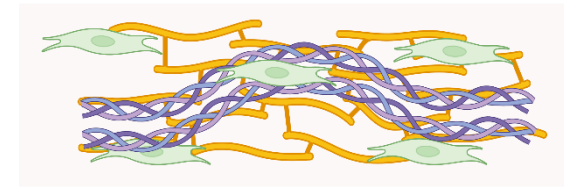


Fibroblast

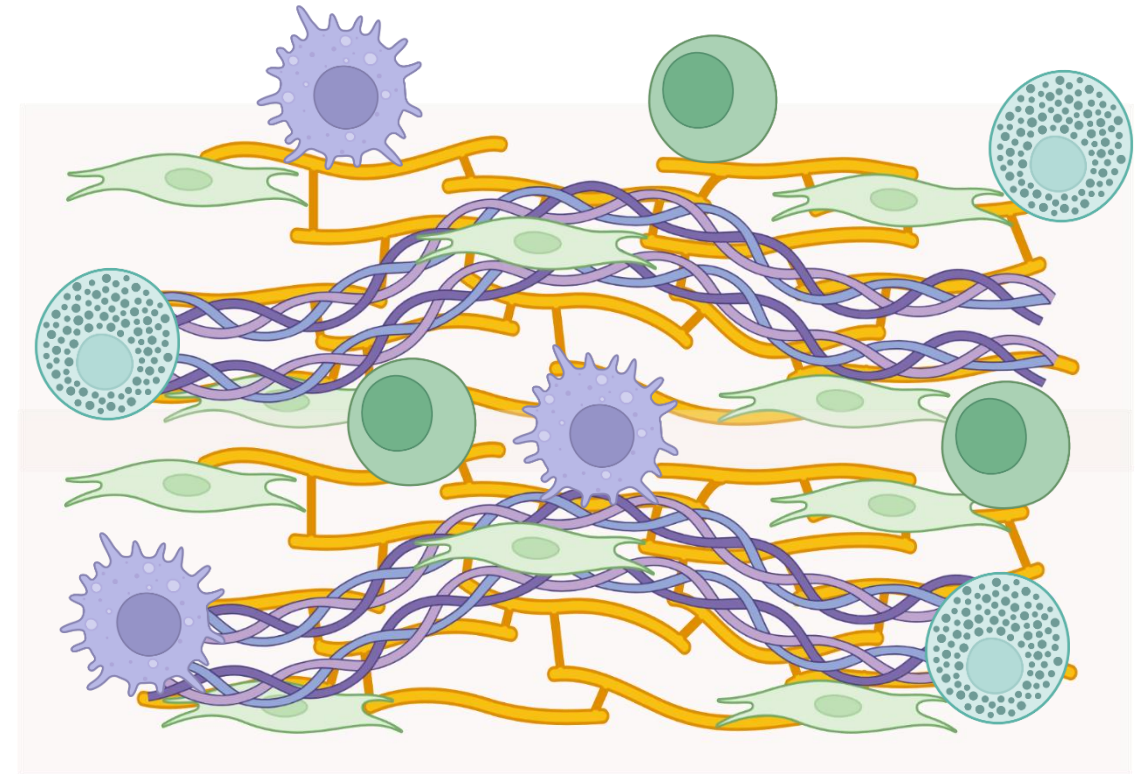
Fibrozyt

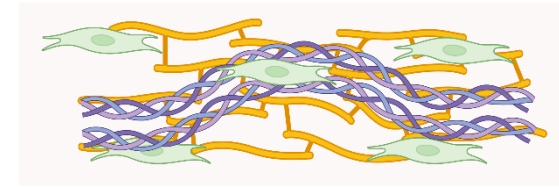


# Zellen und Interzellulärschubstanz



- Zellen werden unterschieden in **fixe** (ortständige) **Zellen** und **freie Zellen**
  - Freie Zellen: Vor allem Immunzellen (Monozyten (Blut) bzw. Makrophagen (Gewebe), Lymphozyten, Mastzellen)

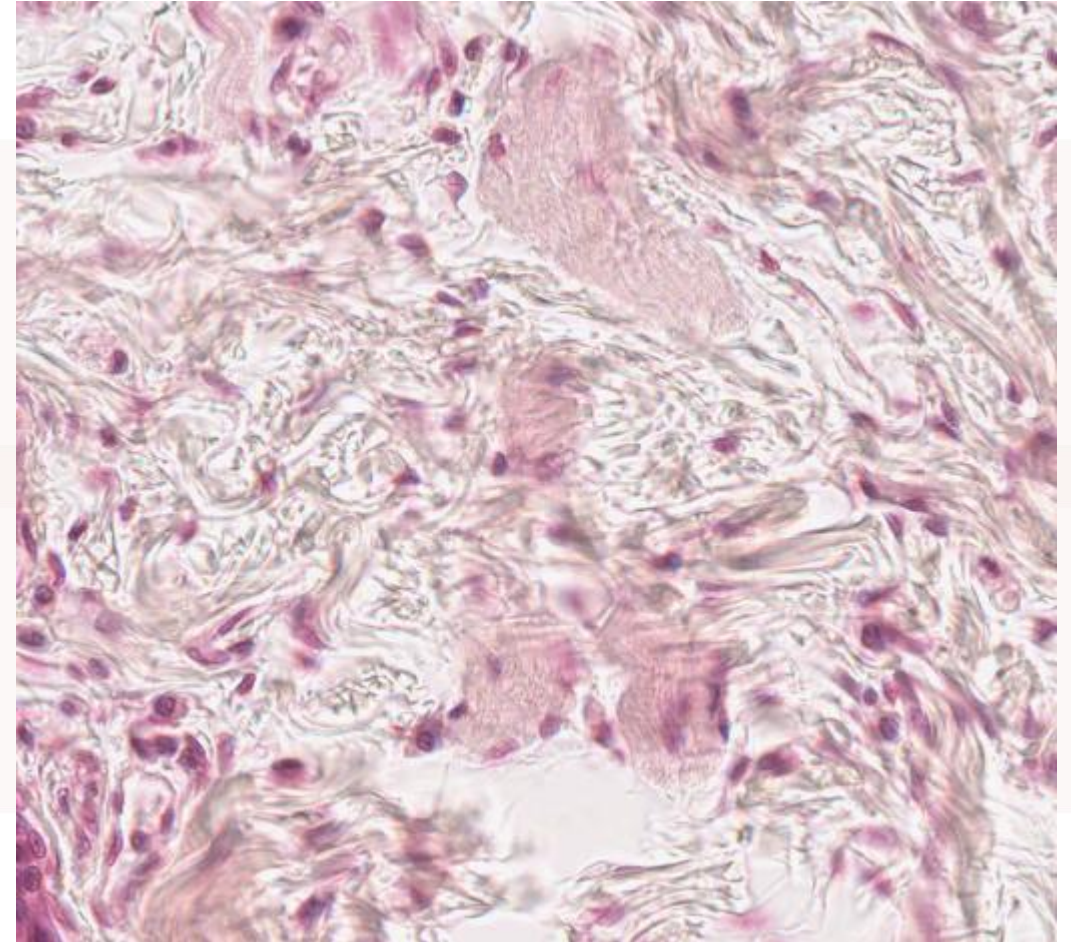


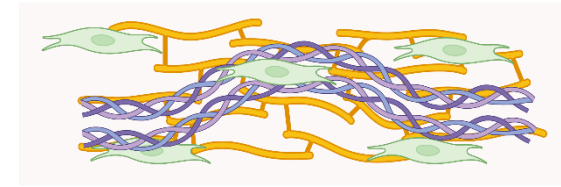


# Zellen und Interzellulärsubstanz

- Zellen werden unterschieden in **fixe** (ortständige) **Zellen** und **freie Zellen**
  - Freie Zellen: Vor allem Immunzellen (Monozyten (Blut) bzw. Makrophagen (Gewebe), Lymphozyten, Mastzellen)

**Freie Zellen haben meist einen runden Zellkern, fixe Zellen meist einen spindelförmigen.**

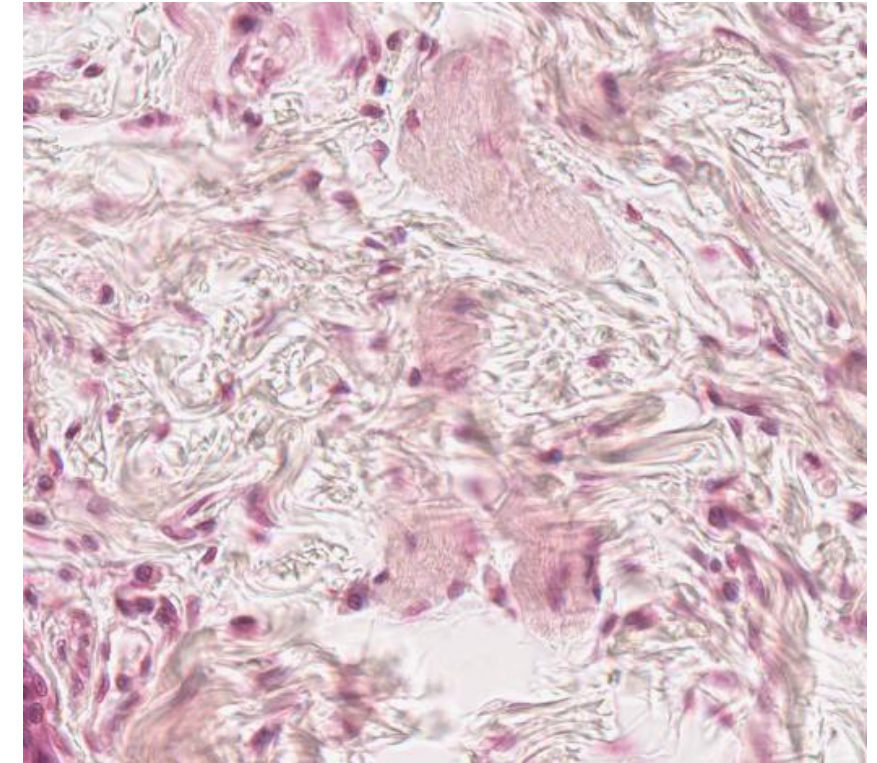




# Zellen und Interzellulärsubstanz

- Bei der Interzellulärsubstanz (IZS) unterscheidet man **geformte** und **ungeformte IZS**
  - Geformte IZS: „Fasern“; Einteilung in **kollagene**, **elastische** und **retikuläre Fasern**

Fasern vermitteln die Festigkeit/  
Elastizität des Gewebes => viele  
Fasern = **straffes Bindegewebe**

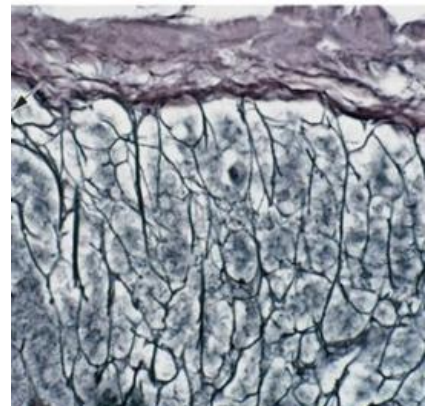
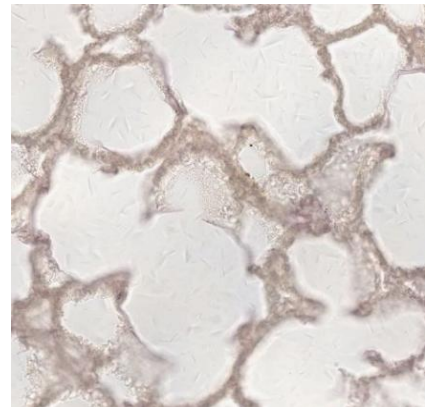
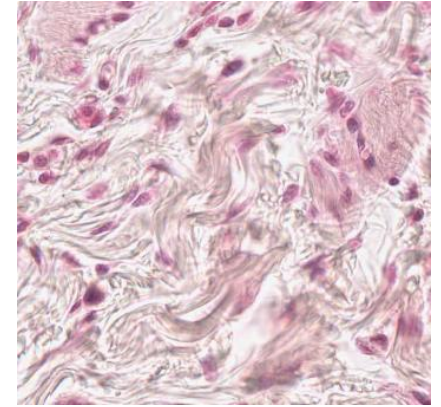


**Achtung! In der HE-Färbung  
kann man nur kollagene Fasern  
sehen!**



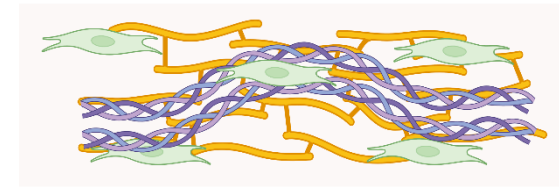
# Fasern

- **Kollagene Fasern:** unverzweigt, „gewellt“, etwa  $20\mu\text{m}$  im Durchmesser, fast undehnbar; wasserlöslich; häufigsten Fasern
- **Elastische Fasern:** verzweigt, dehnbar, bilden weitmaschige Netze, etwa  $1-4\mu\text{m}$  im Durchmesser; nur mit Spezialfärbung sichtbar
- **Retikuläre Fasern:** fein verzweigt, dreidimensionale Maschenwerke,  $0,2-1\mu\text{m}$  im Durchmesser; nur mit Spezialfärbung sichtbar



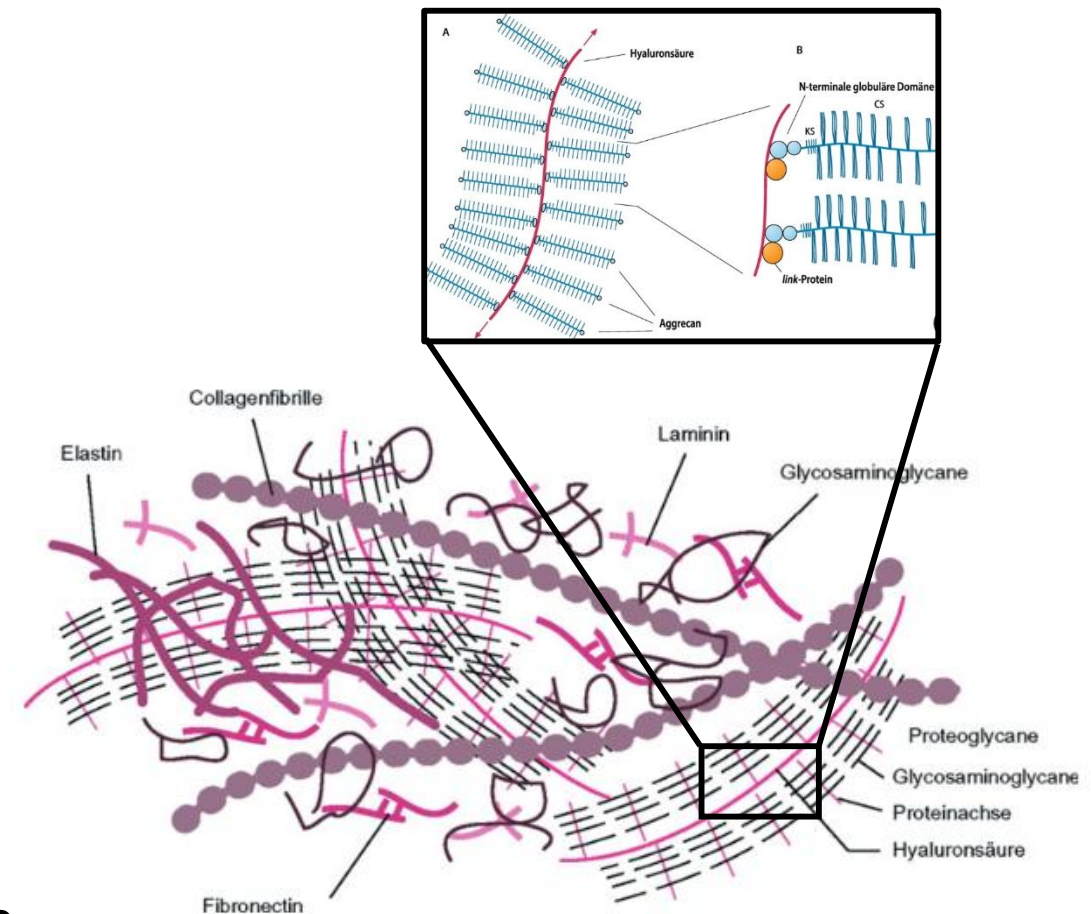


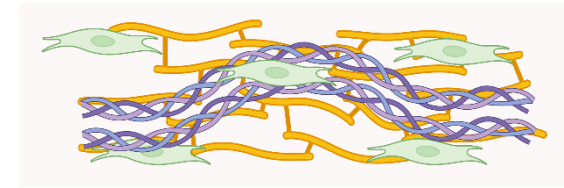
# Zellen und Interzellulärsubstanz



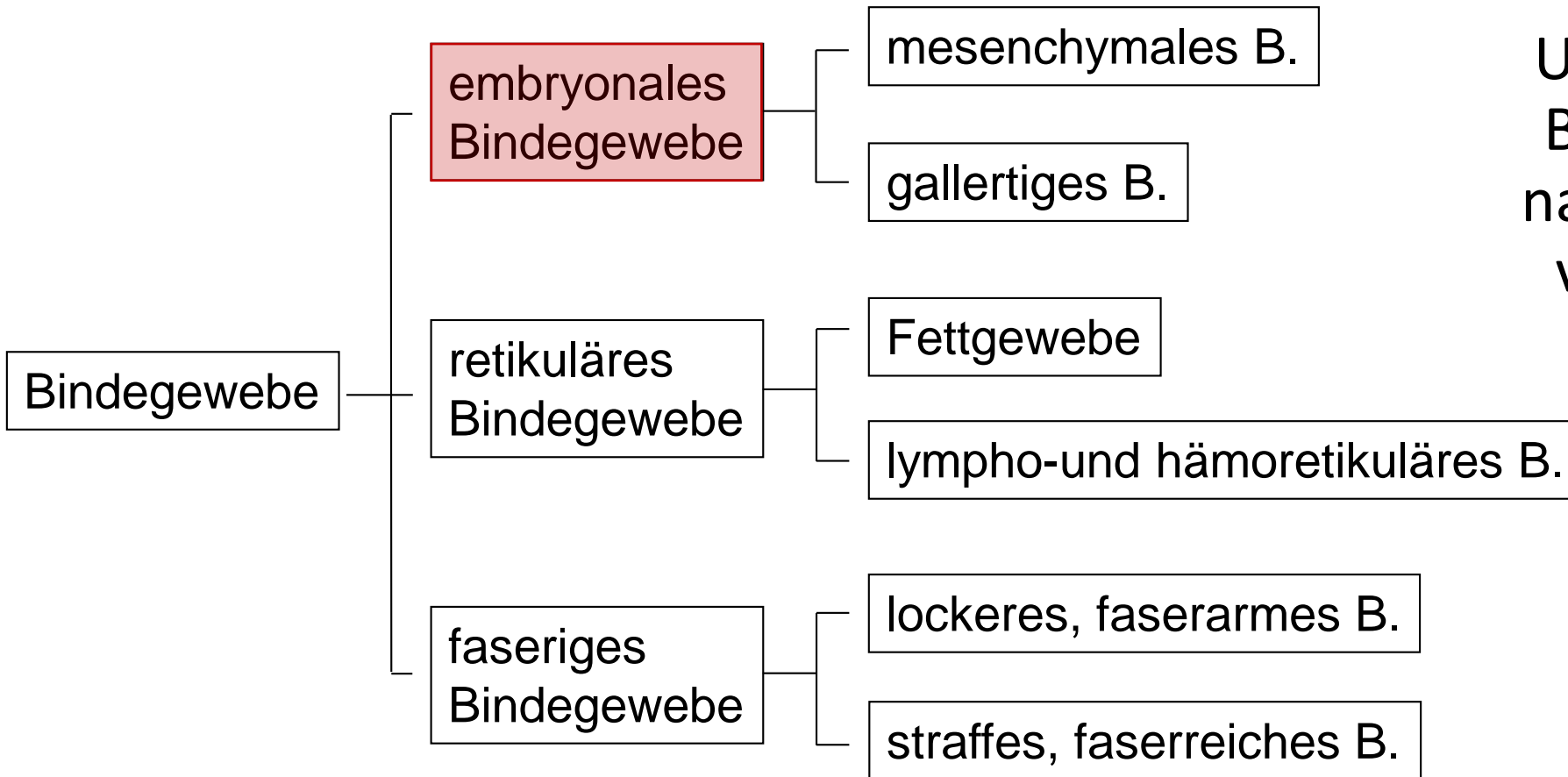
- Bei der Interzellulärsubstanz (IZS) unterscheidet man **geformte** und **ungeformte IZS**
  - Ungestaltete IZS: auch „amorphe Grundsubstanz“; enthält Proteo-, Glykosaminoglykane und Hyaluronsäure

Bindet v.a. Wasser und ist Medium des Stoffaustauschs (Diffusion); kann sekundär verknorpeln oder verknöchern

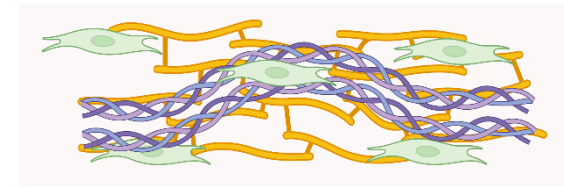




# Bindegewebe – Einteilung

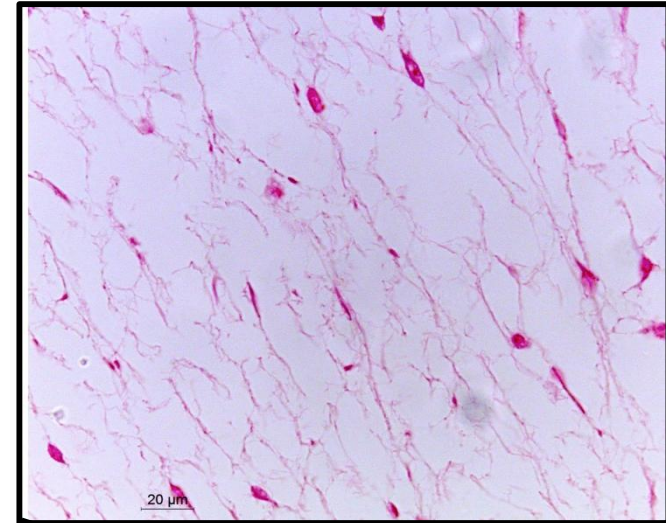


Unterscheidung der Bindegewebstypen nach **Art und Menge** von IZS und Zellen



# Embryonales Bindegewebe

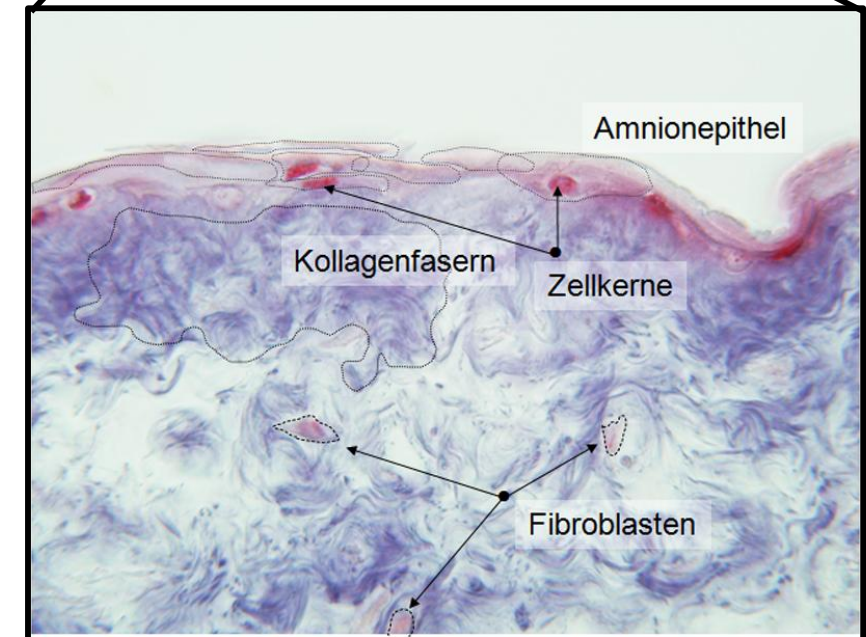
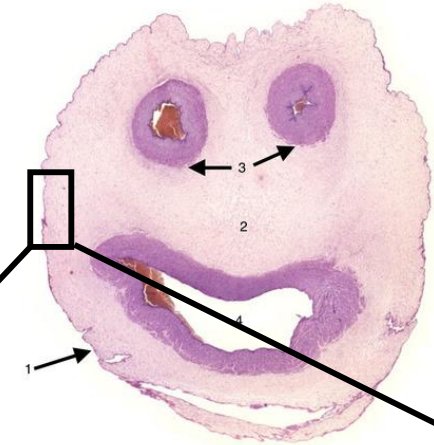
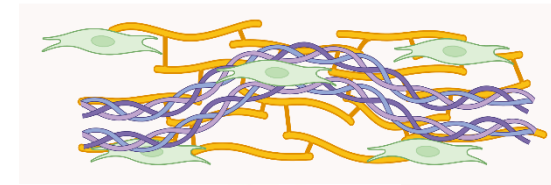
- **Mesenchymales Bindegewebe:**  
Vorläufer für alle Binde- und Stützgewebe, enthält wenig Zellen und kaum Fasern, aber viel ungeformte IZS

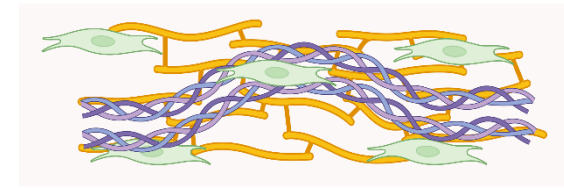




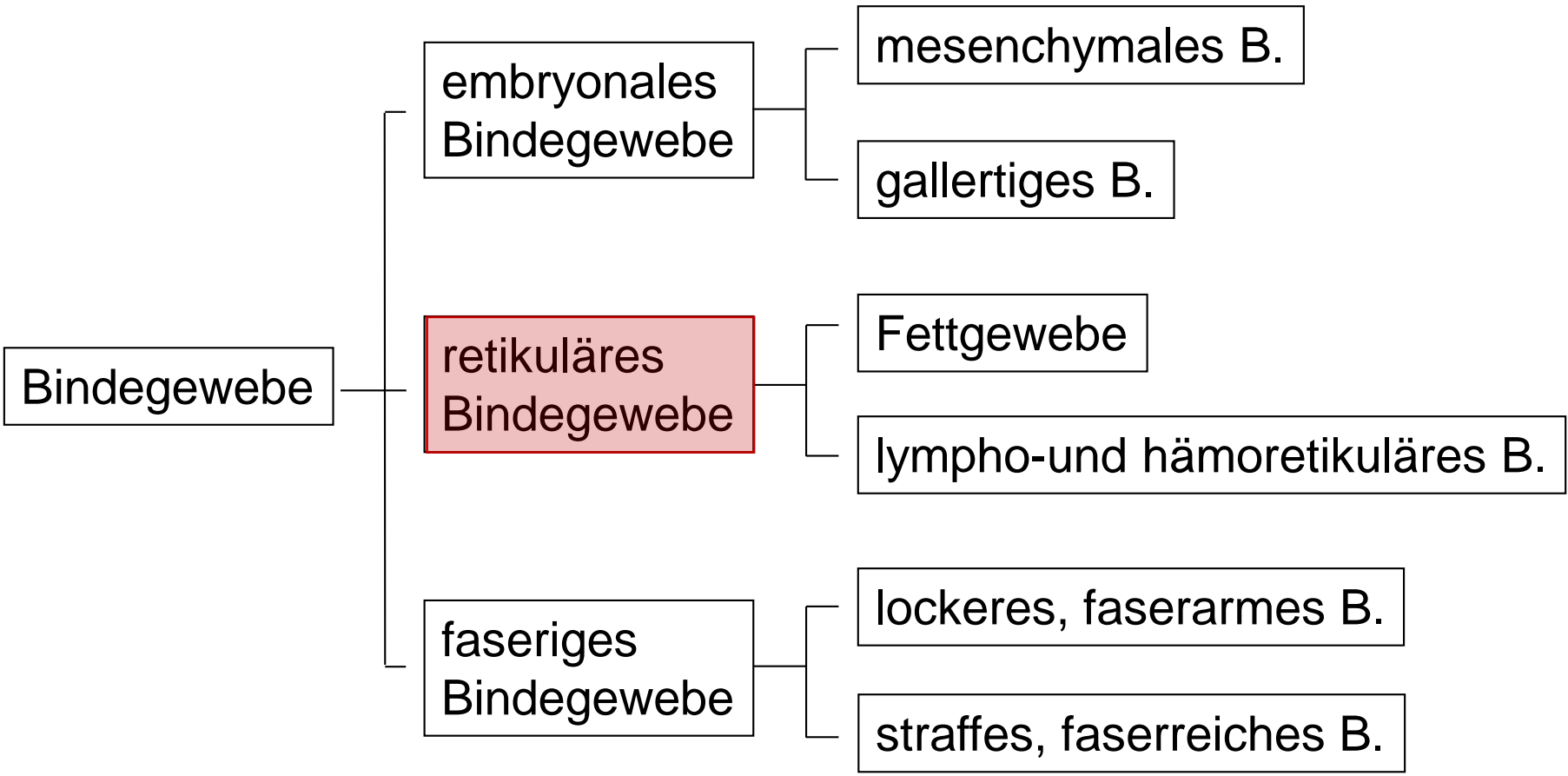
# Embryonales Bindegewebe

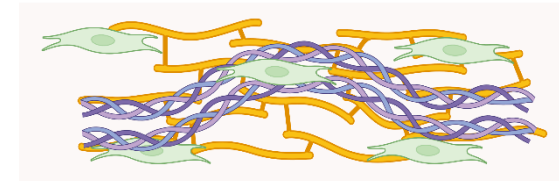
- **Sonderform gallertiges Bindegewebe:**  
Umgibt Nabelgefäße (Wharton Sulze)  
und ist später noch in der Zahnpulpa zu finden





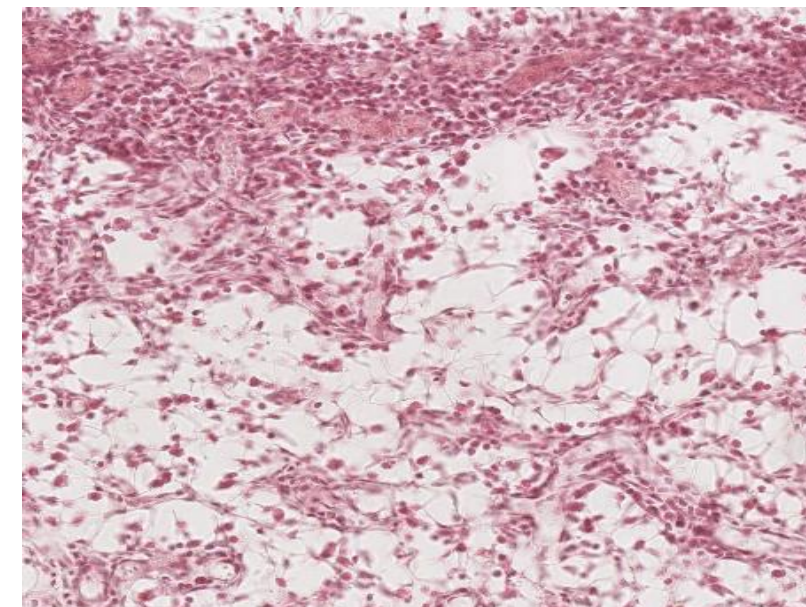
# Bindegewebe – Einteilung



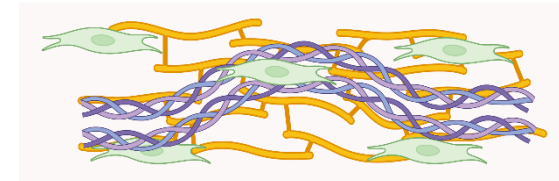


# Retikuläres Bindegewebe

- Mesenchymzellen differenzieren zu **Retikulozyten**; produzieren retikuläre Fasern und ungeformte IZS
- Retikuläre Fasern bauen ein Maschenwerk auf, in dem sich andere Strukturen (Fettzellen, Immun- und Blutzellen, Gefäße...) aufhalten können

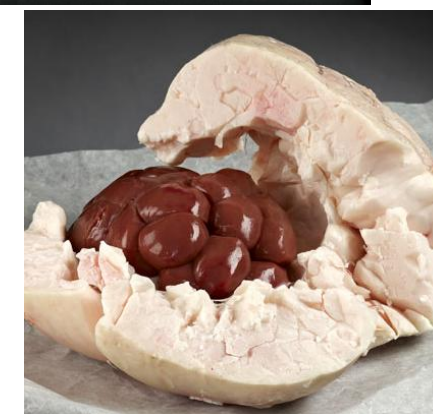
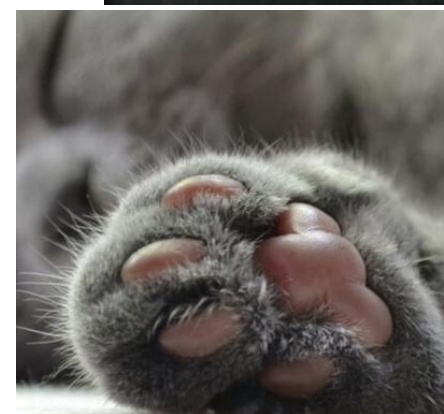
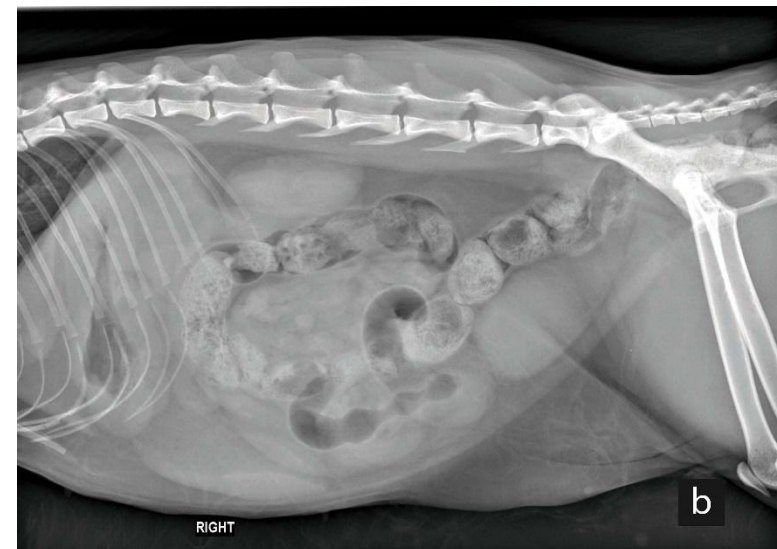


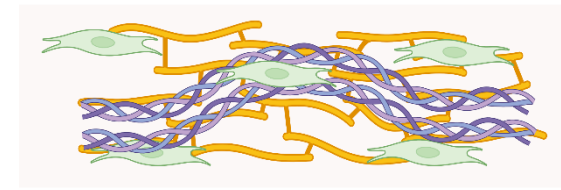
Vorkommen als: Fettgewebe, lympho-/hämoretikuläres Bindegewebe, Magen/Darm, Uterus...



# Fettgewebe

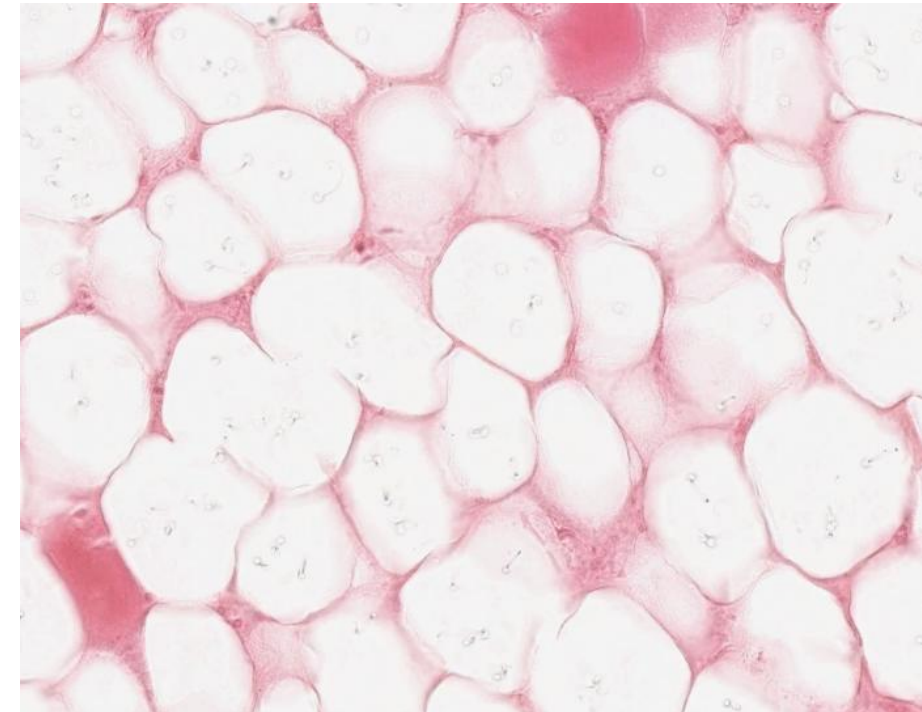
- Retikulozyten speichern Fett und werden so zu **Adipozyten**
  - Weißes (univakuoläres) Fettgewebe: Speicher- und Baufett sowie „Platzhalter“; viele Gefäße, Speicher- und Platzhalterfett wird ständig auf- und abgebaut; Baufett wird nur bei langer Erkrankung, Kachexie und hohem Alter abgebaut
  - Im Lichtmikroskop ein großer Fetttropfen, Kern zeigt Siegelringform

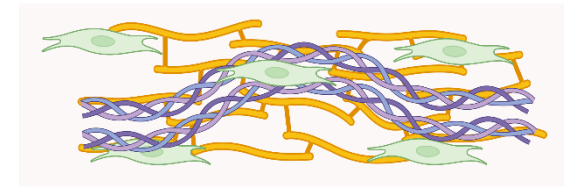




# Fettgewebe

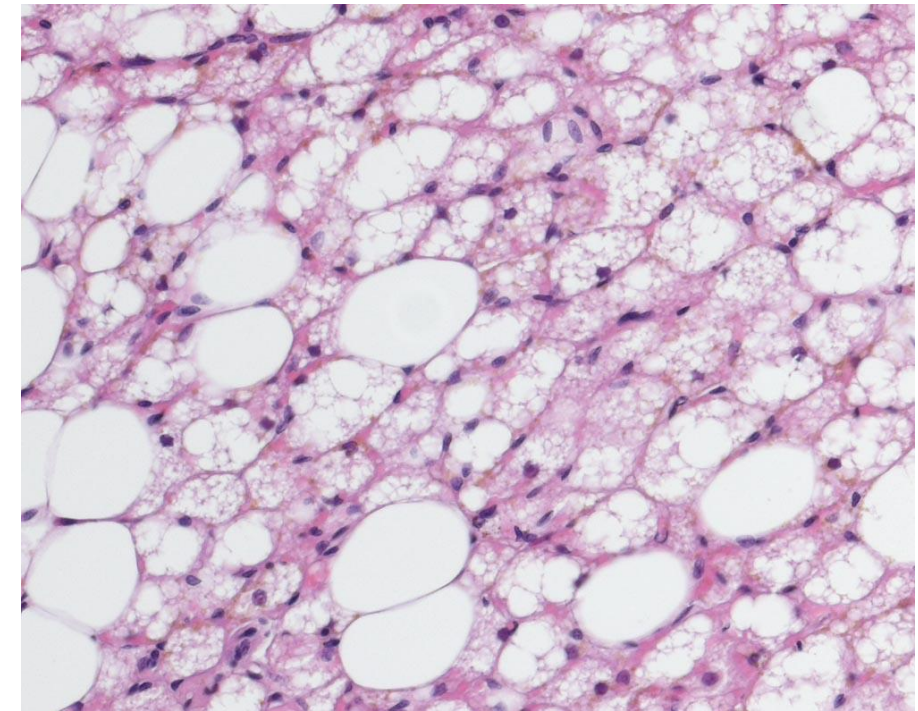
- Retikulozyten speichern Fett und werden so zu **Adipozyten**
  - Weißes (univakuoläres) Fettgewebe: Speicher- und Baufett sowie „Platzhalter“; viele Gefäße, Speicher- und Platzhalterfett wird ständig auf- und abgebaut; Baufett wird nur bei langer Erkrankung, Kachexie und hohem Alter abgebaut
  - Im Lichtmikroskop ein großer Fetttropfen, Kern zeigt Siegelringform

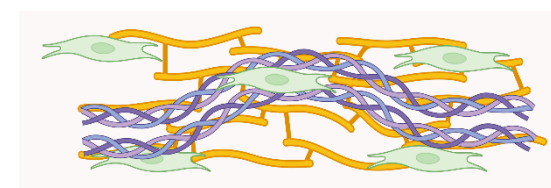




# Fettgewebe

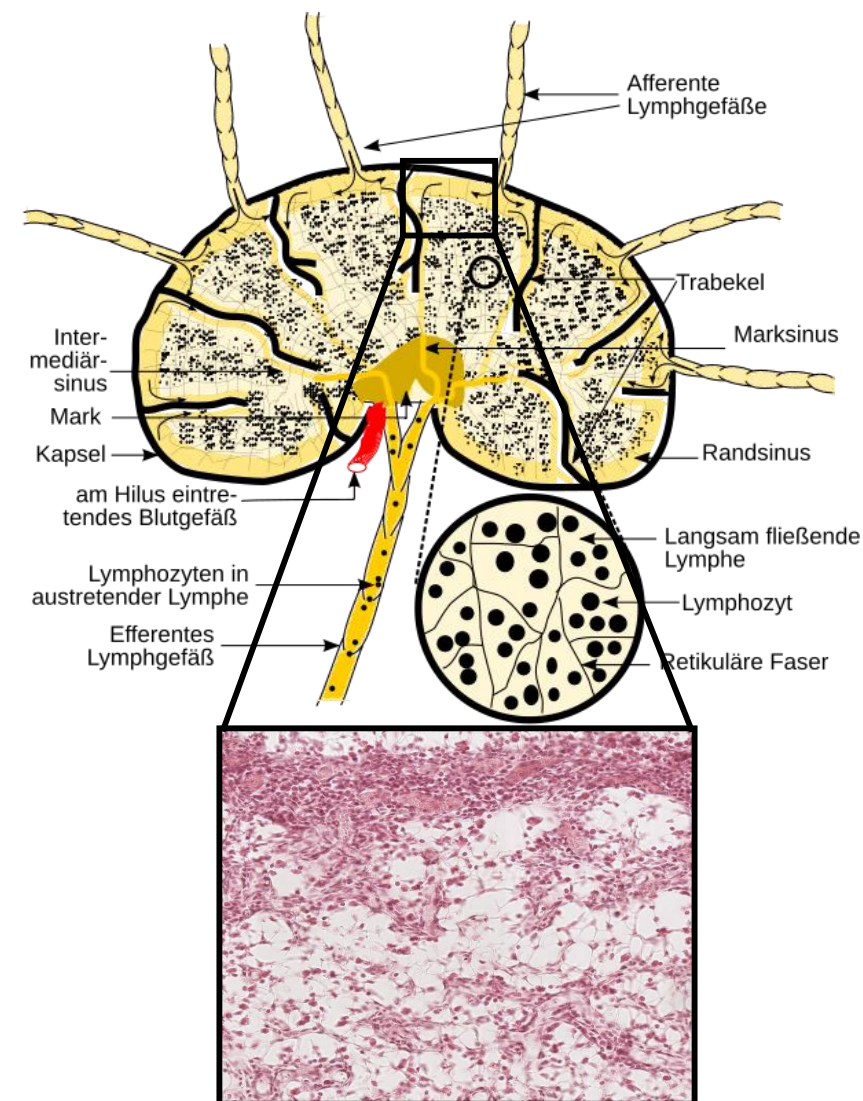
- Retikulozyten speichern Fett und werden so zu **Adipozyten**
  - Braunes (plurivakuoläres) Fettgewebe: dient der aktiven Energiegewinnung, z.B. der zitterfreien Thermogenese, vorhanden bei Neugeborenen (exkl. Ferkel) und Winterschläfern; viele Gefäße und Mitochondrien (Cytochrom P<sub>450</sub>!!)
  - Im Lichtmikroskop ein mehrere kleine Fetttropfen, Kern liegt zentral oder peripher

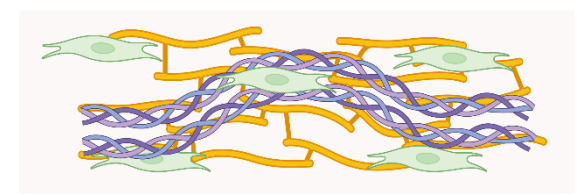




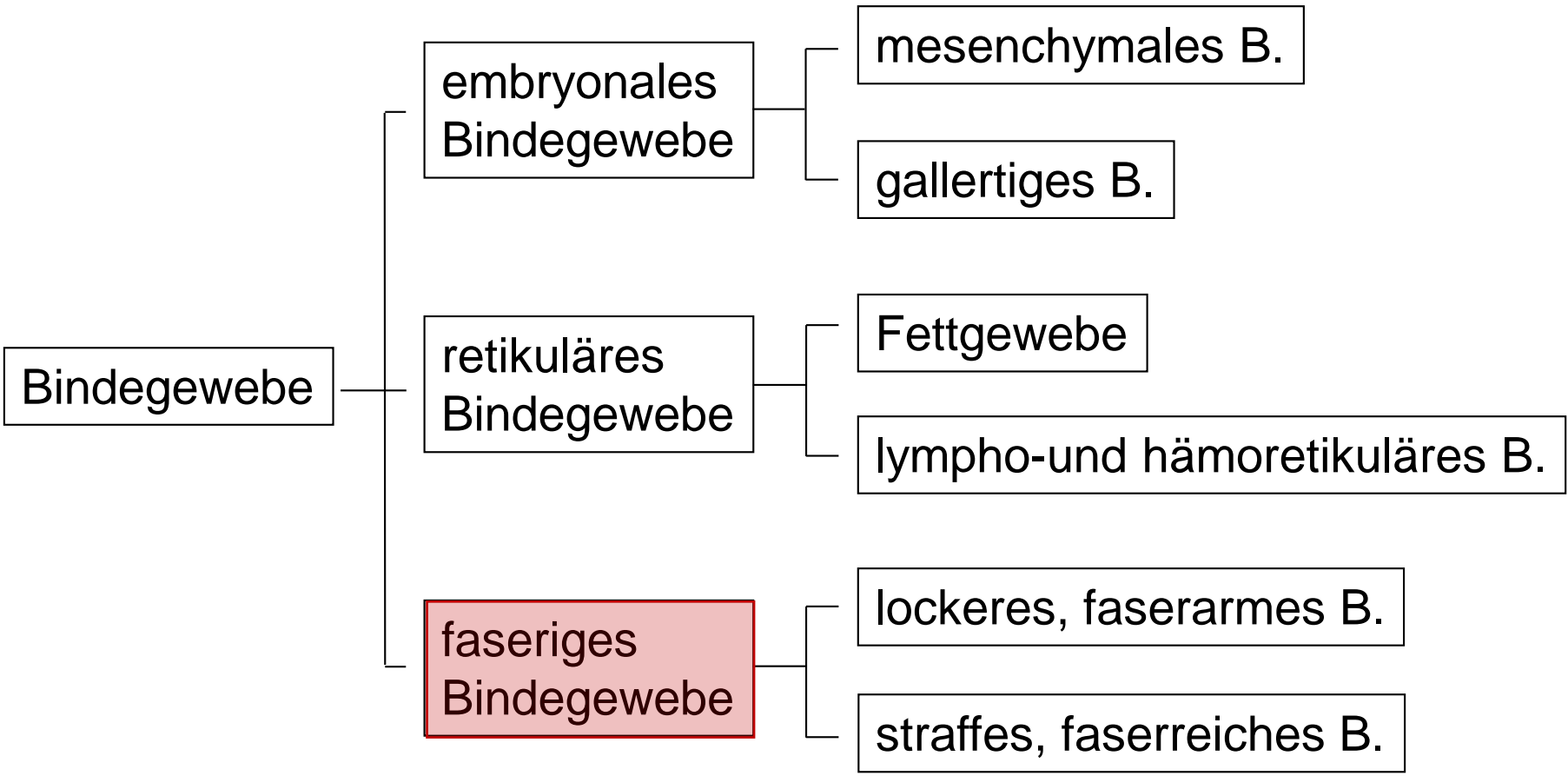
# Lymphoretikuläres Bindegewebe

- Retikulozyten bauen ein Netzwerk aus retikulären und kollagenen Fasern für Immunzellen auf, ungeformte IZS als „Medium“ für Zellwanderung, Diffusion und Stoffaus-tausch
- Grundlage der lymphatischen Organe (Lymphknoten, Milz, Mandeln...)





