

# Wissenschaftliche Grundlage der Klasseneinteilung von Befunden des Röntgenleitfadens – Das Strahlbein

Corinna Bicher und Christoph Lischer

Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin

**Zusammenfassung:** Der Röntgenleitfaden dient im Rahmen der tierärztlichen Kaufuntersuchung eines Pferdes als Hilfe für die Interpretation von Röntgenbildern. Dabei wird der röntgenologischen Beurteilung des Strahlbeines immer noch eine große Bedeutung beigemessen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Klasseneinteilung bzw. Risikoeinschätzung von Strahlbeinbefunden im Hinblick auf ihre wissenschaftliche Grundlage zu untersuchen. Anhand von wissenschaftlichen Arbeiten wurden von 11 ausgewählten Befunden am Strahlbein die Prävalenz bei klinisch gesunden und hufnahen Pferden dokumentiert, sowie Hinweise für die klinische Relevanz untersucht. Die Literaturrecherche erfolgte über das Archiv der Veterinärmedizinischen Bibliothek der FU Berlin, über die Datenbank CAB und PubMed. Es wurden insgesamt 49 Publikationen identifiziert (32 peer reviewed Veröffentlichungen und 17 Dissertationen). Von den 32 ausgewählten peer reviewed Veröffentlichungen erfüllten keine die Anforderungen für die Evidenzklassen Ia und Ib. Die Mehrzahl der Veröffentlichungen erreichten IIb, sechs Artikel III und zwei die Evidenzklasse IV. Die Prävalenz der einzelnen Befunde schwankte beträchtlich. Die größten Unterschiede zwischen gesunden und hufnahen Pferden wurden bei großkolbigen C.s. (gesund: 0–51,7%, hufnah: 23–90,7%), verzweigten C.s. (gesund: 0–67,2%, hufnah: 7–91,9%) und zystoiden Defekten (gesund: 0,19–3,98%, hufnah: 4,6–19,1%) gefunden, was eine Einteilung als Risikobefunde (Klasse III–IV) gerechtfertigt erscheinen lässt. Bei den restlichen 8 Befunden gibt es keine oder widersprüchliche Daten, so dass die Klassifizierung nicht evidenzbasiert ist. Gründe für die großen Prävalenzunterschiede der verschiedenen Studien bei gesunden Pferdepopulationen sind zum Teil auf die sehr unterschiedliche Röntgenbildqualität (analog versus digital) zurückzuführen. Einzelne Merkmale sind im Röntgenleitfaden auch nicht eindeutig definiert und vor allem bei Befunden, wo die Unterscheidung zwischen anatomischen Variationen und frühen pathologischen Stadien unklar ist, besteht eine große Interobservervariabilität. CT Untersuchungen haben die Limitationen von Röntgenbildern zur Beurteilung des Strahlbeines klar aufgezeigt. Bei fast allen Befunden ist die klinische Relevanz unklar oder umstritten, zudem fehlen für fast alle Befunde Verlaufsuntersuchungen bei einer größeren Anzahl von Sportpferden. Insgesamt ist die radiologische Untersuchung des Strahlbeines im Hinblick auf eine prognostische Aussage bei Pferdekäufen überbewertet.

**Schlüsselwörter:** Pferd, Strahlbein, Canales sesamoidales, Röntgenleitfaden, evidenz-basierte Medizin

## Scientific evidence of the classification of radiological findings of the navicular bone, in the German guidelines for prepurchase exams (Röntgenleitfaden 2007)

In the prepurchase exam of adult horses, the radiological evaluation of the navicular bone plays an important role. The guidelines for radiological classification of findings of the German Equine Veterinary Association (Röntgenleitfaden 2007) support practicing veterinarians in their evaluation of pre-purchase radiographs. The aim of the study is, to evaluate the scientific evidence of the classification system for the risk assessment of radiographic findings in the navicular bone. Eleven out of 24 radiographic findings of the navicular bone from the Röntgenleitfaden 2007 were selected. The frequency of the 11 findings were described in both sound and lame horses and their clinical relevance was assessed using appropriate publications. The archived data in the veterinary medical library of the Free University of Berlin (FU Berlin), CAB and Pub-Med were used for the literature research. Using specific keywords. In total, 49 publications could be used for the review, 32 in peer-reviewed and 17 Doctoral Thesis. Using the Evidence Classification system recommended by the Agency for Health Care Policy and research (AHCP), majority of the publications (41) were being categorized in IIb, 6 papers in III, and 2 in the lowest category IV. In studies using populations of sound horses the frequency of some radiological findings was very variable in common radiological findings such as large lollipop-shaped synovial invaginations (0–51.7%), branched (y-shaped) synovial invaginations of (0–67.2%) or new bone formation on the distal border of the navicular bone (0.1–85.5%) The variability of the evaluated studies might partially be explained by the inconsistent quality of the radiographs using both analog and digital technique. Furthermore, the guidelines do not give clear descriptions of these findings, which makes the differentiation between anatomical variation and clinical relevant stages of pathological changes more difficult, which further increases the interobserver variability. The largest difference in the prevalence between groups lame and sound horses were identified for large lollipop-shaped synovial invaginations (sound horses 0–51.7%, lame horses 23–90.7%), branched (y-shaped) synovial invaginations (sound horses 0–67.2%, lame horses 7–91.9%), and cyst like defects (sound horses 0.19–3.98%, lame horses 4.6–19.1%) In the guidelines these findings were classified in the highest risk categories III or IV, respectively. Except for cyst like lesions, we concluded that there was not enough scientific evidence to support the risk assessment of the guidelines.

**Keywords:** horse, navicular bone, synovial invaginations, Röntgenleitfaden, guideline, evidence-based medicine

**Zitation:** Bicher C., Lischer C. (2019) Wissenschaftliche Grundlage der Klasseneinteilung von Befunden des Röntgenleitfadens. Pferdeheilkunde 35, 41–51, DOI 10.21836/PEM20190106

**Korrespondenz:** Corinna Bicher, Freie Universität Berlin, Klinik für Pferde, Oertzenweg 19b, 14163 Berlin, Germany, c.k.bicher@gmx.de

## Einleitung

Im Rahmen einer Kaufuntersuchung eines Pferdes wird der röntgenologischen Beurteilung des Strahlbeines immer noch eine herausragende Bedeutung beigemessen, obwohl Computertomographie und Magnetresonanztomographie die Grenzen dieser Untersuchungsmethode deutlich aufgezeigt

haben (Claerhoudt et al. 2011a, Claerhoudt et al. 2012b). Neben der klinischen Untersuchung haben Käufer und Verkäufer große Erwartungen an die Begutachtung und Interpretation der Röntgenbilder im Hinblick auf eine langfristige Prognose zur Nutzbarkeit eines Reitpferdes.

Fehlerhafte oder unterschiedliche Beurteilung von Röntgenbildern können für den Tierarzt unter Umständen erhebliche Konsequenzen haben und zu Streitigkeiten führen, die nicht selten erst vor Gericht geklärt werden (Neuhaus 2007). Vor diesem Hintergrund wurde von der Deutschen Gesellschaft für Pferdemedizin als Grundlage für eine einheitliche Vorgehensweise und Beurteilung ein Röntgenleiftaden geschaffen, um den Tierärzten eine Interpretationshilfe an die Hand zu geben. Der Röntgenleiftaden, der bis 2017 gültig war, hatte für die Tierärzte eine große Bedeutung erlangt, weil er bei den Juristen (Richter und Anwälte) ein Standardwerk für Verhandlungen war, das ihnen erlaubte einen Sachverhalt richtig oder falsch zu bewerten (Weinberger 2006).

Traditionellerweise nimmt das Strahlbein in diesem Röntgenleiftaden einen besonderen Platz ein, weil vielen röntgenologischen Veränderungen eine klinische beziehungsweise prognostische Bedeutung beigemessen wird. Die Strahlbeinerkrankung ist eine seit langem bekannte (Bridges 1752) und häufige Ursache für eine chronische Lahmheit der Vordergliedmaße beim Pferd (Claerhoudt et al. 2012a, Groth et al. 2009, MacGregor 1986). Die Diagnose intravitam wurde erst durch die Anwendung der Röntgentechnik möglich (Oxspring 1935). Diese Erkrankung ist immer wieder Gegenstand wissenschaftlicher Arbeiten, da die Pathogenese bis heute noch nicht abschließend geklärt ist. Pathologische Untersuchungen zeigen, dass neben dem knöchernen Anteil auch Weichteile wie Knorpel, Bursa navicularis, die tiefe Beugesehne und verschiedene Bänder des Strahlbeines mitbetroffen sind (Hertsch, B. and Steffen 1986, Wright et al. 1998). Diese Strukturen können jedoch nur mittels dreidimensionalen Schnittbildverfahren wie Magnetresonanztomographie (Sampson et al. 2009, Sherlock et al. 2008) oder zum Teil auch Computertomographie (Widmer et al. 2000) dargestellt werden (Rijkenhuizen 2008). Trotz dieser Einschränkung, wird die röntgenologische Untersuchung immer noch als häufigstes diagnostisches Hilfsmittel bei der Beurteilung des Strahlbeines genutzt, weil die Untersuchungskosten relativ gering sind.

