

---

# Allgemeine Histologie

## Epithelgewebe, Muskelgewebe

---

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

376-0151-00 Anatomie und Physiologie I  
Mi 27.09.2023 08:00-09:45

WLAN-Zugang via EDUROAM:  
login: <username>@ethz.ch  
Password: <nethz-Password>

Übertragung Mittwoch:  
- ab 27.09.23 neu Y15 G19  
- 18.10.23 und 20.12.23 Y03 G91

# Gewebefamilien / Grundgewebe

---

- Grosse Gewebevielfalt durch Zelldifferenzierung und Spezialisierung
  - Zusammenfassung zu 4 Grundgewebe mit gemeinsamen Eigenschaften
  - unterscheidbar durch Funktion, Zellform, Anteil Extrazellulärraum
  - alle Grundgewebe weiter in Subtypen unterteilbar
  - Organe enthalten mindestens 2, meistens alle 4 Grundgewebe

---

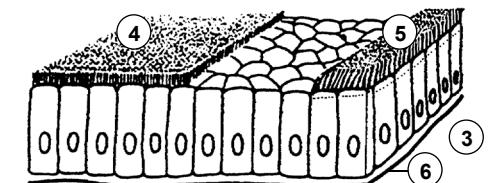
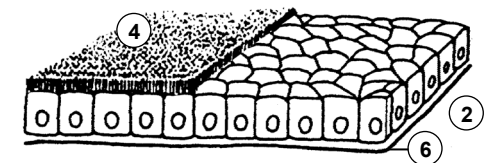
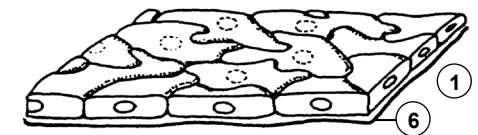
	Anteil EZR	Funktionen
Binde- und Stützgewebe	+ bis +++	Struktur, Versorgung, Speicherung, Abwehr, Stroma - Parenchym von Fett, Knochen, Knorpel
Epithelgewebe	(+)	Oberflächen, Drüsen, Rezeptoren, Parenchym innerer Organe
Muskelgewebe	(+) bis +	Kontraktion, Parenchym des Muskels
Nervengewebe	(+)	Übermittlung, Verarbeitung und Speicherung von Informationen, Parenchym des Nervensystems

---

# Epithelgewebe I

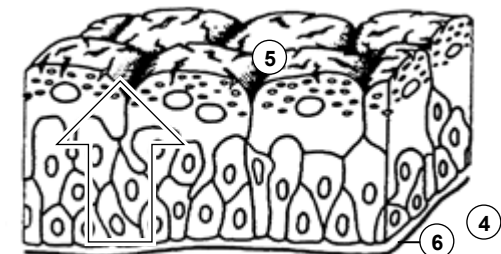
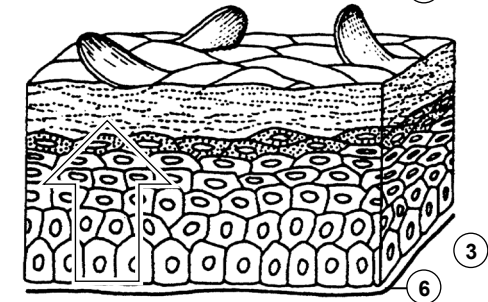
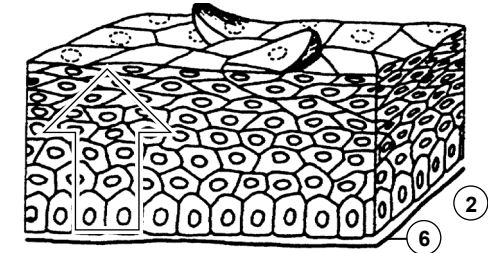
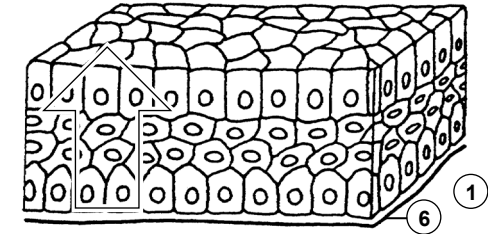
- Beschreibung, Klassifikation und Benennung von Epithelien
  - Organbestimmung: Epithelgewebe als Parenchym organtypisch
  - Referenz für Pathologie (Biopsien, Autopsie), zB Früherkennung von Krebs
- ... 3 Kriterien
  - Schichtung: einschichtig – mehrreihig – mehrschichtig
  - Zellform in oberflächlicher Schicht: platt – isoprismatisch – hochprismatisch
  - Spezielle Differenzierungen: Zellfortsätze (Bürstensaum, Stereozilien, Kinozilien), Zellkontakte (zB Schlussleistenkomplexe), zytoplasmatische Differenzierungen (zB Sekretvesikel, Schleim, raues ER, Lipidvakuolen, Crusta), Verhornung
- Einschichtiges Epithel
  - alle Zellen von Basallamina (Kittschicht zwischen Epithel und Bindegewebe) bis zur freien Oberfläche, heisst auch einfaches Epithel
  - einschichtiges Plattenepithel: Endothel, Mesothel, Lungenalveolen
  - einschichtig isoprismatisches = kubisches Epithel: Nierenkanälchen ± Bürstensaum
  - einschichtig hochprismatisches = Zylinderepithel: Magenschleimhaut, Sammelrohre der Niere, Darmschleimhaut + Bürstensaum, Eileiter + teilweise Kinozilien

