

# 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

B. Hertsch<sup>1</sup>, D. Haack<sup>1</sup>, R. Trummer<sup>2</sup>, W. Döhring<sup>3</sup>  
und F.L.M.A.H. de Laat<sup>4</sup>

Klinik für Pferde, Tierärztliche Hochschule Hannover<sup>1</sup>  
C. H. F. Müller, Hannover<sup>2</sup>  
Zentrum für Radiologie, Abteilung Diagnostische Radiologie I,  
Medizinische Hochschule Hannover<sup>3</sup>  
Philips Medical Systems, Eindhoven<sup>4</sup>

## Einleitung

In der bildgebenden Diagnostik der Humanmedizin finden in Ergänzung zu den konventionellen Röntgenverfahren in zunehmendem Maße digitale Methoden Anwendung (Tab. 1). Zusammenfassende Beschreibungen finden sich u. a. bei *Laubenberger* (1986).

Für das Strahlbein des Pferdes existieren bislang nur verwischungstomographische (*Reid*, 1976), ferner computertomographische Untersuchungen von Präparaten mit einem speziellen Labormodell (*Diehl* und *Cordey*, 1983 a und b). In der vorliegenden Arbeit wird die Aufnahmetechnik nach Oxspring mit der konventionellen Verwischungstomographie und digitalen bildgebenden Verfahren (digitale Lumineszenzradiographie, Computertomographie, Kernspintomographie) hinsichtlich einer Verbesserung der Darstellbarkeit des Pferdestrahlbeins verglichen. Die Kosten

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die herkömmliche Röntgenaufnahmetechnik nach Oxspring mit der konventionellen Verwischungstomographie und digitalen bildgebenden Verfahren (digitale Lumineszenzradiographie, Computertomographie, Kernspintomographie) hinsichtlich einer Verbesserung der Darstellbarkeit des Pferdestrahlbeins verglichen. Kernspintomographie und digitale Lumineszenzradiographie erscheinen aufgrund mangelnder Detailerkennbarkeit weniger geeignet. Die Verwischungstomographie ermöglicht eine gute Abbildung des Strahlbeins einschließlich der Canales sesamoidales, jedoch keine genügende Wiedergabe der Spongiosastruktur. Die Computertomographie gibt trotz geringer Einbußen bei der Bildauflösung insgesamt eine gute Kontur- und Strukturdarstellung sowie eine ausgezeichnete Abbildung der Knochendichteunterschiede von spongiösen und sklerosierten Anteilen. Bei der Abwägung von Bildqualität (Erkennbarkeit der Kontur und Struktur des Strahlbeins sowie der Anzahl, Form, Tiefe und Begrenzung der Canales sesamoidales), Kosten der Untersuchung und Möglichkeit der technischen Durchführung bleibt die Röntgenaufnahmetechnik nach Oxspring vorerst die Methode der Wahl für die Untersuchung des Pferdestrahlbeins.

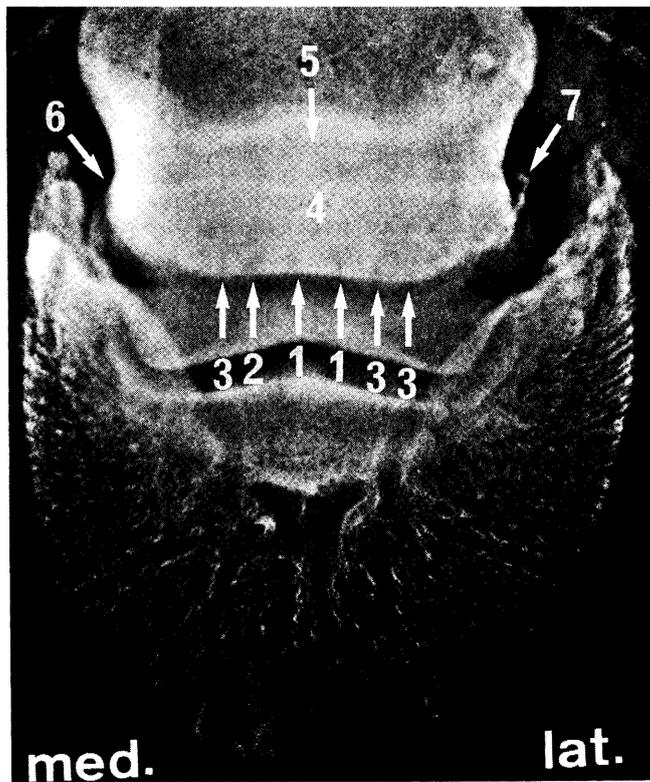
## Comparative study on four different radiographic technics to image the navicular bone

In this paper the conventional x-ray technique according to Oxspring is compared with tomography and digitalized picture techniques (digital luminescent radiography, computed tomography, nuclear magnetic resonance tomography) to establish whether an improved picture of the equine navicular bone is possible. Because of a lack of detail, nuclear magnetic resonance tomography and digital luminescent radiography show no advantage. With tomography good picture of the navicular bone as well as the sesamoidian canals is gained, but the bone structure is not sharply visible. In spite of small losses in picture resolution, the computed tomography gives a picture with good contour and bone structure as well as an excellent differentiation between the density of spongiotic and sclerotic bone. When considering the picture quality (contour and structure of the navicular bone as well as number, shape, depth and surroundings of the sesamoidian canals), costs and technical possibilities of the examination procedures, the x-ray technique according to Oxspring still remains the method of choice in examining the equine navicular bone.

