

Die Computertomographie im Strahlbeinbereich des Pferdes: ein Vergleich mit der konventionellen Röntgendarstellung

S. Tietje

Tierklinik Kerken

Einleitung

Das Podotrochlose-Syndrom ist die häufigste Lahmheitsursache an den Vordergliedmaßen des Pferdes. Die klinische Symptomatik wird meist einheitlich beschrieben (Hertsch 1993), obwohl über Ätiologie und Pathogenese unterschiedliche Theorien bestehen (Wilkinson 1953, Colles und Hickman 1977, Wintzer und Dämmrich 1971, Rooney 1983).

Das Strahlbein wurde wegen seiner zentralen Rolle für die Diagnose vielfach röntgenologisch (Hertsch und Zeller 1976, Delius 1982, Hertsch 1983, Ueltschi 1983a, Brunken 1986, Dammer 1986, Hotz 1986, Leuenberger 1989, Hornkamp 1991), szintigraphisch (Ueltschi 1983b und 1987, Pütz 1992) und histologisch (Wintzer 1964, Branscheid 1977, Poulos 1983, Ammann 1987) untersucht.

Mit der Computertomographie, die zu den röntgenologischen Verfahren zählt, steht beim Pferd ein neues diagnostisches Hilfsmittel zur Verfügung, das bisher im Strahlbeinbereich nur im Rahmen von Anatomiebeschreibungen, Erläuterungen zu CT-Einsatzmöglichkeiten oder an Präparaten verwendet wurde (Diehl und Cordey 1983a und 1983b, Barbee und Allen 1986, Hertsch et al. 1988, Peterson und Bowman 1988).

Ziel dieser Arbeit ist es, zu zeigen, welche Möglichkeiten es gibt, das Strahlbein computertomographisch zu untersuchen und welche Veränderungen diagnostiziert werden können. Um die Aussagekraft der computertomographischen Befunde einschätzen zu können, wurden alle Strahlbeine zusätzlich in mindestens drei Projektionen (lateromedial, dorsopalmar nach Oxspring, tangential) auf konventionelle Weise geröntgt. Der Vergleich wurde genutzt, um an definierten röntgenologischen Veränderungen die computertomographischen Darstellungen zu überprüfen und um herauszufinden, ob z.B. bei röntgenologischen Verdachtsbefunden durch die Computertomographie zusätzliche Informationen erzielt werden können.

Zusammenfassung

Es wird die Computertomographie als neue diagnostische Möglichkeit im Strahlbeinbereich vorgestellt. Insgesamt wurden die Strahlbeine von 67 Vordergliedmaßen computertomographisch untersucht (17 Pferde beidseitig, 8 Pferde einseitig, 25 Präparate). Um die Aussagekraft der CT-Bilder beurteilen zu können, wurden alle Strahlbeine zusätzlich in drei Projektionen geröntgt. Im Vergleich zum konventionellen Röntgen zeigte sich, daß die überlagerungsfreie Darstellung vor allem Vorteile bietet bei der Beurteilung der seitlichen Strahlbeinenden, der Facies articularis, der distalen Facies flexoria und der beteiligten Bandstrukturen. Hier sind zusätzliche Befunde nachweisbar und beispielsweise die ansonsten im distalen Teil des Strahlbeines schwierige Differenzierung zwischen Defekten der subchondralen Knochenplatte, pathologischen Canales sesamoidales und zystoiden Defekten möglich. Die Dichtemessung erlaubt es, schon geringgradige Knochenstrukturveränderungen zu objektivieren. Die quantitative Computertomographie kann Hinweise auf die Pathogenese der Strahlbeinerkrankungen geben. Es werden CT-Scans von einem Strahlbein ohne besonderen Befund und in einer Gegenüberstellung CT- und Röntgenbilder von Strahlbeinen mit den wichtigsten Veränderungen gezeigt. Beispiele demonstrieren, daß es in einigen Fällen erst mit Hilfe der computertomographischen Untersuchung möglich war, z.T. schwerwiegende Befunde am Strahlbein eindeutig zu diagnostizieren. Trotz der Nachteile von Vollnarkose und hohen Kosten gibt es in Einzelfällen bei Erkrankungen der distalen Gliedmaße und speziell im Strahlbeinbereich die Indikation für eine computertomographische Abklärung.

Schlüsselwörter: Computertomographie - Röntgen - Pferd - Strahlbein - Podotrochlose-Syndrom

Computed tomography of the navicular bone region in the horse: a comparison with radiographic documentation

Computed tomography is a novel diagnostic technique for the navicular region. In total the navicular bones of 67 forelimbs were examined using computed tomography (17 horses bilaterally, 8 horses one side only, 25 specimens). In order to validate the CT images all navicular bones were also radiographed in three planes. In contrast to conventional radiography, the lack of superimposition with CT allowed improved evaluation of the lateral wings of the bone, the articular surface, the distal flexor surface and the associated ligaments. Additional findings are possible; for example, differentiation between defects in the subchondral bone, enlarged synovial fossae and cyst-like lesions of the navicular bone is facilitated. The ability to measure density allows objective assessment of even slight bone changes. Quantitative computed tomography can indicate factors in the pathogenesis of navicular disease. CT images from a normal bone and CT images in comparison with radiographs from bones with the most significant changes are shown. Examples are used to demonstrate that in some cases only computed tomography allowed the clear diagnosis of sometimes severe pathology of the navicular bone. Despite the drawbacks of general anaesthesia and high costs, the indications for a computed tomographic examination, particularly in the navicular region, exist for individual cases.

keywords: Computed tomography - radiography - horse - navicular bone - navicular disease

Material und Methode

Für diese Untersuchung wurden die Vordergliedmaßen von 25 Pferden (davon 17 mit einer klinischen Erkrankung im distalen Zehenbereich) und 25 Präparate (größtenteils ohne Information über den Tötungsgrund) herangezogen.

Die 17 Pferde mit einer Erkrankung der distalen Gliedmaße wurden beidseitig, die 8 Pferde ohne entsprechende klinische Erkrankung wurden einseitig untersucht, wodurch sich eine Gesamtzahl – inklusiv der Präparate – von 67 Strahlbeinen ergibt.

Die CT-Bilder wurden mit Hilfe eines SOMATOM DRG der Fa. Siemens angefertigt. Es handelt sich dabei um einen humanmedizinischen Ganzkörpertomographen der 4. Generation. Durch das um die Längsachse des Objektes rotierende Röntgenröhre-Detektor-System entsteht eine Serie von Meßwerten, aus denen der Computer die Schwächungskoeffizienten berechnet. Dies führt zu Meßprofilen und in einem Bildrekonstruktionsprogramm zur Verteilung der Dichtewerte im Objekt (die Dichte wird gemessen in Hounsfield Units, HU). Werden bestimmten Dichtewerten verschiedene Grauwerte zugeordnet, so entstehen überlagerungsfreie Schnittbilder, die am Monitor betrachtet bzw. photographisch oder auf einem Röntgenfilm dokumentiert werden können.

Die Pferde wurden unter Vollnarkose in Seitenlage so auf dem speziellen Lagerungstisch positioniert, daß die entsprechende Gliedmaße senkrecht zur Schnittebene lag. Bei 1 mm Schichtdicke und einem Tischvorschub von 1 mm waren ca. 40 Scans zur vollständigen Abdeckung des Strahlbeinbereiches nötig. Voruntersuchungen ergaben, daß Schnittebenen senkrecht zur Facies flexoria des Strahlbeines eine besonders gute Beurteilung der verschiedenen Strukturen ermöglichen. Aus einer gewissen Anzahl von transversalen Schnittbildern (Querschnitte) kann der Computer Sekundärrekonstruktionen (Recons) in beliebigen Ebenen erstellen. Routinemäßig wurden 5 sagittale und in Einzelfällen eine 3D-Rekonstruktion angefertigt. Die Sekundärrekonstruktion entspricht einem Längsschnitt durch die Zehe und einer genau seitlichen Aufsicht (siehe Abb. 13). Für die 3D-Rekonstruktion können die knöchernen

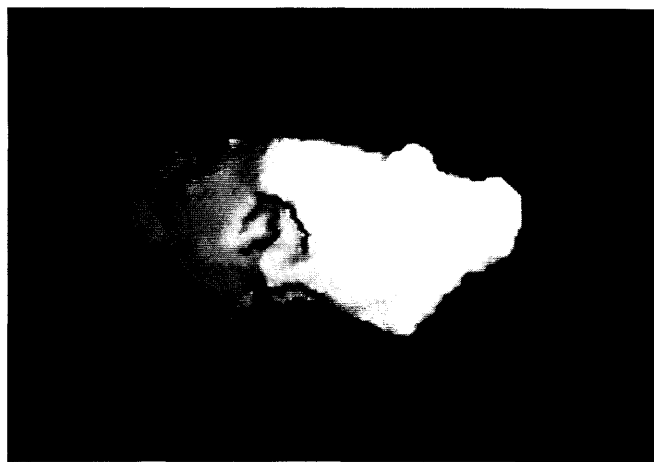


Abb. 1: 3D-Rekonstruktion eines Strahlbeines mit zentralem Defekt und Insertionsexostosen am Margo proximalis und distalis (Ansicht von latero-palmar).