- 1 platt
  - 2 isoprismatisch
  - 3 hochprismatisch
  - 4 Bürstensaum
  - 5 Kinozilien
  - 6 Basallamina
- } prismatisch



# Epithelgewebe II

- **Mehrschichtiges Epithel**
  - oberflächliche Zellschicht ohne Kontakt zur Basallamina, basale Zellschicht ohne Kontakt zur Oberfläche, ev. Binnenzellschichten = intermediäre Zellen ohne Kontakt zu Oberfläche oder Basallamina, heisst auch stratifiziert
  - Neubildung von Zellen an der Basis, Abstossung von Oberfläche: steter Zellstrom von Basis zur Oberfläche, Zellen ändern Form
  - mehrschichtig hochprismatisches Epithel: Bindehaut, Pankreasgang
  - mehrschichtiges unverhorntes Plattenepithel: Mundhöhle, Rachen, Stimmlippe, Speiseröhre, Analkanal, Vagina, Hornhaut des Auges; ektopische Verhornung (Leukoplakie) kann Vorstufe zu Karzinom (Präkanzerose) sein!
  - mehrschichtiges verhorntes Plattenepithel: Oberhaut = Epidermis, Zungenrücken
- **Übergangsepithel = Urothel**
  - mehrschichtig mit grossen Deckzellen, intermediären Zellen und Basalzellen
  - Zellform der Deckzellen variabel je nach Dehnungszustand → Übergangsepithel
  - Crusta: intrazelluläre Reserve von Membranmaterial (flache Vesikel)
  - ableitende Harnwege (Nierenbecken, Harnleiter, Harnblase) → Urothel



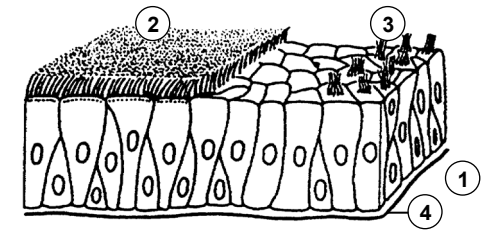
- mehrschichtig...
- 1 ... hochprismatisch
  - 2 ... platt ohne Verhornung
  - 3 ... platt mit Verhornung
  - 4 ... Urothel
  - 5 Deckzellen mit Crusta
  - 6 Basallamina

# Epithelgewebe III

- Mehrreihiges Epithel

- besondere Form des einschichtigen Epithels, Zellkerne in mehreren Reihen angeordnet, alle Zellen in Kontakt mit Basallamina, nur ein Teil erreicht freie Oberfläche, keine Binnenzellschicht, heisst auch pseudostratifiziert
- mehrreihig hochprismatisches Epithel mit Kinozilien: respiratorisches Epithel
- mehrreihig hochprismatisches Epithel mit Stereozilien: Nebenhodengang und Samenstrang