Für eine umfassende röntgenologische Beurteilung des Strahlbeins sind drei Projektionen erforderlich: Die Oxspring-, die Seitliche- und die Skyline Aufnahme. Im Röntgenleiftaden erhält die Oxspringaufnahme die größte Bedeutung, weil hier die meisten Befunde zu erkennen sind. Auf dieser Projektion werden Form und Knochenstruktur des Strahlbeins, sowie die Lage, Anzahl und Form der Strahlbeinkanäle beurteilt. In der seitlichen Aufnahme kann die Facies articularis, bzw. flexoria, der Sagittalkamm sowie die Spongiosabälkchen des Strahlbeines beurteilt werden. Nur die Skyline-Aufnahme ermöglicht es, den geraden zentralen Teil der Facies flexoria des Strahlbeines überlagerungsfrei darzustellen und erlaubt eine Beurteilung der Kompakta und Spongiosa (Baumann 2009, Ueltschi 2002). Im Wesentlichen wird das Strahlbein im Röntgenleiftaden 2017 anhand der Anzahl, Lage und Form der Canales sesamoidales (C.s.) sowie seiner Struktur und Kontur beurteilt.

Im Röntgenleiftaden 2007 wurden die radiologischen Befunde in vier Röntgenklassen (Klasse I – IV) und drei Zwischenklassen (I–I, II–III, III–V) eingeteilt. Die 24 Strahlbeinbefunde auf der Oxspringaufnahme, sind je nach geschätztem Risiko von klinischen Erscheinungen, die in unbestimmter Zeit von

diesem Befund ausgehen könnten, in vier Klassen eingeteilt worden: Idealzustand (kein Risiko), Normalzustand (<3% Risiko), Akzeptanzzustand (5–20%) und Risikozustand (>50%). Diese starre Einteilung und das in Zahlen quantifizierte Risiko wurde in der Vergangenheit mehrmals kritisiert, weil die Grundlagen dieser Risikoeinschätzung nicht bekannt waren (Blobel 2001, Stadler 2005, Weinberger 2006).

Das Ziel dieser Arbeit war es deshalb, die Klasseneinteilung bzw. die Risikoschätzung von Strahlbeinbefunden des RÖLF 2007 im Hinblick auf ihre wissenschaftliche Grundlage zu untersuchen.

## Material und Methode

Es wurden aufgrund der vorhandenen Literatur 11 Befunden am Strahlbein ausgewählt, die im RÖLF 2007 auf der Oxspringaufnahme beschrieben sind. Diese Befunde wurden anhand von wissenschaftlichen Arbeiten in Bezug auf Prävalenz und der klinischen Relevanz untersucht und zwischen gesunden (Pferde die nach einer klinischen Untersuchung keine Krankheiten aufwiesen) und TPA positiven Pferden verglichen. Zwölf röntgenologische Verlaufsstudien stellen die größte Referenzgruppe im Alter von 1–7 Jahren dar. Es handelt sich um klinisch gesunde, qualitativ hochwertige und selektierte Pferde, die zur Auktion oder Körung zugelassen worden sind, deren Skelett jedoch noch nicht über längere Zeit sportlichen Belastungen ausgesetzt worden ist. Die verbleibende Literatur befasst sich mit gesunden und TPA positiven Pferden im Alter von 3–19 Jahren. Die Canales sesamoidales (C.s.) werden im Hinblick auf ihre Anzahl am distalen Strahlbeinrand (2.1.4), ihrer Lage im proximalen Strahlbeinrand (2.1.5) und im distalen Strahlbeinrand (2.1.6), im Übergangsbereich zum schrägen Seitenteil (2.1.7) und im schrägen Seitenteil (2.1.8) und ihrer Form (2.1.11–2.1.13) beschrieben. Strukturelle Strahlbeinbefunde sind die zentrale Aufhellung (Zystoide Defekt) (2.1.18), oder die zentrale Aufhellung als Einbruch (2.1.19) sowie Aufhellungslinien, mit der Deutung als Fraktur, bzw. als Ossifikationsstörungen (2.1.20). Die Konturbeurteilung des Strahlbeines erfolgte an den Seitenenden (2.1.21) sowie am proximalen (2.1.22), wie auch am distalen Strahlbeinrand (2.1.23). Isolierten Verschattungen werden am Übergang zum schrägen Seitenteil (2.1.24) beschrieben.

Die Literaturrecherche erfolgte über das Archiv der Veterinärmedizinischen Bibliothek der FU Berlin, sowie über die Datenbank CAB und über PubMed. Für die Suche wurden folgende Stichwörter, in Deutsch und Englisch verwendet: Pferd (Horse, equine), Strahlbein (Navicular Bone), Canales sesamoidales (synovial invaginations), Röntgenleiftaden, Röntgen (x-ray) und Podotrochlose (Navicular) verwendet. Es wurden nur Artikel aus peer-reviewed Zeitschriften berücksichtigt. Zusätzlich wurden deutschsprachige Dissertationen sowie einschlägige veterinärmedizinische Fachbücher wie *The Clinical Radiology of the Horse* (Butler et al. 2008), *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse* (Ross and Dyson 2011), *Adam's Lahmheiten bei Pferden* (Stashak 2010) und *Veterinary Diagnostic Radiology* (Thrall 2013) verwendet. Die zur Verfügung stehenden Arbeiten wurden gemäß der AHCPR (Agency for Health Care Policy and Research) in vier Evidenzklassen eingeteilt (Tab. 1).

## Ergebnisse

Insgesamt erfüllten 49 Arbeiten die Kriterien der Literatursuche, davon waren 17 Dissertationen und 32 Veröffentlichungen in peer-reviewed Zeitschriften. Die Anforderungen für die Evidenzklassen Ia und Ib wurde von keinem der vorliegenden Arbeiten erfüllt. Die Mehrzahl der Veröffentlichungen erreichten IIb (41), sechs Artikel III und zwei die Evidenzklasse IV (Rijkenhuizen 2008, Stadler 2005)

**Tab. 1** Einteilung der Literatur in Evidenzklassen gemäß AHCPR (Agency for Health Care Policy and Research)  
Classification of the literature after AHCPR (Agency for Health Care Policy and Research)

Evidenzklassen	Anforderungen an die Studie
I a	Evidenz aufgrund von Metaanalysen
I b	Evidenz aufgrund mindestens einer randomisierten, kontrollierten Studie
II a	Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten, kontrollierten Studie ohne Randomisation
II b	Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten, nicht randomisierten und nicht kontrollierten klinischen Studie, z.B. Kohortenstudie
III	Evidenz aufgrund angelegter, nicht experimenteller, deskriptiver Studien, wie z.B. Vergleichsstudien, Korrelationsstudien und Fallkontrollstudien
IV	Evidenz aufgrund von Berichten der Experten Ausschüsse oder Expertenmeinungen und/oder Klinischer Erfahrungen anerkannter Autoritäten

### 2.1.4 Anzahl der Canales sesamoidales distales im zentralen geraden Teil, Klasse I

Die Angaben bezüglich Anzahl von Strahlbeinkanälen, die auf der Oxspringaufnahme von nicht lahmen Pferden erkennbar waren, schwankt bei den verschiedenen Untersuchungen beträchtlich (Tab. 2) Keine Strahlbeinkanäle waren bei 0,94% (Röstel-Peters 1987) bis 97,38% (Claerhoudt et al. 2011) beschrieben. Ein bis drei C.s. wurden mit einer Häufigkeit von 0,3% (Kirchner 1996) bis 57,85% (Kahler 2001) gefunden. Vier bis sechs C.s. mit einer Häufigkeit von 1% (Kirchner 1996) bis 45,3% (Röstel-Peters 1987) und mehr als sechs C.s. wurden bei 0,27% (Thomsen 1995) bis 76,4% (Merz 1993) nachgewiesen.