# Bindegewebe – Einteilung

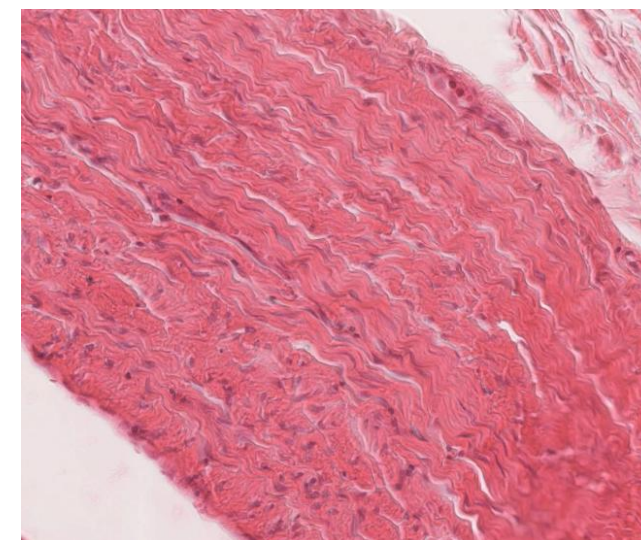
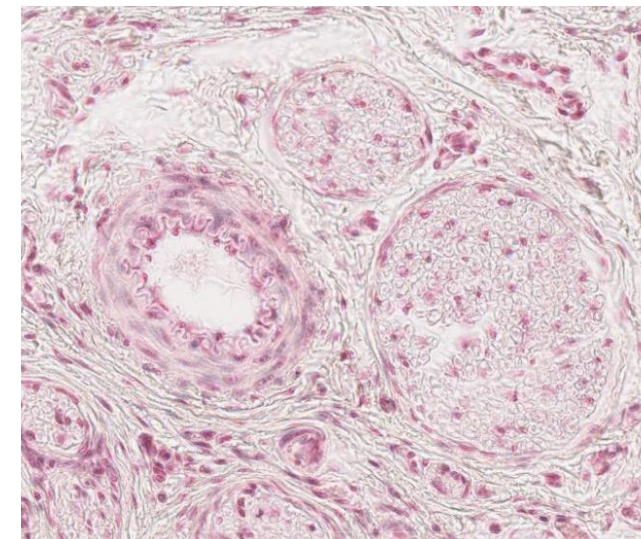
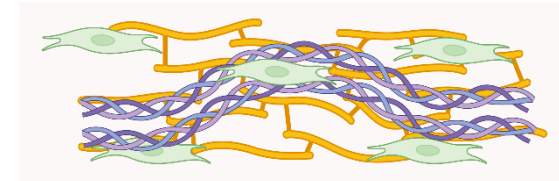


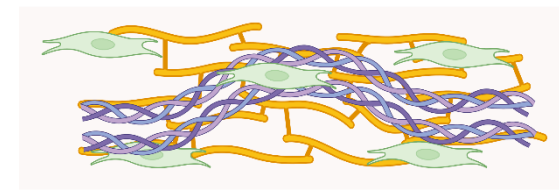


# Faseriges Bindegewebe

- Bei faserigen Bindegeweben überwiegen die (meist kollagenen) Fasern die ungeformte IZS
- Je nach Verhältnis unterscheidet man
  - faserarmes, lockeres Bindegewebe
  - Faserreiches, straffes Bindegewebe

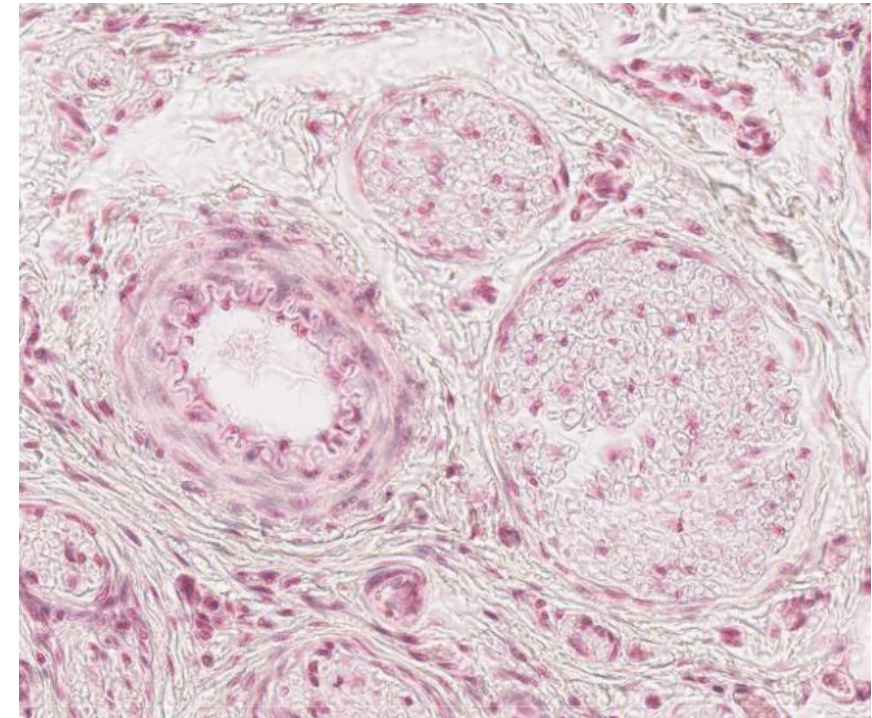
**Je straffer das Gewebe, desto weniger freie Zellen und Gefäße enthält es**

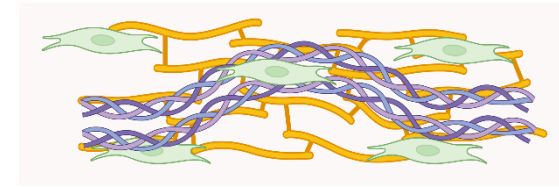




# Faserarmes, lockeres Bindegewebe

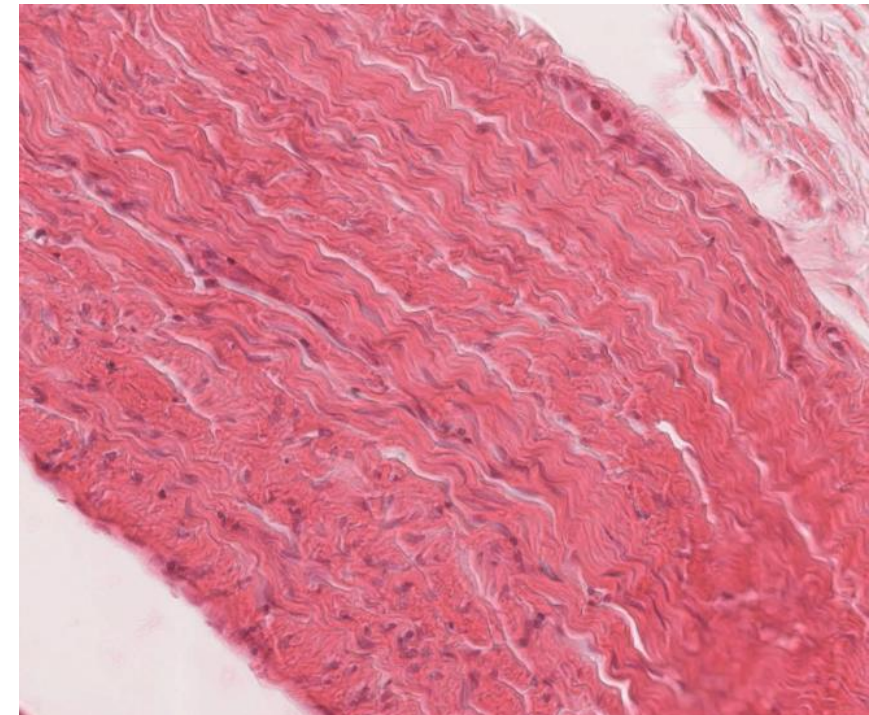
- Enthält
  - Fibroblasten/-zyten
  - freie Zellen
  - kollagene, elastische und retikuläre Fasern
  - viel ungeformte IZS
- Grundlage der Organe, Verbindung von Geweben, Ort des Stoffwechsels (Diffusion von Gasen und gelösten Stoffen)
- Viele Gefäße => Regeneration/Reparatur

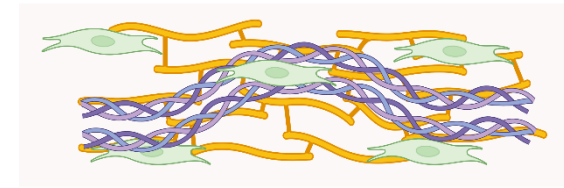




# Faserreiches, straffes Bindegewebe

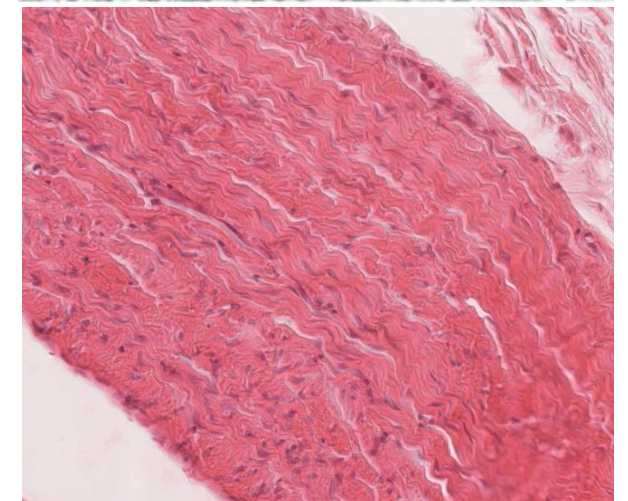
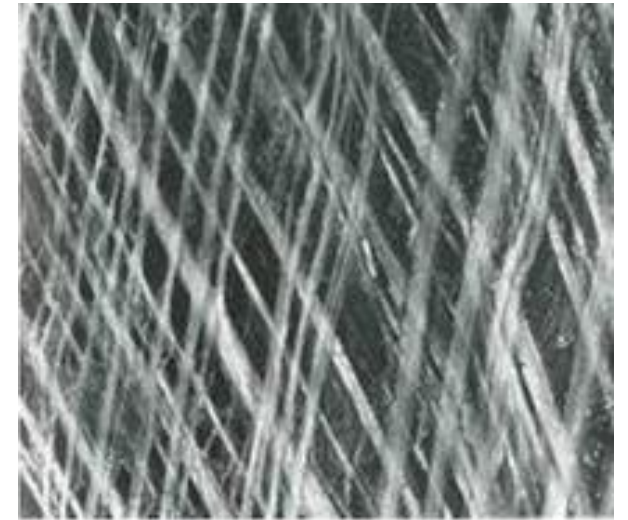
- Enthält
  - Fibroblasten/-zyten
  - v.a. kollagene und evtl. elastische Fasern
  - wenig ungedehnte IZS
- Vorkommen in Organkapsel und Faszien (**geflechtartig straffes B.**) oder Sehnen und Bändern (**parallelfaseriges straffes B.**)
- Durch wenige Gefäße schlechte Regeneration/Reparatur

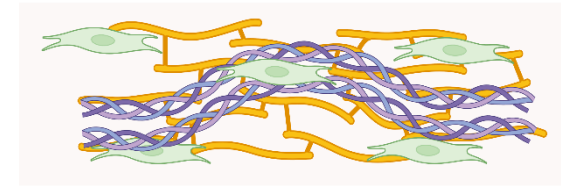




# Geflechtartig straffes Bindegewebe

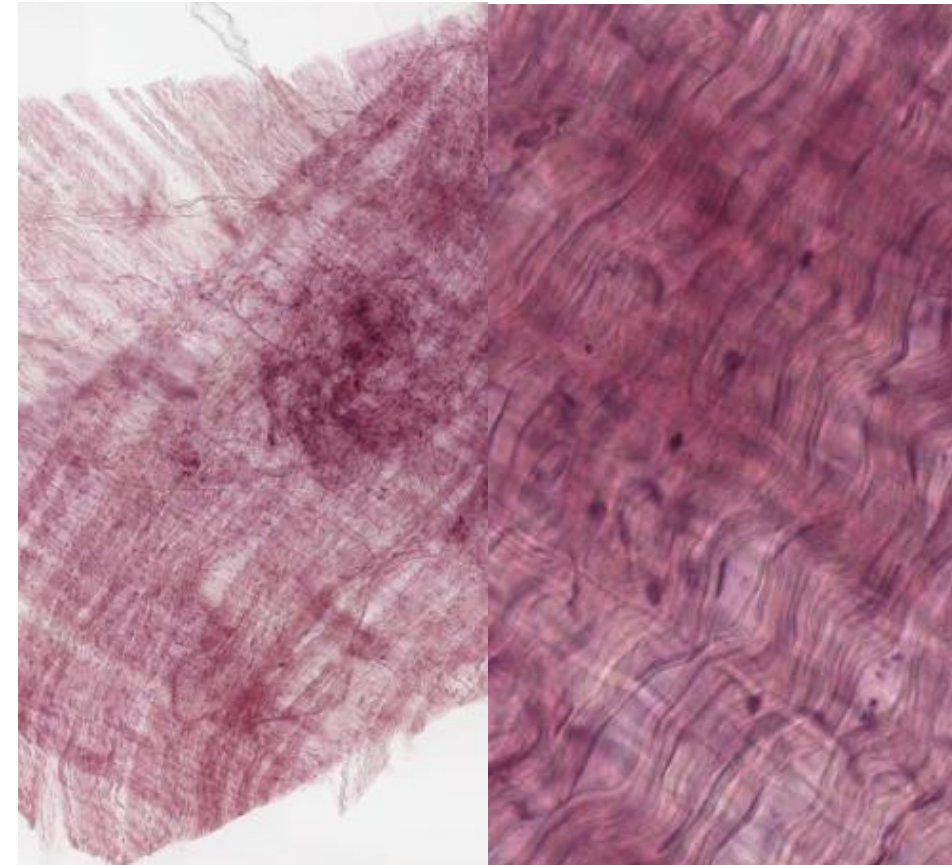
- Durch die scherengitterartige Anordnung der kollagenen Fasern ist eine gewisse Dehnungsfähigkeit gegeben

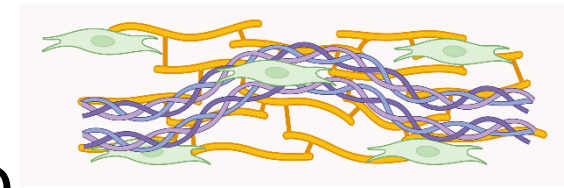




# Geflechtartig straffes Bindegewebe

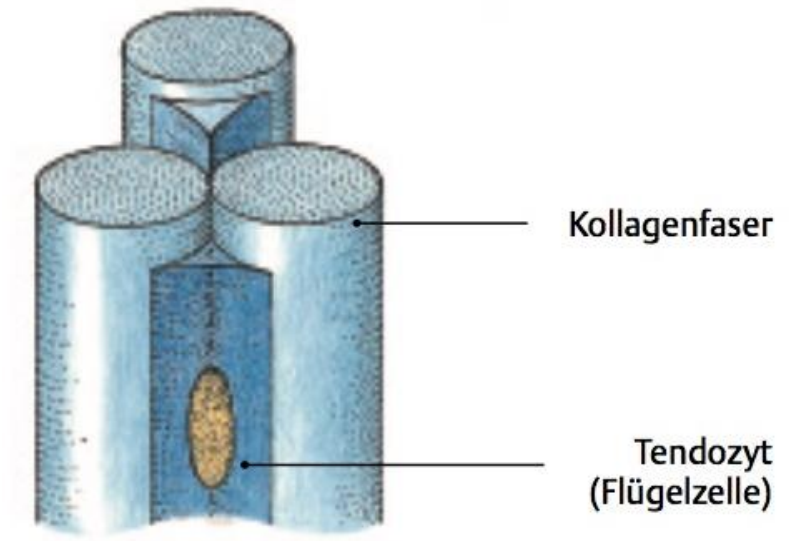
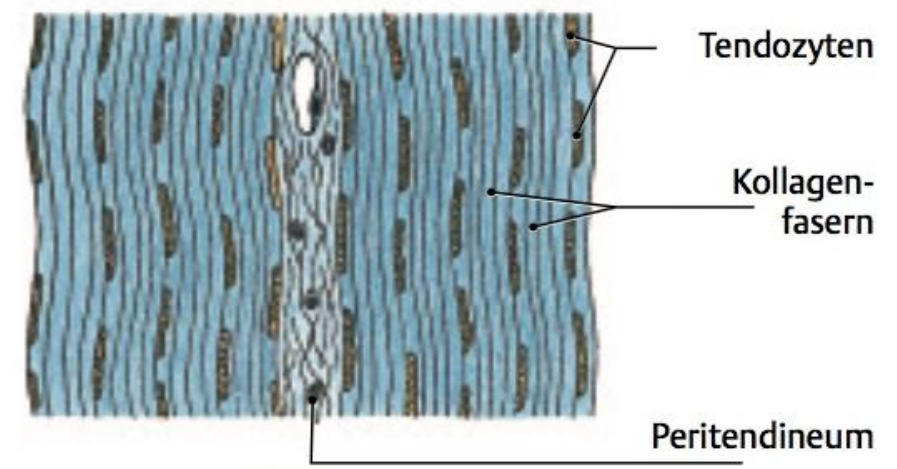
- Durch die scherengitterartige Anordnung der kollagenen Fasern ist eine gewisse Dehnungsfähigkeit gegeben
- Zwischen den im ca. 90° Winkel angeordneten Fasern liegen die Fibroblasten/-zyten und keine freien Zellen oder Gefäße

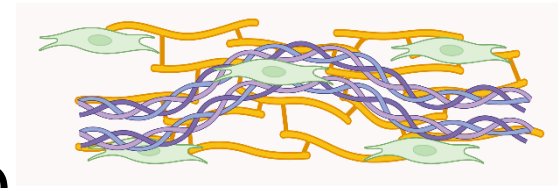




# Parallelfaseriges straffes Bindegewebe

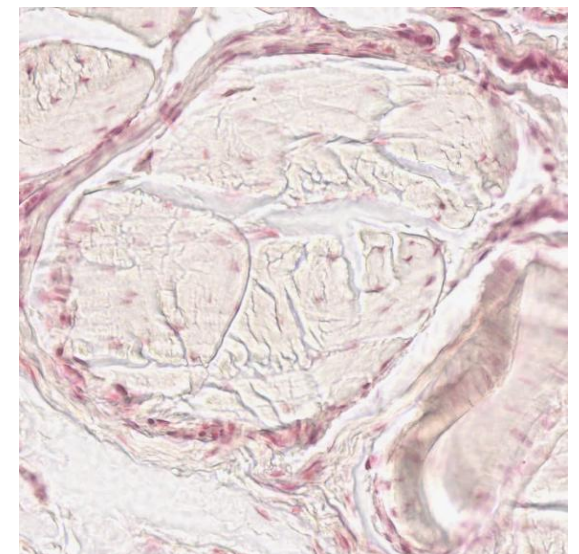
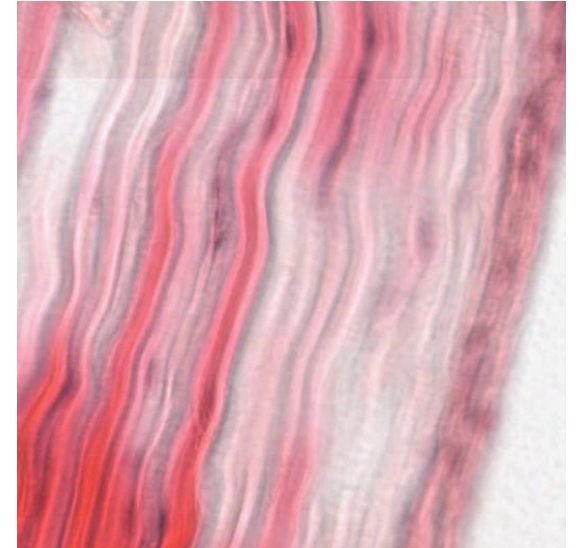
- Die kollagenen (und evtl. elastischen) Fasern sind parallel angeordnet, zwischen den Fasern „klemmen“ die Sehnen- oder Flügelzellen (**Tendinozyten**)
- Zwischen den Fasern liegen keine freien Zellen oder Gefäße





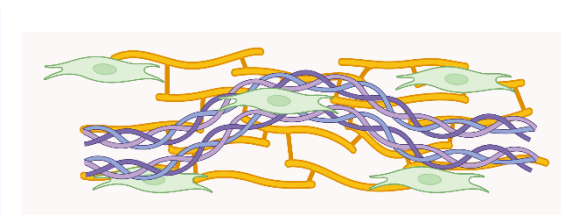
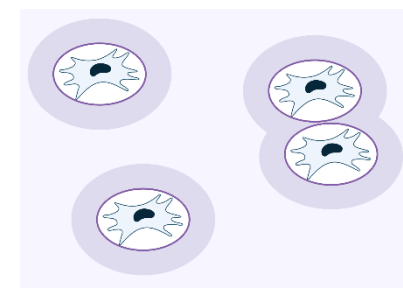
# Parallelfaseriges straffes Bindegewebe

- Die kollagenen (und evtl. elastischen) Fasern sind parallel angeordnet, zwischen den Fasern „klemmen“ die Sehnen- oder Flügelzellen (**Tendinozyten**)
- Zwischen den Fasern liegen keine freien Zellen oder Gefäße
- Können im Schnitt **längs-** oder **querge-**  
**schnitten** vorkommen!





# Knorpel vs. Bindegewebe



- Im Gegensatz zum Bindegewebe enthält der Knorpel **KEINE GEFÄSSE**
- Die ungeformte Interzellulärsubstanz des Knorpels ist visköser als die des Bindegewebes

EIGENSCHAFT	BINDEGEWEBE	KNORPEL
Stoffwechsel	Sehr schnell	Langsam
Regeneration	Schnell, gut	Schlecht/gar nicht
Wachstum	Schnell	Sehr langsam

⇒ Ernährung über Diffusion (**bradytrophes Gewebe**)

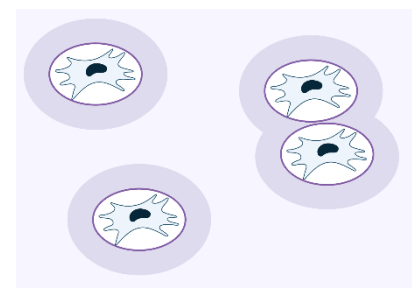
⇒ Keine Regeneration, sondern nur Reparatur

⇒ Bindegewebe wächst nur interstitiell, Knorpel dagegen interstitiell und **appositionell**

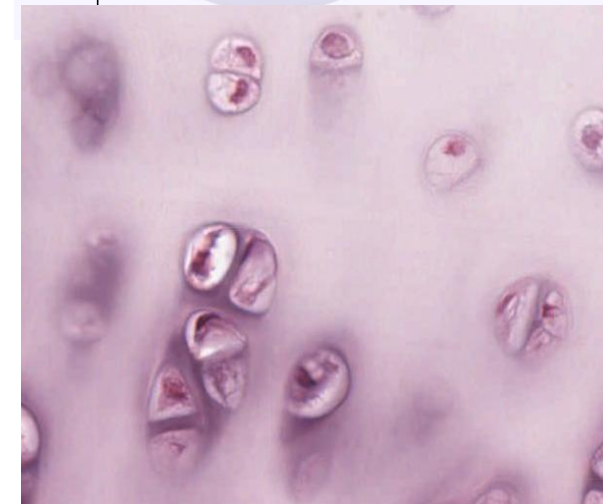
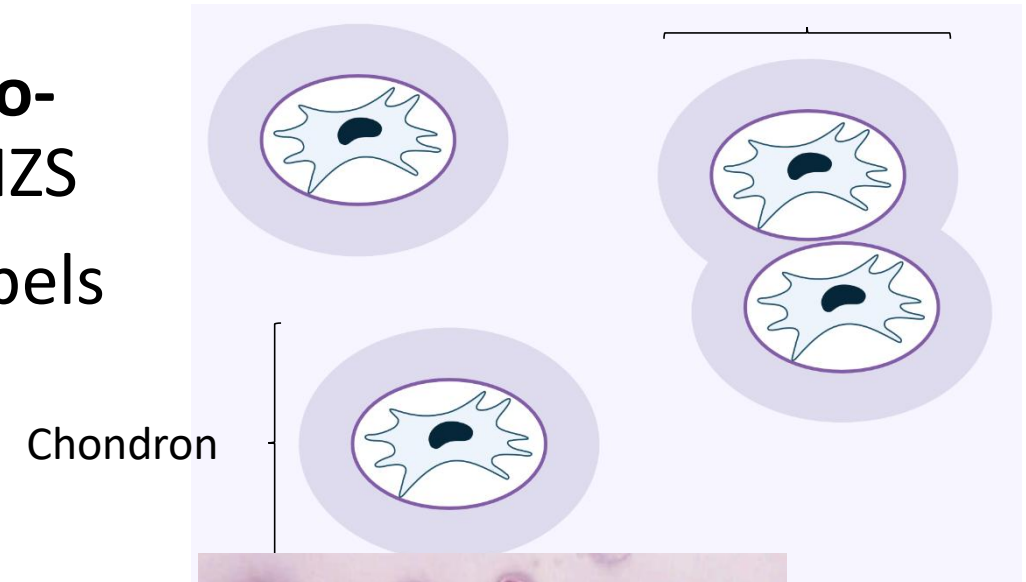


# Knorpelgewebe – Grundlegendes

- Im Knorpelgewebe produzieren **Chondroblasten/-zyten** Fasern und ungeformte IZS
- Die funktionelle Grundeinheit des Knorpels ist das Chondron; dieses besteht aus
  - Chondroblast/-zyt
  - Knorpelhöhle (Lakune)
  - Knorpelkapsel
  - Knorpelhof
- Mehrere Chondrozyten in einem Hof bilden eine **isogene Gruppe**

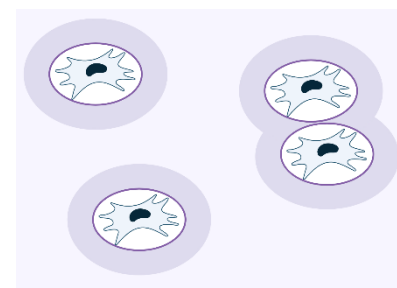


Isogene Gruppe

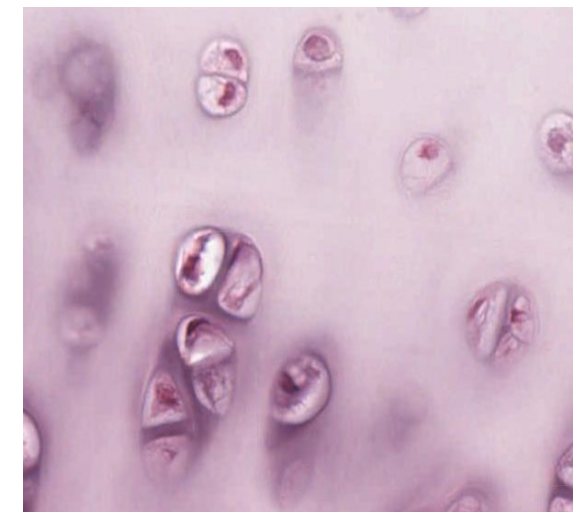
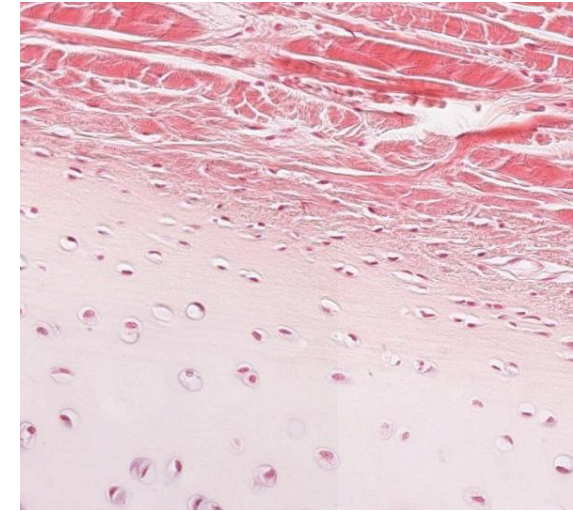


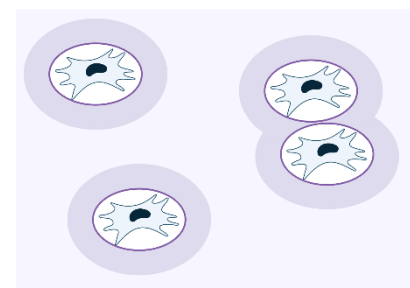


# Knorpelgewebe – Grundlegendes

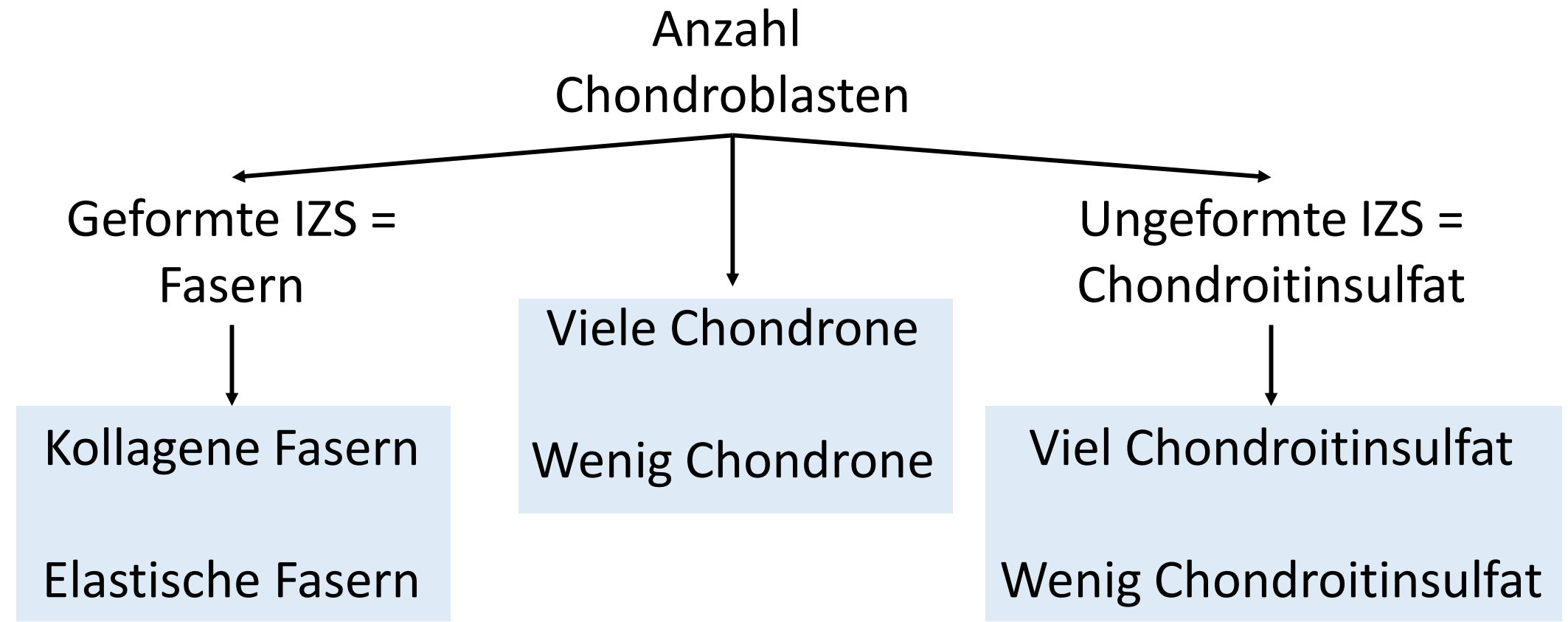


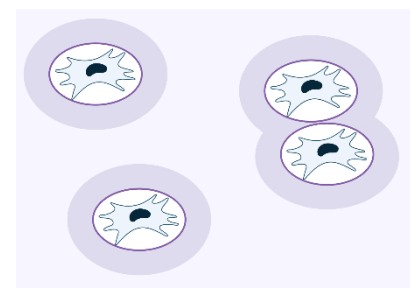
- Umgeben ist der Knorpel von einer Knorpelhaut, dem **Perichondrium** (geflechtartig straffes Bindegewebe); aus den Fibrozyten differenzieren sich die Chondroblasten => **appositionelles Wachstum**
- Innerhalb des Knorpels teilen sich die Chondroblasten langsam, bevor sie sich zu Chondrozyten differenzieren; dadurch entstehen die isogenen Gruppen => **interstitielles Wachstum**



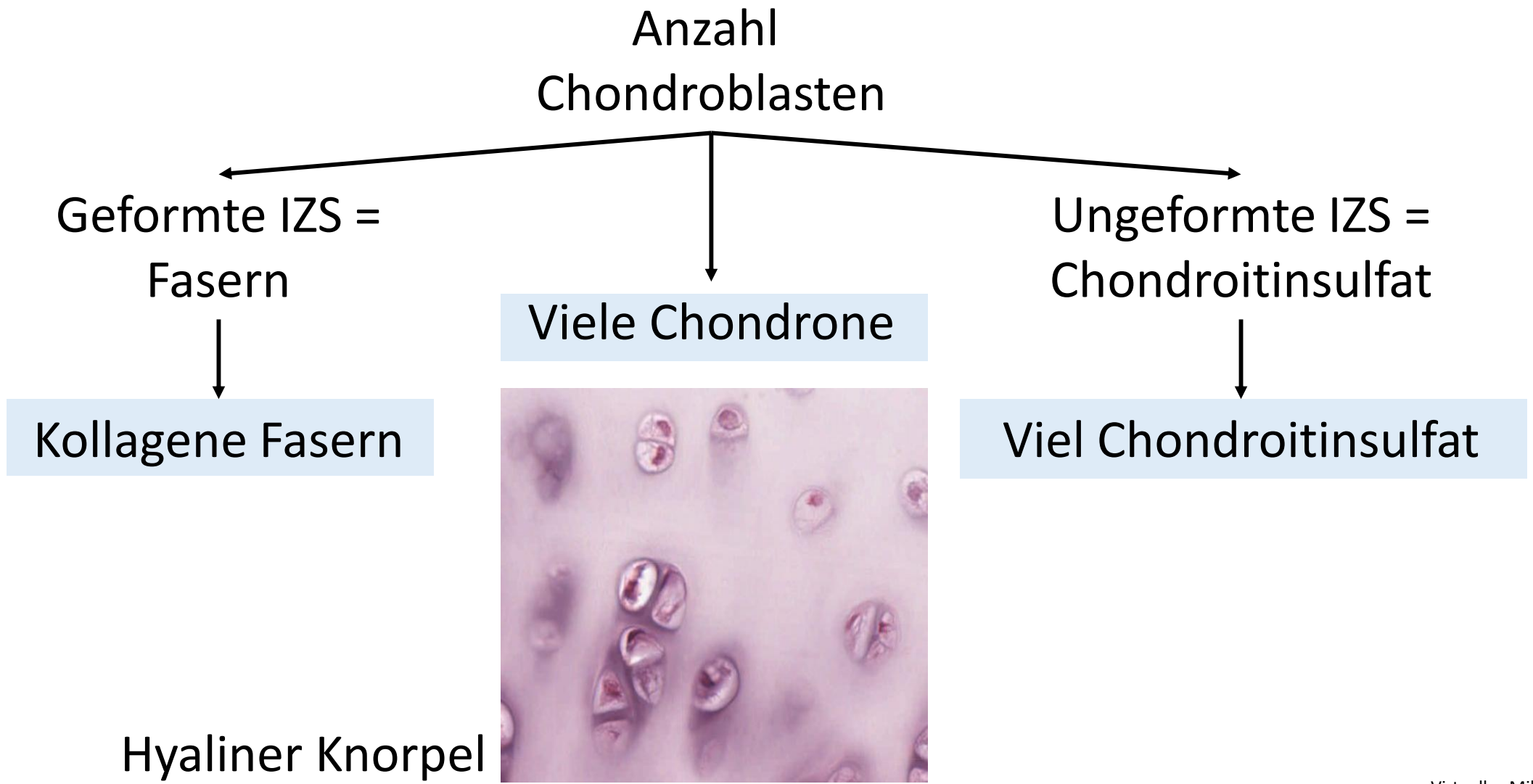


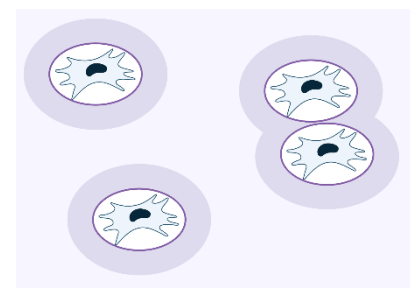
# Knorpeltypen



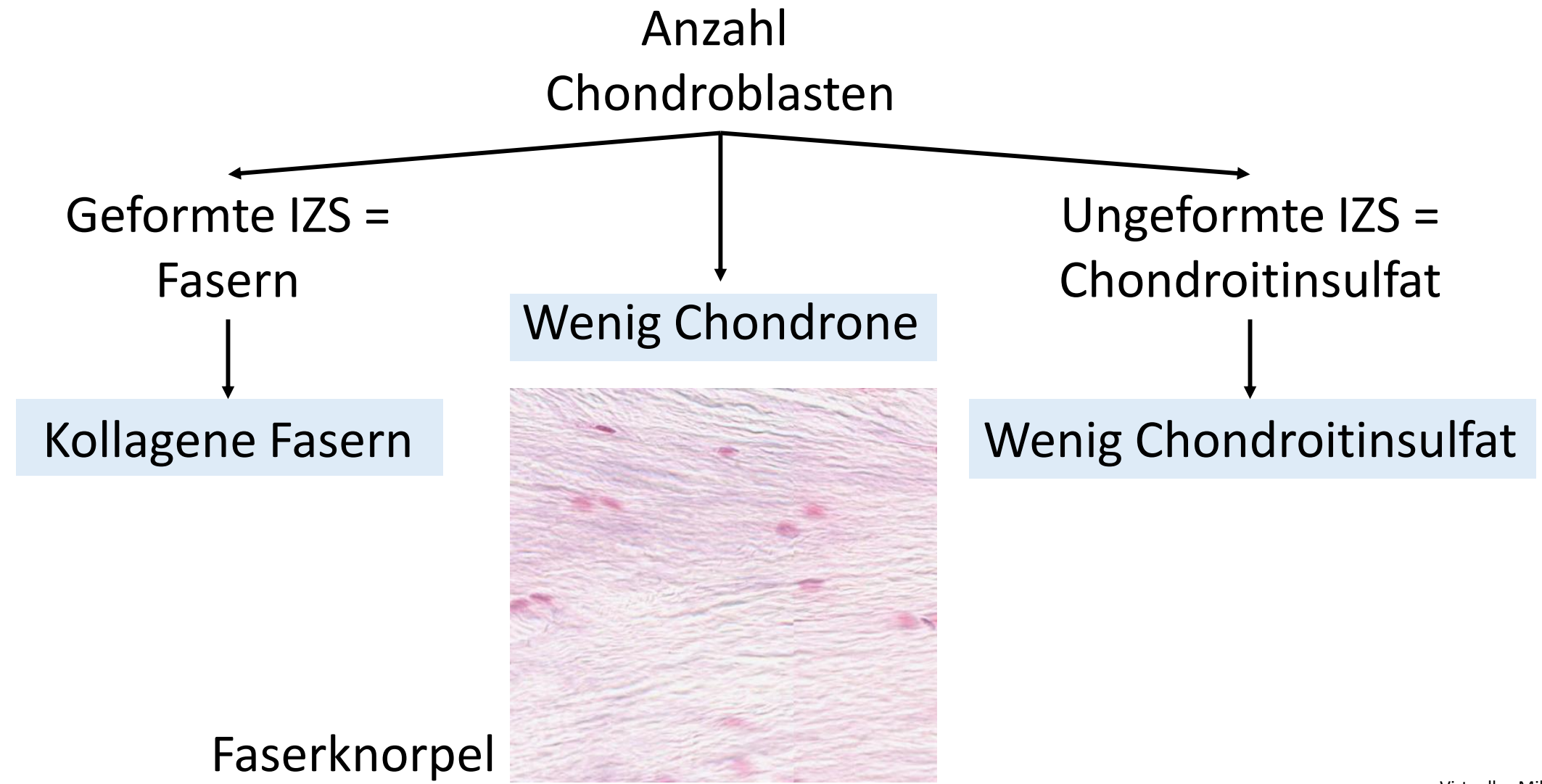


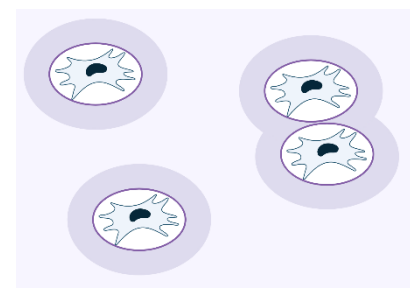
# Knorpeltypen



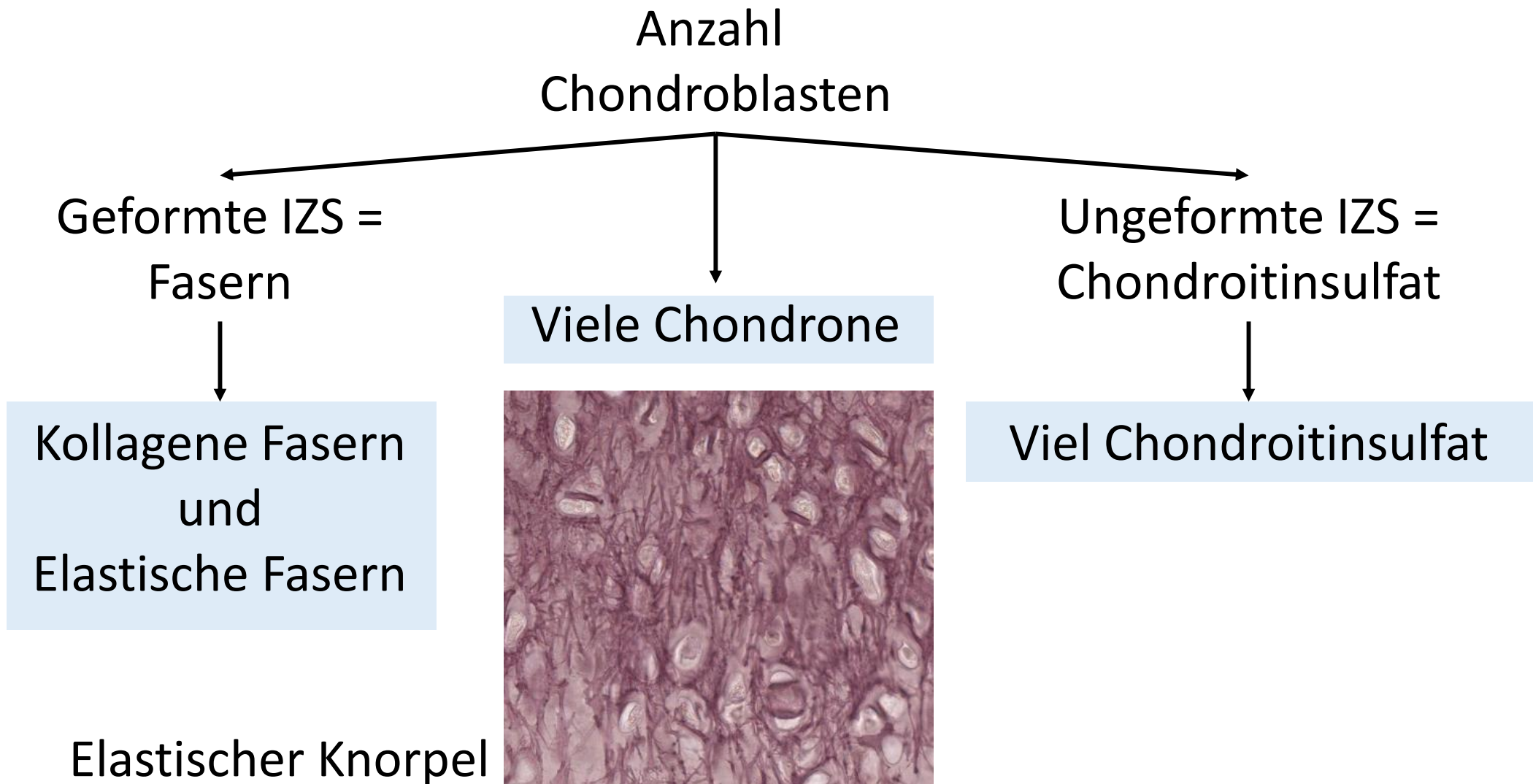


# Knorpeltypen





# Knorpeltypen

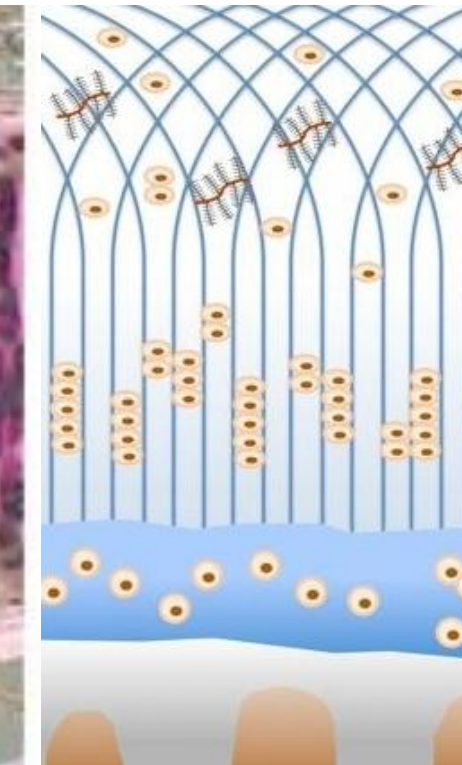
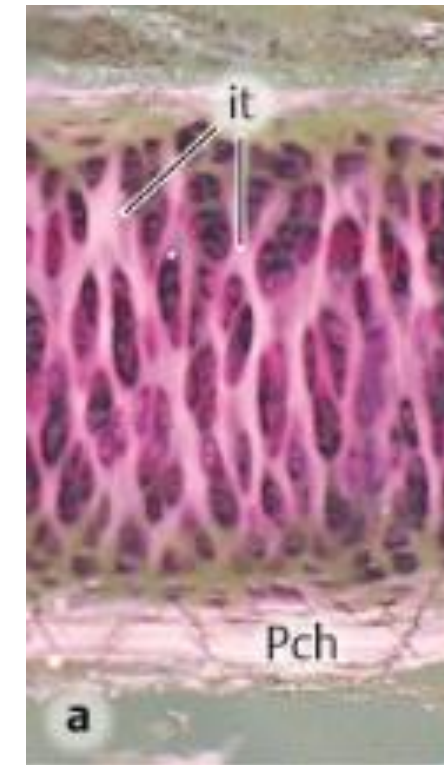
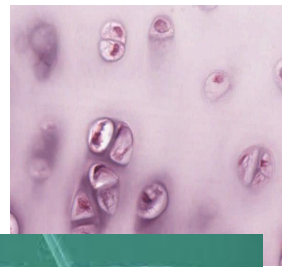
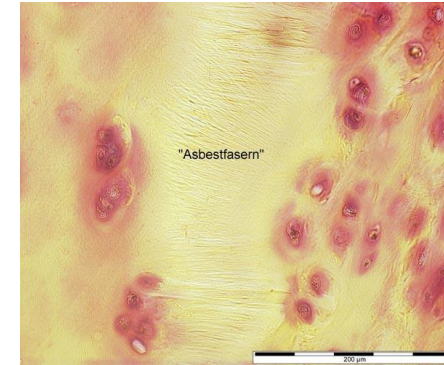




