

Zytologie und Histologie

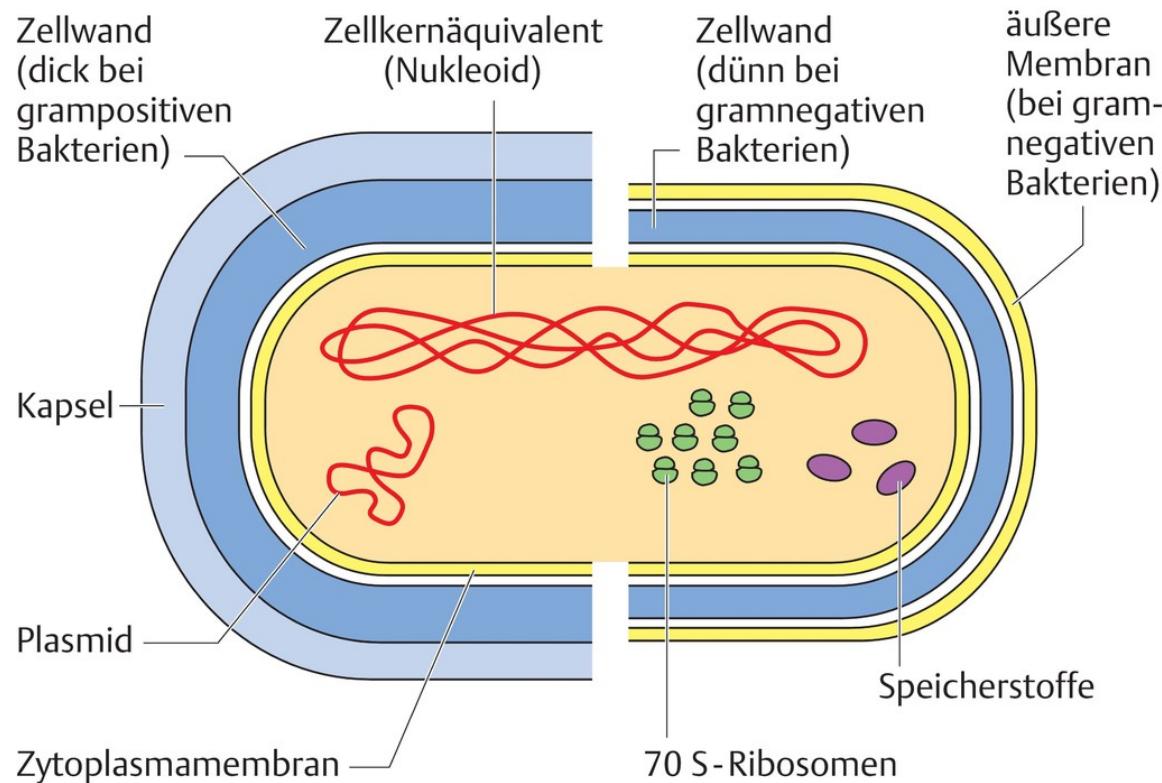
Erstellt von: Tonio Nieszery



Exkurs: Eukaryoten und Prokaryoten

- Man unterscheidet:
- **Eukaryoten:**
 - Besitzen einen echten Zellkern
 - Beinhalten Zellorganellen
 - Es handelt sich i.d.R. um Körperzellen (Gewebezellen)
- **Prokaryoten:**
 - Besitzen keinen echten Zellkern (Kernäquivalent)
 - Beinhalten keine Zellorganellen
 - Es handelt sich i.d.R. um Bakterien

Prokaryotische Zelle



Endosymbiontentheorie

- Entstehungsgeschichte der Eukaryoten
- Prokaryotische Zellen wurden von anderen prokaryotischen Organismen aufgenommen (Phagozytose)
- Wurden nicht verdaut sondern gingen eine Symbiose ein
- Entwicklung von Zellorganellen
- Ermöglichen Zellatmung und Photosynthese

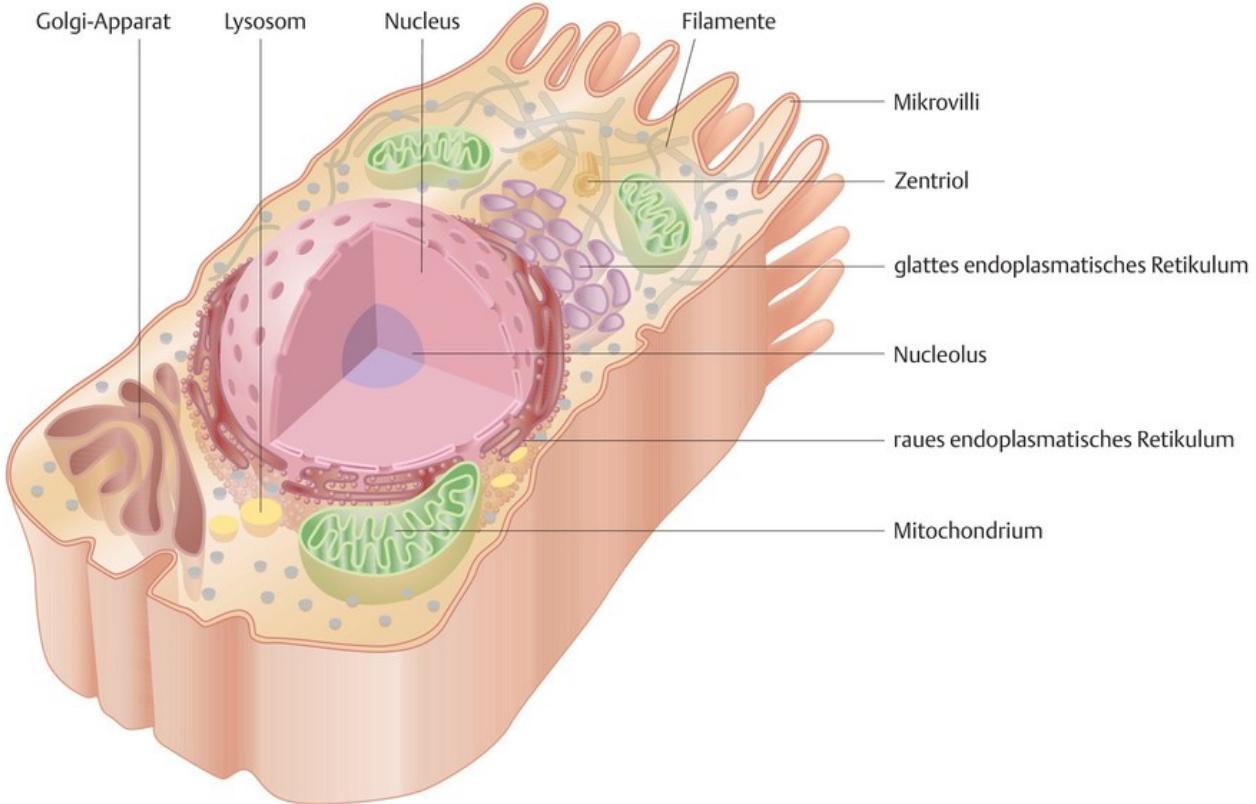
Zytologie

- Was ist eine Zelle:
 - Kleinste **selbstständige** Funktions- und Baueinheit des Körpers
 - Grundaufbau jeder Zelle im Körper ist gleich
 - Ermöglichen durch „Zusammenschluss“ das Leben in größeren Dimensionen (Gewebe)

Die Zelle

- Jede Zelle besteht aus:
 - Zellkern (ausgenommen kernlose Erythrozyten)
 - Zytoplasma
 - Zellorganellen
 - Zellmembran
 - Zytoskelett

Die Zelle



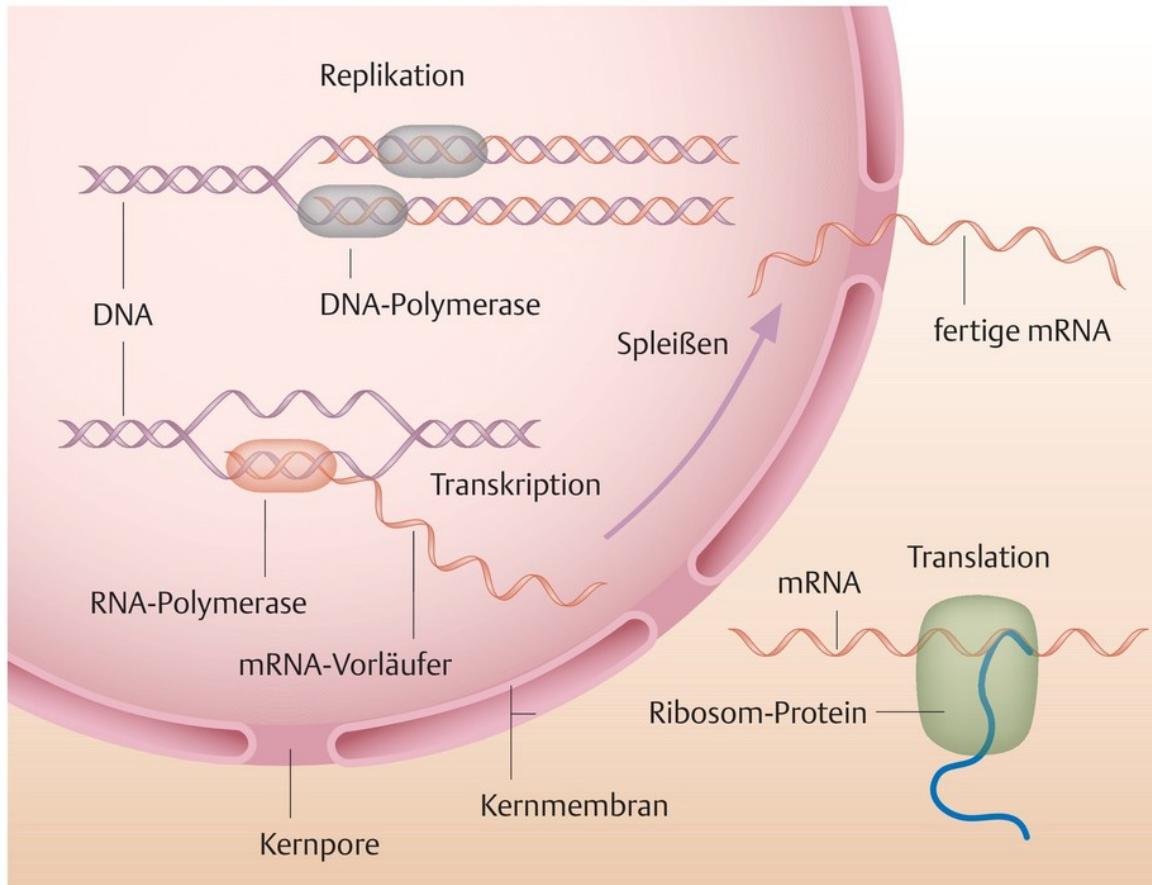
Zellkern (Nucleus)

- Beinhaltet Karyoplasma
- Ist von einer porenhaltigen Kernmembran umgeben
- Im Kern liegt das Genom (Erbmaterial) in Form der DNA
- DNA-Substanz im Kern wird Chromatin genannt
- Man unterscheidet:
 - Heterochromatin: Verdichtete, spiralisierte DNA
 - Euchromatin: Entspiralisierte DNA (Hohe Transkriptionsaktivität)

Zellkern (Nucleus)

- Im Zellkern werden zwei Prozesse geregelt:
- Transkription:
 - Abschreiben der Informationen der DNA für ein Protein
 - Übersetzung in- und Synthese von Ribonukleinsäuren für Proteinsynthese
- Replikation:
 - Verdoppelung der DNA zum Beginn der Mitose

Zellkern (Nucleus)



Kernkörperchen (Nucleolus)

- Entstehung der Ribosomalen RNA (rRNA)
- rRNA verbindet sich mit Proteinen des Zytoplasmas
- Bildung von Ribosom-Untereinheiten
- Bedingung der Proteinbiosynthese

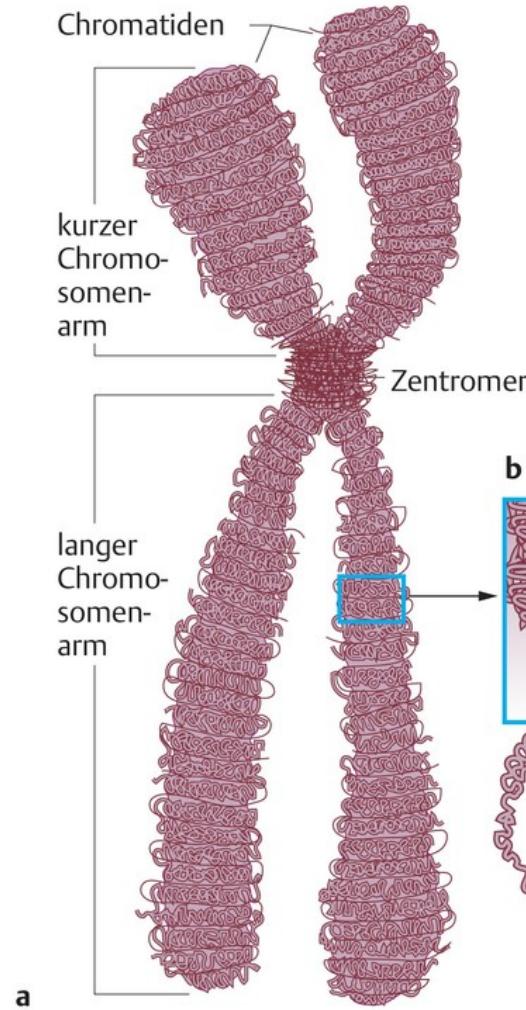
Chromosomen

- Menschliche Zellkerne enthalten 46 Chromosomen
- 23 Chromosomen liegen paarweise vor
- Je ein Teil eines Paars stammen von einem Elternteil
- Jedes Chromosom liegt also doppelt vor (Diploider Chromosomensatz)
- Chromosomen bestehen aus Chromatin

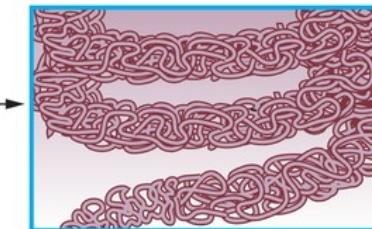
Chromosomen

- In der Metaphase der Zellteilung liegen die Chromosomen in der typischen X-Form vor
- Diese Form wird erreicht durch:
 - Eine Verdichtung des Chromatins
 - Anschließende Einschnürung durch das Zentromer
 - Bildung von je zwei langen und zwei kurzen „Armen“

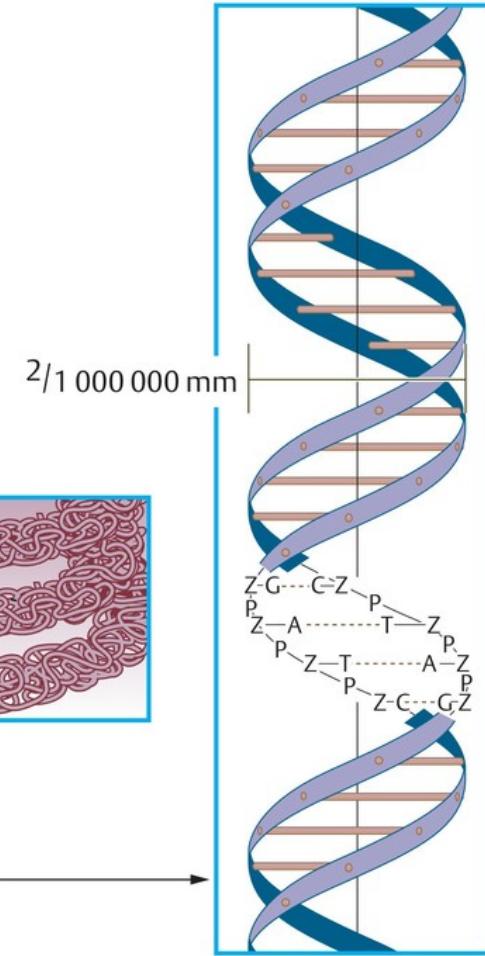
Chromosomen



b



c



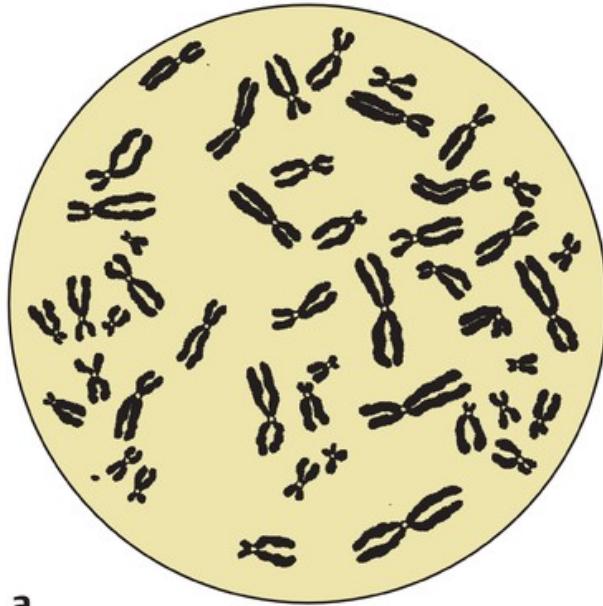
Chromosomen

- 2 der 46 Chromosomen sind Geschlechtschromosomen (Gonosomen)
- Das X-Chromosom und das Y-Chromosom
- Ihre Kombination legt fest, ob es sich um ein männliches oder weibliches Individuum handelt
 - XX: Weiblich
 - XY: Männlich

Chromosomen

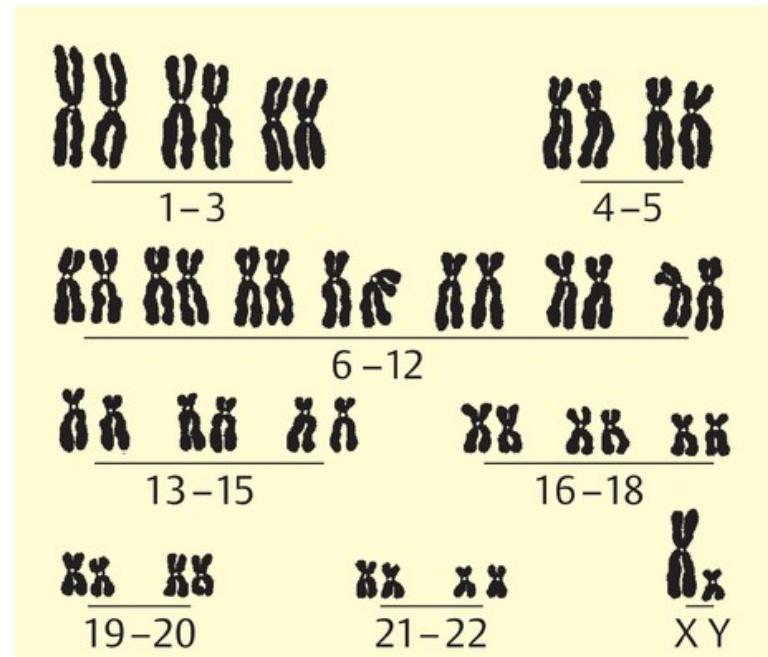
- Alle übrigen Chromosomen werden Autosomen genannt
- Sie enthalten mit den Gonosomen das gesamte Erbmateriel des Menschen
- Veränderungen der Chromosomen führen zu schwerwiegenden Erbschädigungen z.B. Trisomie 21
 - Hierbei liegt das 21. Chromosomenpaar in dreifacher Form vor