- 1 mehrreihig hochprismatisch
- 2 Kinozilien
- 3 Stereozilien
- 4 Basallamina

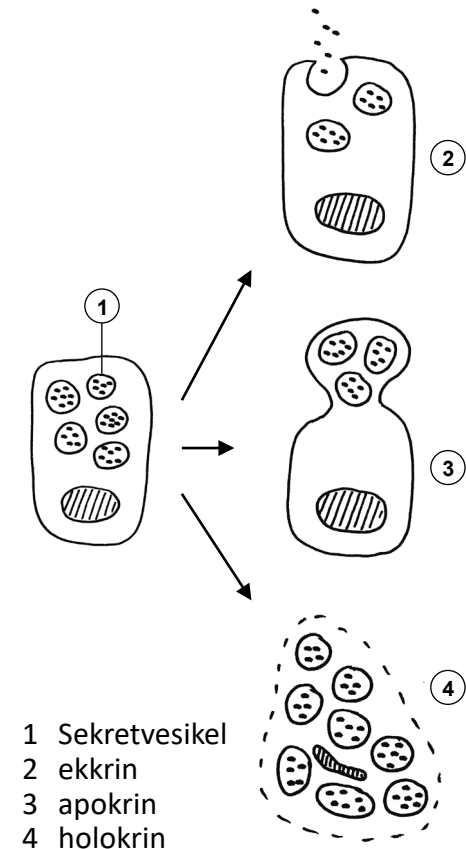


- Polare Organisation von Epithelzellen

- oberflächliche Zellen im Urothel und in meisten hoch- oder isoprismatischen Epithelien, gelegentlich auch in platten Epithelien
- Durch Tight Junctions (Barrierekontakte) getrennte Membrandomänen mit unterschiedlicher funktioneller Spezialisierung und Proteinzusammensetzung
- apikale Membran → freie Oberfläche: Mikrotubulus und/oder Aktin-basierte Zellfortsätze.
- basolaterale Membran → Interzellularspalt, eventuell Basallamina: bei Bedarf Faltenbildung zur Oberflächenvergrößerung oder Verzahnung mit Nachbarzellen

# Drüsen: Sekretion

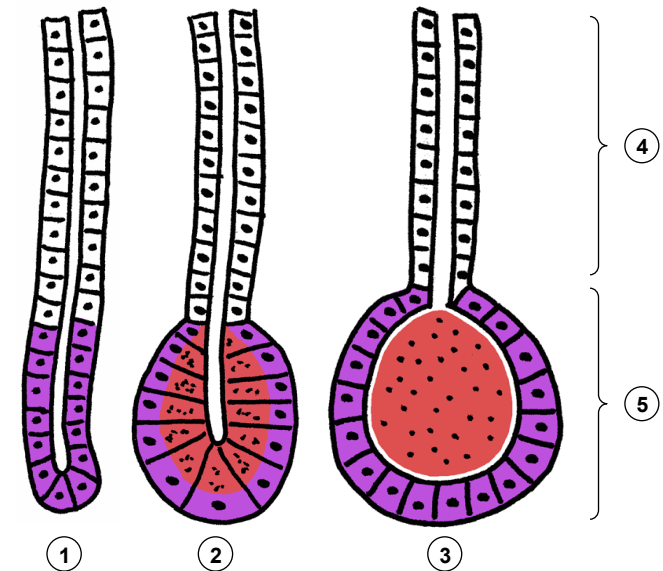
- Epithelgewebe bildet Parenchym vieler Drüsen
- **Spezialisiert auf Stoffproduktion und -Speicherung für Export**
  - exokrin: Abgabe an innere oder äussere Oberfläche
  - endokrin: Abgabe an Blutbahn (Hormone)
  - parakrin: Nahwirkung im Gewebe
  - autokrin: Wirkung auf Zelle selbst
- **Mechanismus der Stoffabgabe an Art des Sekrets angepasst**
  - ER → Modifikation im Golgi-Apparat → Verpackung in Sekretvesikel
  - ekrin = merokrin: Exozytose, am häufigsten:
    - serös: dünnflüssig, ± proteinreich (Schweissdrüsen, Pankreas, Ohrspeicheldrüse, Protein- & Zuckeranteil Milch)
    - mukös = schleimig: quellendes Hydrogel aus Proteoglykan-Polymeren → Schutzschild und Gleitmittel (Unterzungspeicheldrüse, kleine Speicheldrüsen der Mundhöhle, Schleimhaut Magendarmkanal und Atemwege)
  - apokrin: Abschnüren apikaler Zellportion: Milchfett (Emulsion), Duftdrüsen (Achselhaut), Ohrschmalz (Zeruminaldrüsen)
  - holokrin: ganze Zelle geht in fettiges Sekret auf: Talgdrüsen



