
Allgemeine Anatomie II

Knochen, Knorpel, Gelenke

David P. Wolfer

Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

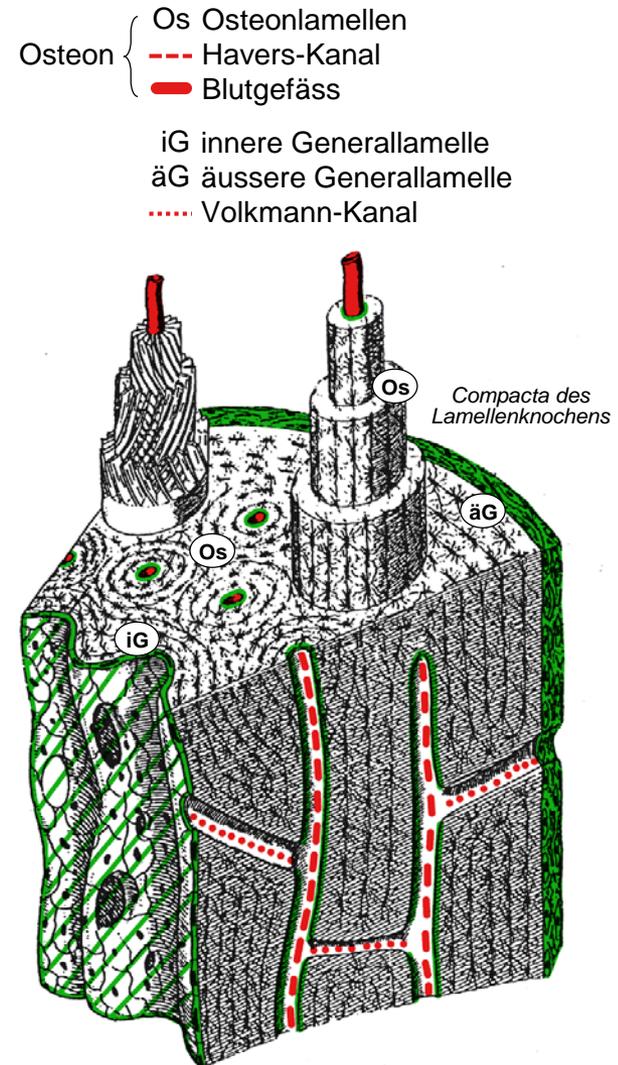
376-0905-00

Funktionelle Anatomie des menschlichen Bewegungsapparates

Di 01.03.2016

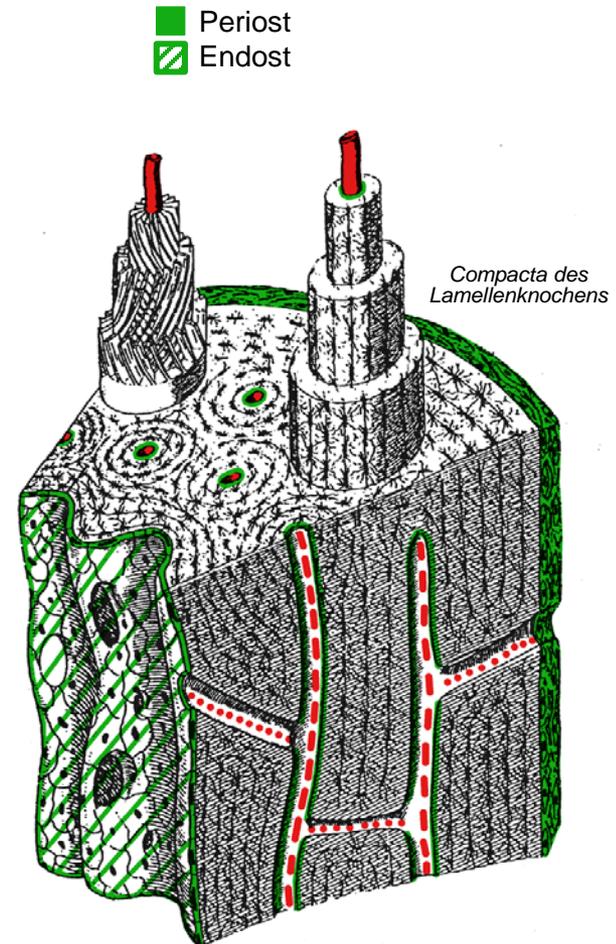
Mikroanatomie des Knochengewebes

- *Osteozyten-Netzwerk*
 - *Fortsätze in Kanälchen, Gap Junctions*
- *Geflechtknochen*
 - *Kollagenfibrillen 3D verflochten, Osteozyten zufällig verteilt, biomechanisch minderwertig*
 - *Vorkommen: Osteogenese, Frakturheilung (Kallus), Pars petrosa des Os temporale*
- *Lamellenknochen*
 - *3-5µm dicke Lamellen, Osteozyten dazwischen*
 - *Kollagenfibrillen (va Typ I) in Lamelle parallel, Richtung wechselt von Lamelle zu Lamelle*
 - *längliche hexagonale Hydroxyapatitkristalle (45% Feuchtgewicht) parallel zu Fibrillen*
