

### **3. Eigene Untersuchungen**

#### **3.1. Material und Methoden**

##### **Patienten**

Die in dieser Studie präsentierten Bilder stammen aus unterschiedlichen Gruppen von Tieren. Es handelt sich dabei 1. um vier gesunde Warmblutpferde der Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort unterschiedlichen Alters und Geschlechts, 2. um sieben Patienten der Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort und der chirurgischen Großtierklinik der veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Lüttich, die vorgeschichtlich Lahmheiten aufwiesen und 3. um ein 18 Monate altes Warmblutfohlen des Fachbereichs Veterinärmedizin der Universität Lüttich an dem *post mortem* Studien, transcuneale Aufnahmen des Podotrochlearapparats, durchgeführt wurden.

Bei den unter 2. genannten Tieren handelt es sich um folgend Fälle:

Fall I: 16-jähriger Wallach, Selle-Français, Freizeitpferd

Fall II: 7-jähriger Wallach, Selle-Français, Springpferd

Fall III: 4-jähriger Wallach, Selle-Français, Vielseitigkeitsreiten

Fall IV: 9-jährige Stute, Selle-Français, Zugpferd

Fall V: 4-jährige Stute, englisches Vollblut, Galopper

Fall VI: 6-jähriger Wallach, Selle-Français, Springpferd

Fall VII: 9-jähriger Wallach, belgisches Warmblut, Springpferd

Das unter 3. genannte Fohlen war wegen einer Sprungbeinfraktur euthanasiert worden. Die 12 Aufnahmen des Podotrochlearapparats entstanden am Institut für bildgebende Verfahren des Fachbereichs Veterinärmedizin Lüttich.

Anlässlich der Konsultation wurde nach einer eingehenden klinischen Untersuchung das Hufgelenk als Sitz der Lahmheit lokalisiert. Für das Referenzprofil liegen zehn, teilweise Doppelabbildungen, vier longitudinale, eine schräge und fünf transversale sowie als pathologische Fallbeispiele sieben sonographische Abbildungen vor.

### Zeitraum der Untersuchungen

Die Ultraschallbilder der dorsalen Seite des Hufgelenks gesunder Tiere wurden mit einer linearen Sonde zwischen November 1993 und Januar 1996 realisiert. Die in dieser Studie beinhalteten Bilder der palmaren Region per sektorieller Sonde sind jüngeren Datums und wurden an fünf Pferden durchgeführt, die letzten Resultate des distalen palmaren Anteils der *Bursa podotrochlearis* stammen von Oktober 2002.

Pathologische sonographische Abbildungen stammen von sieben Patienten aus dem Zeitraum von November 1992 bis Mai 2000.

### Apparative Ausstattung

Die sonographische Untersuchung der *Articulatio interphalangea distalis* und des proximalen Anteils der *Bursa podotrochlearis* wurde mit einem semiportablen Gerät, SIEMENS SONOLINE LM und dem stationären ALOKA SSD 1200 und SSD 2000 durchgeführt. Die lineare Sonde diente der Darstellung der dorsalen und abaxialen Region des Hufgelenks. Dort lagen die zu untersuchenden Strukturen ausreichend oberflächlich und parallel im Bezug zur Haut. Im longitudinalen Bild waren die Konturen der abaxialen Region nicht so konvex, dass sie Untersuchungsergebnisse verfälschen oder die Untersuchung verhinderten. Die verwendete Sonde hatte eine Frequenz von 7,5 MHz, mit deren Hilfe sich die oberflächlich gelegenen Strukturen am besten darstellen ließen, sie gewährleistete eine ausreichende Eindringtiefe (DENOIX et al. 1989; DENOIX 1995).

Die Konkavität der Ballengrube machte den Einsatz einer sektoriellen Sonde von 7,5 MHz bei der Untersuchung der palmaren Region nötig. Gegen die Verwendung einer sektoriellen Sonde sprach ansonsten, dass aufgrund der Divergenz des Feldes eine longitudinale Ansicht weniger umfangreich als die einer linearen Sonde war, was die topographische Darstellung einer Region erschwerte.

Die Visualisierung oberflächlicher Strukturen in den ersten Zentimetern wurde verbessert, indem ein schalldurchlässiges Polster (**Standoff-Pad**) aus synthetischem Material von 0,5 bis 1,5 cm Höhe als Vorlaufstrecke zwischen Sonde und Haut gebracht wurde. Es ermöglichte, dorsal und abaxial einen ausreichenden Kontakt zu gewährleisten.

Die transcunealen Aufnahmen des Strahlbeins erfolgten mit Hilfe des tragbaren ALOKA SSD 900 unter Verwendung einer mikrokonvexen Sonde mit 7,5 MHz, einer konvexen Sonde mit 3,5 MHz und einer Linearsonde mit 7,5 MHz.

