

Knochengewebe (lat. Os, Knochen)

Makroskopische Knochenformen

- lange Knochen (ossa longa)
- kurze Knochen (ossa brevia)
- flache Knochen (ossa plana)
- lufthaltige Knochen (ossa pneumatica)
- unregelmäßige Knochen (Wirbelkörper)

Mikroskopischer Bau des Knochengewebes

Die Knochensubstanz kommt in den zwei verschiedenen Knochentypen des Geflechtknochens und des Lamellenknochens vor.

Im Geflechtknochen sind die Osteoblasten und Osteozyten unregelmäßig verteilt. Die Kollagenfasern sind zu Bündeln gefasst und ungeordnet ausgerichtet zudem ist der Anteil anorganischer Matrix im Vergleich zum Lamellenknochen geringer. Dies verleiht dem Geflechtknochen eine höhere Zugfestigkeit und Biegsamkeit. Deshalb ist er in den Ansatzstellen von Muskeln, Sehnen und Bänder verbaut. Weiterhin ist er in den Gehörknöchelchen, den Zahnfächern, an den Rändern der Schädelnähte und dem Felsenbein des Os temporale zu finden. Nach Frakturen wird durch Geflechtknochen der Defekt geschlossen.

Der Lamellenknochen hat seinen Namen aus dem zweidimensionalen lichtmikroskopischen Bild erhalten. Die Lamellen entstehen durch den parallelen Verlauf der Kollagenfasern um den gefäßführenden, nach Havers benannten, Kanal. Wie die Ringe einer Baumscheibe formieren sich die Fasern und verlaufen als parallele Bündel um die radiär angeordneten Osteozyten, die über lange Ausläufer untereinander und mit Osteoblasten in Verbindung stehen. In ihrer dreidimensionalen Ausrichtung winden sich die Kollagenfasern schraubenförmig um den Kanal. Dabei ändert sich der Drehsinn der angrenzenden Lamelle. Die Anordnung gegenläufiger Spiralen formt Druck- und Zugkräfte zu Kräften, die sich in der Fläche verteilen und verleihen dem Knochen die Stabilität.

Die beschriebene architektonische Struktur wird auch als Osteon oder Speziallamelle bezeichnet. Der Begriff Speziallamelle betont die Unterscheidung zur Schaltlamelle: diese sind zwischen die Osteone geschaltet, um die Lücken zwischen diesen zu schließen. Häufig

sind es die Reste zurückgebauter Speziallamellen. Ein weiteres Indiz für den Knochenumbau sind junge und entsprechend kleine Osteone mit wenigen Lamellen.