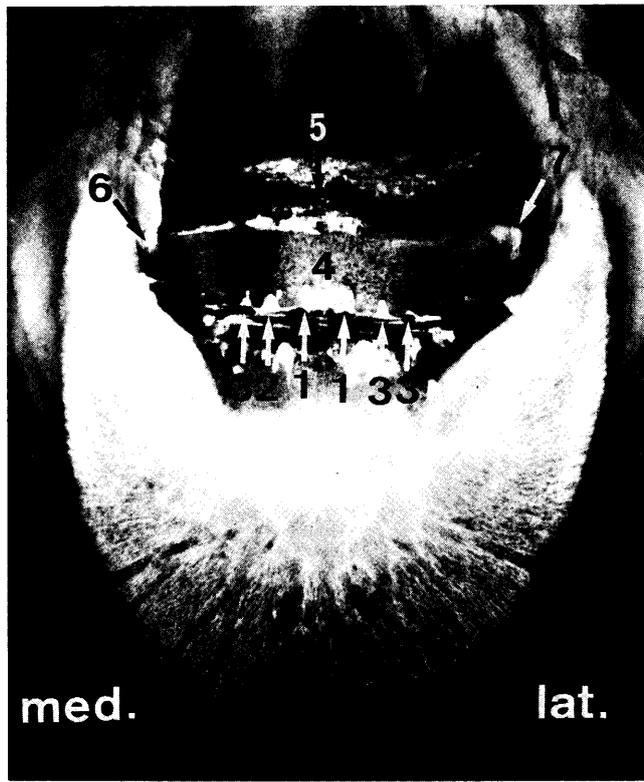
der Untersuchungen und die Möglichkeiten der technischen Durchführung bleiben für diese Studie unberücksichtigt. Vielmehr soll die Frage beantwortet werden, ob grundsätzlich (z. B. für die Grundlagenforschung von Strahlbeinerkrankungen) eine bessere bildliche Wiedergabe des Os sesamoideum distale möglich ist. Hierfür wurden Präparate von Pferdehufen sowie isolierte Strahlbeine mit den einzelnen Methoden untersucht.

## Material und Methode

Die für die Untersuchung verwendeten Hufpräparate stammten von Schlachtpferden. Für die Abbildungen wurde ein Präparat (Wallach, 6 Jahre, Warmblut) ausgewählt, bei dem auffällige und kolbig deformierte Canales sesamoidales vorliegen. Die nachträglich durchgeführte Präparation und Adspektion der Facies flexoria dieses Strahlbeins ergab eine silbrig glänzende, unbeschädigte Oberfläche.



**Abb. 1:** Röntgenaufnahme des Strahlbeins nach Oxspring: 1 – zwei zentral gelegene, kolbig deformierte Canales sesamoidales; 2 – y-förmiger Canalis sesamoidalis; 3 – drei kurze konische Canales sesamoidales; 4 – relativ gleichmäßige Struktur des Strahlbeins; 5 – Zubildung am proximalen Rand; 6 – rundes Strahlbeinseitenende (medial); 7 – eckige Zubildung am lateralen Strahlbeinseitenende.



**Abb. 2:** Röntgenaufnahme des Strahlbein-Hufbein-Präparates nach vorheriger Kontrastmittelinjektion in das Hufgelenk (dorsopalmarer Strahlengang). 1 bis 7: wie Abb. 1.

## Konventionelle Verfahren

### Röntgenübersichtsverfahren

Die konventionellen Röntgenaufnahmen wurden nach der Oxspringtechnik (Oxspring, 1935) mit einem Philips-100-kW-Röntgenerators MCM 100 mit Röntgenstrahler Superrotalix SRO 150/33/100 angefertigt (Film: Curix, Agfa / feinzeichnende Folie: Fast Detail, Dupont; Kohlenstoff-Raster, 70 kV, 60 mAs, 52 ms; Abb. 1).

Zum Abschluß der gesamten Untersuchungen wurden eine Präparataufnahme nach Kontrastmittelfüllung (Bariumsulfat) des Hufgelenkes (50 kV, 50 mAs, 48 ms; Abb. 2) und eine Aufnahme des isolierten Strahlbeins (40 kV, 40 mAs, 48 ms; Abb. 3) erstellt.