Die Aufnahme erfolgte auf Kassetten eines U-Matic Videogerätes. Mit Hilfe eines Video-Graphic-Printers wurden die aussagekräftigsten Bilder fixiert ausgedruckt und dem Besitzer oder behandelnden Tierarzt übermittelt. Die Archivierung in Form von Videos erlaubt die retrospektive Analyse, sowie dem Verlauf eines Krankheitsprozesses zu verfolgen (RAPP 1993). Alle Geräte waren auf einem rollbaren Tisch installiert.

Die transcunealen Aufnahmen der *post mortem* Studie und von Fall VII wurden mittels eines MAVICAP (Sony™) digitalisiert.

Der Ort der sonographischen Untersuchung war abgedunkelt, um die Interpretation des sonographischen Bildes auf dem Monitor zu erleichtern (GLADISCH 1993). Eine gewisse Stille wurde eingehalten, um die Pferde nicht zu beunruhigen. Dem Komfort des Patienten ist ein rutschfester Untergrund zuträglich.

### **Vorbereitung des Pferdes**

#### *Ruhigstellung*

Die meisten Pferde akzeptierten die Ultraschalluntersuchung, sofern sie in Ruhe stattfand. Die Pferde wurden stehend untersucht, mit einer Hilfsperson, die am Kopf platziert und angewiesen wurde, das Tier unbeweglich zu halten. Falls sich das Tier weiterhin gegen den Kontakt mit der Sonde wehrte, hob eine weitere Hilfe die gegenüberliegende Extremität an. Dies hatte zugleich den Vorteil, die zu untersuchende Gliedmaße durch Belastung in einer guten Position zu fixieren. Ferner konnten bestimmte Ansichten im weiteren Verlauf der Untersuchungen ohnehin nur am aufgehaltene(n) Fuß realisiert werden.

Wenn sich auch die Anwendung der Nasenbremse als unzureichend erwies, wurde ausnahmsweise die medikamentelle Ruhigstellung angewandt. Eine leichte und befriedigende Sedation wird durch die intravenöse Injektion von Detomidin® (0,01 mg/1kg i.v.) erreicht.

### **Vorbereitung der zu untersuchenden Region**

Um einen guten Kontakt zu erhalten, wurde die Kronregion sorgfältig und gleichmäßig rasiert. Unter Krone im klinischen Sinn versteht man anatomisch die (unbehaarte) Saumregion und einen sich anschließenden ca. 3 cm breiten behaarten Hautstreifen. Offene, ausgedehnte Hautwunden der zu untersuchenden Regionen stellen eine Kontraindikation der Sonographie dar, denn die Untersuchung kann zu einer Kontamination führen, ferner verursachen die Wunden möglicherweise Verfälschungen der Ergebnisse (HARLAND et SATTLER 1991; DENOIX 1996). Um eine optimale Untersuchung der palmaren Anteile des Hufgelenks und der proximalen *Bursa podotrochlearis* zu gewährleisten, wurde die Saumbandregion als akustisches Fenster gewählt (Abb. 11). Der rasierte Abschnitt erstreckte sich dorsal rund eine Hand breit und palmar bis zur halben Höhe der Zehe. Haut und Unterhaut wurden einige Minuten mit einem nassen Schwamm angefeuchtet. Falls das Hufhorn nicht zu dick war, wurde der gesamte Fuß 10 Minuten lang in Wasser gestellt. Um Artefakte durch Impedanzdifferenzen, Wiederholungsechos oder überflüssige Absorption der Schallenergie zu umgehen, wurde ein ultraschalldurchlässiges Gel (Aquasonic, Laboratoire 3M Santé) auf verschiedenen Ebenen appliziert: auf der Haut; falls eingesetzt, zwischen Sonde und synthetischem Pad und zwischen synthetischem Pad und Sonde.

Die für die Aufnahmen des Podotrochlearapparats verwendeten Vordergliedmaßen wurden mehrere Stunden in Wasser eingeweicht und das Horn des Strahls eben geschnitten. Auch für diese Aufnahmen wurde Ultraschallgel verwendet.

### **Positionierung des Fußes**

#### *Weight Bearing Position*

Die sonographische Untersuchung der Region des Hufgelenks in der Weight Bearing Position fand am stehenden Pferd statt, dessen abzubildende Zehenregion zunächst belastet wurde (Abb. 11). Tiefe Beugesehne, kollaterale und distale Sesambeinbänder an der palmaren Seite sind gespannt. Die dorsalen Strukturen, also Strecksehne, kollaterale Hufgelenksbänder und dorsale Gelenkkapsel, lagen in entspanntem Zustand vor.



