
Allgemeine Anatomie I

Einführung, Knochen

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 23.02.2016

Einführung

- **Ziel**
 - *Grundkenntnisse Anatomie* ←
 - *Bewegungsapparat* → *besseres Verständnis der (Fehl)Funktion* ←
- **Bewegungsapparat**
 - *essentielles Organsystem*
 - *aktive Elemente: Muskeln*
 - *«passive» Elemente: Knochen, Gelenke, Sehnen, Hilfseinrichtungen*
 - *Leitungsbahnen*
- **Programm**
 - *allgemeine / spezielle Anatomie*
- **Dozenten**
 - *David Wolfer*
 - *Irmgard Amrein, Giovanni Colacicco*
- **Prüfung**
 - *MC 1 Stunde / 30 Fragen*
 - *Sommer- und Wintertermin*



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Funktionelle Anatomie

des menschlichen Bewegungsapparates

Vorlesung 376-0905-00
Frühjahrssemester 2016

Hörsaal
Zeit
Dozenten

Y15-G40, Universität Zürich-Irchel, Winterthurerstrasse 190
Dienstag 15:00-16:45
I. Amrein (Am), G. Colacicco (Co), D.P. Wolfer (Wo)

| Datum/Woche | Dozent | Thema | |
|-------------|--------|-------|-------------------------------|
| 23.02.16 | 1 | Wo | Allgemeine Anatomie I |
| 01.03.16 | 2 | Wo | Allgemeine Anatomie II |
| 08.03.16 | 3 | Wo | Allgemeine Anatomie III |
| 15.03.16 | 4 | Wo | Allgemeine Anatomie IV |
| 22.03.16 | 5 | Wo | Untere Extremität I |
| 29.03.16 | | | keine Vorlesung (Osterferien) |
| 05.04.16 | 6 | | keine Vorlesung |
| 12.04.16 | 7 | Wo | Untere Extremität II |
| 19.04.16 | 8 | Wo | Untere Extremität III |
| 26.04.16 | 9 | Wo | Untere Extremität IV |
| 03.05.16 | 10 | Wo | Rumpf I |
| 10.05.16 | 11 | Wo | Rumpf II |
| 17.05.16 | 12 | Co | Obere Extremität I |
| 24.05.16 | 13 | Am | Obere Extremität II |
| 31.05.16 | 14 | Am | Obere Extremität III |

09.02.16 D.P. Wolfer

Bücher

- *Priifungsstoff*
 - *Vorlesung & Unterlagen*
 - *Bücher fakultativ, kein Referenzbuch, Empfehlungen nicht zwingend*
- *Bücher Anatomie I+II*
 - *Bewegungsapparat enthalten*
 - *mehr Gewicht auf Topographie und Leitungsbahnen, weniger Funktion*
- *Lehrbücher für Medizinstudierende*
 - *umfangreicher als diese Vorlesung*
 - *bei speziellem Interesse oder als Nachschalgewerk*
- *Anatomische Namen*
 - *kein Selbstzweck, Kombination mit 3D Vorstellung*
 - *lateinisch (international) & deutsch*



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Funktionelle Anatomie

Vorlesung 376-0905 FS2016

Empfohlene Lehrbücher

Nur Bewegungsapparat

Gehrke T: Sportanatomie
8. Auflage, 281 Seiten. Nikol Verlag, 2009 oder RoRoRo Taschenbuch 2008

Weineck J: Sportanatomie
18. Auflage, 396 Seiten. Spitta-Verlag, 2008

Appell H-J, Stang-Voss C: Funktionelle Anatomie
4. Auflage, 179 Seiten. Springer-Verlag, 2008

Bewegungsapparat und Biomechanik

Wirhed R: Sportanatomie und Bewegungslehre
3. Auflage, 168 Seiten. Schattauer Verlag, 2001

Ahonen J, Lahtinen T, Sandström M, Pogliani G: Sportmedizin und Trainingslehre
2. Auflage, 214 Seiten. Schattauer Verlag, 2003

Bewegungsapparat und übrige Organsysteme

Tittel K: Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen
15. Auflage, 500 Seiten. Kiener Verlag, 2012

