

# Statik

## Knochen

Anatomie der Haustiere, Dyce, Sack, Wensing. Enke Verlag, Stuttgart

Die Hauptfunktionen des Skeletts sind Stützung des Körpers, Sicherung der Bewegung des Körpers durch eine Hebelsystem und der Schutz der Weichteile.

Es sind somit biomechanische Faktoren, die für die Knochenformen und ihren mikroskopischen Aufbau bestimmend sind. Eine weitere Funktion des Skeletts, und zwar hauptsächlich seines Knochengewebes, ist die Aufrechterhaltung des körperinneren (Mineralien-) Milieus, Homöostase, durch die Bereitstellung einer Reserve an Kalzium, Phosphat und anderen Ionen.

## Einteilung

Die Einteilung der Knochen kann nach verschiedenen Prinzipien erfolgen:

*Topographisch* kennt man das Schädelskelett und *kaudal* anschließend das Stammskelett (Rumpf) und das Extremitätskenns (Gliedmaßen).

*Ontologisch* unterscheidet man das *somatische* der Körperwand vom *viszeralen* Skelett der Eingeweide, das sich aus den Kiemenbögen entwickelt.

Ebenfalls entwicklungsgeschichtlichen Kriterien folgt die Einteilung in knorpeliges *Primordialskelett*, das später weitgehend durch Knochengewebe ersetzt wird (*enchondrale Knochen*), und Knochen, die direkt aus embryonalem Bindegewebe hervorgehen (*desmale Ossifikation* - besonders bei niederen WT).

## **Einzelne Knochen werden entsprechend ihrer Form nach einfachen Kriterien eingeteilt:**

*Lange Röhrenknochen*, sie sind formal an ihre Funktion angepaßt. Sie haben drei *Ossifikationspunkte*: Einen in der *Diaphyse* und je einen in den *Epiphysen*.

*Kurze Knochen* sind würfelförmig. Einige sind zu Hand- bzw. Fußwurzelknochen zusammengelagert; sie haben meistens einen *Ossifikationspunkt*. Sind mehrere Punkte vorhanden, sind mehrere Knochen sekundär verschmolzen.

*Platte Knochen* wachsen zweidimensional. Schulterblatt, Knochen des Beckengürtels und viele Schädelknochen. Ihre große Oberfläche schützt untergelagerte Weichteile und dient dem Ansatz großer Muskeln.