# Hyaliner Knorpel

- Häufigster Knorpeltyp
- „Maskierung“ der kollagenen Fasern durch IZS (**Glasknorpel**) in der HE-Färbung
- Sichtbarmachung durch Reduktion von Chondroitinsulfat (**Asbestfasern**) oder polarisierendes Licht
- Funktion: Stoßdämpfung

**Vorkommen:** Gelenke, Atmungsapparat (Nase bis Lunge)

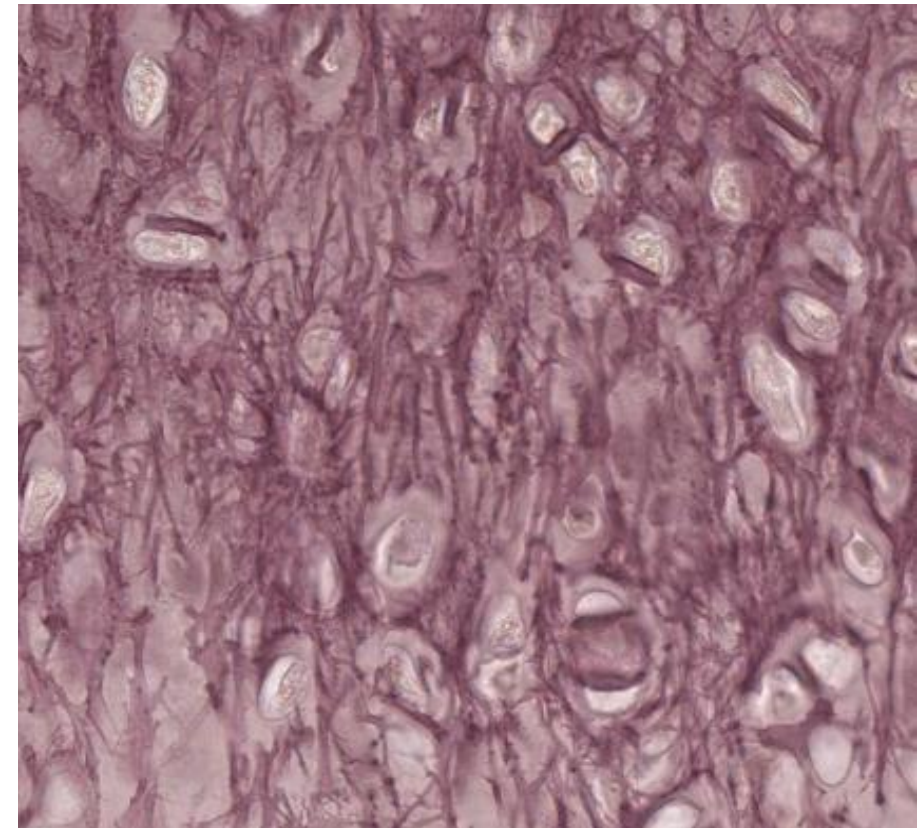
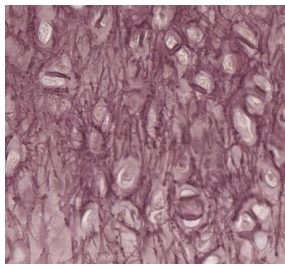




# Elastischer Knorpel

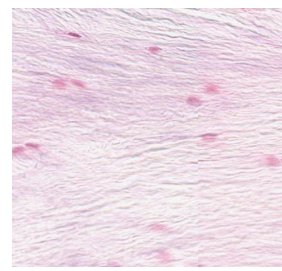
- Seltener als hyaliner Knorpel
- In der HE-Färbung kein Unterschied zu hyalinem Knorpel => elastische Fasern sind nur in einer Spezialfärbung sichtbar!
- Funktion: Stabilität bei hoher Elastizität

**Vorkommen:** Kehledeckel, äußerer Gehörgang, Ohrmuschel, kleine Bronchien

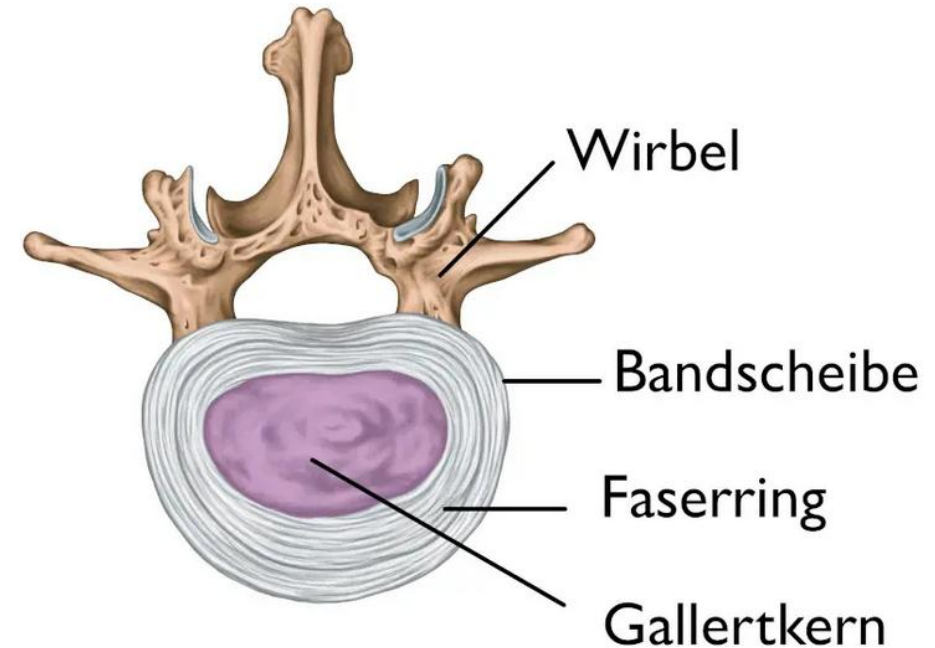




# Faserknorpel



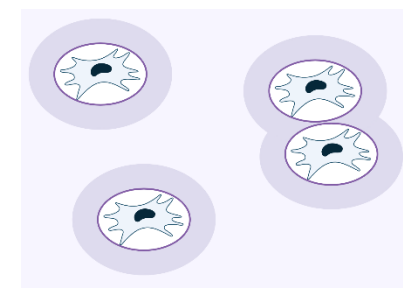
- Seltenster Knorpel
- Kollagene Fasern sind **nicht maskiert**, da der Faserknorpel wenig Chondrone enthält; ordnen sich im Fischgrätmuster an
- Kann aus straffem Bindegewebe entstehen und verknöchern
- Funktion: Stabilität



**Vorkommen:** Menisken, Hufknorpel, Zwischenwirbelscheibe, Beckensymphyse



# Knochen vs. Knorpel



- Im Gegensatz zum Knorpel enthält der Knochen **SEHR VIELE GEFÄSSE**
- Die ungeformte Interzellulärsubstanz des Knochens verknöchert sekundär und ist fest

EIGENSCHAFT	KNORPEL	KNOCHEN
Stoffwechsel	Langsam	Gut
Regeneration	Schlecht/gar nicht	Langsam aber gut
Wachstum	Sehr langsam	Langsam



# Knochengewebe – Grundlegendes

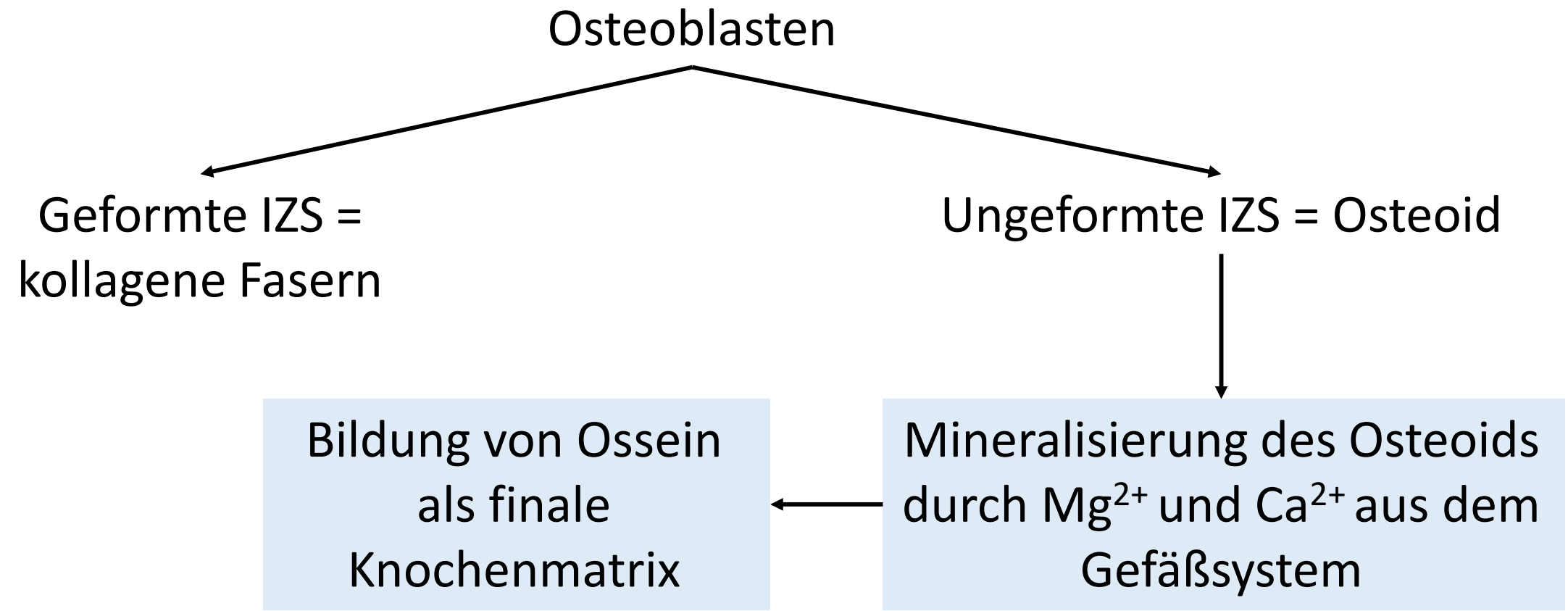


- Im Knochengewebe produzieren **Osteoblasten/-zyten** Fasern und ungeformte IZS
- Im Knochen kommen nur noch kollagene Fasern vor
- Unterscheidung von Faser- und Lamellenknochen
- Knochen entsteht fetal durch die **Ossifikation**, hier wird immer erst Faserknochen gebildet und bei den langen Röhrenknochen sekundär Lamellenknochen





# Knochengewebe

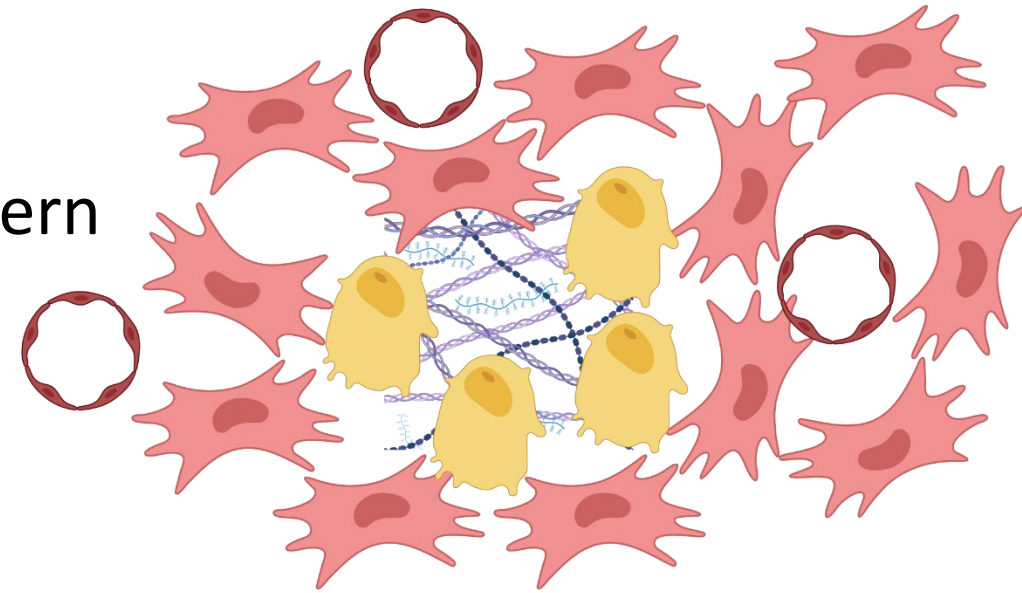




# Knochenentwicklung (Ossifikation)

## Desmale Ossifikation

- Ausgangsmaterial ist Bindegewebe
- Osteoblasten differenzieren sich aus Mesenchymzellen und bilden Kollagenfasern und Osteoid

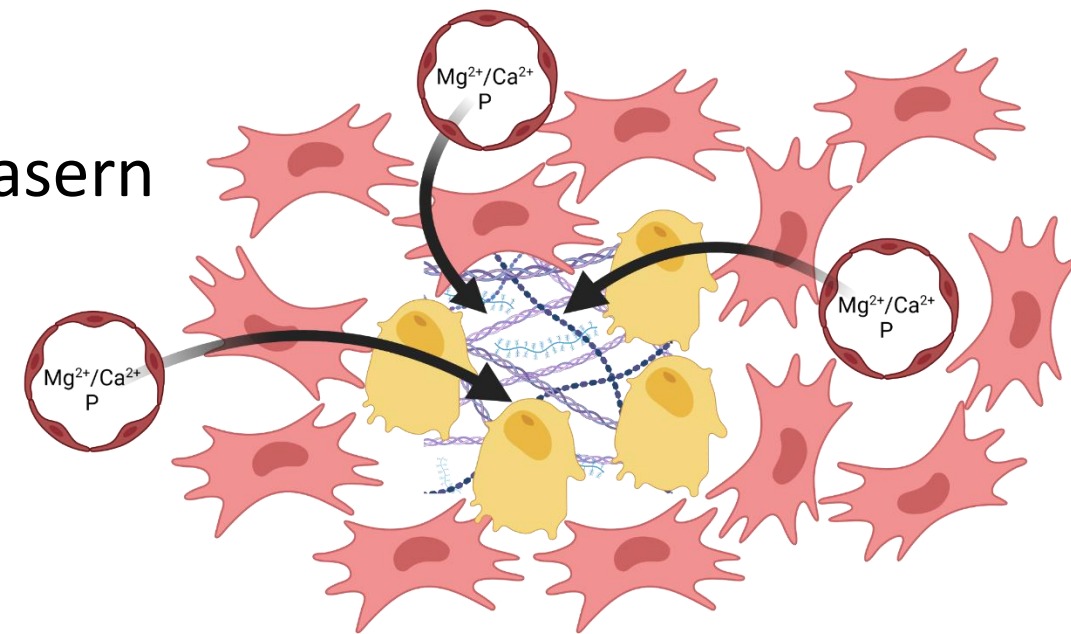




# Knochenentwicklung (Ossifikation)

## Desmale Ossifikation

- Ausgangsmaterial ist Bindegewebe
- Osteoblasten differenzieren sich aus Mesenchymzellen und bilden Kollagenfasern und Osteoid
- Osteoid mineralisiert zu Ossein und „mauert“ die Osteozyten ein

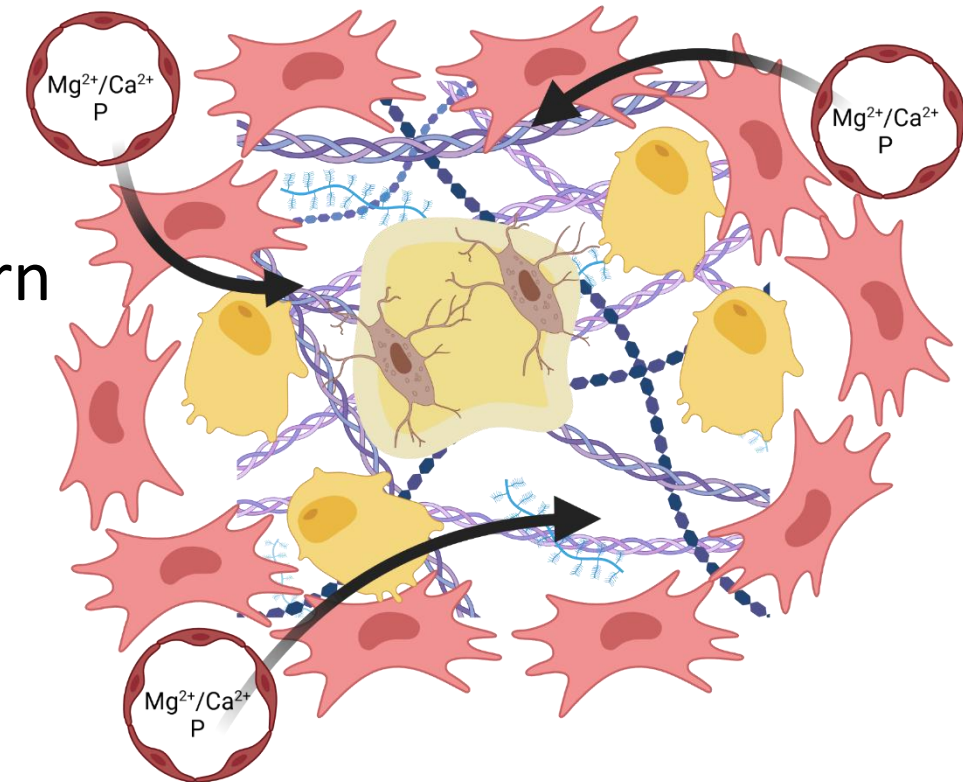




# Knochenentwicklung (Ossifikation)

## Desmale Ossifikation

- Ausgangsmaterial ist Bindegewebe
- Osteoblasten differenzieren sich aus Mesenchymzellen und bilden Kollagenfasern und Osteoid
- Osteoid mineralisiert zu Ossein und „mauert“ die Osteozyten ein

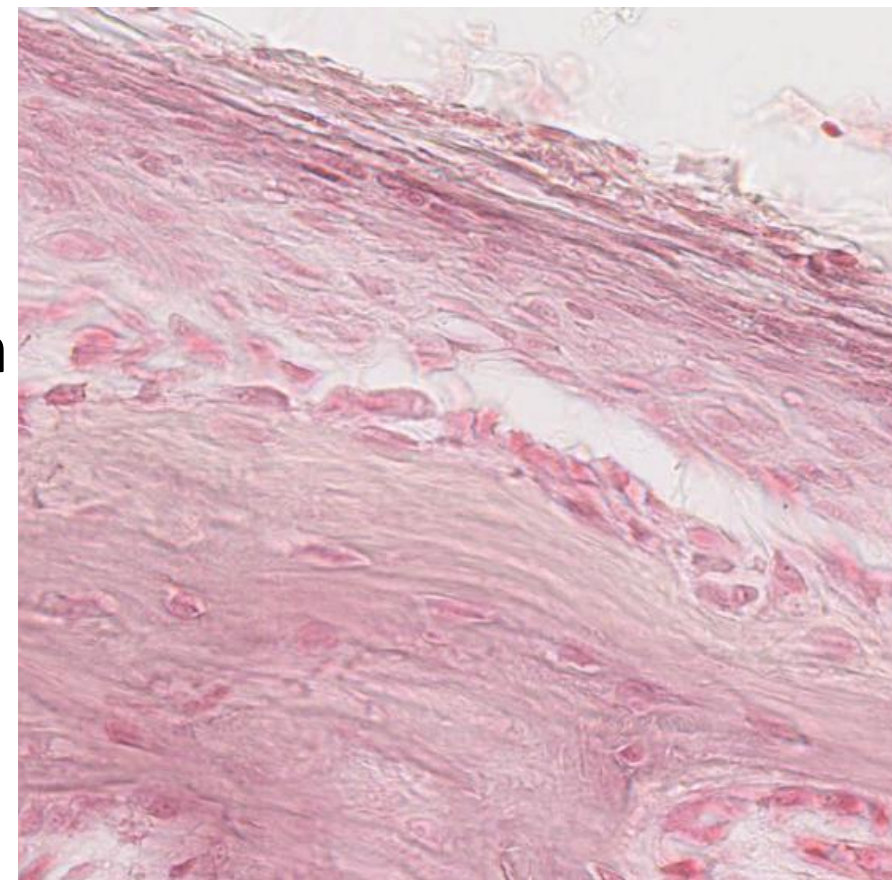




# Knochenentwicklung (Ossifikation)

## Desmale Ossifikation

- Ausgangsmaterial ist Bindegewebe
- Osteoblasten differenzieren sich aus Mesenchymzellen und bilden Kollagenfasern und Osteoid
- Osteoid mineralisiert zu Ossein und „mauert“ die Osteozyten ein
- Faserknochen ist das „finale Produkt“, Vorkommen in platten Knochen

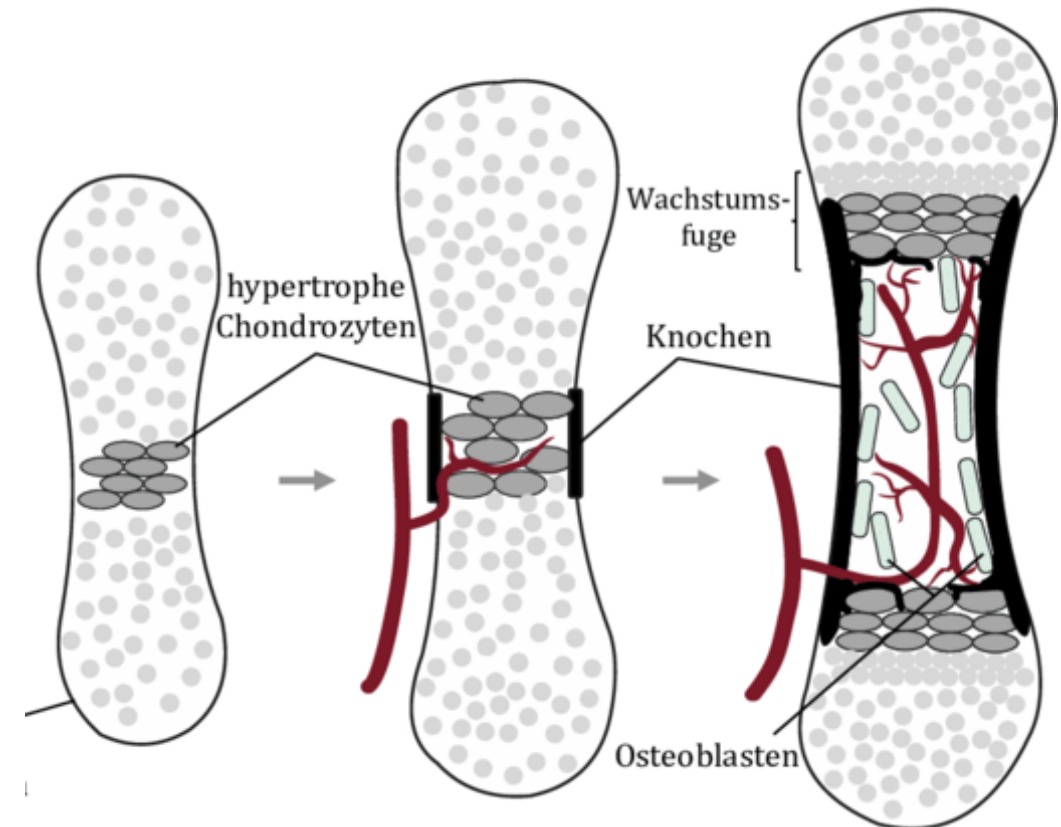




# Knochenentwicklung (Ossifikation)

## Chondrale Ossifikation

- Unterteilung in **peri-** und **enchondrale Ossifikation**
- Kommt an langen Knochen (Röhrenknochen) vor und ermöglicht das Dicken- und Längenwachstum des Knochens
- Entstehender Faserknochen muss sekundär zu **Lamellenknochen** umgebaut werden





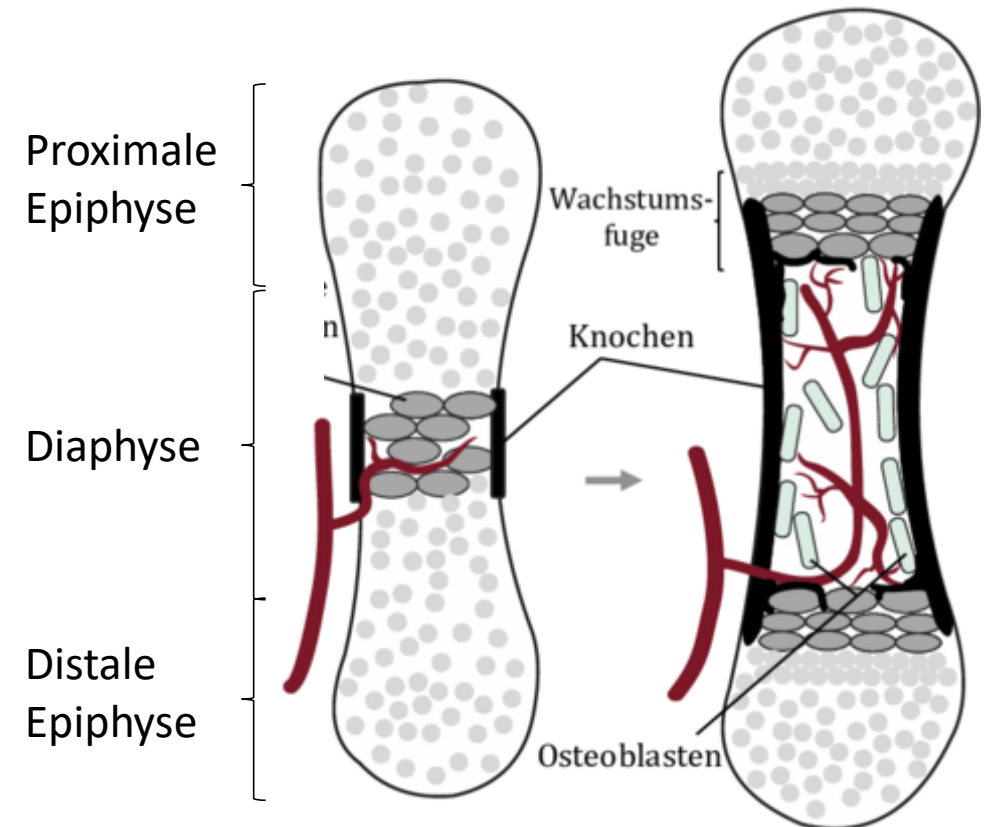
# Perichondrale Ossifikation



- Entspricht der desmalen Ossifikation
- Aus dem **Perichondrium** (wird: **Periost**) des Knorpelmodells differenzieren sich Osteoblasten und es entsteht eine Knochenmanschette um die spätere Diaphyse

**Steigender Druck => Knorpelabbau,  
Gefäßeinsprossung und Entstehung der  
primären Markhöhle**

## Zunahme der Knochen**dicke**

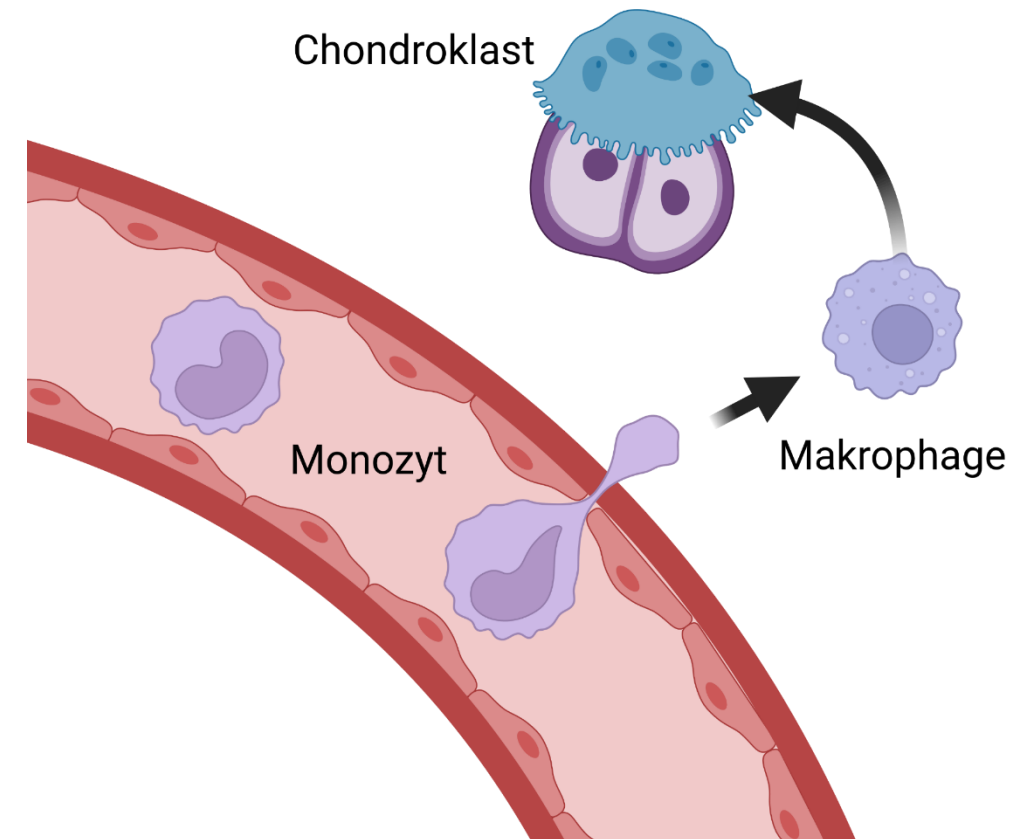




# Exkurs: Knorpelabbau



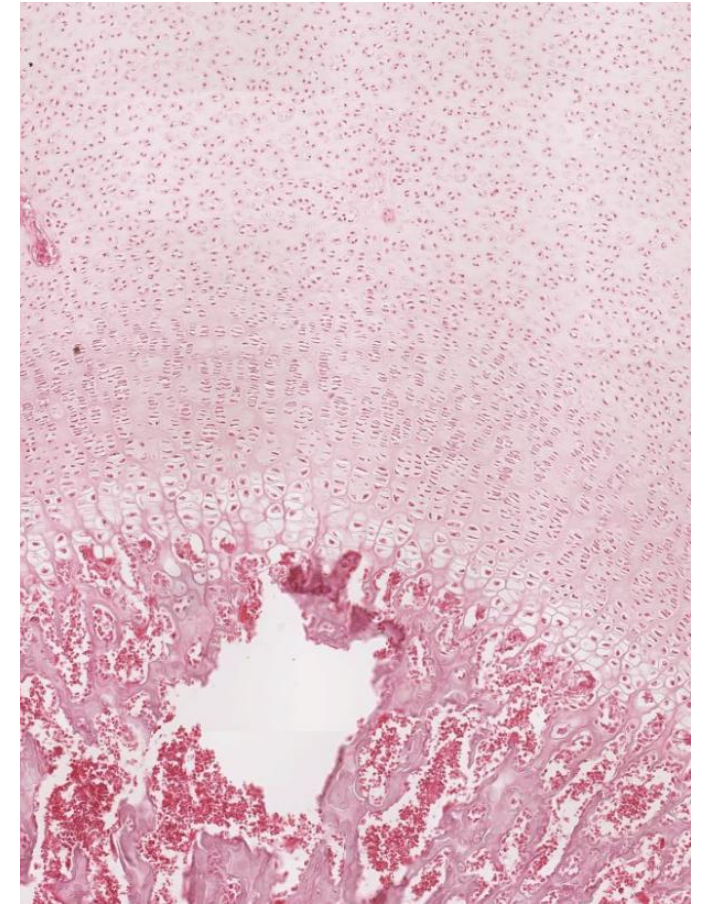
- Mit der Einsprossung der Gefäße erreichen auch Monozyten das Gewebe
- Sie verlassen das Blutgefäß und werden zu Gewebsmakrophagen
- Durch Amitose entstehen die mehrkernigen **Chondroklasten**, die durch saure Enzyme spezifisch kaputtes Knorpelgewebe abbauen





# Enchondrale Ossifikation

- Durch den erhöhten Druck zu den Epiphysen hin geht der Knorpel dort nicht direkt kaputt, sondern bildet verschiedene Zonen
  - Reservezone
  - Zone des Säulenknorpels
  - Zone des Blasenknorpels
  - Eröffnungszone





# Enchondrale Ossifikation



- Durch den erhöhten Druck zu den Epiphysen hin geht der Knorpel dort nicht direkt kaputt, sondern bildet verschiedene Zonen
  - Reservezone
  - Zone des Säulenknorpels
  - Zone des Blasenknorpels
  - Eröffnungszone
  
- Entstehung der **Epiphysenfugen**

## Zunahme der Knochenlänge

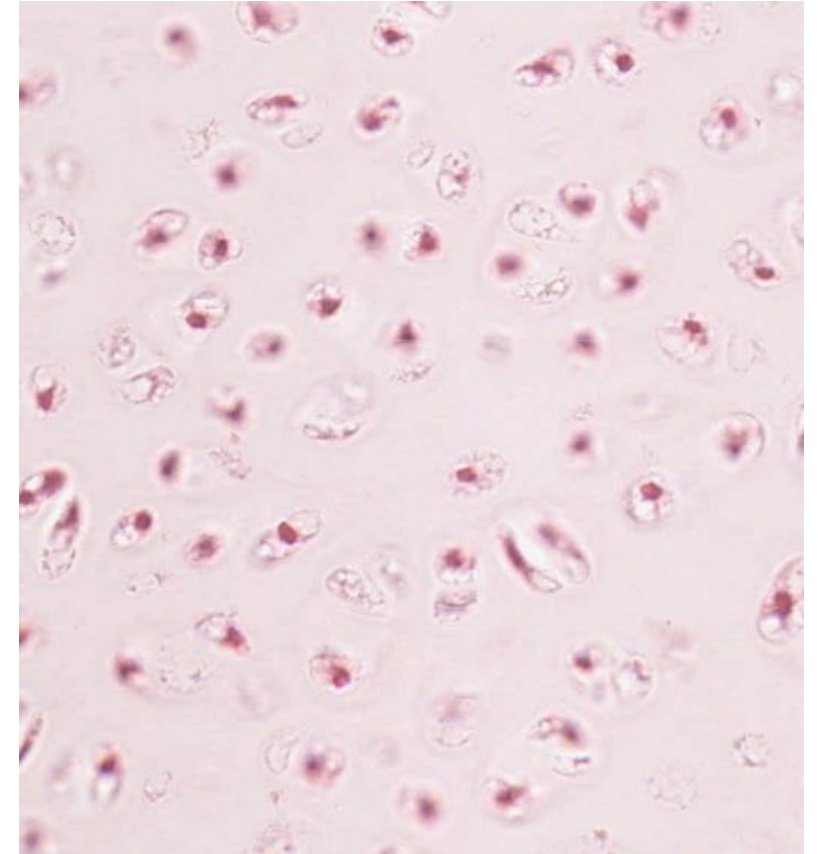




# Enchondrale Ossifikation



- Durch den erhöhten Druck zu den Epiphysen hin geht der Knorpel dort nicht direkt kaputt, sondern bildet verschiedene Zonen
  - **Reservezone:** Normaler hyaliner Knorpel
    - Zone des Säulenknorpels
    - Zone des Blasenknorpels
    - Eröffnungszone



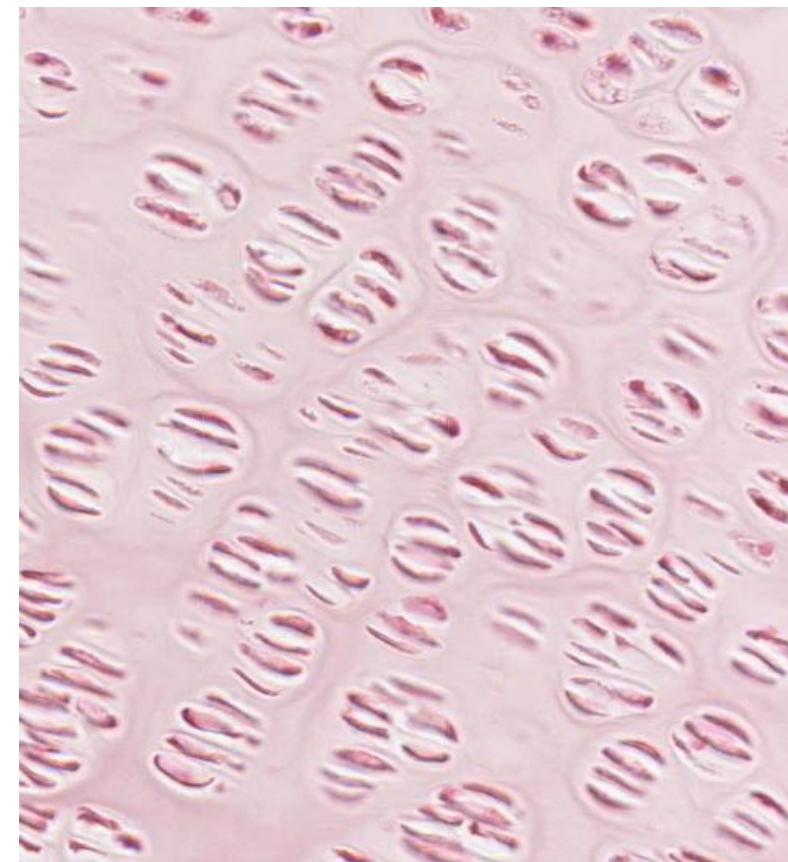


# Enchondrale Ossifikation



- Durch den erhöhten Druck zu den Epiphysen hin geht der Knorpel dort nicht direkt kaputt, sondern bildet verschiedene Zonen

- Reservezone: Normaler hyaliner Knorpel
- **Zone des Säulenknorpels:**  
Anordnung der Chondrone als Säule bzw. Geldrolle (beginnende Degeneration)
- Zone des Blasenknorpels
- Eröffnungszone



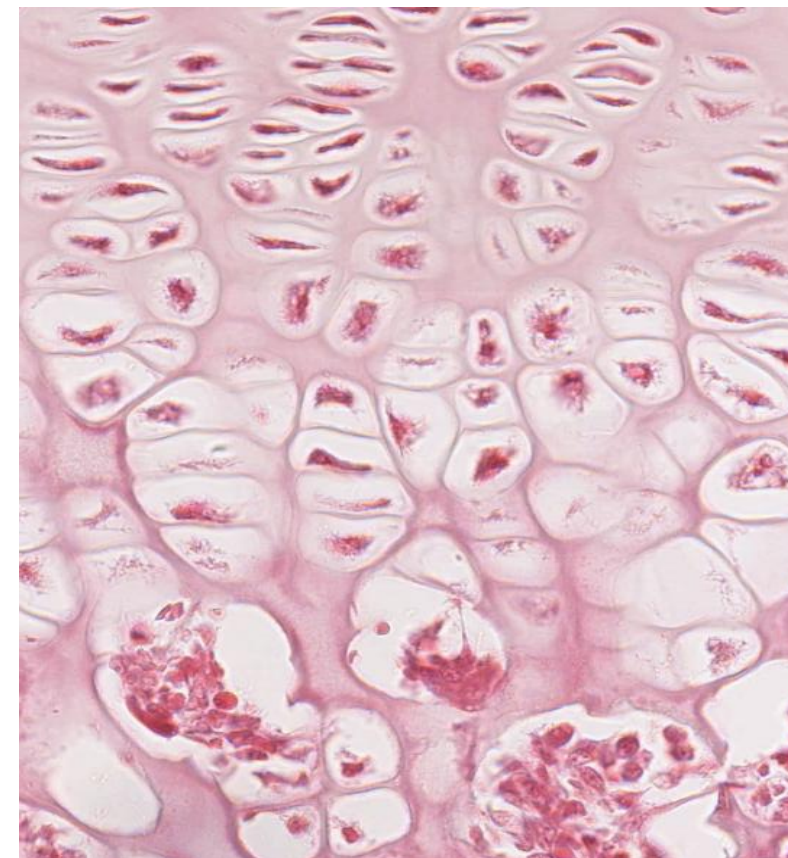


# Enchondrale Ossifikation



- Durch den erhöhten Druck zu den Epiphysen hin geht der Knorpel dort nicht direkt kaputt, sondern bildet verschiedene Zonen