Chromosomen



a

b



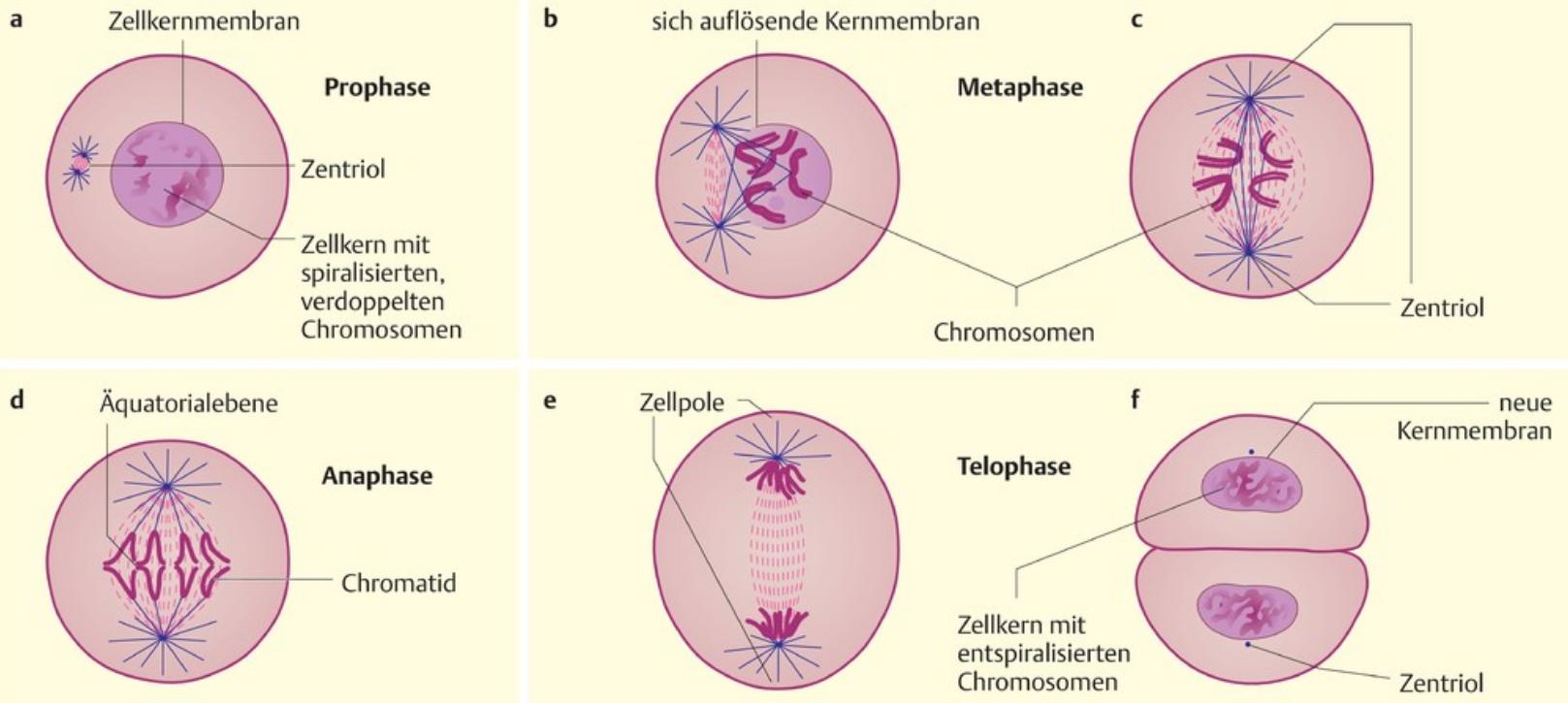
Zellteilung

- Zellteilung ist für das Wachstum, das Ersetzen von beschädigten Zellen und die Fortpflanzung von essentieller Bedeutung!
- Man unterscheidet zwei Formen der Zellteilung:
- Mitose:
 - Zellteilung der Körperzellen
 - Identische Verdoppelung
 - Diploide Zelle bildet diploide Tochterzellen
- Meiose
 - Zellteilung der Keimzellen
 - Diploide Mutterzelle bildet haploide Tochterzellen

Mitose

- Die Mitose teilt sich generell in drei Phasen:
- Interphase
 - Wachstum der Zelle und Verdoppelung der Zellorganellen
 - Verdoppelung der DNA (DNA-Replikation)
 - Kann von Minuten bis zu Jahren andauern
- Teilungsphase
 - Prophase
 - Metaphase
 - Anaphase
 - Telophase
- Zytokinese
 - Endgültige Teilung in zwei Zellen

Mitose



Prophase

- Chromosomen nehmen Spiralform an (Kondensation)
- Kernhülle und Nucleoli lösen sich auf
- Zentrosome wandern zu den Zellpolen
- Mitosespindel bildet sich aus den Zentrosomen
- Spindel-Apparat bildet Mikrotubuli aus, die sich an die Zentromere der Chromosomen heften

Metaphase

- Anordnung der Chromosomen auf der sog. Äquatorialebene
- Chromosomen haben nun ihre typische X-Form

Anaphase

- Mikrotubuli des Spindel-Apparates trennen die Chromatiden am Zentromer
- Trennung erfolgt in der Äquatorialebene
- Chromatiden werden nun zu den Kernpolen gezogen

Telophase

- An beiden Polen befinden sich identische Chromosomensätze
- Es bildet sich eine neue Kernhülle
- Chromosomen entspiralisieren sich wieder

Zytokinese

- Hierbei trennen sich beide Zellpole voneinander
- Zellmembran schnürt sich in der Mitte ein
- Auf beiden Seiten befindet sich nun ein Zellkern und Zellorganellen
- Ist die Einschnürung komplett entstehen zwei unabhängige Zellen
- Die nächste Interphase beider Zellen beginnt

Zytoplasma

- Grundmasse der Zelle ist das Zytoplasma (auch Zytosol)
- Ist nach Außen durch die Zellmembran abgegrenzt
- Im Zytoplasma befinden sich:
 - Zellorganellen
 - Nicht membrangebundene Strukturen
 - Depot- oder Speicherstoffe
 - Lipidtropfen
 - Zytoskelett

Zellorganellen

- Zu den verschiedenen Zellorganellen einer eukaryotischen Zelle zählen:
 - Mitochondrien
 - Ribosomen
 - Endoplasmatisches Retikulum
 - Golgi-Apparat
 - Zytoskelett
 - (Zellkern)

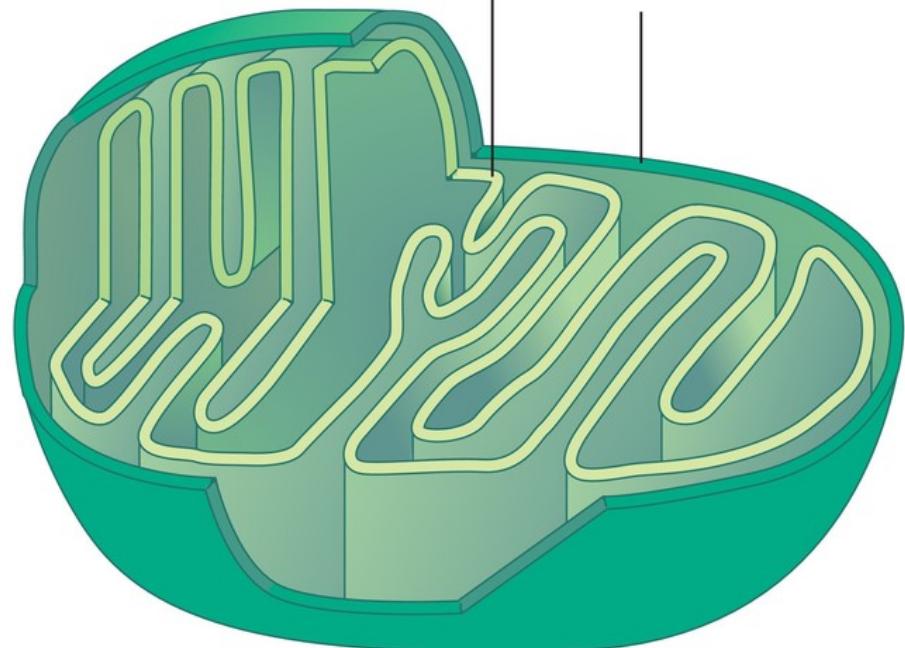
Mitochondrien

- „Kraftwerke der Zelle“
- Produzieren die für das Überleben der Zelle notwendige Energie
- Ovale Zellorganellen mit einer Doppelmembran
- Energiegewinnung erfolgt durch Zuckerverbrennung mithilfe von Sauerstoff (aerobe Glykolyse)
- Dabei entsteht der Energieträger Adenosintriphosphat (ATP)
- Zahl der Mitochondrien ist proportional zum Energiebedarf der Zelle

Mitochondrien

innere
Mitochondrienmembran

äußere
Mitochondrienmembran



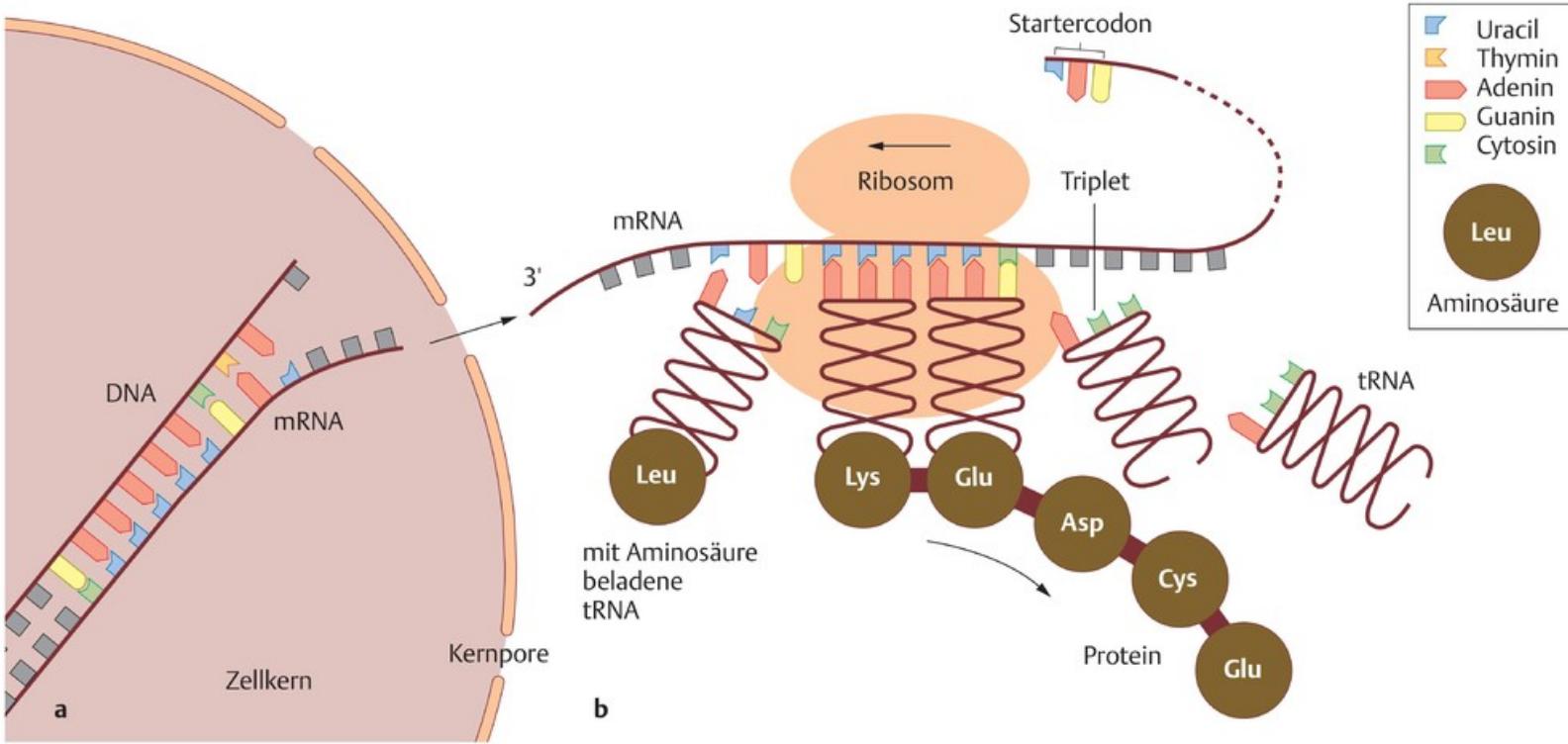
Ribosomen

- Bestehen aus rRNA und ribosomalen Proteinen aus dem Zytoplasma
- Zur Bildung werden Proteine aus dem Zytoplasma in den Nucleolus geschleust und verbinden sich mit der rRNA
- Befinden sich auch in Zellorganellen mit DNA
- Setzen sich aus zwei Untereinheiten zusammen
 - Große Untereinheit: Verknüpft Aminosäuren zu Ketten
 - Kleine Untereinheit: Erkennung der mRNA

Proteinbiosynthese

- Die meisten Zellvorgänge werden durch Proteine gesteuert
- Protein-Informationen werden in der DNA codiert
- Durch Transkription werden Informationen über Messenger-RNA (mRNA) an die Ribosomen gesendet
- Am Ribosom wird mRNA in Aminosäurenketten übersetzt (Translation)
- Durch Transport-RNA (tRNA) werden die Aminosäuren aus dem Zytoplasma zum Ribosom transportiert
- Aminosäureketten bilden das Protein

Proteinbiosynthese



Endoplasmatisches Retikulum

- Kanalartiges Netzwerk von Röhren innerhalb der Zelle
- Membran geht aus der Kernmembran hervor
- Hier findet Stoff- und Flüssigkeitstransport statt
- Ist teils von Ribosomen bedeckt (Raues endoplasmatisches Retikulum)
- Befinden sich keine Ribosomen auf der Oberfläche wird es als glattes ER bezeichnet

Glattes endoplasmatisches Retikulum

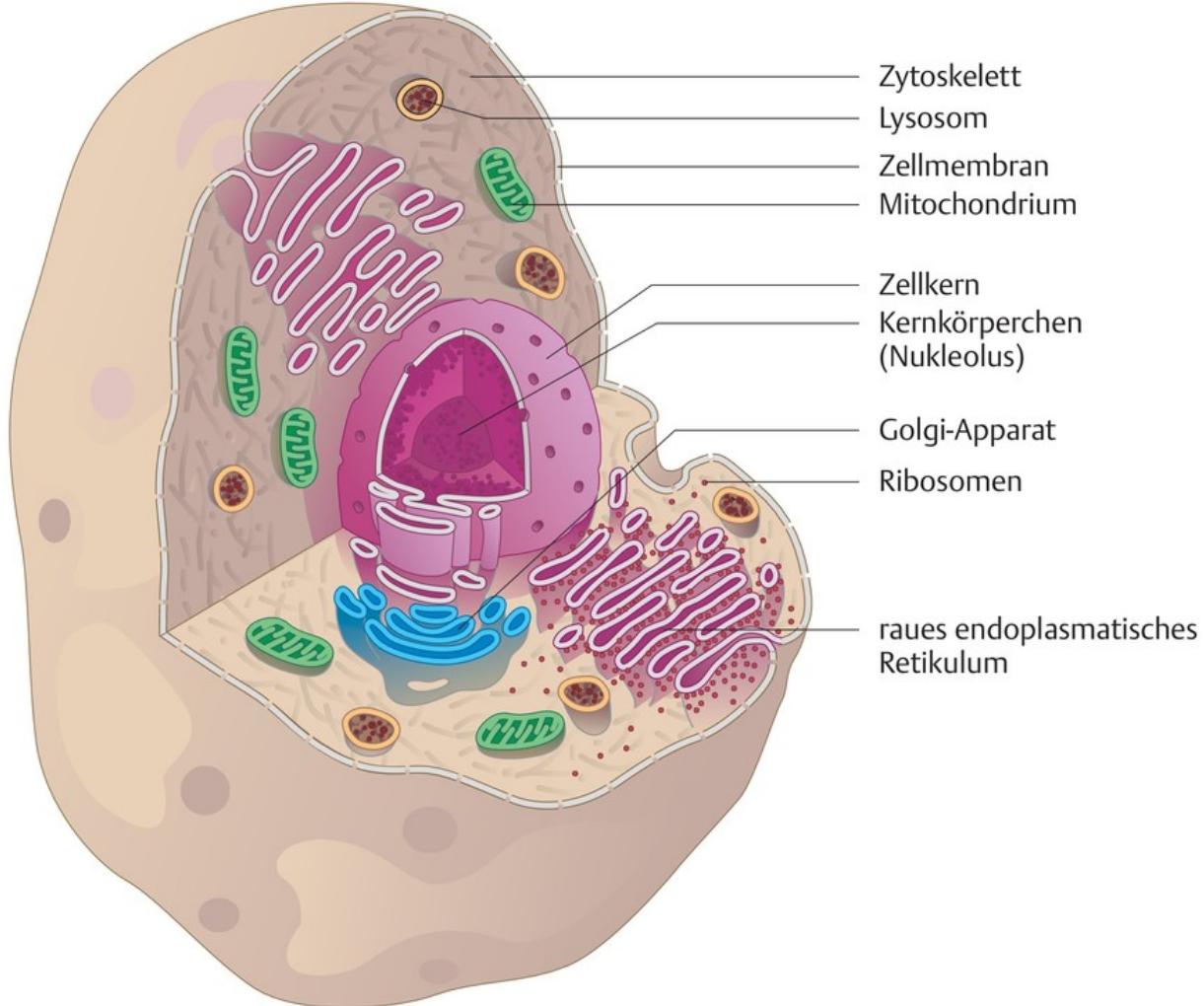
- Spielt eine wichtige Rolle bei mehreren Stoffwechselvorgängen
- Enzyme synthetisieren Lipide, Fettsäuren
- Speicherung von Calcium und Kohlenhydraten
- Entgiftung der Zelle (Leberparenchym)
- Bildungsort von Steroiden (Hoden, Nebenniere...)
- (Das glatte ER in Muskelzellen wird sarkoplastisches Retikulum genannt und speichert vorwiegend Ca-Ionen)

Raues endoplasmatisches Retikulum

- An der Membranoberfläche befinden sich Ribosomen
- Meist in exokrinen Zellen befindlich
- Proteinbiosynthese an den Ribosomen
- Proteine werden in das ER transportiert und von dort aus transportiert
- Der Transport erfolgt über aus der Membran abgeschnürte Vesikel

Golgi-Apparat

- Stapel aus flachen scheibenförmigen Membransystemen
- Befinden sich meist in der Nähe des ER
- Verpackt die produzierten Proteine in Vesikel zum Ausschleusen aus der Zelle
- Proteine werden hier auch modifiziert
- Bildet Lysosomen



Zytoskelett

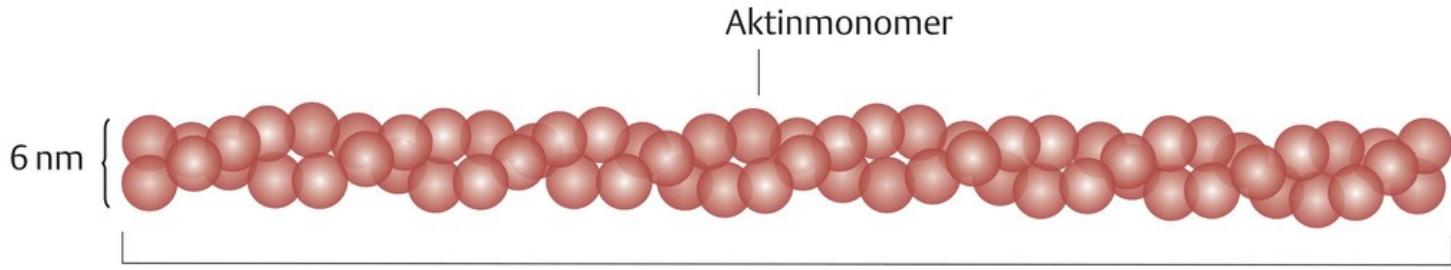
- Gerüst der Zelle
- Besteht aus fadenförmigen Proteinfilamenten
- Bildet auch Zellausstülpungen, bspw. Flimmerepithel
- Proteinfilamente des Zytoskeletts können sich teils auch aktiv bewegen (z.B. Muskelzellen)
- Ermöglicht den Transport von Organellen

Zytoskelett

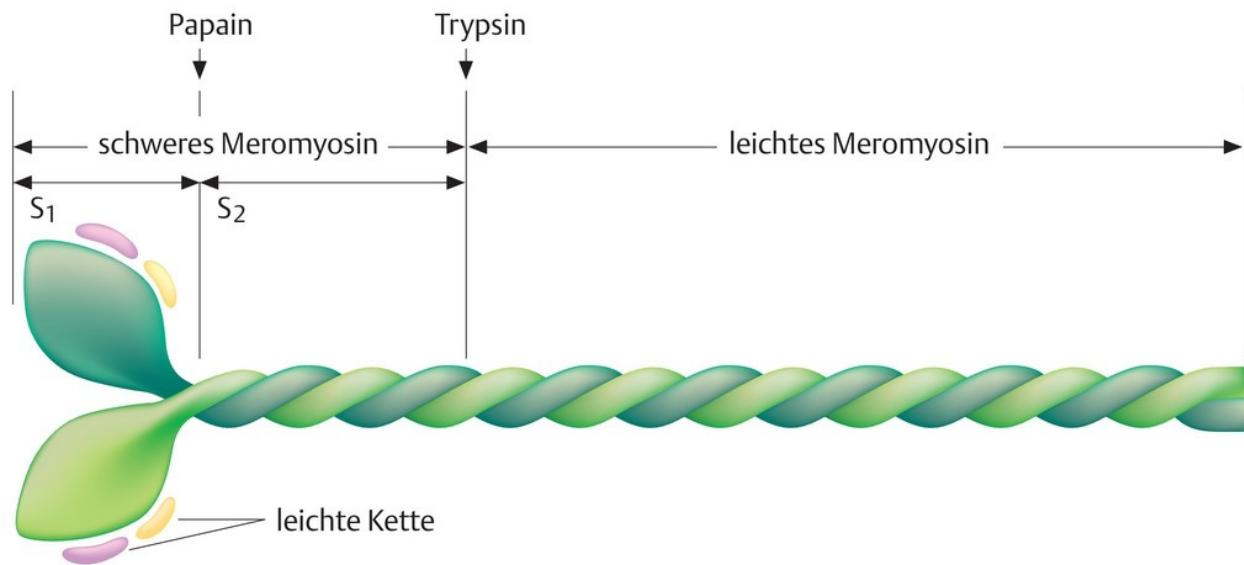
- Werden dynamisch auf- und abgebaut
- Man unterscheidet verschiedene Systeme, die jeweils aus verschiedenen Proteinen bestehen:
- Aktin- oder Mikrofilamente
- Intermediärfilamente
- Mikrotubuli

