

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



**Universität  
Zürich** UZH

---

# 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 17.02.2015

# 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*
- *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 2015

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

Datum/Woche	Dozent	Thema
17.02.15	1	Wo Allgemeine Anatomie I
24.02.15	2	Wo Allgemeine Anatomie II
03.03.15	3	Wo Allgemeine Anatomie III
10.03.15	4	Wo Allgemeine Anatomie IV
17.03.15	5	Wo Untere Extremität I
24.03.15	6	Wo Untere Extremität II
31.03.15	7	Wo Untere Extremität III
07.04.15		keine Vorlesung (Osterferien)
14.04.15	8	Wo Untere Extremität IV
21.04.15	9	Wo Rumpf I
28.04.15	10	Wo Rumpf II
05.05.15	11	keine Vorlesung
12.05.15	12	Am Obere Extremität I
19.05.15	13	Am Obere Extremität II
26.05.15	14	Am Obere Extremität III
06.02.15	D.P. Wolfer	

# Bücher

- *Prüfungsstoff*
  - *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*

## **Funktionelle Anatomie**

Vorlesung 376-0905 FS2015

### 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*

Leutert G, Schmidt W: Funktionelle und systematische Anatomie für Gesundheitsberufe  
11. Auflage, 379 Seiten. Urban & Fischer Verlag, 2006

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

06.02.2015, D.P. Woifer

# 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 = peronaeus</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*

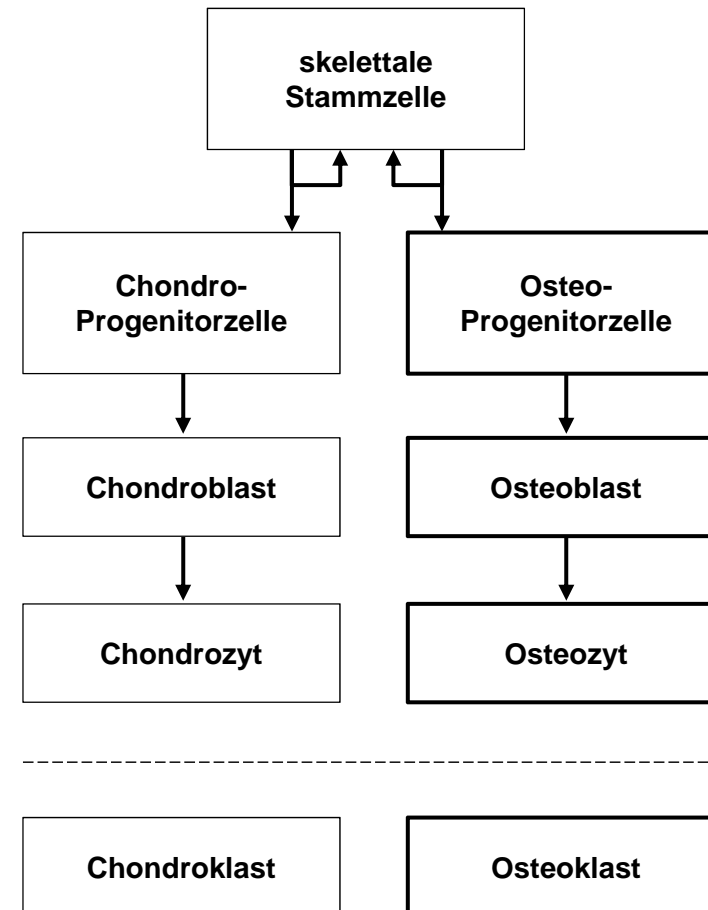
*senkrecht zu Sagittal- und Frontalebene*