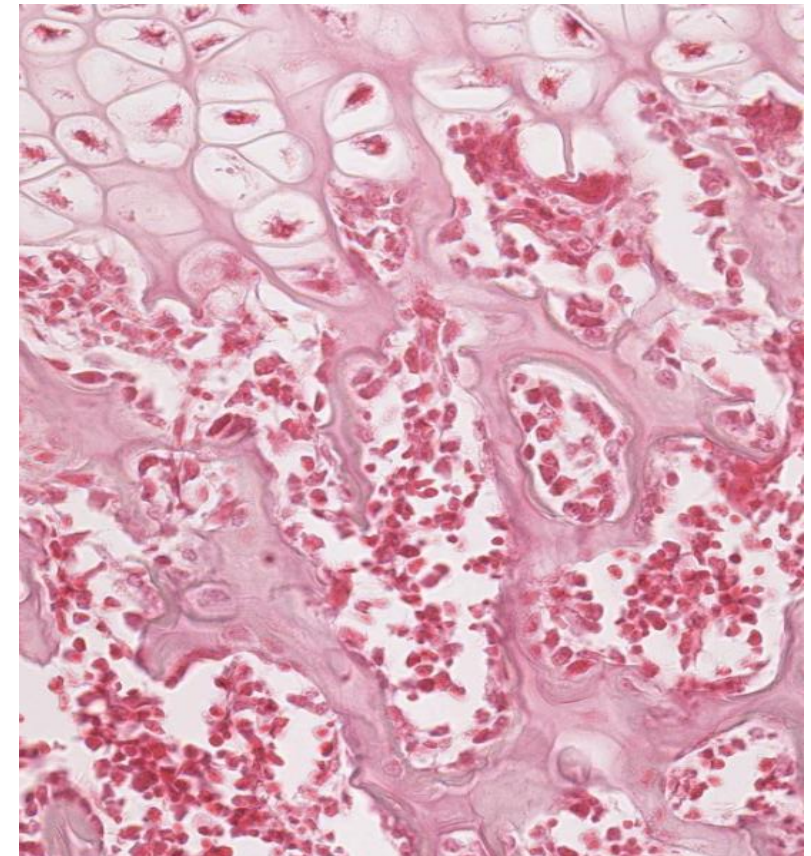
- Reservezone: Normaler hyaliner Knorpel
- Zone des Säulenknorpels: Anordnung der Chondrone als Säule bzw. Geldrolle (beginnende Degeneration)
- **Zone des Blasenknorpels: Fortschreitende Degeneration des Knorpels, Abbau der Chondrone beginnt**
- Eröffnungszone





# Enchondrale Ossifikation

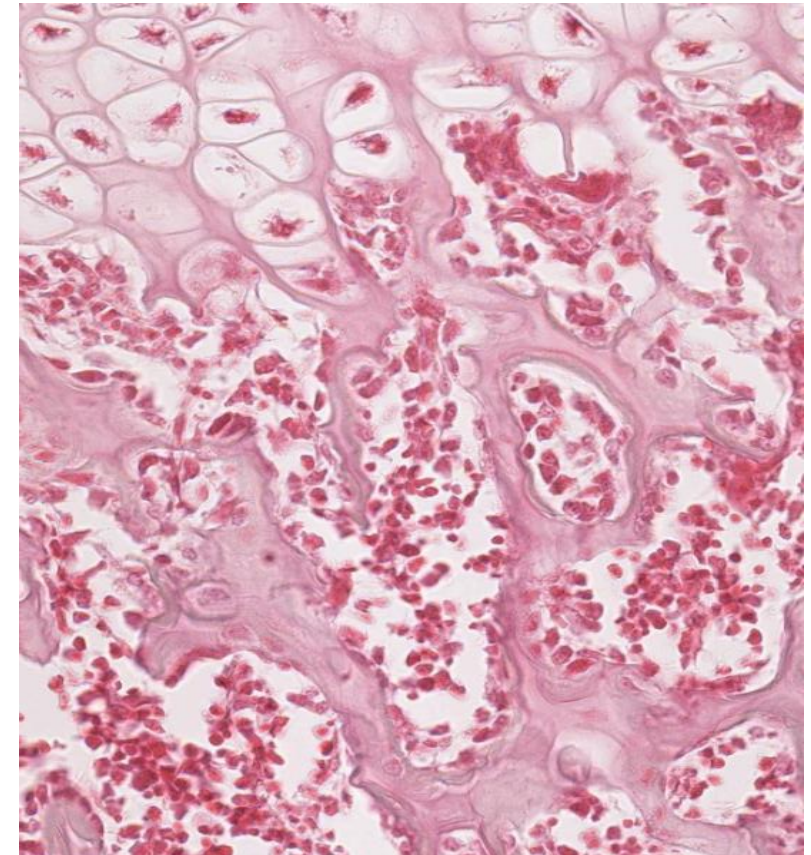
- Durch den erhöhten Druck zu den Epiphysen hin geht der Knorpel dort nicht direkt kaputt, sondern bildet verschiedene Zonen
  - Reservezone: Normaler hyaliner Knorpel
  - Zone des Säulenknorpels: Anordnung der Chondrone als Säule bzw. Geldrolle (beginnende Degeneration)
  - Zone des Blasenknorpels: Fortschreitende Degeneration des Knorpels, Abbau der Chondrone beginnt
- **Eröffnungszone:** Abbau der Chondrone durch Chondroklasten, Aufbau des Faserknochens durch Osteoblasten





# Enchondrale Ossifikation

- Durch den erhöhten Druck zu den Epiphysen hin geht der Knorpel dort nicht direkt kaputt, sondern bildet verschiedene Zonen
  - Reservezone: Normaler hyaliner Knorpel
  - Zone des Säulenknorpels: Anordnung der Chondrone als Säule bzw. Geldrolle (beginnende Degeneration)
  - Zone des Blasenknorpels: Fortschreitende Degeneration des Knorpels, Abbau der Chondrone beginnt
- **Eröffnungszone:** Abbau der Chondrone durch Chondroklasten, Aufbau des Faserknochens durch Osteoblasten

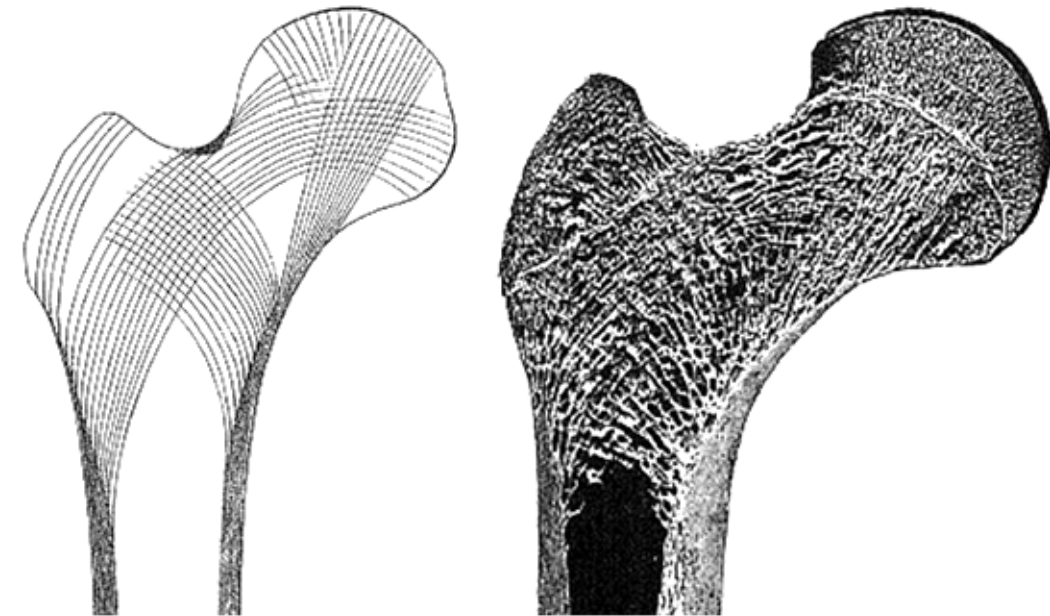




# Lamellenknochen



- Lamellenknochen ist deutlich organisierter als Faserknochen
- Durch die Anordnung von kollagenen Fasern in Lamellen entsteht ein sehr stabiles, aber auch flexibles Knochengewebe
- Kommt in den Röhrenknochen und den Wirbeln vor
- Wird zeitlebens ab-, um- und aufgebaut





# Lamellenknochen

- Die funktionelle Grundeinheit ist das **Osteon**, es besteht aus:
  - Haverskanal mit -gefäß
  - Speziallamellen mit „eingemauerten“ Osteozyten, durch Knochenkanälchen (**Canaliculi ossei**) verbunden

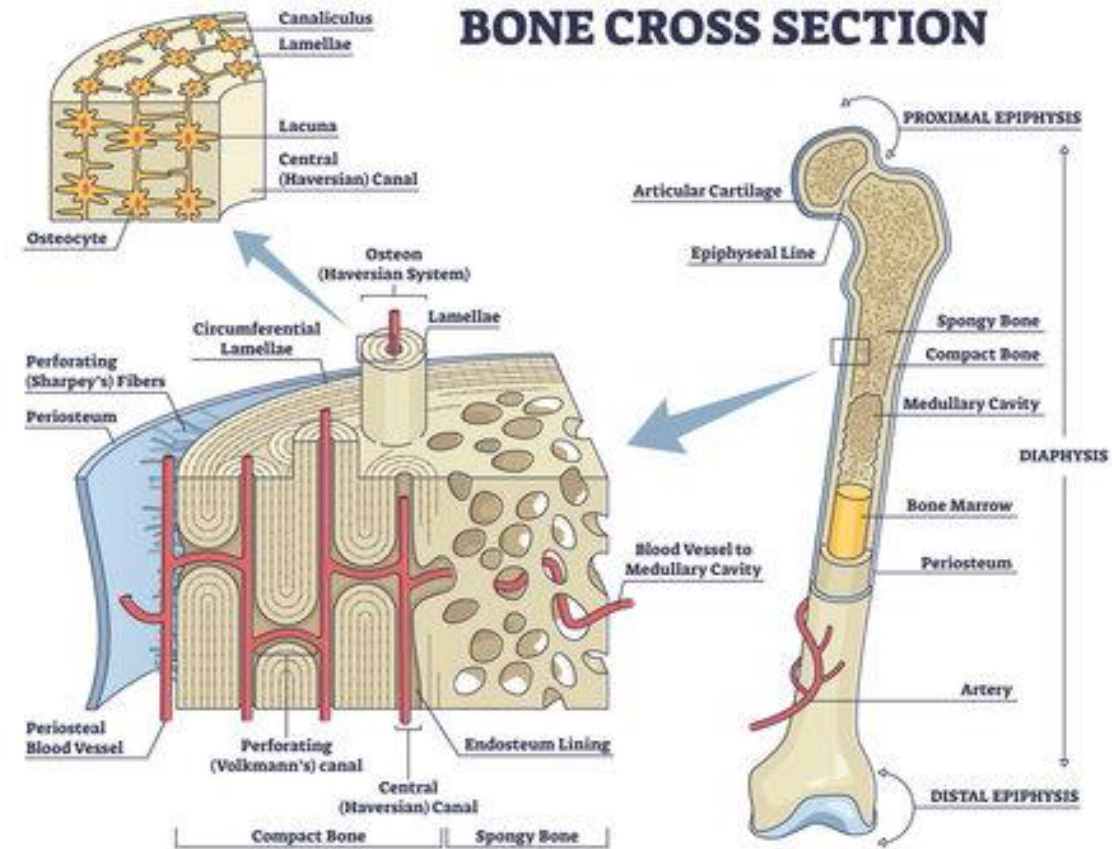




# Lamellenknochen



- Die funktionelle Grundeinheit ist das **Osteon**, es besteht aus:
  - Haverskanal mit -gefäß
  - Speziallamellen mit „eingemauerten“ Osteozyten, durch Knochenkanälchen (**Canaliculi ossei**) verbunden
- Volkman-Kanäle kommen vom Periost umgebenden Bindegewebe und ziehen quer von Osteon zu Osteon

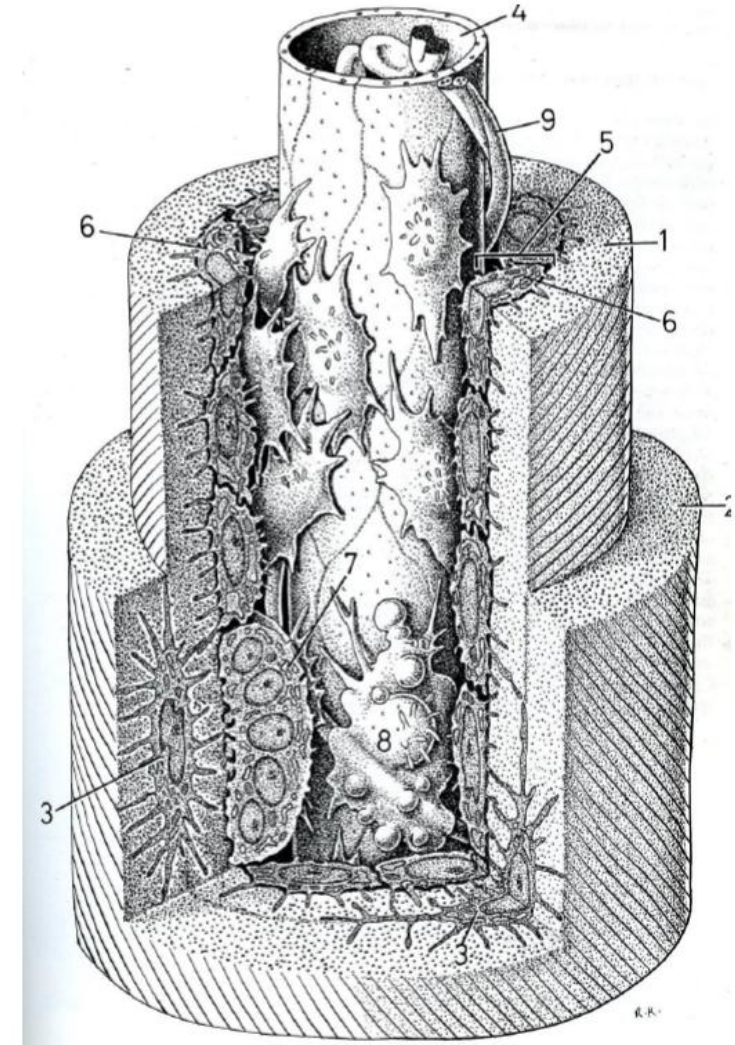




# Lamellenknochen



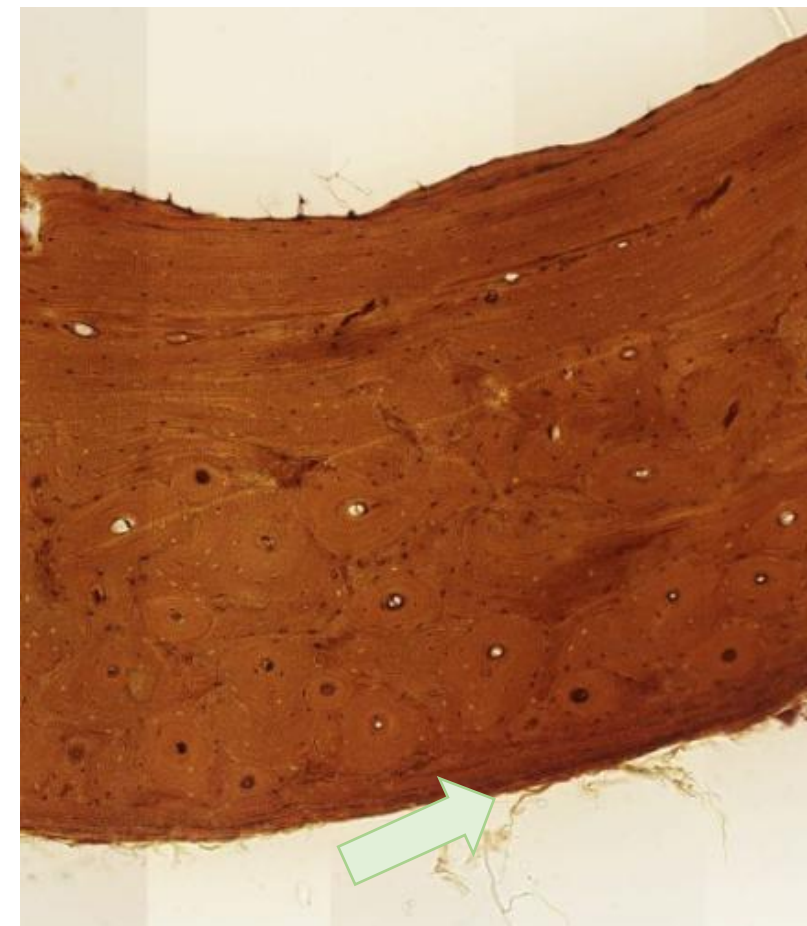
- Die funktionelle Grundeinheit ist das **Osteon**, es besteht aus:
  - Haverskanal mit -gefäß
  - Speziallamellen mit „eingemauerten“ Osteozyten, durch Knochenkanälchen (**Canaliculi ossei**) verbunden
- Volkmann-Kanäle kommen vom Periost umgebenden Bindegewebe und ziehen quer von Osteon zu Osteon





# Lamellenknochen

- Der Aufbau des Knochenschaftes im Bereich der Diaphyse zeigt einen spezifischen Aufbau von außen nach innen:
  - Periost
  - Äußere Grundlamelle (parallel)
  - Innere Schicht mit Osteonen und Schaltlamellen (radiär)
  - Innere Grundlamelle (parallel)
  - Endost
  - Markhöhle

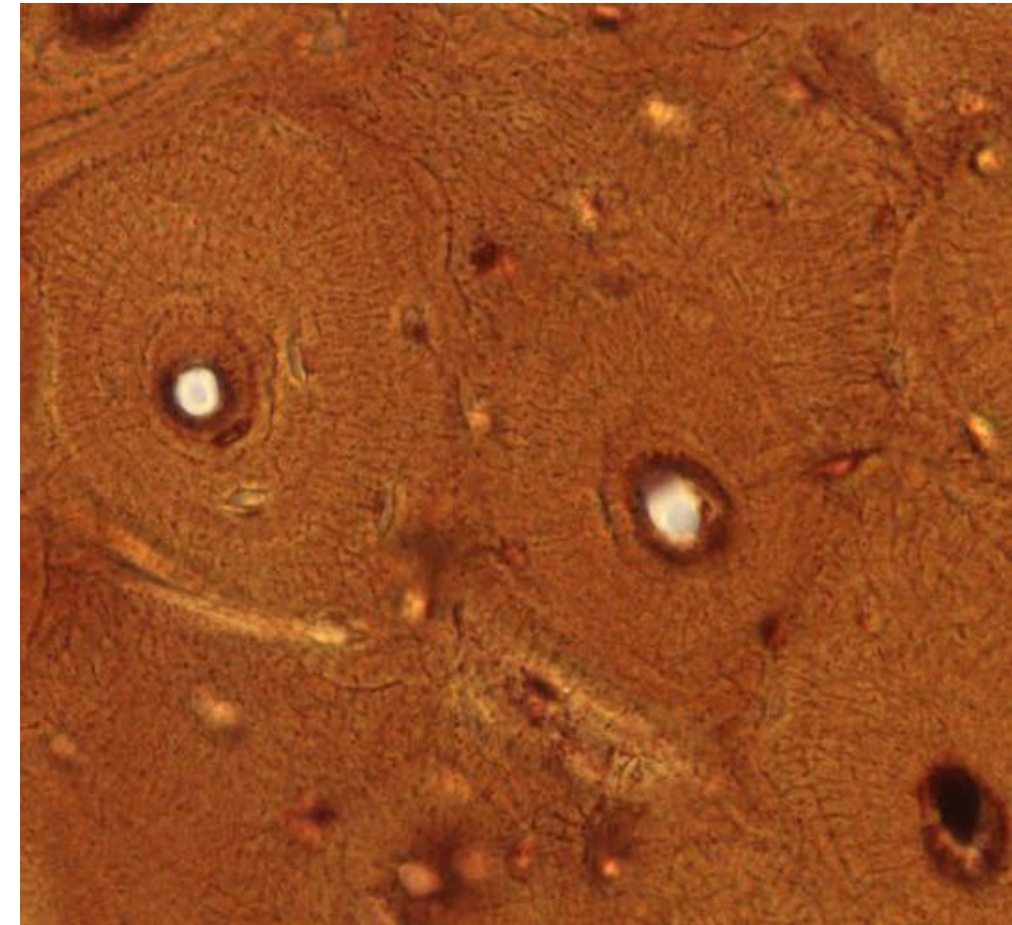




# Lamellenknochen



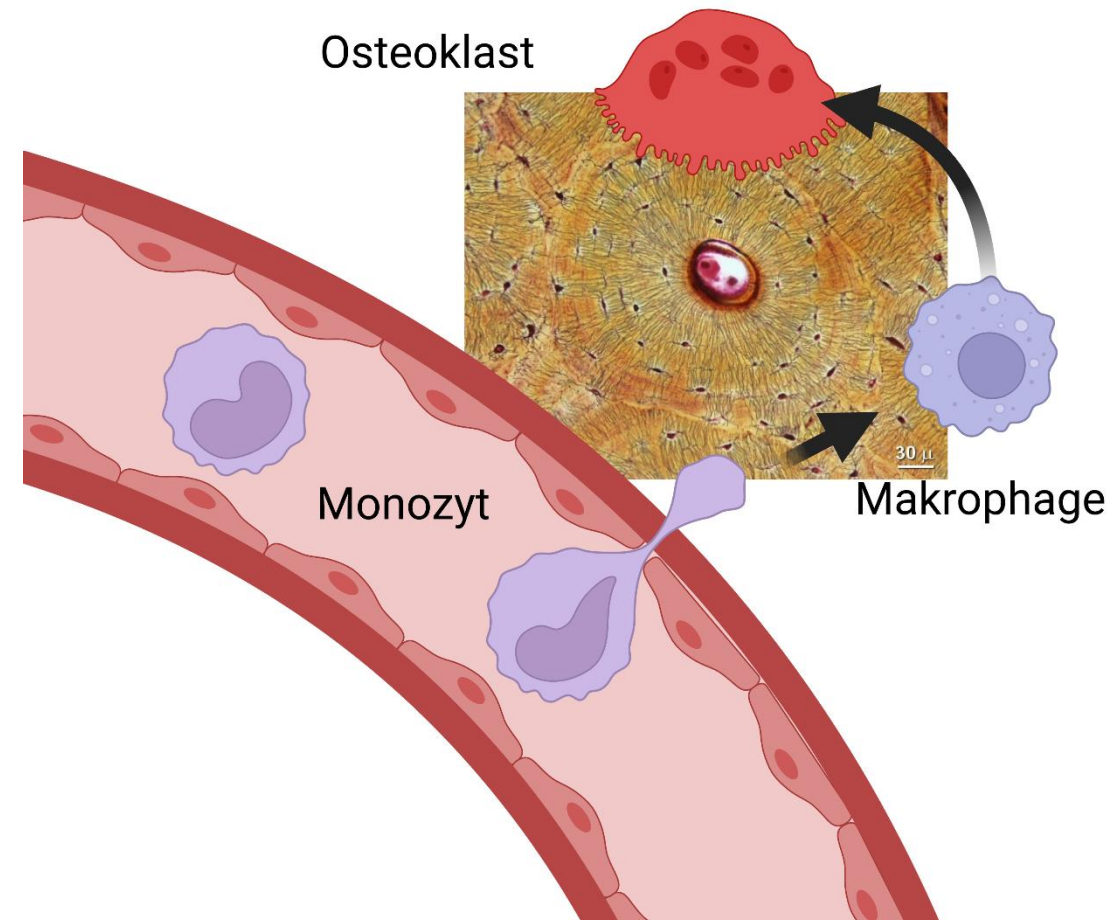
- Der Aufbau des Knochenschaftes im Bereich der Diaphyse zeigt einen spezifischen Aufbau von außen nach innen:
  - Periost
  - Äußere Grundlamelle (parallel)
  - **Innere Schicht mit Osteonen und Schaltlamellen (radiär)**
  - Innere Grundlamelle (parallel)
  - Endost
  - Markhöhle





# Exkurs: Knochenabbau

- Durch die extrem gute Blutversorgung des Knochens gelangen ebenfalls Makrophagen in das Gewebe
- Sie differenzieren sich zu **Osteoklasten**, die ebenfalls saure Enzyme zum Knochenabbau produzieren

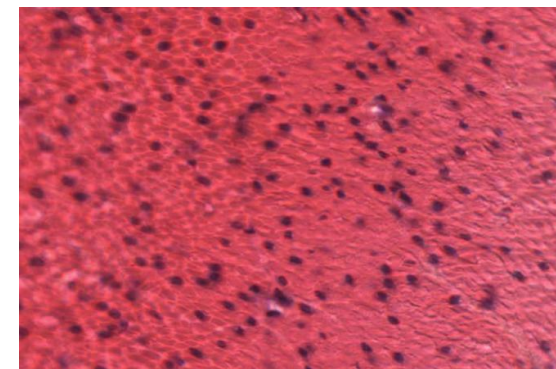
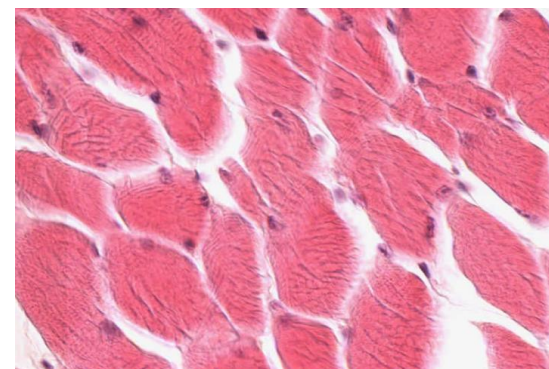
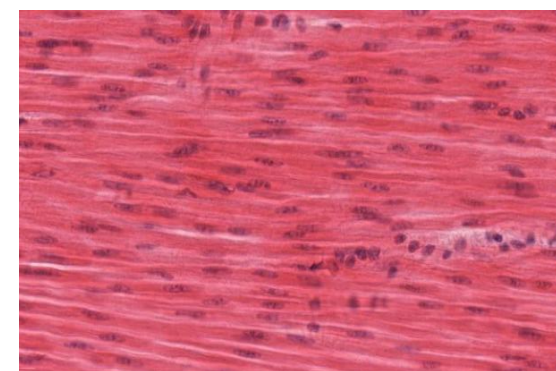
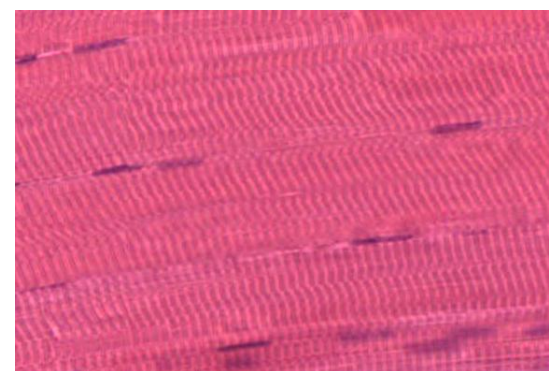




# Muskelgewebe – Definition

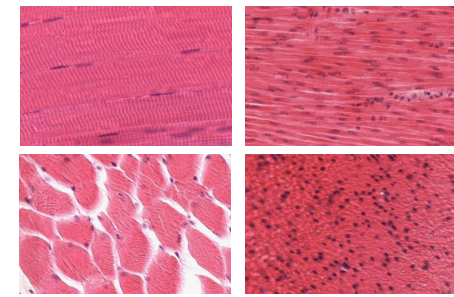
**Muskelgewebe sind Verbände gleichartig differenzierter Zellen, die zu einer Kontraktion fähig sind**

- Kontraktion wird durch Myofilamente (Aktin und Myosin II) vermittelt
- Einteilung in quergestreifte und glatte Muskulatur
- Gute Durchblutung, aber schlechte bis keine Regeneration

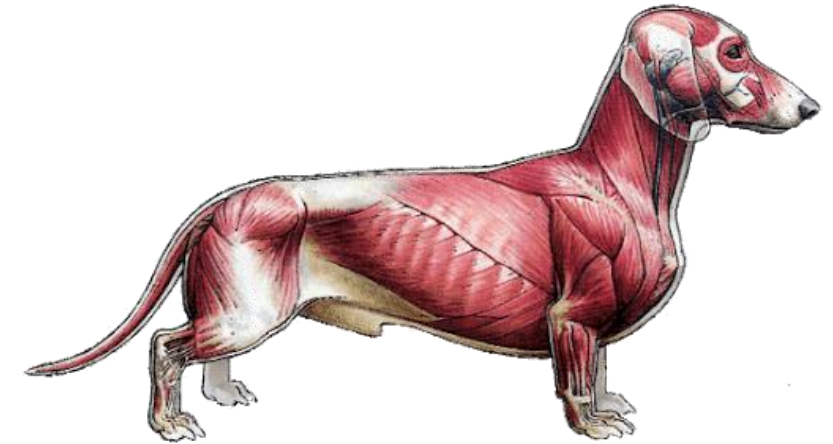




# Muskelgewebe – Einteilung

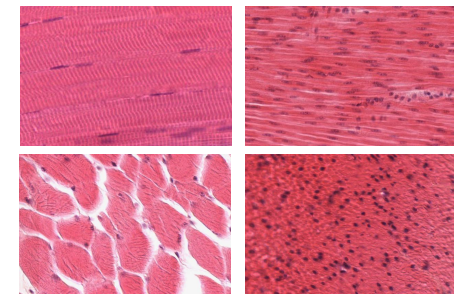


- Quergestreifte Muskulatur wird noch mal eingeteilt in **Skelett-** und **Herzmuskulatur**
- Skelettmuskulatur: Aktiver Bewegungsapparat; willkürlich steuerbar

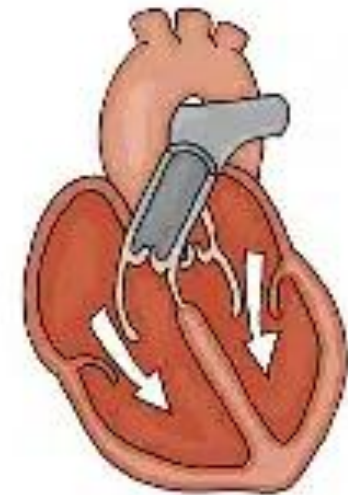




# Muskelgewebe – Einteilung



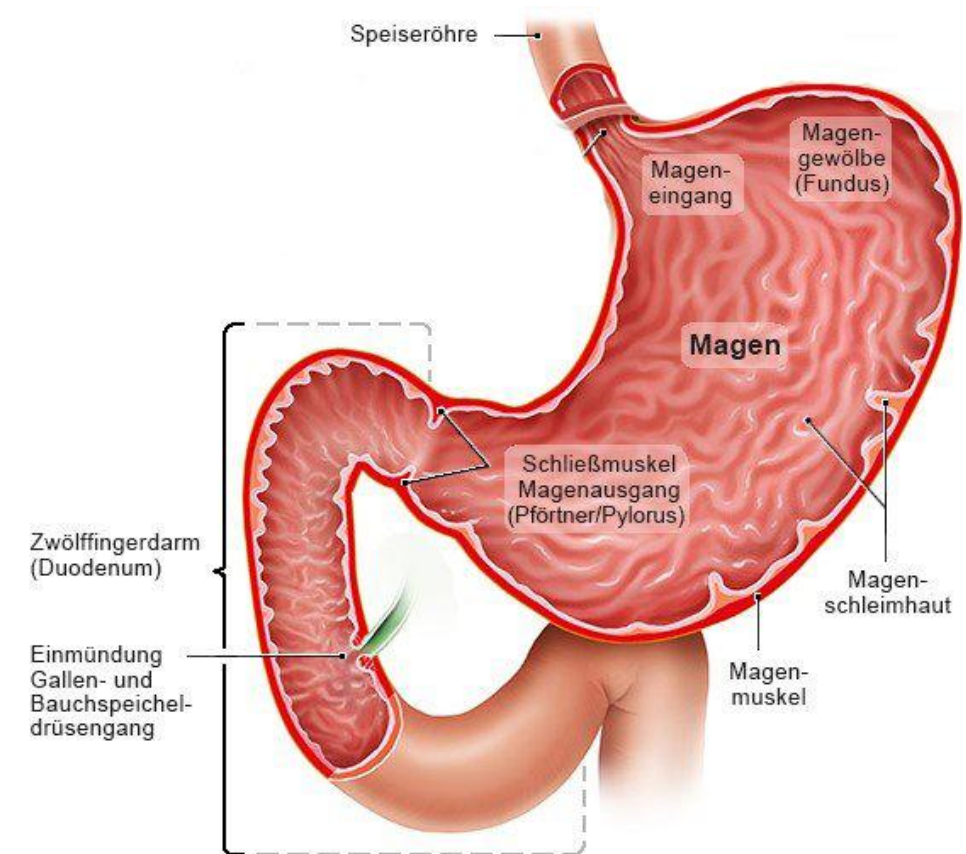
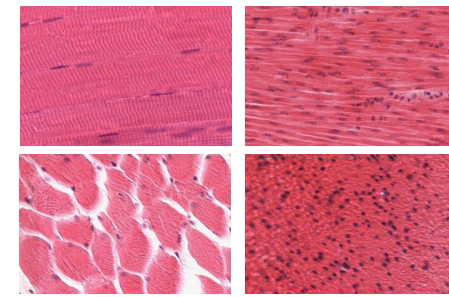
- Quergestreifte Muskulatur wird noch mal eingeteilt in **Skelett-** und **Herzmuskulatur**
- Skelettmuskulatur: Aktiver Bewegungsapparat; willkürlich steuerbar
- Herzmuskulatur: Nur im Herz; nicht willkürlich steuerbar

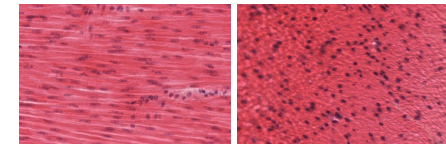




# Muskelgewebe – Einteilung

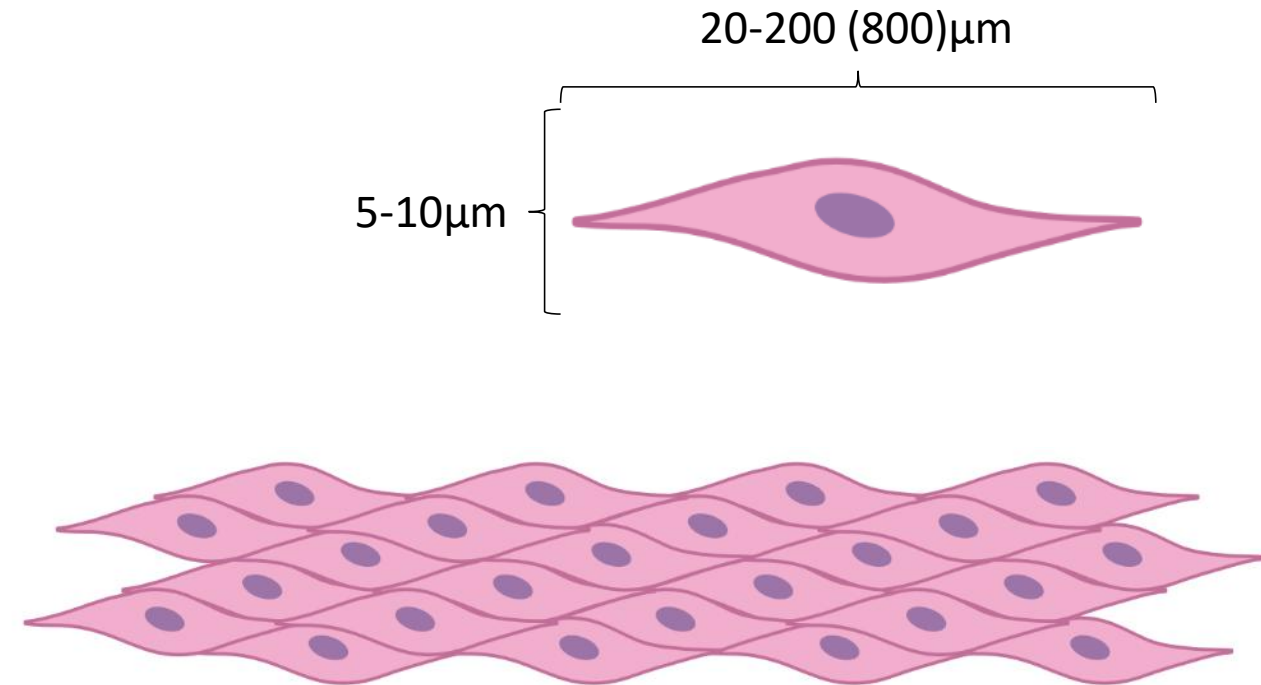
- Quergestreifte Muskulatur wird noch mal eingeteilt in **Skelett-** und **Herzmuskulatur**
- Skelettmuskulatur: Aktiver Bewegungsapparat; willkürlich steuerbar
- Herzmuskulatur: Nur im Herz; nicht willkürlich steuerbar
- Glatte Muskulatur: In Organen, Haut, Gefäßen; nicht willkürlich steuerbar





# Glatte Muskulatur – Aufbau

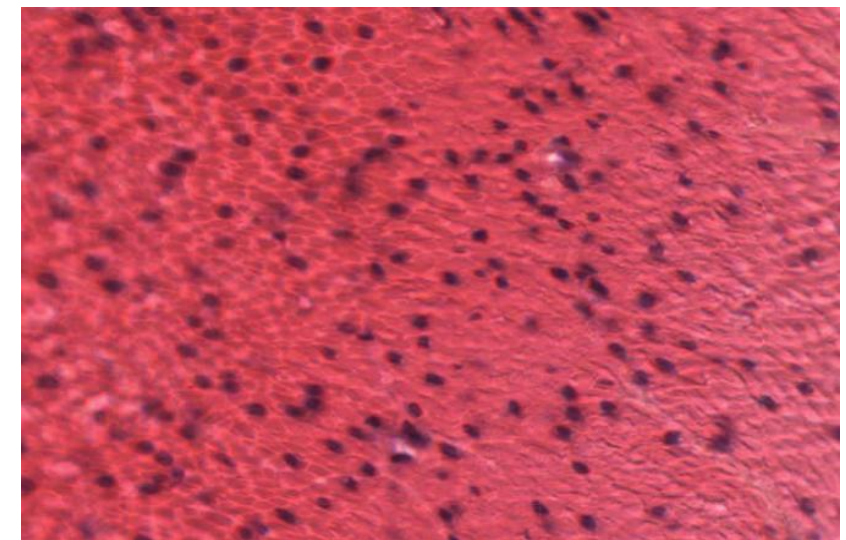
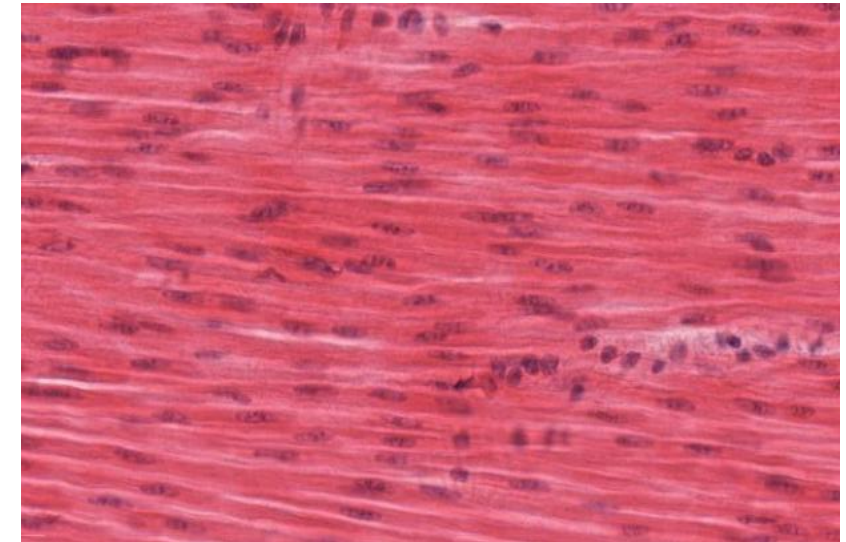
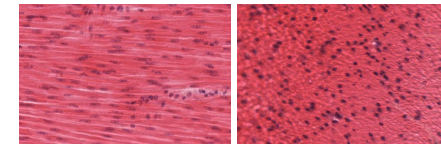
- Spindelförmige Zellen mit **einem zentralen Zellkern**
- Bilden meist dicht aneinander, bilden Schichten, Faserbündel oder gitterartige Systeme
- Elektrische Kopplung über **Gap junctions** (single unit) oder agieren einzeln (multi unit)

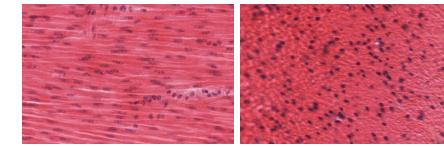




# Glatte Muskulatur – Aufbau

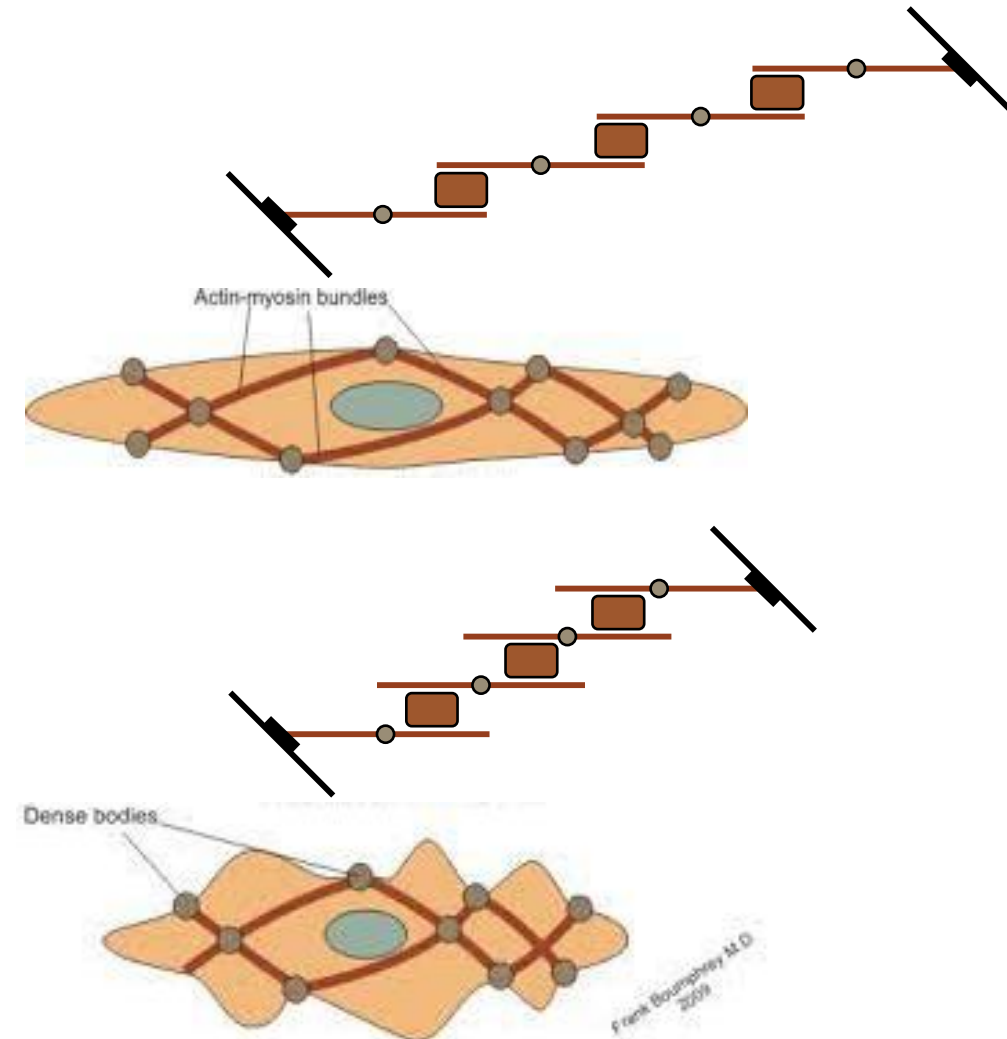
- Spindelförmige Zellen mit **einem zentralen Zellkern**
- Bilden meist dicht aneinander, bilden Schichten, Faserbündel oder gitterartige Systeme
- Elektrische Kopplung über **Gap junctions** (single unit) oder agieren einzeln (multi unit)