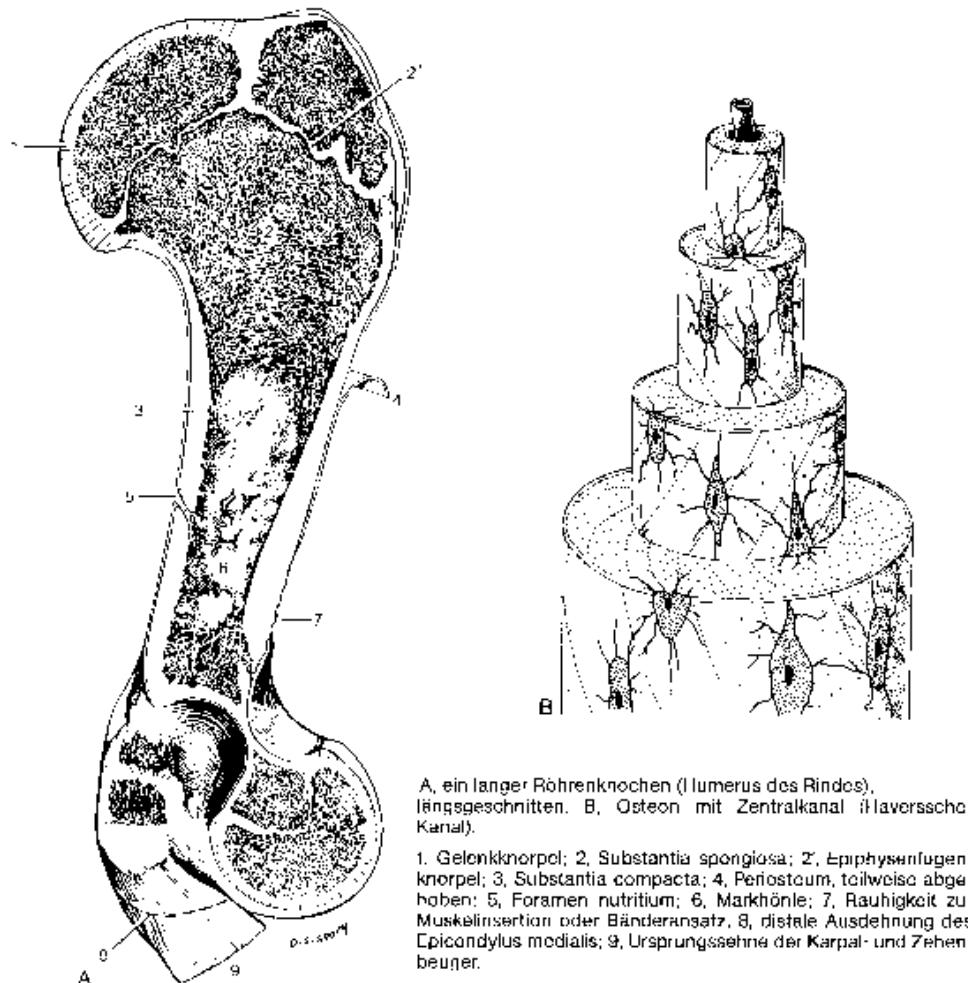
## Aufbau eines Röhrenknochens

Die Form des Knochens ist geprägt durch einen kortikalen Mantel aus solidem, kompaktem *Knochengewebe (Substantia compacta)*, das aus dünnen Lamellen besteht. Sie sind konzentrisch um einen kleinen Zentralkanal (*Havers' Kanal*) angeordnet. Dieses Röhrensystem heißt *Osteon*. Die *Compacta* ist zur Schaftmitte hin stark verdickt.

Die äußere Oberfläche ist meist glatt, mit Ausnahme der *Insertion* von Muskeln oder der Anheftung von Bändern (bei Großtieren und älteren Individuen ausgeprägter): *Linea*, *Crista* (Leiste), *Tuberculum* (Höcker), *Tuberrositas* (Rauigkeit), *Spina* (Stachel).

Die Epiphysen beherbergen die *Substantia spongiosa*, dreidimensional angeordnete Knochenbälkchen. In den Zwischenräumen und in den Markhöhlen junger Knochen liegt Rotes Knochenmark mit *haemopoetischer Funktion* (Bildung von Erythrocyten und Leucocyten). Mit zunehmendem Alter verlagert sich die Blutzellenbildung mehr in die Epiphysen, schließlich ist aktives Knochenmark nur noch im proximalen Ende von *Humerus* und *Femur*, in den Knochen des Schulter- und Beckengürtels sowie im Stammesklett zu finden.

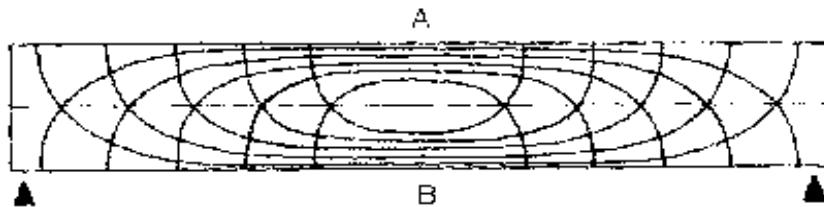
Der *hyaline Gelenksknorpel* wird als *primordialer Rest* betrachtet.



A, ein langer Röhrenknochen (Humerus des Rindes), längsgeschnitten. B, Osteon mit Zentralkanal (=Haverscher Kanal).

1. Gelenkknorpel; 2. Substantia spongiosa; 2', Epiphysenflugknorpel; 3. Substantia compacta; 4. Periostum, teilweise abgehoben; 5. Foramen nutritium; 6. Markhöhle; 7. Rauigkeit zur Muskelinsertion oder Bänderansatz; 8. distale Ausdehnung des Epicondylus medialis; 9. Ursprungsschnur der Karpal- und Zehenbeuger.

