

H. ABBILDUNGEN

Teil I: Makroskopische Struktur der Klaue und des Klauenbeines

- Abb. 1: Die verwendeten Ausdrücke für die Lage- und Richtungsbezeichnungen an der Rinderklaue und dem Blättchenapparat des Wandsegmentes
- Abb. 2: Makroskopische Architektur des Klauenbeines (Os ungulare, Phalanx distalis, Phalanx III)

Teil II: Der Klauenbeinträger

- Abb. 3: Lichtmikroskopische Übersicht des Klauenbeinträgers

a. Bindegewebiger, überwiegend dermaler Teil des Klauenbeinträgers

- Abb. 4: Die Zone des lamellären Knochens
- Abb. 5: Die chondroapophysäre Ansatzzone des Klauenbeinträgers
- Abb. 6: Die Zone des verkalkten Faserknorpels
- Abb. 7: Die Zone des unverkalkten Faserknorpels
- Abb. 8: Die Ausrichtung und Verteilung der Kollagenfaserbündel des Klauenbeinträgers respektive der Zonen des parallelfaserigen straffen Bindegewebes in den verschiedenen Bereichen des Wandsegmentes am Zehnrückenteil der Klaue
- Abb. 9: Die Ausrichtung und Verteilung des kollagenen, elastischen und retikulären Fasersystems im Wandsegment
- Abb. 10: Die Oberflächenmodifikationen der Lederhaut im Wandsegment

b. Dermoepidermale Grenzfläche

- Abb. 11: Die dermoepidermale Grenzfläche und Architektur des Zellverbundes der unverhornten Epidermis im distalen Bereich des Wandsegmentes
- Abb. 12: Die Architektur des Zellverbundes der unverhornten Epidermis des Wandsegmentes
- Abb. 13: Die Ultrastruktur der dermoepidermalen Grenzfläche
- Abb. 14: Die Ultrastruktur der filamentären Strukturen an der dermoepidermalen Grenzfläche
- Abb. 15: Strukturelle Besonderheiten der Basalmembran

c. Epidermaler Teil des Klauenbeinträgers

Abb. 16: Die dermoepidermale Grenzfläche und Architektur des Zellverbundes vom epidermalen Teil des Klauenbeinträgers im mittleren und distalen Bereich des Wandsegmentes

Abb. 17: Die Struktur der Epidermis im distalen Bereich des Wandsegmentes am Margo dorsalis

d. Die Transferregion - das Sohlensegment

Abb. 18: Das Sohlensegment

Teil III: Die ent- und belastete Klaue

Abb. 19: Horizontalansichten des ent- und belasteten Klauenbeinträgers am Übergang von seinem dermalen zum epidermalen Teil

Abb. 20: Die bei der Belastung eintretenden Veränderungen an der Klaue

Legende zur Beschriftung der Abbildungen

A	Abstand	nm	Nanometer
ab	abaxial, abaxialis, -e	oG	osteocondrale Grenzlinie
Abb	Abbildung	P	Periost
ap	apikal, klauenspitzenwärts	palm	palmar, palmaris, -e
ax	axial, axialis, -e	par	parietalis
Bd	distaler Abschnitt des Ballen- segmentes	PAS	Perjodsäure-Schiff-(Reaktion)/ (perjodic acid schiff-(reaction))
Bgs	tiefe Beugesehne	plant	plantar, plantaris, -e
Bp	proximaler Abschnitt des Ballen- segmentes	Proc	Processus, Fortsatz
cor	coronalis	prox	proximal, proximalis, -e
D	Dermis, Lederhaut	R	Rotation
dG	dermoepidermale Grenzfläche	Rm	Röhrchenmark
dist	distal, distalis, -e	Rr	Röhrchenrinde
dors	dorsal, dorsalis, -e	Sa	Saumsegment
Eb	Epidermisblättchen	Sbl	Sekundärblättchen
Ep	Epidermis	SEM	Rasterelektronenmikros- kop(ische)/(scanning electron microscope)
ext	extensorius	So	Sohlensegment
flex	flexorium	St.l	Stratum lamellatum
G	Gefäßpforte an der Klauenbein- oberfläche	St.r	Stratum reticulare
Gf	Gelenkfläche für das Kronbein	Tub flex	Tuberculum flexorium
Hd	Hemidesmosom	TEM	Transmissionselektronenmikros- kop(ische)/(transmission electron microscope)
HE	Hämalaun-Eosin-Färbung nach MEYER		
K	Kronsegment	Tm	Tidemark, Mineralisationszone
Kah	Kappenhorn	Tp	Terminalpapille
Kb	Klauenbein	uvFk	Zone des unverkalkten Faserknor- pels
KBT	Klauenbeinträger		
Kf	Kollagenfaser	V/Vv	Vena, -ae
Kh	Kronhorn	vFk	Zone des verkalkten Faserknor- pels
Kp	Kappenpapille		
Ll	Lederhautleiste	Wd	Wandsegment
LM	Lichtmikroskop(ische)	µm	Mikrometer
M	Matrixvesikel	Zk	Zellkern
mm	Millimeter	Zrh	Zwischenröhrchenhorn

Abbildung 1

In den nachfolgenden Abbildungen sind die verwendeten Ausdrücke für die Lage- und Richtungsbezeichnungen an der Rinderklaue und dem Blättchenapparat des Wandsegmentes dargestellt.