**Abb. 1** 2.1.4 Canales sesamoidales am distalen Strahlbeinrand  
Synovial invaginations on the distal border

**Tab. 2** Anzahl und Prävalenz der Canales sesamoidales am Strahlbein | Number and frequency of the synovial invaginations of the navicular bone

Anzahl untersuchte Pferde	0 Canales sesamoidales (C.s.)	1–3 C.s.	2–4 C.s.	4–6 C.s.	>6 C.s.	Quelle
<b>Lahmfreie Pferde</b>						
n= 433 Fohlen	–	59 (13,63%)	–	31 (7,16%)	3 (0,69%)	T. C. Heinz (1993)
n= 375 Fohlen	–	54 (14,4%)	–	26 (6,93%)	1 (0,27%)	K. Thomsen (1995)
n= 368 als Jährlinge	–	69 (18,75%)	–	46 (12,5%)	3 (0,82%)	
n= 290 Pferde als Fohlen	–	45 (15,5%)	–	59 (20,3%)	134 (46,2%)	R. Kirchner (1996)
als Jährlinge	–	24 (8,3%)	–	41 (14,1%)	80 (27,6%)	
als Zweijährige	–	1 (0,3%)	–	3 (1%)	5 (1,7%)	
n= 741 Dreijährige	82 (11,06%)	356 (48,04%)	–	253 (34,14%)	50 (6,75%)	T. Müller (1994)
n= 1324 Zweijährige	–	766 (57,85%)	–	446 (33,69%)	117 (8,84%)	G. Kahler (2001)
n=754 Pferde	–	367 (48,67%)*	337 (44,69%)	–	70 (9,28%)**	F. Müller (1982)
n=106 Vorderbeine	1 (0,94%)	42 (39,6%)	–	48 (45,3%)	16 (15,09%)	B. Röstel-Peters (1987)
n=223 Pferde	10 (4,7%)	–	–	–	–	J. Boddenmüller (1983)
n=4390 Vorderbeine	–	–	–	–	3124 (71,2%)	K.M. Leonhardt (1996)
n=3726 Vorderbeine	–	–	–	–	2845 (76,4%)	A. Merz (1993)
n=650 Vorderbeine	633 (97,38%)	–	17 (2,61%)	–	–	S. Claerhoudt et al. (2011)
<b>Lahme Pferde</b>						
n=410 Pferdebeine	–	202(49,2%)	97 (23,7%)	–	–	H. Keller und S. Grundmann 1995
n= 106 Pferdebeine	–	24,36% (26)	–	35,9% (38)	32,9% (35)	B. Röstel-Peters 1987
n= 132 Pferde	–	–	–	88 (67%)	44 (33%)	I. Baumann 2009
n= 118 Pferde	–	–	–	–	99 (83,9%)	I. M. Wright 1993
n=65 Pferde	–	9 (13,8%)	–	7 (10,7%)	–	E. Brunken 1986

Bei lahmen Pferden, bei denen die Ursache der Lahmheit mittels einer tiefen Palmarnervenanästhesie (TPA) auf den Hufes lokalisiert werden konnte (TPA positive Pferde, Pferde mit „heel pain“), zeigten 8,5% (Röstel-Peters 1987) keine C.s. am distalen Strahlbeinrand. Die Prävalenz für 1–3 C.s. lag bei 24,5% (Brunken 1986) bis 67% (Baumann 2009), für 4–6 C.s. bei 23,7% (Keller and Grundmann 1995) bis 35,9% (Röstel-Peters 1987) und für mehr als 6 nachgewiesene C.s. bei 33% (Baumann 2009) bis 83,9% (Wright 1993) (Tab. 2, Abb. 1)

2.1.5 Lage der Canales proximal, Klasse III

Strahlbeinkanäle am proximalen Strahlbeinrand sind sehr selten (Tab. 3), in einer Untersuchung wurden sie bei klinisch gesunden Pferden nie festgestellt (Lukas 1987) In einer radiologischen Verlaufsuntersuchung von jungen Auktionspferden (mit einem Durchschnittsalter von 3 Jahren), lag die Häufigkeit bei 5,71% (Erdmann 2009)

Bei TPA positiven Pferden reichte die Häufigkeit von 3% (Baumann 2009) bis 47,7% (Brunken 1986) (Tab. 3) In Fachbüchern werden C.s. am proximalen Rand als pathologisch eingestuft (Butler et al. 2008) und es wird ein Zusammenhang mit Läsionen am Lig. sesamoideum collaterale vermutet (Ross and Dyson 2011) (Abb. 2)

2.1.7 Lage der Canales Übergangsbereich zum schrägen Seitenteil, Klasse II-III (Tab. 3)

Im Übergang zum schrägen Seitenteil sind C.s. bei gesunden Pferden mit einer Häufigkeit von 8,1% (Fuhmann 2015) bis 20,71% (Erdmann 2009) festgestellt worden. Bei 140 Pfer-

den, die 6 Monate bis 6 Jahre nachgeröntgt wurden, hatte sich die Prävalenz von 20,29% nicht verändert (Erdmann 2009) Zwei von 140 Probanden zeigten bei der Nachuntersuchung eine Lahmheit, die auf den Trachtenbereich lokalisiert werden konnte. Diese Pferde hatten bei der Erstuntersuchung nur C.s. am distalen zentralen Strahlbeinrand und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung auch am Übergang zum schrägen Seitenteil (Abb. 3)

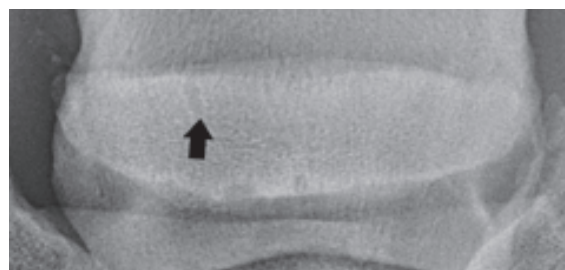


Abb. 2 2.1.5 Lage der Canales sesamoidales proximal  
Synovial invaginations on the proximal border



Abb. 3 2.1.7 Canales sesamoidales im Übergang zum schrägen Seitenteil | Synovial invaginations at the junction between the horizontal and sloping distal borders of the navicular bone

Tab. 3 Lage der Canales sesamoidales am Strahlbein und Prävalenz des Auftretens am Pferd/Strahlbein | Location and frequency of the synovial invaginations of the navicular bone

Anzahl der Pferde	Proximal	Distal zentral	Übergangsbereich zum schrägen Seitenteil	Im schrägen Seitenteil	Quelle
Lahmfreie Pferde					
n=318 Pferde	0%	Bis 16 Monate bei 14% vorhanden	–	Ab 24 Monate sichtbar	B. Lukas (1987)
n=140 Pferde	(8) 5,71%	(107) 76,43%	(29) 20,71%	(4) 2,86%	S. Erdmann (2009)
n=290 Pferdebeine					
Fohlen	–	(70) 24,1%	–	–	R. Kirchner (1996)
Jährlinge	–	(103)35,5%	–	–	
Zweijährige	–	(219)75,7%	–	–	
n=741 Pferdebeine	–	(659) 88,93%	–	–	T. Müller (1994)
n=190 Pferdebeine					
Fohlen	–	(35)18,4%	–	–	K. Thomsen (1995)
Jährlinge	–	(82)43,2%	–	–	
n=83 Pferde	–	–	–	Es kommt vor	C. MacGregor (1986)
n=433 Pferdebeine	–	(93)21,5%	–	–	T.C. Heinz (1993)
Lahme Pferde					
n=132 Pferde	(4) 3%	(132)100%	–	(55)42%	I. Baumann (2009)
n=65 Pferde	(31)47,7%	–	–	–	E. Brunken (1986)
n=118 Pferde	–	(99)83,9%	–	(98)83,1%	I.M. Wright (1993)

### 2.1.8 Lage der Canales im schrägen Seitenteil, Klasse III-IV (Tab. 4 und 5)

Bei gesunden Pferden wurden C.s. im schrägen Seitenteil mit einer Prävalenz von 1,2% (Fuhrmann 2015) und 2,86% (Erdmann 2009) gefunden. Bei TPA positiven Pferden schwankt die Prävalenz zwischen 42% (Baumann 2009) und 83,1% (Wright 1993)

### 2.1.11 Form der Canales kleinkolbig (bis Senfkorngröße), Klasse II-III (Tab. 4)

Der Befund kleinkolbige C.s. kommt bei klinisch gesunden Pferden mit einer Prävalenz von 0,7% (Kirchner 1996) bis zu 33,7% (Merz 1993) vor. Bei TPA positiven Pferden liegt die Prävalenz zwischen 21% (Baumann 2009) und 44,83% (Dik and van den Broek 1995) (Abb. 4)

**Tab. 4** Form der Canales sesamoidales am Strahlbein | Shape of the synovial invaginations of the navicular bone

Anzahl der untersuchten Vordergliedmaße	Alter	klein kolbig	groß kolbig	y-förmig	Quelle
<b>Lahmfreie Pferde</b>					
n=375	Fohlen	(4) 1,1%	0%	0%	K. Thomsen (1995)
n=368	Jährlinge	(3) 0,81%	0%	(1) 0,27%	
n=290	Zweijährige	(2) 0,7%	0%	–	R. Kirchner (1996)
	Dreijährige	(4) 1,4%	0%	–	
	Vierjährige	(16) 5,5%	(6) 2,1%	–	
n=1324	Zweijährige	(136) 10,3%	(5) 0,4%	(76) 5,7%	G. Kahler (2001)
n=4390	3–7 Jahre	(1397) 31,82%	(404) 9,2%	(414) 9,4%	K. Leonhardt (1996)
n=3748	–	(199) 5,3%	(68) 1,8%	(68) 1,8%	Stock et al. (2004)
n=3726	3–8 Jahre	(1257) 33,7%	(1925) 51,7%	(2503) 67,2%	A. Merz (1993)
n=741	Dreijährig	(93) 12,55%	(24) 3,25%	(62) 8,38%	T. Müller (1994)
n=223*	4–8 Jahre	(16) 7%	(21) 9,3%	–	J. Boddenmüller (1983)
n=523*	3–18 Jahre	(114) 10,89%	–	(58) 11%	B. Kaser-Hotz und G. Ueltschi (1992)
<b>Lahmende Pferde</b>					
n=132	3–23 Jahre	(28) 21%	(30) 23%	(9) 7%	I. Baumann (2009)
n=410 <sup>o</sup>	Durchschnitt 10 Jahre	(98) 23,9%*	(98) 23,9%*	(98) 23,9%*	Keller und Grundmann (1995)
n=87	3–5 Jahre	(39) 44,83%*	(39) 44,83%*	–	Dik und van den Broek (1995)
n=175	3–19 Jahre	(42) 24,14%	–	–	Dik und van den Broek (1995)
n=118	3–18 Jahre	–	(107) 90,7%	(108) 91,9%	I.M. Wright (1993)