### Verwischungstomographie

Mit der Verwischungstomographie (Tomos = Schnitt oder Schicht) ist es möglich, Details in der Objektiefe bevorzugt abzubilden. Bei diesem Verfahren führen Röntgenröhre und Film koordinierte, gegensinnige Bewegungen aus (z. B. kreisförmig, elliptisch, spiralförmig). Dadurch wird aufgrund der fast gleichbleibenden geometrischen Verhältnisse ein Detail der gewählten Schichtebene auf dieselbe Stelle des Röntgenfilms projiziert und somit scharf abgebildet. Details in darüber- oder darunterliegenden Ebenen ändern während der Bewegung laufend ihre Projektion auf dem Film und werden verwischt dargestellt. Die Aufnahmen entstanden an dem Spezialschichtgerät

Optiplanimat mit Röntgenstrahler Rapid 125/30/80 Polydorus 800 (Siemens AG) in der Medizinischen Hochschule Hannover, Abteilung Diagnostische Radiologie I (Film: XD, 3M / Folie: Trimax 6, 3M; spiralförmige Verwischungsfuge, 50 kV, 200 mAs, 3 s; Abb. 4).

## Digitale Verfahren

### Digitale Lumineszenzradiographie (DLR)

Die DLR ist ein neues bildgebendes Verfahren, bei dem sich die Aufnahmen mit einem herkömmlichen Röntgengerät erstellen lassen. Dabei wird das konventionelle Film-Folien-System durch eine wiederverwendbare lumineszenzfähige Folie ersetzt, in der das Strahlenbild über längere Zeit von angeregten Ladungsträgern zwischengespeichert wird. Diese belichtete Folie wird mittels Laserstrahl zeilenweise abgetastet, wobei Lumineszenzlicht entsteht. Die hierbei freigewordene Lichtenergie wird in ein elektrisches Signal analog/digital gewandelt und einem Computer zugeführt. Das so gespeicherte elektronische Bild kann vielfältig weiterverarbeitet, auf einem Monitor dargestellt, von einer Laserkamera als transparentes Röntgenbild ausgegeben sowie langzeitarchiviert und übertragen werden (Döhring et al., 1986). Der wesentliche Vorteil des Verfahrens besteht in der Erfassung eines großen Bildumfanges und der Möglichkeit, zwischen Bildumfang und Bildkontrast zu optimieren; Fehlbelichtungen sind ausgeschlossen, und die Strahlendosis kann reduziert werden.

Tab. 1:

<b>I. Konventionelle Verfahren</b>
- Röntgenübersichtsverfahren
- Verwischungstomographie
<b>II. Digitale Verfahren</b>
<b>A Projektionsverfahren</b>
<b>1. Digitale Lumineszenzradiographie (DLR)</b>
- Übersichtsaufnahmen
- Verwischungstomogramme
<b>2. Digitale Bildverstärker-Fernsehradiographie</b>
<b>3. Szintigraphische Verfahren</b>
<b>B. Überlagerungsfreie Schnittbildverfahren</b>
<b>1. Sonographie (Ultraschall)</b>
<b>2. (Röntgen-)Computertomographie (CT)</b>
<b>3. Emissions-Computertomographie</b>
<b>4. Kernspintomographie (Magnet-Resonanz-Tomographie, MR)</b>

Das bisher einzige in der Bundesrepublik installierte System (FCR 101, Fuji Photo Co., Ltd.) wurde der Medizinischen Hochschule Hannover von der Firma Philips für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt. Die Bilddatenerfassung erfolgte mit dem Röntgenaufnahmegerät DL 12, dem Generator Super M 80 CP und dem Röntgenstrahler Superrotalix SRO 150/25/50 der Fa. Philips (50 kV, 170 mAs; Abb. 5).

#### Computertomographie (CT)

Die Computertomographie ist ein röntgenologisches Verfahren zur Herstellung überlagerungsfreier Schnittbilder. Dabei rotiert eine Röntgenröhren-Detektor-Einheit um das Objekt. Aus den fortwährend gemessenen Schwächungsprofilen werden mit Hilfe eines Computers die Schwächungswerte in ihrer örtlichen Verteilung berechnet; es entsteht ein rekonstruiertes elektronisches Röntgenbild, das auf einem Fernsehmonitor dargestellt wird.

Die CT-Aufnahmen wurden in der Medizinischen Hochschule Hannover, Abteilung Diagnostische Radiologie I an einem Somatom DR 2 - CT angefertigt (125 kV, 350 bzw. 520 mAs, 1 bzw. 4 mm Schichtdicke; Abb. 6 a, b und c).

#### Kernspintomographie

Die Kernspintomographie, auch Magnet-Resonanz-To-

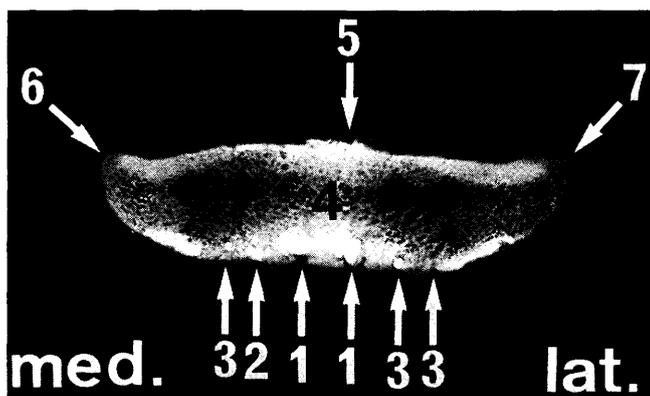


Abb. 3: Röntgenaufnahme des isolierten Strahlbeins nach vorheriger Kontrastmittelinjektion in das Hufgelenk (dorsopalmarer Strahlengang). 1 bis 7: wie Abb. 1.