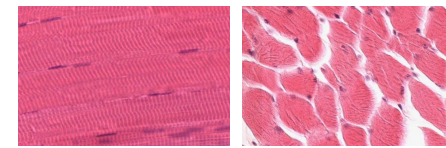




# Glatte Muskulatur – Kontraktion

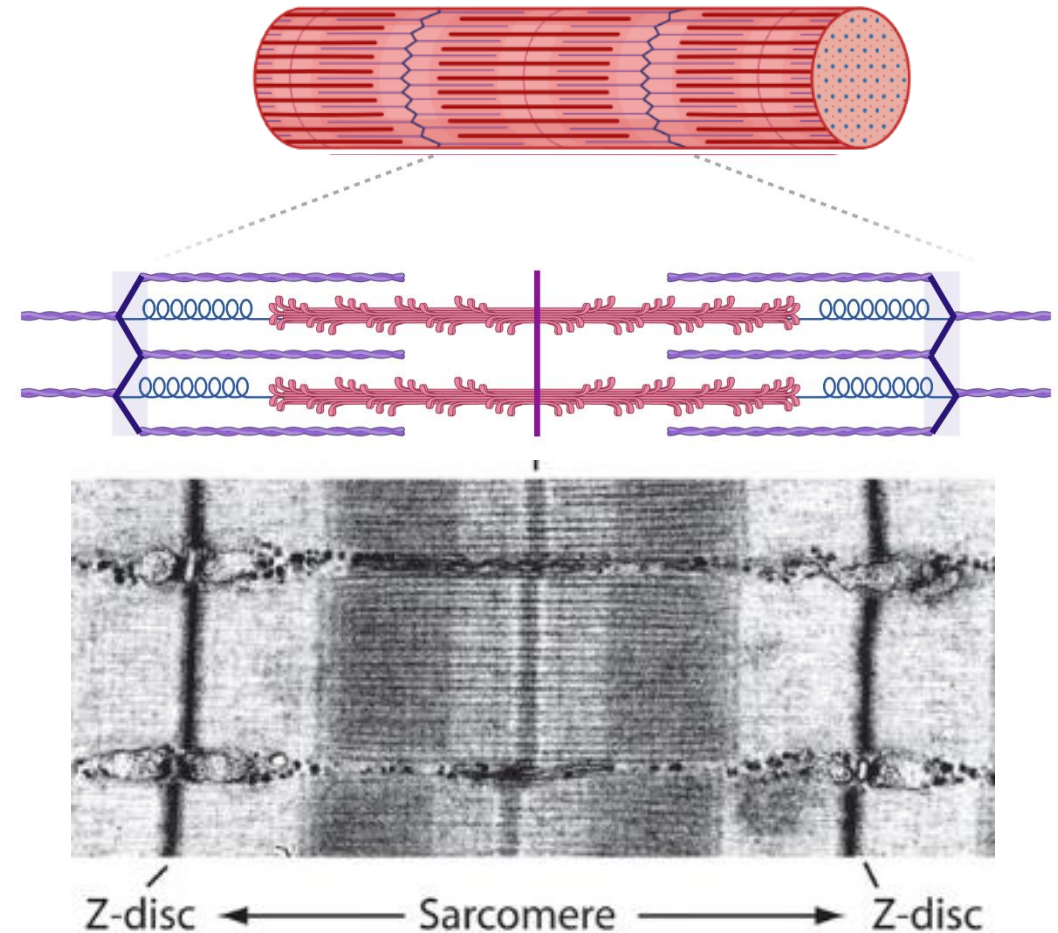
- Myofilamente sind über **dense bodies** befestigt und liegen ungeordnet (= glatt) in der Zelle vor
- Ausgeprägtes Zytoskelett aus Desmin (Intermediärfilament) und zytoskelettalem Aktin
- Kontraktion langsam und anhaltend (**Muskeltonus**)
- Innerviert vom **vegetativen Nervensystem**

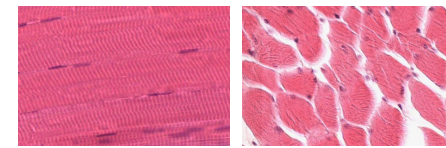




# Quergestreifte Muskulatur – Aufbau

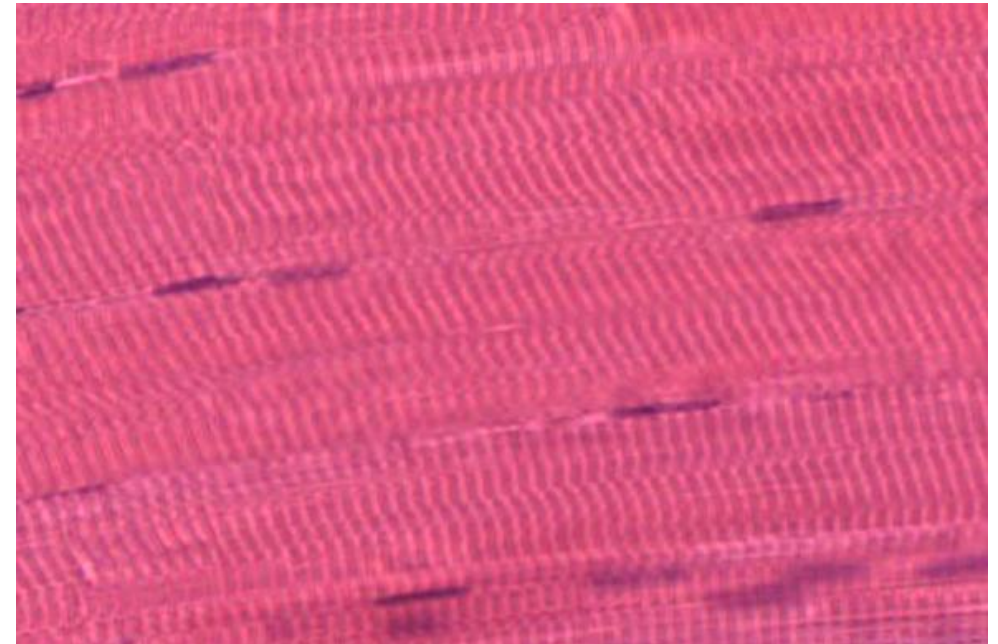
- Aktin- und Myosinfilamente sind bei der quergestreiften Muskulatur in **Sarkomeren** angeordnet
- Das Sarkomer reicht von Z-Scheibe zu Z-Scheibe und ist in den Myofibrillen aneinander gereiht

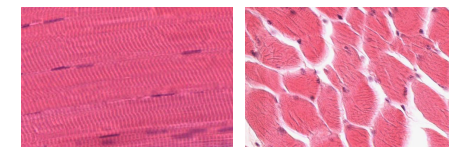




# Quergestreifte Muskulatur – Aufbau

- Aktin- und Myosinfilamente sind bei der quergestreiften Muskulatur in **Sarkomeren** angeordnet
- Das Sarkomer reicht von Z-Scheibe zu Z-Scheibe und ist in den Myofibrillen aneinander gereiht
- Im Lichtmikroskop sieht man nur **A-** und **I-Banden**





# Quergestreifte Muskulatur – Aufbau

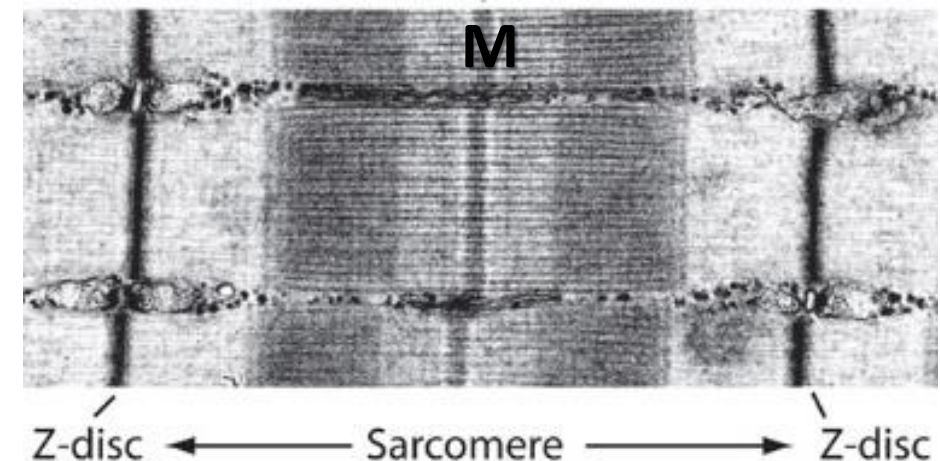
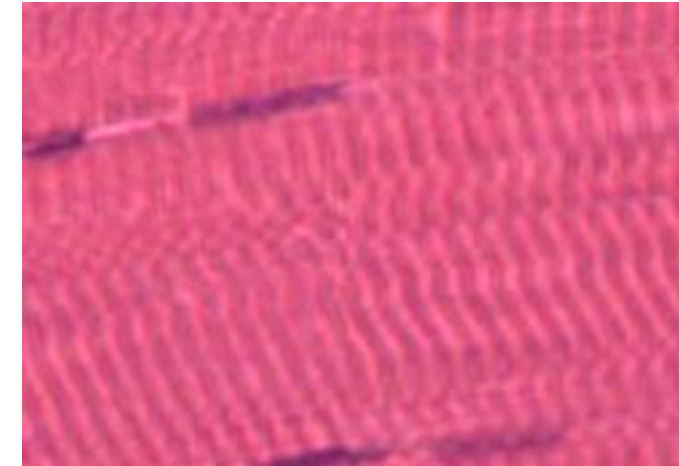
**A-Bande (anisotrop)** => dunkle Bande

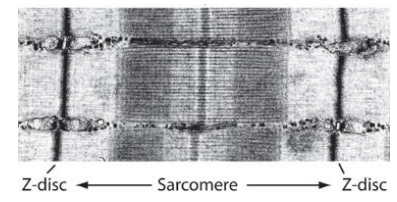
- Aufleuchtend im polarisierten Licht
- Enthält Aktin und Myosin

**I-Bande (isotrop)** => helle Bande

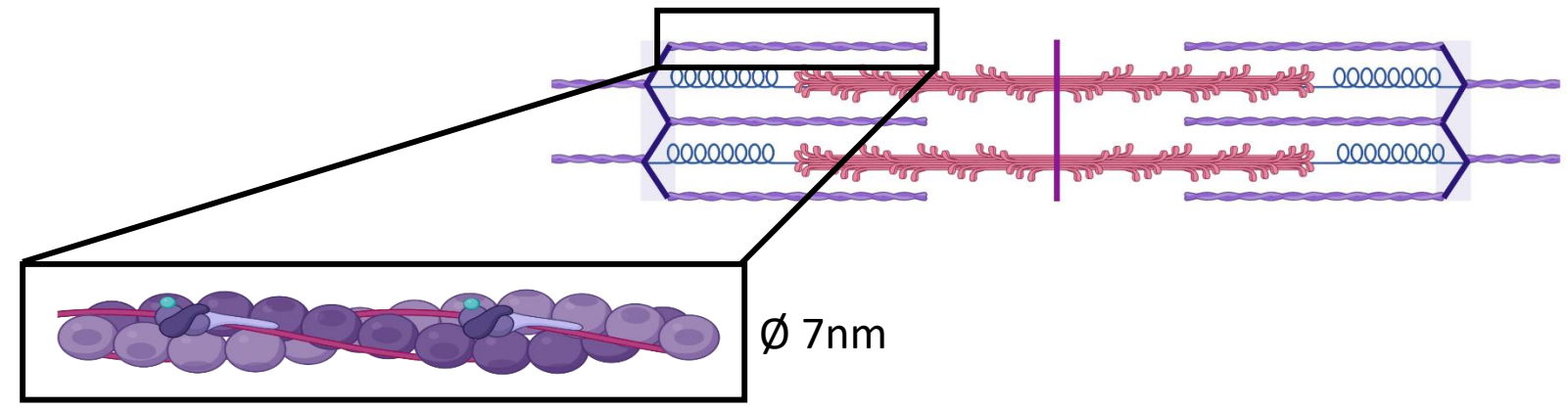
- Nicht aufleuchtend im polarisierten Licht
- Enthält nur Aktin

In der **H-Zone** liegen nur Myosinfilamente vor. In der Mittel liegt die M-Bande.





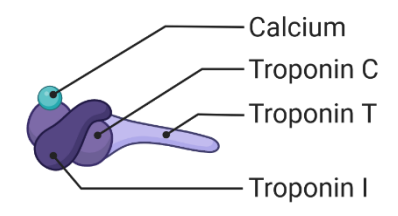
# Quergestreifte Muskulatur – Kontraktion

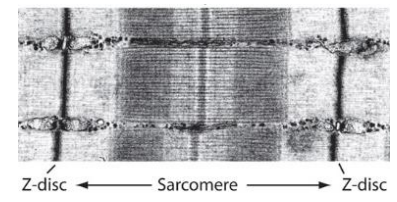


## Aktinfilament

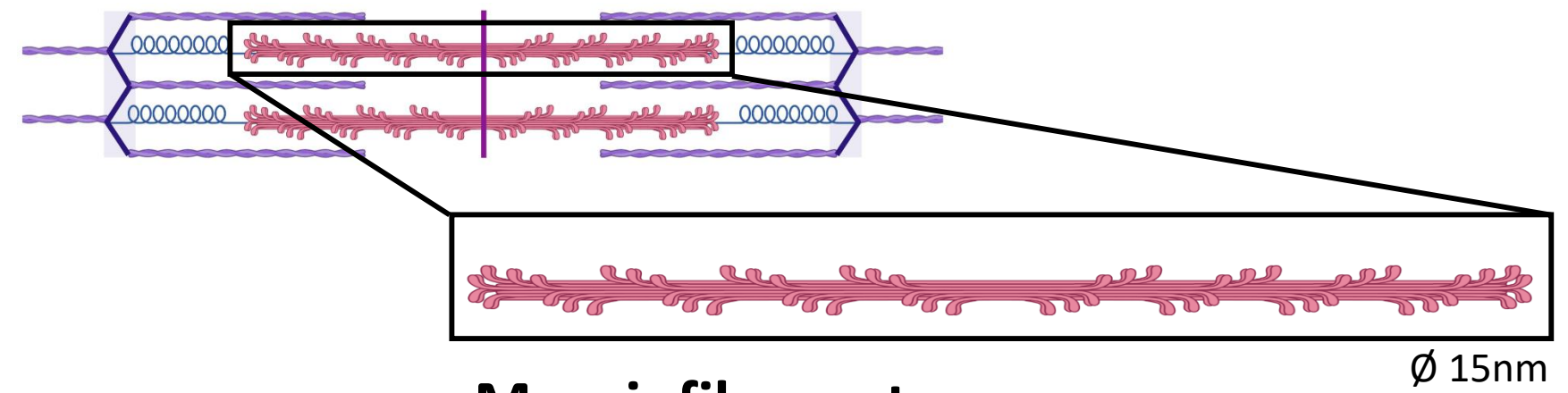
- $\alpha$ -Aktin ( $\beta$ -Aktin im „normalen“ Zytoskelett)

- Begleitproteine **Tropomyosin** und **Troponinkomplex**



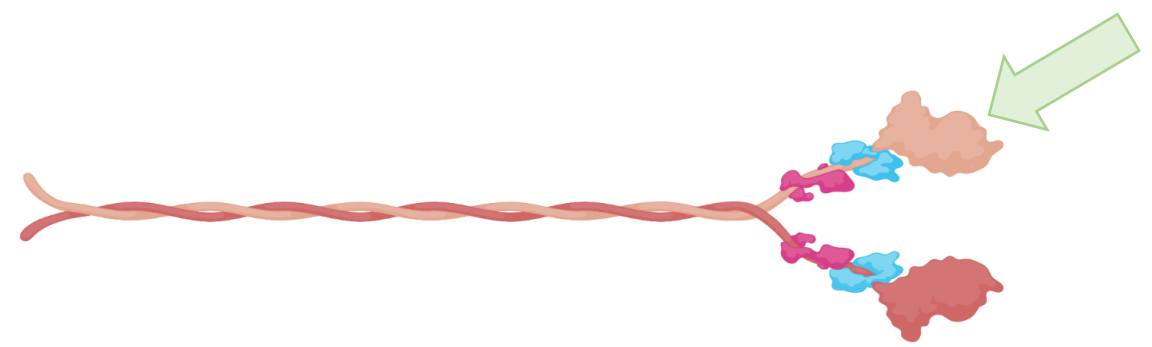


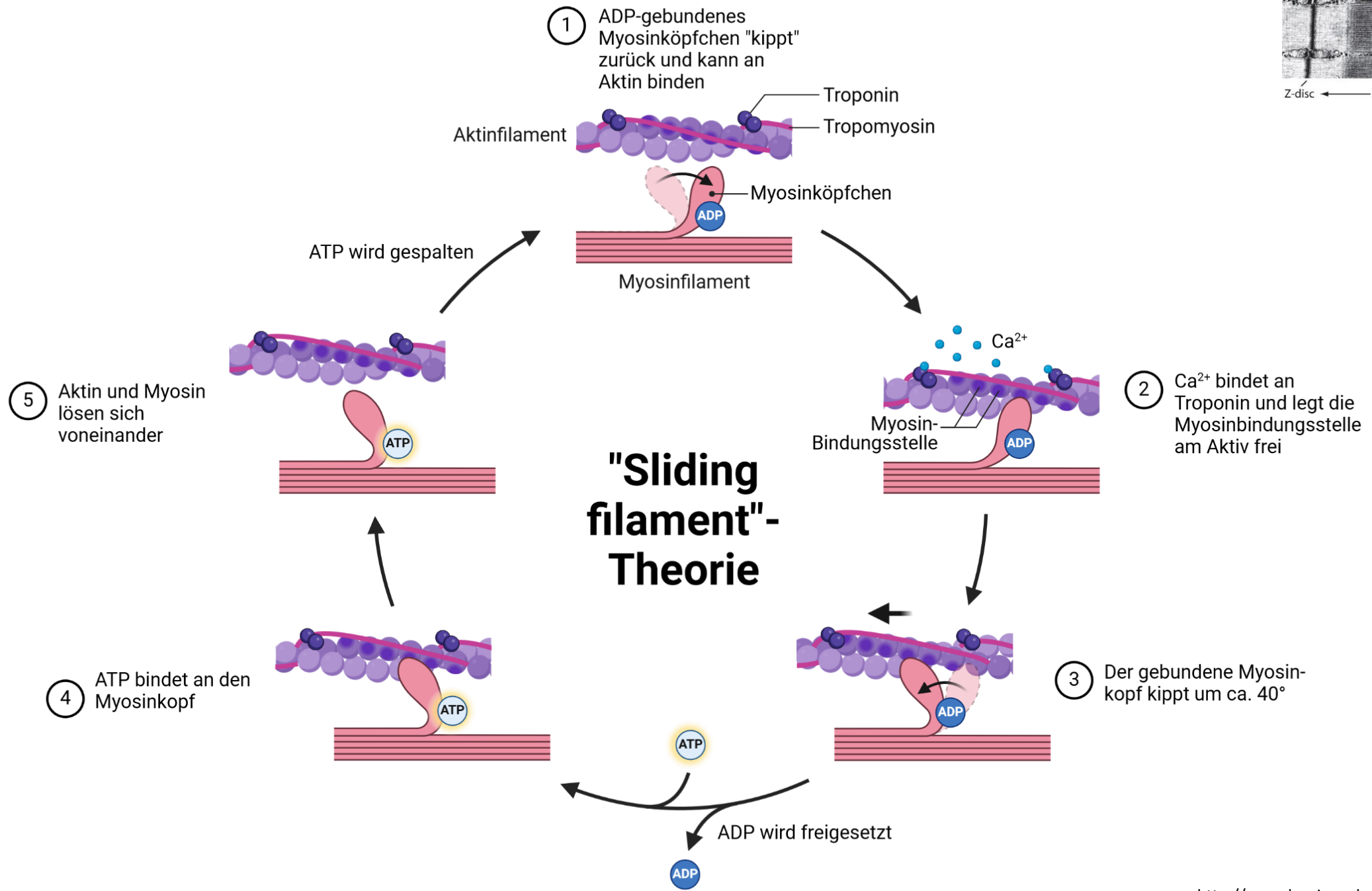
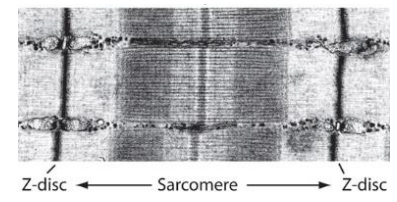
# Quergestreifte Muskulatur – Kontraktion



## Myosinfilament

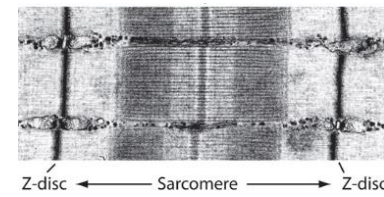
- **Myosin II** aggregieren mit gegensinniger Orientierung zu Myosinfilamenten



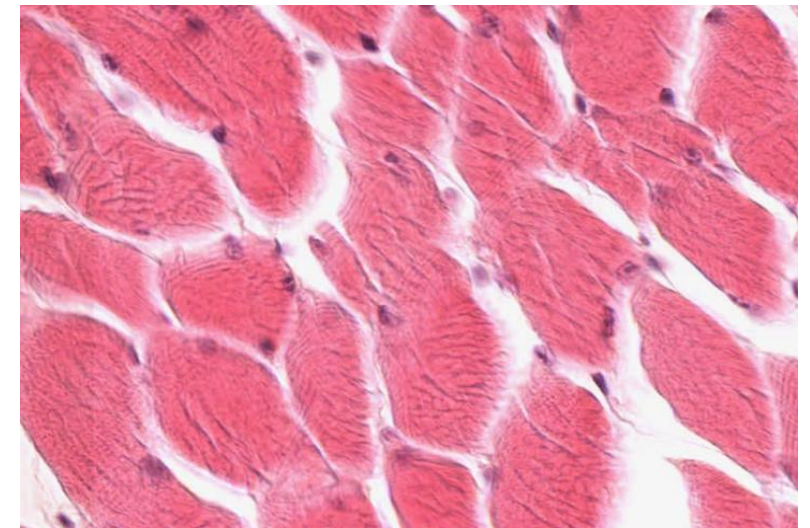
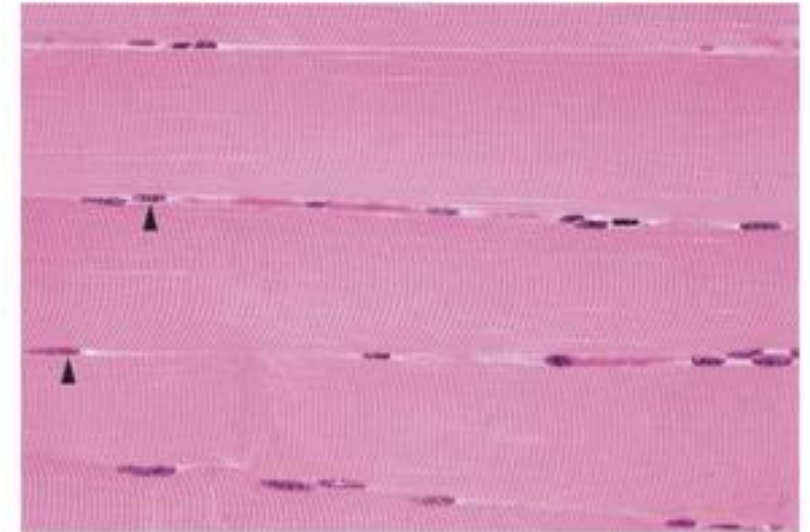




# Skelettmuskulatur



- Skelettmuskelzellen sind keine Einzelzellen, sondern entstehen durch die Verschmelzung von Myoblasten (**strukturelles Synzytium**)
- Eine Muskelfaser kann mehrere Zentimeter lang und bis zu  $100\mu\text{m}$  im Durchmesser sein
- Sie enthält bis zu mehrere Tausend, peripher liegende Zellkerne; im Querschnitt zeigen sich die Sarkomere als **Cohnheim-Felderung**

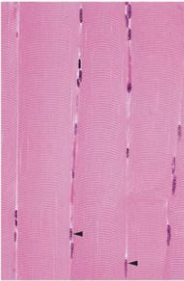
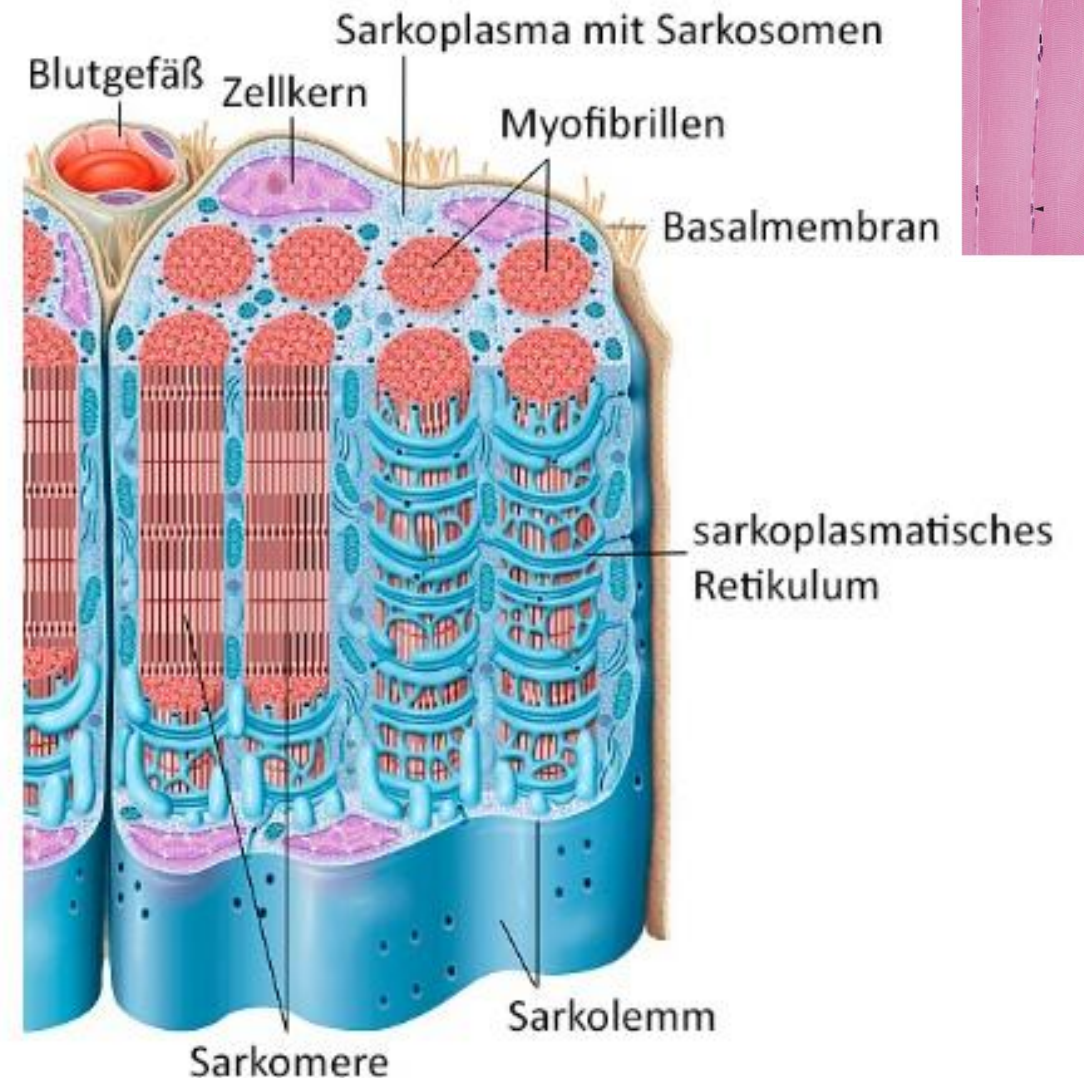
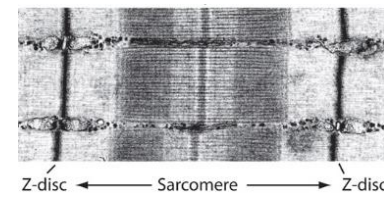




# Skelettmuskulatur

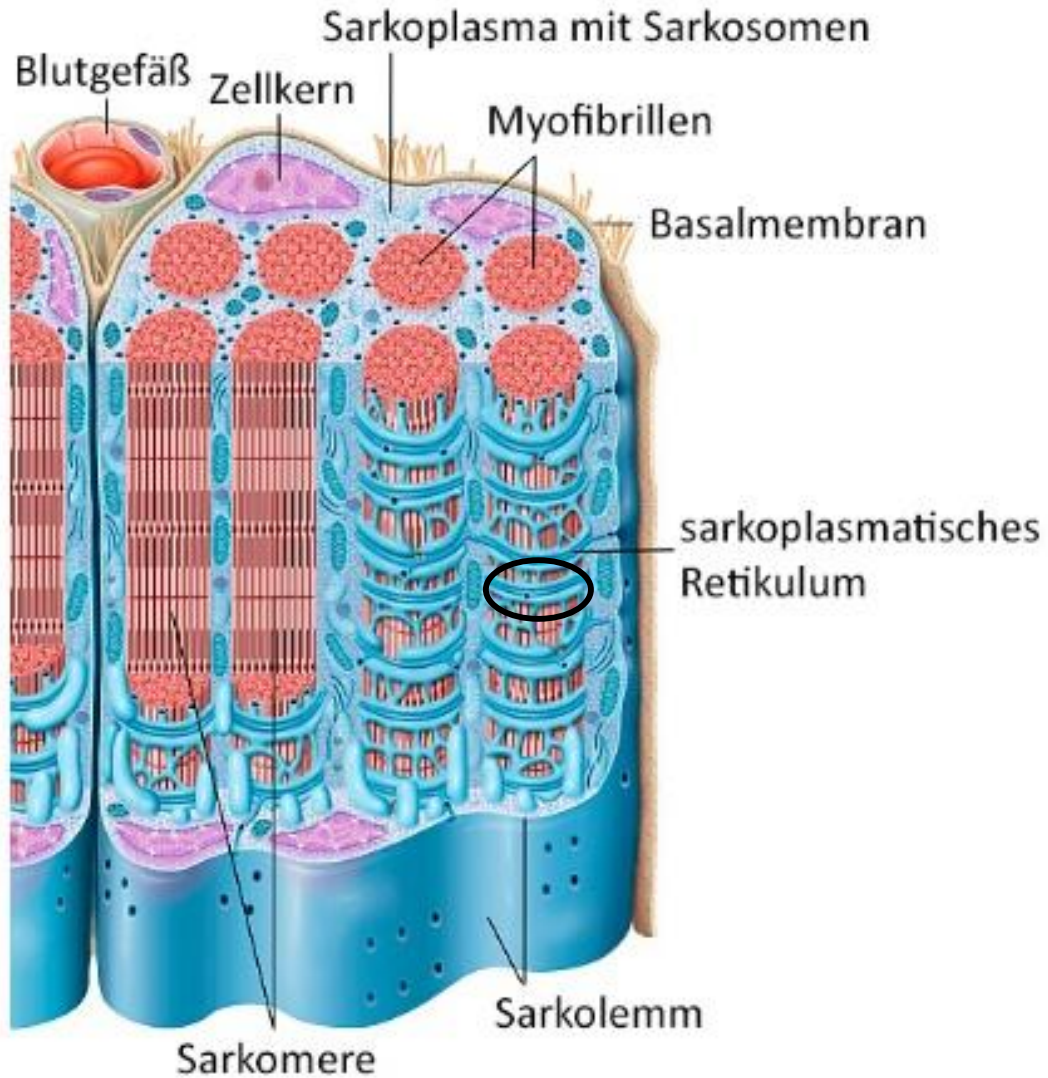
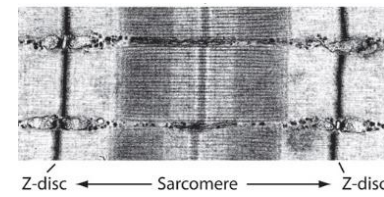
- Umbenennung einiger Strukturen:
  - Plasmalemm => **Sarkolemm**
  - Zytoplasma => **Sarkoplasma**
  - Glattes ER => **sarkoplasmatisches Retikulum**
  - Mitochondrien => **Sarkosomen**

*sarkos* (griech.), das Fleisch

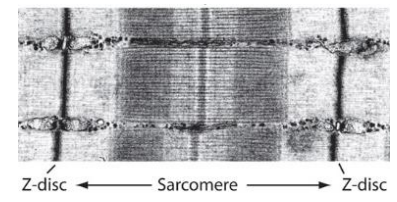




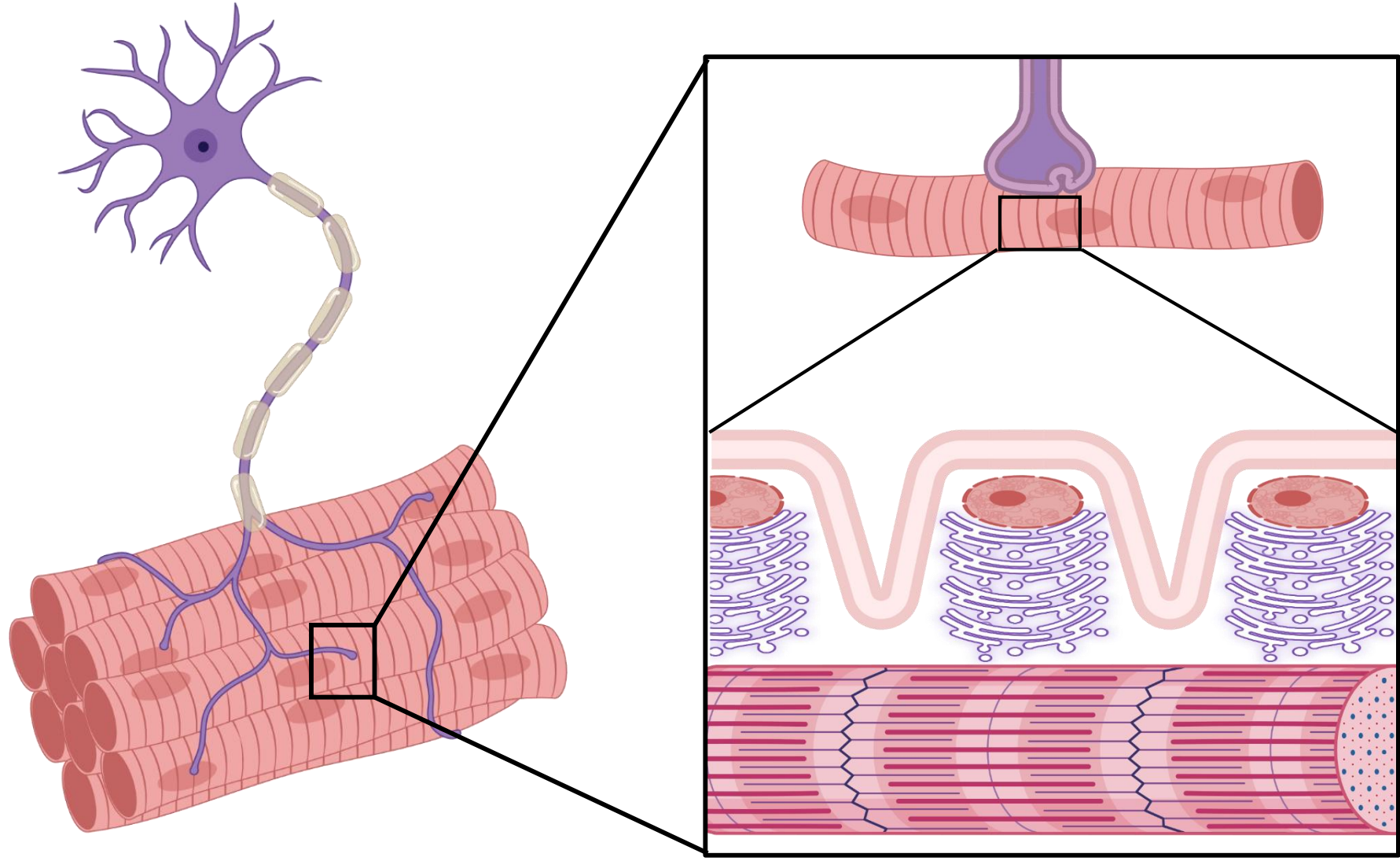
# Skelettmuskulatur

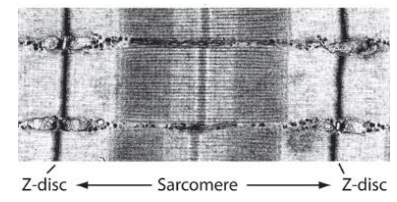


- Das sarkoplasmatisches Retikulum dient als  $\text{Ca}^{2+}$  Speicher und bildet das **longitudinale (L-) System**
- Das Sarkolemm stülpt sich zu transversalen Tubuli ein und bildet so das **T-System**
- Im Skelettmuskel ist ein T-Tubulus von zwei L-Zisternen umgeben = **Triade**

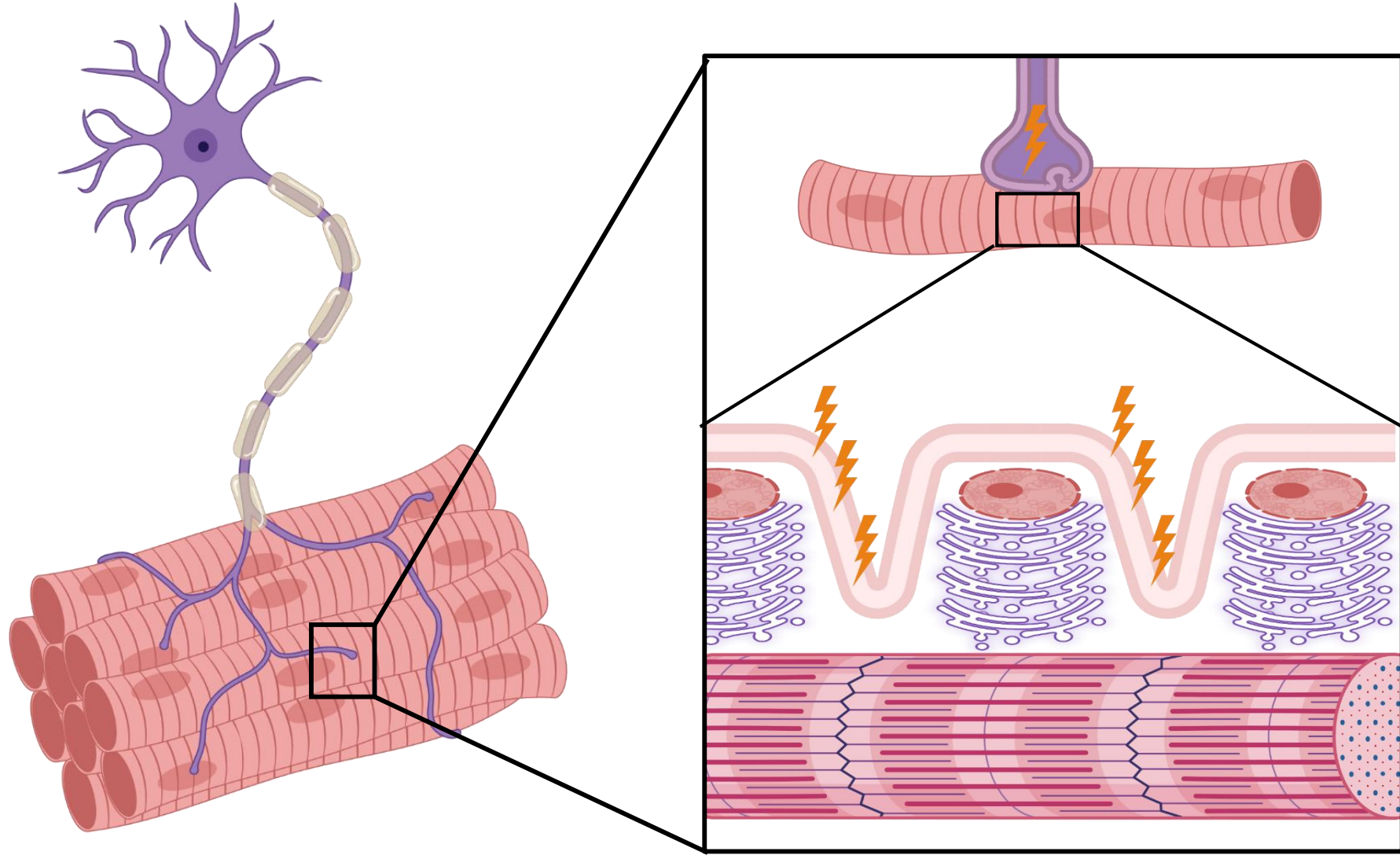


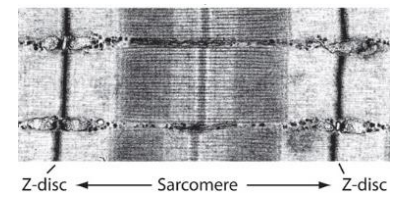
# Skelettmuskulatur – Erregungsleitung



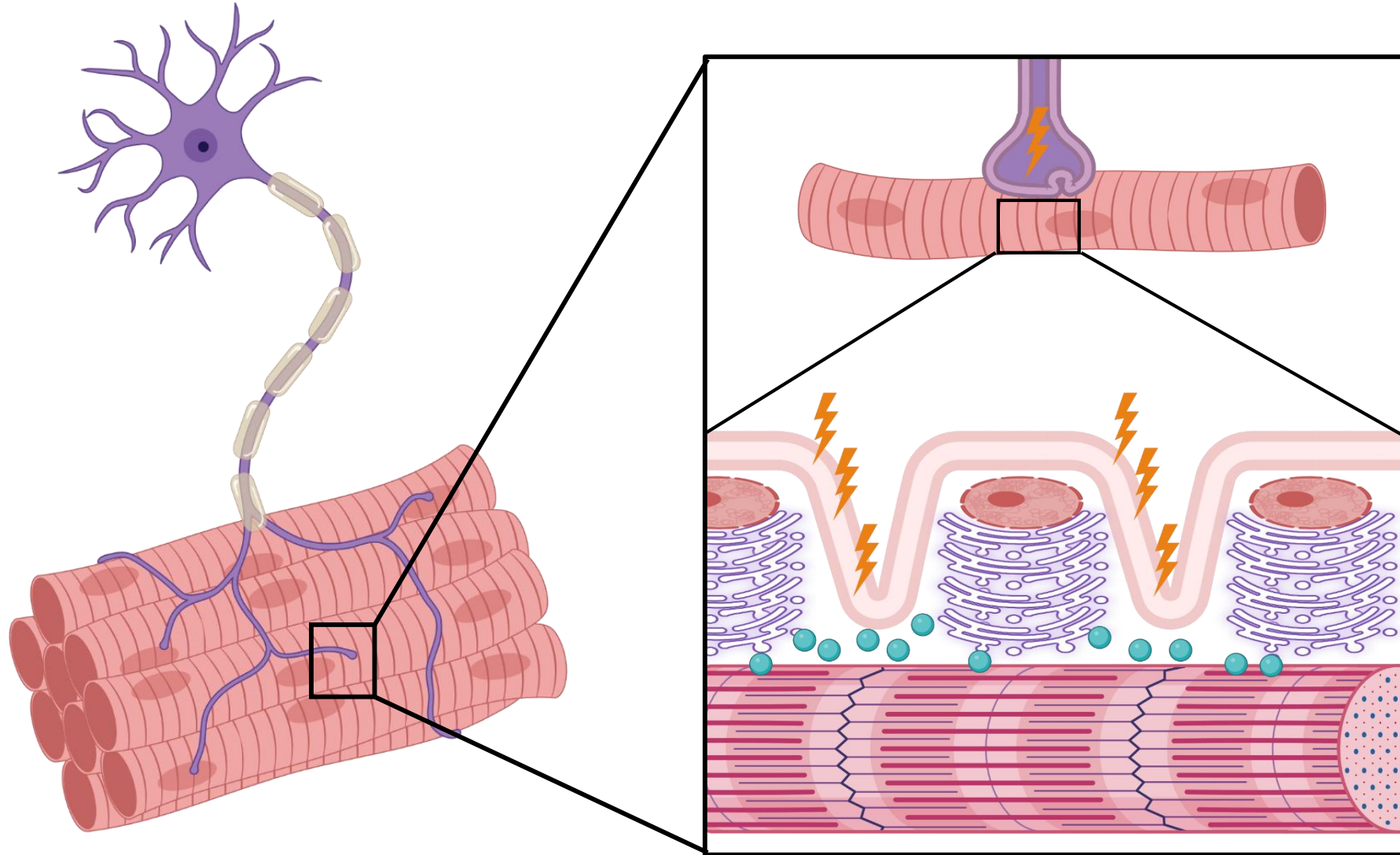


# Skelettmuskulatur – Erregungsleitung





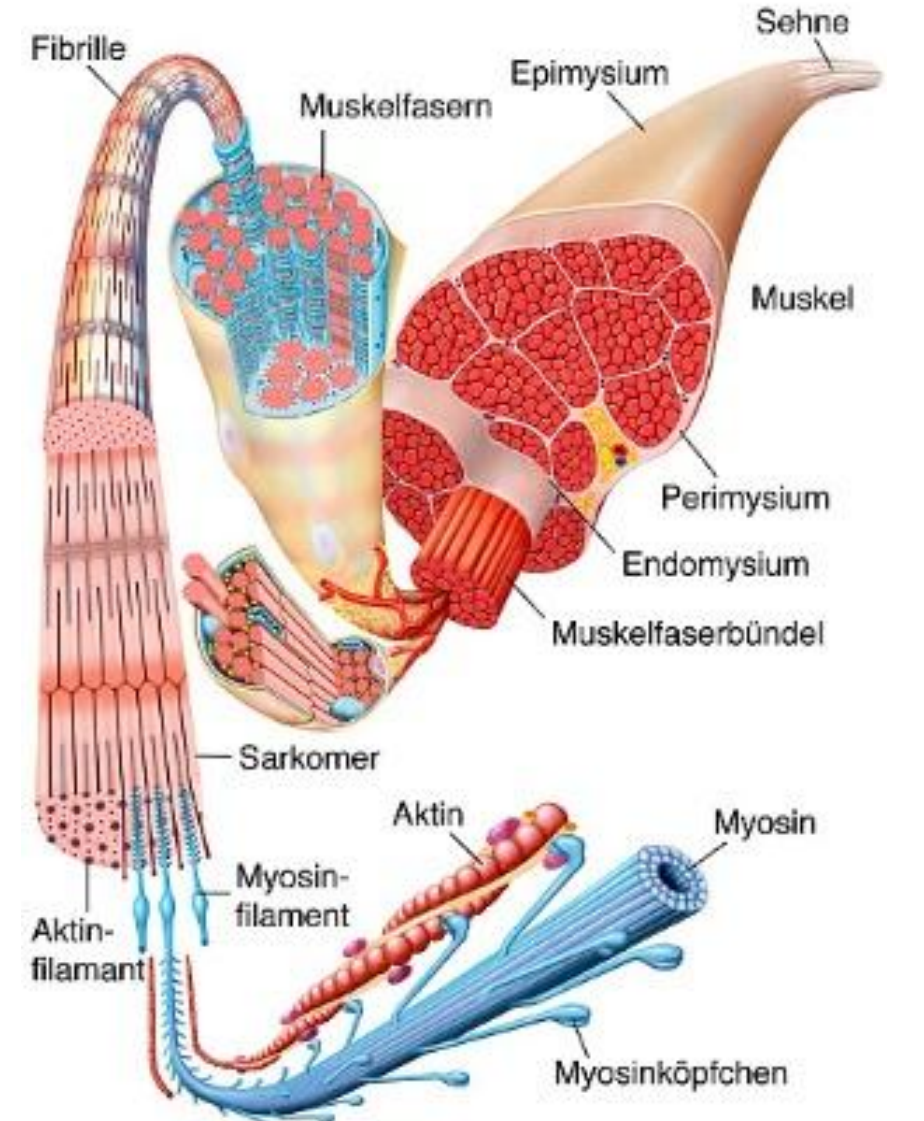
# Skelettmuskulatur – Erregungsleitung





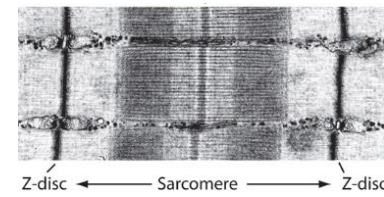
# Skelettmuskulatur - Hüllen

- Der Skelettmuskel zeichnet sich durch spezielle bindegewebige Hüllen aus, die als Versorgungs- und Verschiebeschicht sowie der Befestigung dienen
  - Endomysium:** Umgibt einzelne Muskelfasern, führt Nerven + Gefäße
  - Perimysium:** Umgibt primäre und sekundäre Muskelfaserbündel
  - Epimysium:** Umgibt kompletten Muskel, geht in die Sehne über