Legende: (–) keine Angaben zum Befund, (\*) kein Unterschied zwischen klein- und groß kolbig, (°) Vordergliedmaße

**Tab. 5** Struktur des Strahlbeines | Structure of the navicular bone

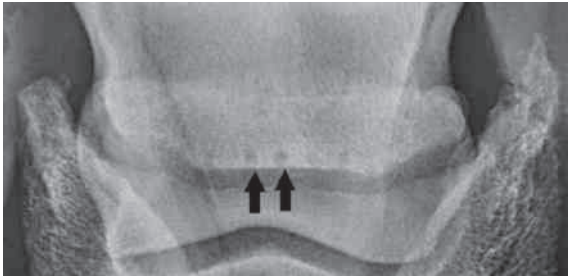
Anzahl Vordergliedmaße	Zystoider Defekt	Einbruch	Aufhellungslinie, Fraktur, Ossifikationsstörung	Quelle
<b>Lahmfreie Pferde</b>				
n=754 Pferde	(30) 3,98%	–	–	Müller (1982)
n=223 Pferde	(4) 1,7%	–	–	Boddenmüller (1983)
n=434	(3) 0,69%	–	(4) 0,92%	Heinz (1993)
n=3726	(7) 0,19%	–	–	Merz (1993)
n=741	(6) 1,61%	–	–	Müller (1994)
n=375	(3) 0,8%	–	(4) 1,1%	Thomsen (1995)
	Im Folgejahr nicht mehr sichtbar		Im Folgejahr nicht mehr sichtbar	
n=290	(3) 1%	–	(2) 0,7%	Kirchner (1996)
	In den Folgejahren nicht mehr sichtbar		In den Folgejahren nicht mehr sichtbar	
<b>Lahmende Pferde</b>				
n=74	(13) 17,57%	–	–	Ackermann et al. (1977)
n=65	(3) 4,6%	(7) 10,8%	–	Brunken (1986)
n=4464	(28) 19,1%	–	–	Baez Ramos (1987)
n=410 Strahlbeine	(36) 8,7%	–	(1) 0,24%	Keller, Grundmann (1995)
n=175	(9) 5,12%	–	–	Dik et al. (2001)
n=132	(6) 4,6%	(4) 2,5%	–	Baumann (2009)
n=377	(28) 7,4%	–	–	Biggi, Dyson (2012)

### 2.1.12 Form der Canales großkolbig (Pfefferkorngröße und mehr), Klasse III-IV (Tab. 4)

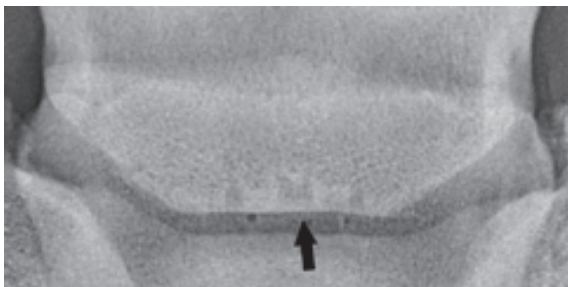
Die Prävalenz bei großkolbigen C.s. reicht bei klinisch gesunden Pferden von 0% (Kirchner 1996, Thomsen 1995) bis 51,7% (Merz 1993)

Die Prävalenz bei TPA positiven Pferden schwankt zwischen 23% (Baumann 2009) und 90,7% (Wright 1993)

Kolbige C.s. werden auch pilzförmig oder lollipopartig bezeichnet, eine Unterscheidung in klein- und großkolbig wird nicht vorgenommen (Claerhoudt et al. 2012b, Stashak 2010, Thrall 2013, Ueltschi 2002)



**Abb. 4** 2.1.11 kleinkolbige Canales sesamoidales  
Lollipop-shaped synovial invaginations



**Abb. 5** 2.1.13 verzweigte Canales sesamoidales am distalen Rand  
Branched synovial invaginations on the distal border

### 2.1.13 Form der Canales verzweigt (Y-förmig), Klasse III-IV (Tab. 4)

Die Prävalenz der verzweigten C.s. am Strahlbein (Abb. 5), wird bei klinisch gesunden Pferden an den Vordergliedmaßen mit 0% (Thomsen 1995) bis 67,2% (Merz 1993) angegeben. Bei lahmen Pferden liegt die Häufigkeit zwischen 7% (Baumann 2009) und 91,9% (Wright 1993)

### 2.1.18 Struktur zentrale Aufhellung (Zystoider Defekt), Klasse IV (Tab. 5)

Eine zentrale Aufhellung (Abb. 6) wird bei klinisch gesunden Warmblutpferden mit einer Prävalenz von 0,19% (Merz 1993) bis 3,98% (Müller, F. 1982) benannt. Bei den lahmen Pferden liegt die Prävalenzangabe zwischen 4,6% (Baumann 2009, Brunken 1986) und 19,1% (Baez Ramos 1987)

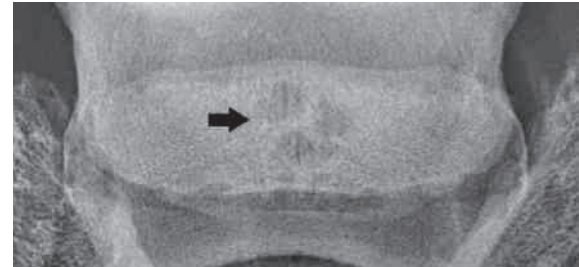
### 2.1.19 Struktur zentrale Aufhellung (Einbruch), Klasse IV (Tab. 5)

Über die Prävalenz von Zystoiden Defekten mit zentralem Einbruch in der Facies flexoria wurde bei klinisch gesunden Pferden keine Untersuchung gefunden. Die Prävalenz bei TPA

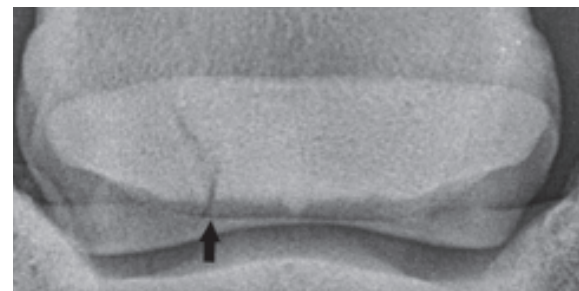
positiven Pferden liegt bei 2,5% (Baumann 2009) bis 10,8% (Brunken 1986)

### 2.1.20 Struktur Aufhellungslinien, Deutung als Fraktur, Ossifikationsstörung, Klasse IV (Tab. 5)

Aufhellungslinien (Abb. 7) wurden bei klinisch gesunden Pferden mit einer Prävalenz von 0,92% (Heinz 1993) gefunden. Thomsen (1995) konnte die von Heinz (1993) untersuchten Fohlen im Folgejahr erneut röntgen und konnte keine Strahlbeinfraktur mehr feststellen. Bei TPA positiven Pferden wird die Prävalenz mit 0,24% (Keller and Grundmann 1995) angegeben.



**Abb. 6** 2.1.18 Zystoider Defekt | Cyst-like lesion



**Abb. 7** 2.1.20 Fraktur | Fracture of the navicular bone

### 2.1.21 Kontur – Zubildungen Seitenenden spitz, Klasse III (Tab. 6)

Spitze Ausziehungen lateral und medial am Strahlbein (Abb. 8) kommen bei klinisch gesunden Pferden mit einer Prävalenz von 0,5% (Leonhardt 1996) bis 34,55% (Biggi and Dyson 2012) vor. Bei TPA positiven Pferden liegt die Prävalenz zwischen 13,52% (Ackerman et al. 1977) und 56,23% (Biggi and Dyson 2012)

Spitz zulaufende Seitenenden am Strahlbein werden in der englischsprachigen Literatur auch als Enthesiophyten (Thrall 2013) oder „peaking“ (Ackerman et al. 1977) bezeichnet. In den einschlägigen Fachbüchern finden sich keine Aussagen zur klinischen Bedeutung dieser Befunde.