3D-reconstruction of a navicular bone showing a central defect and new bone formation at the proximal and distal border (view from latero-palmar).

Anteile des gesamten Hufgelenkbereiches oder das Strahlbein isoliert herangezogen werden. Das rekonstruierte Objekt kann aus verschiedenen Blickrichtungen betrachtet werden. Im Beispiel (Abb. 1) wurde eine Ansicht von palmaro-lateral auf die Facies flexoria mit Gleitflächendefekt und Insertionsexostosen am Margo proximalis und distalis gewählt.

Die Beurteilung der transversalen CT-Bilder erfolgte in der Regel unter Verwendung eines Hochkontrastmodos (Super High Resolution) mit einer Auflösung von 0,45 mm.

Abb. 2 zeigt eine lateromediale Röntgenaufnahme der distalen Gliedmaße mit 2 Linien, die transversale CT-Schnittebenen (Querschnitte) andeuten. CT-Transversalschnitte (Abb. 3) senkrecht zur Facies flexoria des Strahlbeines entsprechen der Aufsicht auf eine, in der jeweiligen Ebene schräg nach palmarodistal durchschnittenen Gliedmaße. Im Beispiel (Abb. 3) sind u.a. Hornkapsel (1), Hufbeinast bzw. Hufknorpel (2), Strahlkissen (3), Sohlenbinde (4), tiefe Beugesehne (5), Strahlbein (6) und Kronbein (7) zu erkennen.

Für die konventionellen Röntgenbilder wurde ein POLYMAT 50 Generator der Fa. Siemens verwendet. Die lateromedialen und dorsopalmaren Aufnahmen wurden mit Hilfe von 13 x 18 cm Rasterkassetten (REGO), die tangentialen Aufnahmen mit einer 18 x 24 cm Mammographiekassette (DU PONT) angefertigt. Der Fokus-Film-Abstand war bei lateromedialer und dorsopalmarer Projektion 1 m und variierte bei der tangentialen je nach Größe des Pferdes. Der Einfallswinkel bei den Tangentialaufnahmen betrug in Abhängigkeit von Gliedmaßenstellung und Hufform 45°–50°.

Die Befundungskriterien für die lateromedialen Aufnahmen waren: Kontur der Facies flexoria (Defekte, Zubildungen), Dichte der Kortikalis und der Spongiosa, Exostosen und Fragmente am Margo proximalis bzw. distalis.

Bei den dorsopalmaren Aufnahmen wurde untersucht: Form, Kontur (Exostosen, Fragmente), Knochenstruktur, Form der Canales sesamoidales.

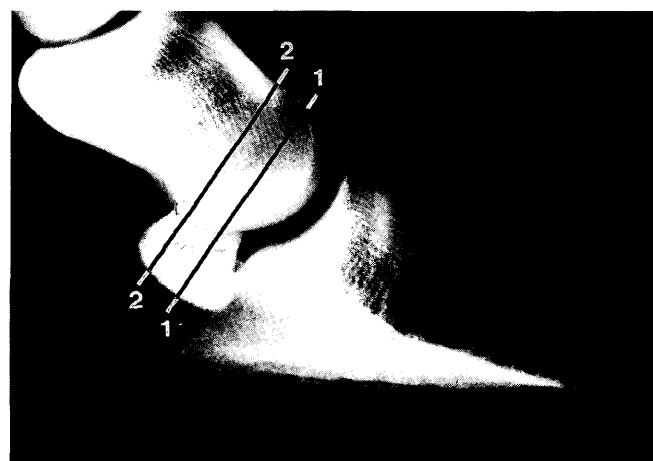


Abb. 2: Lateromediale Röntgenaufnahme; 2 Linien deuten transversale CT-Schnittebenen an.

Lateromedial radiograph; 2 lines show position of transversal CT-scans.

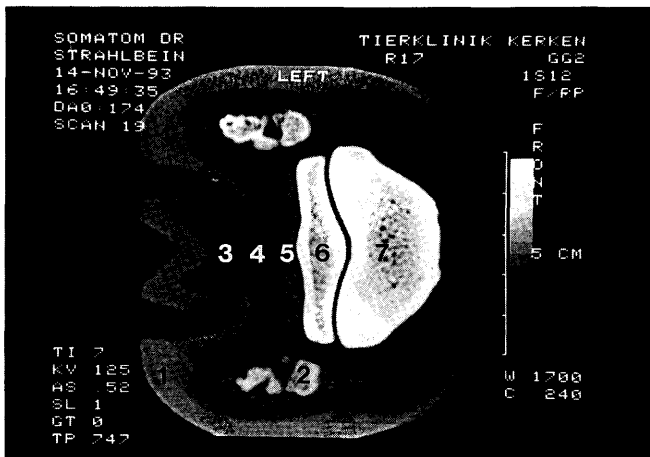


Abb. 3: Transversales CT-Bild:

- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| 1 Hornkapsel; | 2 Hufbeinast bzw. Hufknorpel; |
| 3 Strahlkissen; | 4 Sohlenbinde; |
| 5 tiefe Beugesehne; | 6 Strahlbein; |
| 7 Kronbein. | |

Transversal CT-scan:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 hoof - wall; | 2 palmar process and cartilage of distal phalanx; |
| 3 digital cushion; | 4 distal digital annular ligament; |
| 5 deep digital flexor tendon; | 6 navicular bone; |
| | 7 middle phalanx. |

Die Tangentialaufnahmen wurden beurteilt nach: Form des Strahlbeines, Zubildungen, Defekten, Dichte von Kortikalis und Spongiosa.

Diese Befundungskriterien wurden soweit wie möglich auf die Beurteilung der computertomographischen Abbildungen übertragen.

Ergebnisse

Die Häufigkeit der einzelnen pathologischen Befunde ist in Tabelle 1 zusammengefaßt. Die mit einem * gekennzeichneten röntgenologischen Befundungskriterien wurden direkt für die CT-Darstellungen übernommen, die mit einem ! markierten Kriterien konnten nur computertomographisch erhoben werden.

Obwohl jeweils alle drei Projektionen herangezogen wurden, lagen bei sieben Strahlbeinen Befunde vor, die röntgenologisch nicht eindeutig interpretiert werden konnten. Es handelte sich dabei dreimal um Aufhellungen (einmal proximaler und zweimal distaler Strahlbeinbereich), zweimal um mögliche Fragmente (einmal proximaler, einmal distaler Strahlbeinrand) und zweimal um die Beurteilung der Knochenstruktur.