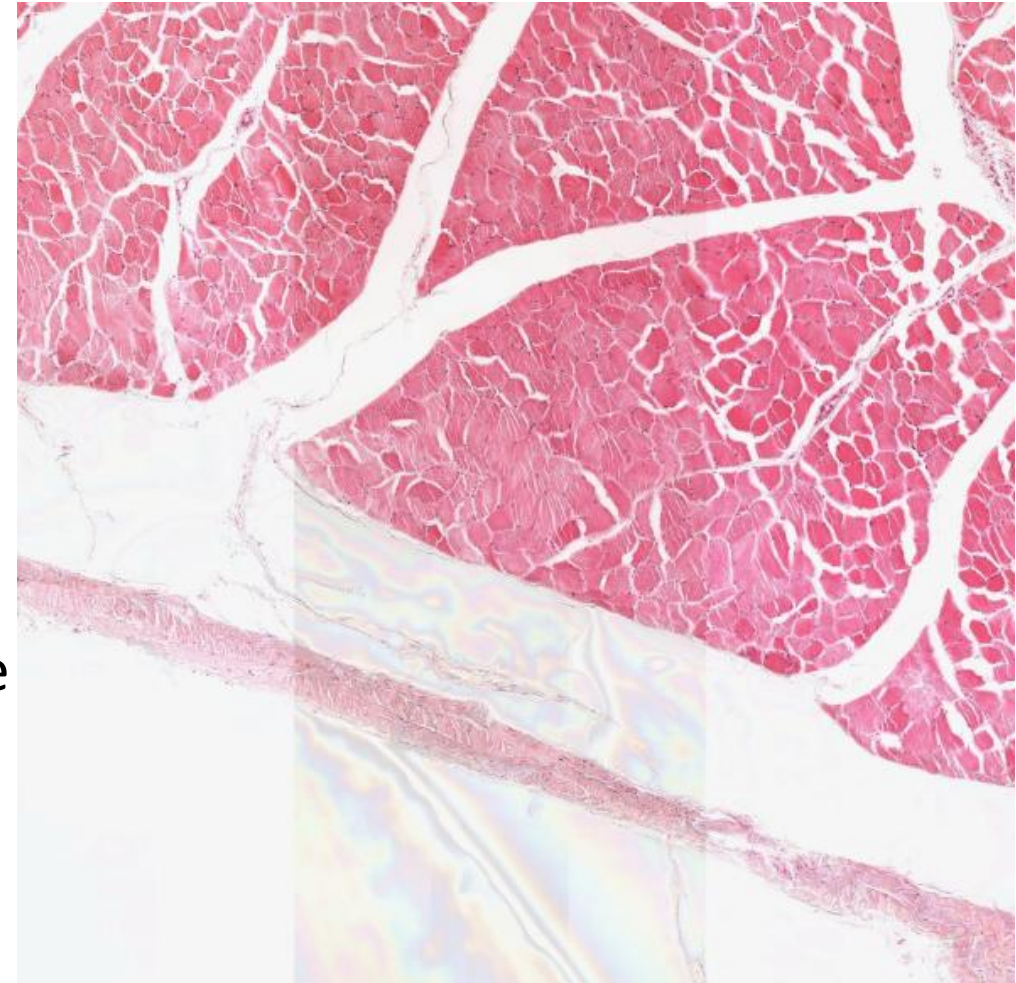




# Skelettmuskulatur - Hüllen

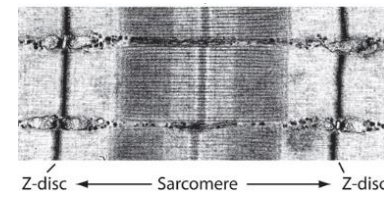


- Der Skelettmuskel zeichnet sich durch spezielle bindegewebige Hüllen aus, die als Versorgungs- und Verschiebeschicht sowie der Befestigung dienen
  - **Endomysium:** Umgibt einzelne Muskelfasern, führt Nerven + Gefäße
  - **Perimysium:** Umgibt primäre und sekundäre Muskelfaserbündel
  - **Epimysium:** Umgibt kompletten Muskel, geht in die Sehne über

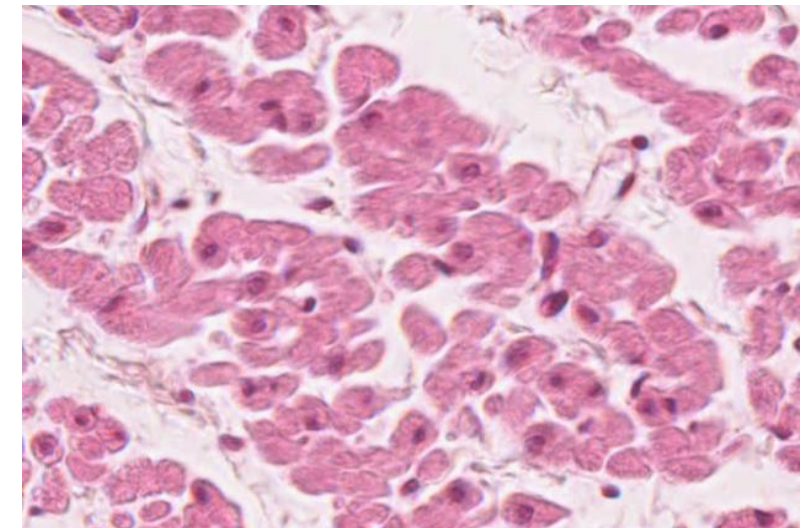
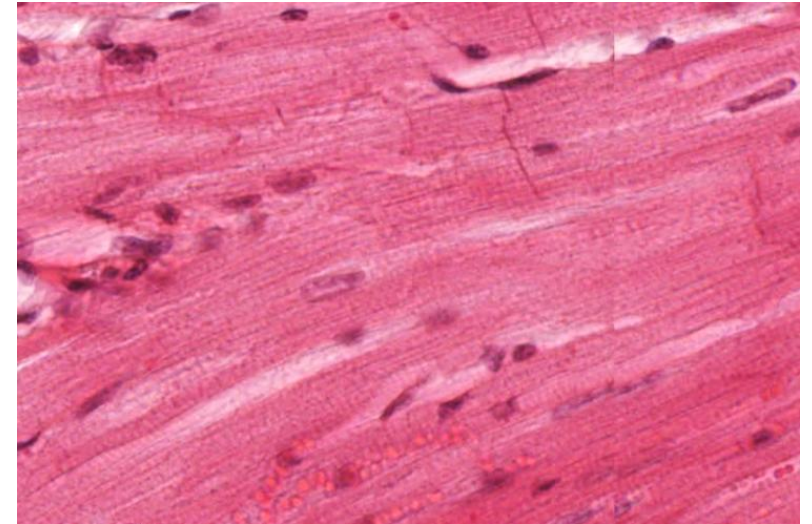




# Herzmuskulatur



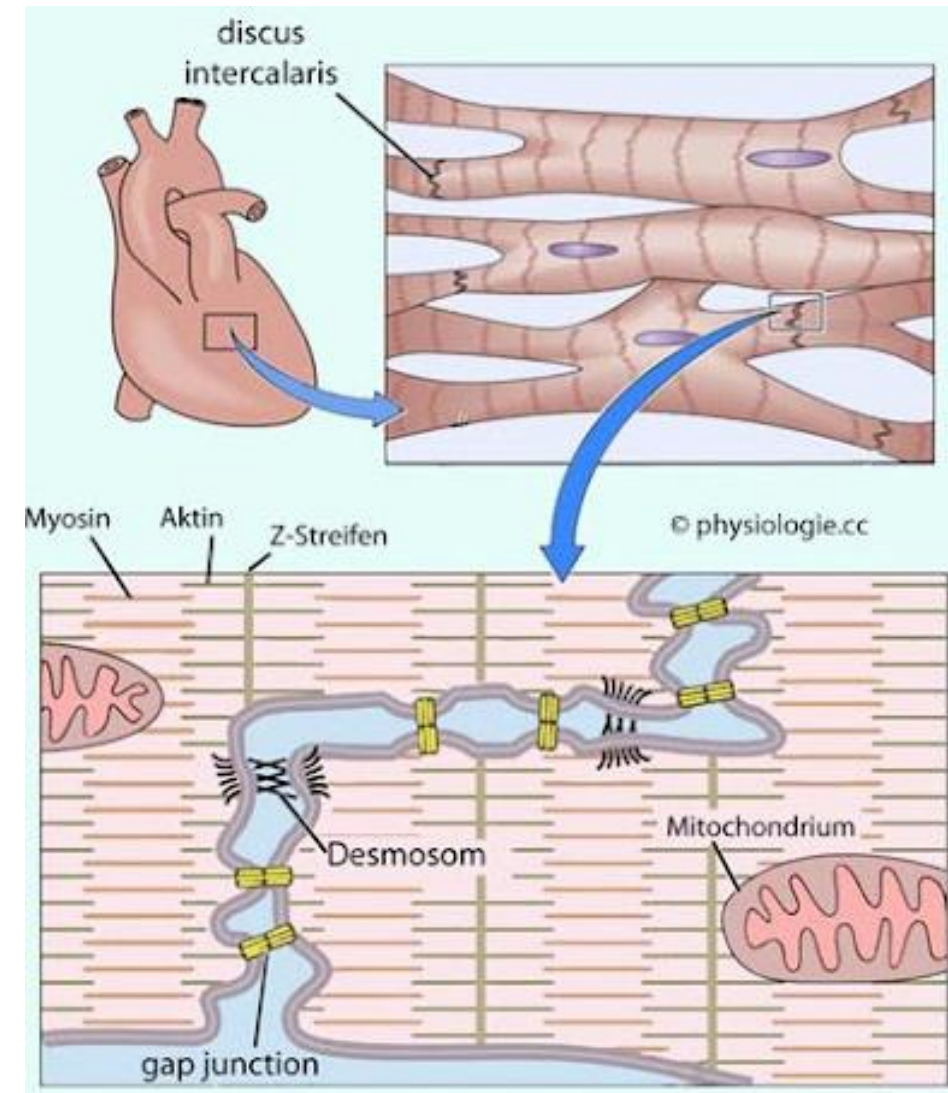
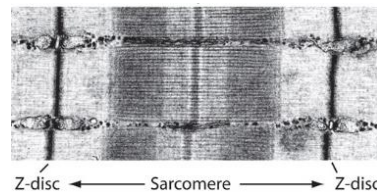
- Herzmuskelzellen sind Einzelzellen mit einem (höchstens zwei) zentral liegenden Zellkernen
- Die Zellen sind verzweigt und über **Glanzstreifen** (Disci intercalares) verbunden:
  - Mechanische Verbindung durch Desmosomen
  - Elektrische Kopplung durch Gap junctions
- Kontraktion nach dem „Alles-oder-Nichts-Prinzip“ (funktionelles Synzytium)





# Herzmuskulatur

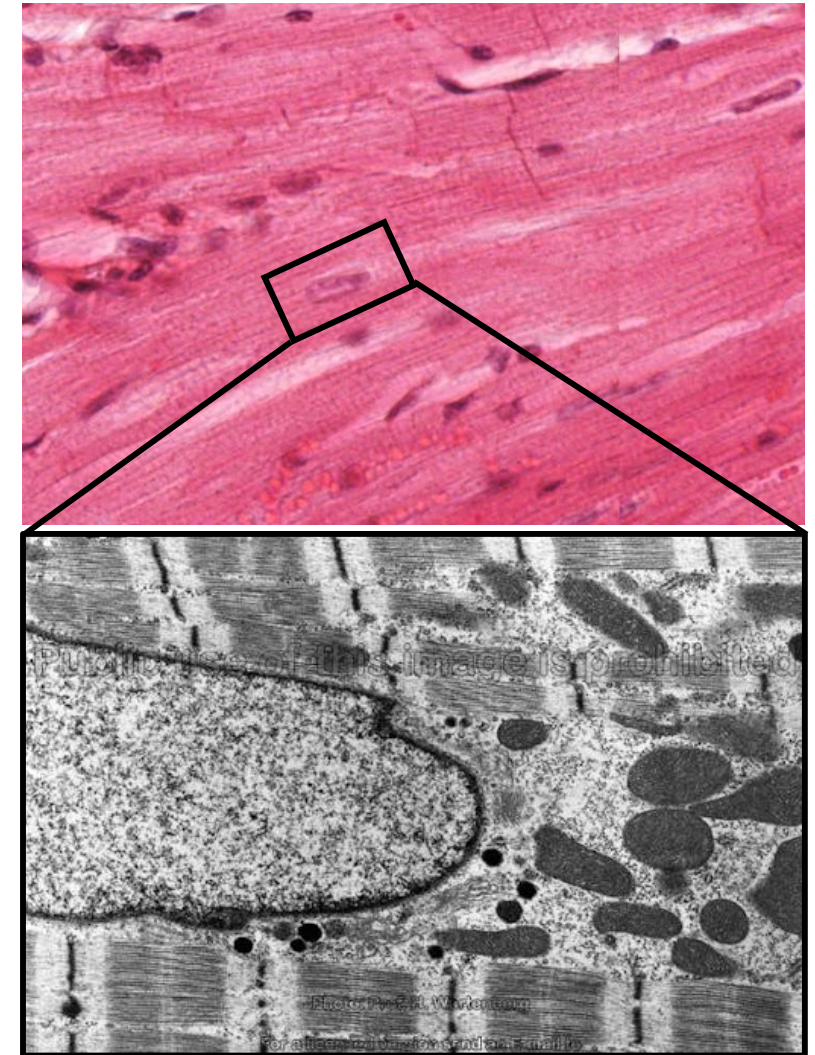
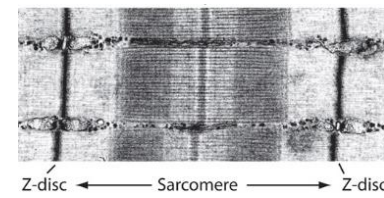
- Herzmuskelzellen sind Einzelzellen mit einem (höchstens zwei) zentral liegenden Zellkernen
- Die Zellen sind verzweigt und über **Glanzstreifen** (Disci intercalares) verbunden:
  - Mechanische Verbindung durch Desmosomen
  - Elektrische Kopplung durch Gap junctions
- Kontraktion nach dem „Alles-oder-Nichts-Prinzip“ (funktionelles Synzytium)





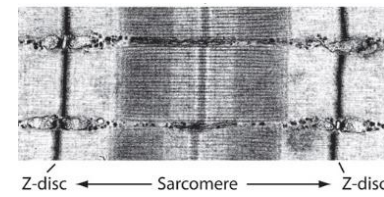
# Herzmuskulatur

- Auch die Herzmuskulatur weist eine (feinere) Querstreifung (A/I) auf
- Die Zellkerne liegen in einem **myofibrillenfreien Hof**, in dem dann auch die anderen Organellen, z.B. Mitochondrien liegen

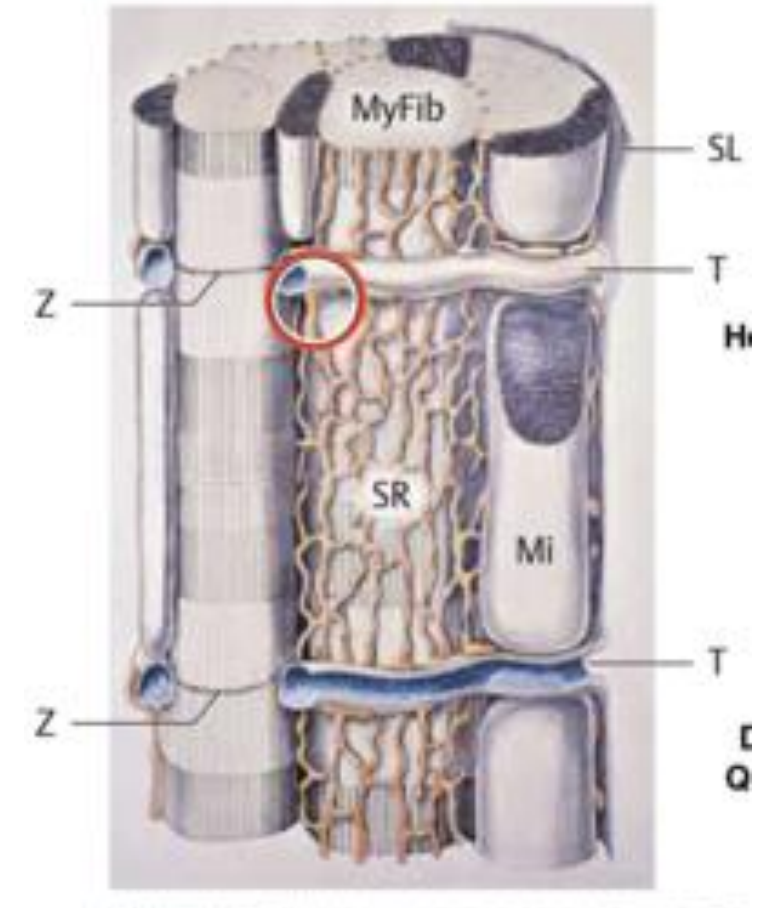




# Herzmuskulatur

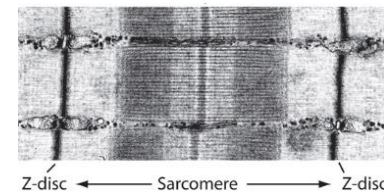


- Auch die Herzmuskulatur weist eine (feinere) Querstreifung (A/I) auf
- Die Zellkerne liegen in einem **myofibrillenfreien Hof**, in dem dann auch die anderen Organellen, z.B. Mitochondrien liegen
- Anders als im Skelettmuskel gibt es hier keine Triade, sondern nur eine **Dyade** (T-System + einzelner Zisterne des sarkoplasmatischen Retikulums)

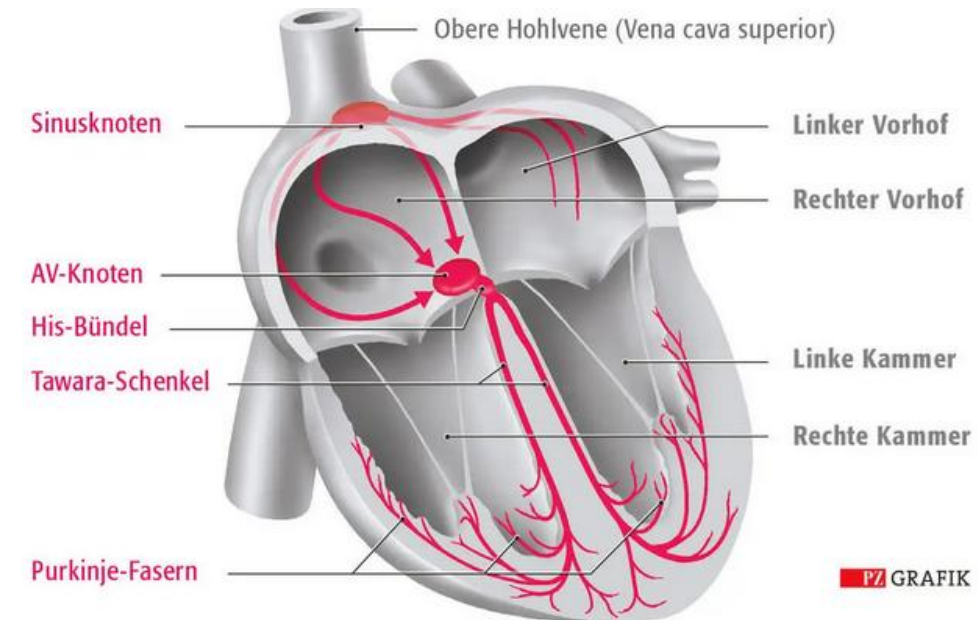




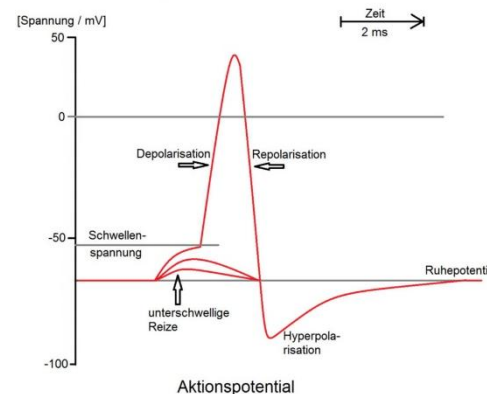
# Herzmuskulatur - Erregungsleitung



- Die Innervation des Herzens ist **unwillkürlich** und wird über das vegetative Nervensystem gesteuert
- Anders als beim Skelettmuskel entsteht die Impulsbildung allerdings **im Organ**

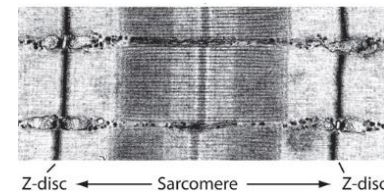


- Sinusknoten
- AV-Knoten
- His-Bündel
- Tawara-Schenkel
- Purkinje-Fasern



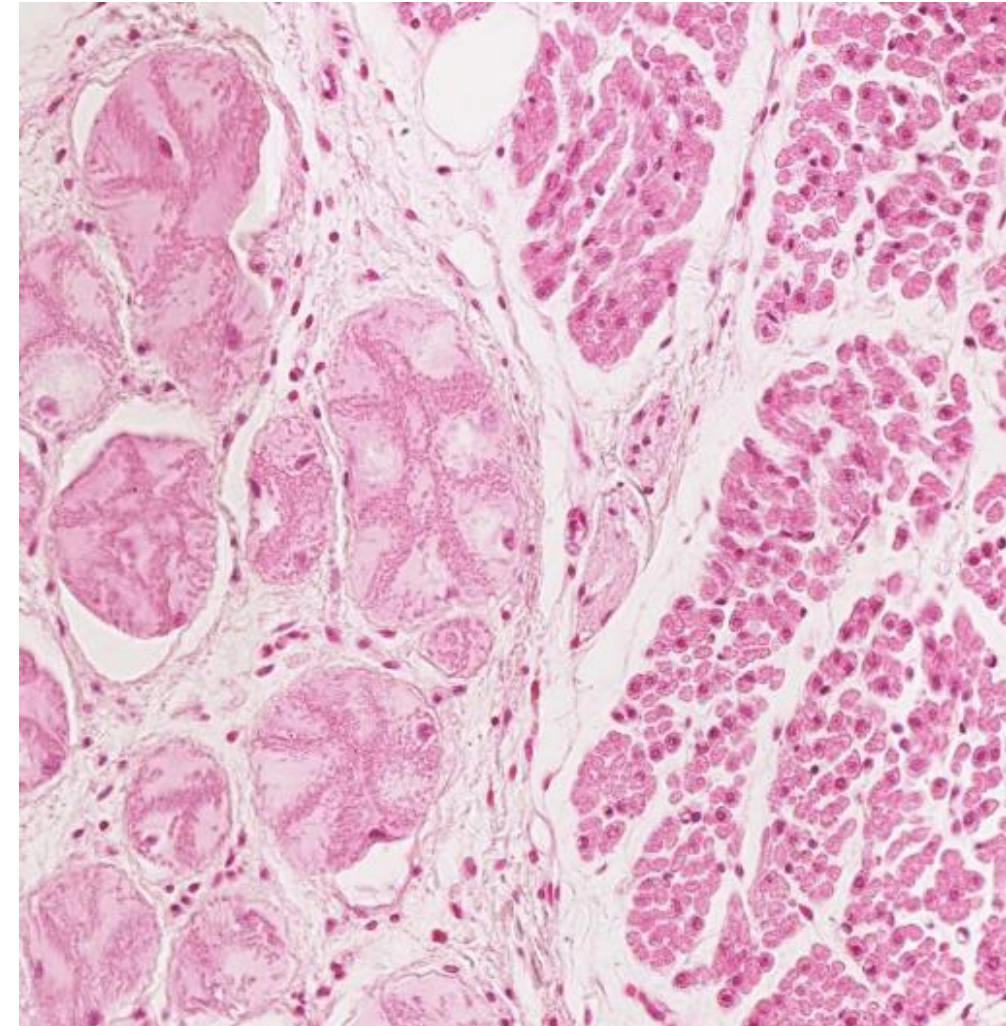
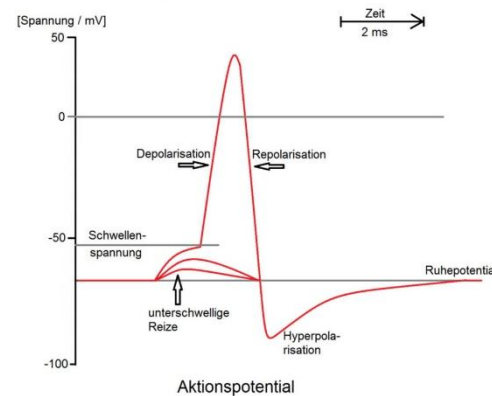


# Herzmuskulatur - Erregungsleitung



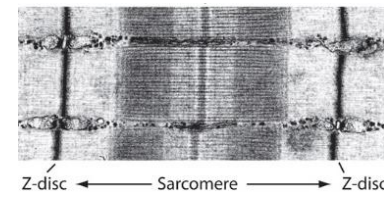
- Die Innervation des Herzens ist **unwillkürlich** und wird über das vegetative Nervensystem gesteuert
- Anders als beim Skelettmuskel entsteht die Impulsbildung allerdings **im Organ**

- Sinusknoten
- AV-Knoten
- His-Bündel
- Tawara-Schenkel
- Purkinje-Fasern

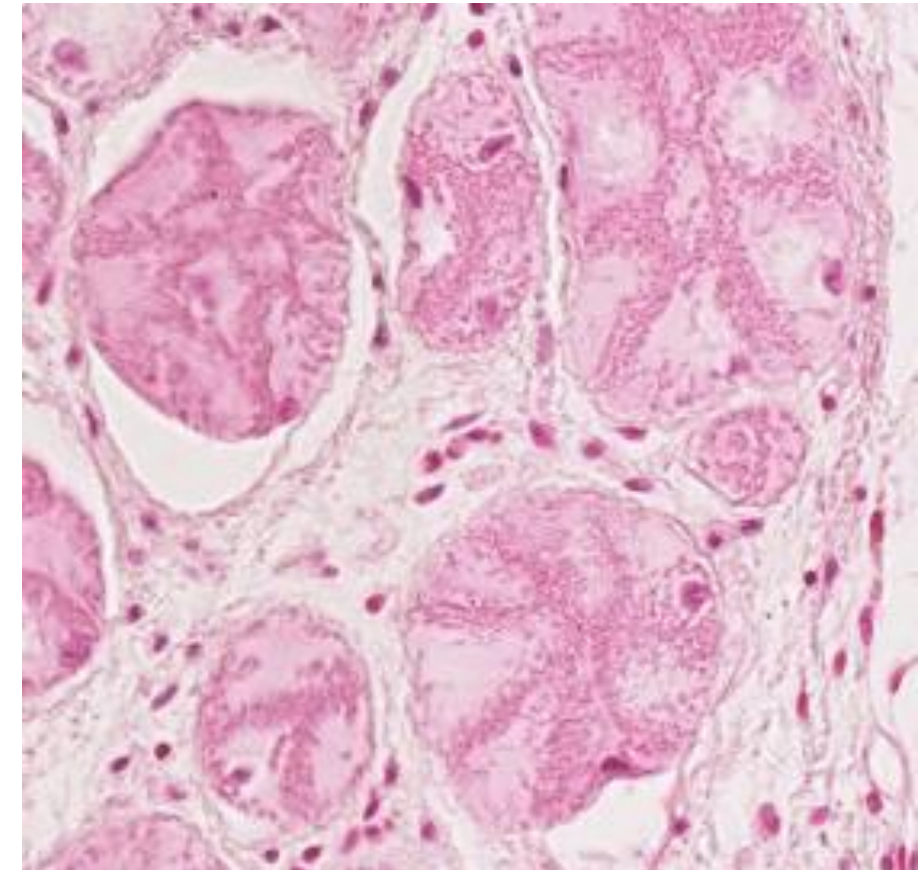




# Herzmuskulatur - Erregungsleitung



- Purkinjezellen sind **modifizierte Herz- (!) muskelzellen**, man findet sie in den Erregungsbildungszentren, subendokardial und den Trabeculae septomarginales

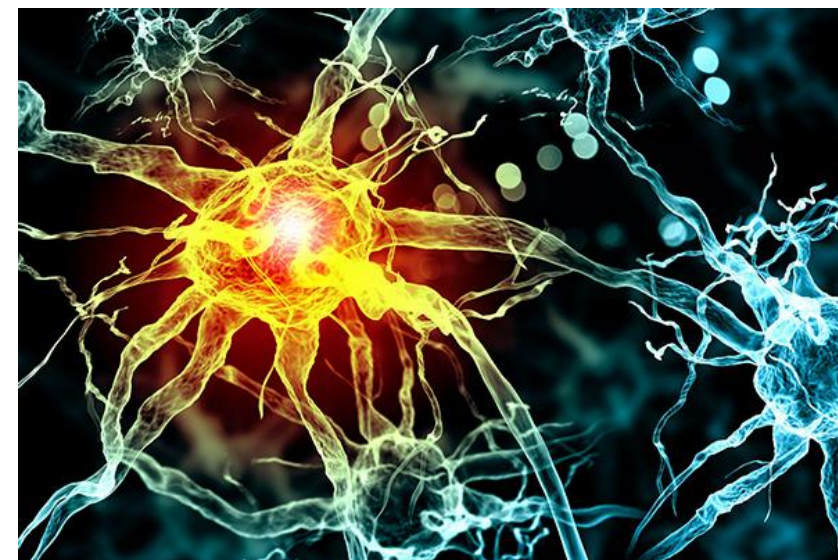


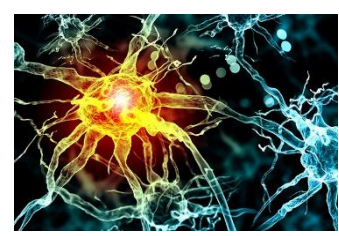


# Nervengewebe – Definition

**Nervengewebe sind Verbände gleichartig differenzierter Nervenzellen, die zu einer Reizaufnahme, -verarbeitung und -weiterleitung fähig sind, und Gliazellen**

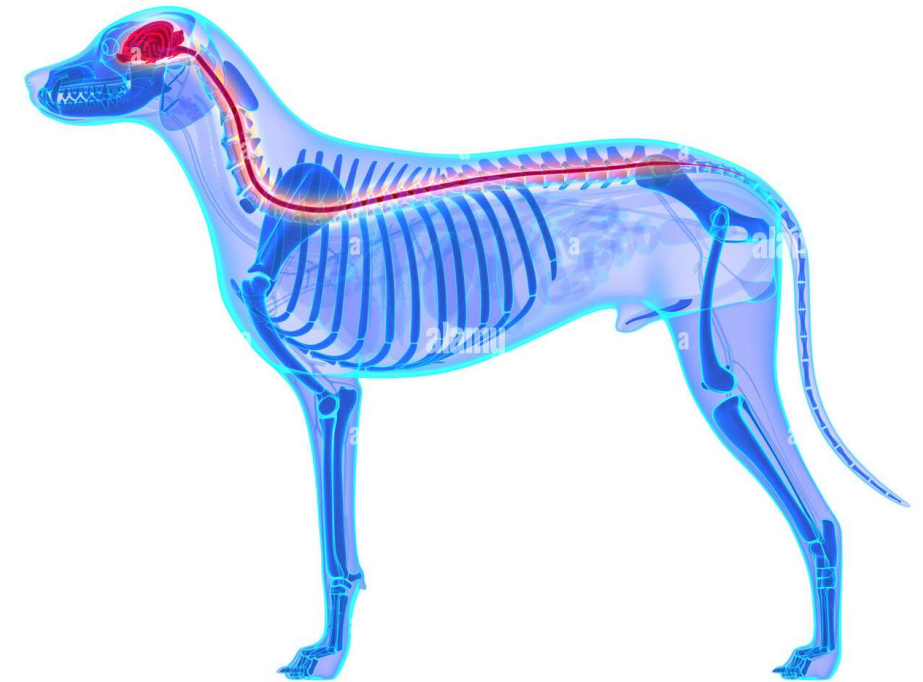
- Nervenzellen (Neurone) und Nicht-Nervenzellen (Gliazellen) liegen zusammen vor
- Einteilung in zentrales und peripheres Nervensystem
- Einteilung in somatisches (willkürliches) und viszerales (unwillkürliches) Nervensystem





# Nervengewebe – Einteilung

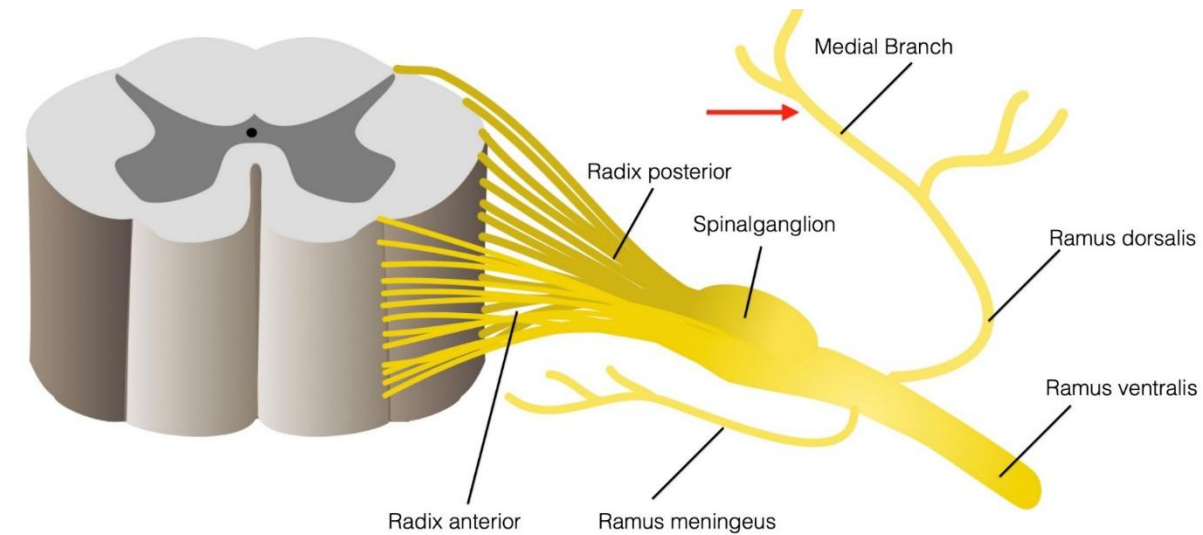
- Zum zentralen Nervensystem gehören **Gehirn** und **Rückenmark**

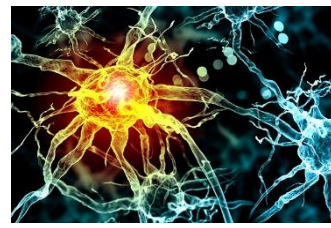




# Nervengewebe – Einteilung

- Zum zentralen Nervensystem gehören **Gehirn** und **Rückenmark**
- Zum peripheren Nervensystem gehören **Spinalnerven**, **Gehirnnerven** und **periphere Ganglien**





# Nervengewebe – Einteilung

- Das somatische Nervensystem dient der Kommunikation mit der Außenwelt und der Steuerung des Verhaltens
- Das viszerale (oder auch **vegetative**) Nervensystem dient der automatischen Erhaltung lebenswichtiger Vorgänge (Verdauung, Kreislauf, Atmung...) und der Steuerung der Organfunktion

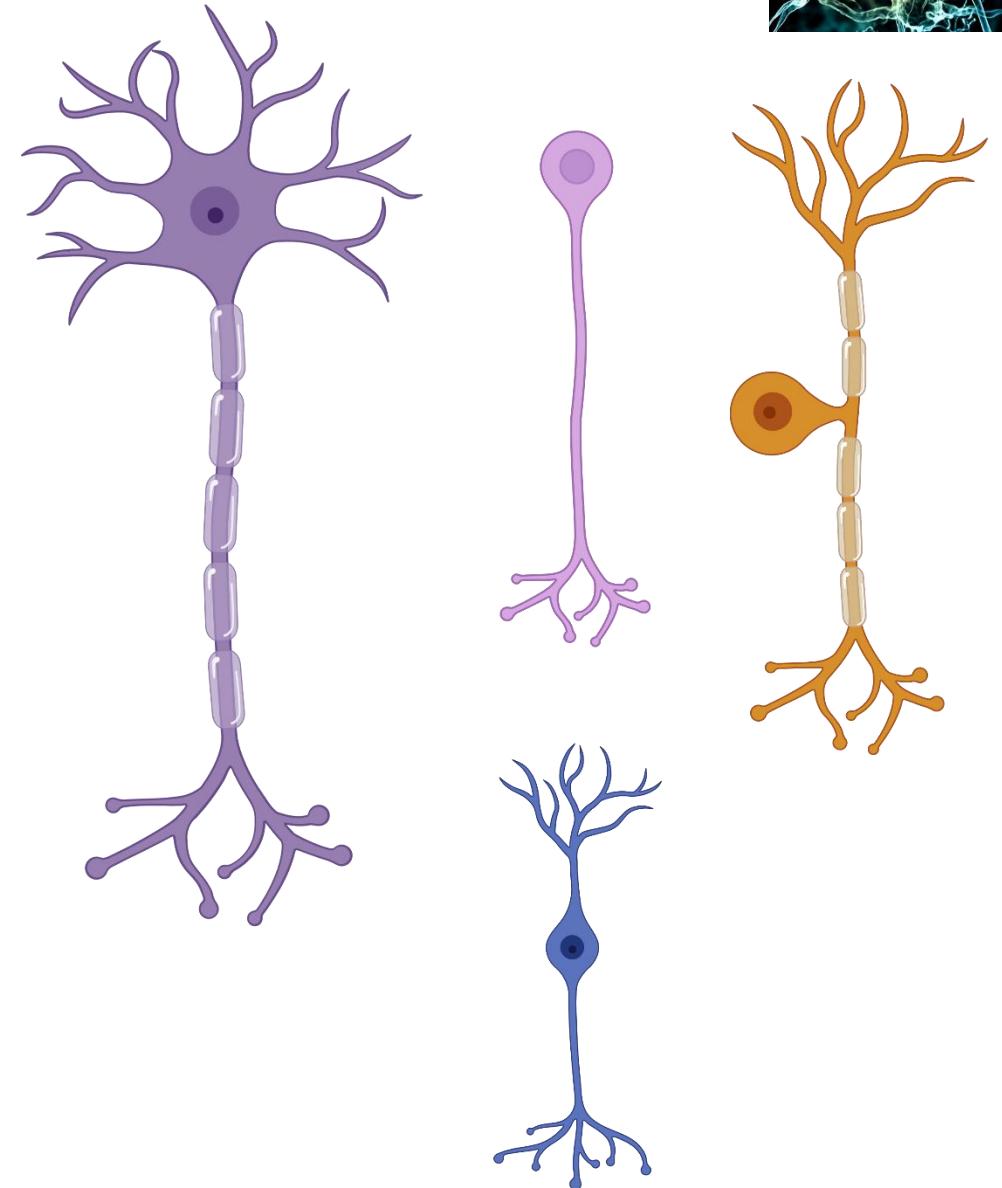
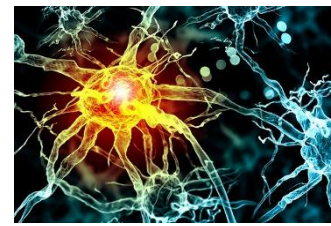


<https://www.care4vet.de/Pferd/Futter/Innere-Organ>



# Neurone

- Neurone sind vielgestaltig (10µm bis 100µm) und kommen in großer Zahl (ca. 1.000.000.000 = 1 Billionen) im Körper vor
- Jedes Neuron besteht aus:
  - Zelleib (Perikaryon, Soma)
  - Fortsätzen (Dendriten und/oder Axon)





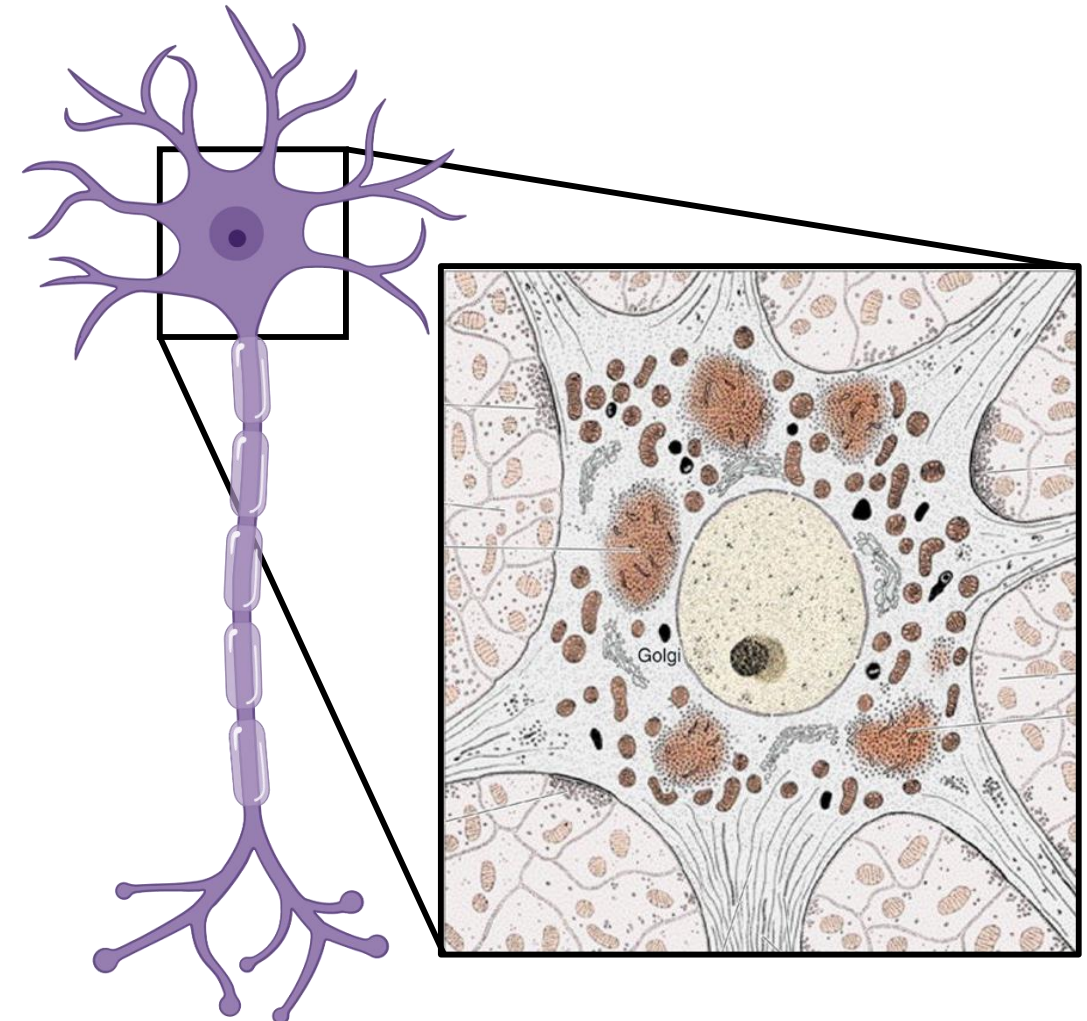
# Neurone – Perikaryon

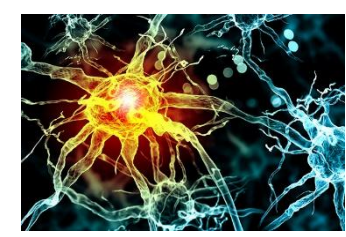
## Nucleus

- Groß und euchromatinreich mit großem Nucleolus

## Zellorganellen

- Viele Mitochondrien
- Viel Golgi-Apparat
- Neurofilamente
- Raues endoplasmatisches Retikulum (**Nissl-Substanz**)