mographie (MR) genannt, beruht auf dem Prinzip der Kernspinresonanz. Beim MR-Verfahren macht man sich die Eigendrehimpulse von bestimmten Atomkernen zunutze. Hier besitzen insbesondere die Wasserstoffatome

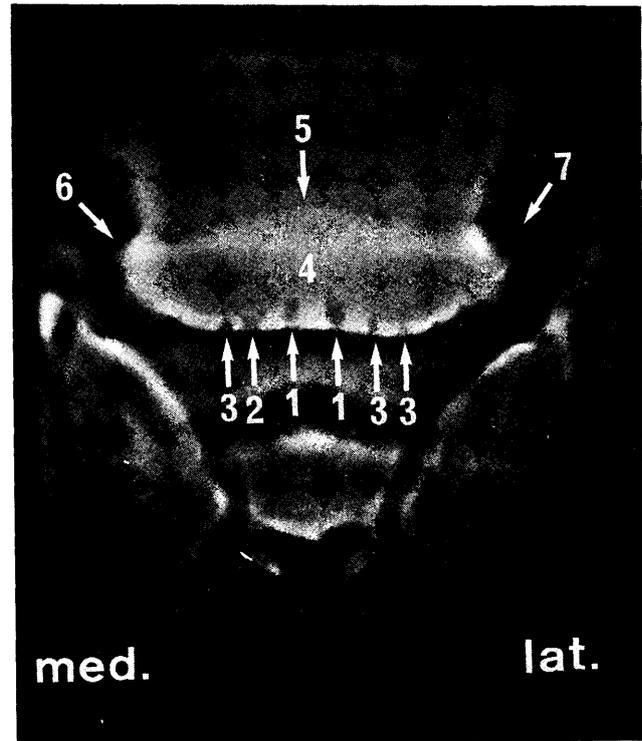


Abb. 4: Verwischungstomogramm des Strahlbeins (Zentrierung in tangentialer Schnittebene in Höhe der Canales sesamoidales). 1 bis 7: wie Abb. 1.

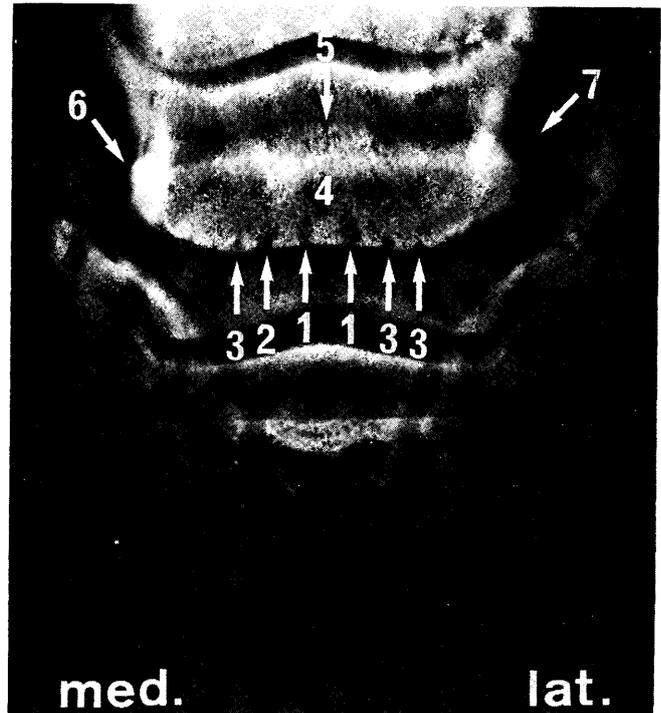
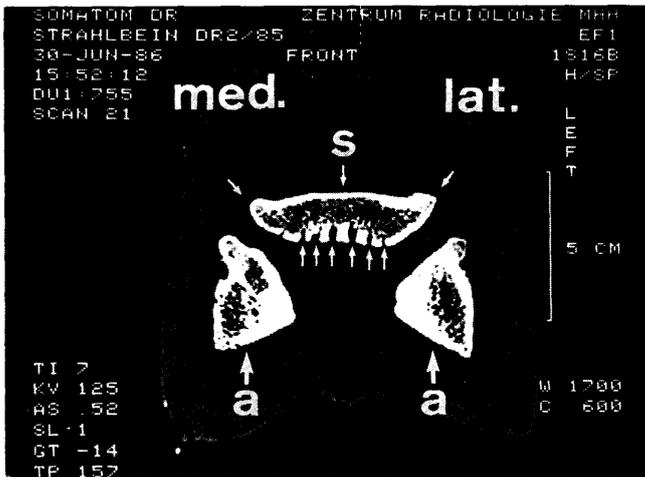
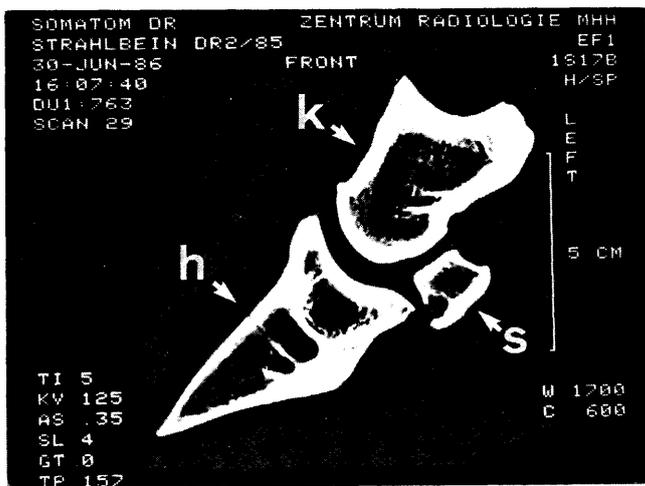