Alle röntgenologisch eindeutigen Veränderungen konnten auch computertomographisch dargestellt werden. Bei den röntgenologischen Verdachtsbefunden zeigten sich in der Computertomographie bezüglich der Aufhellungen zweimal Defekte der Facies flexoria (einmal proximaler, einmal

distaler Strahlbeinbereich) und einmal ein zystoider Defekt in der Spongiosa, im Falle des Fragmentes am proximalen Strahlbeinrand konnte dieses eindeutig identifiziert werden und die Beurteilung der Knochenstruktur konnte objektiviert werden. In zwei Fällen mußte der röntgenologische Befund nach der Computertomographie korrigiert werden. Bei einem erweiterten Canalis sesamoidalis handelte es sich um einen zystoiden Defekt des Strahlbeines und bei einer zystoiden Aufhellung des Strahlbeines handelte es sich um einen zystoiden Defekt des Kronbeines. Bei einem Strahl-

Tab. 1: Häufigkeit der pathologischen Röntgenbefunde (RöB), Röntgenverdachtsbefunde (RöVB) und CT-Befunde (CTB)

Frequency of radiographic changes (RöB), suspicious radiographic changes (RöVB) and computed tomographic changes (CTB)

Befund	Häufigkeit (n=67)		
	RöB	RöVB	CTB
lateromediale Projektion			
Defekte der Fac. flexoria	4	1	-
Zubildungen der Fac. Flexoria	0	0	-
erhöhte Dichte der Kortikalis	0	0	-
erhöhte Dichte der Spongiosa	27	0	-
Verlängerung des Margo prox.	13	0	-
Verlängerung des Margo dist.	23	0	-
Fragmente am Margo prox.	0	0	-
Fragmente am Margo dist.	0	0	-
dorsopalmare Projektion			
veränderte Form	9	0	-
umschriebene „Aufhellungen“	11	3	-
* grobe Knochenstruktur	10	0	21
* Exostosen am Margo prox.	7	0	8
* Fragmente am Margo prox.	1	1	1
* Exostosen am Margo dist.	5	0	17
* Fragmente am Margo dist.	3	1	3
* erweiterte Can. sesamoidales	44	0	43
tangential Projektion			
* veränderte Form	31	0	39
* erhöhte Dichte der Kortikalis	0	0	0
* erhöhte Dichte der Spongiosa	29	0	53
* Defekte der Kortikalis (Fac. flexoria)	3	0	4
* Defekte der Spongiosa	1	0	6
* Defekte „übergreifend“	5	2	7
* Zubildungen der Fac. flexoria	4	0	6
* Zubildungen a. d. seitr. Strahlbeinenden	3	0	9
zusätzliche CT-Kriterien			
! erweiterte For. nutritiva (Margo prox)	-	-	6
! erniedrigte Dichte d. Kortikalis (Fac. flex.)	-	-	3
! Defekte d. Kortikalis d. Fac. articularis	-	-	4
! Defekte d. Kortikalis d. seitr. Strahlbeinenden	-	-	13

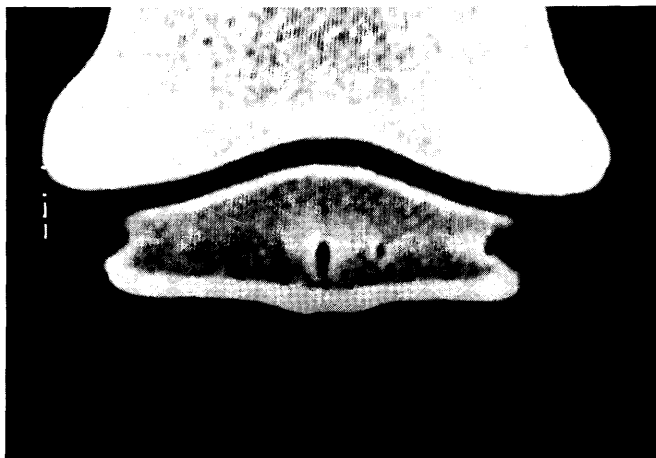


Abb. 4: CT-Scan eines unveränderten Strahlbeines auf Höhe der Linie 1 in Abb. 2 (Fall 1).

Normal situation in the distal part of a navicular bone (level of line 1 in Fig. 2; Case 1).

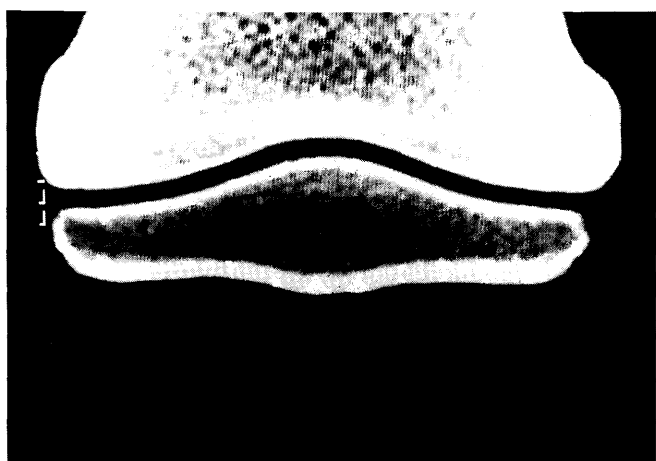


Abb. 5: CT-Scan eines unveränderten Strahlbeines auf Höhe der Linie 2 in Abb. 2 (Fall 1).

Normal situation in the proximal part of a navicular bone (level of line 2 in Fig. 2; Case 1).



Abb. 6: Dorsopalmar Röntgenaufnahme eines Strahlbeines mit großflächigen Aufhellungen in der distalen Hälfte (Fall 2).

Dorsopalmar radiograph of a navicular bone showing marked lucent lesions in the distal part (Case 2).



Abb. 7: CT-Scan des Strahlbeines in Abb. 6; großer Gleitflächen-defekt und erweiterte Canales sesamoidales (Fall 2).

CT-scan of the navicular bone in Fig. 6; large defect of the flexor surface and enlarged synovial fossae (Case 2).

bein wurde computertomographisch ein Defekt der Facies flexoria diagnostiziert, der röntgenologisch übersehen wurde. Im folgenden wird anhand von 10 Beispielen (Fall 1–10) durch die Gegenüberstellung von computertomographischen und röntgenologischen Darstellungen versucht, die Vor- und Nachteile des jeweiligen bildgebenden, diagnostischen Verfahrens zu verdeutlichen. Die Auswahl der Beispiele sollte die wichtigsten pathologischen Befunde beinhalten und wurde so geordnet, daß zuerst Befunde im distalen und dann Befunde im proximalen Strahlbeinbereich demonstriert werden.

Sämtliche Abbildungen dieser Arbeit stammen aus Untersuchungen an lebenden Pferden und von jeweils unterschiedlichen Strahlbeinen. Sie wurden so abfotografiert, daß sich im Bild das mediale Strahlbeinende links befindet. Unschärfen an den Knochenrändern der CT-Bilder werden, neben geringgradigen Bewegungsartefakten, größtenteils durch die Reproduktion und die sehr starke Vergrößerung verursacht.

teils durch die Reproduktion und die sehr starke Vergrößerung verursacht.

Fall 1: vorangestellt seien zwei CT-Scans eines Strahlbeines, das röntgenologisch und computertomographisch keinen besonderen Befund aufwies. Im distalen Strahlbeinbereich (Abb. 4; auf Höhe der Linie 1 in Abb. 2) sind nur wenige von einer Sklerosierungszone umgebene Canales sesamoidales zu erkennen. Im proximalen Strahlbeinbereich (Abb. 5; auf Höhe der Linie 2 in Abb. 2) zeigt sich bei sehr einheitlich dicker und dichter subchondraler Knochenplatte der Facies flexoria und der Facies articularis ein sehr deutlicher, scharf begrenzter Übergang zur Spongiosa. Die Spongiosa zeichnet sich durch eine gleichmäßige und feinmaschige Struktur aus.

Fall 2: es liegen extreme Veränderungen im distalen Strahlbein vor (Abb. 6 und 7). Neben dem zentralen Einbruch sind stark erweiterte Canales sesamoidales dargestellt.



Abb. 8: Dorsopalmar Röntgenaufnahme eines Strahlbeines mit 3 rundlichen Aufhellungen im distalen Bereich.

Dorsopalmar radiograph of a navicular bone showing 3 lucent lesions in the distal part.



Abb. 11: Tangentiale Röntgenaufnahme des Strahlbeines aus Abb. 10; axial verdichtete Spongiosa (Fall 4).

Palmaroproximal-palmarodistal oblique radiograph of the navicular bone in Fig. 10; sclerosis of the spongiosa in the region of midsagittal ridge (Fall 4).