**Abb. 11:** Position der Sonde für palmare Ansichten

### *Non-Weight Bearing Position*

Eine genaue Darstellung einiger Strukturelemente war nur bei gebeugtem Gelenk möglich. Dann war auf der palmaren Seite die tiefe Beugesehne nicht mehr in engem Kontakt mit dem distalen Rand des Strahlbeins. Man vermied durch diese Position die durch die Undulation der entspannten Fasern verursachte Hypoechogenität und dadurch Artefakte. Für diese Position benötigte man eine weitere Hilfe, die den Pferdefuß entlastete. Unter diesen Bedingungen wurde außerdem eine dynamische Untersuchung möglich. Die Mobilisierung der anatomischen Strukturen und deren Bewegung gegeneinander dient dem Zweck, pathologische Verklebungen oder Verwachsungen bzw. die normale Gleitfähigkeit darzustellen (HARLAND et SATTLER 1991; REEF 1998).

### **3.2. Ergebnisse**

#### **3.2.1. Allgemeines**

Die dorsale (lineare und sektorielle Abbildung) und abaxiale Applikation einer Sonde an der Zehe ermöglichte die sonographische Untersuchung des Hufgelenks. Weil Strahl und Hufwand die Studie des Podotrochlearapparats behindern, konnte eine Untersuchung des palmaren Anteils nur mittels eines sektoriellen Schallkopfes im Bereich der Ballengrube, der Ballenpolster oder im Kronbereich der vorderen Seitenwände erfolgen. Sonden von 5 oder 7,5 MHz waren erforderlich. Die Indikation der sonographischen Untersuchung des Hufgelenks beinhaltete traumatische und degenerative Arthropathien; die des Podotrochlearapparats beinhaltete jeden Verdacht von Podotrochlosesyndrom oder Tendinitis des distalen Abschnittes der tiefen Beugesehne.

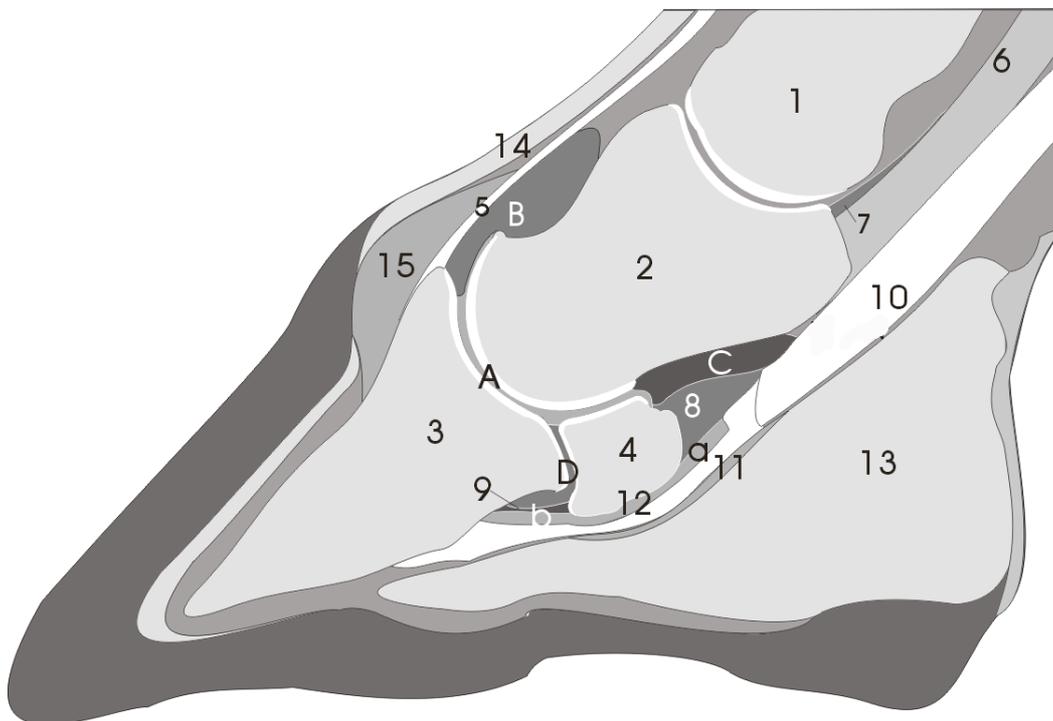
Referenzaufnahmen der dorsalen, abaxialen, frontalen und palmaren Seiten sowie transcuneale Ansichten des Hufgelenks und der Bursa podotrochlearis sind, soweit umsetzbar, in longitudinalen und transversalen Ebenen realisiert worden.