Abb. 1 Lamellenknochen Mensch

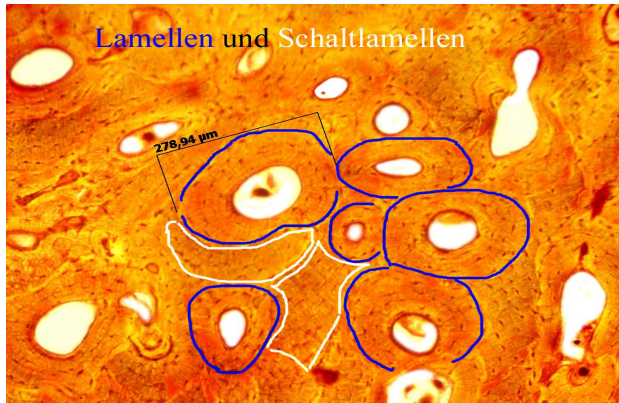


Abb. 2 Osteon, digitale Rekonstruktion

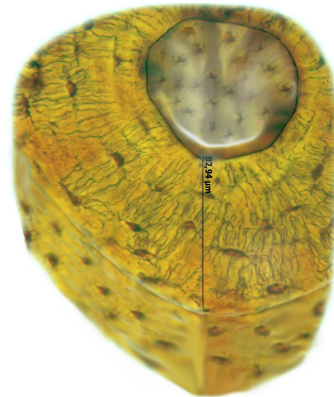
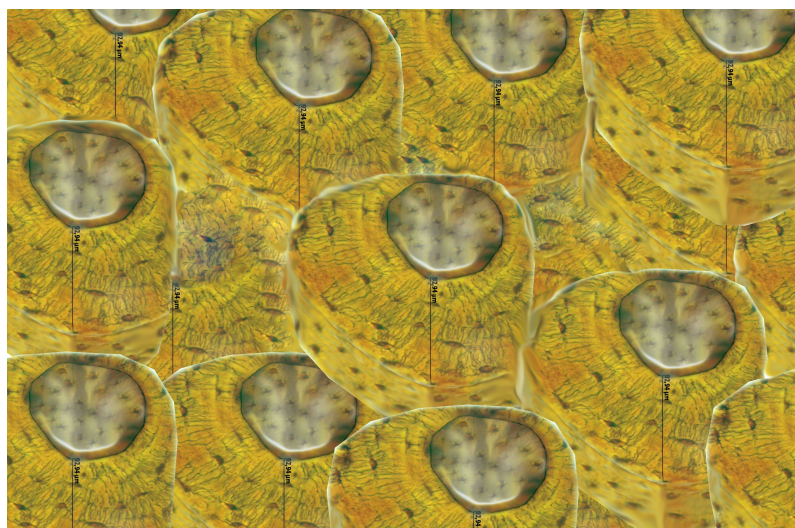
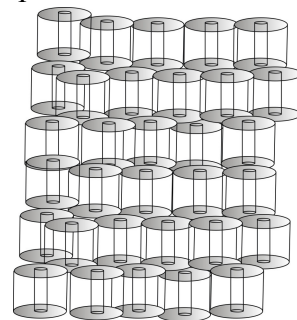


Abb. 3 digitale Rekonstruktion eines Lamellenknochens



Die Architektur der Osteone ist vergleichbar mit einer Konstruktion aus Toilettenpapierrollen.



Ossifikation (Knochenbildung)

Ausgangspunkt der Knochenbildung ist die Mesenchymzelle des embryonalen Bindegewebes. Die Bildung des Knochengewebes (Ossifikation) erfolgt auf zwei verschiedenen Wegen: die direkte und indirekte Ossifikation.

Direkte Ossifikation

Aus den Mesenchymzellen differenzieren sich Osteoblasten und diese bilden beispielsweise die Knochen des Gesichtsschädel, Schädeldachs und des Schlüsselbeins.