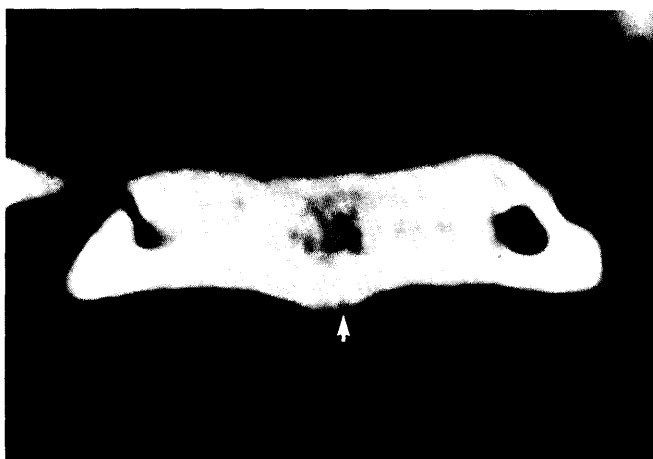


Abb. 9: CT-Scan des Strahlbeines in Abb. 8; zystoide Defekte in beiden Strahlbeinenden; medial (links): Kanal über die Fac. articularis zum Hufgelenk (Fall 3).

CT-scan of the navicular bone in Fig. 8; cyst-like lesions in both wings of the navicular bone; medial (left): channel to the articular surface and the coffin joint (Case 3).

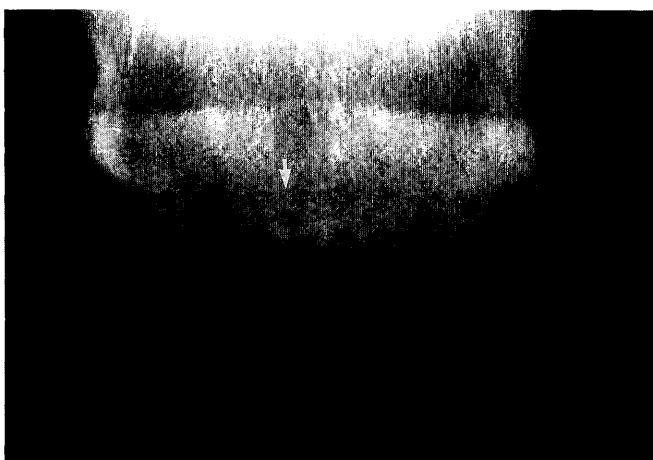


Abb. 10: Dorsopalmar Röntgenaufnahme eines Strahlbeines mit einer rundlichen Aufhellung im distalen Strahlbein (diese wurde als pilzförmiger Can. sesamoidalis interpretiert; Fall 4).

Dorsopalmar radiograph of a navicular bone showing bone changes at the distal border of the navicular bone (interpreted as enlarged or lollipop-shaped synovial fossae; Case 4).

Fall 3: das Strahlbein in Abb. 8 weist röntgenologisch drei rundliche Aufhellungsbezirke im distalen Bereich auf (zwei deutliche und einen undeutlichen). Auf dem CT-Bild ist zu erkennen, daß im medialen und lateralen Ende zystoide Defekte vorliegen, die beide Verbindung über die Facies articularis zum Hufgelenk haben. Bis auf einen kleinen axialen Bereich ist die gesamte Spongiosa hochgradig sklerosiert. Am Sagittalkamm ist an 2 Stellen die Dichte der Kortikalis reduziert (Abb. 9: es ist nur die Verbindung des medialen zystoiden Defektes zum Hufgelenk zu erkennen; lateral befindet sich der Kanal etwas weiter proximal und somit in einem anderen CT-Querschnitt). Die in der dorsopalmaren Oxspringaufnahme zu sehende mittlere Aufhellung ist entweder auf die in diesem Bereich grobe und aufgelockerte Spongiosastruktur oder auf eine an dieser Gliedmaße computertomographisch diagnostizierte Kronbeinzyste zurückzuführen.

Fall 4: auf der dorsopalmaren Röntgenaufnahme (Abb. 10) wurde – neben einigen kurzen konischen – ein pilzförmig erweiterter Canalis sesamoidalis registriert. Die Tangentialaufnahme (Abb. 11) erbrachte einen axial geringgradig verdichteten Spongiosabereich (die zugehörige lateromediale Röntgenaufnahme ist in Abb. 2 verwendet worden). Die Computertomographie zeigte, daß es sich bei der Aufhellung auf der dorsopalmaren Oxspringaufnahme um einen zystoiden Defekt in der Spongiosa des distalen Strahlbeines handelt. Dieser ist von einer Sklerosierungszone umgeben und hat etwas weiter distal über die Facies articularis eine Verbindung zum Hufgelenk (Abb. 12: Transversalschnitt; Abb. 13: Sagittalschnitt = Sekundärrekonstruktion).

Fall 5: im Gegensatz zur Tangentialaufnahme (Abb. 14) ist auf dem CT-Bild (Abb. 15) eine wellenförmige Oberfläche der Facies flexoria (ohne Strukturverlust) zu erkennen. Die Spongiosa ist grobmaschig, die Canales sesamoidales sind z.T. mit, z.T. ohne Sklerosierungszone

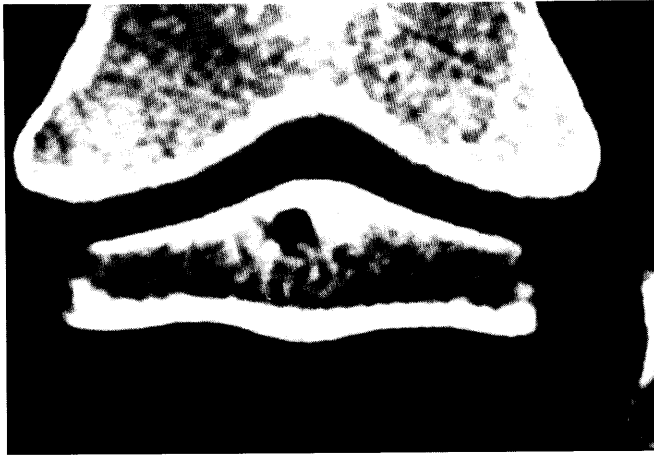


Abb. 12: CT-Bild des Strahlbeines von Abb. 10 und 11; zystoider Defekt mit umgebender Sklerosierungszone (Fall 4).

CT-scan of the navicular bone in Fig. 10 and 11; cyst-like lesion with a zone of sclerosis (Case 4).



Abb. 13: Sagittale CT-Sekundärrekonstruktion des Strahlbeines von Abb. 10, 11 und 12; zystoider Defekt im distalen Strahlbeinbereich (Fall 4).

Sagittal CT-reconstruction of the navicular bone in Fig. 10, 11 and 12; cyst-like lesion in the distal part of the navicular bone (Case 4).

und es liegt ein Kontur- und Strukturverlust am medialen Strahlbeinende vor.

Fall 6: auf der dorsopalmaren Oxspringaufnahme (Abb. 16) wurden einige Canales sesamoidales bei veränderter Form des Strahlbeines (laterales Peaking) und nicht einheitlicher Knochenstruktur diagnostiziert. Die vor der Computertomographie angefertigte Tangentialaufnahme wurde als unauffällig (deutlicher Übergang Kortikalis – Spongiosa) beurteilt. Die CT (Abb. 17) zeigte im distalen Strahlbein einen Defekt im Bereich des Sagittalkammes, der sich auf die palmare Hälfte der subchondralen

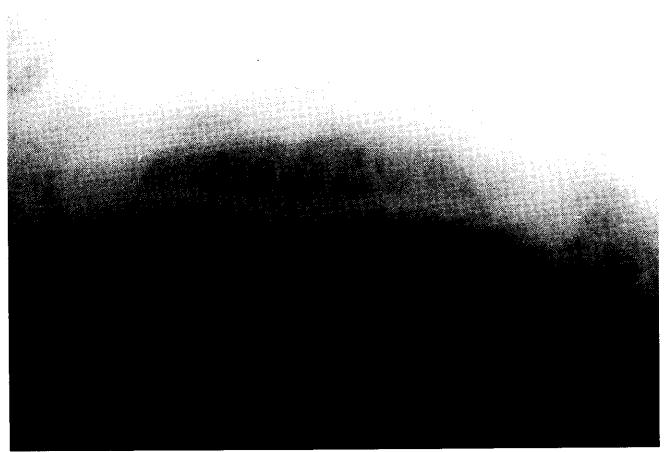


Abb. 14: Tangentiale Röntgenaufnahme eines Strahlbeines mit Aufhellungen in der Spongiosa (Fall 5).