- Abb. 1 a: Klaue der Hintergliedmaße mit Ansicht auf die Klauengrundfläche
- 1** plantar (an der Vordergliedmaße entsprechend palmar)
 - 2** abaxial, Facies abaxialis, abaxiale Seitenfläche, abaxiale Wandfläche gliedert sich in (siehe 1 c):
 - 2 a** apikales Drittel der Wandfläche
 - 2 b** mittleres Drittel der Wandfläche, Seitenteil
 - 2 c** plantares Drittel der Wandfläche, Trachtenteil
 - 3** apikal, klauenspitzenwärts, zehenspitzenwärts, zehenrückenwärts
 - 4** axial, Facies axialis, axiale Seitenfläche, axiale Wandfläche, Interdigitalfläche
 - 5** gesamte Klauengrundfläche (von der Zehenspitze bis zum fußenden Anteil des proximalen Abschnittes des Ballensegmentes)
 - 6** Interdigitalspalt, Zwischenklauenbereich
 - 7** Tragrand
 - 8** Sohlensegment mit:
 - 8a** Sohlenkörper
 - 8b** axialer Schenkel
 - 8c** abaxialer Schenkel
 - 9** Hohlkehlung
 - 10** Ballensegment, distaler Abschnitt
 - 11** Ballensegment, proximaler Abschnitt, fußender Anteil
 - 12** Ballensegment, proximaler Abschnitt, nicht-fußender Anteil
 - 13** Afterklaue

Abb. 1 b: Sagittalschnitt der lateralen Klaue einer Hintergliedmaße

- Sa** Saumsegment
- K** Kronsegment
- Wd** Wandsegment
- Bd** distaler Abschnitt des Ballensegmentes
- Bp** proximaler Abschnitt des Ballensegmentes

Abb. 1 c: Klaue der Hintergliedmaße mit Ansicht auf die dorsolaterale Wandfläche

- 14** Kronrand, Margo coronalis
- 15** dorsal, Dorsalteil, Margo dorsalis, Zehenrücken, Rückenteil
- 16** proximal, kronrandwärts
- 17** distal, tragrandwärts

Abb. 1 d: Lederhautlamellen im Wandsegment

- Länge einer Lamelle (proximodistale Ausdehnung)
- Höhe einer Lamelle (die Strecke von der Basis bis zum First einer Lederhautlamelle)
- Basisbreite (die Breite wird durch eine Verbindungslinie vom First einer Epidermislamelle bis zum First der benachbarten Epidermislamelle definiert)
- SEM-Präparat

Abb. 1 e: Lederhautpapillen im Wandsegment

- Länge einer Papille (reicht von der Basis bis zur Spitze der Papille)
- Basisdurchmesser (entspricht der Basisbreite einer Papille)
- Achse (zentrale Verbindungslinie von der Basis bis zur Spitze der Papille)
- SEM-Präparat