**Abb. 8** 2.1.21 Zubildungen an den Seitenenden | Enthesiophytes at the proximal medial and lateral aspects of the navicular bone

2.1.22 Kontur – Zubildungen proximal, Klasse II-III., (Tab. 6)

Zubildungen am Margo proximalis des Strahlbeinrandes (Abb. 9) kommen bei klinisch gesunden Pferden mit einer Häufigkeit von 0% (Heinz 1993) bis zu 43,4% (Röstel-Peters 1987) vor. Bei TPA positiven Pferden schwankt die Prävalenz von 4% (Baumann 2009) bis 77,4% (Röstel-Peters 1987)

Zubildungen am dorsoproximalen Rand des Strahlbeines werden als Hinweis für eine degenerative Erkrankung des Hufgelenkes (Thrall 2013) gesehen und stehen im Zusammenhang mit einer Strahlbeinerkrankung (Butler et al. 2008)



Abb. 9 2.1.22 Zubildungen am proximalen Strahlbeinrand  
New bone on the proximal border

2.1.23 Kontur – Zubildungen distal am Übergang zum schrägen Seitenteil, Klasse II-III (Tab. 6)

Distale Zubildungen (Abb. 10), die genau am Übergang zum schrägen Seitenteil liegen, wurden bei 2

(0,5%) von 290 lahmfreien Pferden (Heinz 1993) und bei 3 (4,6%) von 65 TPA positiven Pferden (Brunken 1986) festgestellt.

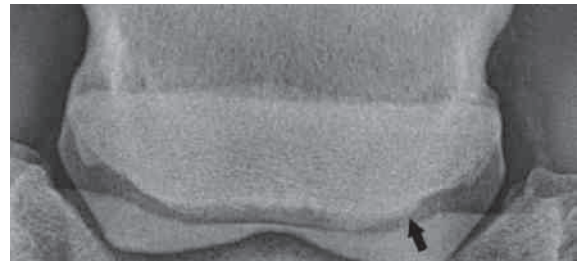


Abb. 10 2.1.23 Zubildungen distal am Übergang zum schrägen Seitenteil | New bone at the junction between the distal horizontal and sloping border

2.1.24 Kontur – Zubildungen, isolierte Verschattung am Übergang zum schrägen Seitenteil, Klasse II-III (Tab. 6)

Isolierte Verschattungen am distalen Strahlbeinrand (Abb. 11) kommen bei klinisch gesunden Pferden mit einer Prävalenz von 0% (Röstel-Peters 1987) bis zu 14,6% (Kaser-Hotz and Ueltschi 1992) vor. Bei lahmen Pferden liegen die Angaben zwischen 0% (Baumann 2009, Brunken 1986, Röstel-Peters 1987) und 28,8% (Wright 1993)

Tab. 6 Kontur-Zubildungen am Strahlbein | Modeling of the navicular bone

Anzahl der Vordergliedmaße	Seitenenden spitz	Zubildungen Margo proximalis	Zubildungen Margo distalis	Isolierte Verschattung am distalen Strahlbeinrand	Quelle
<b>Lahmfreie Pferde</b>					
n=106	(9) 8,5 %	(46) 43,4%	(51) 48,1%	0%	Röstel Peters (1987)
n=523	–	–	–	(76) 14,6%	Kaser Hotz und Ueltschi (1992)
n=434	–	0%	(2) 0,5%	–	Heinz (1993)
n=3726	(360) 9,7%	(401) 10,8%	(37) 1%	(1) 0,03%	Merz (1993)
n=741	(15) 2,02%	(37) 5%	(2) 0,27%	(1) 0,13%	Müller (1994)
n=375	–	–	(2) 0,3%	–	Thomsen (1995)
n=290	–	–	(2) 0,7%	–	Kirchner (1996)
n=4397	(22) 0,5%	(91) 2,1%	(6) 0,1%	–	Leonhardt (1996)
n=650	–	(650) 100%	–	(47) 14,5	Claerhoudt et al. (2011)
n=55	(19) 34,55%	(21) 38,18%	(47) 85,5%	(2) 3,6%	Biggi und Dyson (2012)
<b>Lahmende Pferde</b>					
n=1488	–	–	–	(50) 3,4%	Van de Watering und Morgan (1975)
n=74	(10) 13,52%	(4) 5,42%	–	–	Ackermann et al. (1977)
n=65	(34) 52,3%	(38) 58,5%	(10) 15,4%	0%	Brunken (1986)
n=106 Strahlbeine	(15) 14,2%	(82) 77,4%	(67) 63,2%	0%	Röstel-Peters (1987)
n=118	–	(22) 18,6%	–	(34) 28,8%	Wright (1993)
n=87	(31) 35,63%	–	–	–	Dik et al. (1995)
n=410 Strahlbeine	(203) 49,5%	(115) 28%	(68) 16,6%	(9) 2,2%	Keller und Grundmann (1995)
n=67 Strahlbeine	–	(7) 10,4%	(5) 7,46%	(3) 4,4%	Tietje (1995)
n=175	(38) 21,71%	–	–	–	Dik et al. (2001)
n=132	(56) 42%	(5) 4%	0%	0%	Baumann (2009)
n=377	(212) 56,23%	(229) 60,74%	(308) 81,7%	(33) 8,7%	Biggi und Dyson (2012)
n=453	–	–	–	(60) 13,3%	Yorke et al. (2013)

Legende: (–) Der Befund ist nicht erwähnt worden, (0%) es wurde darauf hingewiesen, dass der Befund nicht vorgekommen ist

## Diskussion

Die Evaluation der ausgewählten Studien zeigt, dass die röntgenologische Untersuchung nach wie vor die wichtigste Screeningmethode zur Beurteilung des Strahlbeines bei Auktionen, Körung und Kaufuntersuchungen ist (Erdmann 2009, Fuhrmann 2015, Harfst 1986, Kahler 2001, Kirchner 1996, Merz 1993, Müller, F. 1982, Müller, T. 1994, Thomssen 1995) Zum einen ist die röntgenologische Untersuchung von Pferden weltweit eine übliche und etablierte Methode (RöLF 2007) und zum anderen ist das Röntgen ambulant am stehenden Tier möglich und zusätzlich kostengünstiger im Vergleich zum CT. Die größte Schwierigkeit besteht darin, pathologische Befunde von der normalen Morphologie bzw. anatomischen Variation abzugrenzen (Dik and van den Broek 1995, Hertsch, B. and Zeller 1976, Kaser-Hotz and Ueltschi 1992, Wright 1993) In der Regel ist die Häufigkeit der ausgewählten Röntgenbefunde vor allem in gesunden Pferdepopulationen in Verlaufsstudien, in denen Pferde zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf festgelegte Merkmale untersucht werden, gut dokumentiert (Erdmann 2009, Fuhrmann 2015, Kahler 2001, Kirchner 1996, Leonhardt 1996, Merz 1993, Müller, F. 1982) Zur Beurteilung der klinischen Bedeutung wurde die Prävalenz eines bestimmten Röntgenbefundes zwischen gesunden und lahmen Pferden verglichen. Bei der Referenzgruppe handelte es sich meist um klinisch gesunde, qualitativ hochwertige und selektierte Pferde, die zur Auktion oder Körung zugelassen worden sind, deren Skelett jedoch noch nicht über längere Zeit sportlichen Belastungen ausgesetzt worden ist. Die lahmen Pferde wurden oft aus dem Patientengut von tierärztlichen Kliniken ausgesucht. Auswahlkriterien waren eine Vorderbeinlahmheit, positive Reaktion auf eine lokale Anästhesie des N. digitalis palmaris (TPA positiv) und vorhandene Röntgenbilder (Ackerman et al. 1977, Biggi and Dyson 2012, MacGregor 1986, Widmer et al. 2000, Wright 1993) Alter, Rasse, Verwendungszweck sowie Art und Dauer der sportlichen Belastung unterschieden sich jedoch recht deutlich zwischen den beiden Gruppen, was eine klinische bzw. prognostische Einschätzungen eines Befundes erschwerte.