# Drüsen: Bau

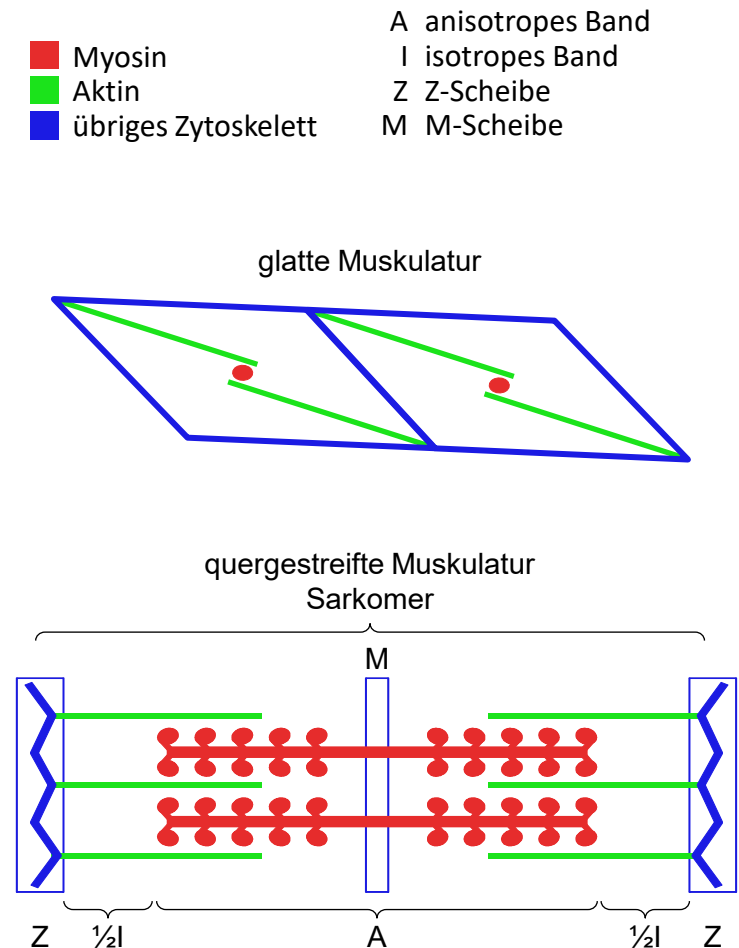
- Bauweise variiert mit Funktion und Umgebung
  - einzellig (zB. Schleim bildende Becherzellen, endokrine Zellen in Schleimhaut von Atemwegen und Darm), oder mehrzellig
  - intraepithelial = integriert in Oberflächenepithel (einzellig, selten mehrzellig: zB. Gruppen von Becherzellen in Nasenschleimhaut), extraepithelial = in Bindegewebe verlagert (immer mehrzellig, benötigt Ausführungsgang wenn exokrin)
  - exokrin: einschichtiges Epithel (Regelfall), mehrschichtiges Epithel (holokrine Drüsen); endokrin: ein- bis zweischichtig
- Häufige Bauweise: extraepitheliale exokrine Drüsen
  - mehrzellig, Ausführungsgang (oft verzweigt) + Endstück(e)
  - tubulös: Endstück = Tubulus, schlauchförmig geknäuelt, keine Sekretspeicherung, proteinarmes Sekret: Produktion on demand (Schweissdrüsen, Tränendrüse)
  - tubuloazinös: Endstück = Azinus, intrazelluläre Speicherung, proteinreiches Sekret: zeitaufwändige Produktion (Speicheldrüsen, Pankreas)
  - tubuloalveolär: Endstück = Alveole, extrazelluläre Speicherung, fetthaltiges Sekret, zeitaufwändige apokrine Sekretion (Duftdrüsen, Brustdrüse)
  - Ausführungsgang: reine Leitung (kleine Zellen) oder Sekretmodifikation (grössere Zellen), zB Schleimbildung (seromukös, mukoserös, mukös)