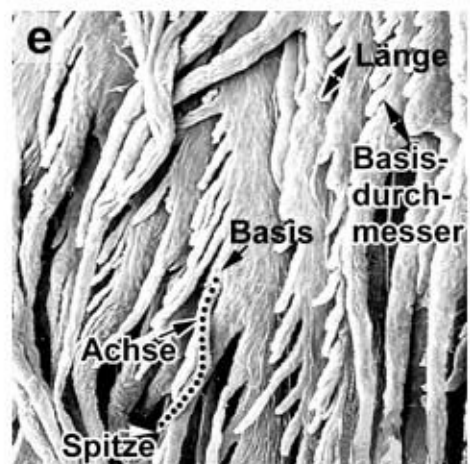
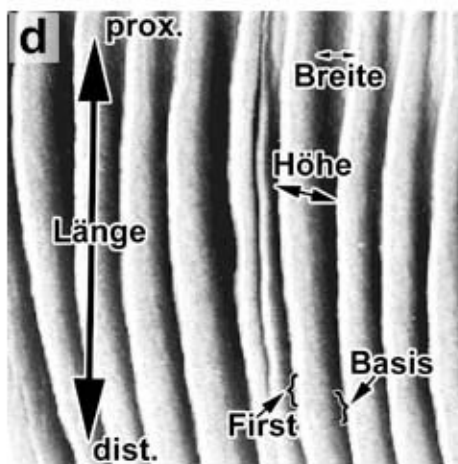
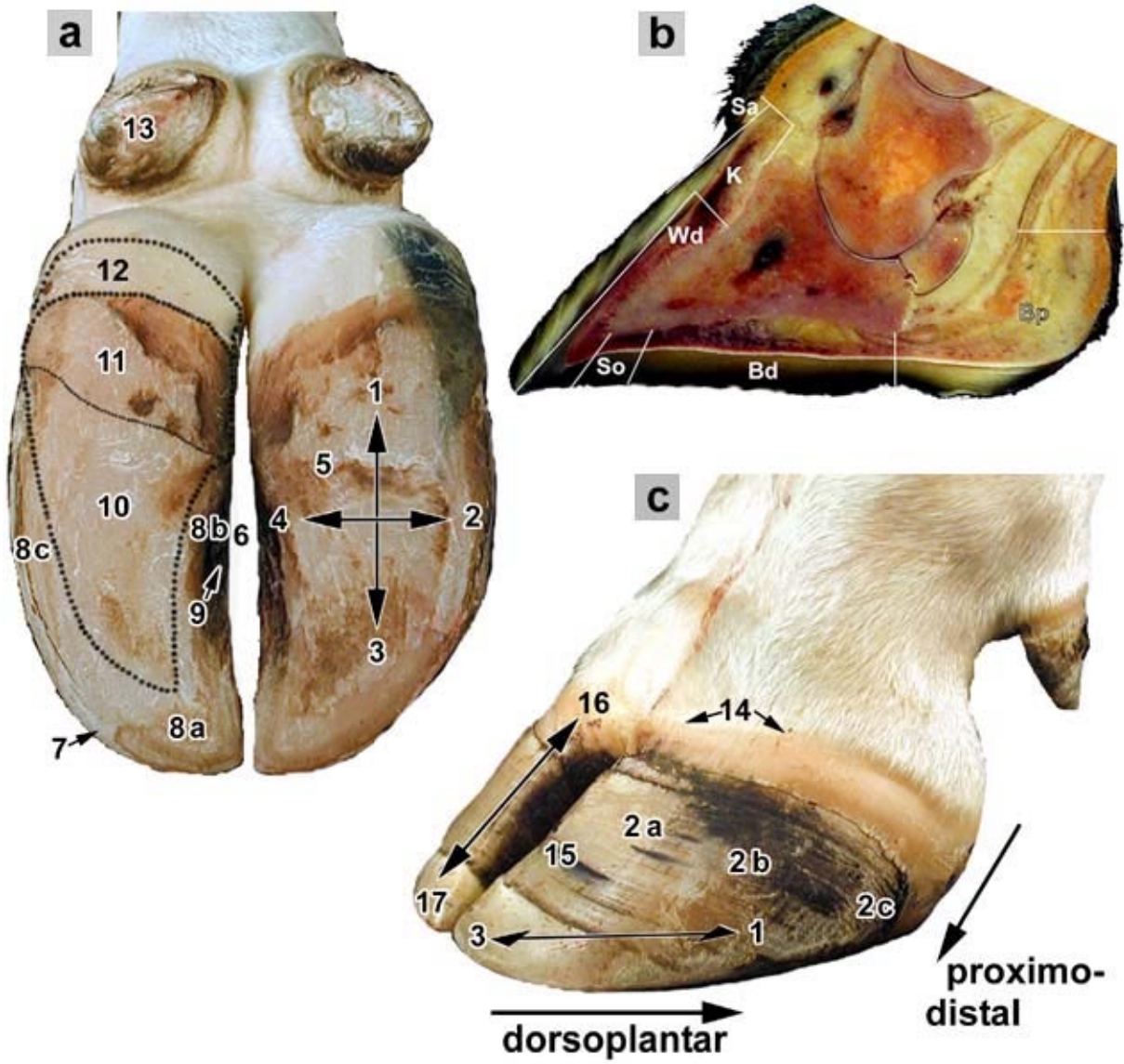


Abbildung 2

Makroskopische Architektur des Klauenbeines (Os ungulare, Phalanx distalis, Phalanx III)

- Abb. 2 a: Klauenbein in der Klauenkapsel
Ansicht auf die axiale Wandfläche des Klauenbeines
- Abb. 2 b: Ansicht auf die abaxiale Wandfläche des Klauenbeines der medialen Klaue einer rechten Hintergliedmaße
Gf: Gelenkfläche für das Kronbein
G: Gefäßpforten (Ein- und Austrittsstellen für Gefäße an der Klauenbeinoberfläche)
Margo cor.: Margo coronalis
Margo dors.: Margo dorsalis
Proc. ext.: Processus extensorius
Proc. plant.: Processus plantaris
Sulc. par.: Sulcus parietalis
- Abb. 2 c: Die Sohlenfläche (Planum cutaneum der Facies solearis) des Klauenbeines von einem 6jährigen Rind mit einer geringfügig rauen Oberfläche und leistenartigen Erhebungen (**weißer Pfeil**), die eine Höhe von bis zu 1 mm erreichen.
Kb-spitze: Klauenbeinspitze
G: Gefäßpforten (Ein- und Austrittsstellen für Gefäße an der Klauenbeinoberfläche)
Proc. plant.: Processus plantaris
Tub. flex.: Tuberculum flexorium
- Abb. 2 d: Dorsolaterale Ansicht des Klauenbeines
Die Oberfläche des Klauenbeines zeichnet sich durch ein auffälliges Oberflächenrelief aus, das durch Knochenkanälchen für Gefäße aus dem Klauenbeinplexus unterbrochen wird. Der Ausschnitt 1 (Abb. 2 e) aus dem Bereich des Margo dorsalis des Klauenbeines differenziert sich durch eine wabenartige Oberfläche. Im Ausschnitt 2 (Abb. 2 f), dem Bereich der abaxialen Wandfläche, ist die Klauenbeinoberfläche durch eine lamellenartige Struktur gekennzeichnet.
- Abb. 2 e: Ausschnitt aus Abbildung 2 d zur Ansicht auf die Klauenbeinoberfläche im Bereich des Margo dorsalis
Die proximodistal verlaufenden Knochenlamellen sind durch quer verlaufende Knochenbälkchen verbunden, so dass sich die Oberflächenkontur eher wabenartig darstellt.
SEM-Präparat
- Abb. 2 f: Ausschnitt aus Abbildung 2 d
Die Klauenbeinoberfläche zeichnet sich in distalen Arealen des Klauenbeines im Bereich der Insertionszone des Klauenbeinträgers durch ein lamellenartiges Relief aus. Die Knochenlamellen verlaufen proximodistal und ihre Breite variiert von 100 bis 300 µm bei einer Dichte von 3 bis 6 Leisten pro mm Knochenoberfläche. An der Basis der Lamellen und in der rinnenförmigen Vertiefung zwischen den Lamellen befinden sich Knochenkanälchen, die in proximodistal orientierten Reihen angeordnet sind und einen Durchmesser von 70 bis 600 µm aufweisen.
SEM-Präparat