Aktin- oder Mikrofilamente

- Hauptfilament ist das Aktin
- Aktinmonomere (G-Aktin) polymerisieren zu Aktinfilamenten (F-Aktin)
- Für die Vernetzung sind andere Proteine nötig
- Myosin ist das Motorprotein, das an Aktinfilamenten eine aktive Bewegung ermöglicht (Muskelzellen)



Aktin- oder Mikrofilamente



Intermediärfilamente

- Bilden das passive Stützgerüst der Zelle
- Sind sehr beständig und unterliegen wenig Dynamik
- Unterscheiden sich je nach Zelle
- Bilden eine charakteristische und spezifische Proteinstruktur

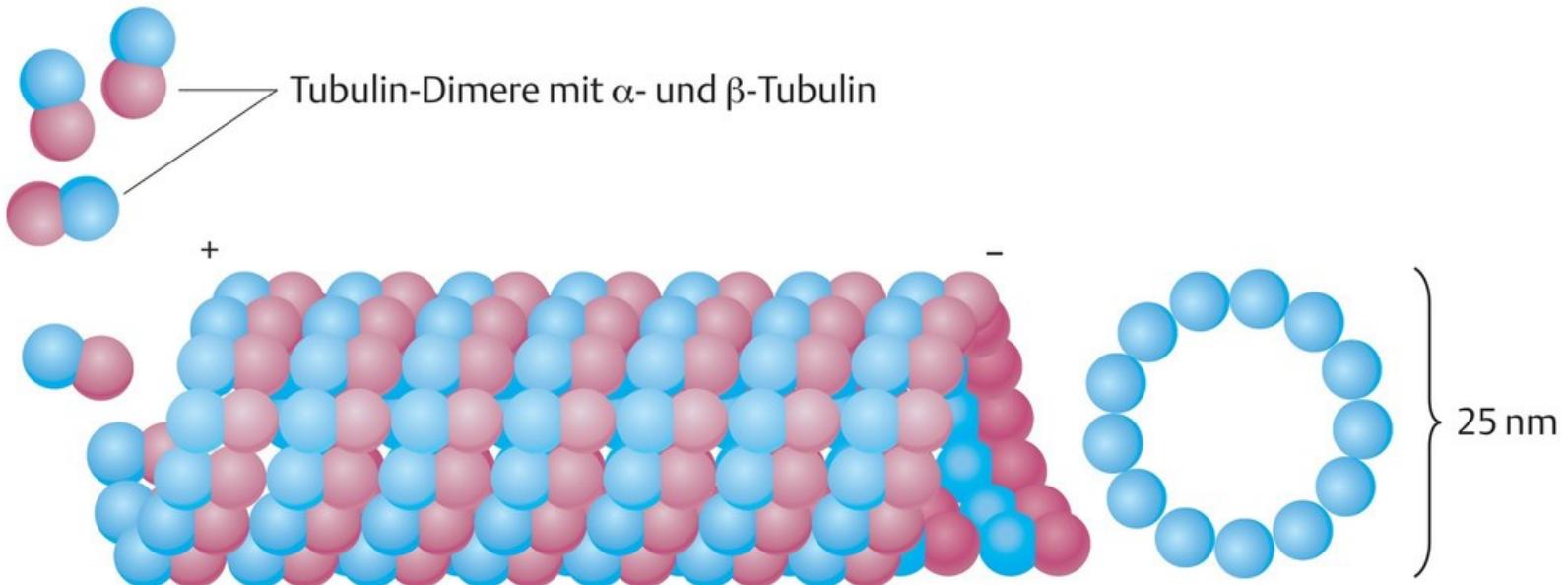
Intermediärfilamente

Intermediärfilament	Gewebeart
Zytokeratinfilament mit > 30 verschiedenen Proteinen	Epithel: je nach Epithelart unterschiedliche Dimer-Bildung aus einem sauren und einem basischen Zytokeratin
Vimentinfilament	Gewebe mesenchymaler Herkunft: z. B. Knorpel-/Knochengewebe, Bindegewebe, Fettgewebe, Gefäßendothel
Neurofilament	Neurone
Gliafilament (aufgebaut aus GFAP = engl.: Glial fibrillary acidic protein)	<u>Astrozyten</u> des ZNS
Desminfilament	Muskelgewebe

Mikrotubuli

- **α - und β -Tubulin** polymerisieren zu einem Dimer
- Mehrere Dimere bilden einen Hohlzylinder
- Straßensystem für den gerichteten Transport
- Verantwortlich für die typische Lage der Organellen
- Bilden die Mitosespindel und das Binnengerüst der Kinozilien

Mikrotubuli



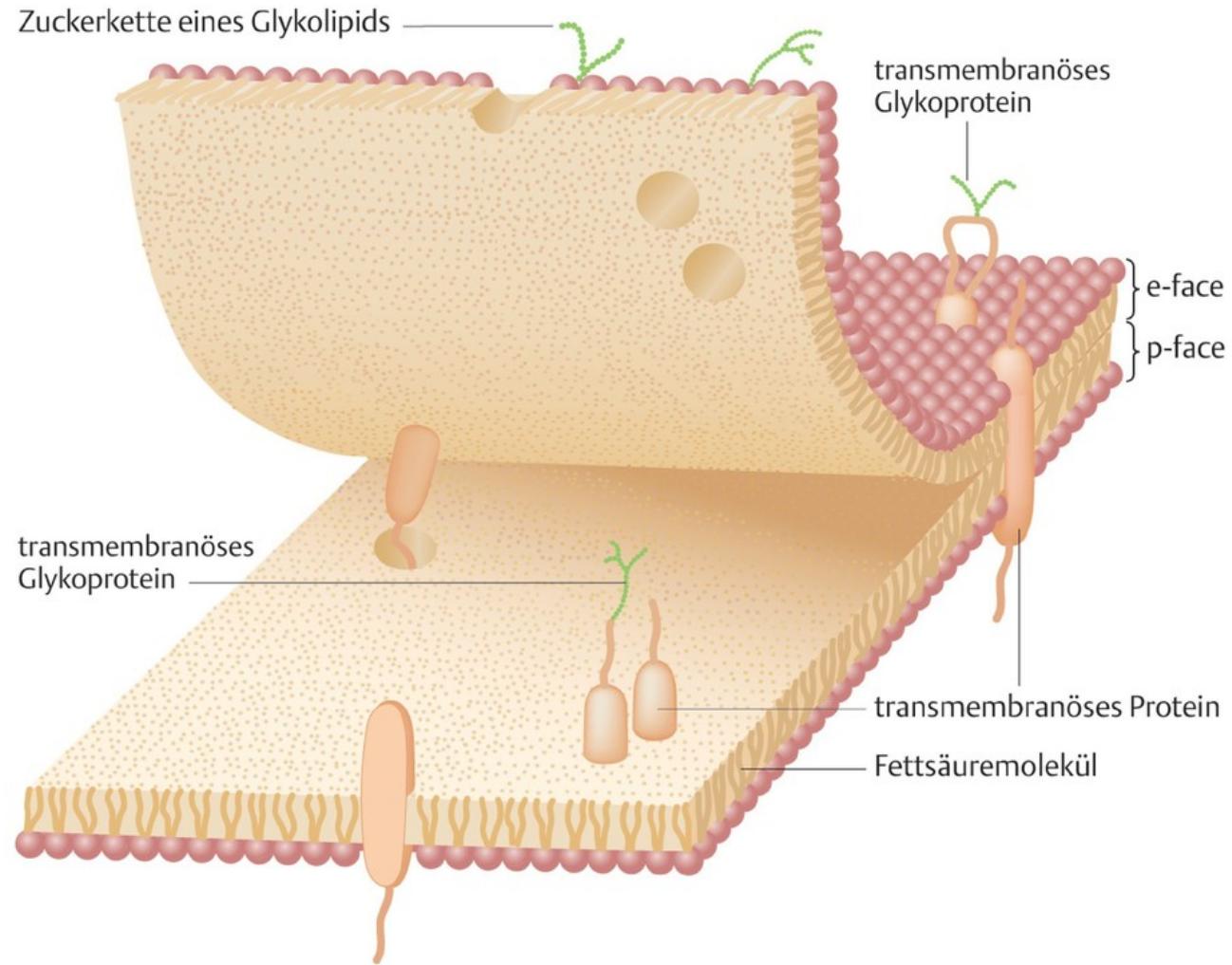
Zellmembran

- Begrenzt das Zytoplasma
- Dort finden sich Kanäle für Ionen- und Molekültransport
- Signalaufnahme durch membranständige Rezeptoren
- Bildung von Kontakt-Stellen
- Bildung von Geweben durch Zell-Verbindungen

Zellmembran

- Besteht aus einer Lipid-Doppelschicht
- Lipiden stellen sich mit einer äußeren hydrophilen Seite zum Intra- und Extrazellulärtraum
- Innen wird ein Hydrophober Raum umschlossen
- In die Membran können eingelagert sein:
 - Glykoproteine als „Visitenkarte“ (Glykokalyx)
 - Kanäle
 - Transporter
 - Pumpen
 - Rezeptoren

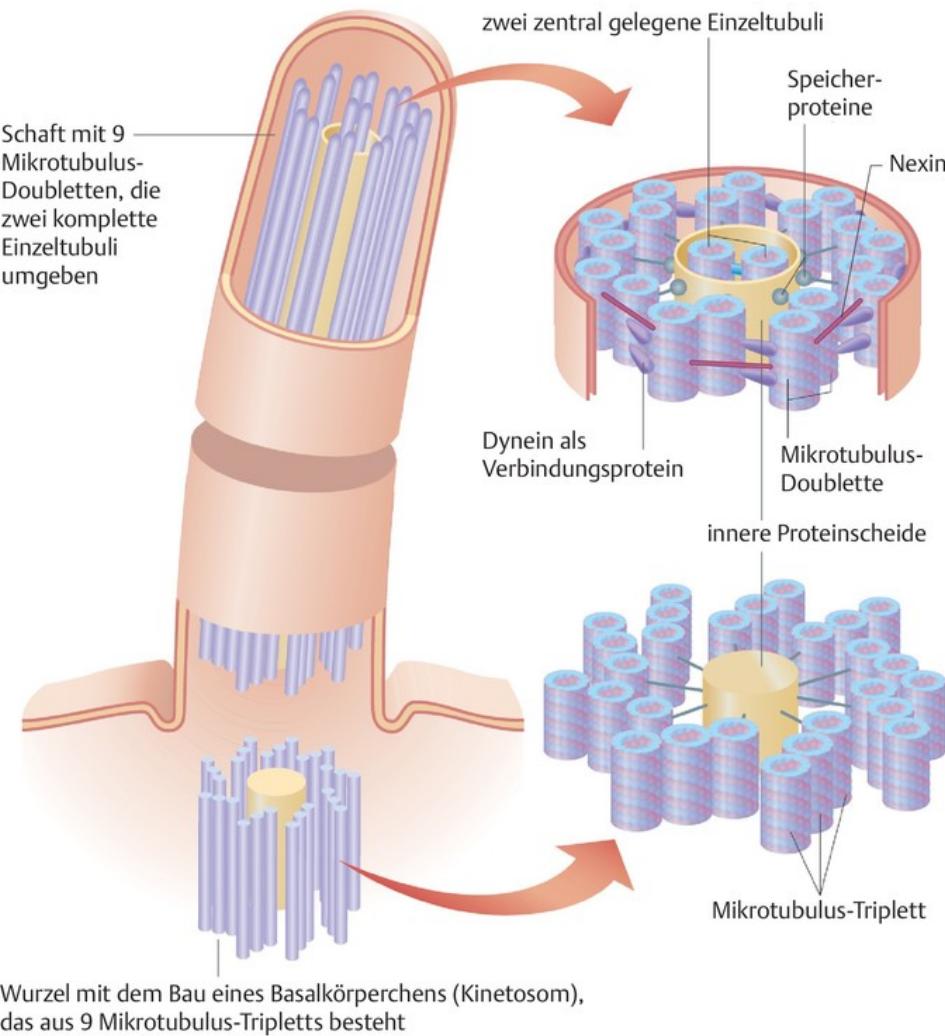
Zellmembran



Kinozilien

- Besitzen ein charakteristisches Gerüst aus Mikrotubuli und Motorproteinen
- Diese Zusammensetzung ermöglicht schlagende Bewegung
- Oberflächen der Atemwege und der Eileiter besitzen einen Rasen von Kinozilien (Flimmerepithel)
- Spermien bewegen sich mit einem langen Kinozilium

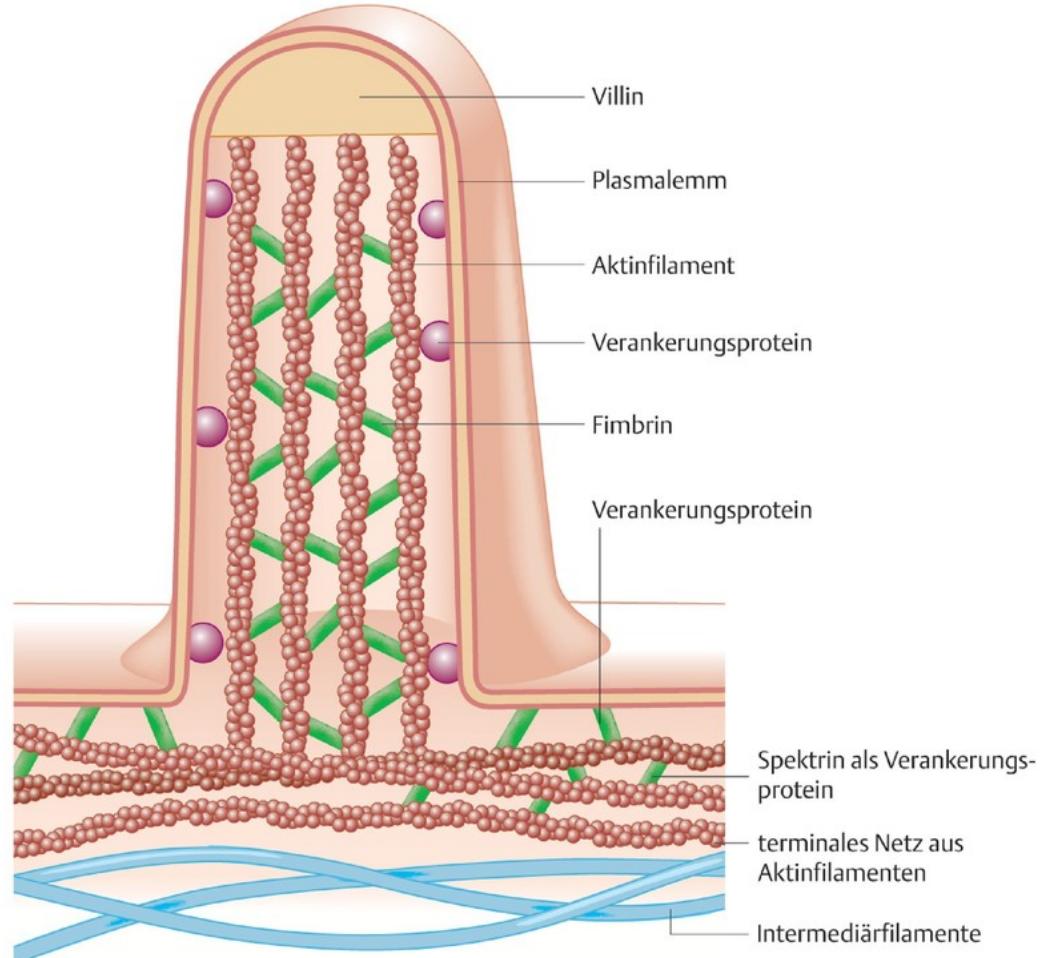
Kinozilien



Mikrovilli

- Enthalten Aktinfilamente
- Sind zottenartige Fortsätze
- Charakteristisch für resorbierende Zellen
- Stehen viele Mikrovilli aneinander spricht man von einem Bürstensaum
- Sie dienen der Oberflächenvergrößerung und damit der besseren Resorption

Mikrovilli



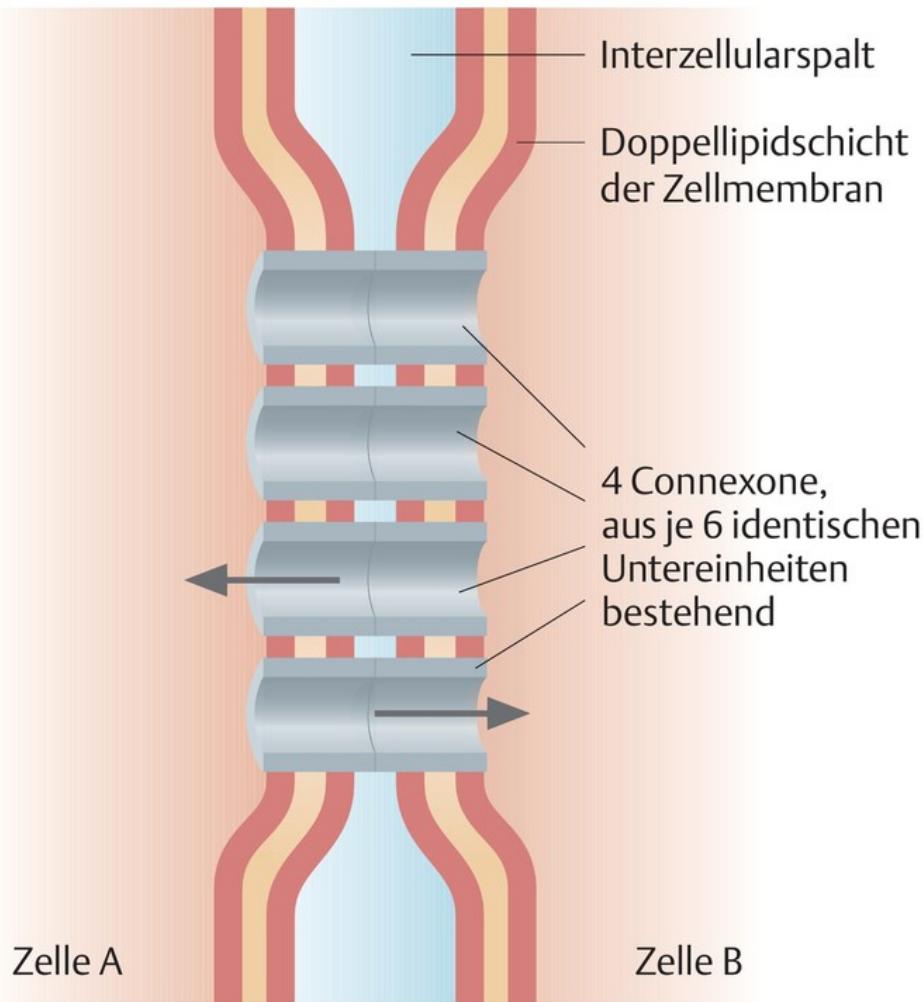
Zell-Zell-Kontakte

- Um einen Zellverband zu bilden müssen sich Zellen miteinander verbinden
- Man unterscheidet zwischen:
 - **Kommunikationskontakt** (Nexus, Gap junction)
 - **Barrieref-/ Verschlusskontakt** (Zonula occludens, Tight junction)
 - **Adäsions-/ Haftkontakt**

Gap junction, Nexus

- Verbinden Zellen und ermöglichen einen Stoffaustausch
- Ermöglicht werden:
 - **Ein elektrischer Austausch**
 - **Ein metabolischer Austausch**
- Es kann eine Funktionseinheit mehrerer Zellen gebildet werden
- Diese Einheit wird als **funktionelles Synzytium** bezeichnet