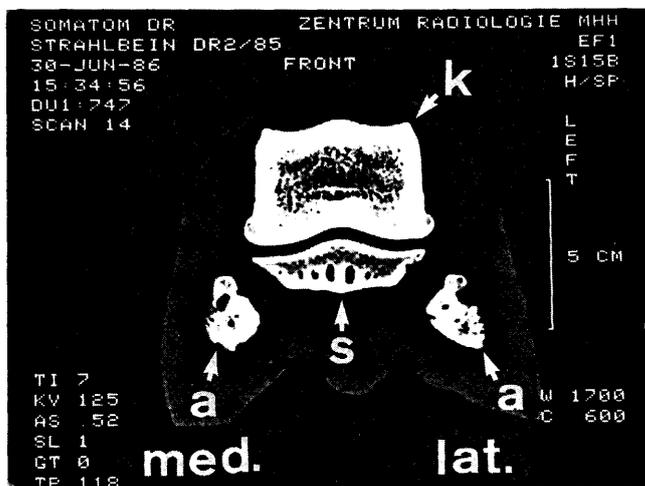
Abb. 5: Digitale lumineszenzradiographische Aufnahme des Strahlbeins (Aufnahmetechnik nach Oxspring). 1 bis 7: wie Abb. 1.



**Abb. 6 a:** Computertomographische Aufnahme des Strahlbeins (Schnitt Ebene in Höhe der Canales sesamoidales parallel zur seitlichen Zehenachse). s – Strahlbein; a – Hufbeinäste.



**Abb. 6 b:** Computertomographische Aufnahme des Strahlbeins (Sagittalschnitt durch den medialen, kolbig deformierten Canalis sesamoidalis). s – Strahlbein; k – Kronbein; h – Hufbein.



**Abb. 6 c:** Computertomographische Aufnahme des Strahlbeins (Schnitt Ebene im rechten Winkel zur seitlichen Zehenachse durch die Eintrittsöffnungen der Canales sesamoidales). s – Strahlbein; a – Hufbeinäste; k – Kronbein.

eine Bedeutung. Nach dem Anlegen eines starken äußeren Magnetfeldes richten sich die Kernspins der Wasserstoffatome gleichsinnig aus. Wird diese Ausrichtung der Kernspins durch bestimmte Hochfrequenzimpulse gestört, so tritt eine kernmagnetische Resonanz auf. Die Kernresonanzsignale sowie die Relaxationszeiten werden von einem Hochfrequenzempfänger aufgenommen und anschließend in einem Computer zur Bilderzeugung verarbeitet. Um Schichtaufnahmen des Organismus zu erhalten, werden nur die Wasserstoffkerne der abzubildenden Körperschicht angeregt. Die gewonnenen Tomographien sind Abbildungen der Verteilung des Wasserstoffs. Die Relaxationszeiten ermöglichen Aussagen über die Bindungsart des Wasserstoffs, d. h. eine Gewebecharakterisierung. Die Qualität des Bildes ist daher stark von dem Wasserstoffgehalt des zu untersuchenden Objekts abhängig. Für das MR-Verfahren sind keine ionisierenden Strahlen notwendig.

Die vorliegenden Aufnahmen wurden an einem Gyroscan 5 der Firma Philips in Eindhoven angefertigt (Feldstärke: 0,5 Tesla, Schichtdicke: 5 mm, Spin-Echo- und Multiple-Slice-Verfahren, Repetitionszeit: 250 ms, Echozeit: 30 ms; Abb. 7 a und b).

## Ergebnisse

### Röntgenübersichtsverfahren

Die nach der Oxspringtechnik erstellte Röntgenaufnahme des Strahlbeins zeigt am Margo distalis sechs Canales sesamoidales (kolbig deformiert, Abb. 1/1; y-förmig, Abb. 1/2; kurz und konisch, Abb. 1/3).