## Biomechanische Aspekte

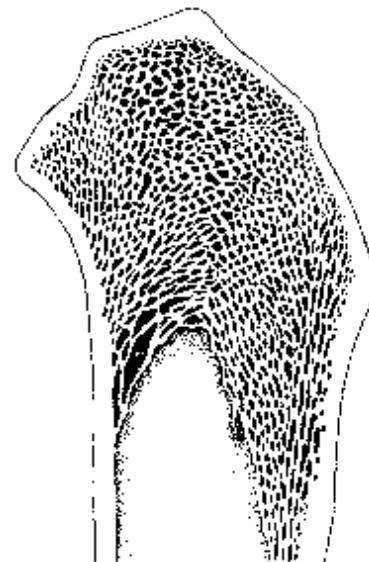


Muster von (A) Drucklinien und (B) Zuglinien in einem Balken, der an beiden Enden gestützt ist. Der größte Druck (Verdichtung der Linien) tritt oberflächlich in der Balkenmitte auf.

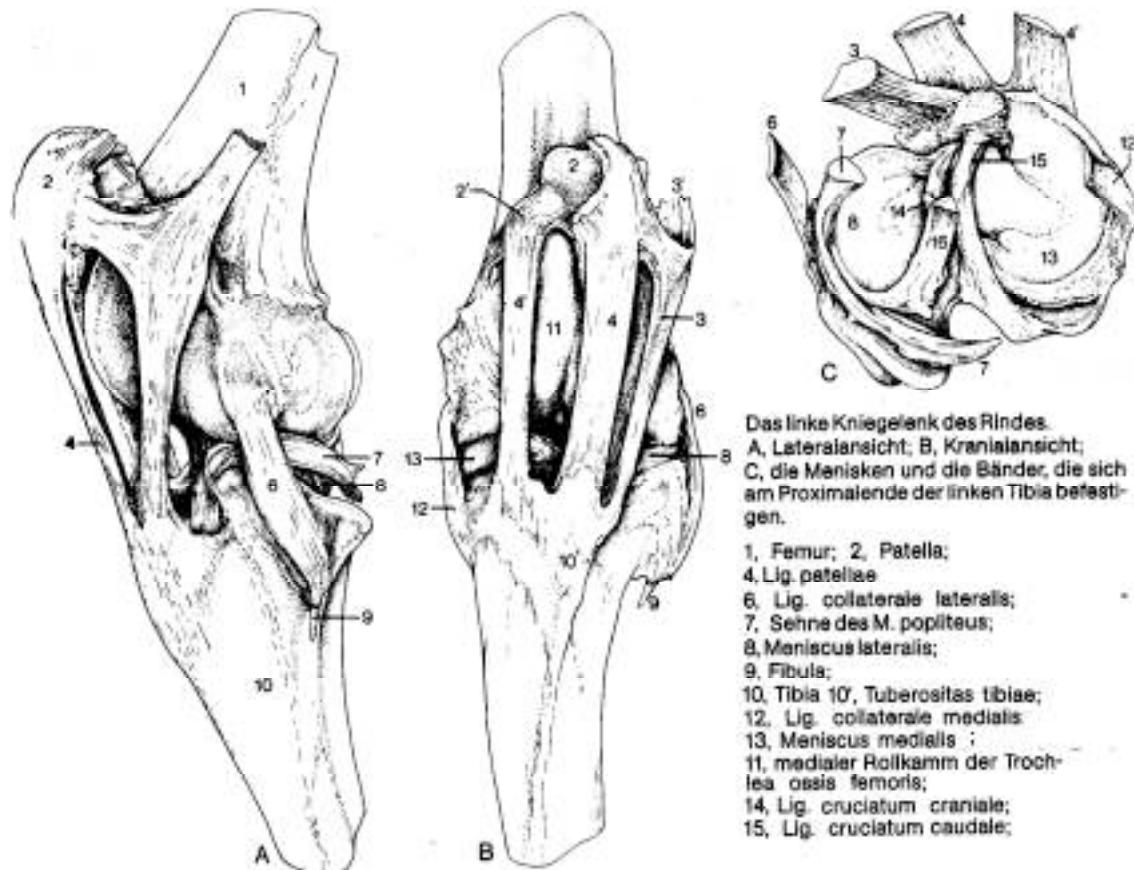
Ein Knochen verhält sich im belasteten Zustand wie ein Balken aus verschiedenen Materialien. An den Außenflächen erfolgt die Belastung konzentriert, während der Kern nahezu unbelastet bleibt (Abb.). Dies erklärt, weshalb Knochen röhrenförmig nach dem Prinzip der Leichtbauweise gestaltet sind, ohne wesentlich an Stabilität einzubüßen. Die hauptsächlichen Kompressions- und Spannungslinien kreuzen sich nahe den Enden des Modells in orthogonaler Weise. Die spongiöse Architektur eines Knochens entspricht diesem theoretischen Muster weitgehend. Tatsächlich wird der Aufbau der Spongiosa (fälschlich) als die "Kristallisation" von Drucklinien beschrieben.

