



---

# Allgemeine Histologie

## Binde- und Stützgewebe

---

David P. Wolfer

Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich

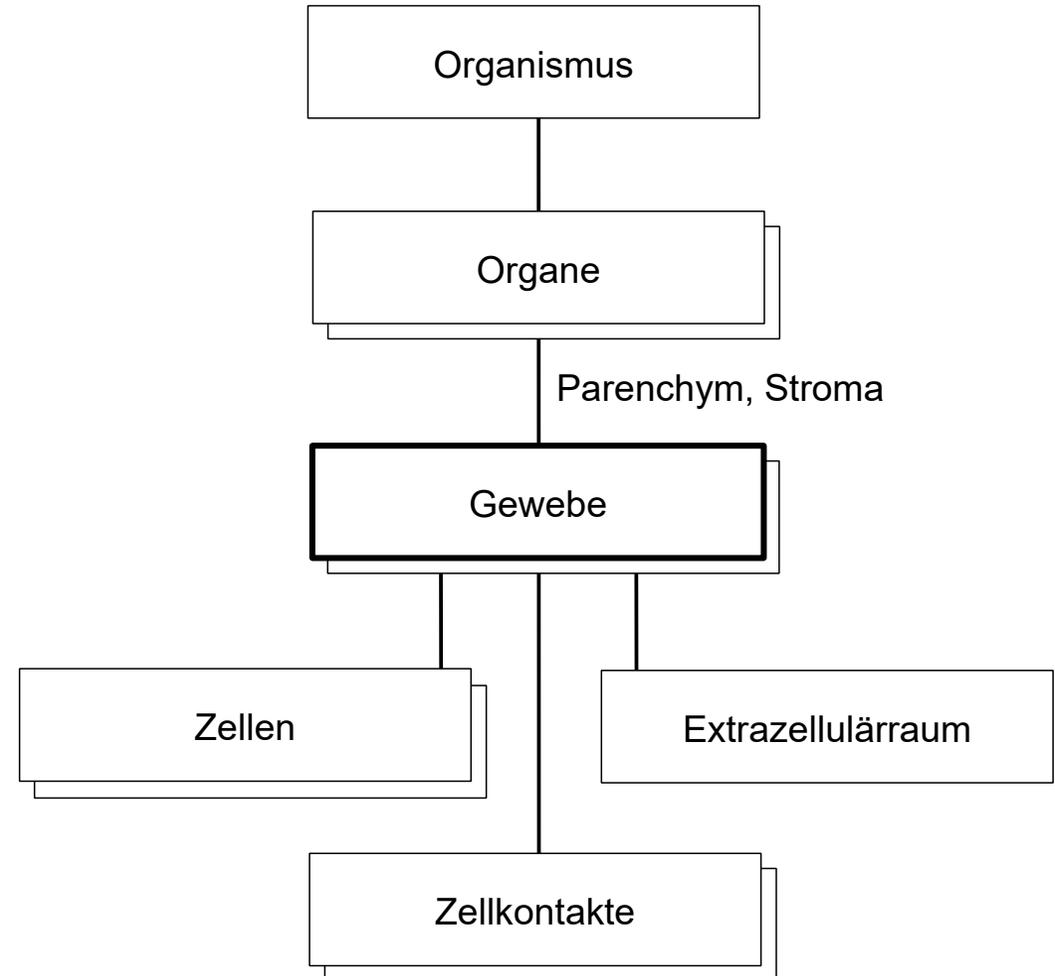
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