Palmaroproximal-palmarodistal oblique radiograph of a navicular bone showing lucent lesions in the spongiosa (Case 5).

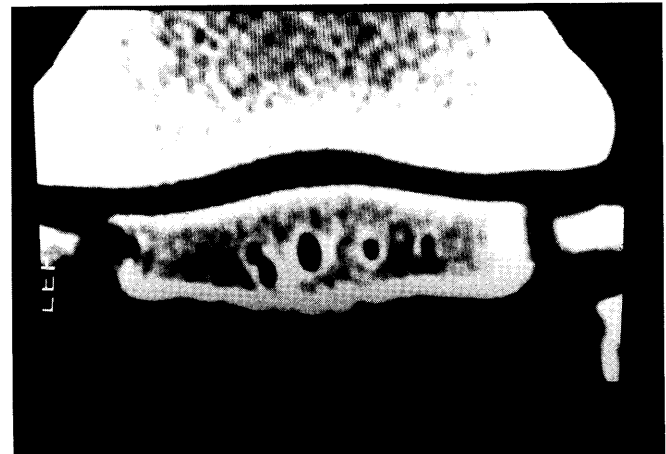


Abb. 15: CT-Scan des Strahlbeines aus Abb. 14; wellenförmige Kontur der Fac. flexoria (Fall 5).

CT-scan of the navicular bone in Fig. 14; irregular flexor surface (Case 5).



Abb. 16: Dorsopalmare Röntgenaufnahme eines Strahlbeines mit lateralem Peaking und einigen Can. sesamoidales (Fall 6).

Dorsopalmar radiograph of a navicular bone showing an exostosis at the dorsolateral border and some synovial fossae (Case 6).

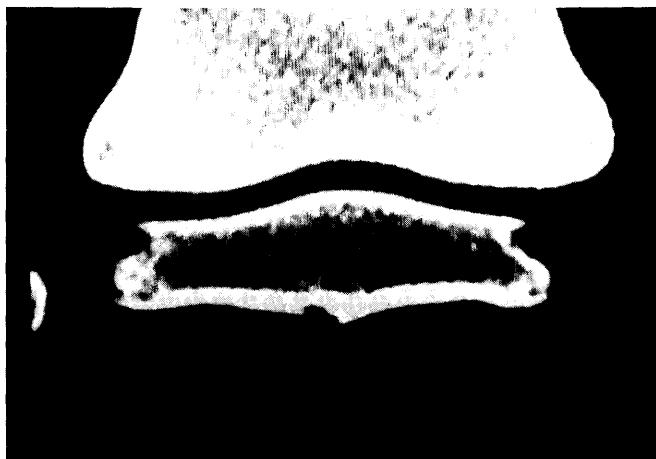


Abb. 17: CT-Scan des Strahlbeines in Abb. 16; kleiner Defekt in der palmaren Hälfte der Kortikalis; unveränderte Spongiosa (Fall 6).

CT-scan of the navicular bone in Fig. 16; small defect in the palmar part of the cortex; normal spongiosa (Case 6).



Abb. 18: Tangentiale Röntgenaufnahme des Strahlbeines in Abb. 16 und 17; Einfallswinkel ca. 35°; Defekt der Kortikalis im Bereich des Sagittalkammes (Fall 6).

Palmaroproximal-palmarodistal oblique radiograph of the navicular bone in Fig. 16 and 17; the angle of incidence is 35°; defect of the cortex of midsagittal ridge (Case 6).

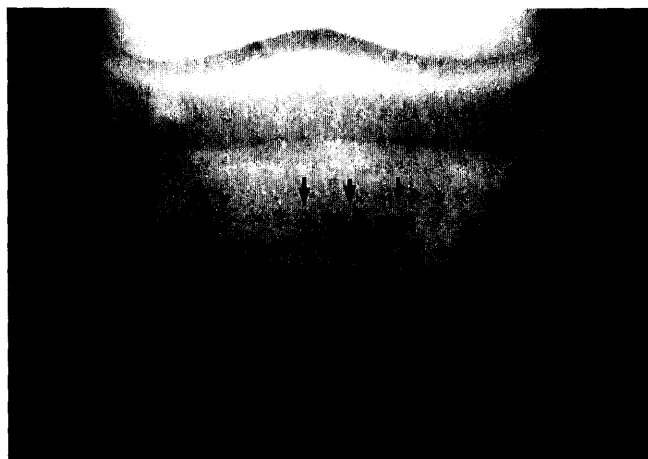


Abb. 19: Dorsopalmar Röntgenaufnahme eines Strahlbeines mit 3 erweiterten Can. sesamoidales und einer markanten Aufhellung (Fall 7).

Dorsopalmar radiograph of a navicular bone showing 3 enlarged synovial fossae and an outstanding lucent lesion (Case 7).



Abb. 20: CT-Scan des Strahlbeines aus Abb. 19; Gleitflächendefekt mit Sklerosierungszone und nahegelegenen erweiterten Can. sesamoidales (Fall 7).

CT-scan of the navicular bone in Fig. 19; defect of the flexor surface with sclerosis and adjacent enlarged synovial fossae (Case 7).

Knochenplatte begrenzt. Der Übergang zur Spongiosa ist deutlich und scharf. Die Spongiosa selbst ist feinmaschig. Für eine nach der Computertomographie angefertigte Tangentialaufnahme wurde ein geringerer Einfallswinkel (ca. 35°) gewählt, wodurch der Defekt sichtbar wurde (Abb. 18).

Fall 7: dies ist ein Beispiel für einen Gleitflächendefekt, der bis in die Spongiosa hineinreicht und von einer Sklerosierungszone umgeben ist (Abb. 19 und 20). In unmittelbarer Nähe befindet sich ein erweiterter Canalis sesamoidalis. In solchen Fällen ist eine röntgenologische Differenzierung zwischen Kortikalisdefekten und Canales sesamoidales durch eine dorsopalmar Aufnahme nach Oxspring schwierig.

Fall 8: der sehr umfangreiche Defekt im distalen Strahlbein ist schlecht zur Spongiosa, die sich in ihrer Dichte erheblich von der Kortikalis unterscheidet, abgegrenzt (Abb. 21 und 22). An den seitlichen Strahlbeinenden sind in der Computertomographie Verkalkungen in den Strahlbeinbändern zu erkennen. Die auf der dorsopalmar Aufnahme festgestellte Aufhellung im proximalen Strahlbein erwies sich computertomographisch als Kortikalisdefekt.

Fall 9: die Spongiosa des Strahlbeines von Abb. 23 und 24 ist überall so verdichtet, daß kaum ein Unterschied zur Kortikalis besteht. Im Bereich des Sagittalkammes ist die Knochenkontur durch Zubildungen unregelmäßig. Zusätzlich war am Margo proximalis computertomogra-



Abb. 21: Dorsopalmar Röntgenaufnahme eines Strahlbeines mit einer großen zystoiden (distal) und einer zweiten undeutlichen Aufhellung (Fall 8).

Dorsopalmar radiograph of a navicular bone showing a large cyst-like (distal) and a less marked lucent lesion (Case 8).



Abb. 22: CT-Scan des Strahlbeines in Abb. 21; großer Defekt von Kortikalis und Spongiosa (Fall 8).

CT-scan of the navicular bone in Fig. 21; large defect of the flexor cortex and the spongiosa (Fall 8).