Atlas

Schünke M, Schulte E, Schumacher U: Prometheus, LernAtlas der Anatomie
Band I: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem
4. Auflage, 630 Seiten. Georg Thieme Verlag, 2014

09.02.2016, D.P. Wolfer

Bestandteile anatomischer Namen I

| | |
|-----------------------------|--|
| <i>anterior (ant.)</i> | <i>nach vorne, vordere(r)</i> |
| <i>posterior (post.)</i> | <i>nach hinten, hintere(r)</i> |
| <i>ventralis</i> | <i>ventral, bauchwärts</i> |
| <i>dorsalis</i> | <i>dorsal, rückenwärts</i> |
| <i>transversus</i> | <i>quer, quer verlaufend</i> |
| <i>rectus</i> | <i>gerade</i> |
| <i>obliquus</i> | <i>schräg</i> |
| <i>ulnaris</i> | <i>ulnar, ellenseitig</i> |
| <i>radialis</i> | <i>radial, speichenseitig</i> |
| <i>palmaris = volaris</i> | <i>palmar, in oder nach der Hohlhand hin</i> |
| <i>tibialis</i> | <i>tibial, nach dem Schienbein hin</i> |
| <i>fibularis = peroneus</i> | <i>fibular, peroneal, nach dem Wadenbein hin</i> |
| <i>plantaris</i> | <i>plantar, in oder nach der Fusssohle hin</i> |
| | |
| <i>longus, brevis</i> | <i>lang, kurz</i> |
| <i>magnus, parvus</i> | <i>gross, klein</i> |
| <i>major, minor</i> | <i>grösser, kleiner</i> |
| <i>maximus, minimus</i> | <i>grösster, kleinster</i> |

Bestandteile anatomischer Namen II

| | |
|------------------------------|---|
| <i>cranialis</i> | <i>kranial, schädelwärts</i> |
| <i>caudalis</i> | <i>kaudal, steisswärts</i> |
| <i>superior (sup.)</i> | <i>nach oben (aufrechter Körper), obere(r)</i> |
| <i>inferior (inf.)</i> | <i>nach unten (aufrechter Körper), untere(r)</i> |
| <i>medialis (med.)</i> | <i>medial, zur Medianebene hin</i> |
| <i>medius (med.)</i> | <i>in der Mitte, mittlerer</i> |
| <i>lateralis (lat.)</i> | <i>lateral, seitlich, von der Medianebene weg</i> |
| <i>profundus</i> | <i>auf das Innere des Körpers zu, tief</i> |
| <i>superficialis</i> | <i>auf die Oberfläche zu, oberflächlich</i> |
| <i>internus (int.)</i> | <i>innen, innere(r)</i> |
| <i>externus (ext.)</i> | <i>aussen, äussere(r)</i> |
| | |
| <i>ipsilateral</i> | <i>zur / auf der gleichen Seite</i> |
| <i>kontralateral</i> | <i>zur / auf der Gegenseite</i> |
| <i>zentral, proximal*</i> | <i>zum Rumpf (Zentrum) hin</i> |
| <i>peripher, distal*</i> | <i>vom Rumpf (Zentrum) weg</i> |
| <i>*va. bei Extremitäten</i> | |