# Neurone – Perikaryon

## Nucleus

- Groß und euchromatinreich mit großem Nucleolus

## Zellorganellen

- Viele Mitochondrien
- Viel Golgi-Apparat
- Neurofilamente
- Raues endoplasmatisches Retikulum (**Nissl-Substanz**)





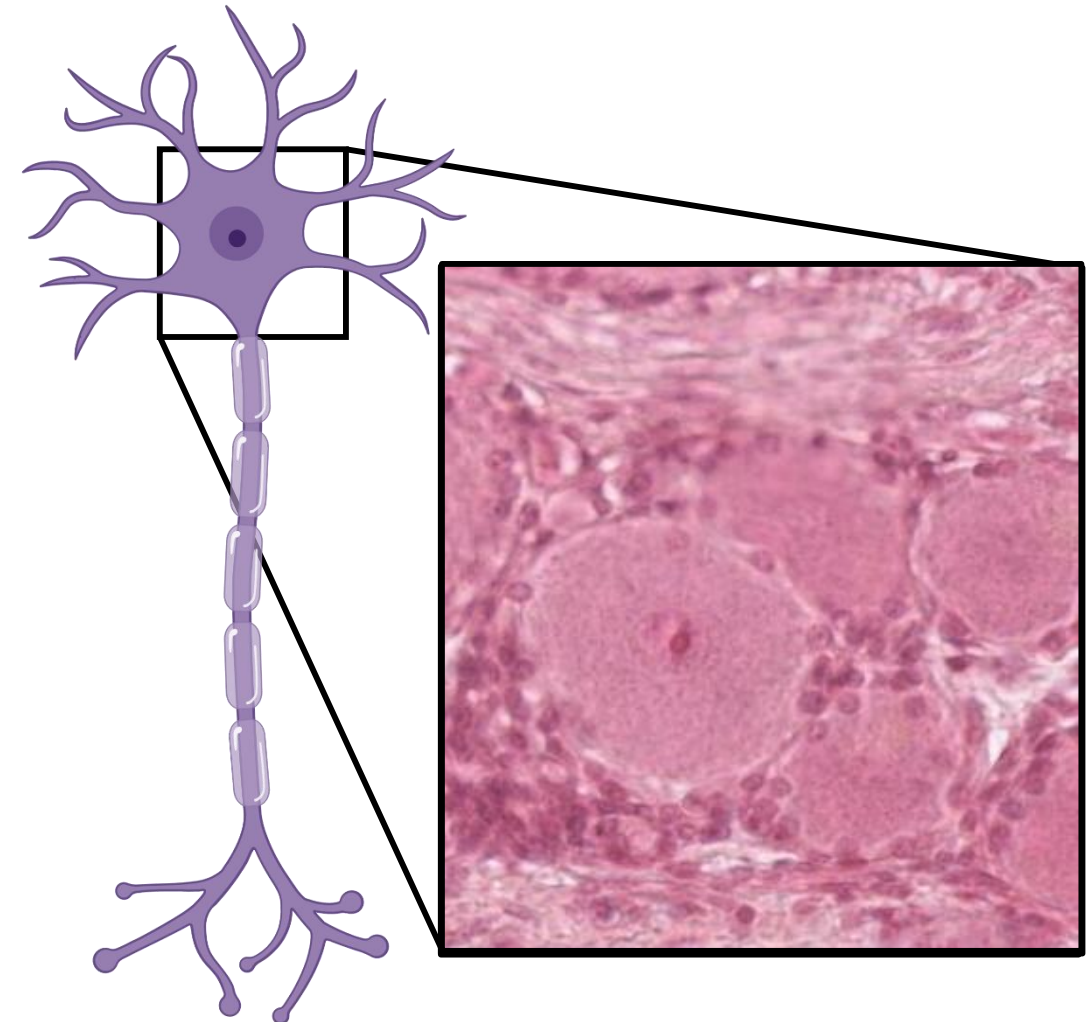
# Neurone – Perikaryon

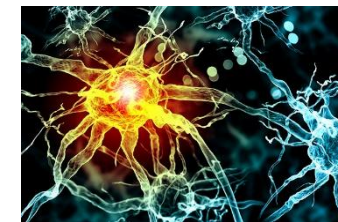
## Nucleus

- Groß und euchromatinreich mit großem Nucleolus

## Zellorganellen

- Viele Mitochondrien
- Viel Golgi-Apparat
- Neurofilamente
- Raues endoplasmatisches Retikulum (**Nissl-Substanz**)





# Neurone – Fortsätze

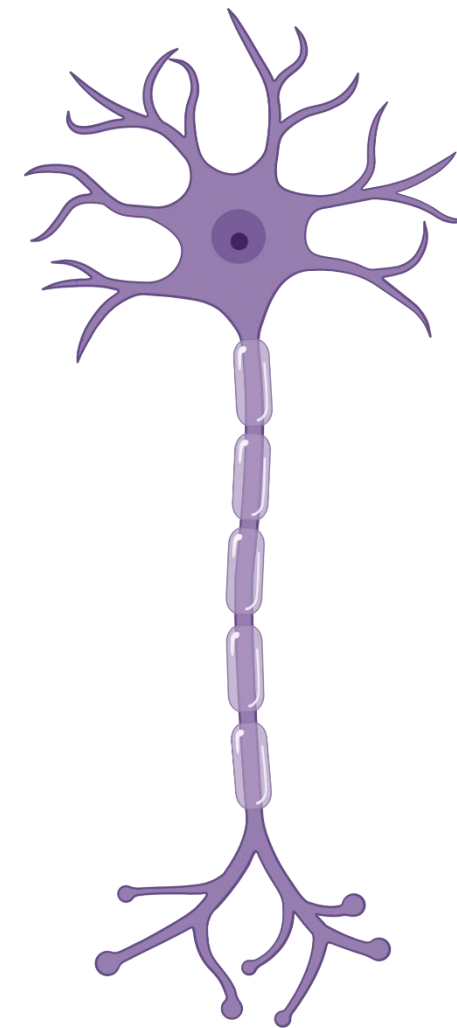
## Dendrit(en)

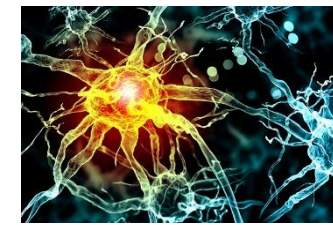
- Dendriten vergrößern die rezeptive Oberfläche und leiten die Erregung **zentripetal** (zum Perikaryon hin)

## Axon (oder Neurit)

- Leitung der Erregung **zentrifugal** (vom Perikaryon in die Peripherie); es kann bis zu mehreren Metern lang sein

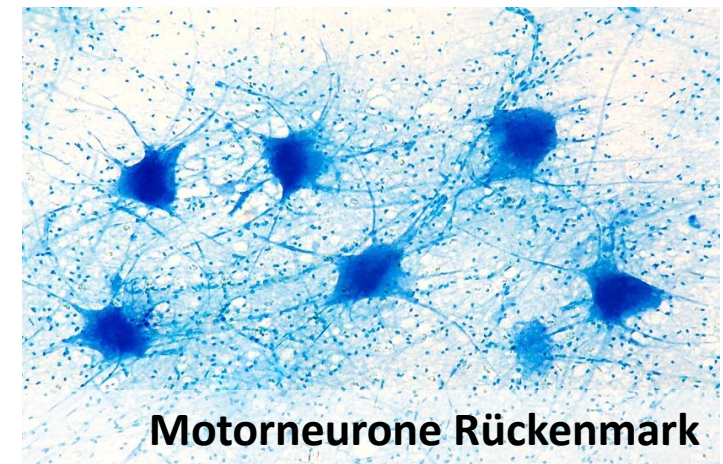
**Die Anzahl der Dendriten wird zur Einteilung der Neurone genutzt**

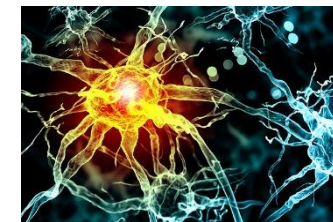




# Neurone – Multipolare Neurone

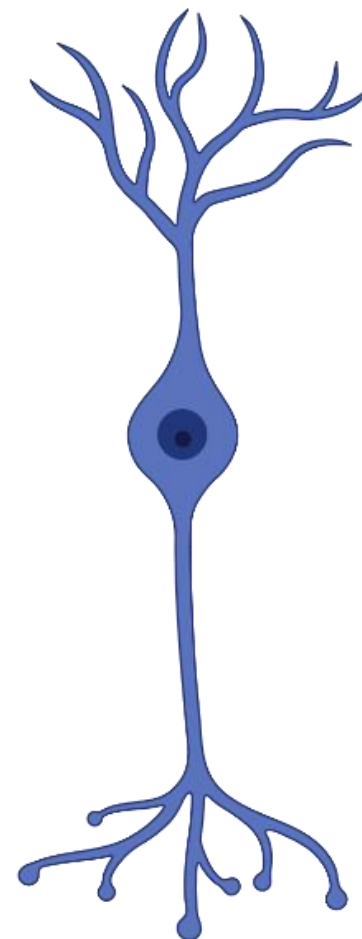
- Multipolare Neurone haben mehrere Dendriten (bäumchenartig) und ein Axon
- Es sind die häufigsten Neurone, deren Perikaryen im ZNS liegen
- Können verschiedene Formen annehmen





# Neurone – Bipolare Neurone

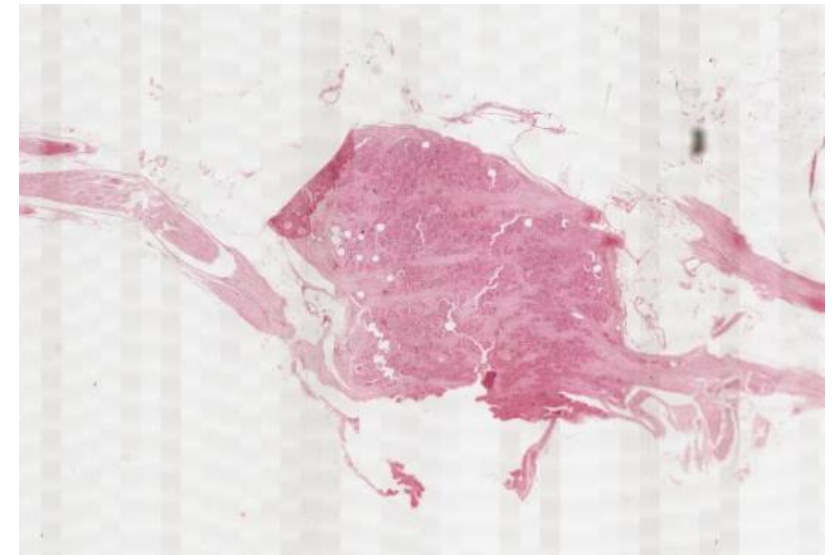
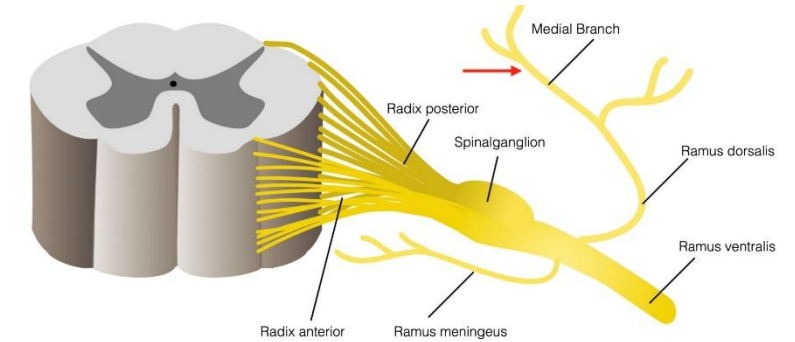
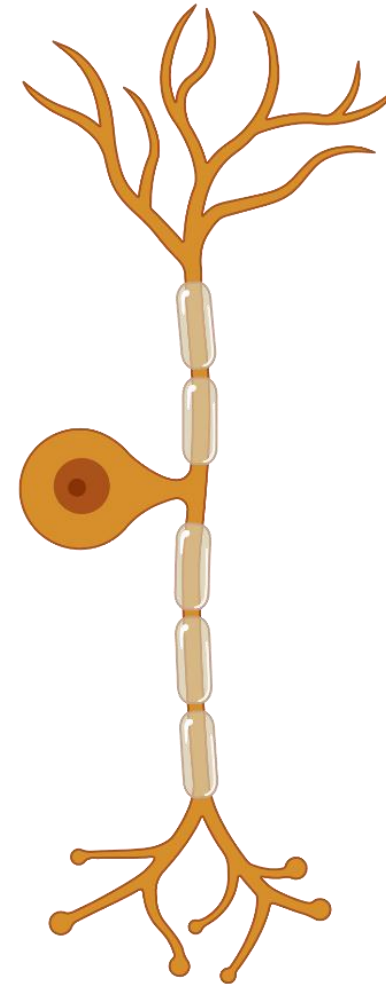
- Bipolare Neurone haben ein Dendrit und ein Axon
- Diese Neurone kommen in Sinnesepithelien vor:
  - Stäbchen und Zapfen der Netzhaut
  - Riehzellen der olfaktorischen Schleimhaut
  - Haarzellen im Innenohr
  - Geschmackssinneszellen in der Zunge





# Neurone – Pseudounipolare Neurone

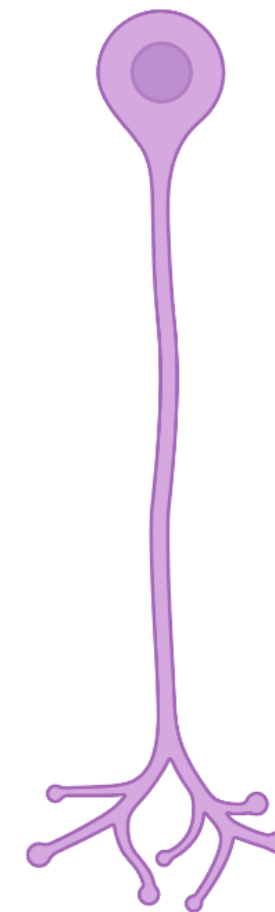
- Bei pseudounipolaren Neuronen gehen der Dendrit und das Axon von einem gemeinsamen Stamm ab
- Sie kommen in den Spinalganglien vor

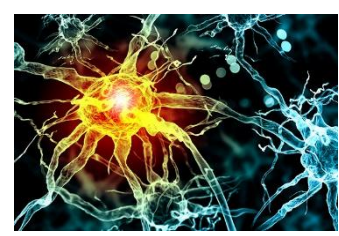




# Neurone – Unipolare Neurone

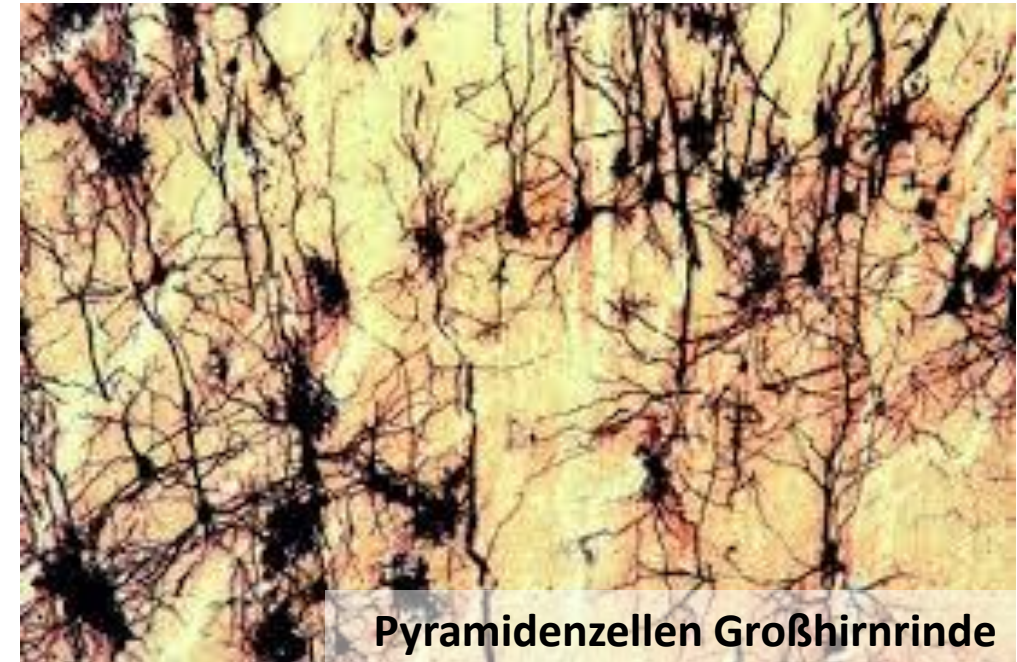
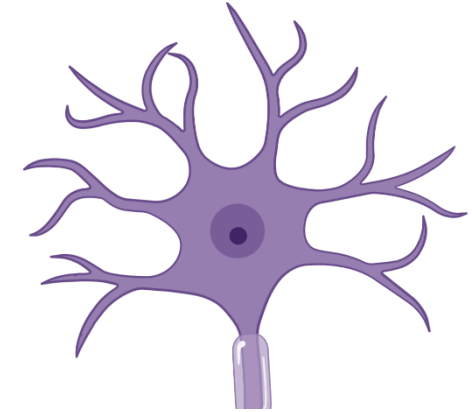
- Unipolare Neurone haben **keine Dendriten**, sondern nur ein Axon; kommt vor allem bei Wirbellosen vor
- Unterschiedliche Lehrmeinungen
  - Hypothese A: Unipolare Neurone kommen nur in der embryonalen Gewebeentwicklung vor, nicht aber im adulten Organismus
  - Hypothese B: Unipolare Neurone kommen ebenfalls in Sinnesepithelien vor und leiten als sensible Neurone Informationen ans ZNS





# Neurone – Dendrit oder Axon?

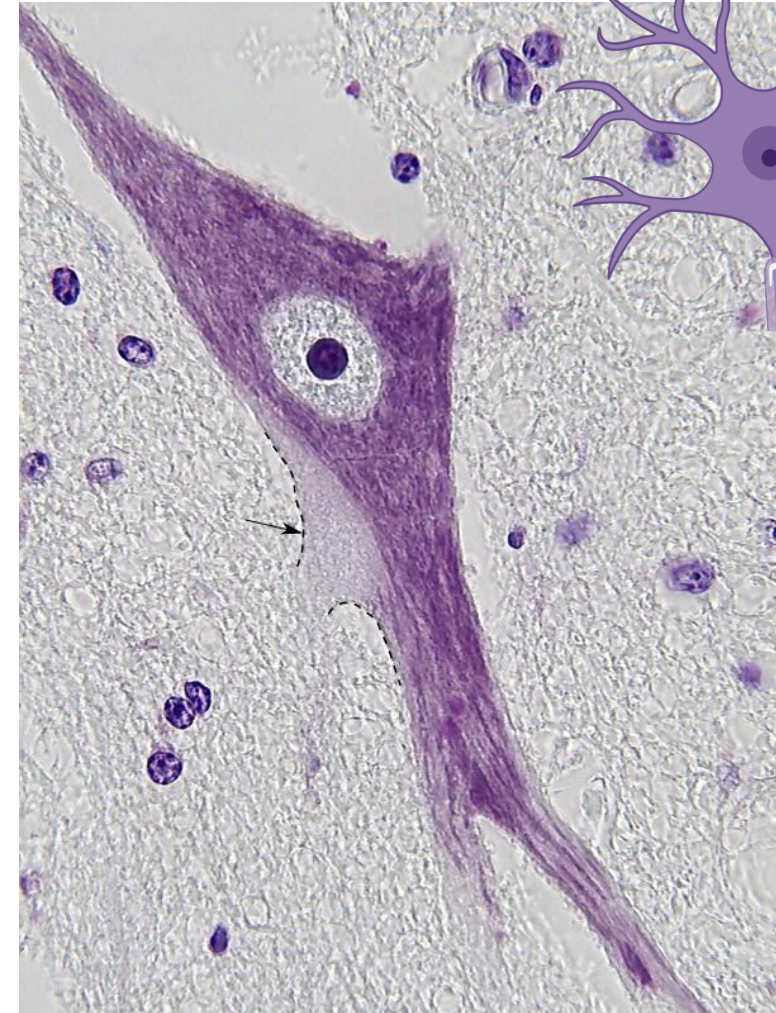
- Dendriten haben eine komplette Organellenausstattung; sie sind in der Regel nicht myelinisiert
- Das Axon beginnt am Axonhügel (ohne Nissl-Substanz) und wird eingeteilt in Axolemm, Axoplasma und besonderem Mikrotubulusgerüst für den axonalen Transport; das Axon ist myelinisiert

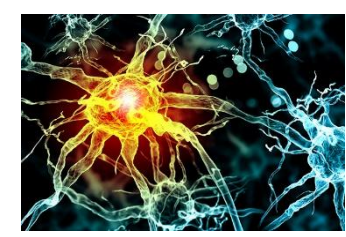




# Neurone – Dendrit oder Axon?

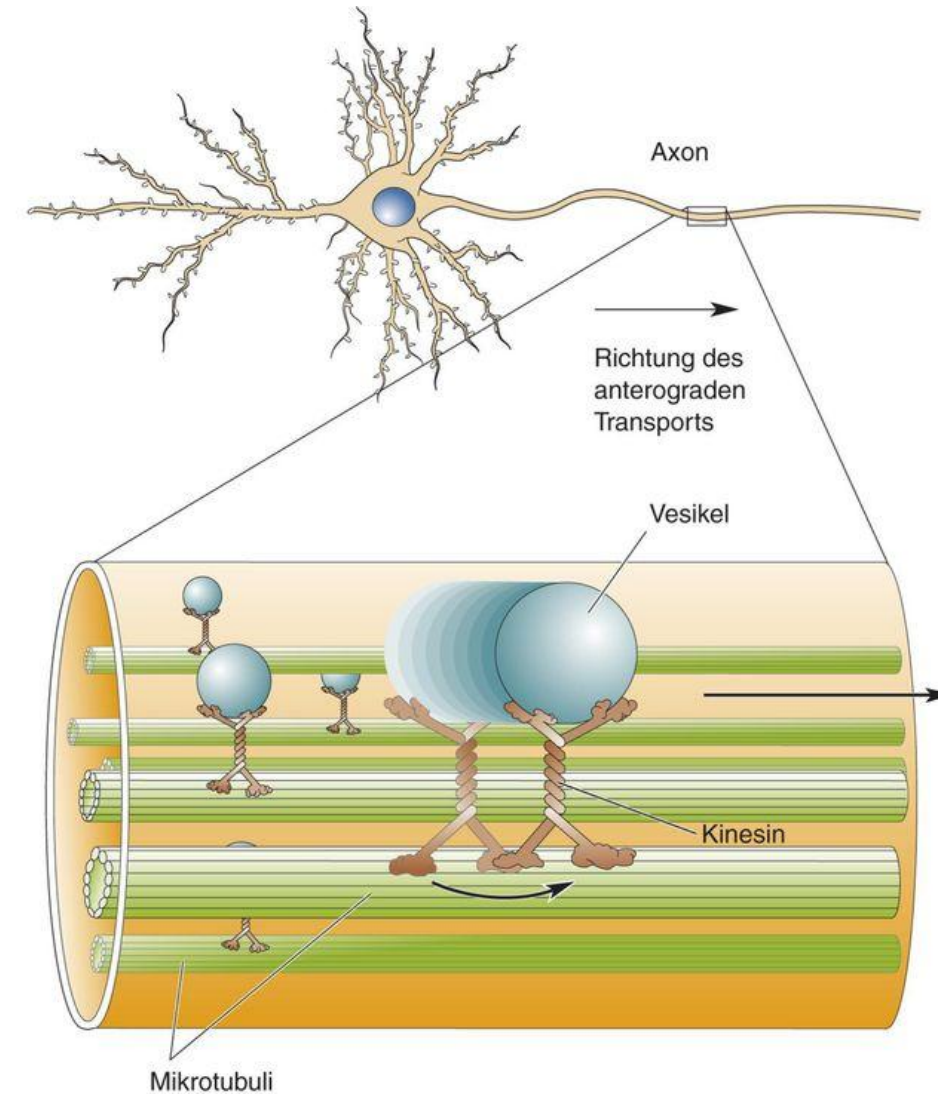
- Dendriten haben eine komplette Organellenausstattung; sie sind in der Regel nicht myelinisiert
- Das Axon beginnt am Axonhügel (ohne Nissl-Substanz) und wird eingeteilt in Axolemm, Axoplasma und besonderem Mikrotubulusgerüst für den axonalen Transport; das Axon ist myelinisiert





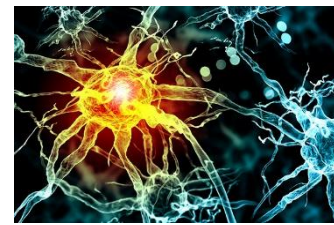
# Neurone – Synapsen

- Durch axonalen Transport werden Vesikel mit Neurotransmitter an Mikrotubuli entlang in die **Synapsen** transportiert

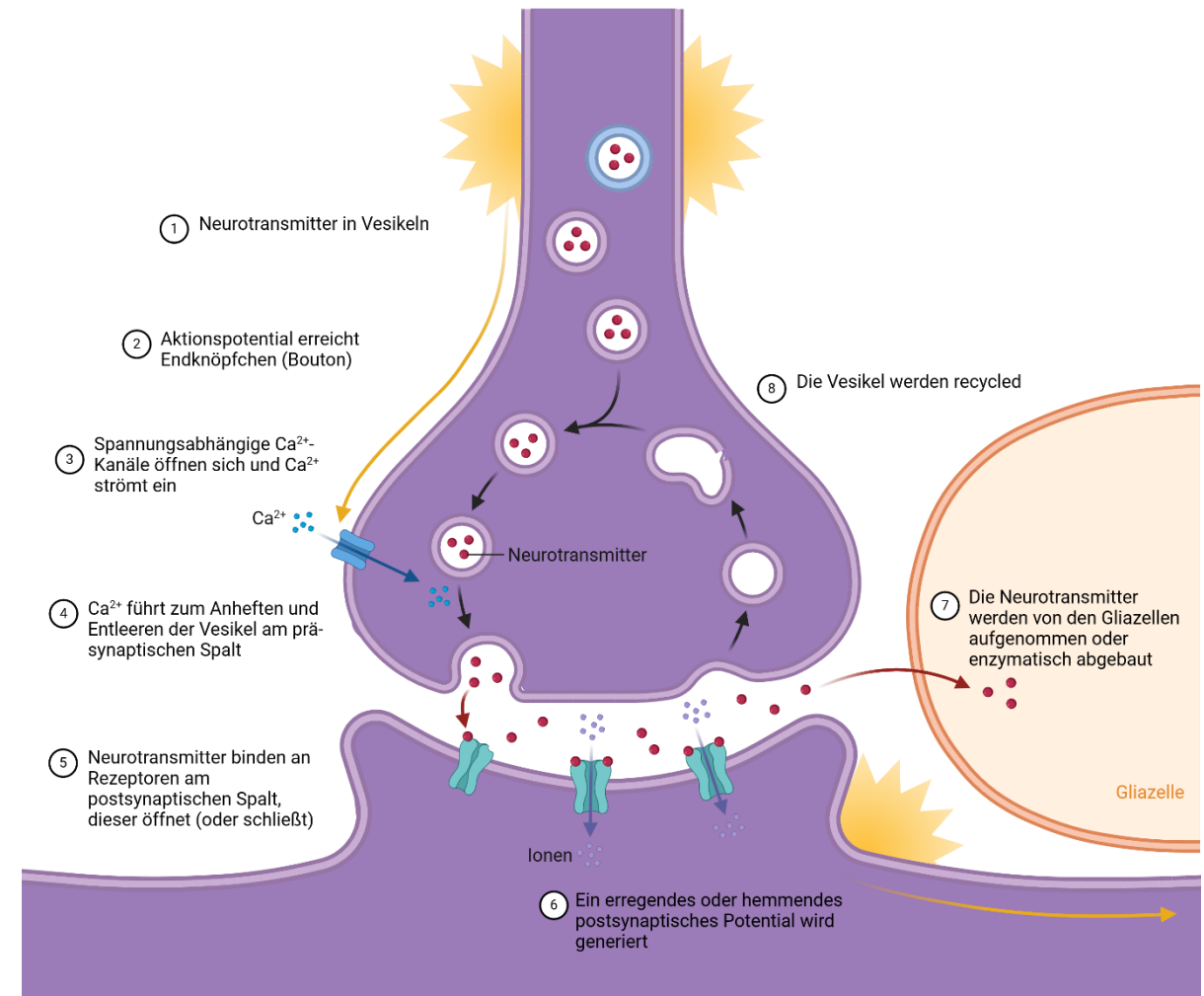


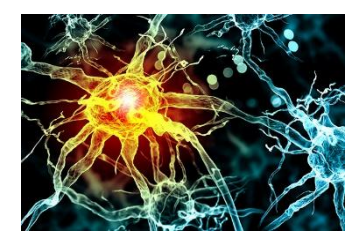


# Neurone – Synapsen



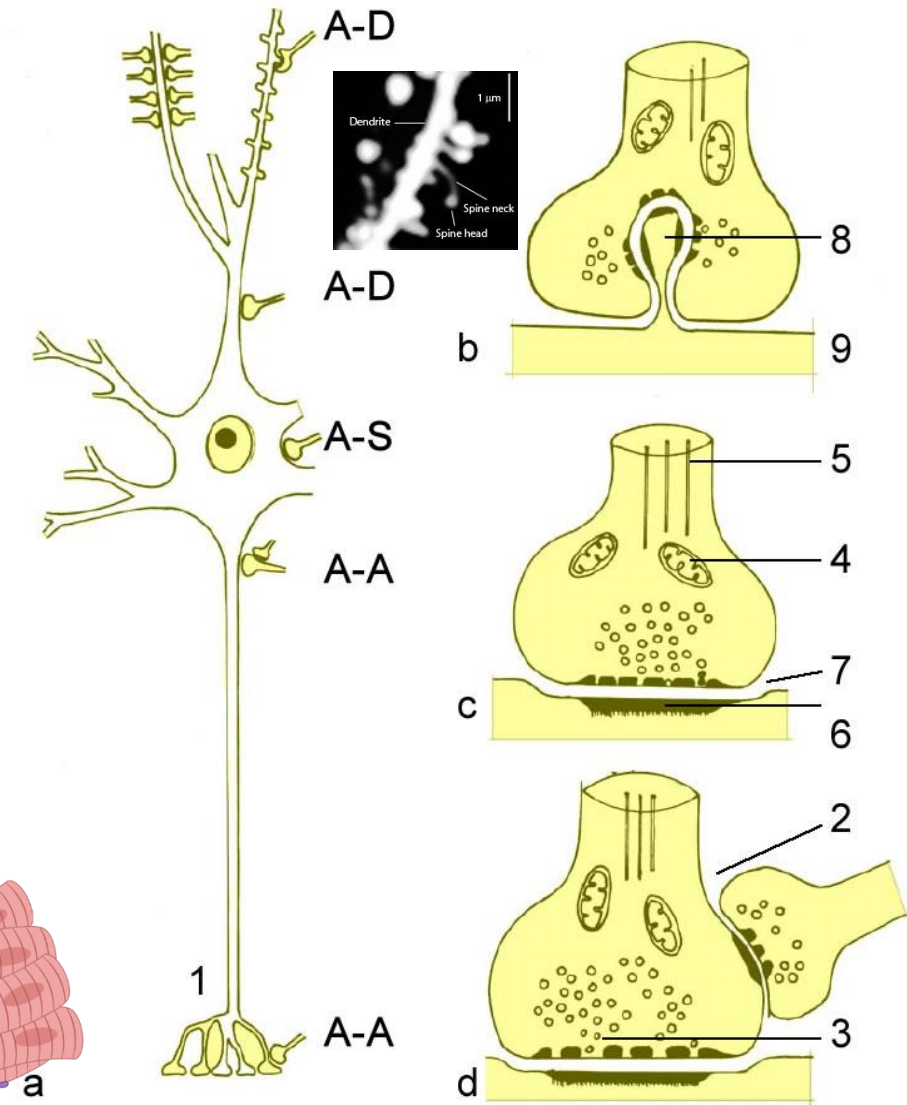
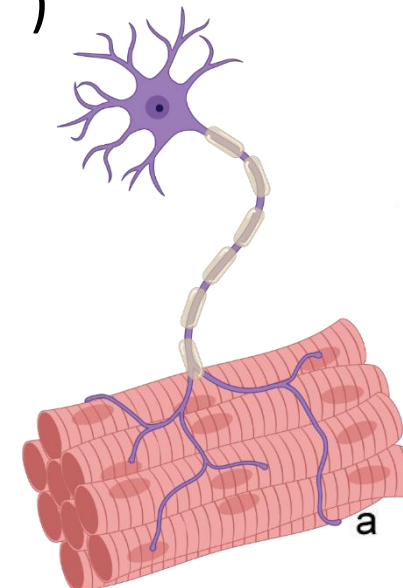
- Durch axonalen Transport werden Vesikel mit Neurotransmitter an Mikrotubuli entlang in die **Synapsen** transportiert
- In den Synapsen findet die Übersetzung eines elektrischen in ein chemisches Signal statt

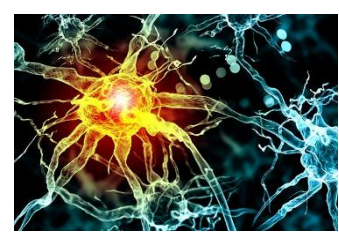




# Neurone – Synapsen

- Synapsen können an verschiedenen Stellen entstehen:
  - axo-somatisch
  - axo-dendritische Synapsen („spiny“)
  - axo-dendritische Synapsen („aspiny“)
  - axo-axonische Synapsen
  - Endverästelung



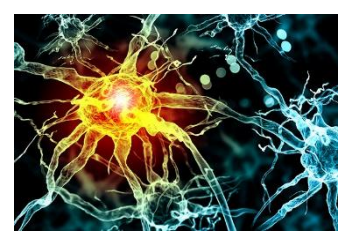


# Gliazellen

- Gliazellen umgeben die Neurone und haben viele Funktionen:
  - Myelinisierung der Nervenfasern
  - Regulation des extrazellulären Milieus, Ernährung, Schutz, Abbau von Metaboliten
  - „Aufräumfunktion“ (Makrophagen)
  - Auskleidung innerer Hohlräume

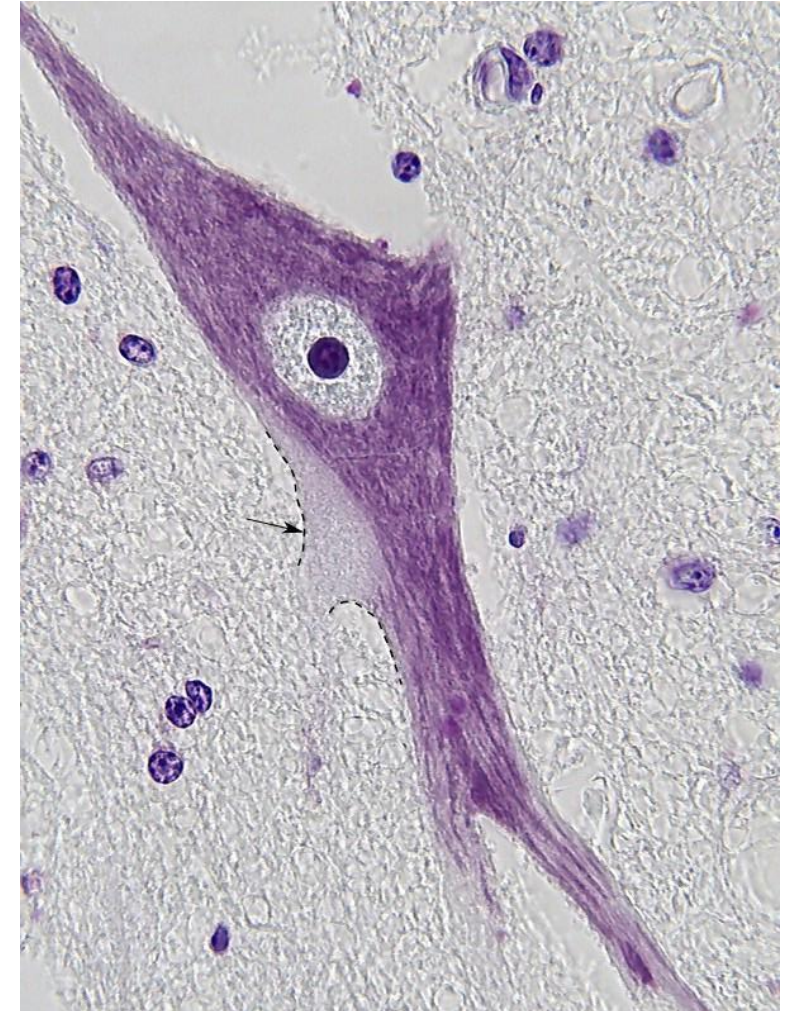
**Neurone sind terminal differenziert und brauchen Ammenzellen für ALLES!**

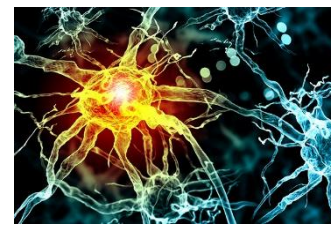




# Gliazellen

- Die Zahl der Gliazellen ist sehr groß, es gibt etwa 10.000.000.000 (10 Billionen!)
- Im ZNS gibt es keine extrazelluläre Matrix, kein „klassisches“ Bindegewebe
- Stattdessen bilden die Fortsätze der Neurone und der Gliazellen das sog. **Neuropil**



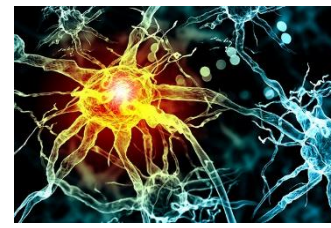


# Gliazellen – Typen

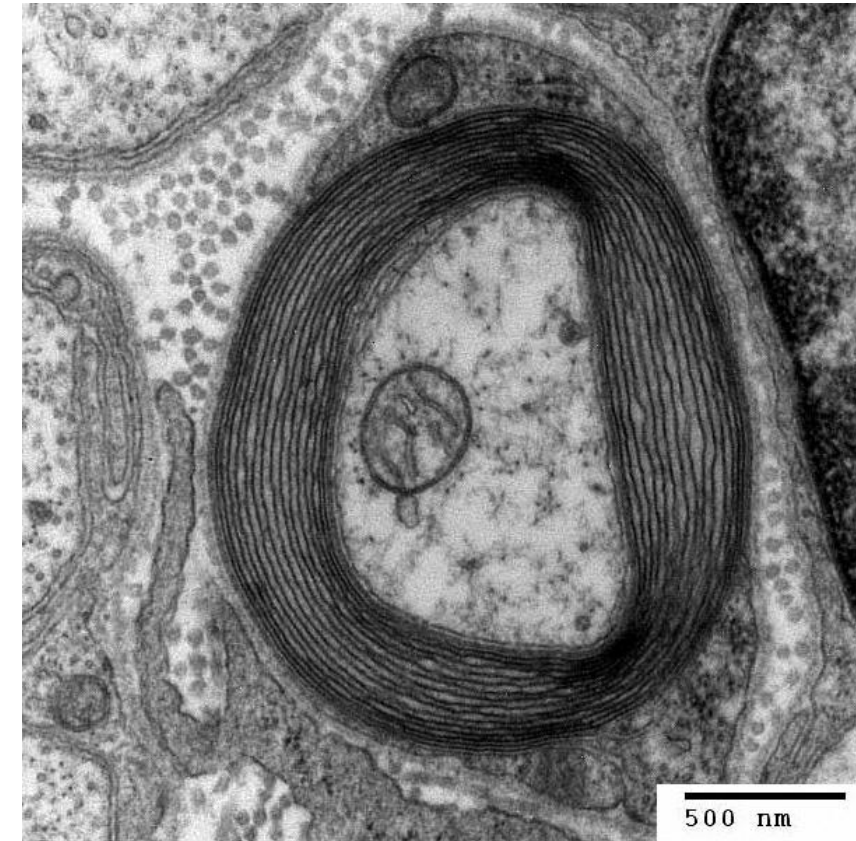
FUNKTION	ZENTRALES NERVENSYSTEM	PERIPHERES NERVENSYSTEM
Myelinisierung der Nervenfasern	Oligodendrozyt	Schwann-Zelle
Regulation des extrazellulären Milieus, Ernährung, Schutz, Abbau von Metaboliten	Astrozyt	Mantel-Satellitenzelle
Aufräumfunktion (Makrophagen)	Mikroglia	
Auskleidung innerer Hohlräume	Ependymzellen	

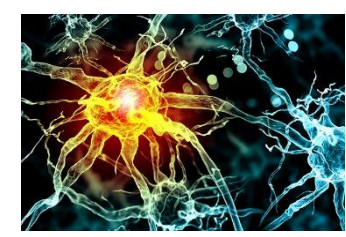


# Myelin



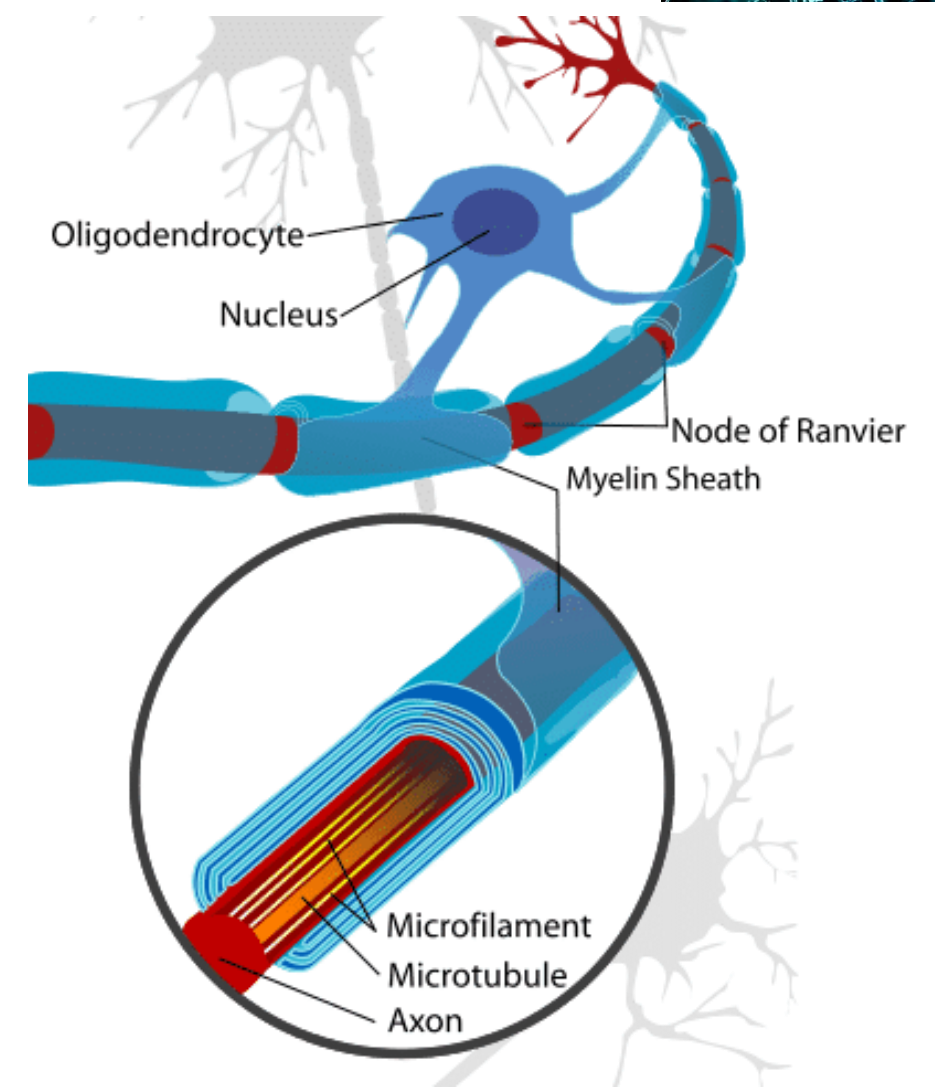
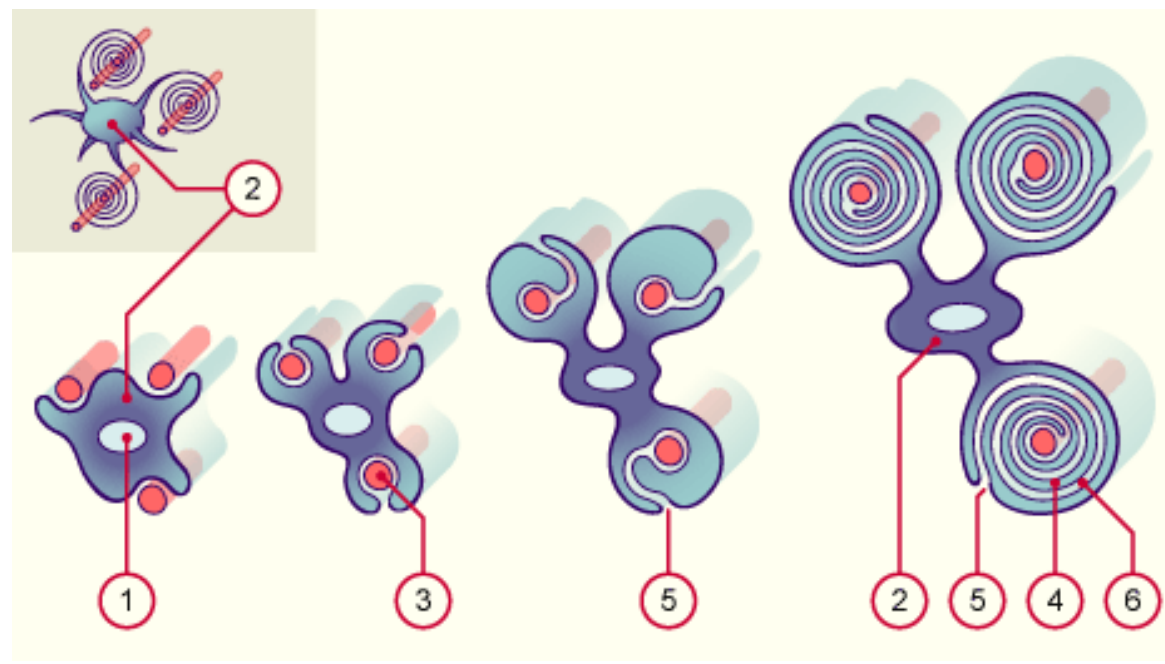
- Myelin ist eine besonders fett- und proteinreiche Biomembran, die die Axone umgibt und für eine schnellere Erregungsleitung essentiell ist
- Die Myelinscheide entsteht durch die Umwicklung des Axons mit der Zellmembran der **Oligodendrozyten** (ZNS) bzw. der **Schwann-Zellen** (PNS)