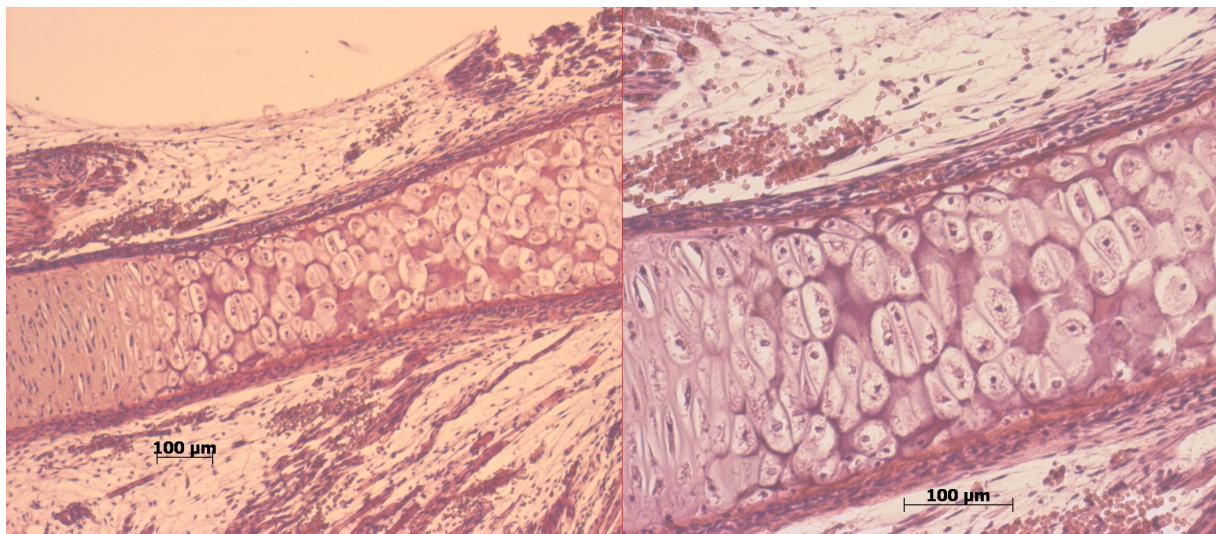


Abb. 4 Embryo Ratte, HE-Färbung
direkte Ossifikation von Mesenchymzellen zu Knochenzellen

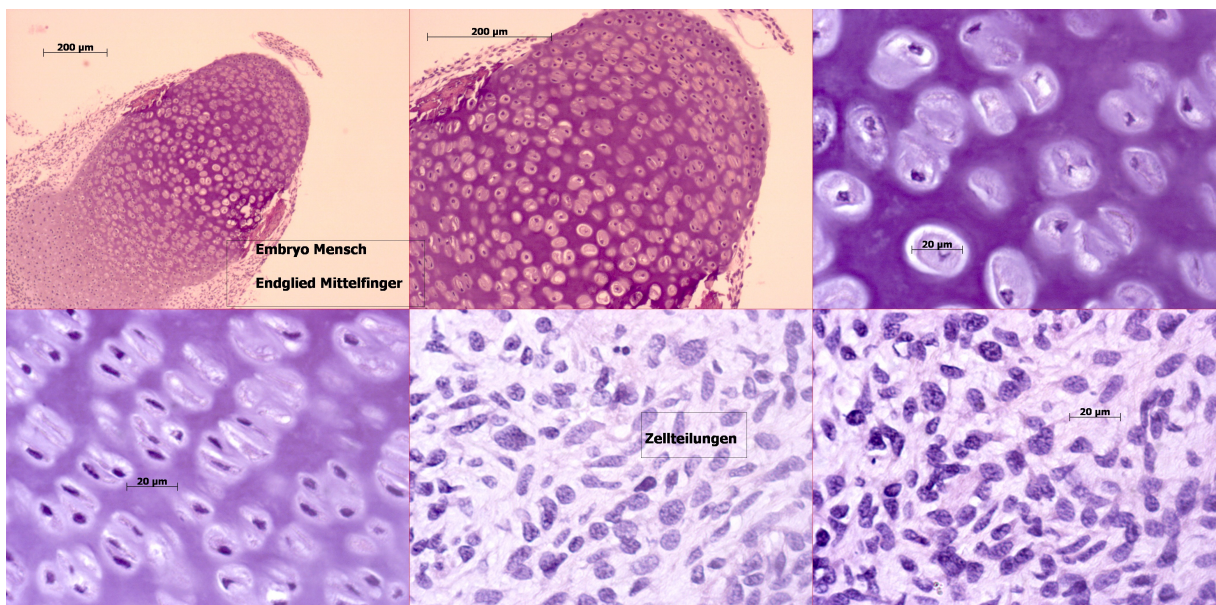


Abb. 5 Embryo Mensch, HE-Färbung

Die Mesenchymzellen haben eine KPR zugunsten des Kerns. Die Kerne haben ein lockeres Chromatin. Die Osteoblasten sind von einer kräftig gefärbten Matrix umgeben, die selbst gebildet haben. Ihre Kerne sind klein und dunkel.