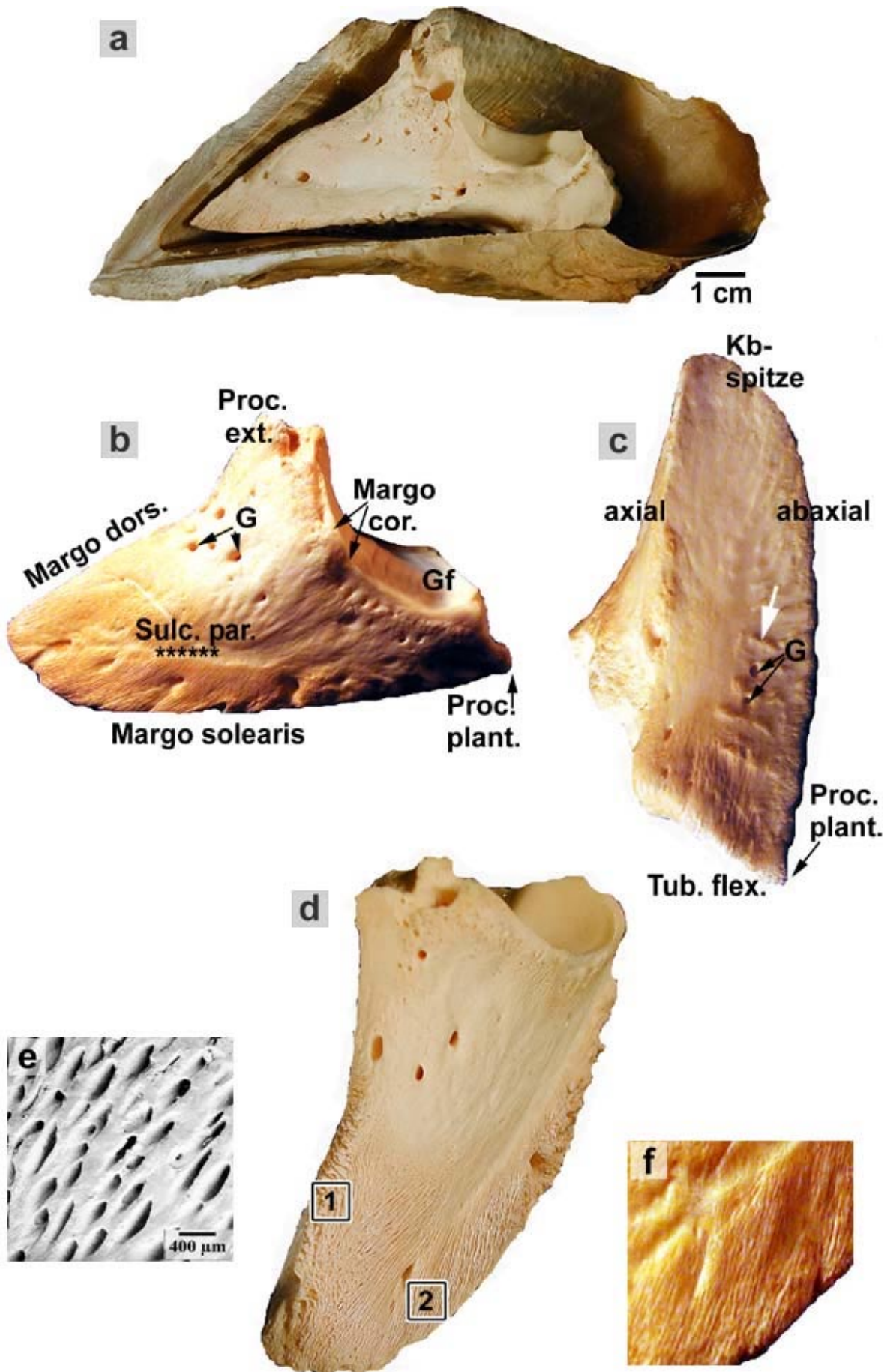


Abbildung 3

Lichtmikroskopische Übersicht des Klauenbeinträgers

Der Klauenbeinträger besteht aus einem bindegewebigen und epidermalen Teil und stellt die Verbindung zwischen dem Klauenbein und dem inneren Kronhorn her.