376-0151-00 Anatomie und Physiologie I

Do 21.09.2023 10:15-12:00

# Gewebe

- Mehrzelliger Organismus
  - Aufgabenteilung, Spezialisierung der Zellen
- Gewebe = Verband sesshafter Zellen
  - gleichsinnige Differenzierung und Spezialisierung auf gemeinsame Funktion → Funktionsgemeinschaft
  - Zellen nicht immer gleich aussehend: Subspezialisierung, Lebenszyklus
  - Zusammenhalt und Kommunikation zwischen Zellen: Extrazellulärraum (extrazelluläre Matrix), Zellkontakte
- Organe bestehen aus mehreren Geweben
  - Parenchym: organspezifisch und funktionstragend, unterscheidet sich stark von Organ zu Organ
  - Stroma (meist Bindegewebe): mechanisches Gerüst, Organisator der Struktur und Form, Versorgung (Raum für Blutgefäße, Lymphgefäße und Nervenfasern), Abwehr. Gemeinsame Funktion: Stroma verschiedener Organe relativ ähnlich
  - strukturelle und funktionelle Hierarchie: Organismus - Organe - Gewebe - Zellen



# 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

---

# Binde- und Stützgewebe, gemeinsame Eigenschaften

- **Fixe Zellen (obligatorisch)**
    - lokale Entstehung aus Vorläuferzellen, ev. Vermehrung durch Teilung
  - **Freie Zellen (optional)**
    - frei ein/auswandernde Zellen des Immunsystems, Vorläufer im Knochenmark
    - residente Makrophagen: Einwanderung im Embryo, lokale Vermehrung unabhängig vom Knochenmark (Alveolarmakrophagen, von Kupffer-Zellen, Langerhans-Zellen, Nierenmakrophagen, Osteoklasten, Chondroklasten, Mikrogliazellen, Synovialzellen)
  - **Extrazelluläre Matrix**
    - überwiegender Volumenanteil, Bildung und Unterhalt durch fixe Zellen
    - ungeformte und geformte (Fasern, ev. Hydroxyapatitkristalle) Bestandteile
  - **Fasern**
    - kollagen: unverzweigt, zugfest, Wellenform, Scherengitter
    - elastisch\*: verzweigt, 150% dehnbar, Netz- und Membranbildung
  - **Ungeformte EZM-Bestandteile**
    - Proteoglykane\*: Wasserbindung → Gewebeturgor, Viskosität, vernetzen Fasern
    - Adhäsionsproteine: Zusammenhalt EZM und Verbindung mit Zellen
- \* Alterung: Abnahme der Proteoglykane und elastischen Fasern



## Zellen

fix, sesshaft frei, mobil	Unterhalt EZM Abwehr
------------------------------	-------------------------

## extrazelluläre Matrix EZM

Kollagenfasern elastische Fasern Hydroxyapatit	geformt
--	---------

Proteoglykane Adhäsionsproteine	ungeformt
------------------------------------	-----------

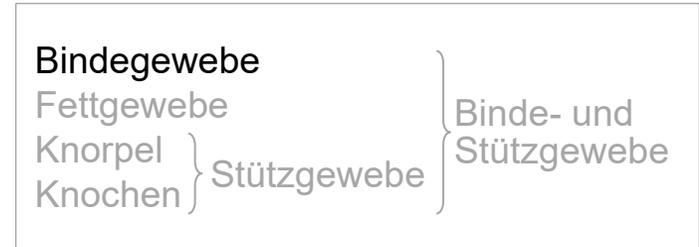
# Kollagen, Kollagenfasern

- Prokollagen
  - intrazellulär: Synthese von Prokollagen (3 Proteinuntereinheiten → 300 nm lange stabförmige Tripelhelix) und posttranslationelle Stabilisierung (benötigt Vitamin C, bei Mangel Skorbüt)
  - Exozytose, extrazellulär: Abspaltung Propeptide, lösliches Prokollagen → unlösliches Kollagen mit «sticky ends»
- Kollagenfibrille (EM)
  - Kollagenmoleküle versetzt aggregiert: Querstreifung im TEM,  $\varnothing$  20-300 nm
  - kovalente Vernetzung der Kollagenmoleküle erhöht Zugfestigkeit
- Kollagenfaser (LM)
  - Fibrillen lagern sich bei Bedarf zu Bündeln = Fasern zusammen,  $\varnothing$  1-20  $\mu$ m
- Proteinfamilie: 28 Kollagentypen, wichtigste:
  - fibrillär (bildet Fibrillen, ev. Fasern):
    - Typ I (>90%, Fasern: kollagenes Bindegewebe, Fibrillen + Hydroxyapatit: Knochen),
    - Typ II (Fibrillen: Knorpel, Glaskörper),
    - Typ III (retikuläre Fasern: retikuläres Bindegewebe, Fettgewebe; Fibrillen: Basalmembran)
  - nicht fibrillär (bildet keine Fibrillen): Typ IV (Komponente der Basallamina)
  - nur ultrakurze Ankerfibrillen: Typ VII (Verbindung Oberhaut ↔ Lederhaut)