#### **Sagittaler Zugang**

##### *Facies palmaris*

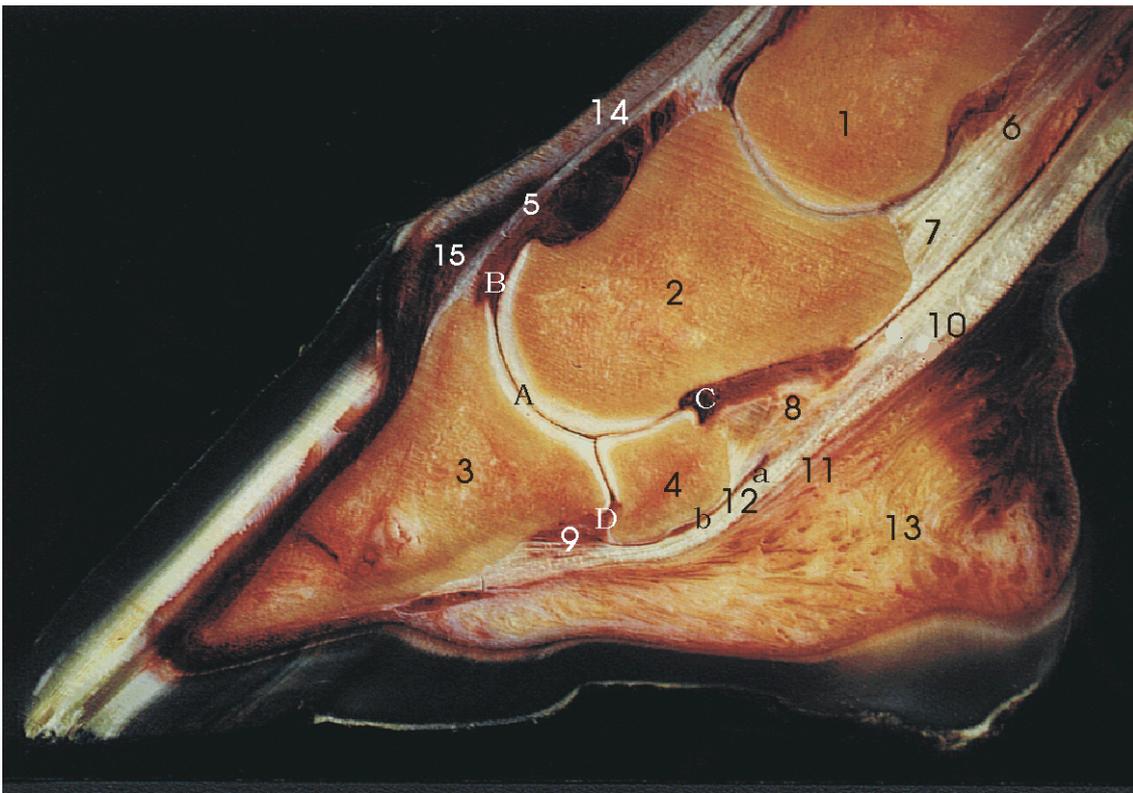
**Sagittal** oder **leicht parasagittal** durchquert der Schallstrahl von der Oberfläche zur Tiefe Haut, Hufpolster, tiefe Beugesehne und abschließend die zum Podotrochlearapparat gehörende Strukturen (Abbildungen 12, 13, 22, 23 und 25). Wird der Schallkopf für eine transversale Projektion im am weitesten distal gelegenen Punkt der Ballengrube platziert (Abb. 14), erhält der Schallstrahl einen sehr schrägen Verlauf zur Achse der tiefen Beugesehne, die dann in Relation zu perpendikulär getroffenen Strukturen hypoechogen erscheint. Trotzdem sind ihre Kontur und Begrenzungen identifizierbar, da sie sich in ihrer Echogenität von der *Tela subcutanea tori* und weiter dorsal gelegenen Strukturen unterscheidet. Sie erweist sich distal in lateromedialer Richtung als sehr breit und dünn, im Gegensatz zu ihrem proximal gelegenen Abschnitt. Dort weist die tiefe Beugesehne einen verstärkt echogebenden Bereich auf. Dieser sollte vom proximalen Abschnitt der *Phalanx media* bis zum am weitesten distal gelegenen Sehnenareal, das noch abgebildet werden kann, einen gleichmäßigen Querschnitt haben. Die Sehne zeigt in sagittaler

Darstellung ein dorsal gelegenes, fibrocartilaginöses bis kartilaginöses und von daher echoärmeres Areal.