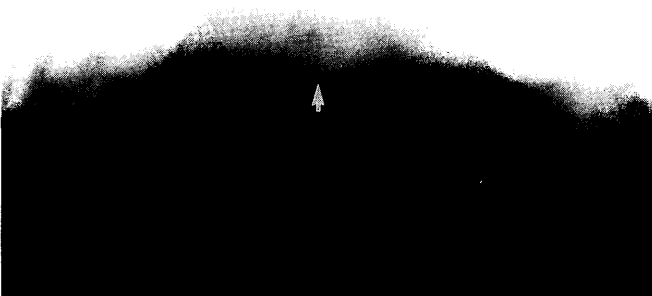


Abb. 23: Tangentiale Röntgenaufnahme eines Strahlbeines mit Zubildungen auf der Fac. flexoria und starke Sklerosierung (Fall 9).

Palmaroproximal-palmarodistal radiograph of a navicular bone showing new bone formation of the cortex and increased opacity of the spongiosa (Case 9).

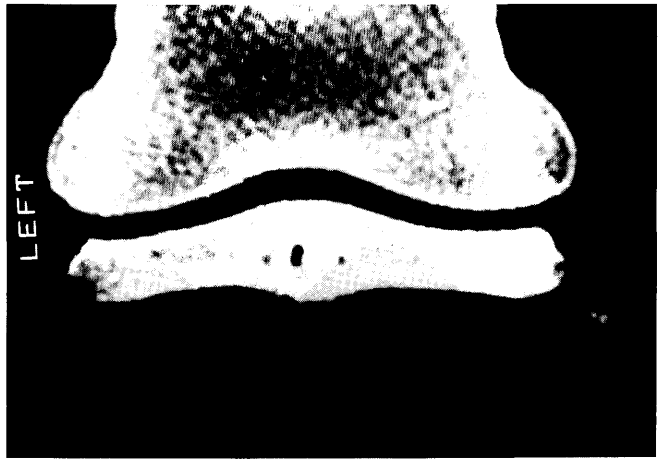


Abb. 24: CT-Scan des Strahlbeines in Abb. 23; rauhe Kontur der Fac. flexoria im Bereich des Sagittalkammes; kein Dichteunterschied von Kortikalis und Spongiosa (Fall 9).

CT-scan of the navicular bone in Fig. 23; irregular flexor surface in the region of the midsagittal ridge; no difference in density of the cortex and the spongiosa (Case 9).

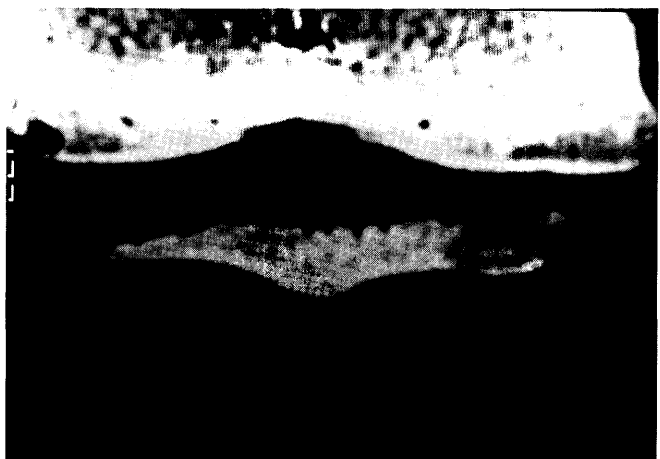


Abb. 25: CT-Scan einer Insertionsexostose am Margo proximalis mit isoliertem Fragment am lateralen Ende (Strahlbein aus Abb. 23 und 24; Fall 9).

CT-scan of an exostosis at the proximal border with fragmentation of the lateral wing (navicular bone of Fig. 23 and 24; Fall 9).

phisch das Fragment einer Insertionsexostose mit leichter Stufenbildung zur Bursa podotrochlearis hin darzustellen (röntgenologischer Verdachtsbefund; CT: Abb. 25).

Fall 10: im proximalen, medialen Strahlbeinbereich liegt ein Strukturverlust der Spongiosa mit Defekt der Facies articularis vor (CT: Abb. 26). Dieser Befund war in Kombination mit veränderten Foramina nutritiva des Margo proximalis zu erheben. Röntgenologisch konnte dies nicht dargestellt werden. Bezüglich der Tangentialaufnahme (Abb. 27) ist dafür die Überlagerung durch das Hufbein und die starke Sklerosierung in einem Großteil des Strahlbeines verantwortlich.

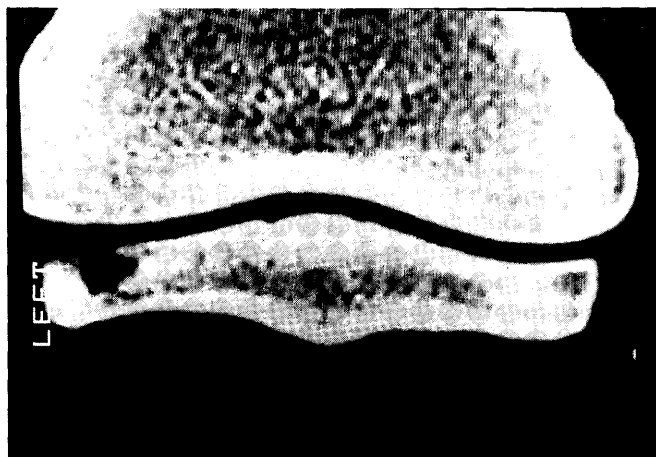


Abb. 26: CT-Scan eines Strahlbeines mit Strukturverlust der Spongiosa im medialen Strahlbeinende und Defekt der Fac. articularis (Fall 10).

CT-scan of a navicular bone showing a defect of the articular surface and the spongiosa in the medial wing (Case 10).



Abb. 27: Tangentiale Röntgenaufnahme des Strahlbeines in Abb. 26; starke Sklerosierung (Fall 10).

Palmaroproximal-palmarodistal oblique radiograph of the navicular bone in Fig. 26; increased opacity of the spongiosa (Case 10).

Diskussion

Es sei vorweggeschickt, daß sämtliche hier beschriebenen Abbildungsmöglichkeiten an die Qualität des verwendeten Computertomographen (Gerätetyp der 4. Generation) gekoppelt sind (Tietje 1993). Tellhelm (1993) erwähnt, daß durch eine verbesserte Gerätetechnik auch eine sicherere Diagnostik gewährleistet wird. Die wichtigsten Eigenschaften des SOMATOM DRG im Hinblick auf die Darstellung der knöchernen Anteile im Strahlbeinbereich im Vergleich zu älteren Geräten (z.B. Barbee und Allen 1986; Computertomograph der 2. Generation) sind:

- a) kürzere Scanzeiten – dadurch kürzere Untersuchungs- und Narkosezeiten und weniger Bewegungsartefakte;
- b) kleinere Schichtdicken – bis 1 mm;

- c) höhere Bildqualität – bessere Auflösung, feinere Bildmatrix (256 x 256 bzw. 512 x 512 Pixel);
- d) weiterentwickelte Software.

Die allgemein aus der Humanmedizin bekannten Vorteile der Computertomographie sind

- 1) überlagerungsfreie Darstellung,
- 2) objektive Dichtemessung,
- 3) beliebige Rekonstruktionen,
- 4) Knochen- und Weichteildarstellung.

Vor allem die beiden zuerst aufgeführten Vorteile sind im Strahlbeinbereich des Pferdes von Bedeutung. Schon Hertsch et al. (1988) attestierten der Computertomographie eine besonders exakte Darstellung der Canales sesamoidales. Hinsichtlich der Kontrastauflösung stuften sie die Computertomographie gegenüber der klassischen Röntgenübersichtsaufnahme höher ein. Bezüglich der Kontrastaufklärung stellten Hertsch et al. (1988) an Präparaten für die konventionelle Röntgentechnik Vorteile fest, bei der die Auflösung unter Verwendung von optimalem Material bei 0,1–0,2 mm (Ueltschi 1993) gegenüber 0,45 mm bei der Computertomographie liegt. Dieser Vorteil wird am Patienten zum Teil durch Überlagerungen eingeschränkt. So erwähnt Ueltschi (1993), daß ein Gleitflächendefekt ca. 1 mm groß sein muß, um röntgenologisch sicher diagnostiziert werden zu können.