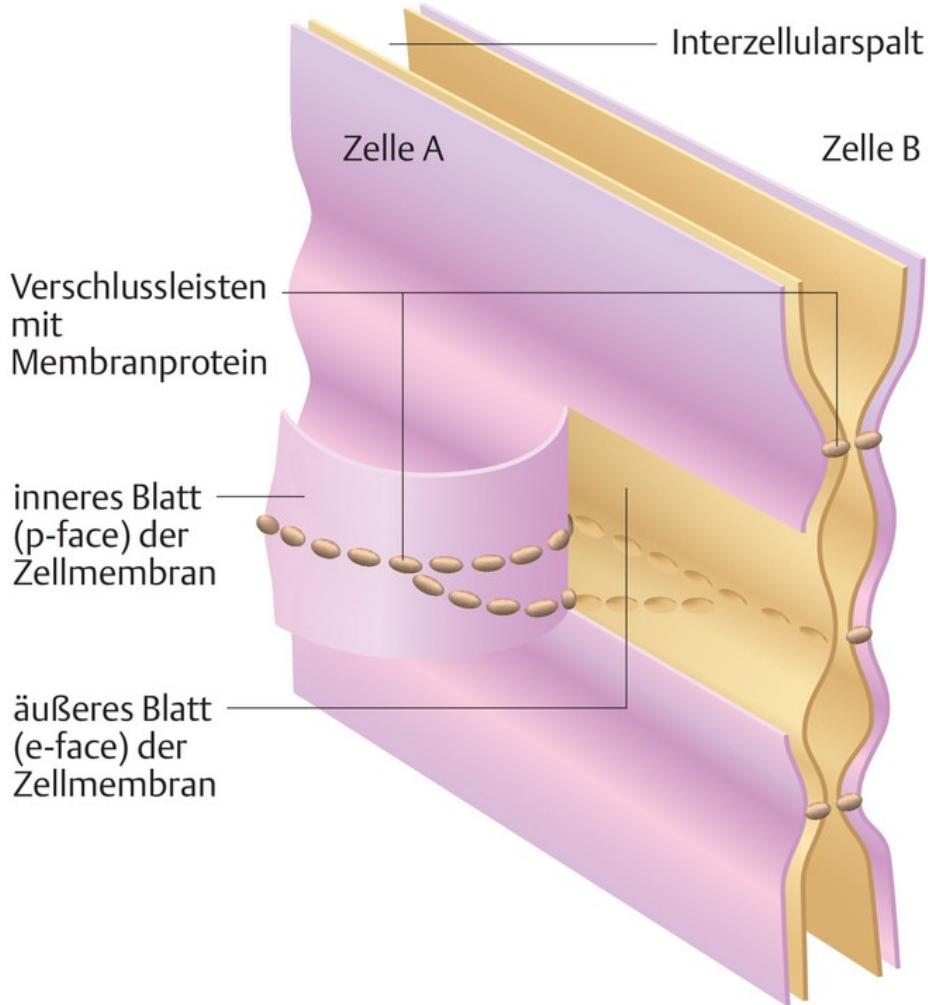
Gap junction, Nexus



Tight junction

- Verschließen den Interzellulärraum
- Verhindern den Austausch zwischen den Zellen
- Stoffaustausch kann nur noch über transzellulären Weg erfolgen
- Bestehen aus Transmembranproteinen (Occludin und Claudin)
- Dichten i.d.R. Epithelgewebe ab

Tight junction



Adhäsionskontakte

- Dienen der mechanischen Haftung zwischen Zellen
- Auch können Zellen an die extrazelluläre Matrix angehaftet werden
- Unterscheiden sich in der Zusammensetzung von drei Bausteinen:
 - Transmembranproteine
 - Plaque-Proteine
 - Aktin- oder Intermediärfilamente

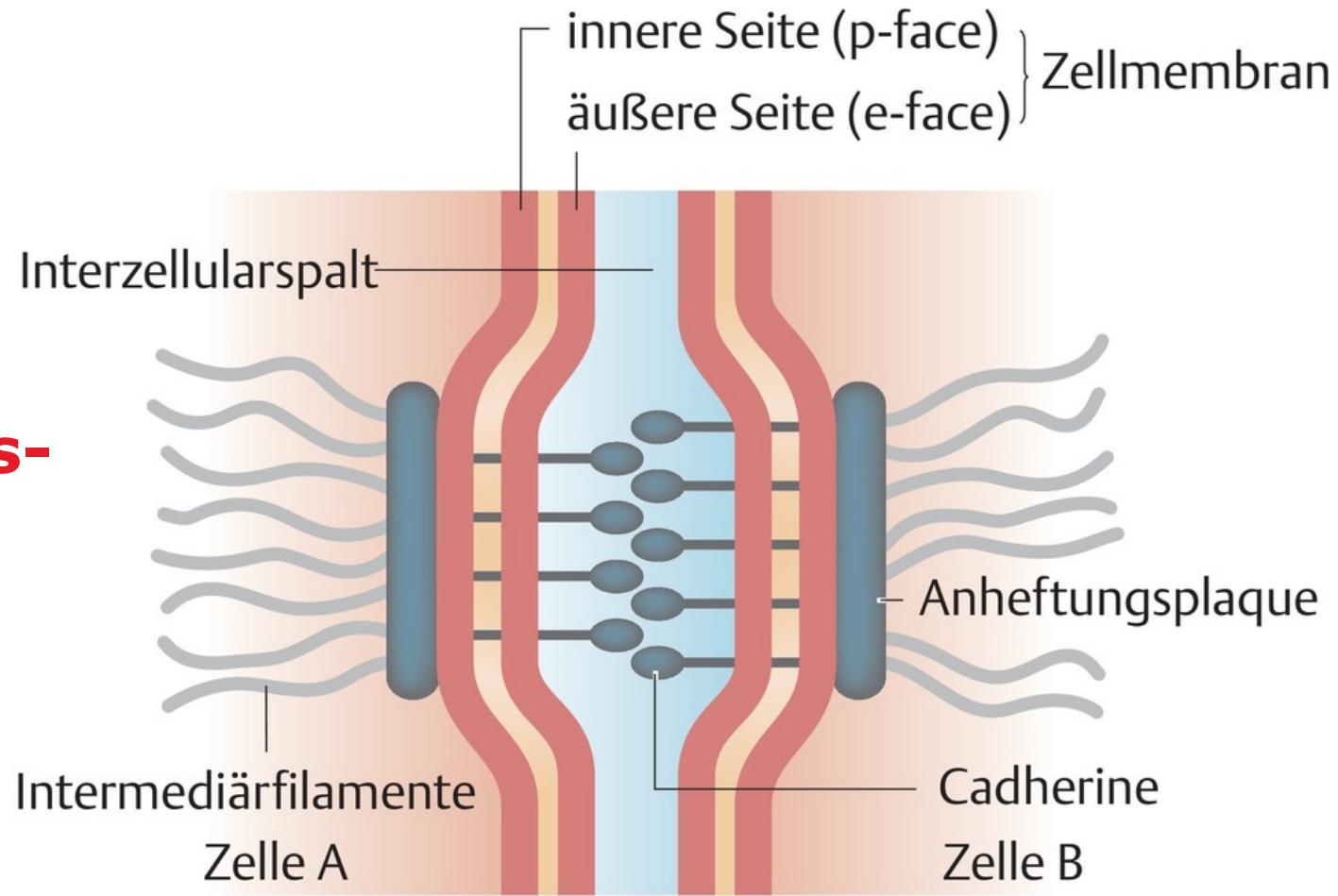
Typen des Adhäsionskontaktes

- Man unterscheidet die Adhäsionskontakte nach der Art des beteiligten Filaments

	Zell-Zell-Kontakt	Zell-Matrix-Kontakt
Aktinfilamente	Adhärenskontakt*	Fokalkontakt
Intermediärfilamente	Desmosom (Abb. A-2.9)	Hemidesmosom

*Adhärenskontakt wird in Epithelzellen als **Zonula adhaerens** bezeichnet, in den Glanzstreifen als Fascia adhaerens

Adhäsionskontakte



Das Gewebe

Definition Gewebe

- Gewebe sind Zellverbände mit meist gleichartig differenzierten Zellen, die gleiche Funktionen ausüben.
- Man unterscheidet vier unterschiedliche Hauptgewebe:
 - Epithelgewebe
 - Binde- und Stützgewebe
 - Muskelgewebe
 - Nervengewebe

Epithelgewebe

- Bedeckt Oberflächen (z.B. Haut, Schleimhaut in Hohlräumen)
- Ermöglichen Sekretion von Hormonen, Enzymen
- Ausscheidung von Fremdstoffen oder Stoffwechselprodukten
- Resorption von Ionen und Biomolekülen
- Dienen als Diffusionsbarriere
- Schutzfunktion vor physikalischen, chemischen und bakteriellen Einflüssen
- Rezeption äußerer Reize

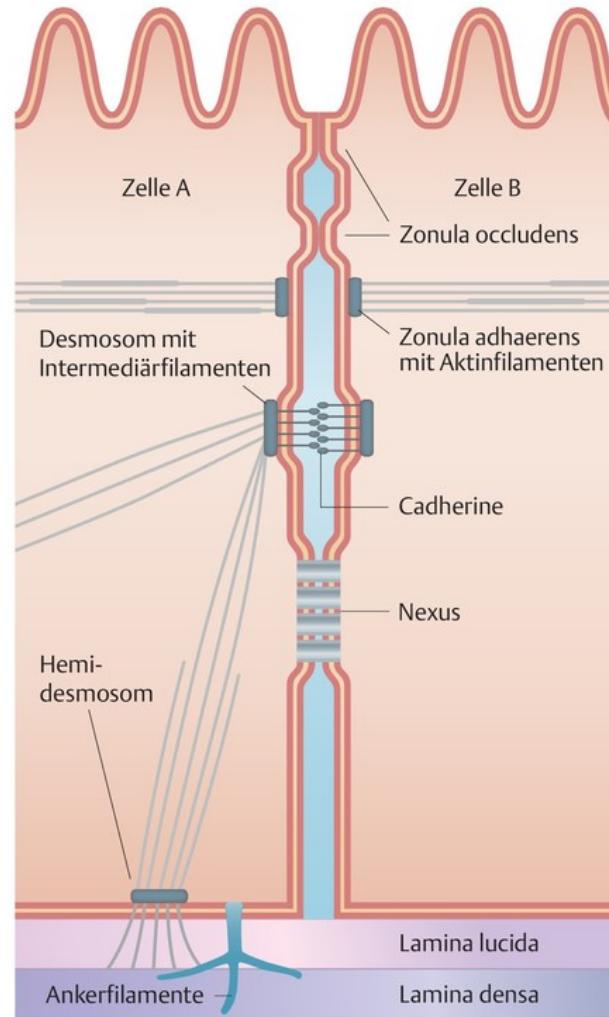
Epithelgewebe

- Besteht aus geschlossenen Zellverbänden
- Sehr dichter Interzellularraum
- Apikale Seite ist immer zur Oberfläche Ausgerichtet
- Basale Seite ist immer an eine Basallamina angeheftet
- Anheftung über Hemi-Desmosom und Ankerfilamente
- Gliederung in Oberflächen- und Drüsenepithe

Schlussleistenkomplex

- Der Epithelkontakt wird durch eine Anordnung von Zellkontakte gesichert
- Kontakte sind von apikal nach basal geordnet:
 - Tight junctions
 - Zonula adhaerens (mit Aktinfilamenten)
 - Desmosom (mit Intermediärfilamenten)
- Diese Kontakte bilden den Schlussleistenkomplex
- Befinden sich in einschichtigen und mehrreihigen Epithelien

Epithelgewebe



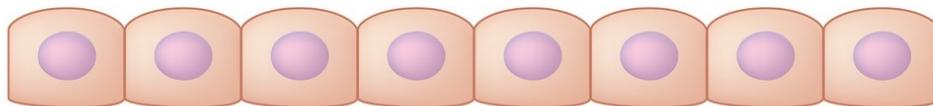
Oberflächenepithel

- Zur Beschreibung verschiedener Oberflächenepithelien nutzt man:
- **Anordnung der Zellen:**
 - Schichten, Reihen, ein- oder mehrschichtig, ein- oder mehrreihig
- **Form:**
 - Platt, kubisch, zylindrisch, prismatisch
- **Oberflächendifferenzierung:**
 - Strukturen der apikalen Membran
 - Z.B. Mikrovilli, Kinozilien

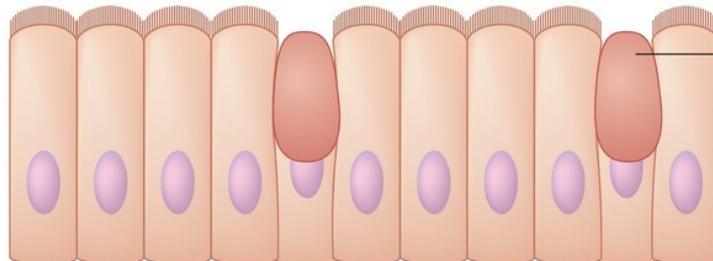
Oberflächenepithel



einschichtiges Plattenepithel



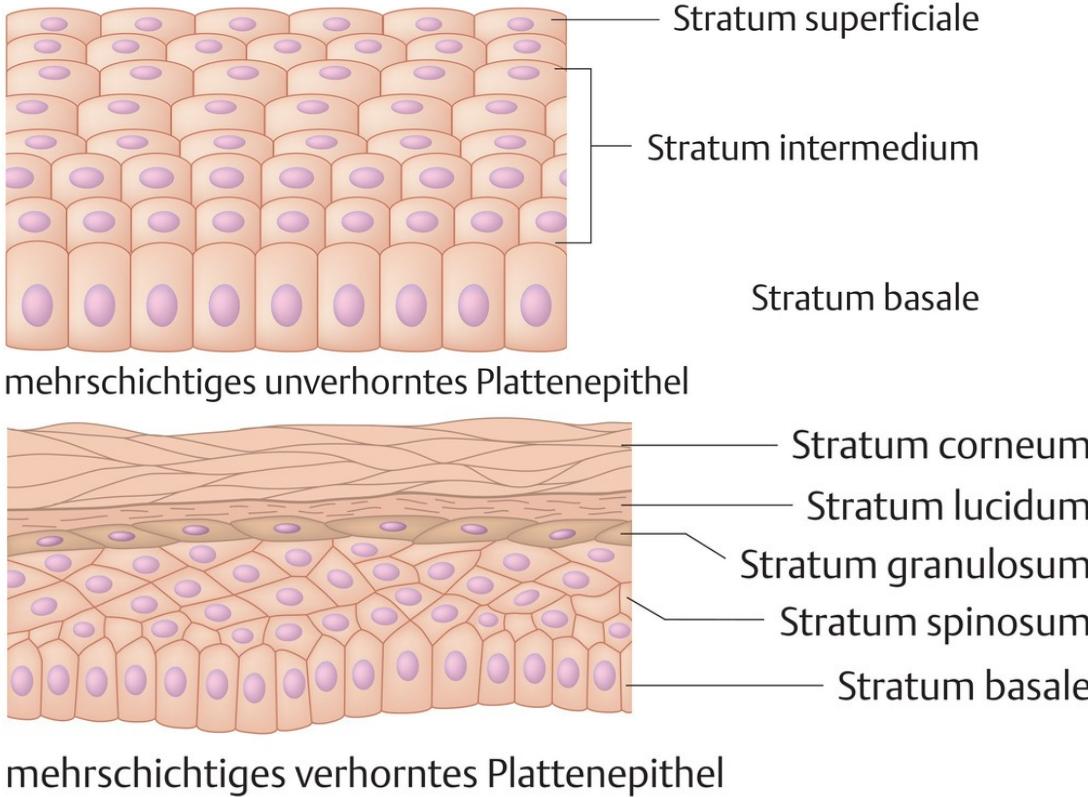
einschichtiges isoprismatisches Epithel



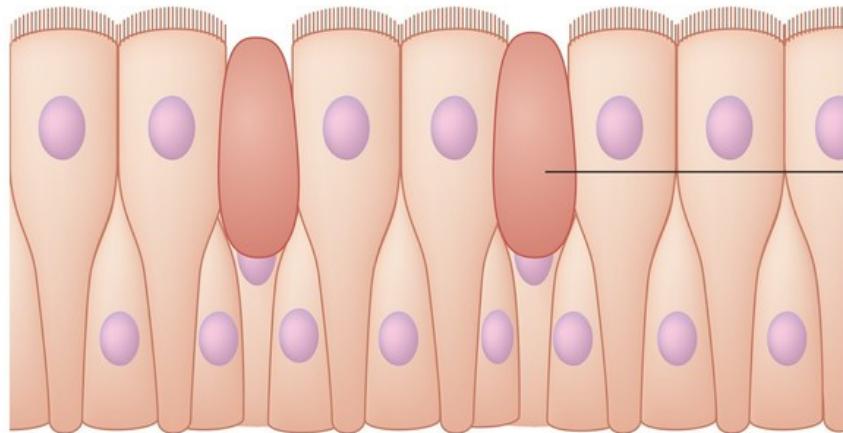
Becherzelle

einschichtiges hochprismatisches Epithel mit Mikrovilli

Oberflächenepithel



Oberflächenepithel



Becherzelle

mehrreihiges Flimmerepithel

Drüsenepithel

- Epithelzellen, die biologisch wirksame Stoffe bilden und als Sekret ausscheiden
- Sind meist in Bindegewebe eingebettet
- Bilden als organisierte Zellkomplexe eine Drüse
- Einzel liegende Drüsenzellen, die aber zusammenarbeiten, werden als disseminierte Drüse bezeichnet

Drüsenepithel

- Drüsenzellen befinden sich im Oberflächenepithel
- Können auch zwischen Epithelzellen vorkommen (z.B. Becherzellen)
- Man unterscheidet:
- **Endokrine Drüsen:**
 - sezernieren Hormone in die Blutbahn
- **Exokrine Drüsen:**
 - sezernieren Sekrete über Ausführungsgänge nach „außen“
 - Z.B. Haut, Körperhöhlen, Schleimhäute

Endokrine Drüse

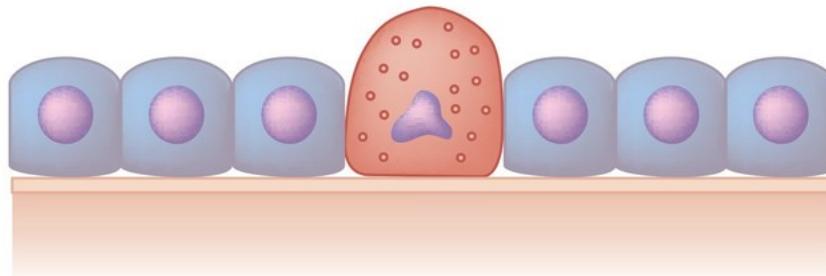


Exokrine Drüsen

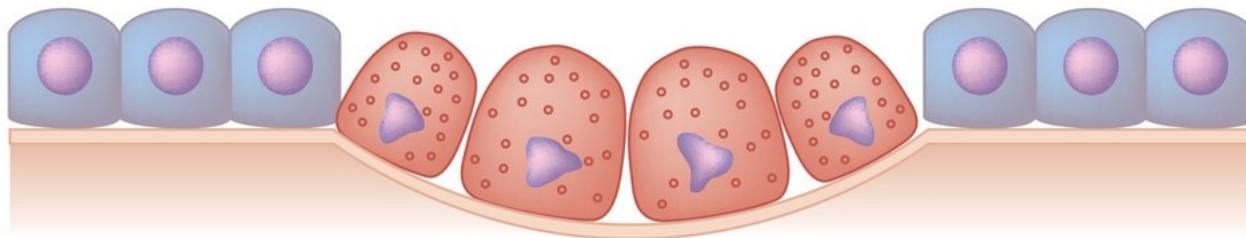
- Drüsenzellen kommen einzeln und als Zellverbände vor
- Einteilung der Drüsen nach verschiedenen Charakteristika:
- Lage:
 - Drüsenzellen befinden sich zwischen den Epithelzellen: **Intraepithelial**
 - Drüsenzellen befinden sich in der Tiefe, außerhalb des Epithels: **Extraepithelial**

Intraepitheliale exokrine Drüsen

I



II



I: Einzeln liegende Drüsenzelle; II: Zellverband aus Drüsenzellen

Extraepitheliale exokrine Drüsen

- Werden nach verschiedenen Kriterien eingeteilt:
- Gestalt des Endstücks
- Organisation der Ausführungsgänge

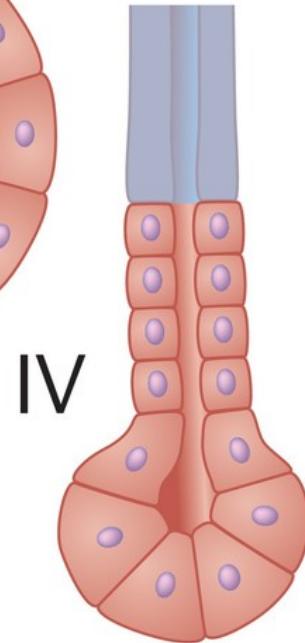
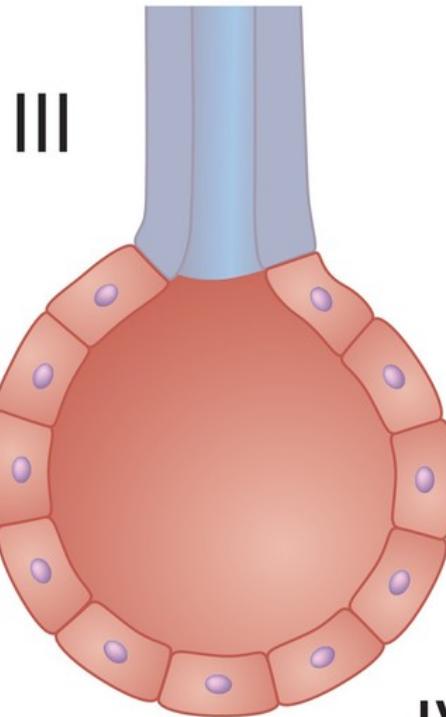
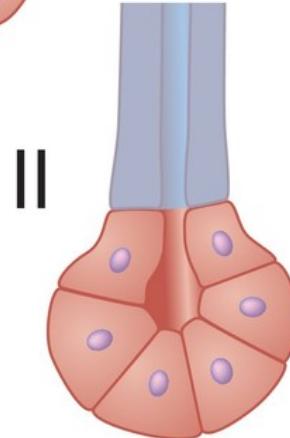
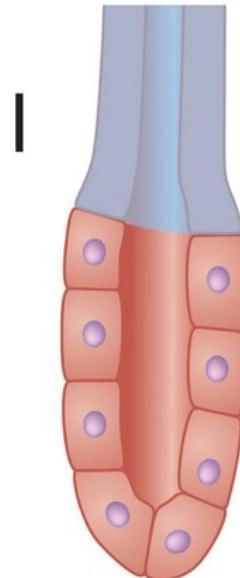
Gestalt des Endstücks