**Abb. 12:** Zehe des Pferdes - Sagittale Ansicht, Schemazeichnung

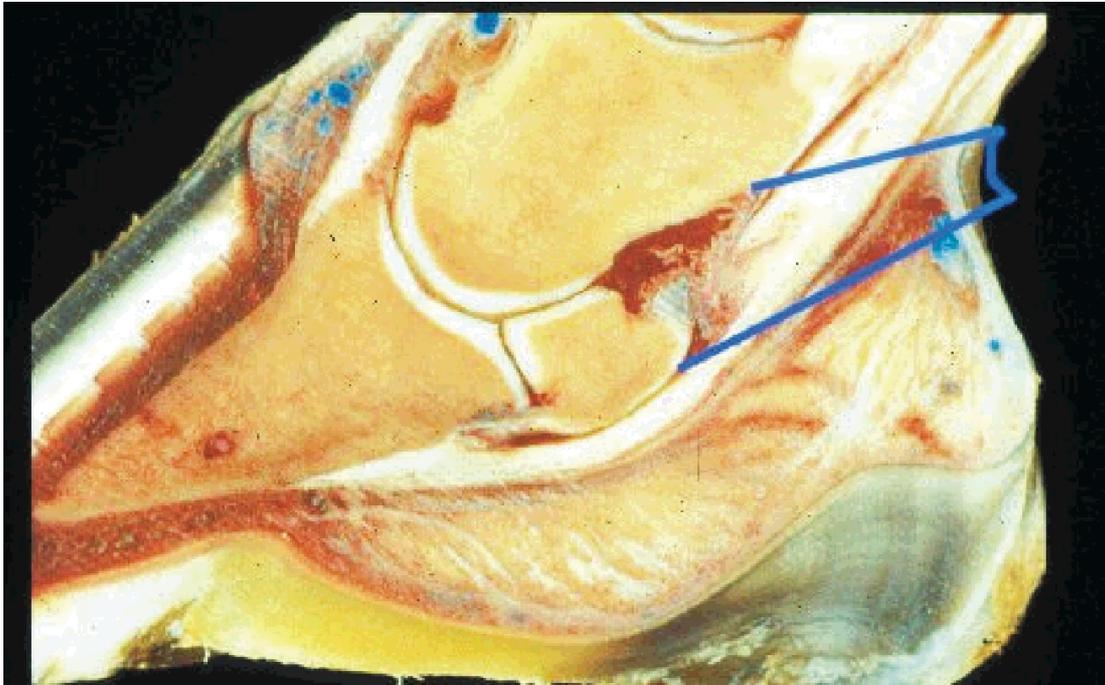
- |  |   |
|--|---|
| 1 - Phalanx proximalis                   | A - Articulatio interphalangea distalis   |
| 2 - Phalanx media                        | B - Recessus dorsalis der AIPD            |
| 3 - Phalanx distalis                     | C - Recessus palmaris proximalis der AIPD |
| 4 - Os sesamoideum distale               | D - Recessus palmaris distalis der AIPD   |
| 5 - Tendo m. extensor digitalis longus   |   |
| 6 - Lig. sesamoideum rectum              |   |
| 7 - Scutum medium                        |   |
| 8 - Lig. sesamoideum collaterale         |   |
| 9 - Lig. sesamoideum distale impar       |   |
| 10 - Tendo m. flexor digitorum profundus |   |
| 11 - Lig. anulare digiti                 |   |
| 12 - Bursa podotrochlearis               |   |
| a - Recessus proximalis                  |   |
| b - Recessus distalis                    |   |
| 13 - Tela subcutanea tori                |   |
| 14 - Integumentum commune                |   |
| 15 - Tela subcutanea coronae             |   |



**Abb. 13:** Anatomisches Präparat der Zehe - Sagittale Ansicht

Proximal dieses Segments befinden sich unterscheidbare, dem Podotrochlearapparat zugehörige Strukturen, insbesondere die kollateralen Strahlbeinbänder, die als echogene Trias, am hyperechogenen Strahlbeinrand inserierend, sichtbar werden. Die sich kreuzenden Fasern der medialen und lateralen *Ligamenta collateralia ossis sesamoidei distalis* formen eine Trennfläche der *Recessus proximales* von Hufgelenk einer- und *Bursa podotrochlearis* andererseits. Beide lassen sich im **transversalen** wie im **longitudinalen Bild** mit der sektoriellen Sonde abbilden. Um einen besseren Überblick des *Os sesamoideum distale* zu erhalten, muss der Sondenkopf so weit distal wie möglich angesetzt werden, damit der Schallstrahl weitestgehend senkrecht auf die *Facies flexoria* trifft. In diesem Fall, wenn die Sonde in der Ballengrube platziert wird, erscheint der subchondrale Knochen der *Facies flexoria* als reguläre, konvexe hyperechogene Linie. Auf mittlerer Höhe formt sie gelegentlich eine kleine Vertiefung, die einer synovialen Grube entspricht. Eher **parasagittal ausgerichtete Ansichten**, die von lateral nach medial verlaufen, ermöglichen, einen ca. 1-2 cm großen Bereich der Strahlbeinoberfläche im sagittalen Bereich zu beurteilen. In **transversalen Schnitten** (Abb. 15, 16, 24 und 26) bildet eine Abtastung in proximodistaler Richtung den proximalen Anteil der

*Facies flexoria* ab. Bei proximopalmarer Durchmusterung ist es möglich, mehrere Profile des Strahlbeins zu erhalten. Das Bild des distalen Abschnitts des Ballenpolsters kann gelegentlich durch den überlagerten Strahl deformiert erscheinen (BUSONI et DENOIX 2001).