**Abb. 11** 2.1.24 Isolierte Verschattung am Übergang zum schrägen Seitenteil | Distal border fragment at the junction between the distal horizontal and sloping border

### Strahlbeinkanäle (2.1.4 – 2.1.13)

Die Strahlbeinkanäle werden anhand ihrer Anzahl im zentralen geraden Teil, ihrer Lage und ihrer Form beurteilt. Ihre Darstellbarkeit im Röntgenbild ist abhängig von der Wahl der Projektion, der Positionierung und des Einfallswinkels des Zentralstrahls bei der Oxspringaufnahme (Rheiner 2010) sowie

von der Qualität des Röntgengerätes und der Bilderstellung. Bei verschiedenen Studien aus den 90er Jahren wurden bei klinisch gesunden Pferden im zentralen Teil des Strahlbeines bei 0,27 und 76,4% der jeweils untersuchten Populationen Strahlbeinkanäle beschrieben. Diese sehr große Schwankungsbreite der Untersuchungsergebnisse lassen sich nur mit unterschiedlicher Bildqualität der analogen Röntgenbilder und mit nicht übereinstimmender Interpretation der Befunde von verschiedenen Untersuchern erklären. Neuere CT Studien weisen ausdrücklich auf die Limitation eines 2-dimensionalen Röntgenbildes im Vergleich zu 3-dimensionalen Schnittbildverfahren hin (Claerhoudt et al. 2011a, Groth et al. 2009, Widmer et al. 2000) So zeigt die Oxspringaufnahme selten das gesamte Ausmaß der Befunde im Hinblick auf Form und Anzahl der Strahlbeinkanäle (Claerhoudt et al. 2012b) Einen allgemeingültigen Referenzbereich für die Größe und Form der C.s. festzulegen, wird nicht möglich sein. Die Schwierigkeit besteht darin, frühe pathologisch veränderte Formen von normalen Strahlbeinkanälen zu unterscheiden. Erschwerend kommt hinzu, dass pathologische Veränderungen im Röntgen deutlich seltener diagnostiziert werden im Vergleich zum CT (Groth et al. 2009)

Bisher hatte die Form der Strahlbeinkanäle einen großen Einfluss auf die prognostische Aussage bei Sportpferden. Es herrscht Konsens darüber, dass konische und zylindrische Kanäle als normal eingestuft werden (Butler et al. 2008, Claerhoudt et al. 2012b, Drommer et al. 1992, Stashak 2010, Thrall 2013, Wright 1993) Am distalen Strahlbeinrand von jungen und gesunden Pferden, die noch nicht belastet wurden, werden fast ausschließlich konische und zylindrische C.s. festgestellt (Erdmann 2009, Fuhrmann 2015, Harfst 1986, Kahler 2001, Kirchner 1996, Leonhardt 1996, Merz 1993, Müller, F. 1982, Müller, T. 1994) Sobald sich Strahlbeinkanäle gegen das Knocheninnere vergrößern und als flaschen-, birnen- bzw. ballonförmige oder auch als endständig kolbig oder lollipop ähnlich beschrieben werden, geht man von einer pathologischen Entwicklung aus (Dik and van den Broek 1995, Drommer et al. 1992, Hertsch, B. and Höppner 1999, Hertsch B. and Zeller 1976, MacGregor 1986, Stashak 2010, Ueltschi 2002, Wright 1993) Die Entstehung von veränderten Strahlbeinkanälen kann durch Entzündungsparameter bedingt sein, die die Osteoklastenaktivität als lokale Knochenresorption triggern (Janssen et al. 2013) Des Weiteren wird ein erhöhter Hufgelenksdruck als Ursache angenommen. Dieser führt dazu, dass die Synovia in die Strahlbeinkanäle gepresst wird und einen entscheidenden Einfluss auf die Ausformung der C.s. ausübt (Hertsch, B. et al. 1982)

In retrospektiven Studien bei sowohl klinisch gesunden wie auch bei TPA positiven Pferden werden kolbige C.s. beschrieben (Baumann 2009, Dik and van den Broek 1995, Drommer et al. 1992, Erdmann 2009, Kahler 2001, MacGregor 1986) Die Übereinstimmung zwischen verschiedenen Untersuchern ist jedoch sehr gering, vor allem bei der Unterscheidung zwischen anatomischen Variationen und frühen pathologischen Stadien (Groth et al. 2009) Einige Untersucher diagnostizieren kolbig veränderte C.s. bei allen rundlichen Aufhellungen am distalen Strahlbeinrand ohne dass der „normale“ zylindrische Teil sichtbar ist (Abb.4) Dies führt zwangsläufig zu sehr unterschiedlichen Interpretationen des Strahlbeines auf der Oxspringaufnahme. Um Differenzen in der Interpretation von



kolbigen Strahlbeinkanälen im Röntgenbild zu vermeiden, sollte eine einheitliche Definition geschaffen werden. Endständig verzweigte C.s. werden in der Regel nur bei Pferden mit einer Strahlbeinerkrankung gesehen (MacGregor 1986) Neben der Form spielt auch die Größe eine Rolle. Nur ist bis dato unklar, was als anatomische Variation, frühes pathologisches Stadium oder als eindeutiger pathologischer Befund einer Strahlbeinerkrankung zu werten ist. Vermutlich ist das nur in sehr eindeutigen Fällen und in der Kombination mit weiteren pathologischen Strahlbeinbefunden auf einem 2-dimensionalen Röntgenbild zu klären. Ob einzelne Befunde, wie z.B. großkolbige C.s. lahmheitsverursachend sind, kann nicht geklärt werden. Großkolbige und endständig verzweigte C.s. werden aber als ein charakteristisches Anzeichen für eine Strahlbeinerkrankung gesehen (MacGregor 1986, Ueltschi 2002)

Ein großer Kritikpunkt am Röntgenleitfaden 2007 ist die Regelung, dass ein Einzelbefund am Strahlbein wie z.B. ein großkolbiger oder verzweigter Strahlbein Kanal zu einer Einteilung des gesamten Pferdes in die Kategorie III–IV führt. Auch der Lage der C.s. wird eine große Bedeutung beigemessen, weil ein sichtbarer Kanal im schrägen Seitenteil unabhängig von Größe und Form ebenfalls zu einer Einstufung in die Klasse III–IV führt. Trotz dieser Risikoeinschätzung des Befundes gibt es nur zwei Untersuchungen an größeren Populationen von gesunden Pferden, welche die Lage als Kriterium untersucht haben (Erdmann 2009, Fuhrmann 2015) Die Prävalenzen betragen 1,2% (Fuhrmann 2015) und 2,81% (Erdmann 2009) im schrägen Seitenteil. Eine Untersuchung von 118 Pferden mit radiologischen Strahlbeinveränderungen konnte keinen Zusammenhang zwischen Lahmheit und Strahlbeinkanälen im schrägen Seitenteil feststellen (Wright 1993)

*Struktur zentrale Aufhellung (Zystoider Defekt) 2.1.18 / Struktur zentrale Aufhellung (Einbruch) (2.1.19)*

Zystoide Defekte werden in erster Linie auf der Oxspringaufnahme entdeckt. Weitere Aufnahmen werden empfohlen, um den Befund abzusichern und zu beurteilen ob der Defekt vollständig in der Spongiosa liegt oder in der Fazies flexoria. Bei der Kaufuntersuchung ist das jedoch nur von akademischen Interesse, weil in den Fachbüchern sowohl eine Knochenzyste wie auch ein Einbruch in der Facies flexoria als Risikozustand bezeichnet wird (Butler et al. 2008, Ross and Dyson 2011, Stashak 2010, Thrall 2013) In einer Dissertation über das Vorkommen zystoider Defekte beim Pferd, wurden die Klinikunterlagen von 4464 lahmen Pferden ausgewertet. Die höchste Prävalenz an Knochenzysten zeigt das Strahlbein (Baez Ramos 1987) Trotz vorhandenem zystoiden Defekt gibt es immer eine Anzahl an Pferden (Tab. 5), die bei der Untersuchung keine Lahmheit zeigen. Es kann dennoch davon ausgegangen werden, dass sich im Laufe der Zeit mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Lahmheit entwickeln wird (Butler et al. 2008) Aufhellungen mit Verbindung zur Gelenkfläche sind meist mit einer Lahmheit verbunden (Wright 1993)

Gegenüber dem zystoidem Defekt, konnten keine zentralen Einbrüche an klinisch gesunden Pferden in der Literatur gefunden werden. Das liegt daran, dass auf der Oxspringaufnahme keine Unterscheidung zwischen einer Zyste und einem

Einbruch möglich ist. Nur eine korrekte seitliche Aufnahme und eine Skylineaufnahme des Strahlbeines ermöglicht eine Diagnose.

*Struktur Aufhellungslinien, Deutung als Fraktur, Ossifikationsstörung (2.1.20)*

Bei Kaufuntersuchungen werden Aufhellungslinien im Strahlbein sehr selten erkannt und stellen Zufallsbefunde dar (Butler et al. 2008, Ross and Dyson 2011, Stashak 2010, Thrall 2013) Auch diese Befunde sind durch weitere Aufnahmen abzusichern um Differentialdiagnosen wie ein Bipartites Strahlbein oder Artefakte durch Überlagerung der Strahlbeinfurche auszuschließen. Es werden sowohl Sagittal- als auch Transversalfrakturen sowie pathologische Frakturen beobachtet die auf der Oxspringaufnahme am besten erkennbar sind (Butler et al. 2008, Ross and Dyson 2011) In gerade mal einer röntgenologischen Reihenuntersuchung an klinisch gesunden Pferden und einer Arbeit an lahmen Pferden wurde der Befund detektiert (Heinz 1993, Keller and Grundmann 1995) Das lässt darauf schließen, dass bei einer Kaufuntersuchung höchst selten mit einer Fraktur des Strahlbeines zu rechnen ist.

*Konturveränderungen am Strahlbein (2.1.21 – 2.1.23)*

Konturveränderungen am Strahlbein in Form von Zubildungen können an den Seitenenden proximal oder distal vorkommen. Jedoch haben die Zubildungen an den Seitenenden eine andere Pathogenese als Zubildungen proximal und distal der Facies flexoria.