I: Tubulös

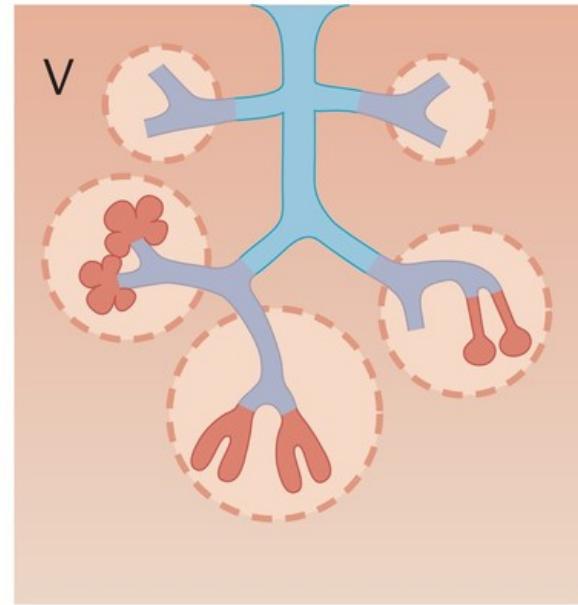
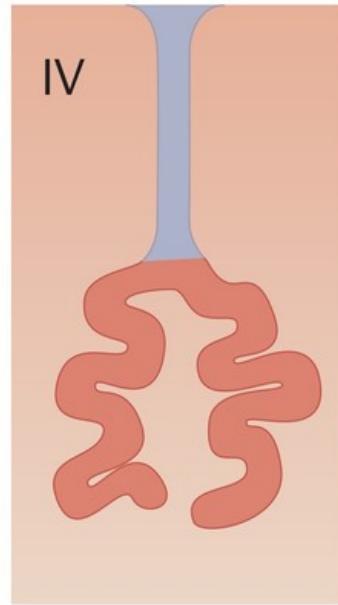
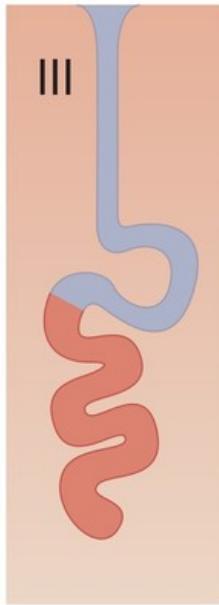
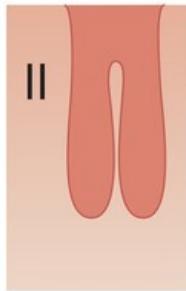
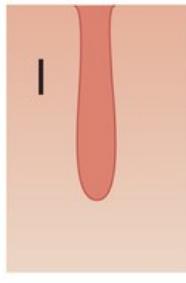
II: Azinös

III: Alveolär

IV: Tubuloazinös



Organisation der Ausführungsgänge



I: Einfach tubulös

II: Verzweigt tubulös

III: Einfach mit verzweigten
tubulösen Endstücken

tubulösen Endstücken

IV: Einfach verästelt

V: Lobulär (Lobuli gestrichelt)

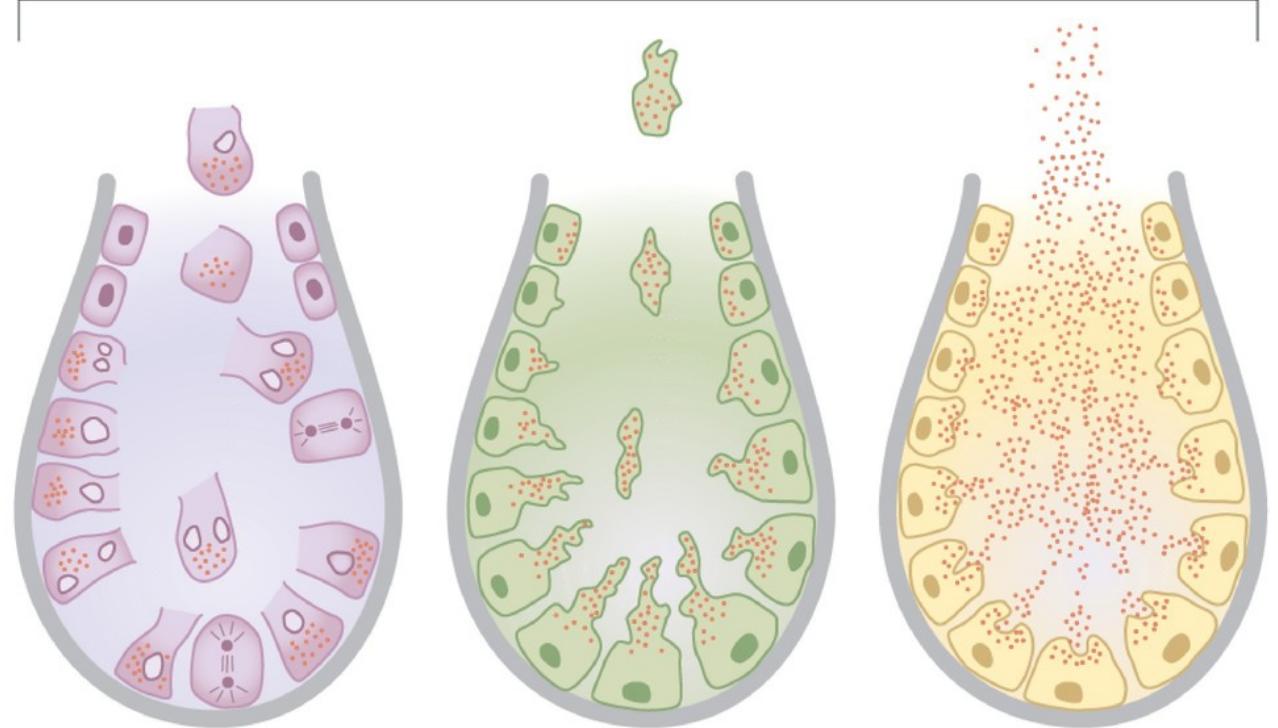
Sekretionsmechanismus

- Drüsen geben ihr Sekret auf verschiedene Weisen frei
- Man unterscheidet:
 - **Konstitutive Sekretion:** Kontinuierliche Abgabe an die Umgebung
 - **Regulierte Sekretion:** Abgabe muss mithilfe eines rezeptorvermittelten Reizes ausgelöst werden

Sekretionsmechanismus

- Die Art und Weise der Sekretabgabe unterscheidet drei Drüsenarten:
- Merokrine Drüsen:
 - Drüsenzelle schleust das Sekret in Vesikeln über Exozytose aus
- Apokrine Drüsen:
 - Die Drüsenzelle gibt das Sekret ab, indem der apikale Teil der Zelle abgeschnürt wird (Apozytose)
- Holokrine Drüsen:
 - Das sekret wird durch Zelltod der Drüsenzelle abgegeben

Sekretions-mechanismus



holokrine Sekretion

apokrine Sekretion

merokrine Sekretion

Sekretbeschaffenheit

- Sekrete werden nach der Viskosität unterschieden:
- **Serös:**
 - Dünngflüssige Konsistenz
 - Wird meist aus azinösen Drüsen abgegeben
- **Mukös:**
 - Zähflüssige Konsistenz
 - Meist tubuläre Drüsen

Bindegewebe

- Ist ein Füllgewebe zwischen Organen
- Bildet Stroma als Baugerüst innerhalb eines Organs
- Bildet Teile der Basalmembran
- Jede Bindegewebeart ist vergleichbar aufgebaut
- Man unterscheidet:
 - Fixe Zellen: feste Zellen
 - Freie Zellen: mobile Zellen

Bindegewebe

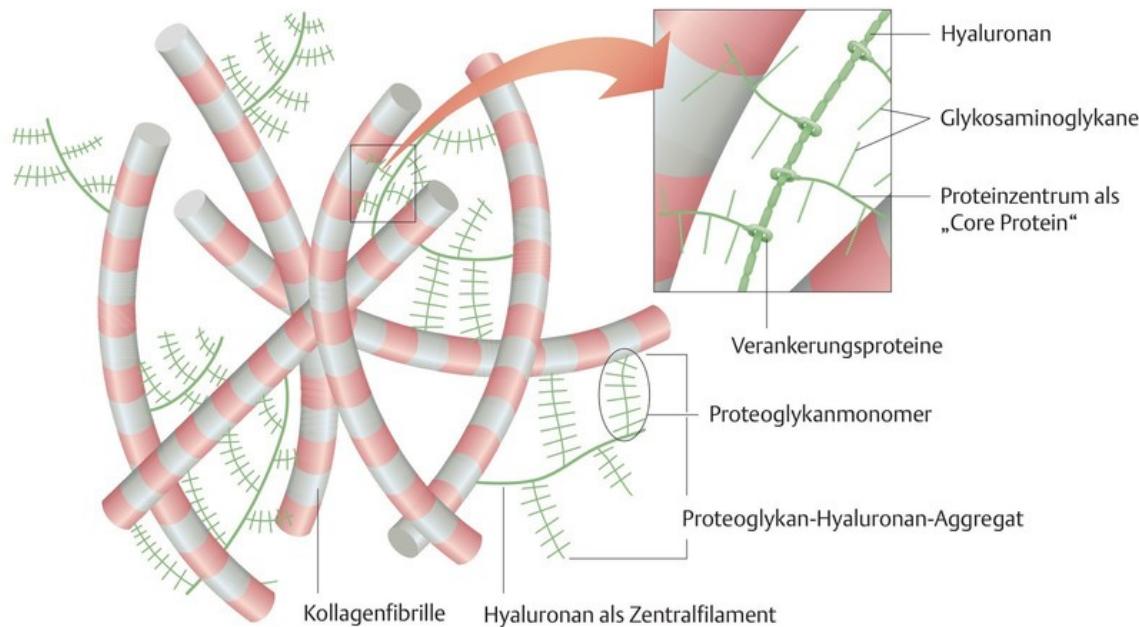
- **Fixe Zellen:**
 - Bindegewebszelle: Fibroblast
 - Baut Bindegewebe auf
 - Fibrozyt entspricht einem ruhenden Fibroblast
- **Freie Zellen:**
 - Freie Makrophagen (Fresszellen)
 - Mastzellen, sie enthalten u.a. Heparin, Histamin, Serotonin und andere lysierende Stoffe
 - Leukozyten

Extrazelluläre Matrix

- Bildet ein dichtes Geflecht
- In diesem Geflecht befinden sich die Freien und fixen Bindegewebszellen
- Man unterscheidet drei Fasern:
 - Kollagenfasern
 - Retikuläre Fasern
 - Elastische Fasern

Kollagenfasern

- Zugfeste Fasern aus Kollagenfibrillen



Kollagenfasern

- Man unterscheidet vier Kollagentypen:

Kollagen-Typ	mikroskopischer Aspekt	Vorkommen
I (häufigste Form)	Lichtmikroskop: dicke, gewellte Fasern	Dermis, Faszien, Sehnen, Sklera, Knochen, Dentin
II	Polarisationsmikroskop: feines Netzwerk aus Fibrillen (keine Fasern)	hyaliner Knorpel, elastischer Knorpel
III	Lichtmikroskop: feines Gitterfasernetz, argyrophil* durch Anlagerung von Silbersalzen an assoziierte Glykoproteine	Lamina fibroreticularis der Basalmembran, in <u>Lunge</u> , <u>Leber</u> , <u>Lymphknoten</u> , <u>Milz</u> , s. <u>retikuläres Gewebe</u>
IV	Mikrofibrillen (keine sichtbaren Fibrillen oder Fasern)	Basallamina

* gr.: argyros = Silber

Retikuläre Fasern

- Bestehen aus dünnen Bündeln aus Kollagenfibrillen des Typs III
- Bilden ein dreidimensionales Netz
- Kommt vorwiegend im retikulären Bindegewebe vor

Elastische Fasern

- Bilden ein elastisches Netzwerk
- Sind zugelastisch und um ca. 200% reversibel dehnbar
- Kommen zusammen mit Kollagenfasern vor
- Elastizität wird vorwiegend durch Mikrofibrillen aus Fibrillin und Elastin erreicht
- Merke: Das Verhältnis zwischen elastischen, kollagenen und retikulären Fasern bestimmt die Elastizität bzw. Härte des Bindegewebes!

Ungeformte extrazelluläre Matrix

- Entspricht einer amorphen Grundsubstanz
- Besteht aus drei biochemischen Bausteinen:
 - Glykosaminoglykane (GAG's)
 - Proteoglykane
 - Adhäsive Glykoproteine

Glykosaminoglykane

- Bestehen aus langen Disaccharidketten
- Binden viel Wasser durch gespeicherte Na-Ionen
- Sind für den Wassergehalt des Bindegewebes verantwortlich
- Das bekannteste GAG ist die Hyaluronsäure (Hyaluronan); speichert besonders viel Wasser und funktioniert wie ein nicht komprimierbares Gel

Proteoglykane

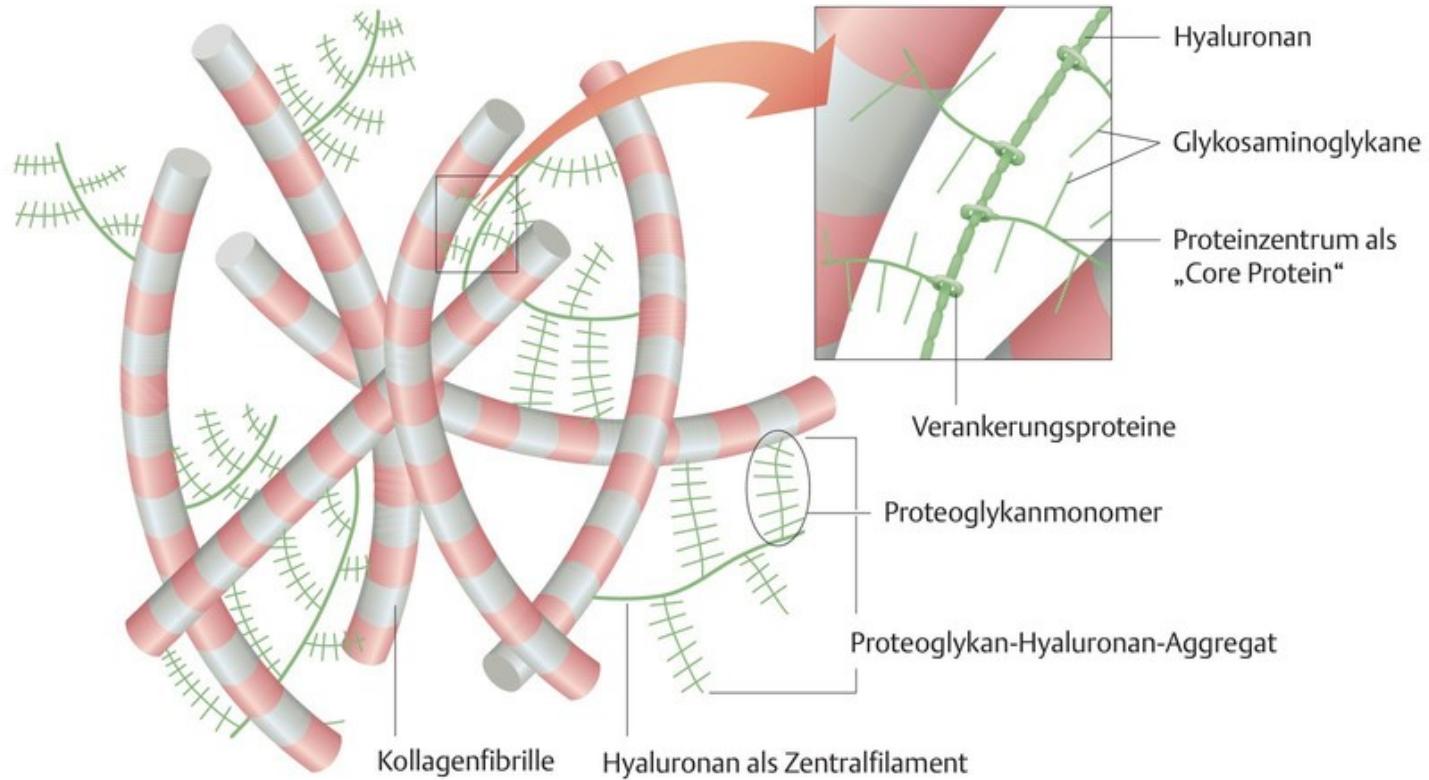
- Befinden sich in sehr hoher Anzahl in Bindegeweben
- Bestehen aus vielen Proteoglykan-Monomeren
- Jedem Monomer ist an seinem Kernprotein ein GAG verankert
- Je nach verankerten GAG's unterscheidet man verschiedene Proteoglykane
- Sonderform: Hyaluronan verknüpft Proteoglykanmoleküle zu sog. **Hyaluronan-Proteoglykan-Aggregaten**

Proteoglykane

- Die häufigsten Proteoglykane:

Proteoglykan	Glykosaminoglykan	Vorkommen	Funktion
Aggrecan	Chondroitinsulfat und Keratansulfat	Knorpel	Mechanisch stützende und stoßdämpfende Wirkung
Betaglykan	Chondroitinsulfat oder Keratansulfat	Zelloberfläche	Bindet TGF-Beta
Decorin	Chondroitinsulfat oder Keratansulfat	Bindegewebe	Bindet Typ-I-Kollagen und TGF-Beta
Perlecan	Heparansulfat	Basallamina	Ausbildung eines Netzes mit Filterfunktion

Hyaluronan-Proteoglykan-Aggregat



Adhäsive Glykoproteine

- Werden auch als Strukturproteine bezeichnet
- Vernetzen geformte und ungeformte Komponenten der extrazellulären Matrix
- Verankern diese an der Zellmembran
- Wichtige Strukturproteine sind:
 - Fibronektin
 - Laminin

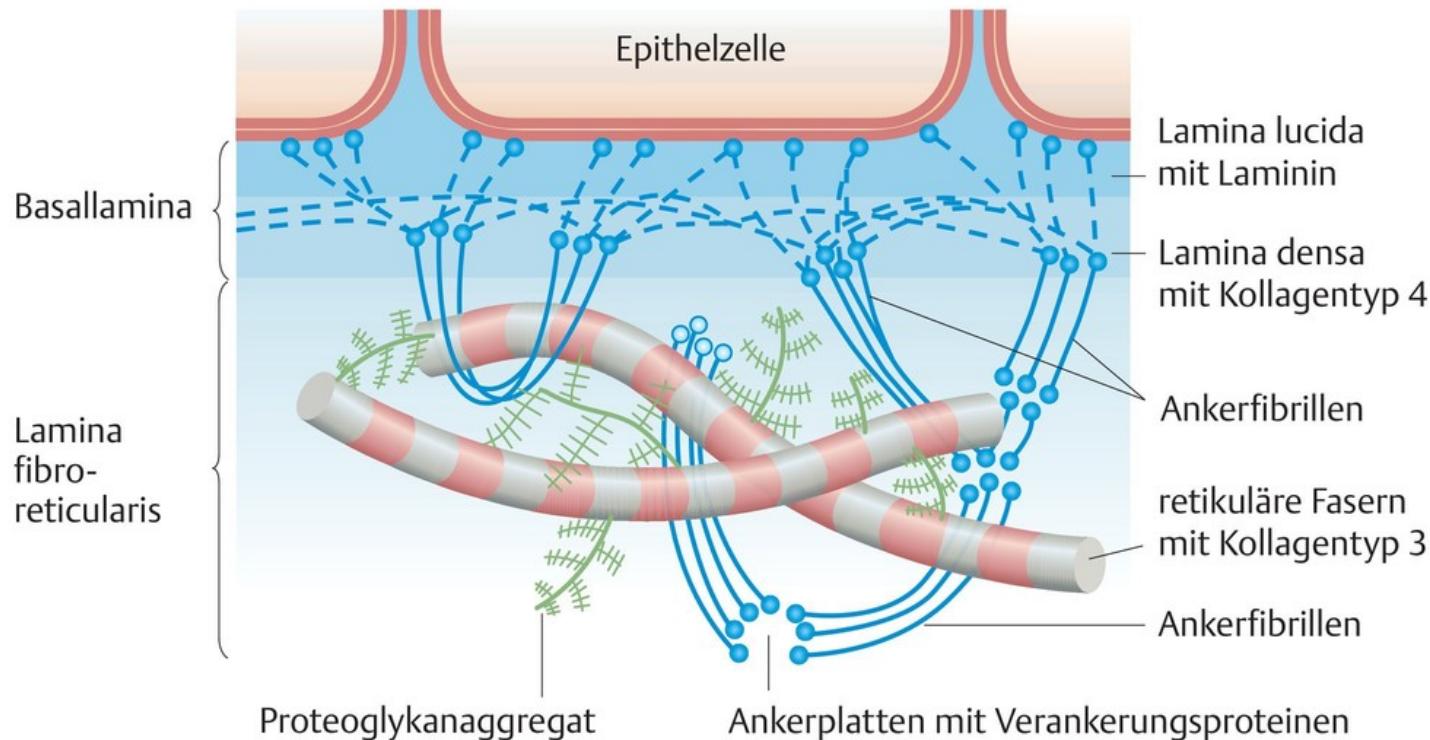
Arten des Bindegewebes

- Man unterscheidet:
- **Embryonales Bindegewebe:**
 - Auch **Mesenchym** genannt, ist reich an pluripotenten Stammzellen
 - Differenziert sich in Hauptzellen des Binde- und Stützgewebes, Muskel- und Epithelzellen
- **Retikuläres Bindegewebe:**
 - Besteht aus Kollagentyp III
- **Kollagenes Bindegewebe:**
 - Gliedert sich in lockeres und straffes Bindegewebe
- **Elastisches Bindegewebe**