**Abb. 14:** Darstellung (anatomisches Präparat) der erfassten Strukturen in palmarer Ansichten

#### *Facies dorsalis*

An der *Facies dorsalis* erweist sich die Haut dicker als an der palmarer Seite. In **longitudinaler Ausrichtung** (Abb. 19) ist das subkutane Bindegewebe unter der Haut breiter und verbreitert sich fortlaufend in Richtung der Krone, von wo es sich im breiten und relativ echogenen Kronpolster fortsetzt. Unter dem subkutanen Bindegewebe ist die Strecksehne verhältnismäßig schwach und von annähernd homogener Dicke. Sie ist bis zu ihrer distalen Insertion am *Processus extensorius* verfolgbar. Im Vergleich zu den anderen Sehnen ist sie weniger echogen. Ihre Grenzen sind klar umrissen und ihre Echogenität erscheint weiter herabgesetzt durch ihren kurvigen Verlauf, den sie einnimmt, um sich den darunter befindlichen Strukturelementen anzupassen.

Unterhalb der Strecksehne befindet sich der *Recessus dorsalis* der *Articulatio interphalangea distalis*. Dieser *Recessus* ist schwach mit Synovialflüssigkeit gefüllt. Unter ihm sind hyperechogene Linien sichtbar, die das dorsale knöcherne Profil der *Phalanx media* und des *Processus extensorius* darstellen.

Diese hyperechogenen Linien zeichnen das Profil, das man in lateromedialer Projektion auf Röntgenbildern findet. Der *Processus extensorius* ist zweilappig, wo er die Insertion der Strecksehne aufnimmt. Um ihn besser darzustellen, muss die Sonde leicht schräg in distaler Richtung platziert werden. Der *Processus extensorius* ist vom *Caput* der *Phalanx media* durch einen anechogenen Zwischenraum getrennt, der dem Gelenknorpel des mittleren Zehenknochens entspricht.

### Abaxialer Zugang

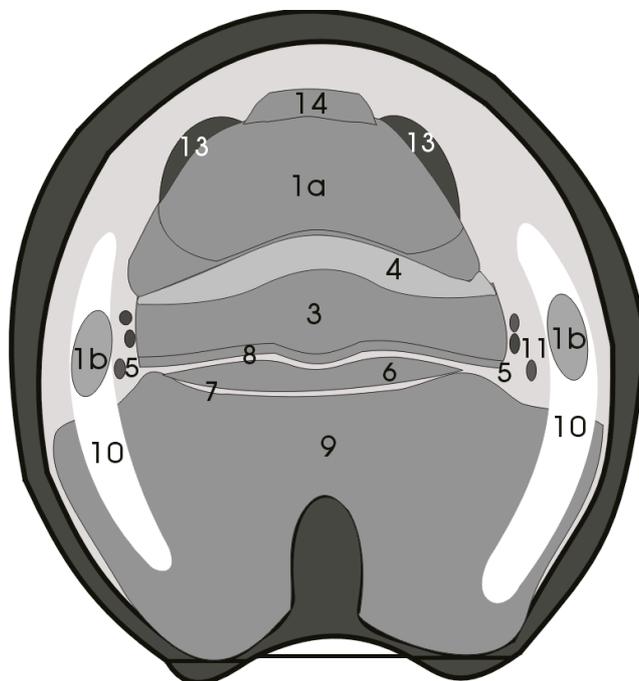
#### *Longitudinale Schnitte*

Frontale Ansichten (Abb. 17, 18, 20) werden leicht schräg durchgeführt, um sich dem kurvigen Verlauf der Region anzupassen. Der Hornschuh behindert durch Einschränkung der Passage des Ultraschalls frontal, in Richtung der mittleren und distalen Anteile des mittleren Zehenknochens, realisierte Ansichten. Lediglich die Strukturen, die proximal des Hufhorns liegen, sind identifizierbar. Diese können weiter nach distal verfolgt werden, wenn der Schallstrahl schräg zur Oberfläche des Hufhorns in distaler Richtung verläuft.

Longitudinale Ansichten, u.a. der **dorsomedialen** oder **dorsolateralen** Seite (Abb. 27 und 28) dieser Region zeigen von der Oberfläche zur Tiefe die Haut und das subkutane Bindegewebe.

Unterhalb der Haut und des subkutanen Bindegewebes sind bandhafte Strukturen identifizierbar, die vertikal zur Achse des Zehenknochens orientiert sind. Daher muss die Orientierung der Sonde mehr vertikal als parallel zur Achse der Zehe verlaufen, um longitudinale Ansichten des Kollateralbands der *Articulatio interphalangea distalis* und des kollateralen Strahlbeinbands zu erhalten. Unter diesen Bedingungen erscheint vor allem das Kollateralband des Hufgelenks echogen und relativ dick. Sein distales Drittel ist in diesen Ansichten nicht darstellbar. Unter diesen Bändern ist die hyperechogene Oberfläche der *Phalanx media* sichtbar; sie formt an der

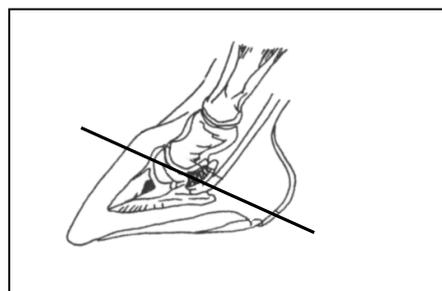
dorsoabaxialen Seite der Region eine Vertiefung, die der proximalen Insertionsgrube des Kollateralbands des Hufgelenks entspricht (Abb. 21).