*Horizontalebene*

*Transversalebene im Stehen*

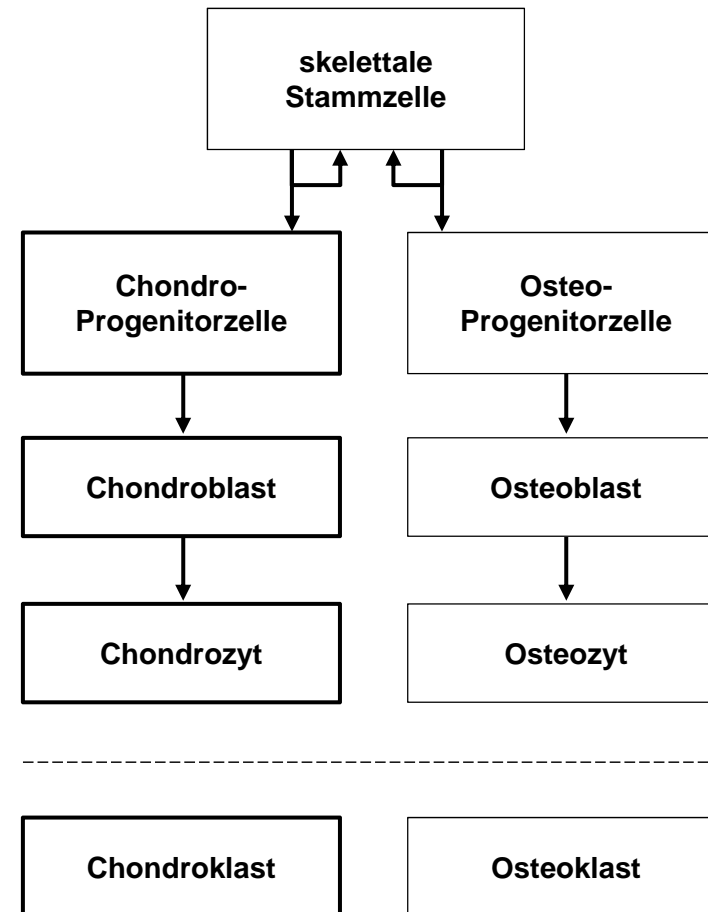
# Knochenbildung und Abbau

- *Ossifikation*
  - *Bildung von Knochengewebe: Entwicklung, lebenslang Umbau & Reparatur*
  - *Stammzelle: Selbsterneuerung & Produktion von Progenitorzellen, asymmetrische Teilung*
  - *Osteo-Progenitorzelle: determiniert, Proliferation ohne Selbsterneuerung*
  - *Osteoblast: Differenzierung, bildet Osteoid*
  - *Osteozyt: eingemauert, mineralisiert extrazelluläre Matrix, nicht teilungsfähig*
  - *Osteoklast: Knochenabbau ( $H^+$  Pumpe)*
- *Osteogenese*
  - *Bildung von Skelettstücken während prä- und postnataler Entwicklung bis Pubertät*
  - *desmal = direkt aus Mesenchymverdichtung (Clavicula, Scapula, Schädeldach, Gesichtsschädel)*
  - *chondral = indirekt: 1. Knorpelmodell, 2. Knorpel durch Knochen ersetzt (meiste Knochen inkl. Röhren- und Würfelknochen)*