# Bindegewebe

- Zellen
  - fix: Fibrozyten = Fibroblasten: Gewebe- und Organorganisatoren, teilungsfähig: Stammzellen für Regeneration, Narben- und Ersatzgewebe
  - frei: wenig bis viel je nach Bindegewebetyp, vermehrt bei Entzündung
- Kollagenes Bindegewebe
  - Kollagen Typ I Fasern, variable Menge elastische Fasern
  - locker («zellreich», viele freie Zellen, feine Fasern) → Versorgungs- und Abwehrfunktion im Vordergrund: Organfeingerüst, Lamina propria in Schleimhäuten, Verschiebeschichten, Gefäß-Nerven-Strassen
  - straff («zellarm», dicke Fasern) → hauptsächlich mechanische Funktion:
    - geflechtartig: Organkapsel, Lederhaut, harte Hirnhaut, Sklera (Augapfel)
    - parallelfasrig: Sehnen, Bänder
- Retikuläres Bindegewebe
  - retikuläre Fasern (durch Silberreaktion färbbar): Kollagen Typ III
  - Fibroblasten heißen (fibroblastische) Retikulumzellen, viele freie Zellen
  - nur Knochenmark und sekundäre lymphatische Organe, nicht im Thymus
- Elastisches Bindegewebe
  - elastische Fasern +++, Kollagen Typ I Fasern
  - Nackenband, Wirbelbogenbänder, Kehlkopf, Luftröhre, Lunge



## Zellen

fix, sesshaft frei, mobil	Fibrozyten + bis +++
------------------------------	-------------------------

## extrazelluläre Matrix EZM

Kollagenfasern elastische Fasern Hydroxyapatit	Typ I / III - bis +++ nein
--	----------------------------------

Proteoglykane Adhäsionsproteine	+ +
------------------------------------	--------

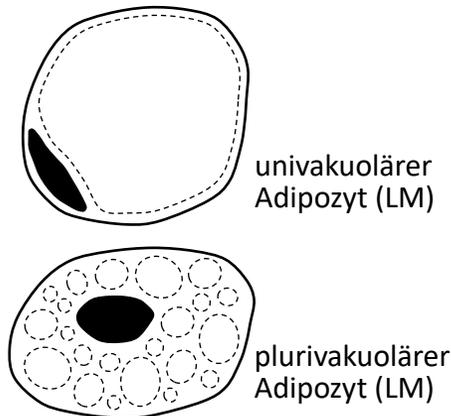
# Fettgewebe

- Zellen

- fix: Adipozyten, nicht teilungsfähig, Ersatz aus Vorläuferzellen, gross, lassen relativ wenig Extrazellulärraum übrig (Ausnahme!)
- frei: selten, vermehrt bei Entzündung

- Weisses Fettgewebe

- univakuoläre Adipozyten, umgeben von retikulären Fasernetzen (Kollagen III)
- Fettgewebeläppchen umgeben durch kollagenes Bindegewebe (Stroma)
- Speicherfett: je nach Kalorienbilanz auf/abgebaut (Unterhaut, Bauchhöhle)
- Baufett: Strukturfunktion, nicht abgebaut (Fusssohle, Hohlhand, Augenhöhle, Fettkapsel der Niere, Gelenke, Kehlkopf, Ersatzgewebe)