Bewegungen und Körperebenen

Extension

Streckung

Flexion

Beugung

Abduktion

Wegführen der Gliedmassen

Adduktion

Heranführen der Gliedmassen

Rotation

Drehung, Kreiselung um Längsachse

Anteversion

Vorführen

Retroversion

Rückführen

Zirkumduktion

Umführbewegung der Gliedmassen, Kreisen

Opposition

Daumen / Grosszehe gegenüberstellen

Reposition

Daumen / Grosszehe zurückführen

Medianebene

teilt den Körper in zwei annähernd gleiche Hälften

Mediansagittalebene

= Medianebene

Sagittalebene

parallel zur Medianebene

Frontalebene

parallel zur Stirn

koronale Ebene

= Frontalebene

Transversalebene

senkrecht zu Sagittal- und Frontalebene

Horizontalebene

Transversalebene im Stehen

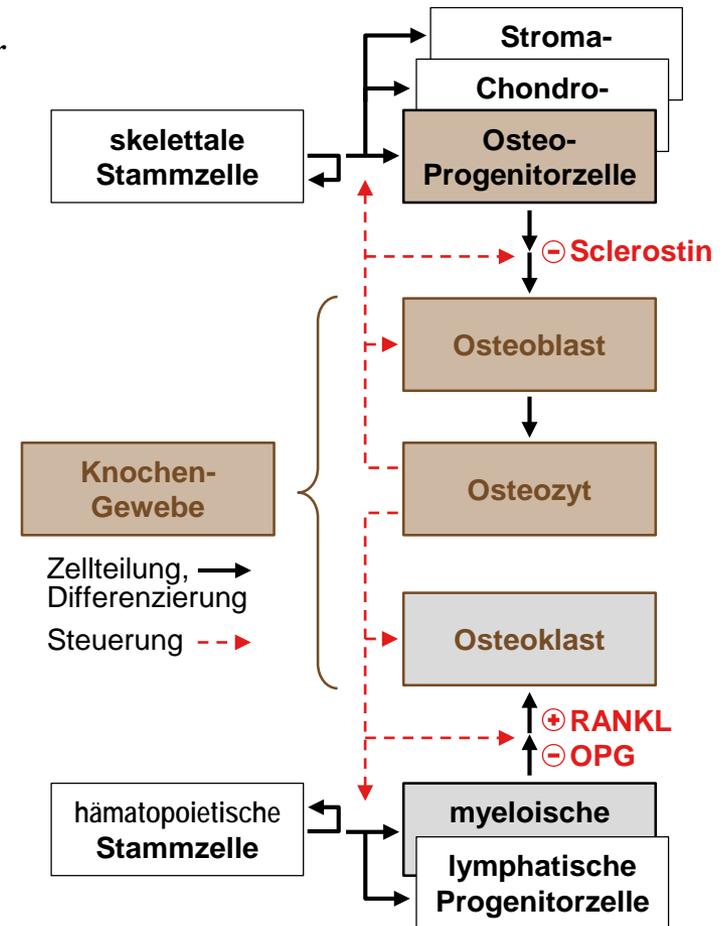
Bildung von Knochengewebe

• Zellen

- *Osteoblasten (oberflächlich): bilden Osteoid (nicht mineralisierte Matrix), Osteozyten-Vorläufer*
- *Osteozyten (95%, eingemauert): Mineralisation*
- *Osteoklasten (oberflächlich): Knochenabbau inklusive mineralisierte Matrix (H^+ Pumpe)*
- *Stammzellen (Peri- und Endost): Selbst-Erneuerung & Produktion von Progenitorzellen*

• Prozesse

- *Ossifikation = Bildung von Knochengewebe, appositionell durch Osteoblasten: lebenslang! (Entwicklung, Knochenumbau und Reparatur)*
- *gesteuert durch Osteozyten via Zellkontakte, lösliche Faktoren*
- *Osteogenese = Entstehung von Skelettstücken in Entwicklung bis Pubertät, desmal oder chondral*
- *desmal = direkt: Mesenchym → Knochen (Clavicula, Scapula, Schädel ausser Basis)*
- *chondral = indirekt: Mesenchym → Knorpel → Knochen (meiste Röhren- und Würfelknochen)*