# Knorpelbildung und Abbau

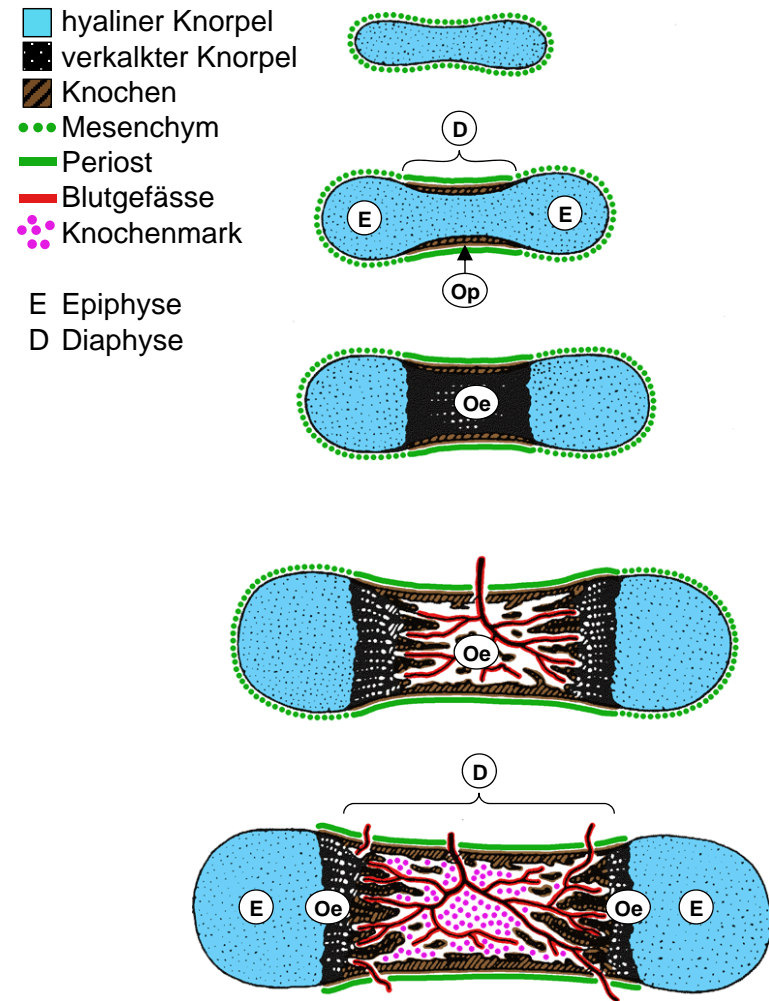
- *Bildung von Knorpelgewebe*
  - *Nur in Entwicklung, kaum Umbau oder Reparatur beim Erwachsenen*
  - *Stammzelle: Ausgangspunkt*
  - *Chondro-Progenitorzelle: determiniert, Proliferation ohne Selbsterneuerung*
  - *Chondroblast: Differenzierung, Bildung von Knorpelmatrix*
  - *Chondrozyt: eingemauert, bleibt in Wachstumszonen teilungsfähig*
  - *Chondroklast: Knorpelabbau ( $H^+$  Pumpe)*
- *Interstitielles Wachstum*
  - *durch Zellteilung im inneren*
  - *nur Knorpel, beim Knochen unmöglich*
- *Appositionelles Wachstum*
  - *Anlagerung an Oberfläche*
  - *Knorpel und Knochen: Stammzellpool in Perichondrium (Knorpelhaut) und Periost (Knochenhaut)*