Die überlagerungsfreie Darstellung der Computertomographie bietet am Strahlbein neue Möglichkeiten in der Beurteilung der seitlichen Strahlbeinenden, der Facies articularis, der Foramina nutritiva am Margo proximalis, der distalen Facies flexoria und der beteiligten Bandstrukturen.

Das vorliegende Patientenmaterial zeigt, daß auf der dorso-palmararen Röntgenaufnahme nach Oxspring eine Differenzierung zwischen Defekten der Facies flexoria und pathologisch veränderten Canales sesamoidales schwierig sein kann, z.B. wenn diese sich hintereinander projizieren. Weiterhin ist festzustellen, daß Kortikalisdefekte oder Unregelmäßigkeiten im distalen Strahlbeinbereich mit der Tangentialaufnahme zum Teil nicht erfaßt wurden oder im Verdachtsfall Aufnahmen mit verschiedenen Einfallswinkeln nötig waren.

Die mit der Computertomographie mögliche Dichtemessung des Knochens läßt eine besonders gute Beurteilung des Übergangs subchondrale Knochenplatte – Spongiosa zu. Auch sind Defekte innerhalb der subchondralen Knochenplatte, die sich durch herabgesetzte Dichte auszeichnen, und geringgradige Sklerosierungszonen der Spongiosa nachweisbar. Eine erhöhte Dichte der Kortikalis der Facies flexoria, wie sie von Leuenberger (1989) bei Pferden mit Podotrochlose festgestellt wurde, konnte bei diesem Patientenmaterial nicht beobachtet werden. Der Dichteunterschied von Kortikalis und Spongiosa betrug bei Pferden mit röntgenologisch und computertomographisch unauffälligen Strahlbeinen bis zu 800 HU (Hounsfield Units). Die Sklerosierung der Spongiosa konnte bei veränderten Strahlbeinen so weit gehen, daß kein Unterschied zur Dichte der Kortikalis mehr nachweisbar war. Die Häufigkeit (Tab. 1: 53) der computertomographisch nachgewiesenen erhöhten Dichte der Spongiosa ist dadurch zu er-

klären, daß bei 1 mm Schichtdicke eine sehr differenzierte Analyse möglich ist und z.T. nur bestimmte Anteile der Spongiosa verändert waren.

Bei Verwendung eines Ausgleichphantoms, analog der Osteoporosemessung beim Menschen, ist die computertomographische Dichtemessung objektivierbar. Dies wird als quantitative Computertomographie bezeichnet. Es besteht so die Möglichkeit, neue Hinweise bezüglich der Pathogenese von Strahlbeinerkrankungen zu erhalten.

Diehl und *Cordey* (1983a und 1983b) stellten durch Knochendensitometrie mittels axialem Tomograph fest, daß der Anfang des pathologischen Umbaus im Knochenzentrum liegt und daß die Verdichtung sich parallel mit zunehmendem Schweregrad der Erkrankung verstärkt. *Ammann* (1987) bestätigt diese tomographischen Ergebnisse durch histologische Untersuchungen.

Der computertomographische Nachweis, daß einzelne, aber auch alle Kombinationen von eindeutig pathologischen Befunden (Kortikalisdefekte, Spongiosaverdichtung, pathologisch veränderte Canales sesamoidales) vorkommen können, macht eine in allen Fällen einheitliche Pathogenese unwahrscheinlich. Das gleichzeitige Vorliegen von auf die Kortikalis beschränkten Defekten und unveränderter Spongiosa widerspricht den knochendensitometrischen und histologischen Ergebnissen von *Diehl* und *Cordey* (1983a und 1983b) bzw. *Ammann* (1987).

Obwohl es mit der Computertomographie, im Gegensatz zur Kernspintomographie, nicht möglich ist, feine Gelenkknorpel- oder Meniskusschäden nachzuweisen (*Neuberth* 1993), reicht die Weichteildarstellung im Strahlbeinbereich aus, um die beteiligten Sehnen, Bänder und Synovialräume sichtbar zu machen.

Diese Untersuchung zeigte, daß die meisten röntgenologischen Befundungskriterien des Strahlbeines auf computertomographische Darstellungen übertragen werden können. Lediglich das Kriterium „Form des Strahlbeines“ und vor allem der Vergleich mit der kontralateralen Gliedmaße (z.B. *Hotz* 1986, *Leuenberger* 1989) ist mit der Computertomographie schwer möglich, da außer durch die 3D-Rekonstruktionen auf einzelnen Bildern kein ganzheitlicher Eindruck entsteht und die Form durch die Lagerung beeinflusst werden kann. Die Erstellung von Sekundär- oder 3D-Rekonstruktionen aus einer Serie von Transversalschnitten ist mit einem geringen Verlust an Detailgenauigkeit verbunden, kann andererseits aber eine bessere Übersichtlichkeit oder eine Veranschaulichung von Befunden bringen.

Die Nachteile der Computertomographie speziell beim Tier wurden von *Dik* (1993) und *Tellhelm* (1993) beschrieben. Es sind dies neben der nötigen Vollnarkose und den hohen Kosten, v.a. die durch den Durchmesser der Tunnelkonstruktion beschränkten Einsatzmöglichkeiten (Kopf, kranialer Hals, distale Gliedmaßen). Als Voraussetzungen für eine sichere Diagnostik werden die kritische Beurteilung möglicher Artefakte und die technische Vertrautheit des Anwenders angesehen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß eine Integration verschiedener diagnostischer Methoden im Hinblick auf eine genaue Erfassung von Erkrankungen angestrebt

werden sollte (*O'Callaghan*, 1991). Dabei muß betont werden, daß es sich bei konventioneller Röntgentechnik und Computertomographie nicht um konkurrierende, sondern um komplementierende bildgebende Verfahren handelt. In vielen Fällen werden Röntgenübersichtsaufnahmen einen sicheren Nachweis von Veränderungen zulassen, jedoch kann in Einzelfällen die Computertomographie im Strahlbeinbereich neue Informationen beisteuern und so eine genaue Diagnose ermöglichen.

Literatur

- Ammann, Esther* (1987): Strukturveränderungen im Strahlbein gesunder und lahmer Pferde. Diss., Bern
- Barbee, D.D. und Allen, Jennifer R.* (1986): Computed tomography in the horse: general principles and clinical applications. Proc. 32th Ann. Conv. AAEP, Nashville, 483–493
- Branscheid, W.J.* (1977): Untersuchungen an der Hufrolle bei Pferden mit und ohne Hufrollenerkrankung (Podotrochlose). Diss., Stuttgart
- Brunken, E.* (1986): Röntgenologische Verlaufsuntersuchungen am Strahlbein des Pferdes. Diss., Hannover
- Colles, C.M. und Hickmann, J.* (1977): The arterial supply of the navicular bone and its variations in navicular disease. Equine Vet. J. 9, 150–154
- Dammer, H.* (1986): Röntgenologische Kontrastmitteluntersuchungen der Strahlbeine (Arteriographie und Arthrographie) bei Pferden mit und ohne Podotrochlose mit der „Fein-Focus“ Röntgentechnik. Diss., Hannover
- Delius, C.* (1982): Pathomorphologische und röntgenologische Veränderungen am isolierten Strahlbein beim Pferd. Diss., Hannover
- Diehl, Margrith und Cordey, J.* (1983a): Knochendensitometrie: Mittels axialem Tomograph „Isotom“ am gesunden und kranken Strahlbein beim Pferd in vitro. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 96, 305–307
- Diehl, Margrith und Cordey, J.* (1983b): Die Computertomographie des Strahlbeins. In *Knezevic, P.* (Hrsg.): Orthopädie bei Huf- und Klauentieren. Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover, 25–30
- Dik, K.J.* (1993): Möglichkeiten und Grenzen der Computertomographie. Vortrag 10. Tagung über Pferdekrankheiten i. R. d. Equitana, Essen
- Hertsch, B. und Zeller, R.* (1976): Röntgenologische Veränderungen am Strahlbein und ihre Beurteilung. Prakt. Tierarzt 58, 14–19
- Hertsch, B.* (1983): Die röntgenologische Diagnose der Podotrochlose. In *Knezevic, P.* (Hrsg.): Orthopädie bei Huf- und Klauentieren. Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover, 1217
- Hertsch, B., Haack, D., Trummer, R., Döhring, W. und de Laat, F.* (1988): Ein Vergleich der Darstellung des Strahlbeins beim Pferd mit Hilfe der herkömmlichen Röntgenübersichtsaufnahme nach Oxspring, der konventionellen Verwischungstomographie, der digitalen Lumineszenzradiographie, der Computertomographie und der Kernspintomographie. Pferdeheilkunde 4, 67–72
- Hertsch, B.* (1993): Zur Pathogenese des Strahlbeinsyndroms. Vortrag 3. Kongress für Pferdechirurgie, Genf
- Hornkamp, Marion* (1991): Untersuchungen zur Aussagekraft der Tangentialaufnahme des Strahlbeines beim Pferd. Diss., Gießen
- Hotz, Barbara* (1986): Radiologische Untersuchungen am Strahlbein klinisch gesunder Pferde. Diss., Bern
- Leuenberger, H.* (1989): Radiologische Untersuchungen am Strahlbein klinisch strahlbeinlahmer Pferde und Vergleich mit gesunden Pferden. Diss., Bern
- Neuberth, M.* (1993): Bildgebende Verfahren in der Veterinärmedizin. Tierärztl. Prax., Sonderheft, 68–72
- O'Callaghan, M.W.* (1991): The integration of radiography and alternative imaging methods in the diagnosis of equine orthopedic disease. Vet. Clin. North Am. 7, 339–364