- 1 tubulär
  - 2 tubuloazinös
  - 3 tubuloalveolär
  - 4 Ausführungsgang
  - 5 Endstück
- Produktion  
■ Speicherung  
□ Leitung / Modifikation



# Muskelgewebe, Merkmale

- **Gemeinsames Prinzip der Krafterzeugung & Übertragung**
  - Molekularer Motor: Aktinfilamente  $\leftrightarrow$  Myosin, Trigger =  $\text{Ca}^{2+}$
  - Kraftübertragung auf Zellmembran: direkt durch Aktin, indirekt via übriges Zytoskelett, z.B. Intermediärfilamente
  - Zellkontakte, Basallamina: Kraftübertragung auf Bindegewebe
- **Glatte Muskulatur**
  - geringe Kraft, langsam
  - wenig Myosin, netzartige Architektur
- **Quergestreifte Muskulatur**
  - grosse Kraft, schnell und präzise gesteuert
  - Myosin- und Aktinfilamente parallel quasikristallin in Sarkomeren angeordnet, serielle Verkettung  $\rightarrow$  Myofibrille mit Querstreifung: Z-Streifen/Scheibe (Ende), M-Streifen/Scheibe (Mitte), A- und I-Band
  - T-Tubuli: schlauchförmige Einsenkung der Plasmamembran, rasche Ausbreitung des Aktionspotentials ins Zellinnere
  - sarkoplasmatisches Retikulum: abgeleitet vom glatten ER, intrazellulärer  $\text{Ca}^{2+}$  Speicher, kontrollierte  $\text{Ca}^{2+}$  Freisetzung und aktive Rückresorption steuert Kontraktion: präzise elektromechanische Koppelung





# Muskelgewebe, Formen

## ① Glatte Muskulatur

- glatte Muskelzelle 5-8x20-800  $\mu\text{m}$ : spindelförmig, Kern zentral, keine Querstreifung, zT elektrische Koppelung durch Gap Junctions
- glatte Muskelzellen können selber Bindegewebefasern produzieren
- Wand von Blutgefässen und inneren Organen, innere Augenmuskeln