Basalmembran

- Ist eine Schicht der extrazellulären Matrix
- Bildet die Basis an der sich Zellen verankern
- Zellen die sich verankern sind z.B.:
 - Epithelzellen
 - Fettzellen
 - Muskelzellen

Basalmembran



Fettgewebe

- Grundlegend besteht Fettgewebe aus Adipozyten
- Speichern Lipide in Form von Lipidtropfen
- Jeder Adipozyt ist von einer Basallamina und einem retikulären Fasernetz umgeben
- Man unterscheidet:
 - Weißes Fettgewebe
 - Braunes Fettgewebe

Weißes Fettgewebe

- Besteht aus Adipozyten mit einem Fetttropfen
- Erfüllt verschiedene Funktionen:
- Baufett
 - Dient als Gewebepolster
 - Kann nur bei extremer Abmagerung abgebaut werden
- Speicherfett
 - Dient als Energiespeicher (Klassisches Körperfett)
- Isolierfett
 - Fasst die wärmeisolierende Wirkung der Fettzellen zusammen

Fettab- und -aufbau

- Fettaufbau (Lipogenese) dient der Speicherung nicht benötigter Energien
- Fettabbau (Lipolyse) dient der Energiegewinnung
- Beide Prozesse sind vorwiegend hormonell gesteuert

Braunes Fettgewebe

- Adipozyten enthalten zahlreiche Lipidtropfen
- Die Färbung ist begründet auf eine besonders hohe Anzahl an Mitochondrien
- Braunes Fettgewebe wird nicht dem Organismus zugeführt
- Es wird direkt in Wärme umgewandelt
- Induziert wird die Umwandlung bei unzureichender Wärmeentwicklung der Skelettmuskulatur
- Ist ausschließlich bei Säuglingen anzufinden und kann nicht mehr aufgebaut werden

Knorpelgewebe

- Knorpel und Knochen bilden das Stützgewebe des Körpers
- Knochen sind in der Entwicklung knorpelig angelegt
- Knorpel ist ein druckelastisches Gewebe
- Begibt sich nach Belastung in Ausgangsform zurück
- Fungiert im Körper als „Stoßdämpfer“

Knorpelgewebe

- Knorpelgewebe besteht aus Knorpelzellen (Chondroblasten, Chondrozyten) und Interzellulärsubstanz
- Wird mit Knorpelhaut (Perichondrium) begrenzt (außer Faser- und Gelenkknorpel)
- Man unterscheidet drei Knorpeltypen:
 - Hyaliner Knorpel
 - Elastischer Knorpel
 - Fasernknorpel

Perichondrium

- Gliedert sich in:
- Innere zelluläre Schicht (Stratum cellulare)
 - Enthält Vorläuferzellen, die sich in Chondroblasten differenzieren können
- Äußere bindegewebige Schicht (Stratum fibrosum)
 - Enthält Blutgefäße und Nerven
- Knorpel selbst ist **gefäßlos!!**

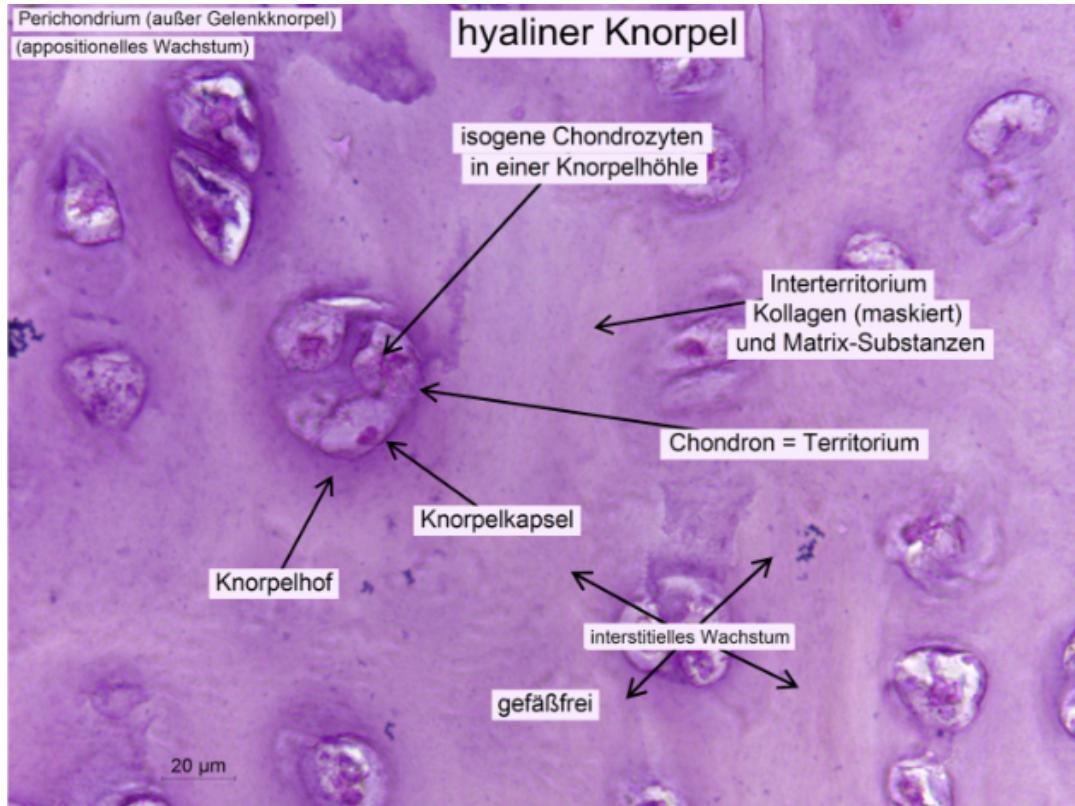
Knorpelregeneration

- Man unterscheidet zwei Formen:
- **Appositionelles Wachstum:**
 - Chondogene Zellen des Stratum cellulare differenzieren in Chondroblasten
 - Differenzierte Chondroblasten bilden neues Knorpelgewebe
- **Interstitielles Wachstum:**
 - Im Knorpel befindliche Chondroblasten bilden Interzellulärsubstanz
 - Interzellularraum vergrößert sich

Hyaliner Knorpel

- Besteht aus kleinen Gruppen von Knorpelzellen
- Sind eingebettet in Interzellulärsubstanz
- Chondrozyten liegen in Gruppen in der Knorpelhöhle
- Die Knorpelhöhle ist von der Knorpelkapsel umgeben
- An die Höhle schließt sich der Knorpelhof an
- Knorpelhöhle, -kapsel und –hof wird als Chondron oder Territorium zusammengefasst
- Territorien sind von Interterritorien getrennt

Hyaliner Knorpel



Quelle: <https://www.repetico.de/card-57887715>

Interzellulärsubstanz

- Wird unterteilt in:
- **Geformte Matrix:**
 - Entspricht kollagenen Fibrillen Typ II
 - Lagert sich nicht zu Fasern zusammen
- **Ungeformte Matrix:**
 - Besteht aus GAG's die Proteoglykanmonomere bilden
 - Häufigstes Monomer ist das Aggrecan
 - Aggrecan bindet sich an ein langes Hyaluronanmolekül
 - Das entstandene Proteoglykan-Hyaluronan-Aggregat ermöglicht eine große Wasserbindung
- Verbindung mit Strukturproteinen

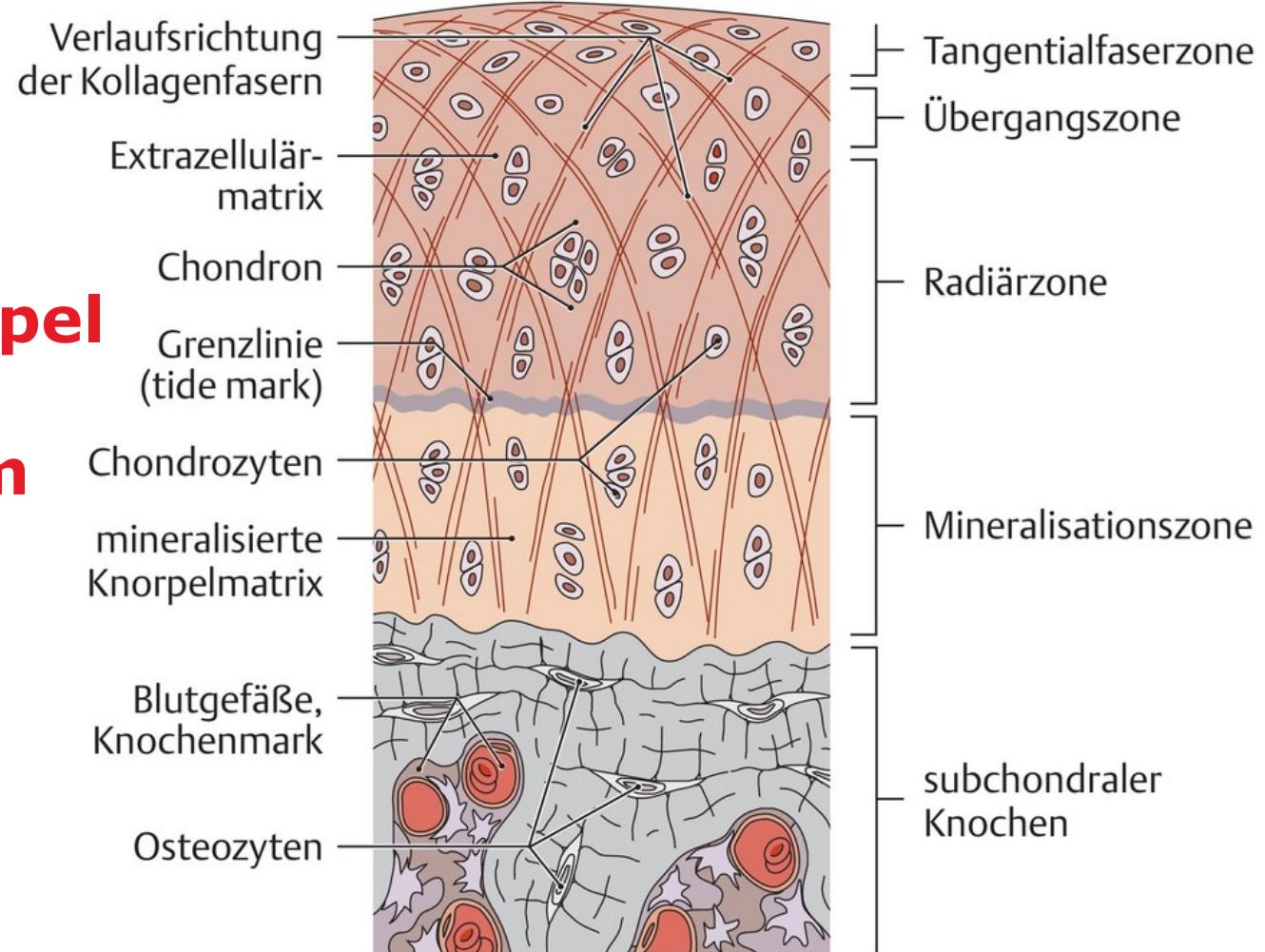
Hyaliner Knorpel mit Perichondrium

- Die Fibrillen zeigen einen arkadenförmigen Aufbau
- Bilden das Knorpelskelett von:
 - Nase
 - Kehlkopf
 - Trachea
 - Bronchien
 - Rippenknorpel
- Ernährung über Diffusion durch das Stratum fibrosum des Perichondriums

Hyaliner Knorpel ohne Perichondrium

- Die Fibrillen zeigen ebenfalls einen arkadenförmigen Aufbau
- Überzieht als Gelenkknorpel artikulierende Flächen
- Man unterteilt Gelenkknorpel in folgende Abschnitte:
 - Tangentialzone
 - Übergangszone
 - Radiärzone
 - Kalkzone
- Ernährung über Diffusion aus der Gelenkflüssigkeit (Synovia)

Hyaliner Knorpel ohne Perichondrium



Elastischer Knorpel

- Ist das zellreichste Knorpelgewebe mit den meisten Chondronen
- Die Interzellulärsubstanz besteht aus dichten Netzen elastischer Fasern
- Elastische Fasern sorgen für eine gelbliche Farbe
- Ist sehr elastisch und biegsam
- Vorkommen u.a. in:
 - Ohrmuschel
 - Äußerer Gehörgang
 - Epiglottis

Faserknorpel

- Ähnelt sehr straffem kollagenen Bindegewebe
- Besitzt wenig Chondrone mit schmalem Knorpelhof
- Die Interzellulärsubstanz besteht hauptsächlich aus kollagenen Fasern
- Fasern werden von Fibrozyten gebildet, die sich zu Chondrozyten umwandeln können
- Ein Perichondrium fehlt
- Vorkommen u.a. in:
 - Menisci
 - Gelenkklippen
 - Anulus fibrosus

Knochengewebe

- Erfüllen **Stütz-** und **Schutzfunktion**
- Dienen dem Körper als **Kalziumspeicher** (ca. 99%)
- Hauptort der **Blutbildung** ab der Geburt
- Besitzen eine große Druck-, Zug-, und Verdrehungsfestigkeit
- Aufbau:
- **Knochenzellen**
- **Knochengrundsubstanz**

Knochengewebe

- Äußere und innere Oberflächen sind mit bindegewebigen Strukturen besetzt:
- **Periost:**
 - Überzieht den gesamten äußeren Knochen außer überknorpelte Gelenkflächen
 - Stark innerviert und vaskularisiert
- **Endost:**
 - Überzieht die inneren Oberflächen der Spongiosabälkchen
- Zwischen den festen Bestandteilen liegt das **Knochenmark**
- Unter dem Periost befindet sich die verdichtete Außenschicht die sog. **Kortikalis** bzw. **Kompakta** im Bereich der Diaphyse

Knochenzellen

- Vorläufer- oder Stammzellen:
 - Hohe Proliferationsaktivität, befinden sich im Periost und Endost
- **Osteoblasten:**
 - Meist epithelartig auf Knochenoberflächen
 - **Um- und Aufbau** von Knochensubstanz
 - Scheiden nicht mineralisiert Knochengrundsubstanz (**Osteoid**) aus
- **Osteozyten:**
 - Vollständig von Osteoid ummauerte Osteoblasten
 - Befinden sich in den Knochenhöhlen

Knochenzellen

- **Osteoklasten:**
 - Vielkernige Riesenzellen
 - Besitzen eine hohe Anzahl an Lysosomen
 - Zellen des **Knochenab-** und **-umbaus**
 - Liegen der Knochengrundsubstanz an
 - Geben abgebaute Knochensubstanz in die Blutbahn ab
 - Bauen 10x mehr Substanz ab als von Osteoblasten gebildet wird
 - Die Anzahl der Osteoblasten muss daher deutlich überwiegen!

Knochenzellen

- Die apikale Zone der Osteoklasten besitzt zahlreiche Fältelungen und liegt der Knochensubstanz dicht an
- Es bildet sich ein saures Milieu durch Exozytose lysosomaler Enzyme
- Abgebaute Matrixfragmente werden durch Endozytose in die Osteoklasten aufgenommen
- In der basalen Zone werde die Bestandteile weiter zersetzt und in die umliegenden Gefäße abgegeben

Knochenzellen

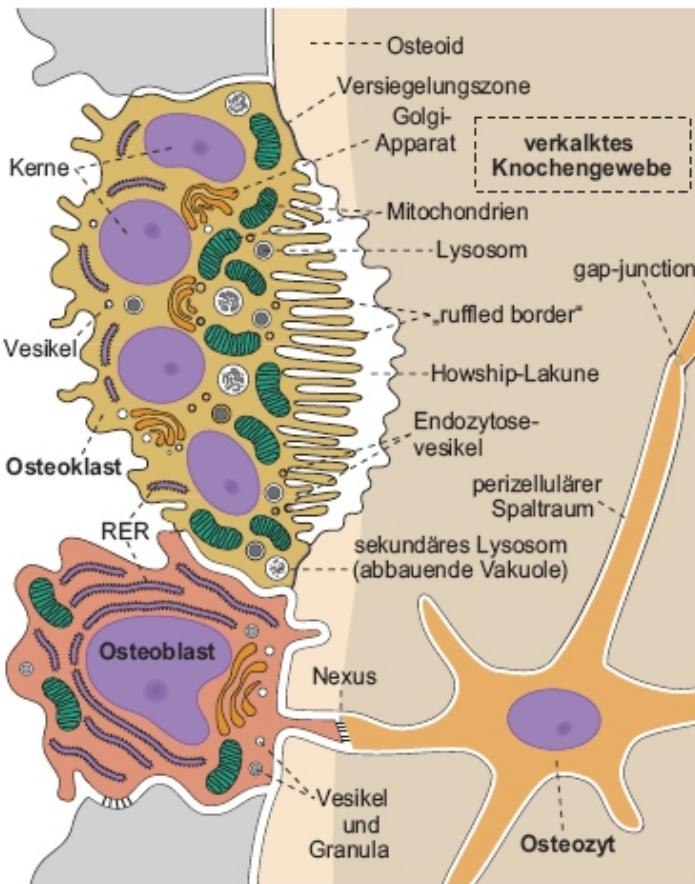


Abb. 3.2.35 Osteoblasten, Osteoklasten und Osteozyten (Schema). Der Raum unter den Osteoklasten wird Howship-Lakune oder subosteoklastisches Kompartiment genannt.