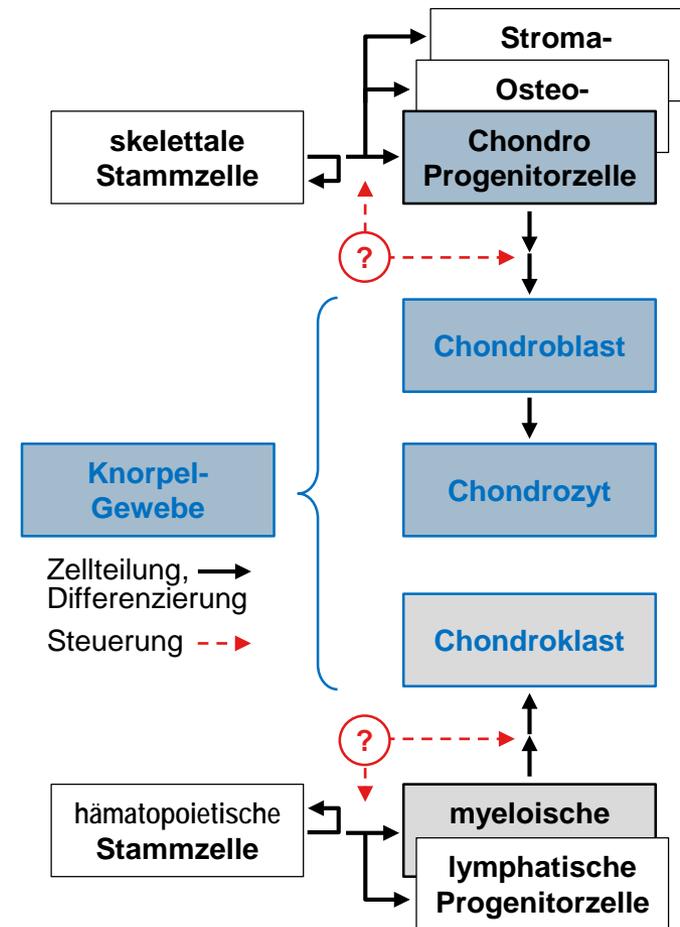
Bildung von Knorpelgewebe

• Zellen

- *Chondroblasten (oberflächlich): bilden Knorpelmatrix, Chondrozyten-Vorläufer*
- *Chondrozyten (eingemauert): Matrixunterhalt und -Vermehrung, eventuell Mineralisation*
- *Chondroklasten (oberflächlich): bauen bei chondraler Osteogenese mineralisierte Matrix ab*
- *Stammzellen (Perichondrium): Selbst-Erneuerung & Produktion von Progenitorzellen*

• Prozesse

- *Neubildung von Knorpelgewebe nur in Entwicklung, beim Erwachsenen kaum Umbau und keine Regeneration oder Reparatur*
- *Appositionelles Knorpelwachstum: Matrixanlagerung durch Chondroblasten*
- *Interstitielles Knorpelwachstum: Teilung von Chondrozyten und Matrixexpansion*
- *im Knochen kein interstitielles Wachstum: Osteozyten teilungsunfähig, mineralisierte Matrix nicht mehr expandierbar*



Röhrenknochen pränatal

- *Chondrale Osteogenese*
 - *Beginn mit Bildung eines Knorpelmodells aus Mesenchymverdichtung (5-6. SSW)*
 - *2 Ossifikationszonen: peri/enchondral*

Ⓞ_p Perichondrale Ossifikationszone

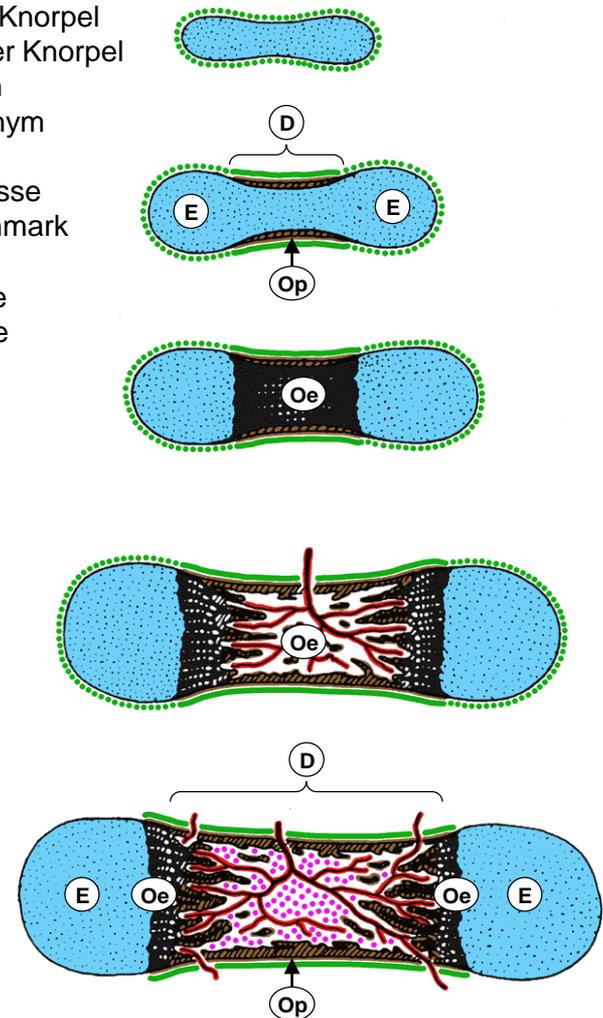
- *Ablagerung von Knochengewebe auf Knorpelmodell (ca. 8. SSW) → kompakte Knochenmanschette um Diaphyse*
- *fortgesetztes appositionelles Knochenwachstum aus Periost → Dickenwachstum*