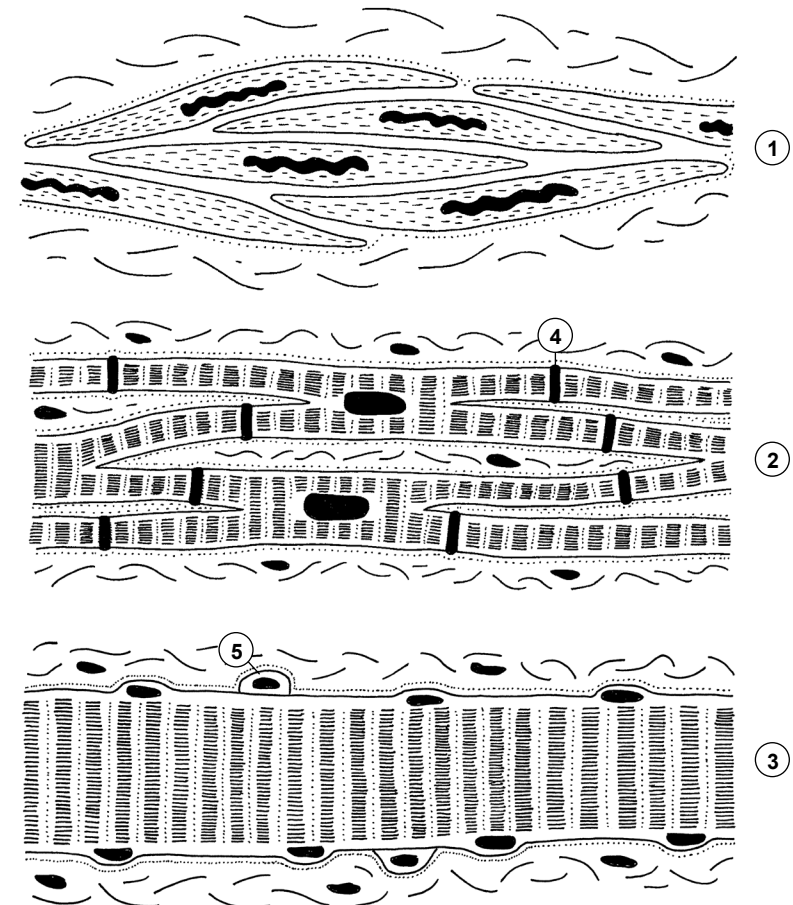
## ② Herzmuskel

- Kardiomyozyt 15x100  $\mu\text{m}$ : verzweigt, Kern zentral, Querstreifung
- Glanzstreifen mit Gap Junctions: mechanische & elektrische Kopplung
- kaum Regeneration

## ③ Skelettmuskulatur

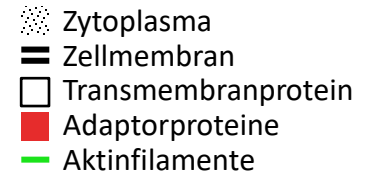
- Skelettmuskelfaser 10-100  $\mu\text{m}$  x mehrere cm: schlauchförmig, zahlreiche Zellkerne peripher (50/mm), Querstreifung
  - Satellitenzellen: Stammzellen, Nachschub Zellkerne für Hypertrophie, Reparatur und Regeneration
  - Keine Gap Junctions, Steuerung durch neuromuskuläre Synapsen
- Blutversorgung
    - quergestreifte Muskulatur: jede Muskelzelle hat über Basallamina direkt Kontakt zu Blutkapillaren im umliegenden feinfasrigen kollagenen Bindegewebe (= Endomysium)

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| 1 glatte Muskulatur  | 4 Glanzstreifen    |
| 2 Herzmuskulatur     | 5 Satellitenzellen |
| 3 Skelettmuskelfaser | ..... Basallamina  |

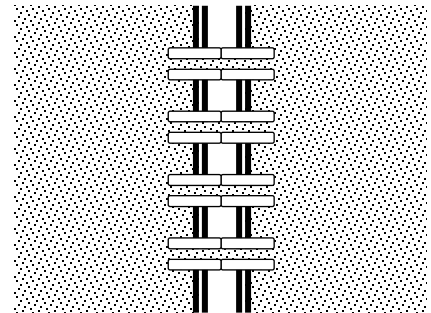


# Kontakte von Zelle zu Zelle I

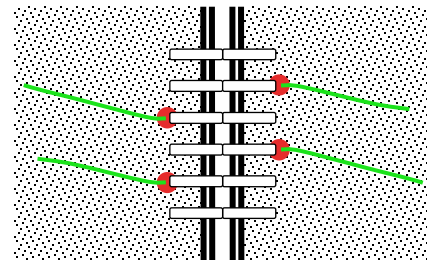
- Zellkontakte:
  - Mechanischer Zusammenhalt, Kommunikation & Steuerung der Zellen im Gewebe
  - Zelle ↔ Zelle in allen Gewebefamilien, Zelle ↔ EZM des Bindegewebes
  - Molekulare Architektur basiert auf Transmembranproteinen:
    - extrazelluläre Domäne ↔ Transmembranprotein der Partnerzelle oder EZM,
    - intrazelluläre Domäne ↔ Adaptorproteine (Plaques) ↔ Zytoskelett
  - zelluläre Integrität und Plasmamembran erhalten, Zytoskelette durch Serie von Protein-Protein Interaktionen indirekt miteinander oder mit EZM verknüpft
- Gap Junction = Nexus
  - Kommunikationskontakt: alle Gewebefamilien
  - Transmembranproteine: 6+6 Connexine → Kanal, einziger Kontakt mit zytoplasmatischer Verbindung! Austausch kleiner Moleküle, Austausch von Ionen: elektrische Koppelung
- Tight Junction = Zonula occludens
  - Barrierenkontakt: Epithel, Nervengewebe, ausnahmsweise Bindegewebe (Gelenkkapsel)
  - Transmembranproteine: Occludine + Claudine,
    - Cis-Bindung (Seit zu Seit innerhalb Membran) → Leisten: Block der Lateraldiffusion (ähnlich Ölwehr auf Wasser, Abgrenzung von Membrandomänen),
    - Trans-Bindung mit Partnerzelle → selektive und regulierbare (Teil)Versiegelung IZR,
    - intrazelluläre Domänen ↔ Adaptorproteine ↔ Aktinfilamente: Stabilisierung