Der bindegewebige, vornehmlich dermale Teil des Klauenbeinträgers inseriert über eine chondropophysäre Ansatzzone am Klauenbein (**Kb**), die sich in vier Zonen (a bis d) gliedert:

- a** Zone des lamellären Knochens
 - b** Zone des verkalkten Faserknorpels
 - c** Zone des unverkalkten Faserknorpels
 - d** Zone des parallelfaserigen straffen Bindegewebes

 - e** Zone des zell- und gefäßreichen lockeren Bindegewebes flankiert die Zonen des parallelfaserigen straffen Bindegewebes
- Lb:** Lederhautblättchen

Die dermoepidermale Grenzfläche (**dG**) ist ein gemeinsames Produkt von Dermis und Epidermis und stellt den Übergang vom dermalen zum epidermalen Teil des Klauenbeinträgers her.

Der epidermale Teil des Klauenbeinträgers ist aus der Blättchen-, Kappen- und Terminalepidermis zusammengesetzt, die distal die Weiße Linie bilden

Dargestellt sind:

- Eb:** Epidermisblättchen
- Kah:** Kappenhorn

Die Druckkraft des Körpergewichtes wird über den Klauenbeinträger in eine Zugkraft umgewandelt und diese an das innere Kronhorn weitergeleitet.

- Kh:** Kronhorn

LM-Präparat (fixiert), Hämalaun-Eosin nach MEYER, polarisiert (Horizontalschnitt)