**Abb. 15:** Zehe des Pferdes - Transversale Ansicht, Schemazeichnung

- 1a - Phalanx distalis
- b - Processus palmaris
- 2 - Phalanx media
- 3 - Os sesamoideum distale
- 4 - Articulatio interphalangea distalis
- 5 - Lig. sesamoideum collaterale
- 6 - Tendo m. flexor digitorum profundus
- 7 - Lig. anulare digiti
- 8 - Bursa podotrochlearis
- 9 - Tela subcutanea tori
- 10 - Cartilago unguularis
- 11 - Arteria digitalis palmaris propria
- 12 - Cartilago articularis phalangis distalis
- 13 - Lig. collaterale laterale der AIPD
- 14 - Processus extensorius

Niveau des anatomischen Schnitts



Skizzen nach: DENOIX (1996)

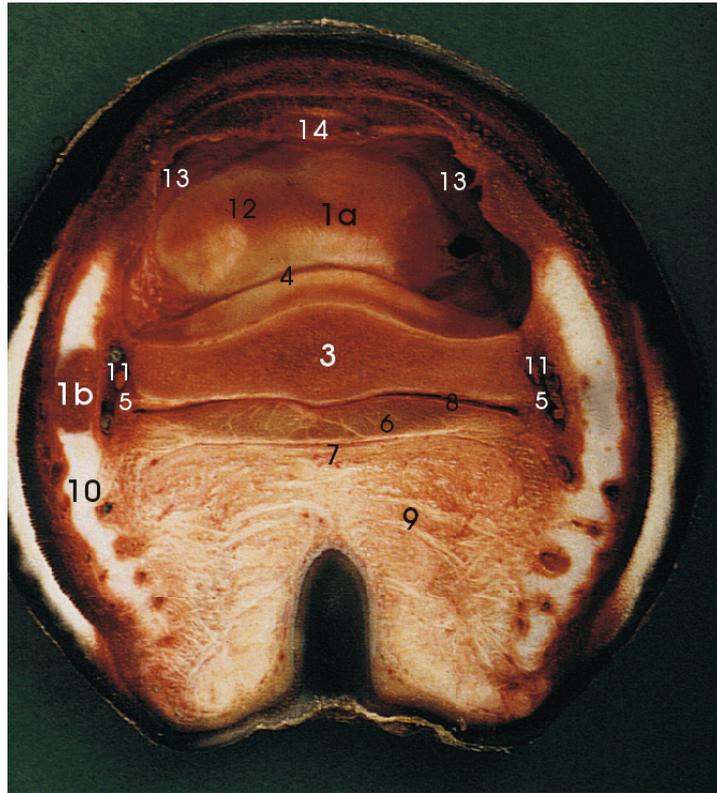


Abb. 16: Anatomisches Präparat der Zehe - Transversale Ansicht

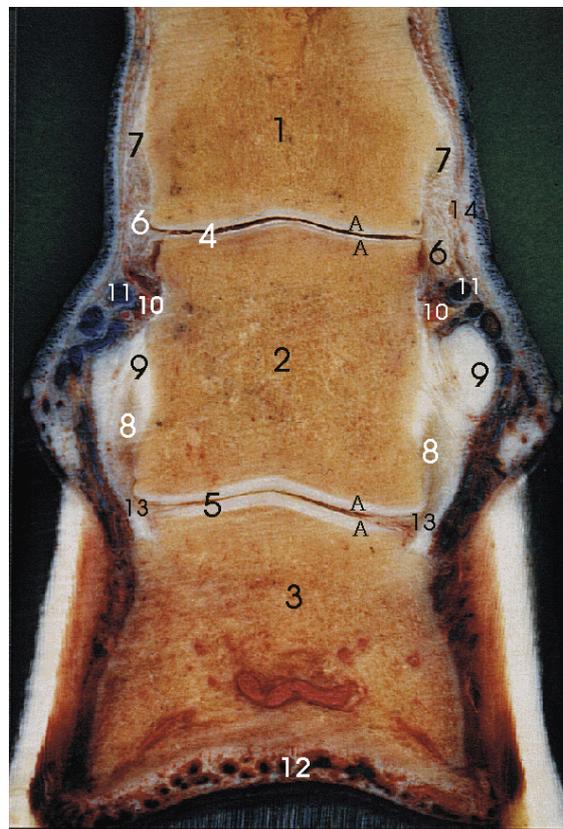
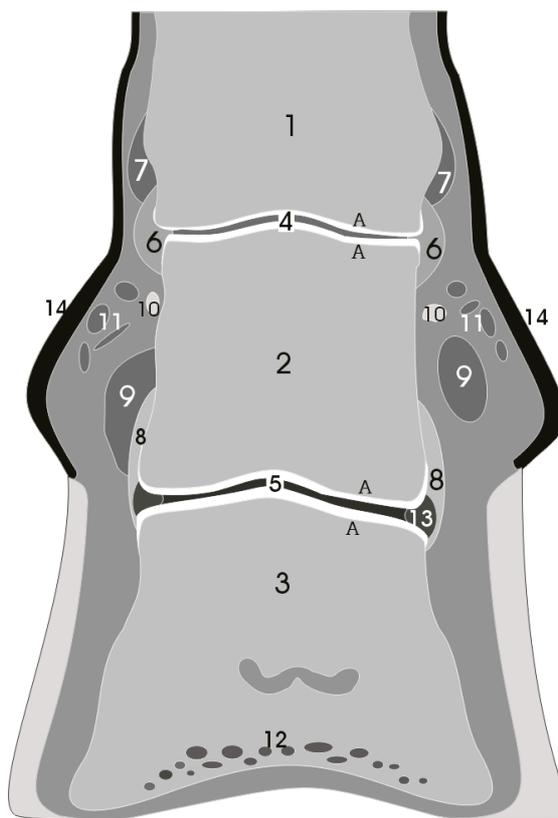