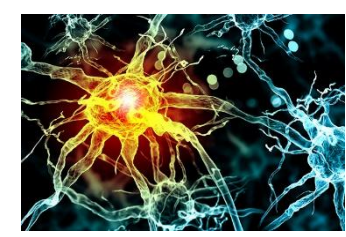




# Myelinisierung im ZNS

- Im ZNS umwickelt ein Oligodendrozyt **mehrere Axone**

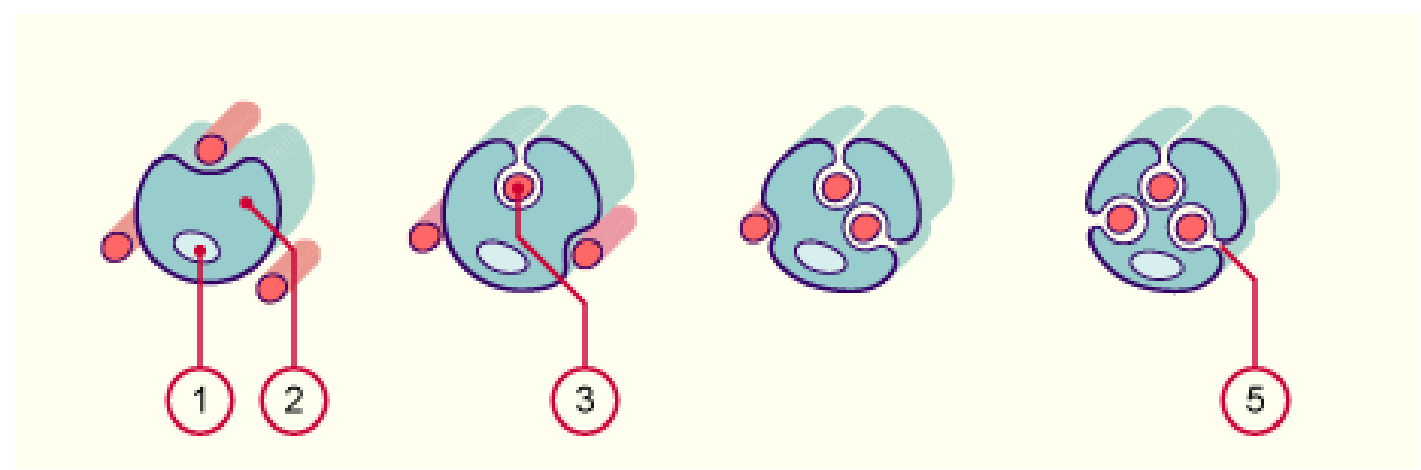
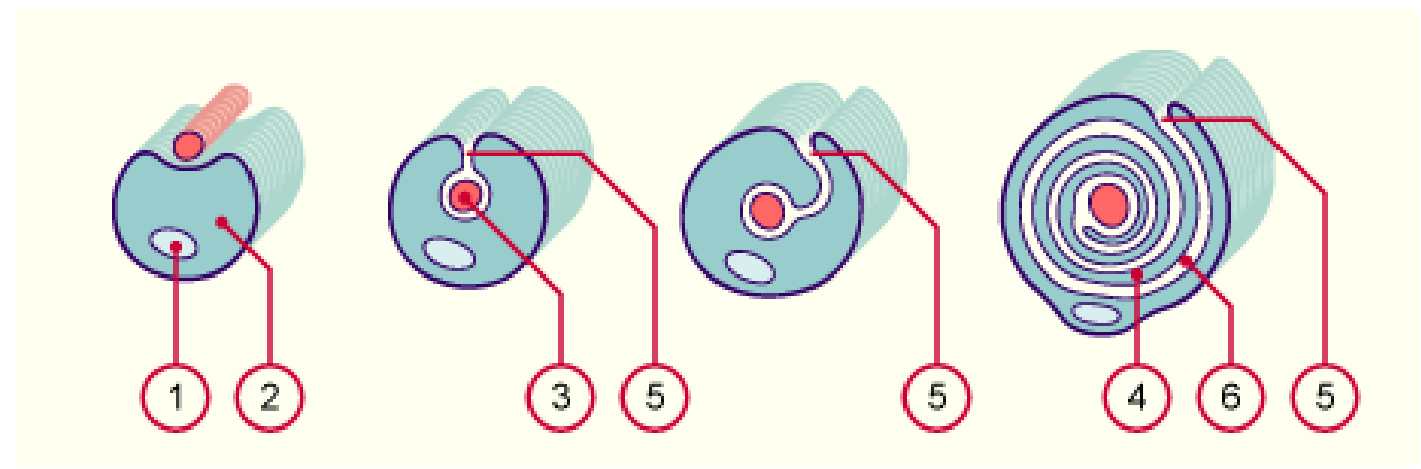


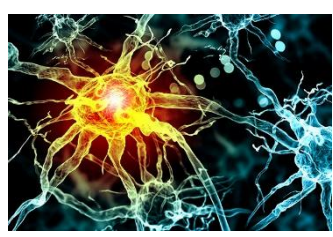


# Myelinisierung im PNS

- Im PNS sind die Schwann-Zellen für die Myelinisierung **aller Axone** zuständig; dabei unterscheidet man:

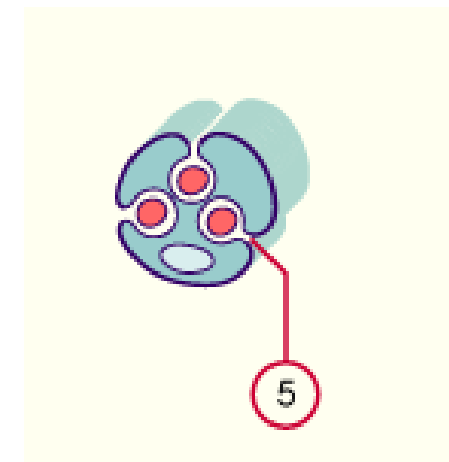
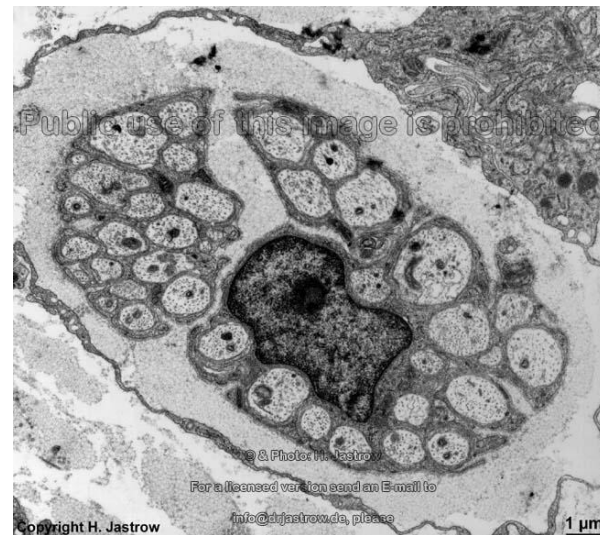
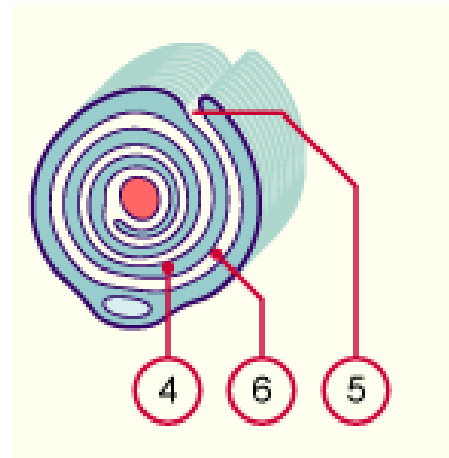
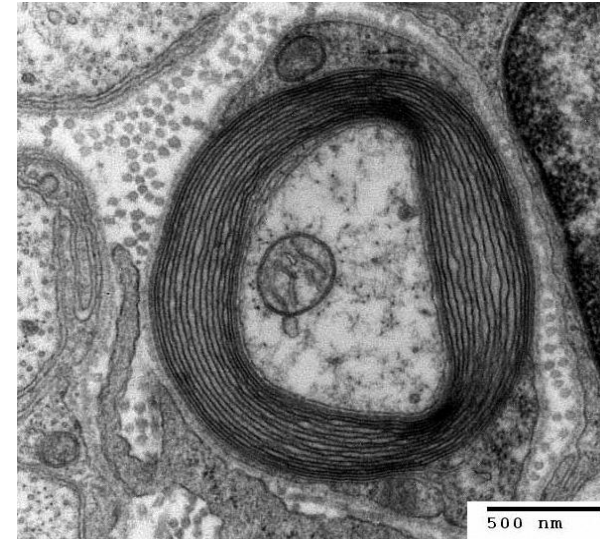
- markhaltige (myelinisierte) Axone
- marklose (-arme) Axone





# Myelinisierung im PNS

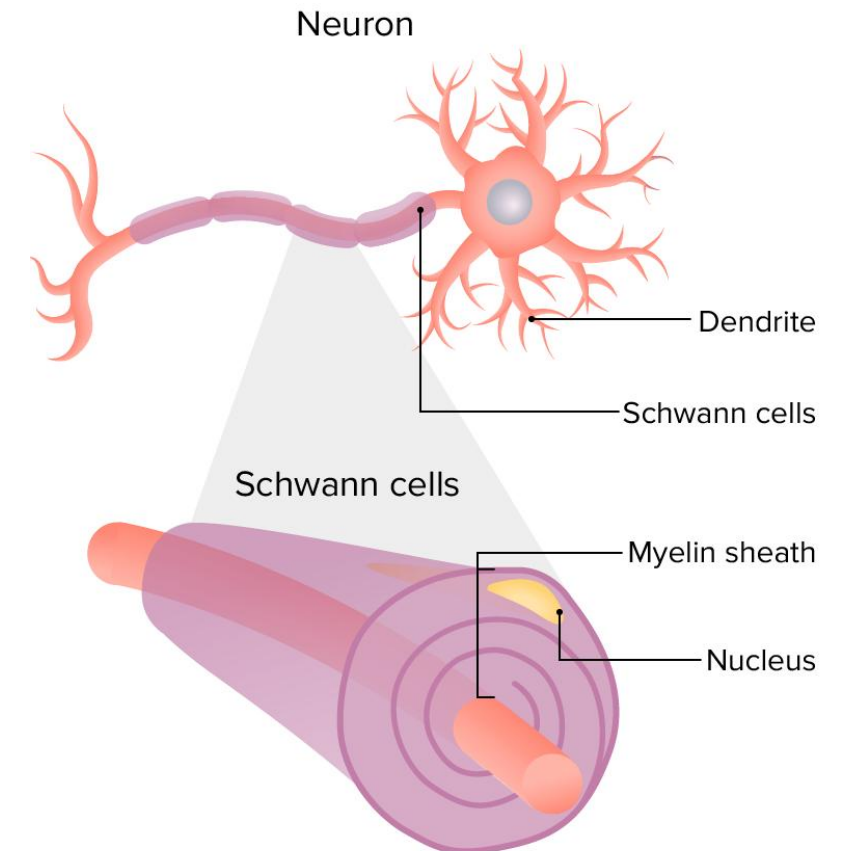
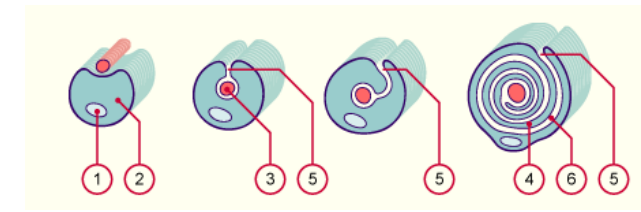
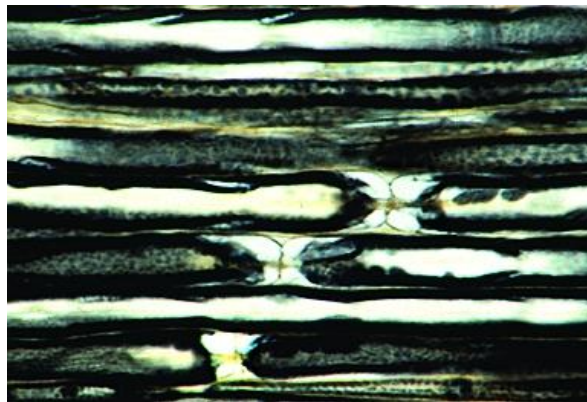
- Im PNS sind die Schwann-Zellen für die Myelinisierung **aller Axone** zuständig; dabei unterscheidet man:
  - markhaltige (myelinisierte) Axone
  - marklose (-arme) Axone





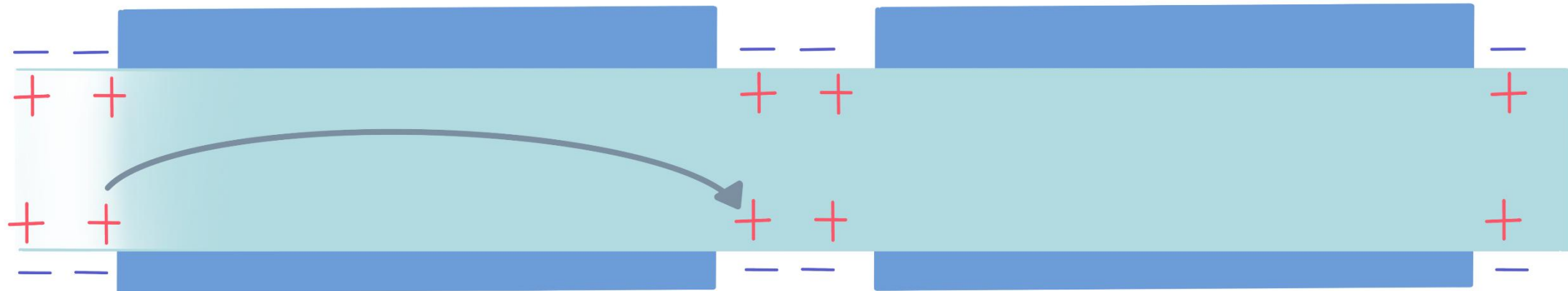
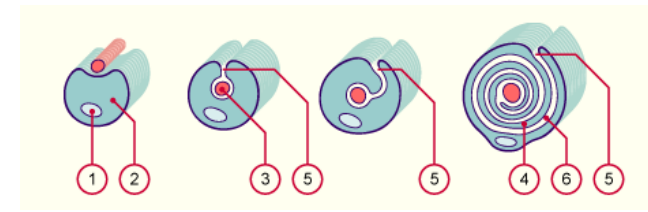
# Myelinisierte Axone

- Eine Schwann-Zelle (Länge ca. 1mm) umwickelt einen Abschnitt des Axons = **Internodium**
- Zwischen den Schwann-Zellen entstehen die **Nodien** bzw. **Ranviersche Schnürringe**, an denen das Axon freiliegt





# Myelinisierte Axone



saltatorisch

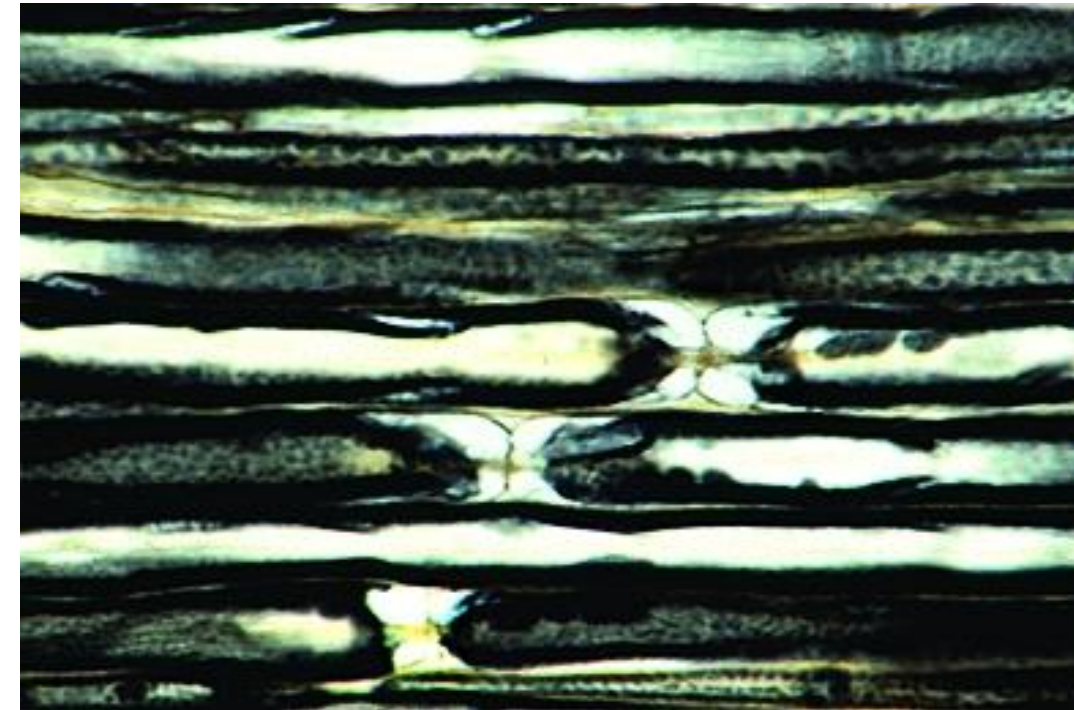
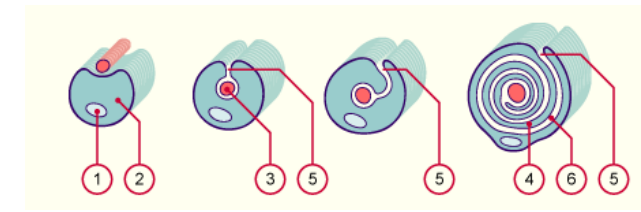
$$v = \text{ca. } 120 \text{ m/s}$$

- Hier kann sich ein Erregungspotential bilden von Schnürring zu Schnürring „springen“ (**saltatorische Erregungsleitung**), z.B. bei den Spinalnerven



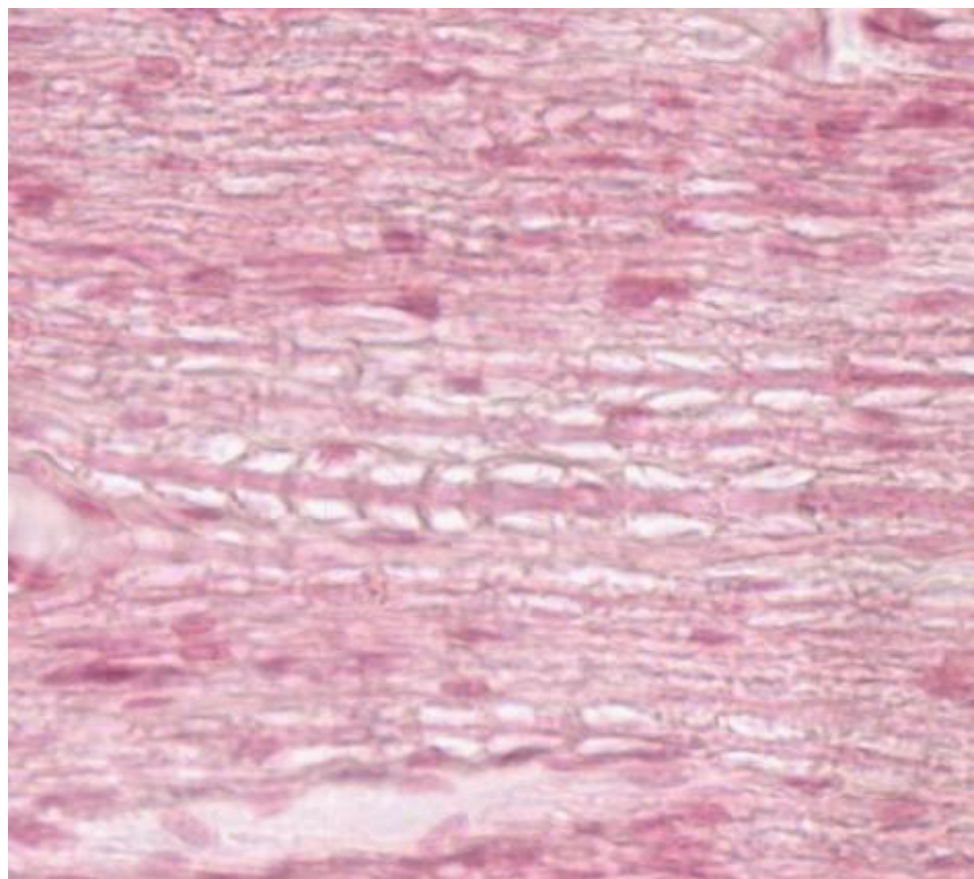
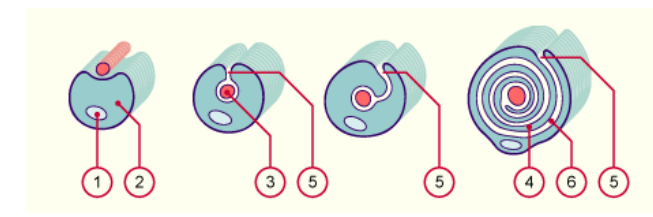
# Myelinisierte Axone

- In der Standardfärbung ist die Myelinscheide nicht sichtbar, man braucht eine Fettfärbung (z.B. Osmium)
- In der HE-Färbung wird das Fett herausgelöst, es bleiben „leere Vakuolen“ übrig und es zeigen sich **Schmidt-Lantermann-Einkerbungen** (Zytoplasma-Brücken) im PNS





# Myelinisierte Axone

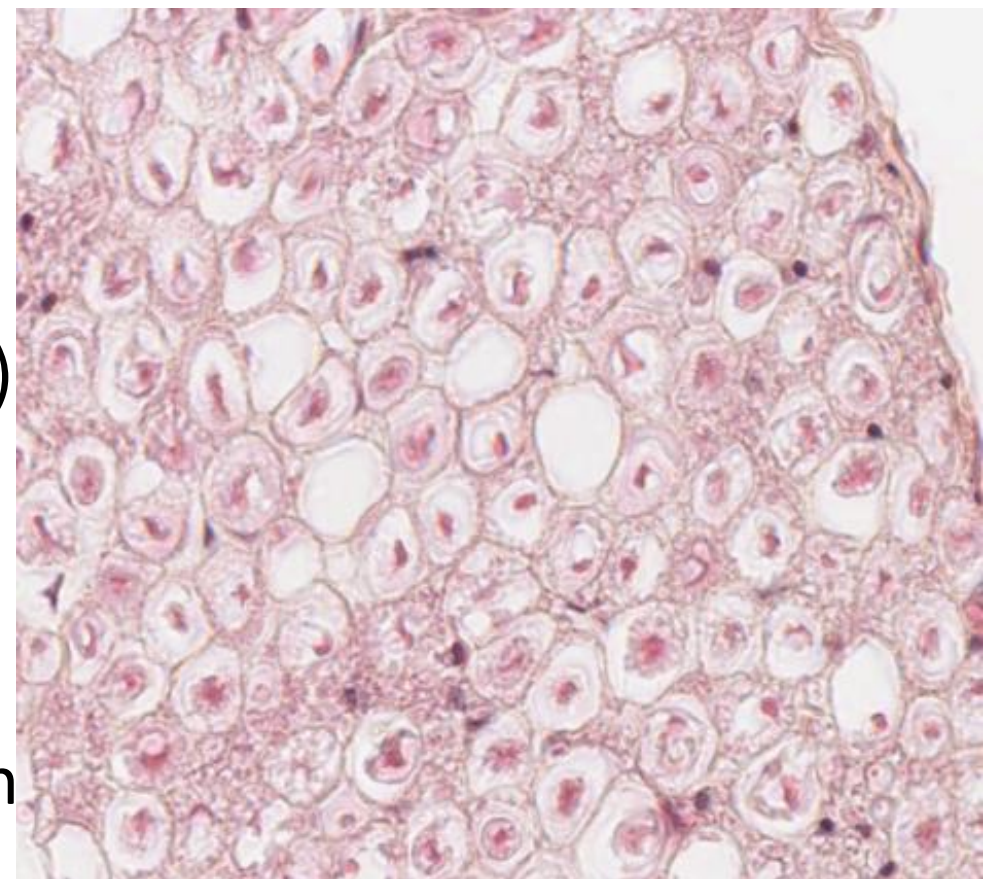


Axon

Myelin  
(rausgelöst)

Zellkern

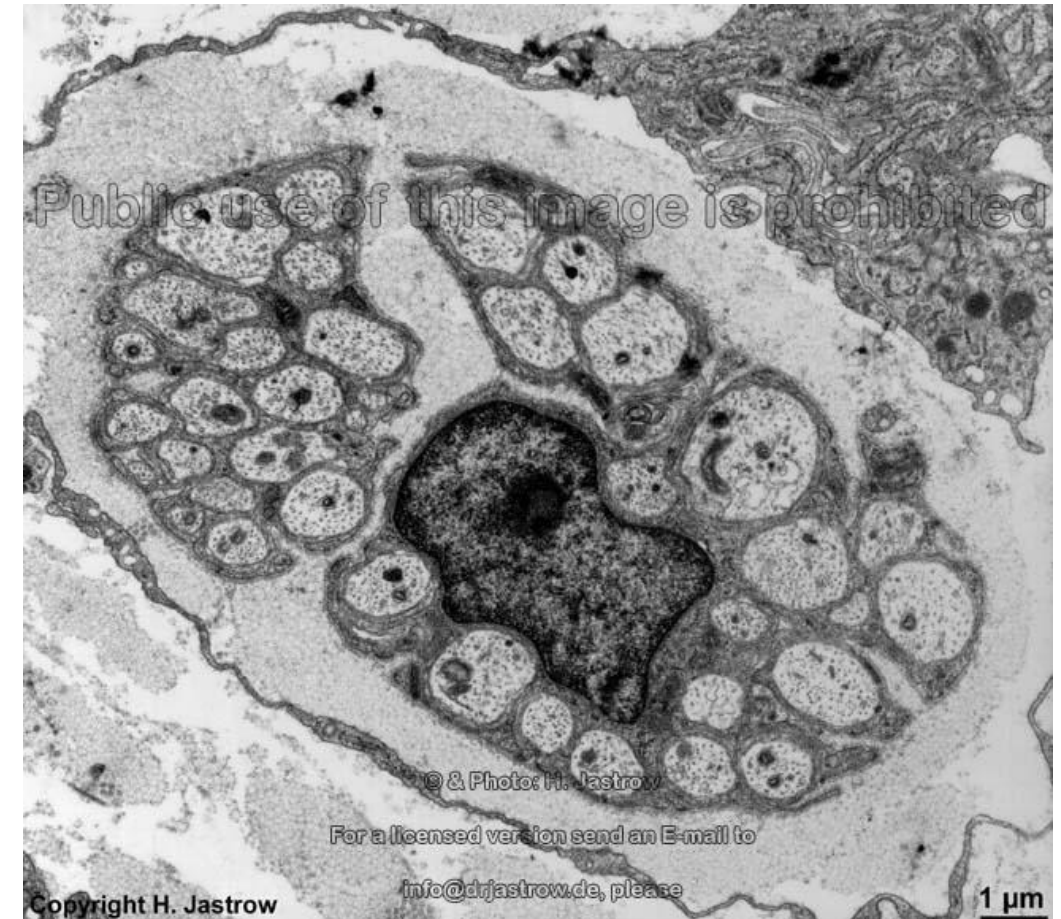
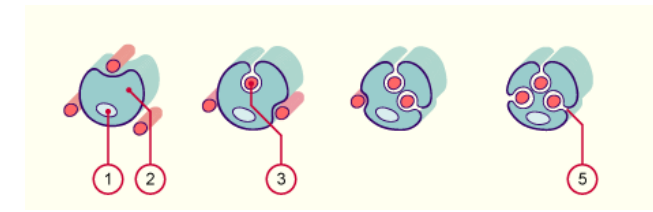
Schmidt-  
Lantermann





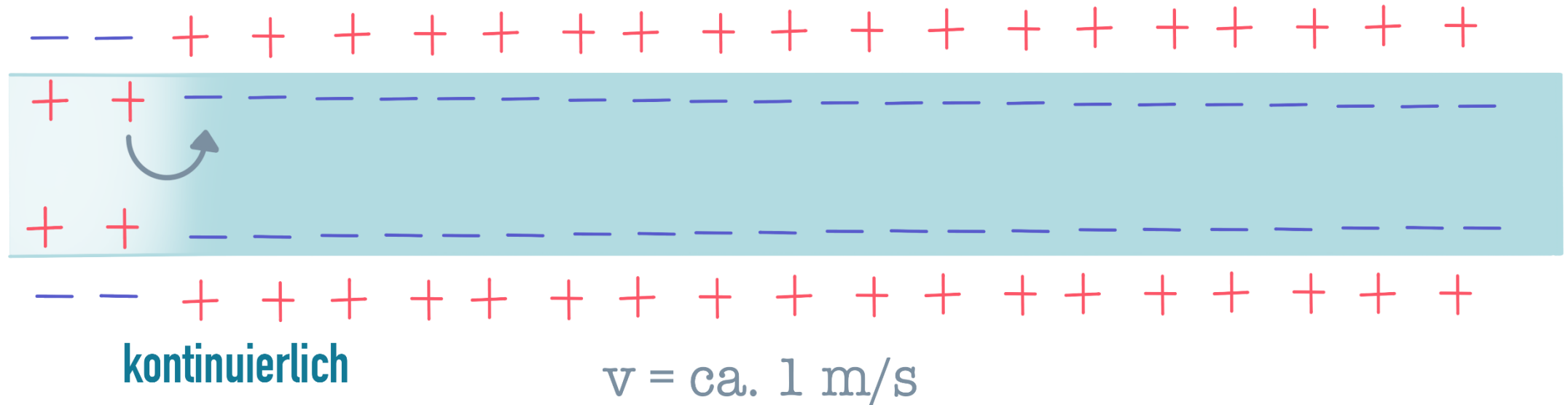
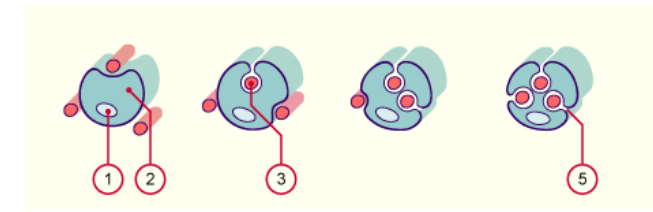
# Marklose (-arme) Axone

- Eine Schwann-Zelle umfasst hier mehrere Axone, es entstehen keine Internodien bzw. Ranviersche Schnürringe

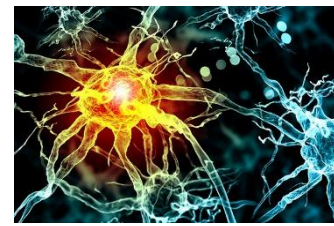




# Marklose (-arme) Axone

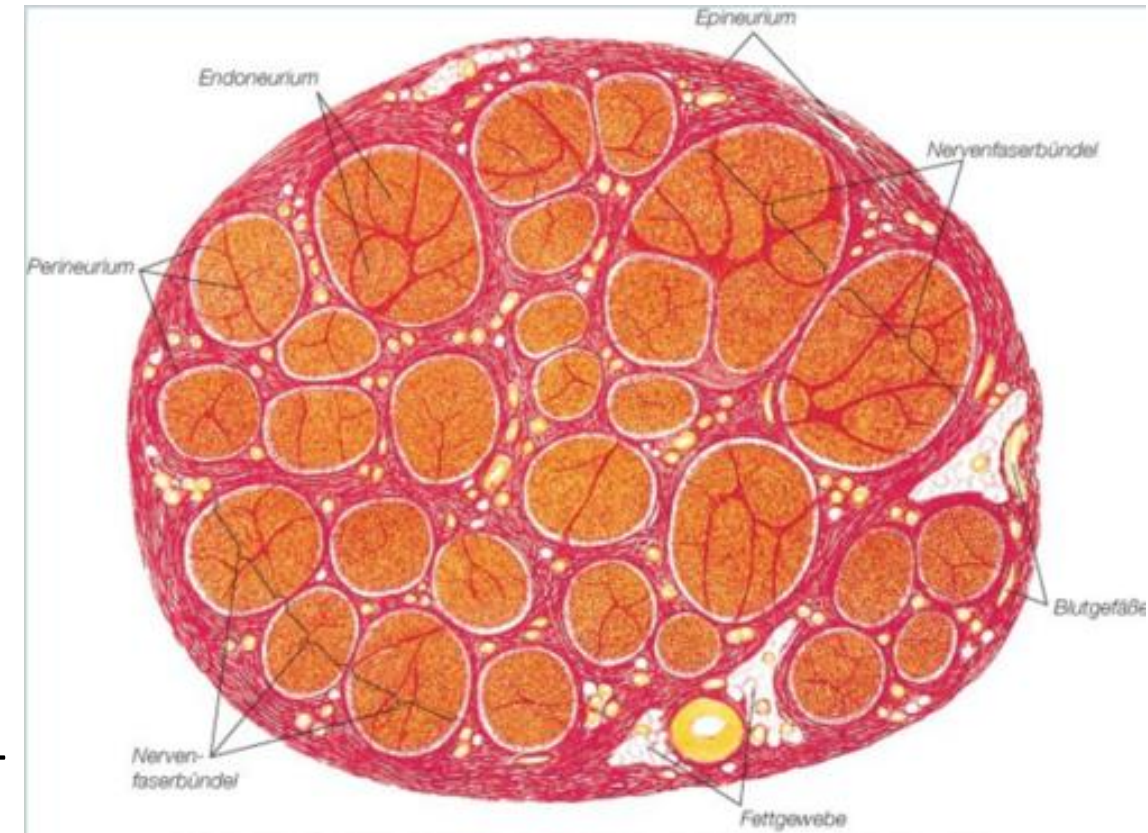


- Das Erregungspotential muss sich an jeder Stelle des Axons bilden (**kontinuierliche Erregungsleitung**), z.B. bei den vegetativen (Organ-) Nerven



# Nervenfaser(bündel)

- Parallel zu den Skelettmuskelfaserbündeln werden auch Nervenfasern zu Primär-, Sekundärbündeln bzw. zu **Spinalnerven** zusammengefasst
  - **Endoneurium:** Umgibt einzelne Axone, führt Nerven + Gefäße
  - **Perineurium:** Umgibt primäre und sekundäre Nervenfaserbündel
  - **Epineurium:** Umgibt kompletten Spinalnerv

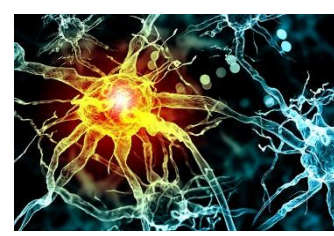




# Astrozyten

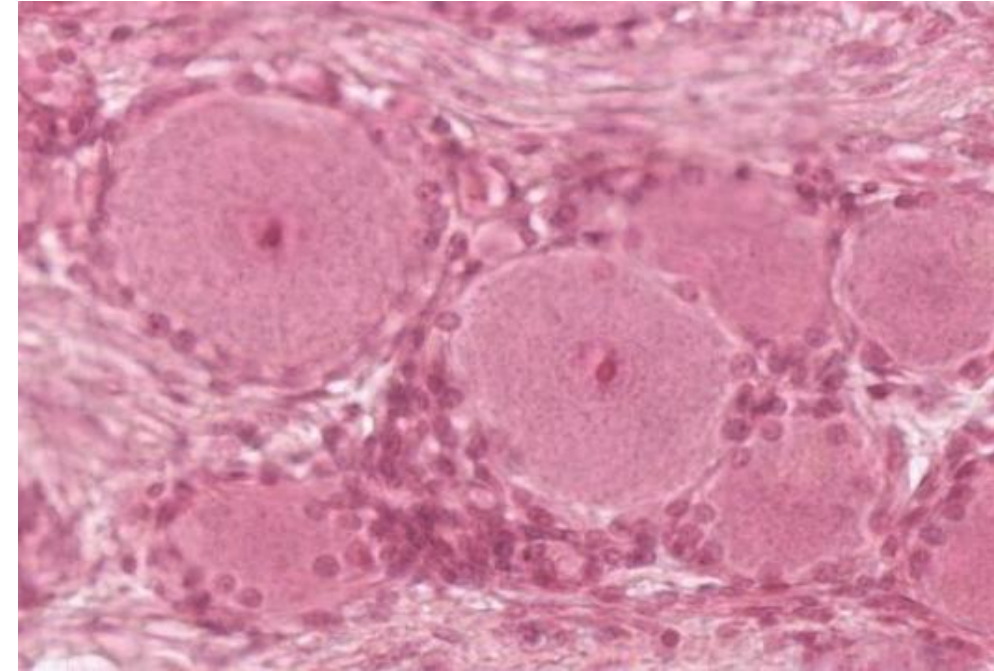
- Astrozyten haben mehrere Fortsätze und umgeben als Neuropil die Nervenzellen; sie stützen und ernähren die Neurone und bauen Stoffe ab
- Astrozyten bauen über *gap junctions* untereinander ein Synzytium und über *tight junctions* mit Endothelien die **Blut-Hirnschranke** auf





# Mantelzellen

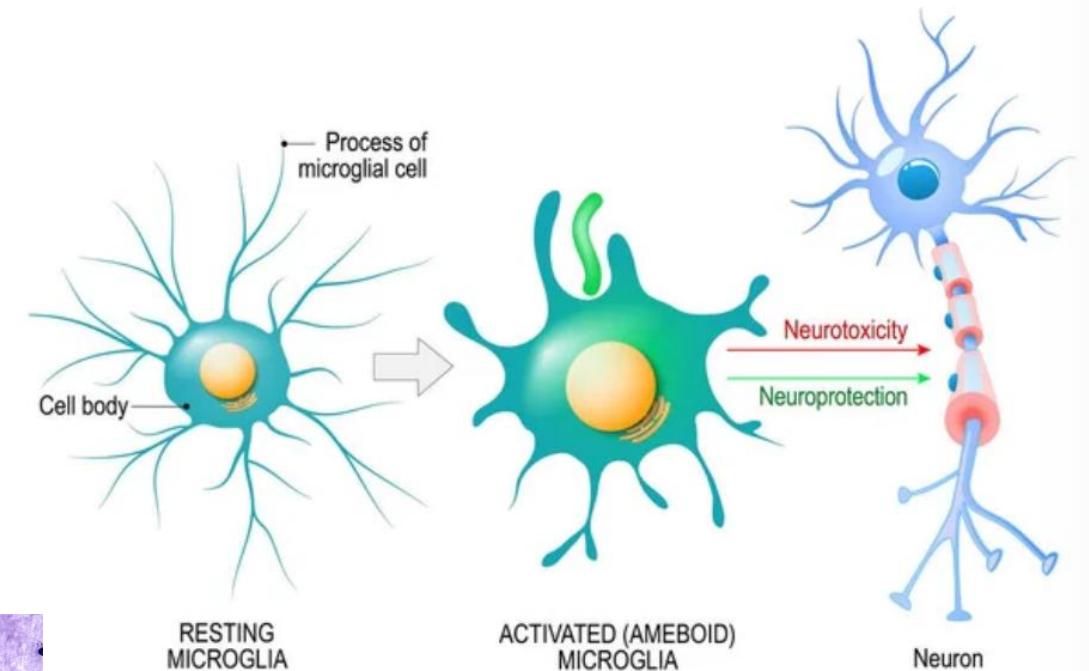
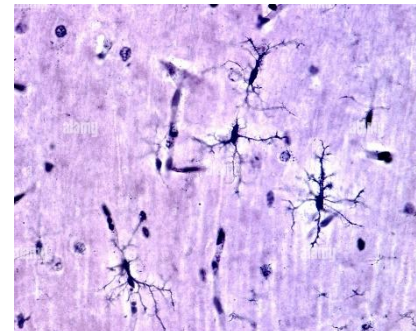
- Werden auch **Satellitenzellen** oder **Amphi-zyten** genannt und kommen v.a. dem Spinalganglion vor
- Sie dienen dem Stoffwechsel der pseudouni-polaren Nervenzellen und sind das Pendant zu den Astrozyten im ZNS
- Am Axonhügel werden sie von Schwann-Zellen abgelöst

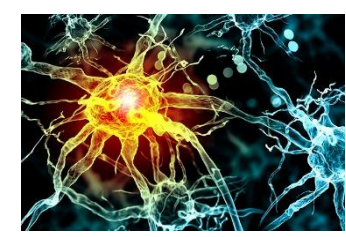




# Mikroglia (Mesoglia, Hortega-Zellen)

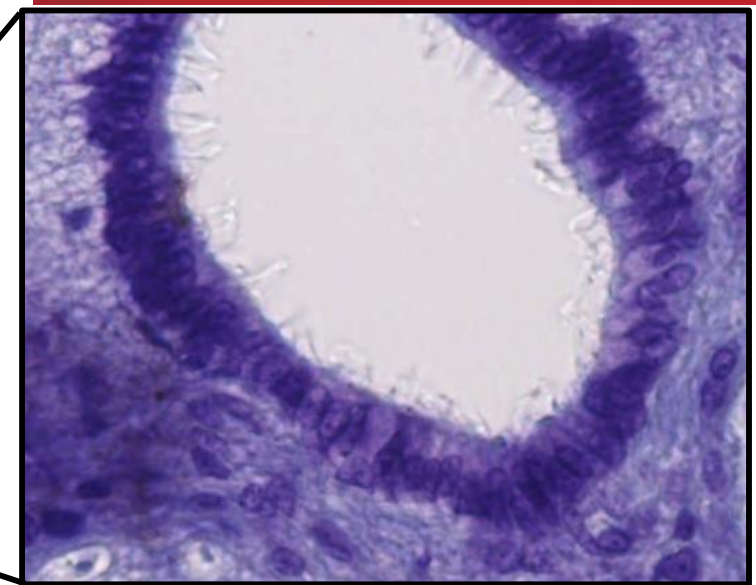
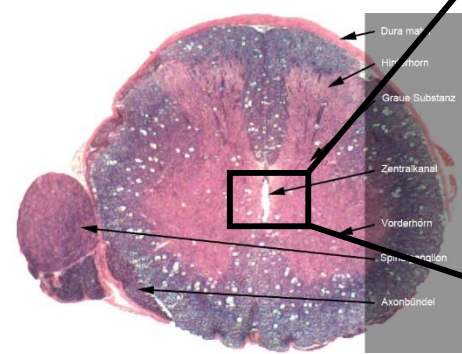
- Mikroglia entstammen dem Knochenmark wie alle Immunzellen und sind Makrophagen, die im gesamten ZNS vorkommen
- Sie induzieren Immunreaktionen, fördern die Regeneration und dienen der Neuroprotektion





# Ependymzellen

- Ependymzellen kleiden epithelartig die Hohlräume des ZNS (Ventrikel, Zentralkanal) aus und sind an der Liquorproduktion beteiligt (**Plexus choroideus**)
- Sie bilden ein einschichtig, isoprismatisches Epithel mit Mikrovilli



<https://www.biowin.at/all/Mikroskopie/tierisch/nervengewebe/rueckenmark/rueckenmark01.htm>