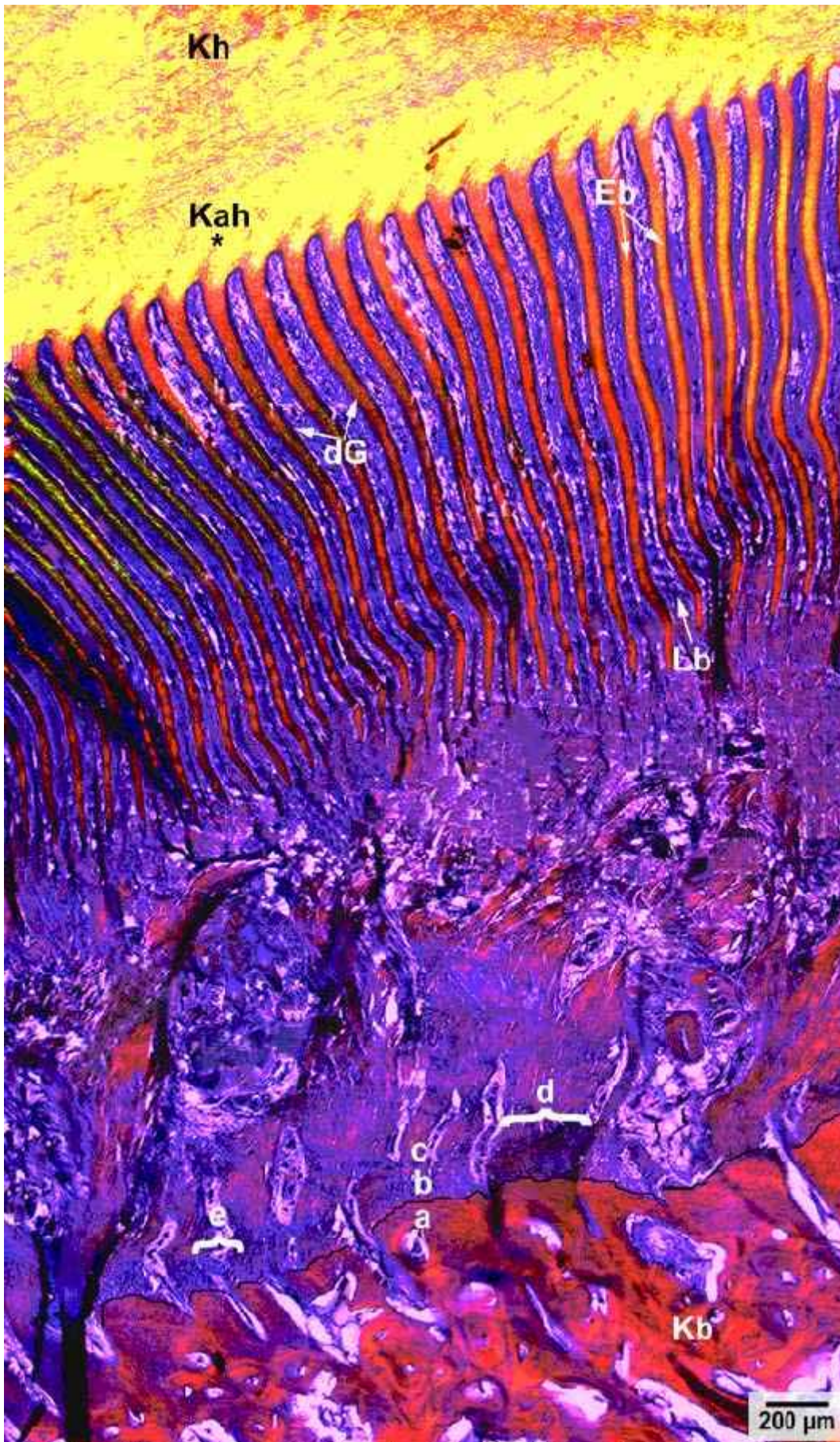


Abbildung 4

Die Zone des lamellären Knochens

Abb. 4 a: Die Kompakta des Klauenbeines

Die Substantia compacta ist ein verformbares Gewebe von beträchtlicher Härte, das erhebliche Deformationen aushält. In der Sagittalansicht des Klauenbeines wird deutlich, dass die Kompakta in Bereichen mit der höchsten Zugbeanspruchung (**Pfeile**) eine Dickenzunahme von 4 bis 6 mm aufweist. Diese Bereiche umfassen die Ansatzzone der Strecksehne des Musculus extensor digitalis communis resp. longus am Processus extensorius (**Proc. ext.**), die Ansatzzone der tiefen Beugesehne (**Bgs.**), den Processus plantaris (**Proc. plant.**) und den mittleren und distalen Bereich des Klauenbeines (**Klammer**), an denen besonders kräftige Kollagenfaserbündel des Klauenbeinträgers inserieren. In anderen Arealen des Klauenbeines ist die Kompakta 2 bis 3 mm dick.

Abb. 4 b: Oberfläche des Klauenbeines im distalen Bereich am Margo dorsalis

Auf dem First einer Knochenlamelle zeigt die Klauenbeinoberfläche deutlich Unebenheiten, die als Erhabenheiten (**Pfeile**) und Vertiefungen (**weiße Pfeilköpfe**) auftreten.

SEM-Präparat

Abb. 4 c: Klauenbeinplexus

Eine Arterie (**Pfeile**) dringt aus dem knocheneigenen Gefäßsystem des Klauenbeinplexus in die Zone des zell- und gefäßreichen lockeren Bindegewebes des Klauenbeinträgers vor.

LM-Präparat (fixiert), Hämalaun-Eosin nach MEYER (Sagittalschnitt)

Abb. 4 d: Knochenspannen zwischen zwei Knochenlamellen

Im mittleren Bereich des Wandsegmentes sind an den Flanken zweier Knochenlamellen Knochenspannen (**weißer Pfeil**) ausgebildet, die eine Verbindung der beiden Lamellen herstellen. Der stete Wechsel von der Zone des parallelfaserigen straffen Bindegewebes (**weiße Sternreihe**) mit der Zone des zell- und gefäßreichen lockeren Bindegewebes (**schwarze Sternreihe**) wird durch Gefäße (**Pfeilköpfe**) deutlich, die in der letztgenannten Zone verlaufen.

LM-Präparat (fixiert), Ladewig (Horizontalschnitt)

Abb. 4 e: Verankerung des Klauenbeinträgers an den Randosteonen des Klauenbeines

Ein Teil der Kollagenfasern des Klauenbeinträgers inseriert an der osteochondralen Grenzlinie (**oG**), während der größere Anteil der Kollagenfasern die Grenzlinie durchzieht und sich an den äußeren Speziallamellen der Randosteone (**Pfeile**) verankert, die sich an der Oberfläche des Klauenbeines (**Kb**) befinden. Zentralwärts

schließen sich größere, querovale Osteone mit weitem Haversschen Kanal an und es treten zunehmend mehr Schaltlamellen auf.

LM-Präparat (fixiert), Phosphorwolframbämatoxylin nach MALLORY (Sagittalschnitt)