Gap Junction

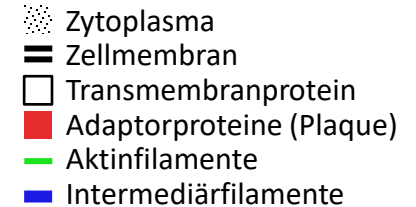


Tight Junction

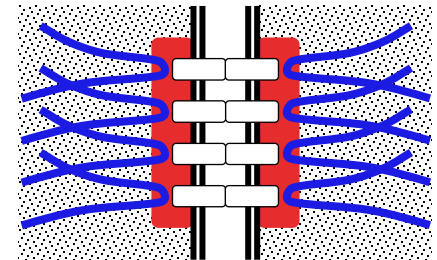


# Kontakte von Zelle zu Zelle II

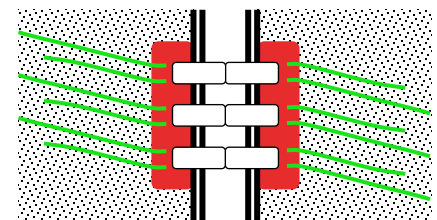
- Desmosom = Macula adhaerens
  - Adhäsionskontakt: Epithel & Muskelgewebe, knopfförmig
  - Transmembranproteine: Cadherine, extrazelluläre Domäne: Trans-Bindung mit Partnerzelle → Haftung, intrazelluläre Domäne ↔ Plaque ↔ Intermediärfilamente
- Adhärenskontakt
  - Adhäsionskontakt: Epithel gürtelförmig (Zonula adhaerens), Herzmuskel leistenförmig (Fascia adhaerens), Synapsen punktförmig (Punctum adhaerens)
  - Transmembranproteine: Cadherine, extrazelluläre Domäne: Trans-Bindung mit Partnerzelle → Haftung, intrazelluläre Domäne ↔ Plaque ↔ Aktinfilamente
- Komplexe
  - Schlussleistenkomplex (von Epitheloberfläche her: Tight Junction, Adhärenskontakt, Desmosom): Grenze apikale – basolaterale Membrandomäne im Epithel (zB. Darmschleimhaut, Nierenkanälchen, Urothel, Schleimhaut der Atemwege)
  - Glanzstreifen (Desmosom, Adhärenskontakt, Gap Junction): End-zu-End Verbindung der Herzmuskelzellen + elektrische Koppelung



Desmosom



Adhärenskontakt



# Kontakte von Zelle zu Extrazellulärraum

- Vorkommen

- extrazelluläre Matrix des Bindegewebes ↔ Epithel, Muskel- oder Nervengewebe
- Transmembranproteine: Integrine, extrazelluläre Domäne ↔ EZM Bindegewebe, intrazelluläre Domäne ↔ Adaptorproteine ↔ Zytoskelett

- Basallamina immer vorhanden

- Basallamina (nur im EM erkennbar) = Lamina rara = lucida (extrazelluläre Domäne Integrin) + Lamina densa (20-120 nm, via Laminin & Kollagen IV aus Epithel-/Muskel-/Gliazellen)
- Lamina fibroreticularis, von Bindegewebe gebildet: mit Basallamina verbundener Filz aus Kollagen III Fibrillen (ev. auch Fasern), + Basallamina = Basalmembran (ev. Im LM erkennbar)
- intrazelluläre Integrin-Domäne ↔ Adaptorproteine ↔ Aktinfilamente

- Fokalkontakt

- punktuell verstärkte Basallamina: Aktin → Stressfasern, Integrine konzentriert
- Muskelzellen ↔ Sehne, vorübergehende Kontakte bei Zellwanderung

- Hemidesmosom

- Ankerfibrillen (Kollagen VII) verbinden wie Clips Lamina densa und fibroreticularis
- intrazelluläre Integrin-Domäne ↔ Adaptorproteine ↔ Intermediärfilamente (Keratin)
- Oberhaut (Epidermis) ↔ Lederhaut (Dermis), Ablösung führt zu Blasenbildung