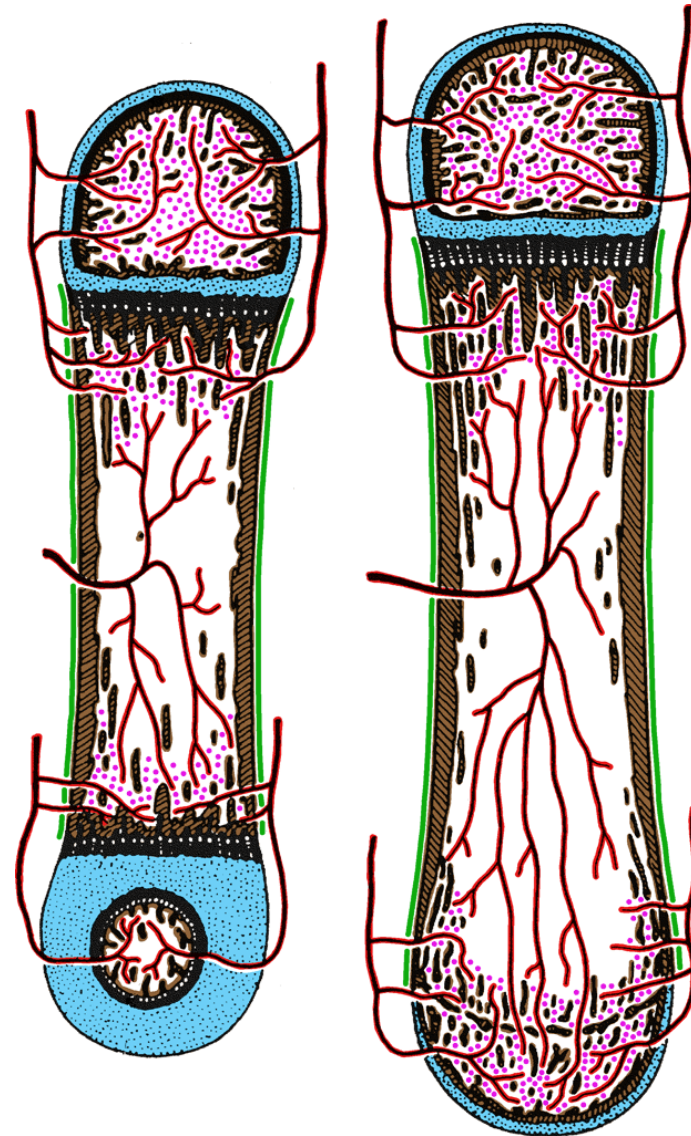
# Röhrenknochen pränatal

- *Chondrale Osteogenese*
  - *Beginn mit Bildung eines Knorpelmodells aus Mesenchymverdichtung (5-6. SSW)*
  - *2 Ossifikationszonen: peri/enchondral*
- Ⓞ<sub>p</sub> *Perichondrale Ossifikationszone*
  - *Ablagerung von Knochengewebe auf Knorpelmodell (ca. 8. SSW) → kompakte Knochenmanschette um Diaphyse*
  - *fortgesetztes appositionelles Knochenwachstum aus Periost → Dickenwachstum*
- Ⓞ<sub>e</sub> *Enchondrale Ossifikationszone*
  - *Knorpelmineralisierung, Abgabe von VEGF, Einwachsen von Mesenchym und Blutgefäßen*
  - *mineralisierter Knorpel ersetzt durch Knochen (Spongiosa): primärer Knochenkern*
  - *Fortsetzung des Prozesses an Grenze zu Epiphyse → longitudinales Wachstum*