Indirekte Ossifikation

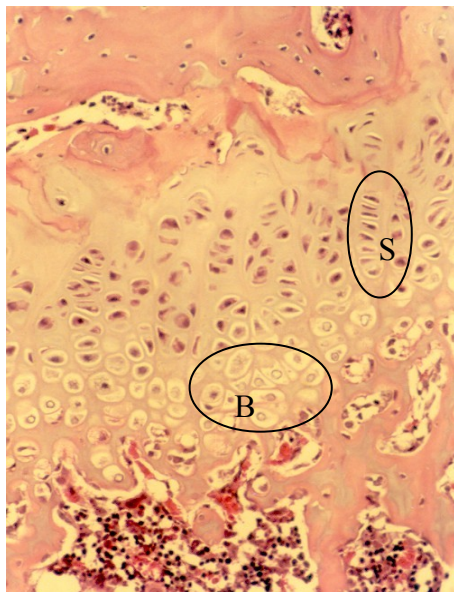
Ab der sechsten Embryonalwoche setzt diese Form der Knochenbildung, auch Ersatzknochenbildung genannt, ein. Die Bezeichnung beschreibt den Verlauf der Knochenbildung sehr treffend, weil zunächst Knorpelzellen den Raum für den späteren Knochen erzeugen. Ist der Platz für neues Knochengewebe vorhanden, so wird das Knorpelgewebe abgebaut und durch

neues Knochengewebe ersetzt. Durch diesen Umbauprozess erfolgt das Knochenwachstum, wobei es Unterschiede zwischen Längen- und Dickenwachstum gibt.

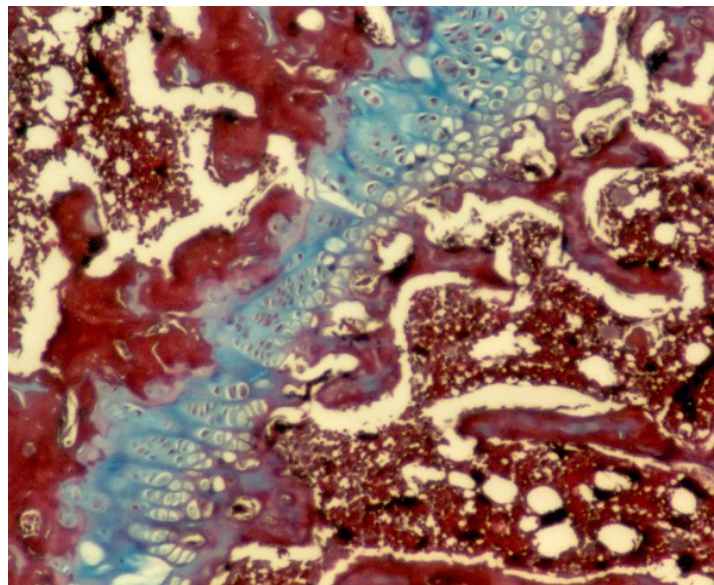
Längenwachstum

Diese Wachstumsform erfolgt in den Epiphysen (Wachstumsscheiben). Mikroskopisch lassen sich bei den Knorpelzellen drei Formationen unterscheiden, der embryonale Knorpel der Säulenknorpel und der Blasenknorpel. Der embryonale Knorpel stellt die Verbindung zwischen Knorpel und knöcherner Epiphyse her und ist Ausgangspunkt für den Säulenknorpel. Die Zellen des Säulenknorpels sind abgeplattet und gehen in den Blasenknorpel über. Die blasig aufgetriebenen Knorpelzellen geben mineralisierende Matrix in die Umgebung ab, gehen in die Apoptose. In die freien Räume wachsen Gefäße ein, denen Mesenchymzellen folgen. Diese wandeln sich zu Chondroklasten und Osteoblasten. Die Chondroklasten beseitigen die Reste des Blasenknorpels und die Osteoblasten bauen Knochenbälkchen auf.

Abb. 6 und 7 Epiphysenfuge Ratte



HE-Färbung



AZAN-Färbung

Säulenknorpel (S) Blasenknorpel (B)

Dickenwachstum

Die Osteoblasten in der Cambiumschicht teilen sich. An der Innenseite wird das Knochengewebe durch Osteoklasten wieder abgebaut, so wächst die Markhöhle mit.