Abb. 17: Anatomisches Präparat der Zehe - Frontale Ansicht



**Abb. 18:** Zehe des Pferdes - Frontale Ansicht, Schemazeichnung

- 1 - Phalanx proximalis
- 2 - Phalanx media
- 3 - Phalanx distalis
- 4 - Cavitas articulationis interphalangeae proximalis
- 5 - Cavitas articulationis interphalangeae distalis
- 6 - Lig. collaterale der AIPP
- 7 - Lig. sesamoideum collaterale
- 8 - Lig. collaterale der AIPD
- 9 - Cartilago unguicularis
- 10 - Arteria digitalis palmaris propria
- 11 - Vena digitalis palmaris propria
- 12 - Plexus solearis
- 13 - Recessus collateralis der AIPD
- 14 - Integumentum commune
- A - Cartilago articularis

An einigen Punkten, besonders, wenn die Sonde in palmarer (oder plantarer) Ausrichtung platziert wird, ist hier der Hufknorpel identifizierbar. Dann ist der Hufknorpel zwischen dem subkutanem Bindegewebe der Krone einerseits und den Bändern und osteoartikulären Strukturen andererseits lokalisiert. Es sei auf die Tatsache hingewiesen, dass sich diese Projektionen nur eingeschränkt mit einer linearen Sonde realisieren lassen.

Im Saumsegment sind Haare abwesend und das relativ dünne Horn hat einen höheren Feuchtigkeitsgehalt, daher sind die innen angrenzenden Strukturen der Ultraschalluntersuchung zugänglich. Die einfach zu erzielenden Bilder in **transversaler Ausrichtung** (Abb. 24) erhält man, wenn die Sonde an der **dorsoabaxialen** Seite der Region der Krone angesetzt wird. Diese an dieser Stelle gewonnenen Bilder zeigen kaudal des anechogenen Hufknorpels das laterale oder mediale Kollateralband des Hufgelenks. Die dem Hufknorpel assoziierten Anteile der Kollateralbänder sind in der Tiefe an der abaxialen Seite der *Phalanx media* befestigt. Das Kollateralband selbst befindet sich kaudal in substantieller Kontinuität mit dem Hufknorpel und dem korrespondierenden kollateralen Strahlbeinband. Um auf der medialen und lateralen Seite annähernd perfekt symmetrische Ansichten zu erhalten, damit die Kollateralbänder vergleichbar werden, ist es wichtig, dass sich der Untersucher an der dorsoabaxialen Seite der Gliedmaße platziert. Ferner ist die Insertionsgrube des Kollateralbandes auf Höhe des distalen Anteils des Kronbeins zu beachten.

## **Transcunealer Zugang**

### *Facies solearis*

Die Bilder, die durch den Strahl hindurch gewonnen werden, erlauben, die Region von palmar in Richtung Fußspitze durchzumustern. In den Ansichten erkennt man das Hufpolster, das *Ligamentum anulare digiti*, je nach Höhe der Schallkeule, das *Os sesamoideum distale*, die *Phalanx distalis* und inkonstant den *Recessus distalis* der *Bursa podotrochlearis*. In Höhe der medianen *Facies flexoria* des Strahlbeins ist in einigen Bildern eine schmale echogene Struktur sichtbar. Es ist noch nicht ganz klar, ob es sich bei diesem Phänomen um die Wiedergabe des sich dort befindlichen Faserknorpels oder um einen Artefakt, der die Abgrenzung von *Bursa podotrochlearis* und tiefer Beugesehne ermöglicht, handelt.