Das Os sesamoideum distale läßt eine relativ gleichmäßige Knochenstruktur erkennen (Abb. 1/4). Auch die Konturen sind gut sichtbar. Am proximalen Rand befindet sich eine Zubildung (Abb. 1/5). Das mediale Strahlbeinseitenende ist abgerundet (Abb. 1/6); dagegen zeigt das laterale Strahlbeinseitenende eine eckige Zubildung (Abb. 1/7).

Bei der Aufnahme des Strahlbein-Hufbein-Präparates (nach Kontrastmittelinjektion in das Hufgelenk) sind die Canales sesamoidales aufgrund ihrer Kommunikation mit dem Hufgelenk deutlich in Form und Ausdehnung darstellbar (Abb. 2/1, 2 und 3). Dies gilt mit Einschränkungen auch für die Aufnahme des isolierten Strahlbeins (Abb. 3). Hier ist die Wiedergabe der Strahlbeinkontur und -struktur besonders gut.

### Verwischungstomographie

Die Form der Canales sesamoidales ist gut zu erkennen (Abb. 4/1, 2 und 3). Durch die verfahrensbedingte Verwischung ist am Strahlbein keine Strukturerkennbarkeit mehr gegeben (Abb. 4/4). Gut ist die Darstellung der Knochenkontur, insbesondere der Zubildungen, am Margo proximalis (Abb. 4/5) und lateralen Strahlbeinseitenende (Abb. 4/7).

### Digitale Lumineszenzradiographie

Die digitale Lumineszenzradiographie des Strahlbeins gelang mit dem Prototyp FCR 101 in auswertbarer Qualität nicht. Kontur und Struktur des Strahlbeins sowie die Form der Canales sesamoidales sind nur schemenhaft

wahrzunehmen (Abb. 5). Dagegen zeigen Hufbeinstruktur und -kontur eine ungewöhnliche Schärfe und Detaillierbarkeit.

#### Computertomographie

Auf den computertomographischen Bildern sieht man die zentrale spongiöse Knochenstruktur sowie die periphere Sklerosierung besonders deutlich (Abb. 6 a, b und c). Auch ist die Form der Canales sesamoidales (Schnittebene, die der Oxspringtechnik entspricht, Abb. 6 a) gut erkennbar. In der Dichte hebt sich die Hornkapsel klar vom Weichteilgewebe ab.

#### Kernspintomographie

Bei der kernspintomographischen Untersuchung werden Knochenkortikalis bzw. sklerosierte Zonen signalarm (schwarz) abgebildet. Demgegenüber erscheinen spongiöse Strukturen und hyaliner Knorpel nahezu weiß (Abb. 7 a und b). Sehnen, Strahlpolster und Huflederhaut werden als unterschiedliche Grautöne wiedergegeben. Das Strahlbein zeigt sich als unscharfes und dunkles Gebilde. Auf Abb. 7 a (entspricht der Aufnahme nach Oxspring) sind keine Canales sesamoidales erkennbar. Die Hornkapsel stellt sich nur signalarm dar, und die Umrisse des Hufes sind nicht auszumachen.

## Diskussion

#### Röntgenübersichtsverfahren

Die röntgenologische Untersuchung des Strahlbeins erfolgt i. d. R. in der Aufnahmetechnik nach Oxspring, im seitlichen Strahlengang (90°) und als Tangentialaufnahme der Facies flexoria. Für die Beurteilung ist stets eine gute Qualität der Röntgenaufnahmen die Voraussetzung. Als Beurteilungskriterien eignen sich Kontur und Struktur des Strahlbeins sowie Anzahl, Form, Tiefe und Begrenzung der Canales sesamoidales (Hertsch, 1983).

Abb. 1 zeigt eine nach der Oxspringtechnik erstellte Strahlbeinaufnahme von ausreichend guter Qualität. Sowohl die Struktur (Abb. 1/4) als auch die Kontur (Abb. 1/5, 6 und 7) des Os sesamoideum distale sind klar erkennbar. Das laterale Strahlbeinseitenende (Abb. 1/7) ist überexponiert („überschossen“), da es sich außerhalb der Überlagerung mit dem Kronbein befindet. Über einem entsprechend hellen Röntgenbetrachter ist die Zubildung jedoch gut sichtbar. Auch die unterschiedlich geformten Canales sesamoidales (Abb. 1/1, 2 und 3) sind deutlich dargestellt und beurteilbar. Für wissenschaftliche Fragestellungen sind Präparataufnahmen von Huf- und Strahlbein nach Kontrastmittelfüllung des Hufgelenkes und Aufnahmen des isolierten Strahlbeins sehr wertvoll für die Darstellung der synovialen Aussackungen im Strahlbein (Abb. 2 und 3).