Ⓞ_e Enchondrale Ossifikationszone

- *Knorpelmineralisierung, Abgabe von VEGF (vascular endothelial growth factor), Einwachsen von Mesenchym und Blutgefäßen*
- *mineralisierter Knorpel ersetzt durch Knochen (Spongiosa): primärer Knochenkern*
- *Fortsetzung des Prozesses an Grenze zu Epiphyse → longitudinales Wachstum*

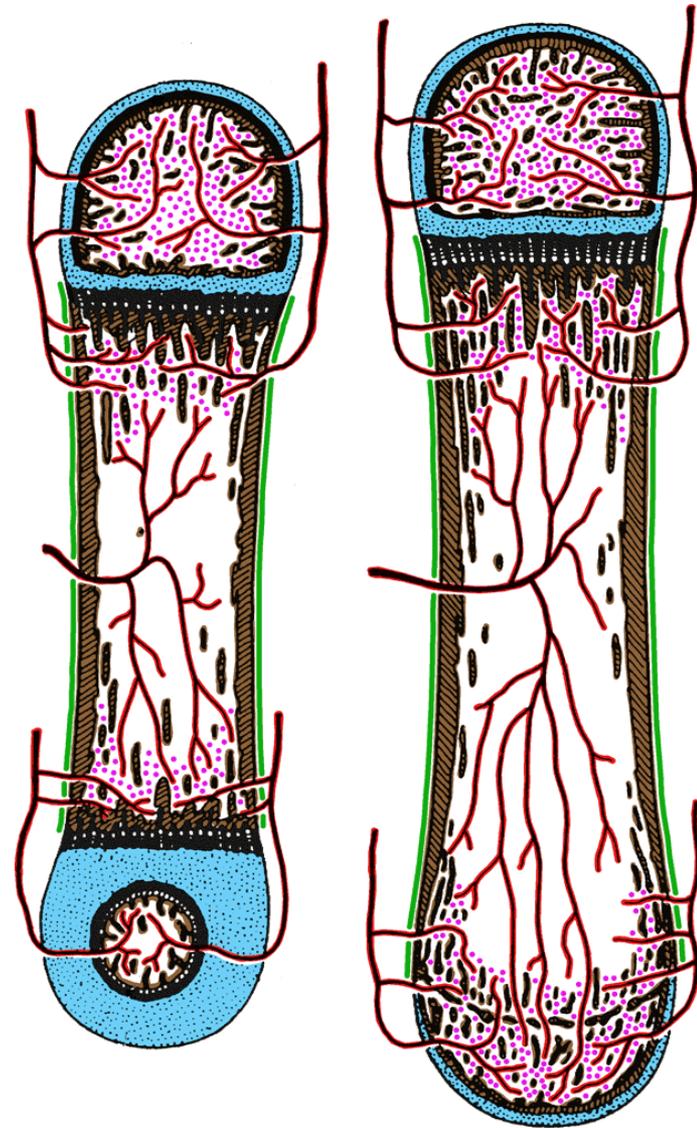


E Epiphyse
D Diaphyse



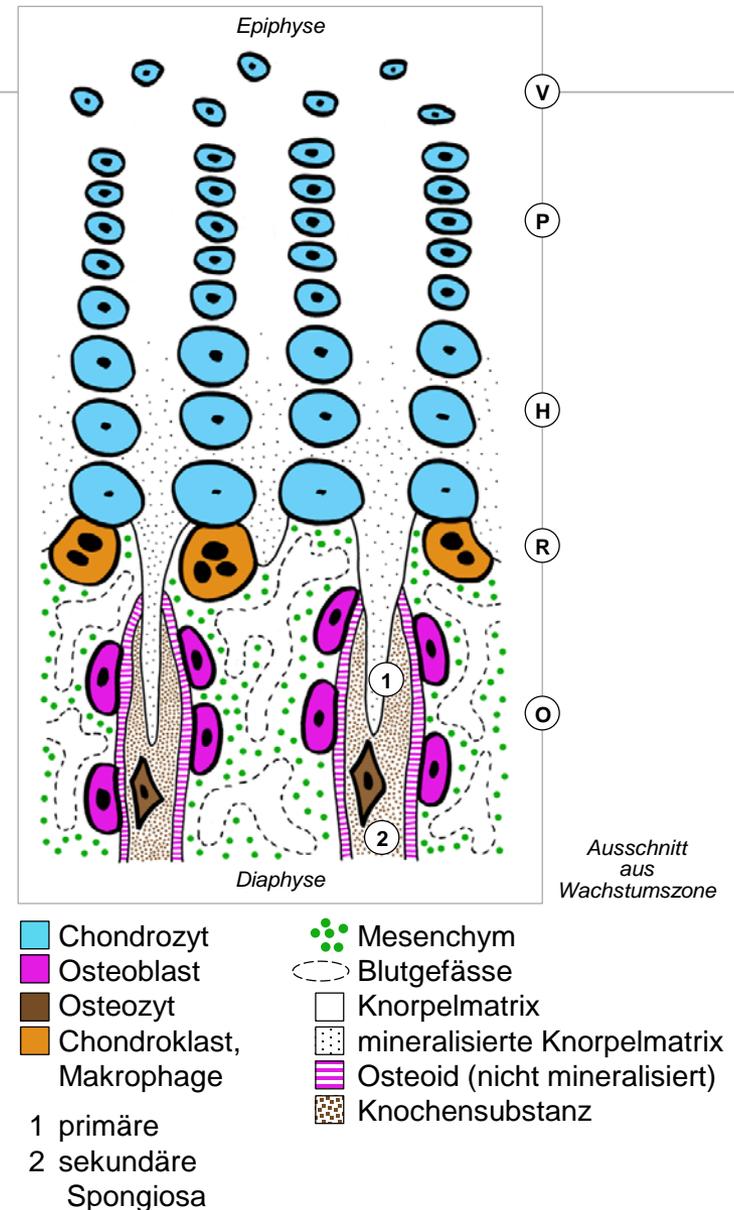
Röhrenknochen postnatal

- *Sekundäre Knochenkerne*
 - *in Epiphyse durch enchondrale Ossifikation und Einwachsen von Gefäßen*
 - *Knorpel reduziert auf Gelenkknorpel (ruhend) und Epiphysenfuge = Wachstumszone*
- *Knochenalter*
 - *Knochenkerne erscheinen nach bestimmtem Fahrplan, Muster definiert Entwicklungsstufe = biologisches Alter (Knochenalter)*
 - *Vergleich mit chronologischem Alter: Wachstumsbeurteilung*
- *Pubertät*
 - *erhöhte Aktivität Epiphysenfuge*
 - *Stopp der Knorpelproliferation → Verknöcherung, Epiphysenlinie*
 - *Gelenkknorpel bleibt*