 - *Fibrillen → Zugfestigkeit, Kristalle → Druckfestigkeit, Verbund → Biegefestigkeit*
 - *Compacta: Osteone mit 5-20 Osteonlamellen konzentrisch um Havers-Kanal, Volkmann-Kanäle quer, innere und äussere Generallamellen*
 - *Spongiosa: flache Lamellen, keine Kanäle*



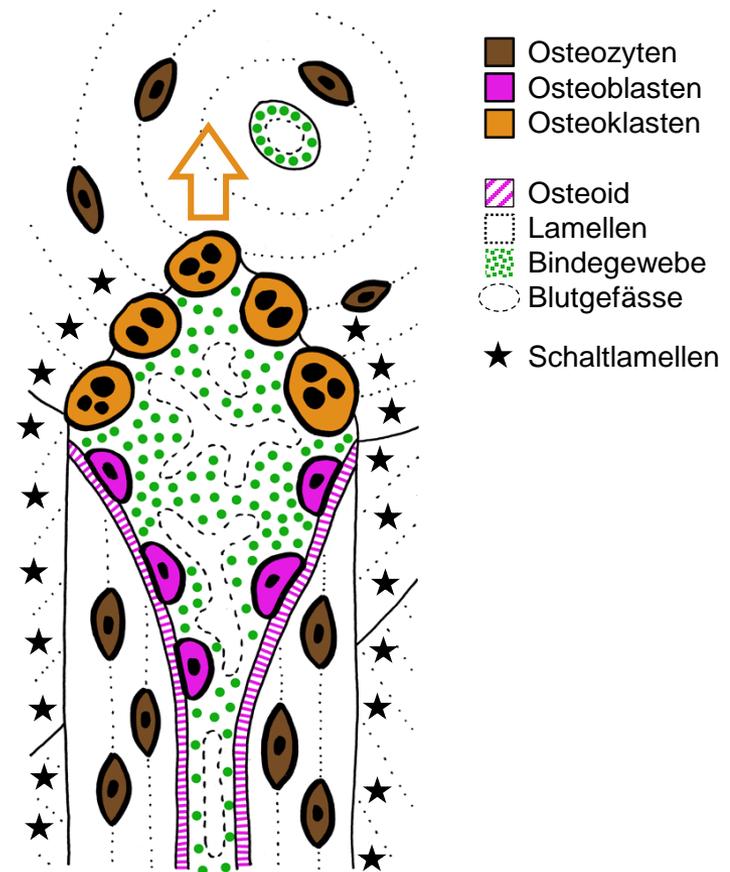
Periost und Endost

- *Periost*
 - *Oberfläche ausser Sehnen/Bandansätze*
 - *fehlt, wo Gelenkknorpel Knochen bedeckt*
 - *Faserschicht aussen: kollagenes Bindegewebe, Blutgefässe, reichlich Nervenfasern (Schmerzempfindlichkeit)*
 - *osteogenetische Schicht innen (Kambium): kontinuierliche Zell-Lage aus ruhenden (skelettalen) Stammzellen, Osteoprogenitorzellen, Osteoblasten, sowie Osteoklasten*
- *Endost*
 - *Grenzschicht zwischen Knochengewebe und Knochenmark, Auskleidung Havers-Kanäle*
 - *dünne Schicht nicht mineralisierte Kollagenfibrillen, Zellschicht wie osteogenetische Schicht des Periosts*