#### Verwischungstomographie

Die Verwischungstomographie ist eine ergänzende röntgenologische Methode, die eingesetzt wird, wenn die Röntgenübersichtsaufnahme infolge von Überlagerungen keine ausreichende Information bietet. Details in der Objektiefe können bevorzugt dargestellt werden. Dies zeigt sich bei der tomographischen Untersuchung des Pferdstrahlbeins in der guten bildlichen Wiedergabe der Kno-

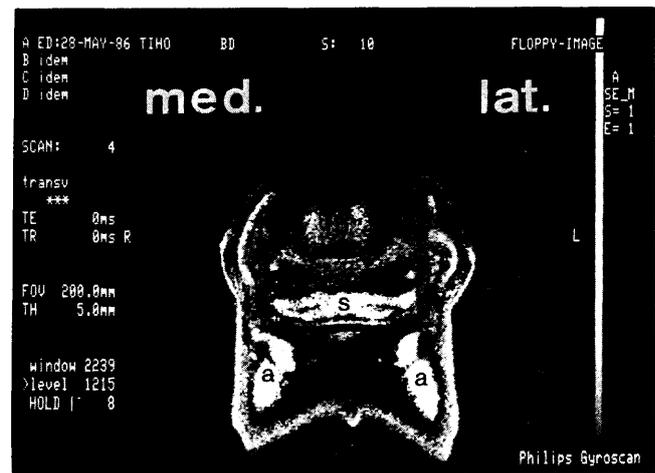


Abb. 7 a: Kernspintomographische Aufnahme des Strahlbeins (Schnittebene wie Abb. 6 a). s – Strahlbein; a – Hufbeinäste; tb – tiefe Beugesehne.

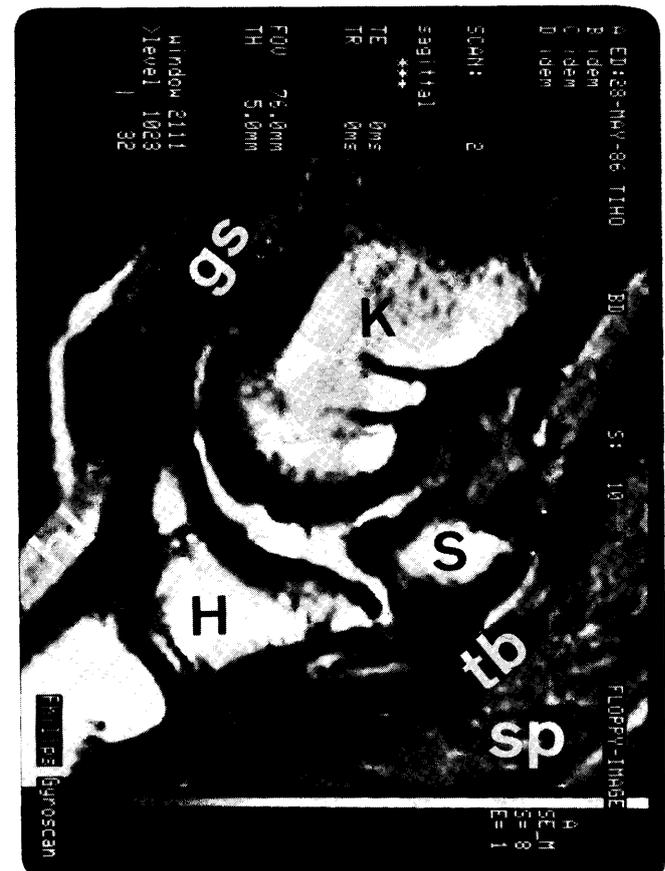


Abb. 7 b: Kernspintomographische Aufnahme des Strahlbeins (Schnittebene wie Abb. 6 b). S – Strahlbein; K – Kronbein; H – Hufbein; tb – tiefe Beugesehne; sp – Strahlpolster; gs – gemeinsame Strecksehne; hl – Huflederhaut.

chenkontur und der Form der Canales sesamoidales (Abb. 4). Dagegen ist durch die verfahrensbedingte Verwischung die Spongiosastruktur des Strahlbeins kaum zu erkennen, die wiederum für die Beurteilung des Os sesamoideum distale bedeutend ist. Grundsätzlich kann die Tomographie für Strahlbeinuntersuchungen eingesetzt werden, doch bringt die übliche Aufnahme nach Oxspring eine entsprechende, wenn nicht gar bessere Bildqualität.

*Digitale Lumineszenzradiographie*

Die DLR stellt ein neuartiges Röntgenverfahren dar, das zum Ersatz der konventionellen Röntgenübersichtsverfahren und Verwischungstomographien vorgesehen ist. Es gestattet die Darstellung einen großen Bildumfangs, wobei jeweils zwischen Bildumfang und Bildkontrast optimiert werden kann. Die Möglichkeiten dieses Verfahrens sind bislang technisch noch nicht vollständig genutzt. So war bei der Anwendung des Prototyps FCR 101 die DLR-Darstellung des Pferdestrahlbeins in der Erkennbarkeit von Strahlbeinkontur und -struktur und Form der Canales sesamoidales der konventionellen Röntgenaufnahme nach Oxspring unterlegen. Gerade diese Kriterien sind die Grundlage jeder Diagnostik am Strahlbein. Im Gegensatz dazu wurde das Hufbein mit außerordentlicher Schärfe und Detailgenauigkeit abgebildet, vermutlich aufgrund der überlagerungsfreien Darstellbarkeit.