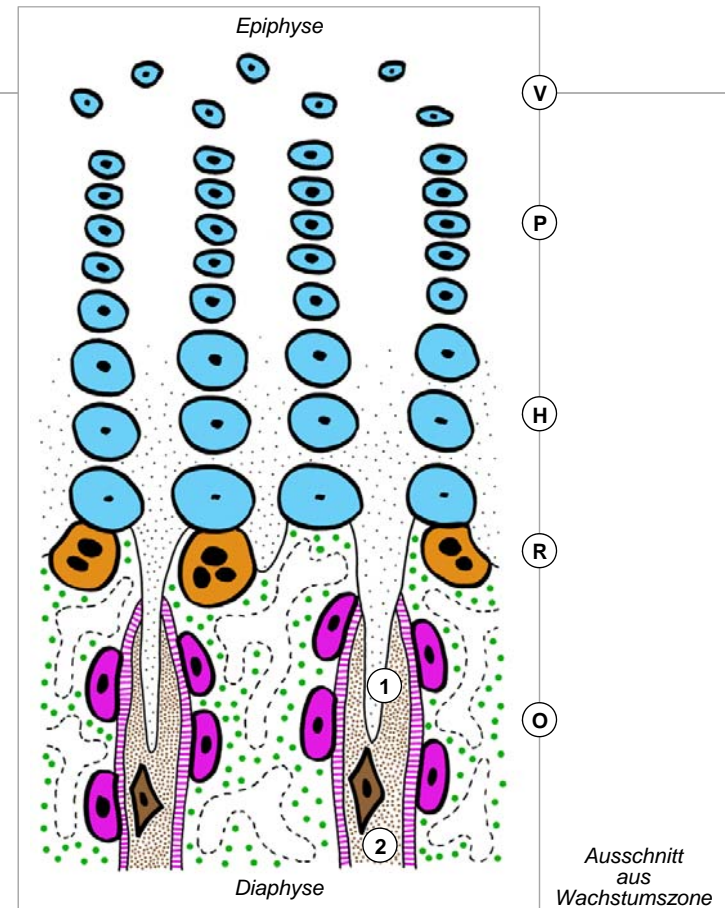
# Röhrenknochen postnatal

- *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

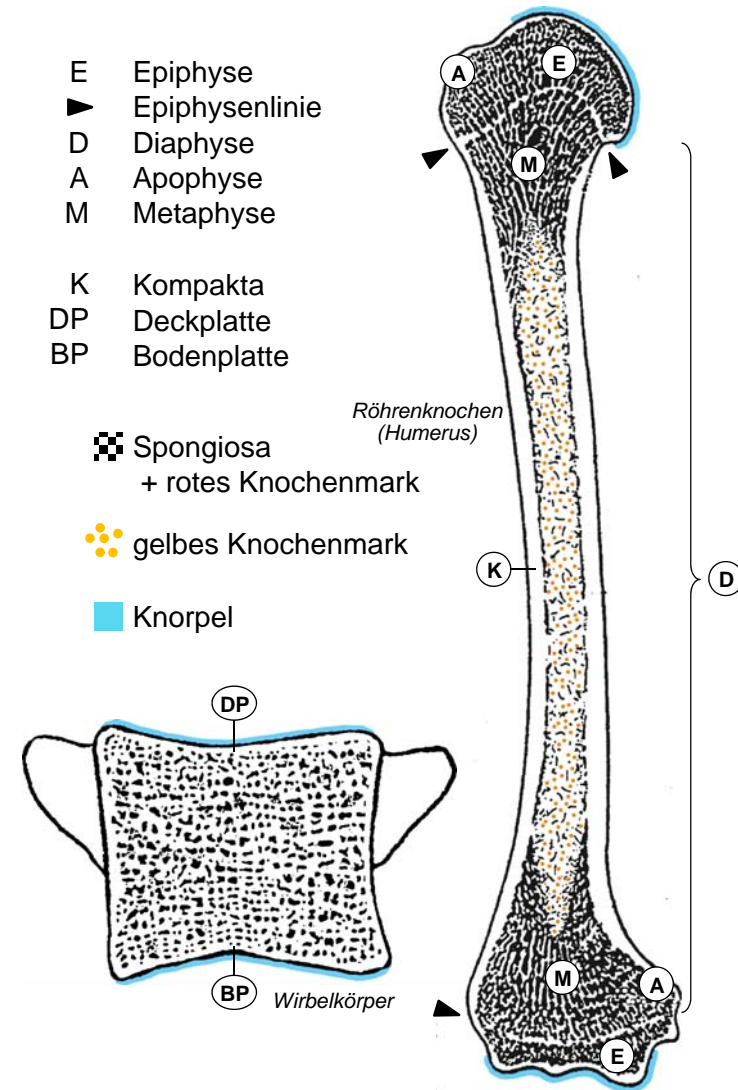
- Ⓥ *Reservezone*
  - ruhender hyaliner Knorpel
- Ⓟ *Proliferationszone*
  - gerichtetes interstitielles Wachstum
- Ⓜ *Hypertrophiezone*
  - Chondrozyten schwellen an, induzieren Matrixmineralisation, bilden VEGF
- Ⓡ *Resorptionszone*
  - Einwachsen von Mesenchym und Blutgefäßen durch VEGF Wirkung
 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



- |                                                                |                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <span style="color: blue;">■</span> Chondrozyt                 | <span style="color: green;">●</span> Mesenchym                                                                    |
| <span style="color: magenta;">■</span> Osteoblast              | <span style="border: 1px dashed black; border-radius: 50%; padding: 2px;"> </span> Blutgefäße                     |
| <span style="color: brown;">■</span> Osteozyt                  | <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;"> </span> Knorpelmatrix                   |
| <span style="color: orange;">■</span> Chondroklast, Makrophage | <span style="border: 1px dashed black; border-radius: 50%; padding: 2px;"> </span> mineralisierte Knorpelmatrix   |
|                                                                | <span style="border: 1px solid magenta; border-radius: 50%; padding: 2px;"> </span> Osteoid (nicht mineralisiert) |
|                                                                | <span style="border: 1px solid brown; border-radius: 50%; padding: 2px;"> </span> Knochensubstanz                 |
- 1 primäre  
2 sekundäre  
Spongiosa

# 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*