Knochengrundsubstanz

- Besteht aus:
- **Organischer Matrix** (35%):
 - Ungeformte Matrix: Proteoglykane und adhäsive Glykoproteine (z.B. Osteokalzin, Osteonektin)
 - Geformte Matrix: **Kollagenfasern Typ I**
- **Anorganischer Matrix** (65%):
 - Mineralien
 - **Hydroxylapatit** (50% Phosphat, 35% **Kalzium**, Karbonate)

Arten von Knochengewebe

- Man unterscheidet:
- **Geflecktknochen:**
 - Primärer Knochen der Fetalperiode
- **Lamellenknochen:**
 - Sekundärer Knochen
 - Entstehen aus Geflecktknochen (auch Frakturheilung)

Geflechtknochen

- Geflechtartiges, unregelmäßiges Gerüst mit vielen Knochenzellen
- Durch geringe Mineralisierung und hohen Wassergehalt sehr biegsam und zufest
- Kollagene Fasern ohne Verlaufsrichtung
- Entstehen aus Mesenchym
- Reifen im Laufe der Zeit zu Lamellenknochen
- Finden sich nur noch z.B. in den Schädelnähten

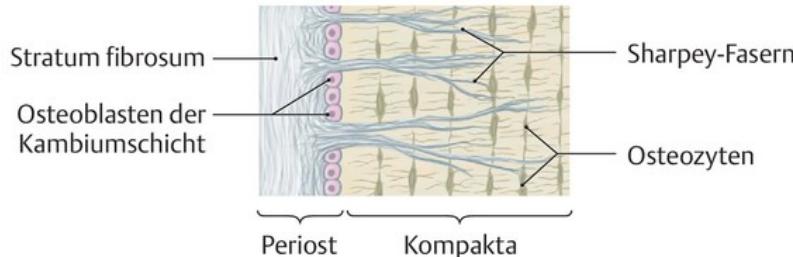
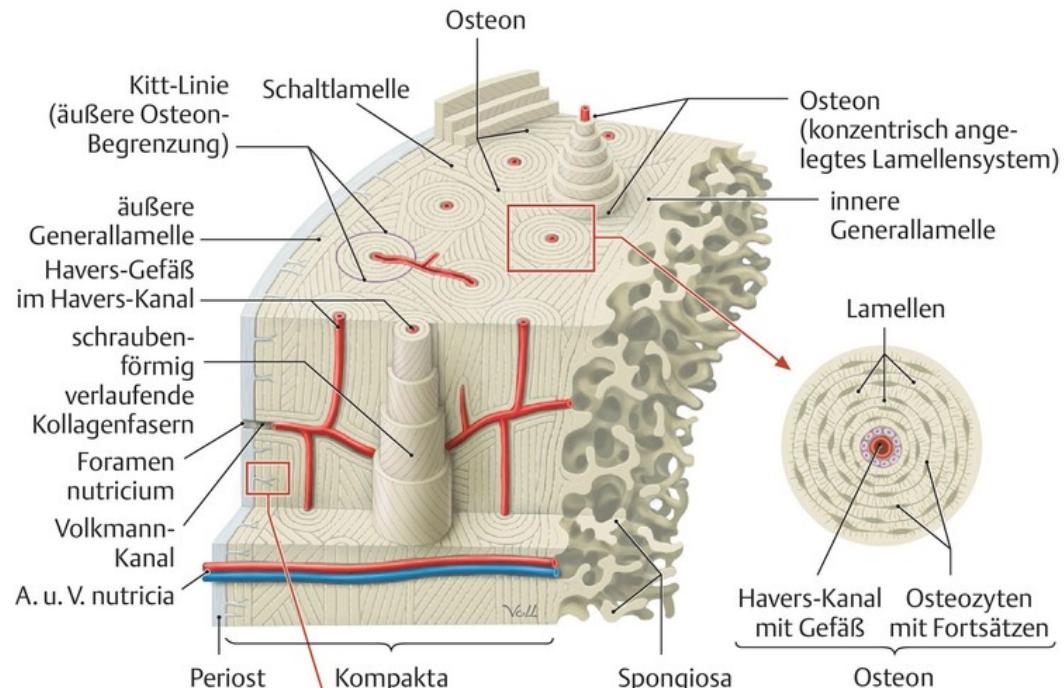
Exkurs: Heilung einer Fraktur

- Die Bruchstelle wird zunächst durch ein **fibrocartilaginäres** Gewebe abgedeckt
- Innerhalb von Wochen entsteht daraus ein sog. **Kallus** aus Geflechtknochen
- Der Geflechtknochen wird anschließend in einen Lamellenknochen umgebaut (dauert Monate)
- Heilt der Knochen nicht richtig kann sich an der Stelle ein „falsches Gelenk“ bilden, man spricht von einer Pseudoarthrose

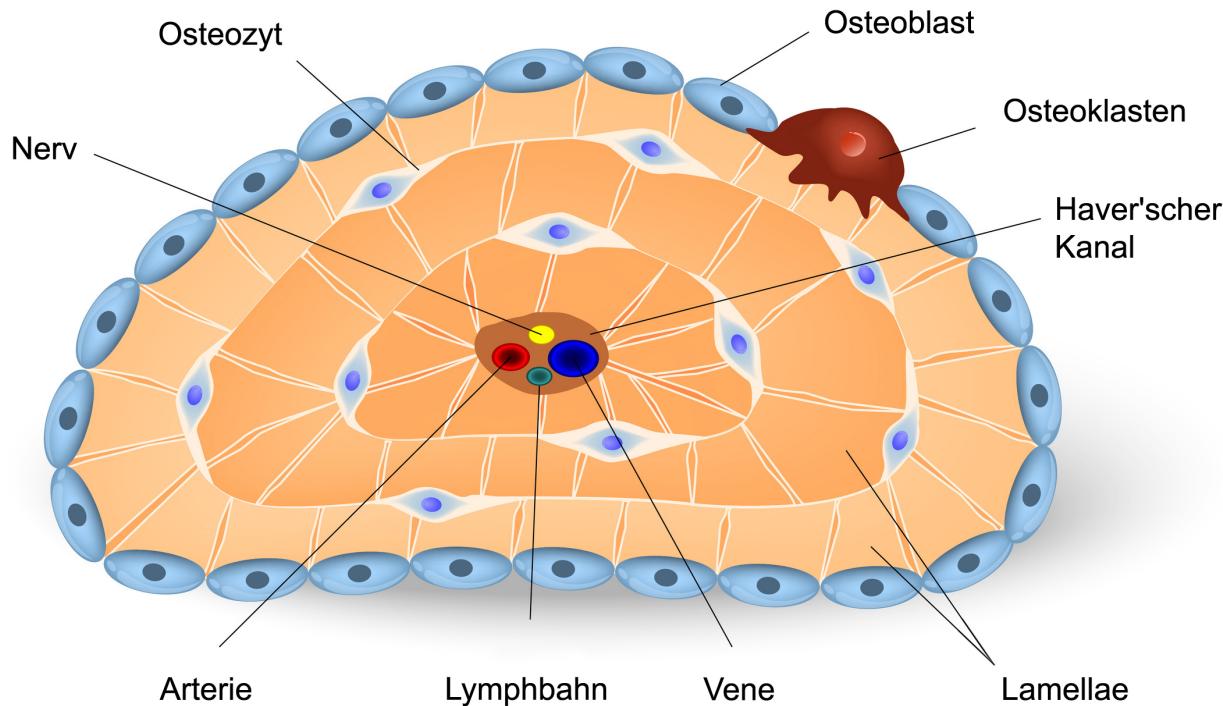
Lamellenknochen

- Besteht aus sich wiederholenden Bauelementen
- **Osteon** (Haver-System)
 - Zylindrisch gebaut
 - Besteht aus 4-20 konzentrischen **Lamellen**
 - In und zwischen den Lamellen befinden sich **Osteozyten**, kontakt über lange Fortsätze mittels **Gap-junctions**
 - Kanal in der Mitte für Blutgefäß und Nerven (Havers-Kanal)
- **Schaltlamellen**
 - Verbinden die Osteone
 - Reste von Abgebauten Osteonen (Knochenumbau)

Lamellenknochen



Osteon



Periost

- Gliedert sich in:
- **Stratum fibrosum**
 - Enthält geflechtartiges straffes Bindegewebe
 - Dient Sehnen und Bändern als **Ansatz**
 - Spezielle Bindegewebsfasern (**Sharpey-Fasern**) ragen in die Kompakta
 - Sharpey-Fasern verankern das Periost
- **Stratum osteogenicum**
 - Innere Schicht
 - **Nerven- und Gefäßführend**

Knochenumbau

- Umbau der Knochensubstanz findet ständig statt
- Anpassung an wechselnde Belastungen
- Vorläuferzellen des Stratum osteogenicum und des Endost differenzieren in Osteoblasten

Knochenentwicklung

- Man unterscheidet:
- **Osteogenese** (Knochenbildung)
 - Entstehung eines Knochens
 - Man unterscheidet **desmale** und **chondrale** Osteogenese
- **Ossifikation** (Verknöcherung)
 - Bildung von Knochengewebe
 - Osteoblasten bilden Osteoid welches mineralisiert

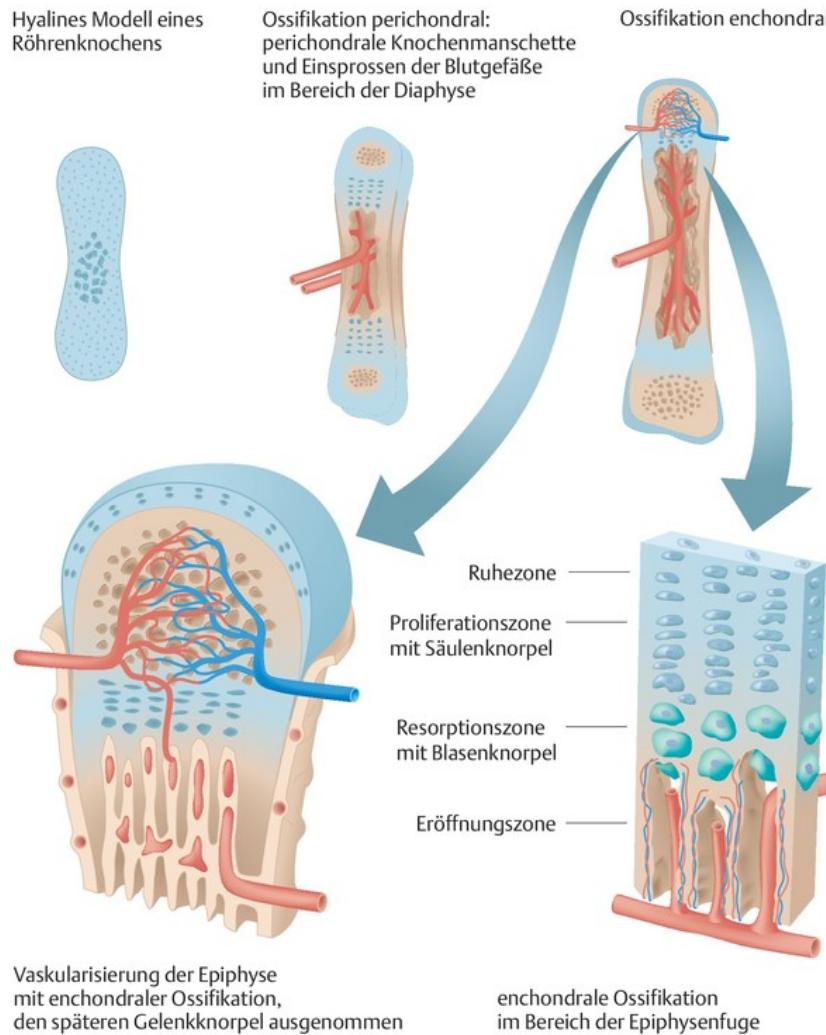
Desmale Osteogenese

- Aus **embryonalem Bindegewebe** bildet sich direkt Knochengewebe
- Man spricht auch von direkter Ossifikation
- Aus dem entstandenen **Geflechtknochen** entwickeln sich dann **Lamellenknochen**
- Bei einer Fraktur bildet sich erst ein Wulst aus Geflechtknochen (Kallus), der anschließend verknöchert
- Z.B.:
 - Schädeldach
 - Teile der Mandibula und Klavikula

Chondrale Osteogenese

- **Knorpelmodelle** des Knochen bilden das sog. Primordialskelett
- Dient dem **Längen- und Dickenwachstum**:
- **Enchondrale Ossifikation**: Längenwachstum z.B. Epiphysenfuge
 - Durch Vaskularisierung wandern Stammzellen in das Knorpelinnere ein
 - Differenzieren sich zu z.B. Chondroblasten, Osteoblasten
- **Perichondrale Ossifikation**: Dickenwachstum z.B. Diaphyse
 - Perichondrium (Knorpelhaut) wird zum Periost
 - Von dort aus bildet sich der Knochen

Chondrale Osteogenese



Knochentypen

- Das menschliche Skelett enthält **223 Knochen**
- Davon sind 95 paarige und 33 unpaare Knochen
- Man unterscheidet Knochen nach der äußereren Form:
 - Röhrenknochen (**Ossa longa**)
 - Kurze Knochen (**Ossa brevia**)
 - Platte Knochen(**Ossa plana**)
 - Luftgefüllte Knochen (**Ossa pneumatica**)
 - Unregelmäßige Knochen (**Ossa irregularia**)
 - Sesambeine (**Ossa sesamoidea**)

Muskelgewebe

- Besteht aus vielkernigen Riesenzellen (Muskelfasern)
- Bilden **Myofibrillen** aus, bestehen aus parallel angeordneten **Myofilamenten**
- Filamente bestehen aus Proteinfilamenten:
 - Aktin
 - Myosin

Muskelgewebe

- Aktin und Myosin interagieren zusammen mit Kalzium und ermöglichen **Kontraktion**
- Zytologische Strukturen werden in der Muskelzelle **anders** bezeichnet

zytologische Struktur	Bedeutung
Sarkoplasma	Zytoplasma ohne Myofilamente
Sarkolemm	Plasmalemm der Muskelzelle (ohne Basallamina und ihr anliegende retikuläre Fasern)
Sarkosomen	Mitochondrien
sarkoplasmatisches Retikulum	glattes endoplasmatisches Retikulum

Muskelgewebe

- Man unterscheidet:
 - Quer gesteifte Skelettmuskulatur
 - Quer gestreifte Herzmuskelatur
 - Glatte Muskulatur
- Querstreifung beruht auf mikroskopischer Querstreifung der Aktin- und Myosinfilamente
- Steifung ist bei glatter Muskulatur nicht gegeben

Skelettmuskulatur

- Aktin- und Myosinfilamente sind in quergestreifter Muskulatur **strengh** angeordnet
- Erzeugt quergestreiftes Muster
- Eine Einheit aus angeordneten Filamenten wird als **Sarkomer** bezeichnet
- Eine Muskelfaser enthält mehr als 1000 Sarkomere

Anordnung der Filamente

- Querstreifung erscheint im Polarisationsmikroskop in unterschiedlich leuchtenden Banden
- Einteilung in:
 - Isotrope I-Streifen
 - Anisotrope A-Streifen
 - H-Streifen in der Mitte der A-Streifen
 - Z-Streifen die die I-Streifen symmetrisch teilen

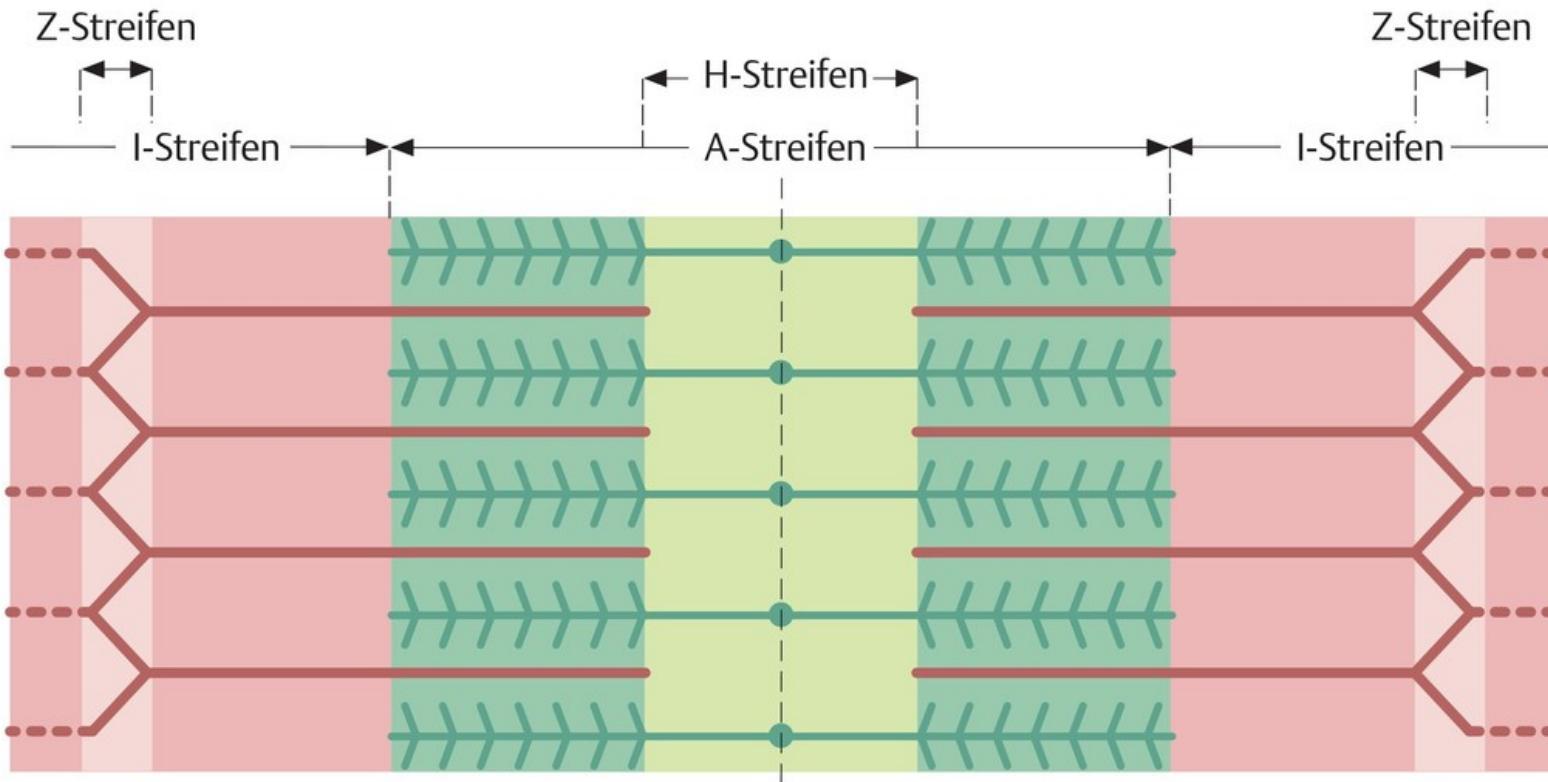
Streifen

- **A-Streifen:**
 - Parallel angeordnete Myosinfilamente mit Myosinköpfchen an den äußeren dritteln
 - Überlappung mit Aktinfilamenten (dunkler)
- **H-Streifen:**
 - Hellerer Abschnitt der Myosinfilamente ohne Aktinüberlappung
- **M-Streifen:**
 - Querverbindung in der Mitte der Myosinfilamente, dient als Ansatz der parallelen Ausrichtung

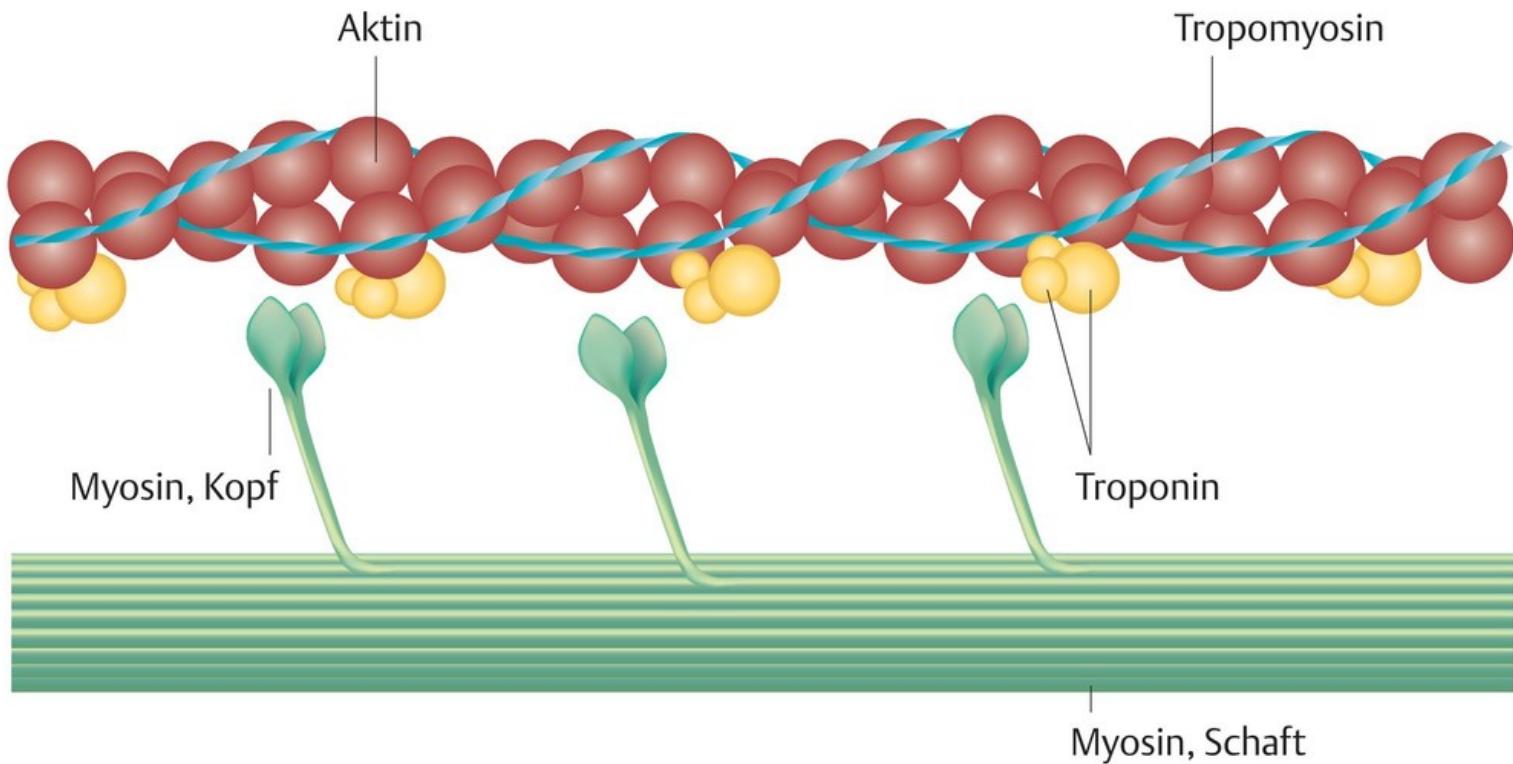
Streifen

- **I-Streifen:**
 - Parallel angeordnete Aktinfilamente
- **Z-Streifen:**
 - Ansatzstelle der Aktinfilamente, verknüpft durch Verbindungsproteine (z.B. α -Aktinin)