Da spongiöse Architektur (Abb.) steht mit der Mechanik in Wechselbeziehung, die Architektur paßt sich dem Wechsel von Richtung und Ausmaß der einwirkenden Kräfte allmählich an (Osteoblasten-Osteoklasten-Wirkung).

Die Substantia compacta ist ein verformbares Gewebe von beträchtlicher Härte; es hält erhebliche Deformierungen aus und gewinnt schnell seine ursprüngliche Form wieder. Bei Biegungen gleiten die Lamellen und Osteone der Compacta aneinander vorbei. Bei starker Biegung tritt im rechten Winkel zur Gleitrichtung ein feiner Riß auf, der sich schnell vergrößert und schließlich im Splitterbruch endet. Der feine Riß tritt zuerst dort auf, wo Zug-Spannung ausgeübt wird, nicht an der Kompression. Die Compacta hält eher Druck als Zug aus. Spongiosa wird jedoch gewöhnlich bei Kompression durch Zerquetschen zerstört.



Proximale Tibia des Pferdes im Sagittalschnitt, als Beispiel für die Architektur der Substantia spongiosa.



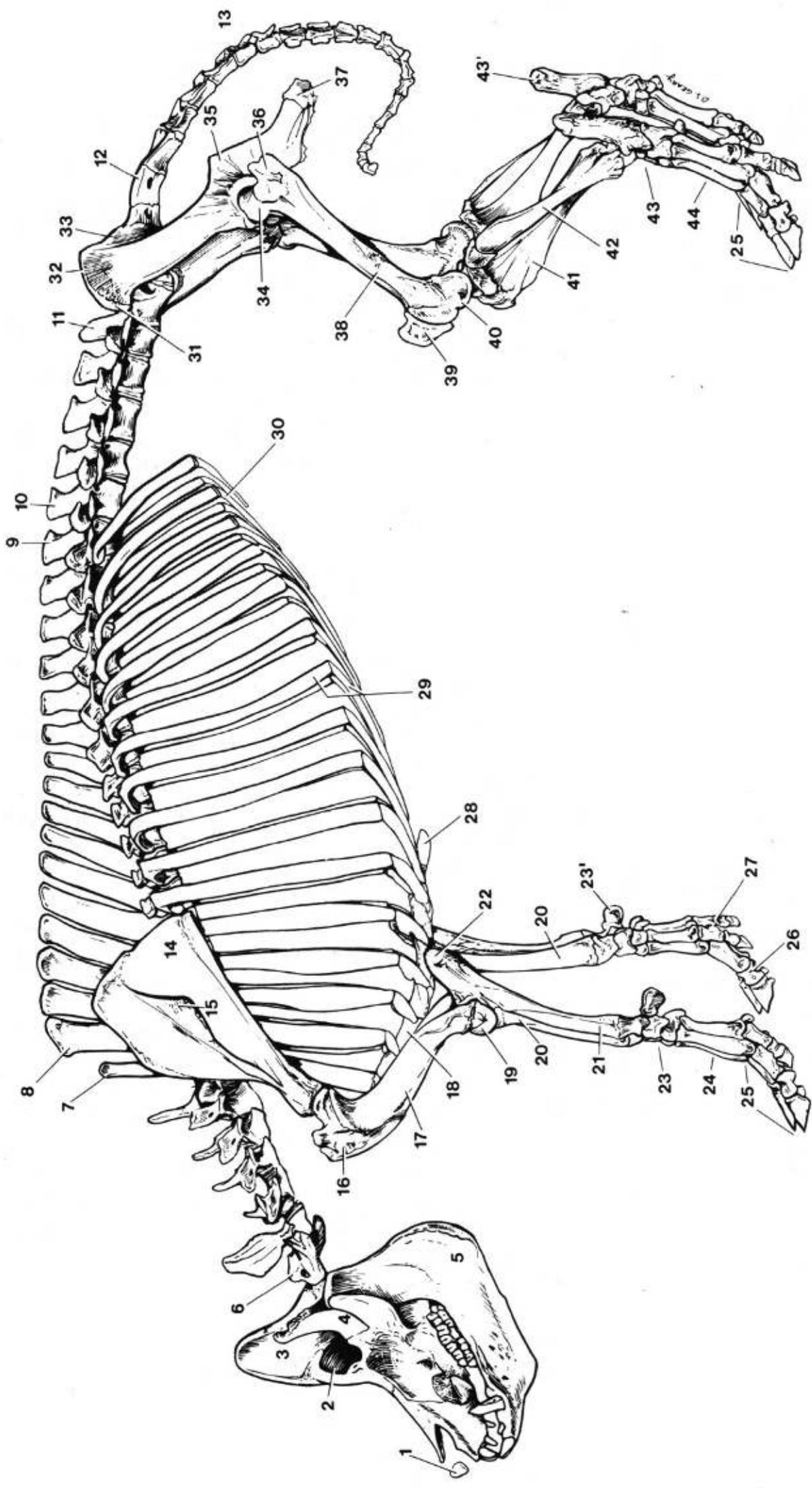
### Arbeitsanleitung

Untersuchung von Rinderknochen *Femur* (Oberschenkel) und Kniegelenk (eine Gruppe)  
 Untersuchung von Knochen des Hausschweines *Humerus/Femur* (Oberarm-/Oberschenkelknochen),  
*Wirbelkörper Schwein* Fleischerei Altenstrasser, Gleinstätten, Billa

1 *Femur* durchsägt, mit *Periost*, *Ursprüngen* und *Insertionen*, *Kniegelenk* ganz, *Patella*, *Bänder* (*Ligamenta*)