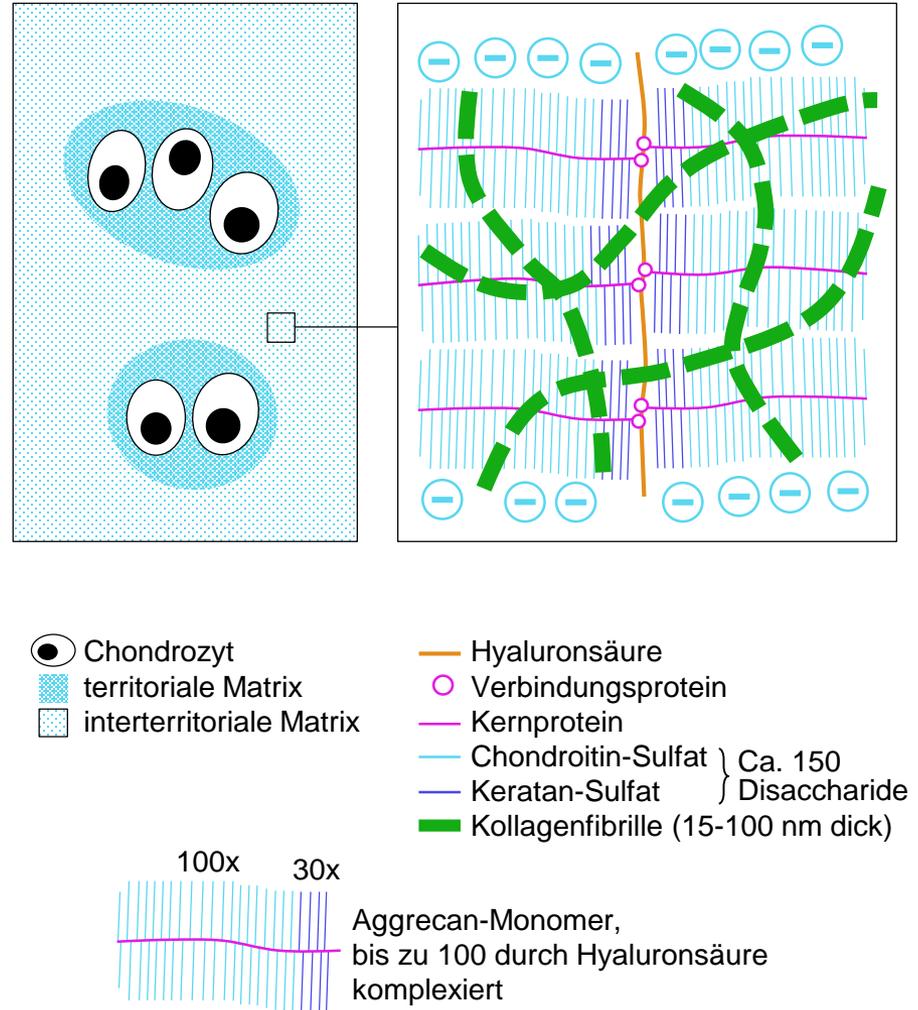
Knochenumbau

- *Knochenumbau*
 - *Abbau: Osteoklasten (H^+ Pumpe)*
 - *Aufbau: skelettale Stammzellen, Osteoprogenitorzellen, Osteoblasten*
 - *Materialauffrischung, Anpassung von Masse & Struktur, Kalzium-Mobilisation*
 - *Osteozyten haben Mechanosensoren und Hormonrezeptoren - steuern Umbau*
- *Spongiosa*
 - *28% Austausch pro Jahr*
 - *Osteoklasten → oberflächliche Lakunen*
- *Kompakta*
 - *4% Austausch pro Jahr*
 - *Osteoklasten-Trupp → Tunnel für neues Osteon, Schaltlamellen bleiben übrig*
- *Störungen*
 - *Osteoporose = ungenügende Masse*
 - *Osteomalazie = ungenügende Mineralisation, zB Vit. D-Mangel (Rachitis)*