Spitz zulaufende Seitenenden (2.1.21) werden Enthesiophyten (Thrall 2013) genannt. Sie sind häufiger bei TPA positiven Pferden (bis 56,23%) als bei klinisch gesunden Pferden (bis 34,55%) anzutreffen. In einer Studie mit 55 klinisch gesunden und 377 lahmen Pferden (Biggi and Dyson 2012) konnte ein signifikanter Unterschied zwischen dem Auftreten an der lateralen und medialen Seite der Insertionsstelle des Lig. sesamoideum collaterale gefunden werden. Enthesiophyten kommen signifikant häufiger lateral vor ( $P < 0,0001$ ) Das könnte das Ergebnis einer erhöhten und ungleichmäßigen Belastung des Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbandes sein (Ross and Dyson 2011) Dabei scheinen Enthesiophyten und ihre klinische Korrelation abhängig von der Größe und Lokalisation zu sein. Kleinere Zubildungen werden als zufällige Befunde bewertet und größere Konturveränderungen wirken sich dagegen stärker auf den gesamten Strahlbeinbereich aus (Dyson 2008) Die Entstehung könnte ein Resultat von Desmopathien sein (Ueltschi 2002) oder als altersabhängige Formvariante angesehen werden (Stashak 2010) Die proximale und distale Verlängerung der Facies flexoria stellt den Ausdruck einer Adaption des Knochens auf vermehrte Druckbelastung dar.

*Kontur – Zubildungen, isolierte Verschattung am Übergang zum schrägen Seitenteil (2.1.24)*

Isolierte Verschattungen (engl. distal border fragments) werden auf Röntgenbildern von klinisch unauffälligen Pferden mit einer Prävalenz von bis zu 14,6% festgestellt. Retrospektive Studien bei TPA positiven Pferden ergaben zwar höhere

Prävalenzen (29%), in vergleichbaren Populationen konnten bisher keine signifikanten Unterschiede zwischen Pferden mit und ohne Lahmheit gefunden werden (Biggi and Dyson 2011) Eine Untersuchung ergab einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen isolierten Verschattungen und der Form des proximalen Strahlbeinrandes. Isolierte Verschattungen kommen häufiger bei einem konkaven oder undulierenden proximalen Strahlbeinrand vor (Claerhoudt et al. 2011b) Bei erwachsenen Sportpferden wurden signifikante Korrelationen wie korrespondierende Aufhellungen am Übergang zum schrägen Seitenteil, Anzahl und Größe der Strahlbeinkanäle (Biggi and Dyson 2011), zystoide Defekte im Strahlbein sowie weitere pathologische Befunde im MRT (Sampson et al. 2009, Sherlock et al. 2008) gefunden.

Es wird angenommen, dass die Form des Strahlbeines einen Einfluss auf die Verteilung der biomechanischen Kräfte hat. So könnte die Entstehung der Fragmente das Resultat einer ungünstigen Kräftekonzentration im Übergang zum schrägen Seitenteil sein (Claerhoudt et al. 2011b) Zusammen mit dem häufig sichtbaren korrespondierenden Defekt am distalen Strahlbeinrand darf vermutet werden, dass es sich hierbei um eine Avulsionsfraktur handeln könnte. Vor allem bei erwachsenen Sportpferden waren die Fragmente mit pathologischen Strahlbeinbefunden korreliert, weshalb ein Zusammenhang mit der Strahlbeinerkrankung angenommen werden muss. Trotz vorhandenen MRT Studien bleibt es weiterhin unklar, ob die Fragmente schmerz- bzw. lahmheitsverursachend sind (Biggi and Dyson 2011, Yorke et al. 2013) Als einzelner Befund auf der Oxspringaufnahme ist demnach eine verlässliche Risikoeinschätzung bei jungen Pferden nicht möglich. In der Kombination mit anderen pathologischen Befunden auf der seitlichen und der Oxspringaufnahme muss das Risiko je nach Ausmaß aller Strahlbeinveränderungen anders bewertet werden.

### Limitationen

Die beträchtlichen Schwankungen der Prävalenz beispielsweise bei den Zubildungen am distalen Strahlbeinrand oder bei verzweigten Canales sesamoidales, lässt sich nur mit unterschiedlicher Bildqualität der analogen Röntgenbilder erklären. Es wurden Studien von 1935–2016 verwendet, die analoge und digitale Röntgenbilder ausgewertet haben. Zusätzlich zeigen dreidimensionale Schnittbildverfahren die Limitation der zwei dimensional Röntgenbilder auf (Claerhoudt et al. 2011a, Groth et al. 2009, Widmer et al. 2000) Es herrscht große Interobservervariabilität, vor allem bei der Unterscheidung zwischen anatomischer Variation, frühem pathologischem Stadium oder eindeutig pathologischem Befund einer Strahlbeinerkrankung (Groth et al. 2009) Nur zwei Studien haben lahmfreie und TPA positive Pferde miteinander verglichen (Baumann 2009, Biggi and Dyson 2012) Verlaufsstudien wurden nur an jungen gesunden Pferden vorgenommen.

### Schlussfolgerung

Der RÖLF für Pferde entstand in einer Zeit in dem das Röntgen immens an Bedeutung zunahm. Die gesamte Strahlbeindiagnostik beruhte auf der Röntgentechnik. Aus heutiger Sicht sind die Befunde damals überinterpretiert worden (Dyson 2011,

Sampson et al. 2009, Stadler 2005) Zur Beurteilung der klinischen Bedeutung gibt es keine Studien für das Strahlbein. Ein einzelner röntgenologischer Befund in der Ankaufuntersuchung reicht bisher aus um über die Beschaffenheit eines Reitpferdes zu urteilen. Die ausgewählten Befunde zeigen, dass die Angaben zur Prävalenz oft nicht umfangreich genug sind oder sogar im Widerspruch zu einander stehen. Für das Strahlbein haben sich vier Befunde als Risiko herauskristallisiert. Großkolbige und endständig verzweigte Strahlbeinkanäle, sowie Zysten und Frakturen werden auch im RÖLF 2018 weiterhin als Risiko eingestuft. Dabei sollte die Gesamtbeurteilung des Strahlbeins im Zusammenhang mit der klinischen Untersuchung ausgewertet werden.

### Literatur

- Ackerman N., Johnson J. H., Dorn C. R. (1977) Navicular disease in the horse: risk factors, radiographic changes, and response to therapy. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 170, 183–187
- Baez Ramos C. C. (1987) Zu Vorkommen und klinischer Bedeutung zystoider Defekte beim Pferd. *Diss. Med. Vet. Hannover*
- Baumann I. (2009) Prävalenz und klinische Relevanz von Röntgenbefunden lahmere und lahmfreier Pferde distal im Bereich der Zehe. *Diss. Med. Vet. Hannover*
- Biggi M., Dyson S. (2011) High-field magnetic resonance imaging investigation of distal border fragments of the navicular bone in horses with foot pain. *Equine Vet. J.* 43(3), 302–308. DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00159.x
- Biggi M., Dyson S. (2012) Distal border fragments and shape of the navicular bone: Radiological evaluation in lame horses and horses free from lameness. *Equine Vet. J.* 44(3), 325–331. DOI 10.1111/j.2042-3306.2011.00429.x
- Blobel K. (2001) Klassifizierungen von Röntgenbefunden – Erfahrungen aus dem Ergebnisprotokoll der Röntgenkommission. *Pferde Spiegel* 3, 16–17
- Bridges J. (1752) No foot, no horse
- Brunken E. (1986) Röntgenologische Verlaufsuntersuchungen am Strahlbein des Pferdes. *Diss. Med. Vet. Hannover*,
- Butler J., Colles C., Dyson S., Kold S., Poulos P. (2008) *Clinical Radiology of the Horse*: Wiley
- Claerhoudt S., Bergman E. H., van der Veen H., Vanderperren K., Raes E. V., Saunders J. H. (2011a) Computed tomographic morphology of the synovial invaginations of the distal sesamoid bone of the horse. *Anat Histol Embryol* 40, 55–60. DOI 10.1111/j.1439-0264.2010.01038.x
- Claerhoudt S., Bergman H. J., van der Veen H., Duchateau L., Raes E. V., Saunders J. H. (2012a) Differences in the morphology of distal border synovial invaginations of the distal sesamoid bone in the horse as evaluated by computed tomography compared with radiography. *Equine Vet. J.* 44, 679–683
- Claerhoudt S., Bergman H. J., van der Veen H., Duchateau L., Raes E. V., Vanderperren K., Saunders J. H. (2012b) Morphology of distal border synovial invaginations of the equine distal sesamoid bone: comparison between computed tomography and a hoof-specific radiographic projection. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 25, 453–459. DOI 10.3415/vcot-11-10-0149
- Claerhoudt S., Pille F., Vanderperren K., Hauspie S., Duchateau L., Van der Vekens E., Saunders J. H. (2011b) Association between navicular bone fragmentation and shape in Belgian Warmblood horses. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 24, 132–136. DOI 10.3415/vcot-10-03-0037
- Dik K. J., van den Broek J. (1995) Role of navicular bone shape in the pathogenesis of navicular disease: a radiological study. *Equine Vet. J.* 27, 390–393