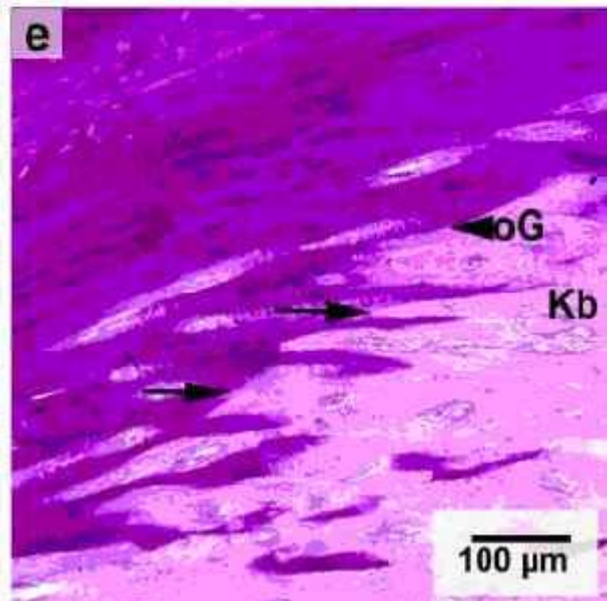
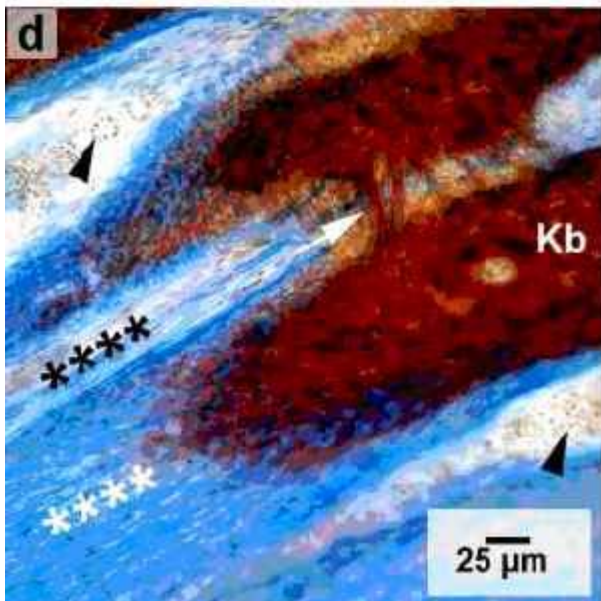
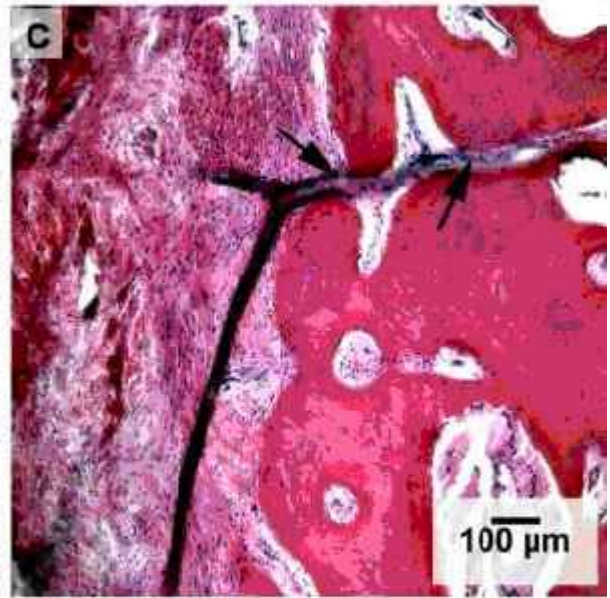
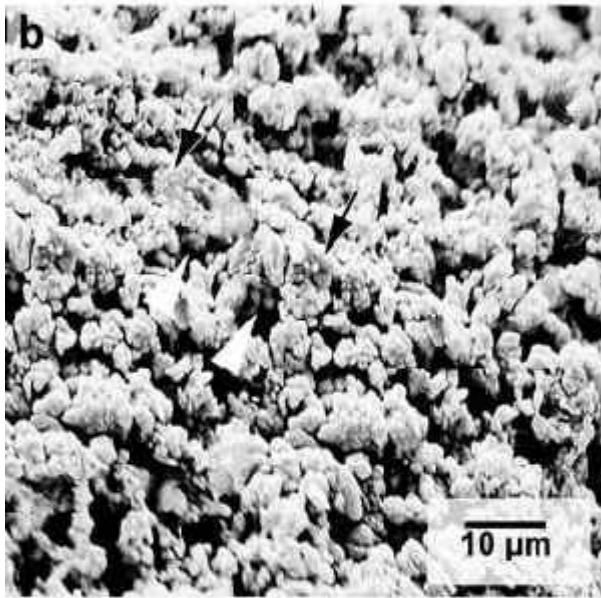
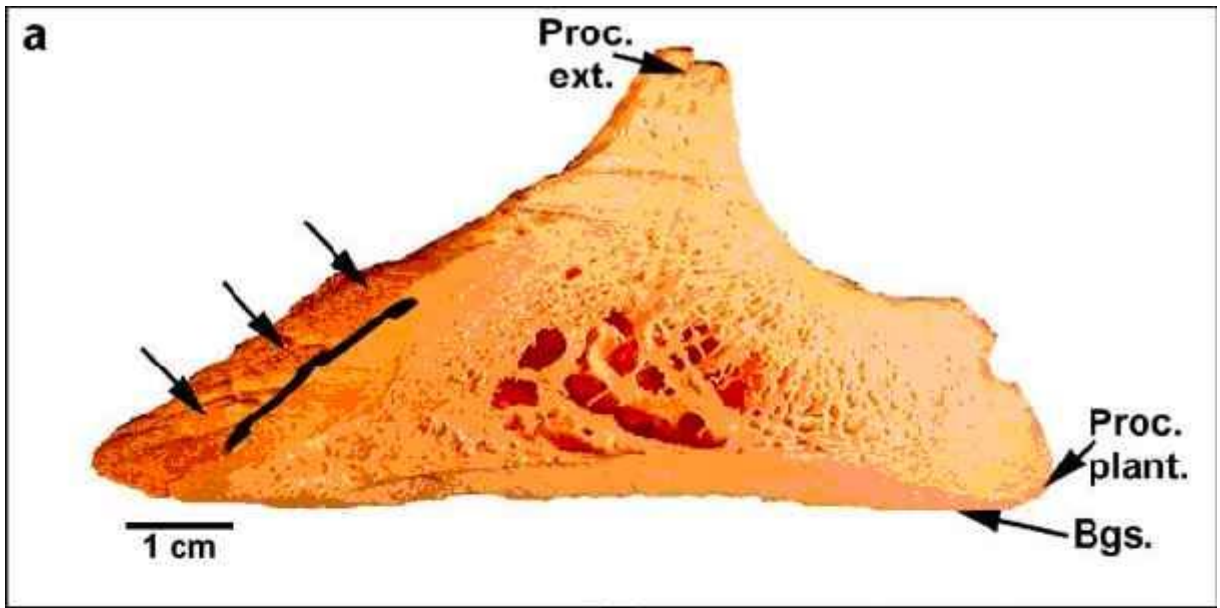