1. Äußere Beschreibung des *Humerus/Femur*: *Epiphysen*, *Diaphyse*, *Gelenkflächen*, *hyaliner Knorpel*, *Kreuzbänder*, *Seitenbänder*, *Meniscus*
2. Zeichnen des präparierten *Humerus/Femur*
3. Abschaben der Beinhaut und der Ursprungs- und Ansatzsehnen
4. Äußere Beschreibung der präparierten *Knochen*
5. Beschreiben der *Spongiosa-Anordnung* (*Trajektorien*)





### Skelett eines Ebers.

1. Os rostrale; 2. Orbita; 3. Fossa temporalis; 4. Arcus zygomaticus; 5. Mandibula; 6. erster Halswirbel; 7. letzter Halswirbel; 8. erster Brustwirbel (C7); 9. letzter Brustwirbel (Th16); 10. erster Lendenwirbel (L5); 11. letzter Lendenwirbel; 12. Kreuzbein; 13. Schwanzbein; 14. Scapula; 15. Spina scapulae; 16. Tuberculum majus humeri; 17. Humerus; 18. Sternum; 19. Condylus humeri; 20. Radius; 21. Ulna; 22. Olecranon; 23. Karpalknochen; 23'. Os carpi accessorium; 24. Metakarpalknochen; 25. Zehenknochen; 26. Knochen der Afterzehen; 27. Knochen der Haupitzehen; 28. Cartilago xiphoideus; 29. zehntes Rippenpaar; 30. Rippenbogen; 31. Tuber coxae; 32. Crista iliaca; 33. Tuber sacrale; 34. Caput femoris im Azetabulum; 35. Spina ischiadica; 36. Trochanter major; 37. Tuber ischiadicum; 38. Femur; 39. Patella; 40. Condylus lateralis femoris; 41. Tibia; 42. Fibula; 43. Tarsalknochen; 43'. Tarsus; 44. Calcaneus; 44'. Metatarsalknochen.