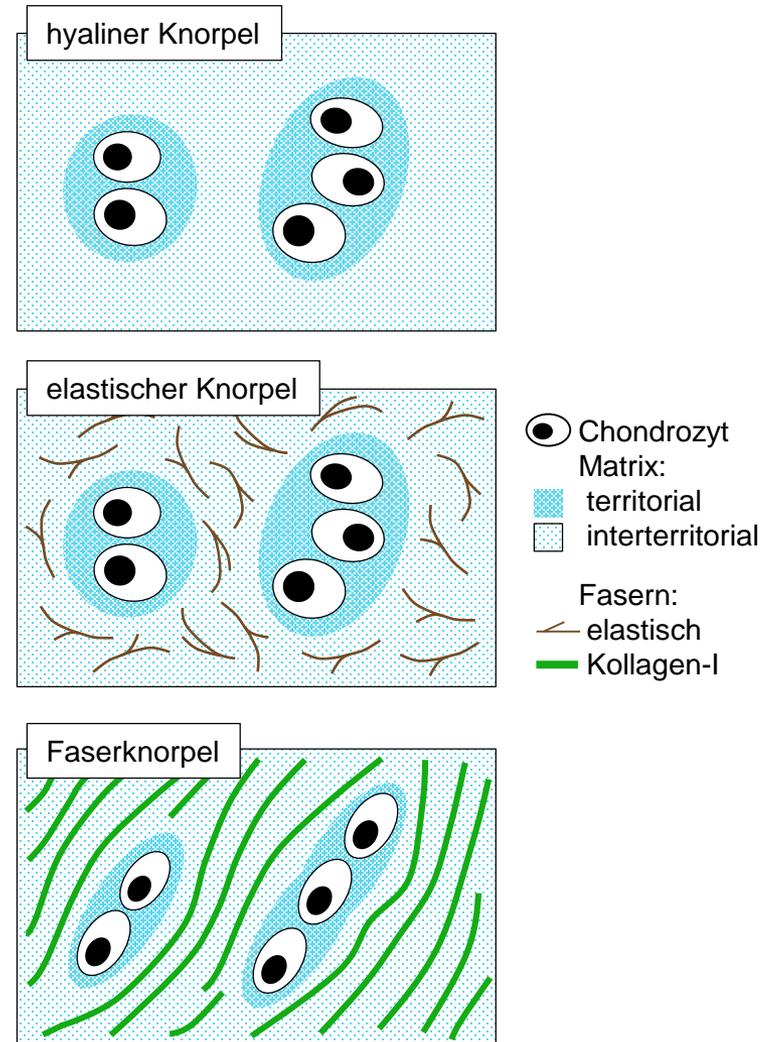
Knorpelgewebe

- *Chondrozyten*
 - *oval, isoliert ohne lange Fortsätze, unterhalten Matrix*
 - *nur beim Kind teilungsfähig*
- *Knorpelmatrix*
 - *Proteoglykane (PG): va. Aggrecan, bis 4 nm grosse Komplexe durch Bindung von Monomeren an Hyaluronsäure*
 - *Kollagenfibrillen (Typ II + wenig IX & XI) maskiert durch PG, territorial dichte Netze, interterritorial lockerer und senkrecht zu freier Oberfläche*
 - *Elektrostatische Abstossung der polyanionischen PG, osmotischer Druck durch gefangene Kationen → H₂O-Speicherung (80%), Anspannung der Fibrillen. H₂O entweicht bei Kompression → Druckelastizität*
- *Perichondrium*
 - *Faser- und chondrogenetische Schicht*