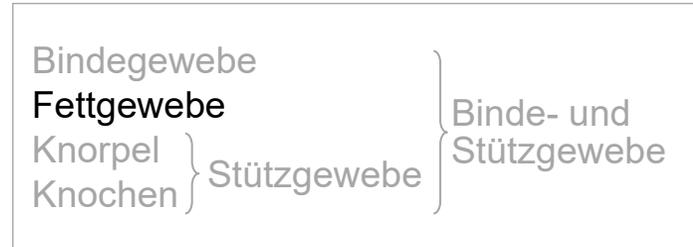


- Braunes Fettgewebe

- plurivakuoläre Adipozyten, gemeinsame Vorläufer mit Muskelzellen, Säuglinge bis Erwachsene
- UCP1 (uncoupling protein 1) in Mitochondrien: zitterfreie Bildung von Wärme statt ATP

- Beiges Fettgewebe

- UCP1 in Subpopulation von univakuolären Adipozyten induzierbar, flexibles Umschalten zwischen Wärmebildung und Speicherung



## Zellen

fix, sesshaft frei, mobil
------------------------------

Adipozyten selten
----------------------

## extrazelluläre Matrix EZM

Kollagenfasern elastische Fasern Hydroxyapatit
--

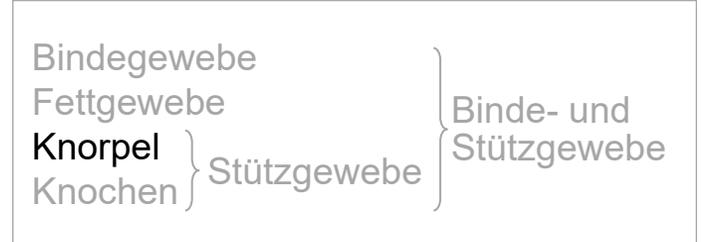
Typ III nein nein
-------------------------

Proteoglykane Adhäsionsproteine
------------------------------------

wenig EZM wenig EZM
------------------------

# Knorpelgewebe

- **Fixe Zellen**
  - Chondrozyten isoliert in Höhlen der EZM
  - Teilung oder Neubildung aus Vorläufern nur bis Ende Wachstum (Pubertät)
  - Knorpel des Erwachsenen, insbesondere Gelenkknorpel nicht regenerierbar
  - innerhalb Knorpelgewebe keine Bewegungsmöglichkeit für freie Zellen
- **Hyaliner Knorpel**
  - Kollagen Typ-II Fibrillen maskiert durch Proteoglykane → EZM im LM strukturlos
  - druckelastisch: +++ Proteoglykane + Kollagenfibrillen fangen Wasser ein
  - Skelettentwicklung Embryo bis Pubertät (chondrale Osteogenese)
  - Vorkommen beim Erwachsenen: Bewegungsapparat: (Gelenkknorpel, Rippenknorpel), Atemwege (Nase, Larynxskelett, Trachea, Bronchien)
- **Elastischer Knorpel**
  - Typ-II Fibrillen, zusätzlich unmaskierte elastische Fasern
  - druck- & biegeelastisch
  - Auricula (äusseres Ohr), Epiglottis (Kehildeckel), kleine Bronchien
- **Faserknorpel**
  - Typ-II Fibrillen, zusätzlich unmaskierte Kollagen Typ-I Fasern
  - druckelastisch & zugfest
  - Gelenkscheiben, Menisken, Faserring der Zwischenwirbelscheiben



## Zellen

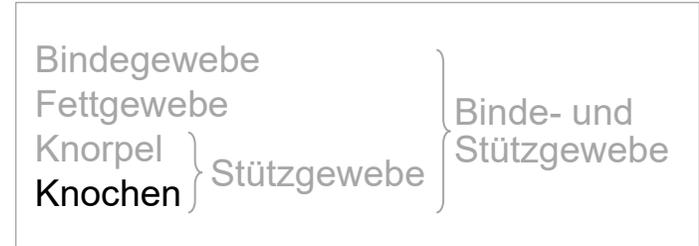
fix, sesshaft frei, mobil	Chondrozyten -
------------------------------	-------------------