- Peterson, P.R. und Bowman, K.F. (1988): Computed tomographic anatomy of the distal extremity of the horse. *Vet. Radiol.* 29, 147–156
- Poulos, P.W. (1983): Correlation of radiographic signs and histologic changes in navicular disease. *Proc. 29th Ann. Conv. AAEP, Las Vegas*, 241–255
- Pütz, Caroline (1992): Vergleich der szintigraphischen und radiologischen Untersuchung am Strahlbein des Pferdes. Diss., Bern
- Rooney, J.R. (1983): Zur Diagnose und Pathogenese der Strahlbeinerkrankung. Vortrag 6. Tagung über Pferdekrankheiten i. R. d. Equitana, Essen
- Tellhelm, B. (1993): Die Computertomographie – technische Grundlagen und diagnostische Möglichkeiten. Vortrag 4. Pferdefachtagung d. Tierklinik Kerken u. d. Auwaldtierklinik, Straelen
- Tietje, S. (1993): Die Computertomographie im Hufgelenkbereich des Pferdes. Vortrag 4. Pferdefachtagung d. Tierklinik Kerken u. d. Auwaldtierklinik, Straelen
- Ueltschi, G. (1983a): Podotrochlose – Wert und Häufigkeit röntgenologisch nachweisbarer Veränderungen am Strahlbein. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 96, 308–310
- Ueltschi, G. (1983b): Zur Röntgenuntersuchung und Knochenszintigraphie des Strahlbeins. In *Knezevic, P.* (Hrsg.): *Orthopädie bei Huf- und Klautieren*, Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover
- Ueltschi, G. (1987): Röntgen und Szintigraphie in der Diagnose und Prognose der Strahlbeinlahmheit. Vortrag 1. Kongress für Pferdechirurgie und Sportmedizin, Genf
- Ueltschi, G. (1993): pers. Mitteilung
- Wilkinson, G.T. (1953): The pathology of navicular disease Part 1: The macroscopical pathological features of the disease. Part 2: The histopathological features of the disease. *Brit. Vet. J.* 109, 38–42 und 55–59
- Wintzer, H.J. (1964): Zur Podotrochlitits chronica aseptica des Pferdes. *Habil., Utrecht*
- Wintzer, H.J. und Dämmrich, K. (1971): Untersuchungen zur Pathogenese der sog. Strahlbeinlahmheit des Pferdes. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 12, 221–225

Dr. S. Tietje

Tierklinik Kerken

Leitung :Dr. G. Böckenhoff, Dr. M Becker

Slümerstr. 5-6

D - 47669 Wachtendonk

Tel: 02836-91410

Fax: 02836-85289

Kurzreferat

Morphologische und molekularbiologische Untersuchungen zur Ätiologie des equinen Sarkoids

J.P. Teifke (1994)

Tierärztl. Praxis 22, 368–376

Die am häufigsten beim Pferd gefundene Tumorform ist das equine Sarkoid. Es tritt einzeln oder multipel als invasiv wachsende, überwiegend fibroplastische Neubildung in der Haut von Pferden, Eseln und Maultieren auf. Ein Teil der equinen Sarkoide ähnelt makroskopisch größeren Papillomen und zeigt häufig

eine ausgeprägte Ulzeration mit überschießender Bildung von Granulationsgewebe. Im Vergleich zu Papillomen zeigen sie ähnlich wie diese histologisch eine Proliferation der Epidermis. Zudem neigen sie wie Papillome nach chirurgischer Entfernung zu Rezidiven. Die Ätiologie des equinen Sarkoids ist bislang nicht vollständig geklärt. Unter anderem werden traumatische Faktoren und genetische Faktoren für ihre Entstehung diskutiert.

In den Jahren 1986–1990 wurden im Institut für Veterinärpathologie der Justus-Liebig Universität Gießen insgesamt 932 Hautgewebeproben von Pferden untersucht. Hierbei wurden 591 Hauttumoren, darunter 421 equine Sarkoide, diagnostiziert. Die bevorzugten Lokalisationen dieser semimaligner Tumoren waren ventrale Körperregionen, der Kopf, der Hals und Bezirke dünner Haut. In der histologischen Untersuchung fand sich am häufigsten die fibroblastische Form, seltener der Mischtyp und in noch geringerer Zahl die veruköse Sarkoidform.

Paraffinmaterial von 108 equinen Sarkoiden aus dem Jahr 1991 wurden molekularbiologisch mittels Polymerasekettenreaktion, Dot- und „Southern“-Blot-Hybridisierung untersucht.

Für den Nachweis von DNA boviner Papillomviren mit Hilfe der PCR wurde ein im E5-Leserahmen des BPV1- und BPV2-Genoms gelegenes Oligonukleotid-Primerpaar verwendet. Durch die Restriktionsendonukleasenspaltung der PCR-Amplifikationsprodukte konnte die DNA der bovinen Papillomviren Typ 1 und 2 spezifisch nachgewiesen werden. Von den 108 Proben gelang dem Untersucher bei 97 Sarkoidproben ein positiver Nachweis, wobei zu meist BPV1-DNA gefunden wurde. Bei 20 Tumoren wurde unter Verwendung Digoxigenin-markierter, mittels PCR hergestellter DNA-Sonden eine nichtradioaktive In-situ-Hybridisierung als Untersuchung auf die Lokalisation boviner Papillom-Virus-DNA durchgeführt. Das BPV-spezifische Hybridisierungssignal konnte der Untersucher in den Kernen fibroblastischer Tumorzellen, vor allem im Bereich des dermoepidermalen Übergangs nachweisen.

Die hier vorliegende Untersuchung unterstützt somit die These, daß equine Sarkoide die Folge einer nichtproduktiven Infektion eines fremden, nichtpermissiven Wirts mit bovinem Papillomvirus ist.

Morphological and molecular biological studies concerning the etiology of equine sarcoids

From 932 equine skin lesions 421 were diagnosed as sarcoids (about 45%). The most common locations were the ventral body regions, head, neck and sites of thin skin. Most often the fibroblastic type, less frequently the mixed type and most infrequent the verrucous type of sarcoid were diagnosed. Detection of BPV-DNA was performed by polymerase chain reaction (PCR) using an oligonucleotide primer pair located in the E5-open reading frame. DNA of BPV 1 and BPV 2 could be differentiated by digestion with restriction endonucleases. In 97 out of 108 sarcoids BPV-DNA was detected by PCR. Most samples showed a BPV 1 specific pattern in restriction enzyme analysis.

Nonradioactive in situ hybridization was carried out on 20 sarcoids. The hybridization signal was associated with the nuclei of fibroblast-like tumor cells, predominantly at the dermo-epidermal junction. In epidermal cells, BPV-DNA could not be detected. This study confirms the opinion that sarcoids are the result of a nonproductive infection in an alien, nonpermissive host with BPV.