Abbildung 5

Die chondroapophysäre Ansatzzone des Klauenbeinträgers im mittleren und distalen Bereich des Wandsegmentes (Horizontalschnitte)

- Abb. 5 a: Faserknorpelige Ansatzzone des Klauenbeinträgers im mittleren Bereich des Wandsegmentes
Die faserknorpelige Ansatzzone des Klauenbeinträgers gliedert sich in die Zone des verkalkten Faserknorpels (**weißer Stern**) und in die Zone des unverkalkten Faserknorpels (**schwarzer Stern**), die beide zusammen als Elastizitätsmodul wirken. Die Zone des verkalkten Faserknorpels folgt der Kontur des Klauenbeines (**Kb**) und wird durch eine basophile Mineralisationszone/Tidemark (**Tm**) von der gleichmäßig dicken Zone des unverkalkten Faserknorpels getrennt.
LM-Präparat (fixiert), Hämalaun-Eosin nach MEYER
- Abb. 5 b: Faserknorpelige Ansatzzone des Klauenbeinträgers im mittleren Bereich des Wandsegmentes
Die Ansatzzone des Klauenbeinträgers hat eine dicke Zone des verkalkten Faserknorpels (**vFk**) und nur eine schmale Zone des unverkalkten Faserknorpels (**uvFk**). Zwei Mineralisationszonen (**Pfeile**) liegen kappenartig übereinander.
LM-Präparat (fixiert), Hämalaun-Eosin nach MEYER
- Abb. 5 c: Faserknorpelige Ansatzzone des Klauenbeinträgers im mittleren Bereich des Wandsegmentes
Die osteochondrale Grenze (**oG**) ist am Übergang vom Klauenbein (**Kb**) zum verkalkten Faserknorpel deutlich erkennbar. Die vier Mineralisationszonen (**Pfeile**) sitzen der Klauenbeinoberfläche kappenartig auf und laufen in Annäherung an die Zone des zell- und gefäßreichen lockeren Bindegewebes (**Sterne**) wieder zusammen.
LM-Präparat (fixiert), Hämalaun-Eosin nach MEYER
- Abb. 5 d: Chondroapophysäre Ansatzzone des Klauenbeinträgers im mittleren Bereich des Wandsegmentes
Die dicht aggregierten Kollagenfaserbündel sind trajektorieell in Zugrichtung des Klauenbeinträgers ausgerichtet und bilden mit dem Klauenbein (**Kb**) einen Winkel von annähernd 70° bis 75°. Es besteht ein ständiger Wechsel zwischen Zonen des parallelfaserigen straffen Bindegewebes (**weiße Sternreihe**) und Zonen des zell- und gefäßreichen lockeren Bindegewebes (**schwarze Sternreihe**).
Zone des verkalkten Faserknorpels: **vFk**; Zone des unverkalkten Faserknorpels: **uvFk**, LM-Präparat (fixiert), Hämalaun-Eosin nach MEYER
- Abb. 5 e: Faserknorpelige Ansatzzone des Klauenbeinträgers im distalen Bereich des Wandsegmentes
Eine Zone des zell- und gefäßreichen lockeren Bindegewebes (**schwarze Sternreihe**) wird von zwei Zonen des parallelfaserigen straffen Bindegewebes (**weiße Sternreihen**) flankiert. Die Zone des zell- und gefäßreichen lockeren Bindegewebes grenzt an das Periost (**P**), eine feste fibröse Haut, die die Flanken und die Basis der Knochenlamellen überzieht. Die tiefere Schicht des Periostes ist zellreich und ihre knochenbildende Potenz geht auch im Alter nicht verloren. Auf den Firsten der Knochenlamellen (**schwarze Pfeile**) inseriert der Klauenbeinträger über eine chondroapophysäre Ansatzzone, die am Margo solearis am dicksten ist. Ein Periost liegt nur dort vor, wo die faserknorpelige Ansatzzone fehlt.
LM-Präparat (fixiert), Hämalaun-Eosin nach MEYER