Knorpeltypen

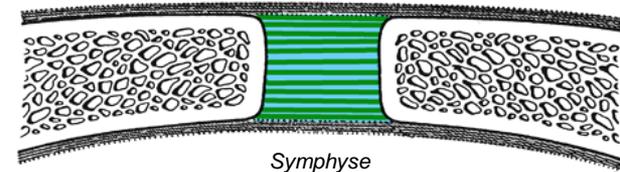
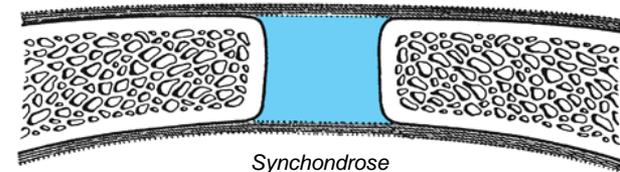
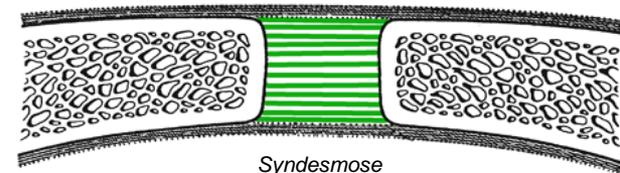
- *Hyaliner Knorpel*
 - *chondrale Osteogenese*
 - *Gelenknorpel, Rippen, Nase - Kehlkopf - Trachea - grosse & mittlere Bronchien*
 - *druckelastisch*
- *Elastischer Knorpel*
 - *Epiglottis, kleine Bronchien, äusseres Ohr, Ohrtrumpete*
 - *demaskierte elastische Fasernetze in interterritorialer Matrix*
 - *zusätzlich Biegeelastizität*
- *Faserknorpel*
 - *Discus intervertebralis, Menisken, Disci articulares (Sterno-Klavikular-Gelenk, Radio-Karpal-Gelenk, Kiefergelenk)*
 - *viele demaskierte Kollagenfasern in interterritorialer Matrix*
 - *zusätzlich Zugfestigkeit*
- *Keine Blutgefässe im Knorpel!*



Gelenke

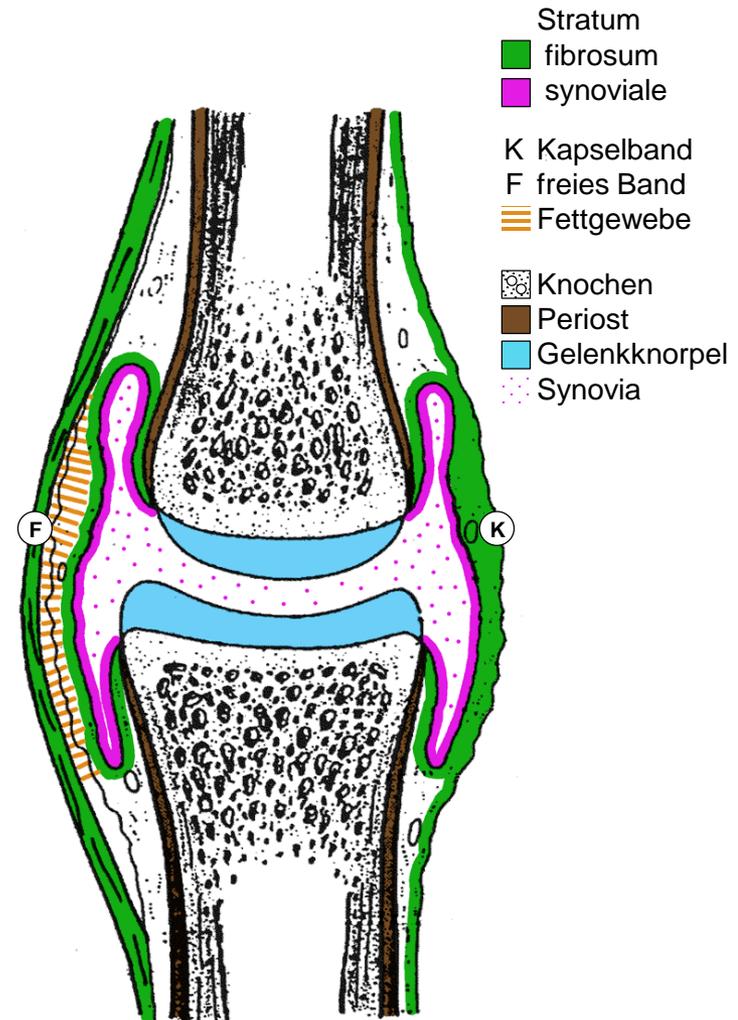
- *Diarthrose*
 - *echtes Gelenk mit 1. Gelenkspalt, 2. Gelenkknorpel, 3. Synovialmembran*
 - *kann an Arthrose und Arthritis erkranken*
- *Synarthrose (Haft)*
 - *falsches Gelenk mit Gewebebrücke*
 - *Art. fibrosa (Bandhaft) = Syndesmose mit Bindegewebebrücke: Malleolengabel, Schädelnähte bei Jugendlichen, Zahnwurzel*
 - *Art. cartilaginea (Knorpelhaft): Synchrondrose (hyaliner Knorpel: Rippen, Sternum, Schädelbasis), Symphyse (Faserknorpel: Symphysis pubica, Discus intervertebralis)*
 - *Synostose (knöcherne Verbindung): Schädelnähte des Erwachsenen, Beckenknochen*
- *Pathologie*
 - *pathologische Gelenke: Hemiarthrose in Discus intervertebralis, Pseudoarthrose nach Fraktur*
 - *Gelenkversteifung: Ankylose, Chirurg: Arthrodesese*