- Drommer W., Dos Reis A. C. F., Hertsch B., Damsch S. (1992) Licht- und elektronenmikroskopische Befunde an den Canales sesamoidales des Strahlbeines bei der Podotrochlose des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 8(1), 15–21
- Dyson S. (2008) Radiological interpretation of the navicular bone. *Equine Vet. Educ.* 20(5), 268–280. DOI 10.2746/09577308X294306
- Dyson S. (2011) Radiological interpretation of the navicular bone. *Equine Vet. Educ.* 23 73–87. DOI 10.1111/j.2042-3292.2010.00168.x
- Erdmann S. (2009) Klinische und radiologische Verlaufsuntersuchung an den Strahlbeinen der Vorderextremitäten von Pferden – ein Hinweis auf Entwicklung und klinische Relevanz von Befunden in Bezug auf den Röntgenleiftaden 2007 (RöLF 07) Freie Universität Berlin
- Fuhrmann B. (2015) Untersuchungen zur Häufigkeit von Röntgenbefunden der Röntgenklassen 1–4 (nach Röntgenleiftaden 2007) bei der Kör-, Auktions-, und Kaufuntersuchung. Ludwig-Maximilian-Universität München
- Groth A. M., May S. A., Weaver M. P., Weller R. (2009) Intra- and interobserver agreement in the interpretation of navicular bones on radiographs and computed tomography scans. *Equine Vet. J.* 41, 124–129. DOI 10.2746/042516408X345125
- Harfst L. (1986) Röntgenologische und klinische Reihenuntersuchung an den Zehen und Sprunggelenken junger Reitpferde. Diss. Med. Vet. Hannover
- Heinz T. C. (1993) Röntgenologische Reihenuntersuchung an den Zehen und Sprunggelenken Holsteiner Fohlen. Diss. Med. Vet. Hannover,
- Hertsch B., Höppner S. (1999) Zur Diagnostik des Podotrochlose-Syndroms in der Praxis. *Pferdeheilkunde* 15 (Juli/August), 294–308
- Hertsch B., Steffen D. (1986) Röntgenologische und vergleichend pathomorphologische Untersuchungen an Strahlbeinen unter besonderer Berücksichtigung der Canales sesamoidales – Ein Beitrag zur Diagnose der Podotrochlose Zu Vorkommen und klinischer Bedeutung zystoider Defekte beim Pferd. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 8, 345–376
- Hertsch B., Wissdorf H., Zeller R. (1982) Die sogenannten "Gefäßlöcher" des Strahlbeins und ihre Beziehung zum Hufgelenk – Ein Beitrag zur Pathogenese der Hufrollenerkrankung. *Tierärztl. Prax.* 10, 365–379
- Hertsch B., Zeller R. (1976) Röntgenologische Veränderungen am Strahlbein und ihre Beurteilung. *Colleg. Vet.*, 14–19
- Janssen I., Swagemakers J.-H., Koene M., Lischer C. (2013) Development of an Increased Signal Intensity in Fat-Suppressed Images into a Navicular Cyst of an 11-Year-Old Warmblood Horse Evidenced by Six Follow-up Standing Low-Field Magnetic Resonance Imaging Examinations over 2 years. *Equine Vet. Sci.* 33, 136–141
- Kahler G. (2001) Ergebnisse einer röntgenologischen Reihenuntersuchung von Zehen und Sprunggelenken zweijähriger Hannoveraner und Trakehner Hengste. Diss. Med. Vet. Berlin
- Kaser-Hotz B., Ueltschi G. (1992) Radiographic appearance of the navicular bone in sound horses. *Vet. Radiol. Ultrasound* 33, 9–17
- Keller H., Grundmann S. (1995) Radiologische Verlaufsuntersuchung der Podotrochlose. *Tierärztl. Prax.* 23, 46–52
- Kirchner R. (1996) Röntgenologische Reihenuntersuchung an den Zehen und Sprunggelenken Holsteiner Zweijähriger (eine Verlaufsstudie) (1895), Diss. Med. Vet. Berlin
- Leonhardt K. M. (1996) Ergebnisse der röntgenologischen Reihenuntersuchung der Zehen und Sprunggelenke warmblütiger deutscher Auktionspferde der Zuchtverbände Hannover und Oldenburg. Diss. Med. Vet. Berlin, Berlin
- Lukas B. (1987) Die röntgenologische Darstellung der Entwicklung des Strahlbeines (Os sesamoideum distale) der Schultergliedmaße vom neugeborenen Fohlen bis etwa 3-jährigen Pferd unter besonderer Berücksichtigung der Canales sesamoidales (C. s.) Diss. Med. Vet. Hannover
- MacGregor C. M. (1986) Radiographic assessment of navicular bones, based on changes in the distal nutrient foramina. *Equine Vet. J.* 18, 203–206
- Merz A. (1993) Röntgenologische Reihenuntersuchung an den Zehen und Sprunggelenken warmblütiger deutscher Auktionspferde der Zuchtverbände Bayern, Hessen, Holstein, Westfalen und Züchter Trakehner Warmblutpferde. Diss. Med. Vet. Hannover
- Müller F. (1982) Röntgenologische Reihenuntersuchungen an den Vordergliedmaßen drei- bis siebenjähriger hannoverscher Pferde. Diss. Med. Vet. Hannover
- Müller T. (1994) Auswertung einer röntgenologischen Reihenuntersuchung an den Zehen und Sprunggelenken von 402 dreijährigen Holsteiner Stuten. Diss. Med. Vet. Hannover
- Neuhaus L. (2007) Ursachen für Schadensersatzansprüche gegenüber Tierärzten nach Kaufuntersuchungen beim Pferd – Eine Untersuchung von 189 Schadensfällen aus den Jahren 1978–2005. Freie Universität Berlin
- Oxspring G. E. (1935) The Radiology of Navicular Disease, with Observations on its Pathology. *Vet. Rec.* 15, 1433–1447
- Rheiner B. (2010) Optimierung der Objektlagerung und des Strahlengangs bei der Aufnahmetechnik nach Oxspring beim Pferd mit dem Ziel der Standardisierung im Hinblick auf den Röntgenleiftaden 2007, Diss. Med. Vet. Berlin
- Rijkenhuizen A. (2008) Neue Erkenntnisse zum Equine-Palmar-Foot-Syndrom Teil 1. *Pferde Spiegel* 2, 57–63
- Ross M. W., Dyson S. J. (2011) Diagnosis and Management of lameness in the horse
- Röstel-Peters B. (1987) Untersuchung zur Röntgendiagnostik der Podotrochlose – Darstellbarkeit, Aussagekraft und Schematisierung von Befunden. Diss. Med. Vet. Berlin
- Sampson S. N., Schneider R. K., Gavin P. R., Ho C. P., Tucker R. L., Charles E. M. (2009) Magnetic Resonance Imaging Findings In Horses with recent onset Navicular Syndrome but without Radiographic Abnormalities. *Vet. Radiol. Ultrasound* 50(4), 339–346. DOI 10.1111/j.1740-8261.2009.01547.x
- Sherlock C., Mair T., Blunden T. (2008) Deep erosions of the palmar aspect of the navicular bone diagnosed by standing magnetic resonance imaging. *Equine Vet. J.* 40, 684–692
- Stadler P. (2005) Röntgenbefundung bei Ankaufuntersuchungen – Anspruch und Wirklichkeit. *Pferde Spiegel* 1, 51–53
- Stashak T. S. (2010) Adams' Lahmheit bei Pferden (Vol. 4. Auflage)
- Thomsen K. (1995) Röntgenologische Reihenuntersuchung an den Zehen- und Sprunggelenken Holsteiner Jährlinge. Diss. Med. Vet. Berlin,
- Thrall D. E. (2013) Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology
- Ueltschi G. (2002) Zur Röntgendiagnostik des Strahlbeins. *Pferdeheilkunde* 18, 217–224
- Weinberger T. (2006) Was bedeutet die Kaufuntersuchung für den Pferdeterarzt? *Pferdespiegel* 2, 50–51
- Widmer W. R., Buckwalter K. A., Fessler J. F., Hill M. A., Med B. V., Vansickle D. C., Ivancevich S. (2000) Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse. *Vet. Radiol. Ultrasound* 41, 108–116. DOI 10.1111/j.1740-8261.2000.tb01463.x
- Wright I. M. (1993) A study of 118 cases of navicular disease: radiological features. *Equine Vet. J.* 25, 493–500
- Wright I. M., Kidd L., Thorp B. H. (1998) Gross, histological and histomorphometric features of the navicular bone and related structures in the horse. *Equine Vet. J.* 30, 220–234. DOI 10.1111/j.2042-3306.1998.tb04491.x
- Yorke E. H., Judy C. E., Saveraid T. C., McGowan C. P., Caldwell F. J. (2013) Distal border fragments of the equine navicular bone: Association between magnetic resonance imaging characteristics and clinical lameness. *Vet Radiol Ultrasound* 00, 1–10