*Computertomographie*

Bei einem Vergleich mit den konventionellen Röntgenbildern weisen computertomographische Aufnahmen eine höhere Kontrastauflösung und eine geringere Struktur- und Konturauflösung auf. *Diehl* und *Cordey* (1983 a und b) benutzten ein spezielles Labormodell mit dem Isotop Jod-125 als Strahlenquelle, während die vorliegende Studie mit einem handelsüblichen Computertomographen angefertigt wurde. Die eigenen computertomographischen Untersuchungen zeigen eine deutliche Kontur und Struktur des Strahlbeins, die jedoch nicht die Feinheit und Auflösung einer konventionellen Röntgenübersichtsaufnahme besitzen. Ganz besonders exakt ist die CT-Darstellung der Canales sesamoidales (Abb. 6 a) und die bereits von *Diehl* und *Cordey* (1983 a und b) beschriebene Wiedergabe der Dichteverteilung im Knochen (Abb. 6 a, b und c). Somit ist die Computertomographie für die Grundlagenforschung von Strahlbeinerkrankungen eine durchaus interessante Methode, die weitere und detaillierte Informationen liefern

kann, insbesondere durch die dreidimensionalen Darstellungsmöglichkeiten. Technisch ist das Verfahren jedoch noch nicht am lebenden Tier durchführbar.

*Kernspintomographie*

Die Kernspintomographie steht in ihrer medizinischen Anwendung am Anfang einer Entwicklung, die noch viele Ergebnisse erwarten läßt. Die erreichbare räumliche Auflösung stellt nach *Steinbrich et al.* (1986), so wertvoll sie für eine genaue Detailanalyse auch ist, unter diagnostischen Gesichtspunkten keinen besonderen Wert an sich dar. Über die Nachweisbarkeit krankhafter Veränderungen entscheidet mehr die Frage, ob mit dem Meßverfahren ein Kontrast zu gesundem Gewebe hergestellt werden kann. Vorteile gegenüber anderen Verfahren bestehen für die Untersuchung von Gehirn, Rückenmark und sonstigen parenchymatösen Organen, wo die Kernspintomographie des Wasserstoffs mit dem bekanntermaßen außerordentlich hohen Weichteilkontrast ihre wesentliche Anwendung findet. Die kernspintomographischen Aufnahmen geben, wie schon erwähnt, die Verteilung des Wasserstoffs im Gewebe wieder und sind somit grundsätzlich anderer Natur als Aufnahmen mit Hilfe ionisierender Strahlen. Wasserstoffarme Gewebe (z. B. dichter, sklerosierter Knochen) werden signalarm abgebildet (Abb. 7 a und b). Folglich erscheint das MR-Verfahren, bei aller Bedeutung für die Darstellung von Weichteilen, für die Untersuchung von Pferdestrahlbeinen weniger geeignet. Mangelnde Auflösung und Unschärfe der knöchernen Anteile des Os sesamoideum distale sind die limitierenden Faktoren. Auch die eigenen Kernspintomographien zeigen einen ausgezeichneten Kontrast im Bereich der Weichteile (u. a. gemeinsame Strecksehne, tiefe Beugesehne, Strahlpolster, Huflederhaut; Abb. 7 b). Hier eröffnen sich enorme diagnostische Perspektiven, denen die leider erheblichen Kosten für die technische Ausstattung entgegenstehen.

**Literatur**

- Diehl, Margrith, und Cordey, J.* (1983 a): 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.* (1983 b): Die Computertomographie des Strahlbeins. In *Knezevic, P.* (Hrsg.): Orthopädie bei Huf- und Klauentieren. Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover, 25–30.
- Döhring, W., Prokop, M., Bergh, B., Buchmann, F., und Schmidt, J.* (1986): Prinzip und Anwendung der digitalen Lumineszenzradiographie. Röntgenstrahlen 56, 16–23.
- Hertsch, B.* (1983): Die röntgenologische Diagnose der Podotrochlose. In *Knezevic, P.* (Hrsg.): Orthopädie bei Huf- und Klauentieren. Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover, 12–17.
- Laubenberger, T.* (1986): Technik der medizinischen Radiologie. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 205–215, 308–329 und 330–343.

- Oxpring, G. E.* (1935): The radiology of navicular disease, with observations on its pathology. Vet. Rec. 15, 1433–1447.
- Reid, C. F.* (1976): Tomography of the equine navicular bone. Vortrag anl. der 4th International Veterinary Radiology Conference, 7.–10. Sept. 1976, Cambridge.
- Steinbrich, W., Schreier, G., Bischofsberger, M., und Bunke, J.* (1986): Derzeitiger Stand der klinischen Kernspintomographie. Röntgenstrahlen 54, 10–19.

Prof. Dr. Bodo Hertsch  
Klinik für Pferde  
Tierärztliche Hochschule Hannover  
Bischofsboler Damm 15  
D-3000 Hannover 1