- straffes kollagenes Bindegewebe
- hyaliner Knorpel
- Faserknorpel



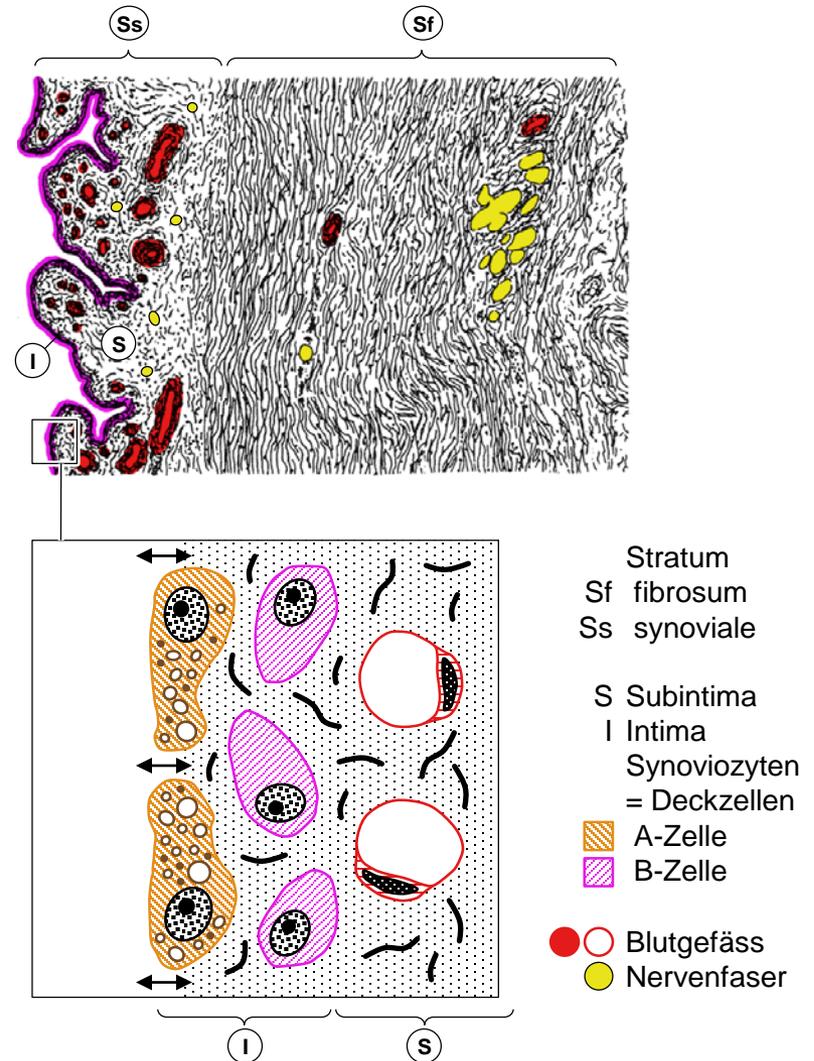
Diarthrosen

- *Gelenkkapsel*
 - *Stratum fibrosum* aussen, *Stratum synoviale* und *Gelenksknorpel* begrenzen *Gelenkhöhle*
- *Gelenksicherung / -Führung*
 - *passiv: knöcherner Führung, Bandführung (Kapselband, freies Band)*
 - *aktiv: Muskelführung (ev. durch Training kompensatorisch verstärkbar)*
 - *Amphiarthrose: echtes Gelenk, maximale passive Führung, minimaler Beweglichkeit*
- *Pathologie*
 - *Arthrose: Degeneration des Gelenkknorpels, 2° Knochendestruktion, Osteophyten*
 - *Arthritis: Gelenkentzündung ausgehend von Synovialmembran: rheumatisch (autoimmun), infektiös (eitrig, Borreliose nach Zeckenbiss)*
 - *Luxation = Auskugelung*
 - *Distorsion = Verstauchung, Überdehnung oder Ruptur von Kapsel und Bandapparat*



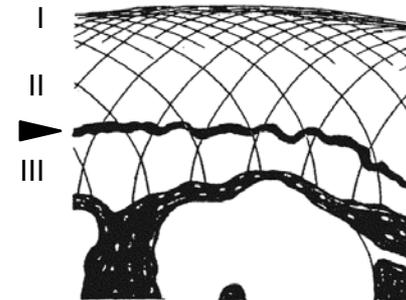
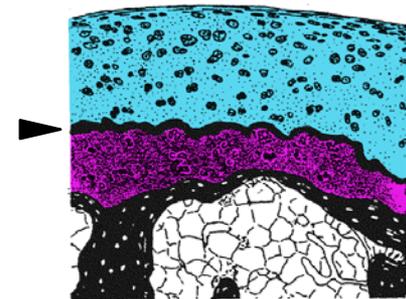
Gelenkkapsel

- *Stratum fibrosum*
 - gefässarmes straffes kollagenes Bindegewebe
- *Stratum synoviale*
 - *Subintima*: gefässreiches feinfibrilläres Bindegewebe, Falten und Zotten
 - *Intima*: lockere nicht-epitheliale Deckzellen, keine Basallamina:
 - A-Zellen = Makrophagen,
 - B-Zellen = Fibroblasten mit viel rER
- *Innervation*
 - *Mechano- und Nozizeptoren*
- *Synovia*
 - *Gelenkschmiere*: 1-3 ml, klar, bernsteinfarben, viskös
 - *Fortsetzung interstitieller Flüssigkeit plus Hyaluronsäure aus B-Zellen*
 - *mechanische und Ernährungsfunktion*



Gelenkknorpel

- *Schichtung*
 - *hyaliner Knorpel ohne Perichondrium, Ernährung via Knochen und Synovia*
 - *basophile Grenzlinie (tidemark)*
 - *mineralisierte Knorpelschicht (0.1 mm)*
 - *gesamte Dicke 1-4 mm, Patella 8 mm*
- *Mechanik*
 - *Stossdämpfer, Druckverteilung, Ausgleich knöcherner Gelenksgeometrie, extrem glatte Oberfläche*
 - *bogenförmiger Verlauf der bis 50-100 nm dicken (statt 15-20 nm) Fibrillen, tangentielle Fibrillen bevorzugt trajektorieell ausgerichtet (Zugkraftlinien) → Knorpelspaltlinien*
 - *periphere tangentielle Fibrillen strahlen in Synovialmembran ein, radiäre in den Knochen*
 - *Knorpel mit Knochen verzahnt*
 - *Mineralisation: stufenweiser Übergang der Materialeigenschaften*



I Tangentialzone
II Übergangszone
III Radiärzone

■ hyaliner Knorpel
▲ Grenzlinie
■ mineralisierter Knorpel
■ Knochen