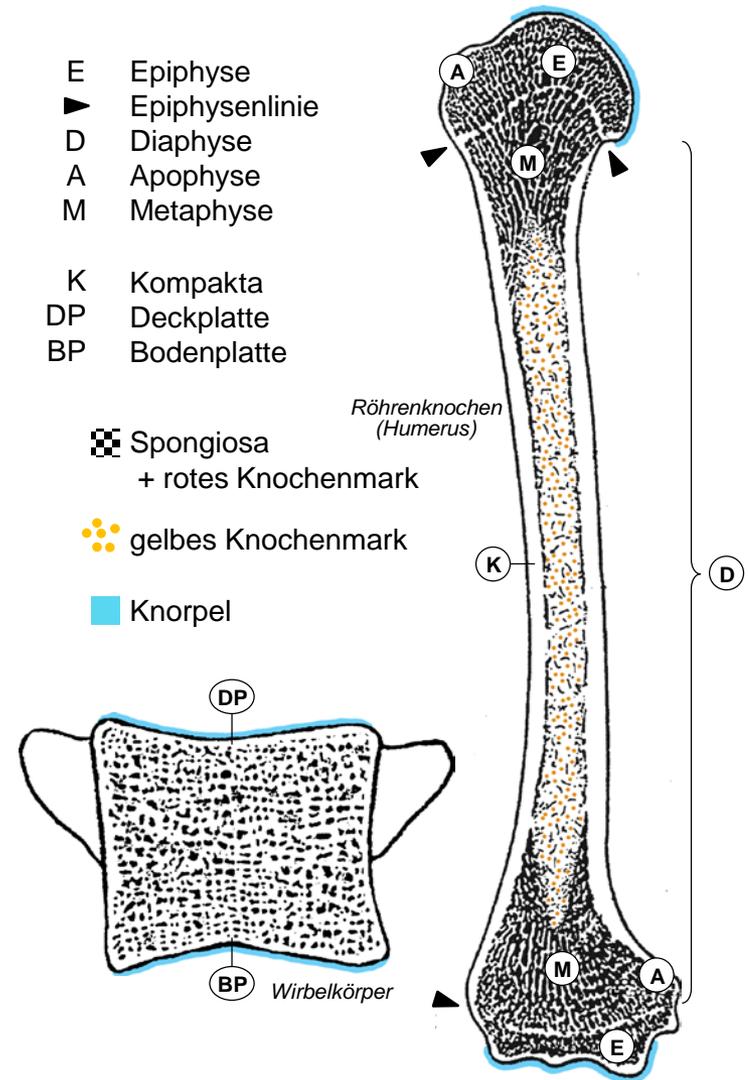
Enchondrale Ossifikation

- Ⓥ *Reservezone*
 - ruhender hyaliner Knorpel
- Ⓟ *Proliferationszone*
 - gerichtetes interstitielles Wachstum
- Ⓜ *Hypertrophiezone*
 - Chondrozyten schwellen an, induzieren Matrixmineralisation, bilden VEGF
- Ⓡ *Resorptionszone*
 - Einwachsen von Mesenchym und Blutgefäßen durch VEGF Wirkung
 - Makrophagen phagozytieren Chondrozyten, Chondroklasten bauen mineralisierte Matrix ab
- Ⓞ *Ossifikationszone*
 - Osteoblasten lagern Osteoid auf verbleibender Knorpelmatrix ab
 - Wenn eingemauert → Osteozyten, Mineralisation → Knochensubstanz



Kompakta und Spongiosa

- **Optimierung**
 - *max. Stabilität bei minimaler Masse*
 - *Architektur, dynamische Anpassung*
- **Kompakta = Kortikalis aussen**
 - *Röhrenknochen: Diaphyse dicker als Epiphyse, Wirbelkörper: Deck- und Bodenplatten dicker als Seitenwand*
- **Spongiosa innen**
 - *Röhrenknochen: Epiphyse, Metaphyse = proximales und distales Ende der Diaphyse, Apophysen = Konchenvorsprünge*
 - *ganzer Wirbelkörper*
 - *zwischen Knochenbälkchen rotes = Blut bildendes Knochenmark*
- **Hohlräume**
 - *Diaphyse der Röhrenknochen*
 - *Orte ohne Krafteinwirkung*
 - *gelbes = ruhendes Knochenmark (Fettmark)*



Organisation der Spongiosa

- *Ausrichtung nach Kraftverlauf*
 - *Minimierung von Scherkräften*
 - *Knochenbälkchen parallel zu Verlauf der Druckkräfte = Drucktrajektorien*
 - *Knochenbälkchen parallel zu Verlauf der Zugkräfte = Zugtrajektorien*
- *Dynamik*
 - *laufender Turnover der Spongiosa*
 - *Dicke passt sich Stärke der Belastung an*
 - *Richtung ändert mit Geometrie der Kräfte*