## extrazelluläre Matrix EZM

Kollagen elastische Fasern Hydroxyapatit	Typ II oder I+II - bis +++ (Osteogenese)
Proteoglykane Adhäsionsproteine	+++ +++

# Knochengewebe

- **Fixe Zellen**
  - Osteozyten, nicht teilungsfähig, Fortsätze + Gap Junctions → Netzwerk
  - zeitlebens Ersatz aus Vorläuferzellen: Turnover, Frakturheilung
  - innerhalb Knochengewebe keine Bewegungsmöglichkeit für freie Zellen
- **Mineralisation**
  - nadelförmige Hydroxyapatit-Kristalle (Kalzium-Hydroxyl-Phosphat), in und zwischen Kollagen Typ-I Fibrillen (keine eigentlichen Fasern), zug- und druckfester Verbundwerkstoff
  - Hydroxyapatit-Kristalle zuletzt beigefügt: noch nicht mineralisierte Vorstufe der extrazellulären Matrix des Knochengewebes = Osteoid
- **Geflechtknochen**
  - extrazelluläre Matrix noch unorganisiert, Kollagenfibrillen geflechtartig angeordnet, mechanisch minderwertig
  - neugebildeter Knochen im Wachstum und bei Frakturheilung, Felsenbein der Schädelbasis lebenslang
- **Lamellenknochen**
  - Lamellen mit parallel verlaufenden Kollagenfibrillen, Richtung von Lamelle zu Lamelle wechselnd, maximale Festigkeit
  - Produkt des Knochenumbaus, vorherrschend im reifen Skelett



## Zellen

fix, sesshaft	Osteozyten
frei, mobil	-

## extrazelluläre Matrix EZM

Kollagen	Typ I
elastische Fasern	nein
Hydroxyapatit	+++

Proteoglykane	++
Adhäsionsproteine	++

# Entstehung, Wachstum und Ersatz der Binde- und Stützgewebe

## ①② Stammzellen → Vorläuferzellen

- ① gemeinsamer Ausgangspunkt = mesenchymale Stammzellen: asymmetrische Teilung, → Selbsterneuerung + Bildung von Vorläuferzellen für fixe Zellen
- ② Vorläuferzellen: symmetrische Teilung → keine Selbsterneuerung, verbraucht durch Differenzierung zu Fibroblasten, Adipozyten, Chondrozyten, Osteozyten
  - Embryo: Mesenchym = embryonales «Bindegewebe» aus mesenchymalen Stammzellen, Zellfortsätze, EZM strukturlos ohne Fasern
  - Erwachsener: Fibroblasten im reifen Bindegewebe und in der bindegewebigen Knochenhaut übernehmen Stammzellfunktion

## ③ Teilung bereits differenzierter Zellen

- nur Fibroblasten und während Wachstum (Embryo bis Pubertät) Chondrozyten.
- Lebenslanger Knochenaufbau & -Umbau
  - Osteoblasten: Vorläufer der Osteozyten, bilden Osteoid, nicht teilungsfähig
  - Osteozyten: Mineralisation der EZM, eingemauert und nicht teilungsfähig
  - Osteoklasten: Abbau mineralisierter EZM von Oberfläche aus
- Osteogenese = Entstehung von Skelettteilen im Embryo
  - direkt = desmal: aus Mesenchymverdichtung (Clavicula, Scapula, Schädelkalotte)
  - indirekt = chondral: erst Anlage aus hyalinem Knorpelgewebe, dann Ersatz durch Knochengewebe (meiste Knochen, höhere Wachstumsraten)

- 1 asymmetrische Zellteilung
  - 2 Zellnachschub via Vorläuferzellen
  - 3 Selbsterneuerung durch Zellteilung
- nur bis Abschluss Wachstum