Sarkomer



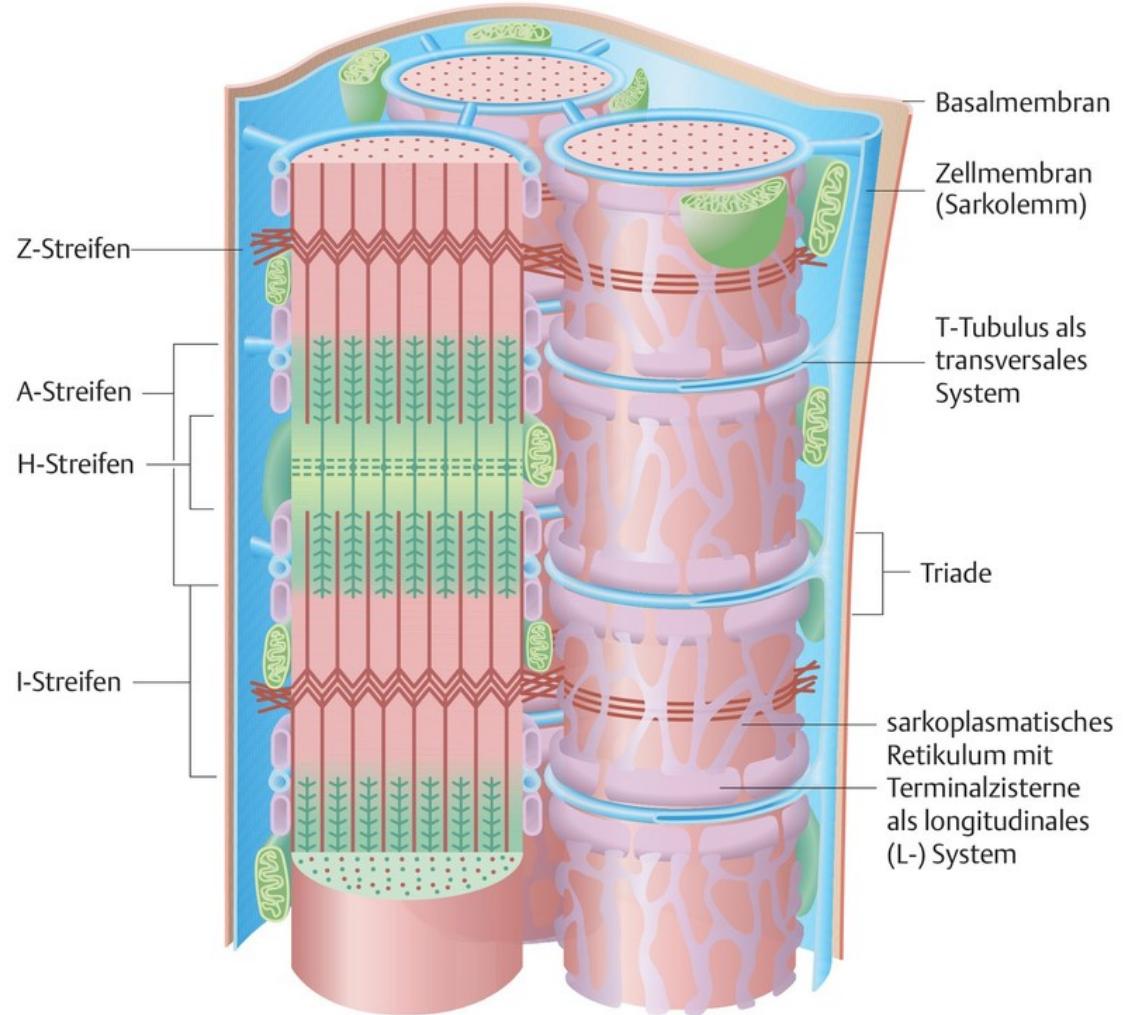
Sarkomer



L- und T-System

- Das sarkoplastische Retikulum dient als Kalziumspeicher und ordnet sich längs in der Muskelzelle an
- Wird als **Longitudinal-System** bezeichnet
- Am Übergang von I- zu A-Streifen bilden Einfaltungen des Sarkolemm das **Transversal-System / Terminalzisternen**
- Leitet die Erregung in das Innere der Muskelzelle

Muskelzelle



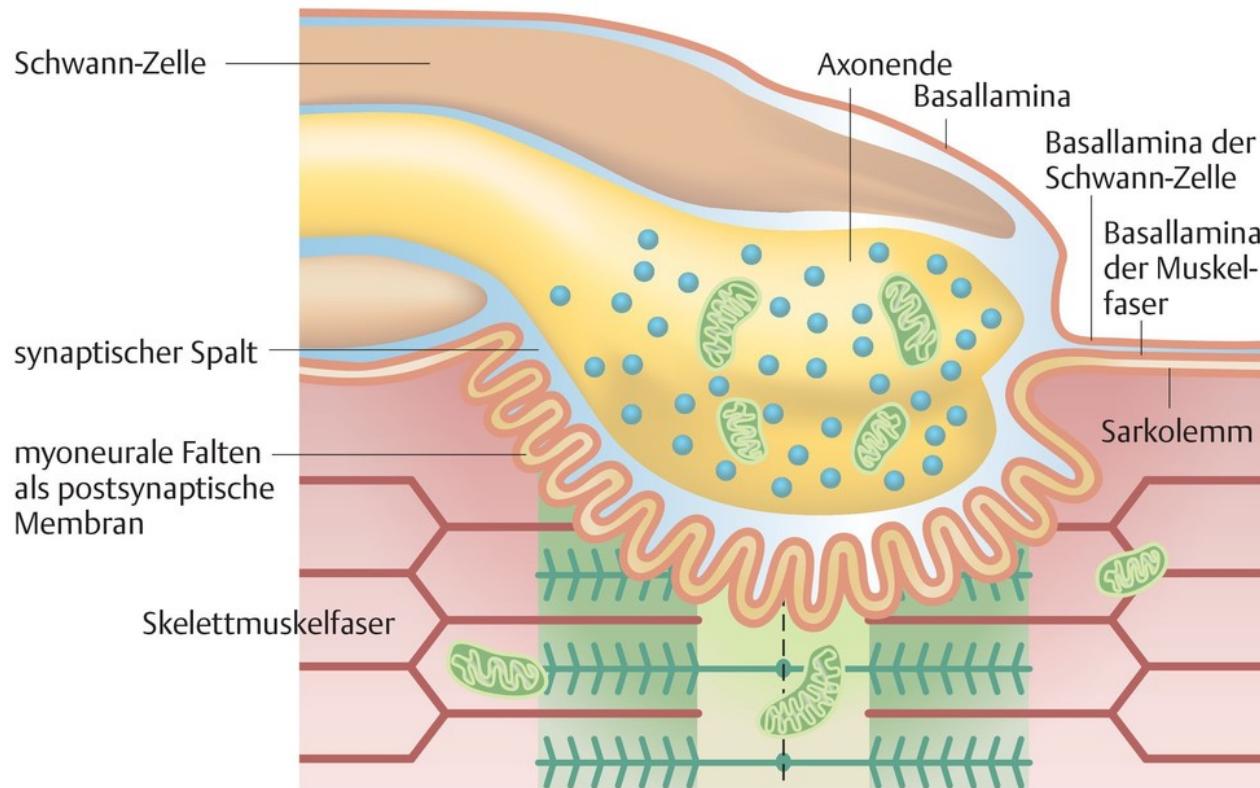
Innervation

- Jede Muskelfaser wird über eine **motorische Endplatte** von einem efferenten Nerv stimuliert
- Stimulation über **Acetylcholin**
- Bei Grobmotorik: Eine motorische Nervenzelle für bis zu 1000 Muskelfasern
- Bei Feinmotorik: Eine mot. Nervenzelle für etwa 5 Muskelfasern

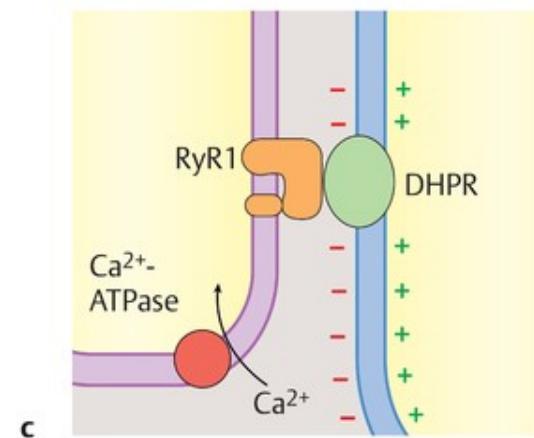
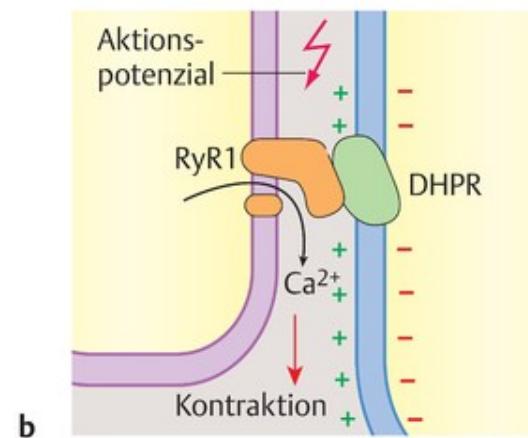
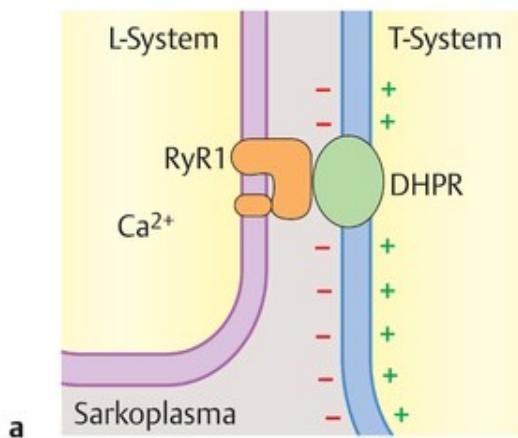
Kontraktion

- Bei Stimulation einer Muskelfaser wird **Kalzium** aus dem sarkoplastischen Retikulum **freigesetzt**
- Erregung setzt sich über Zisternen fort, Proteinstrukturen **öffnen sich** und es wird Kalzium frei
- Die Kontraktion endet wenn das Kalzium wieder aktiv in das sarkoplatische Retikulum zurücktransportiert wird (Ca^{2+} -ATPase)

Motorische Endplatte



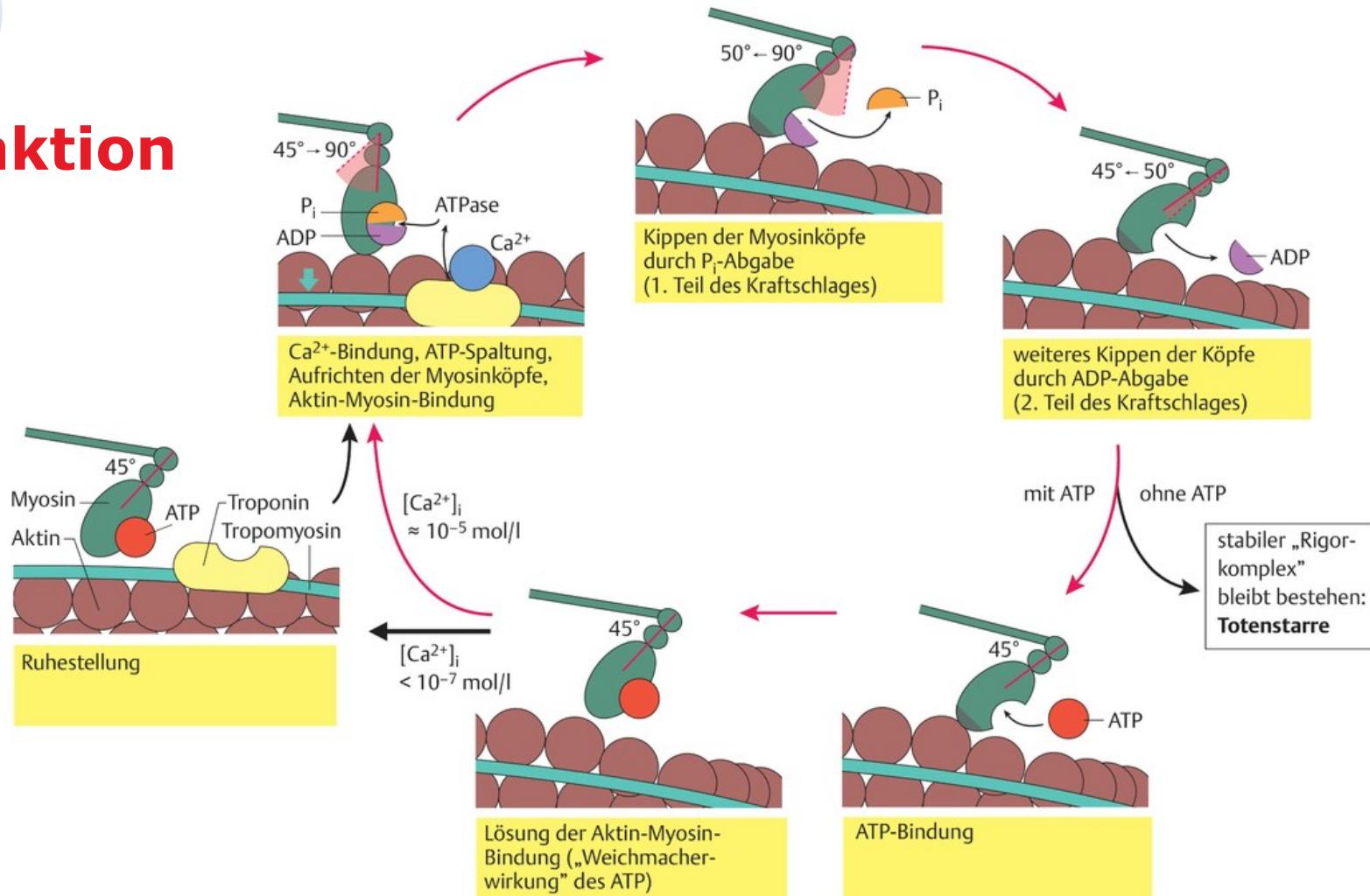
Erregung und Ca^{2+} Freisetzung



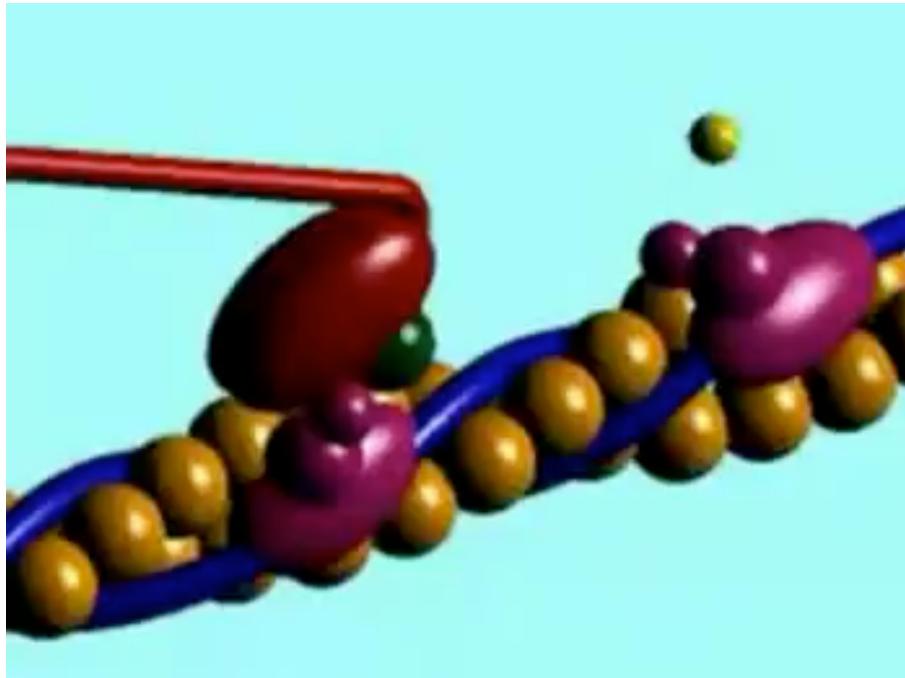
Kontraktion

- Das freigewordene Kalzium bindet an **Troponin** an den Aktinfilamenten und senkt es ab
- Troponin blockiert im Ruhezustand die Myosin-Bindungsstelle
- Myosin kann nun an das Aktin **binden** (Querbrückenbildung)
- Durch Bindung von **ATP** löst sich diese Wechselwirkung
- Der Myosinkopf **gleitet** am Aktinfilament **entlang**
- Durch Spaltung und erneutes Anhaften von ATP entsteht ein Zyklus

Kontraktion



Querbrückenzyklus

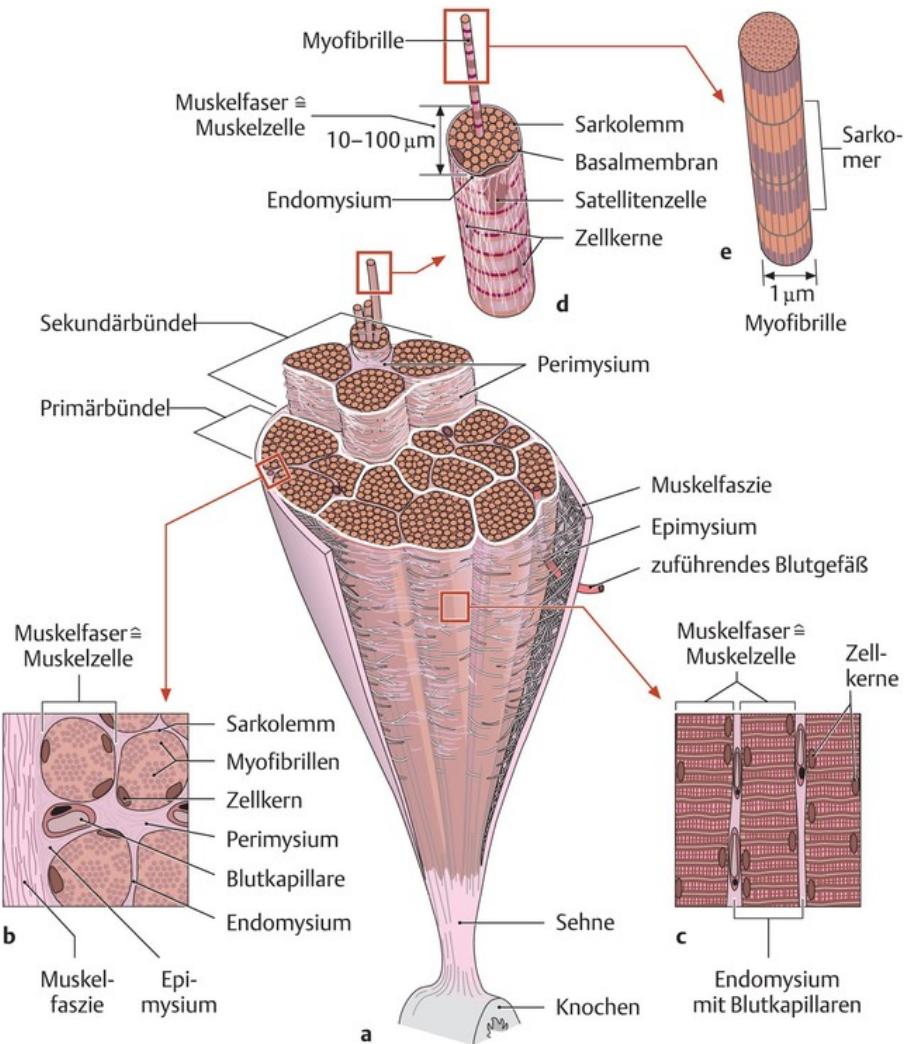


Quelle: https://www.youtube.com/watch?v=v71ZP8_RoOU

Hüllsysteme und Bündel

- Muskelfasern lagern sich zu **Muskelbündeln** zusammen
- Viele Bündel ergeben einen Muskel
- Sind jeweils von **bindegewebigen Hüllen** umgeben
- Es bilden sich:
 - **Primärbündel:** Mehrere Muskelfasern, umgeben vom Perimysium internum
 - **Sekundärbündel:** Mehrere Primärbündel, umgeben vom Perimysium externum
 - **Tertiärbündel:** Mehrere Sekundärbündel, umgeben vom Epimysium als Teil der Muskelfaszie

Hüllsysteme und Bündel



Muskelgewebe



www.fischer-av-medien.de

Muskel

- Ein Muskel besteht aus **Muskelbauch**, der in **Sehnen** übergeht
- Man unterscheidet **Ursprungs-** und **Ansatzsehne**
- Sehnen sind fest am **Periost** verankert
- Bei der Kontraktion verkürzt sich der Muskel und Spannt die Sehnen