

## 2. Literaturübersicht

### 2.1 Die Entwicklung des Strahlbeines

Bereits LUKAS (1987) und zahlreiche andere Autoren beschrieben ausführlich die Anatomie und Embryologie des Strahlbeines.

Dennoch sollen hier einige grundlegende Erkenntnisse in der Erforschung der Embryologie des Strahlbeines erwähnt werden.

Die Anlage der Gliedmaßen erfolgt in Form von Extremitätenstummeln, deren Weiterentwicklung zum knorpeligen Skelett von proximal nach distal stattfindet (MICHEL 1986; SCHNORR 1986). Anfang der 6. Embryonalwoche ist die Verknorpelung der Gliedmaßenknochen abgeschlossen (SAARNI 1919).

Das Auftreten der Ossifikationskerne richtet sich nach der Größe der einzelnen Knochen (ZIETSCHMANN und KRÖLLING 1955; MICHEL 1986; SCHNORR 1986), wobei die Ossifikationskerne der kleinen Knochen später auftreten. Bei Pferdefoeten sind alle zum Zeitpunkt der Geburt vollständig angelegt (ZIETSCHMANN und KRÖLLING 1955). Laut COLLES (1984) ist die Ossifikation ab dem 10. Gestationsmonat histologisch nachweisbar.

Das Strahlbein gehört zu den als letztes verknöchern den Knochen, es ist radiologisch erst mit drei Wochen feststellbar (KÜPFER 1931).

BRANSCHHEID (1977) bezweifelt dies. Er erkennt das knöcherne Strahlbein schon bei geburtsreifen Fohlen, allerdings nur spongiöse Anteile, keine Kompakta, die er auch beim drei Monate alten Fohlen nicht findet. Bei der Untersuchung einer Stute weist er eine kompakte subchondrale Knochenplatte an Facies flexoria und Facies articularis nach.

BRANSCHHEID (1977) folgert daraus, dass das Strahlbein durch enchondrale Verknöcherung entsteht.

Beim geburtsreifen Foetus fehlen Bandansätze. Jedoch sind diese Bandansätze im Alter von drei Monaten durch Mineralisation vom übrigen Gewebe abgegrenzt. In einer knöchernen Rindenzone zwischen der Gelenkfläche des Strahlbeines zum Hufbein und dem Bandansatz für das Strahlbein-Hufbeinband sind regelmäßig „Gefäßlöcher“ zu sehen. Hierbei ist die Tela ossea stärker mineralisiert als das angrenzende Knochengewebe (BRANSCHHEID 1977).

BUTLER et al. (1993) sehen das Strahlbein zum Zeitpunkt der Geburt in der dorsopalmaren Röntgenaufnahme in ovaler Form. Die Ossifikation des Strahlbeines findet bis zum Alter von 18 Monaten statt (BUTLER et al. 1993).

Die Blutversorgung des Strahlbeines findet durch die Ausbildung von Blutgefäßen ab dem vierten Gestationsmonat statt. Das foetale Strahlbein zeigt ein Netzwerk von Blutgefäßen, die über die Bänder am proximalen und distalen Rand eintreten und über die Sehnengleitfläche verlaufen und dort bis zur Geburt und auch danach noch nachweisbar sind (COLLES und

HICKMAN 1977; ROONEY 1985). Unmittelbar nach der Geburt verlieren sich diese Gefäße, zentral beginnend. COLLES (1984) wertet dies als ein druckbedingtes Zurückweichen der Gefäße.

RIJKENHUIZEN et al. (1989 a) untersuchten Strahlbeine von 33 Foeten und 108 Warmblutpferden im Alter von einem Tag bis zu einem Jahr.

Sie stellten bei ihren Untersuchungen fest, dass bereits am 270. Trächtigkeitstag bei 30% der untersuchten Foeten ein Ossifikationszentrum in der Mitte des Strahlbeines vorhanden war. Am 330. Trächtigkeitstag war es bei allen Foeten zu finden. An zwei Strahlbeinen von zwei Foeten befand sich noch ein weiteres kleineres Ossifikationszentrum lateral im Strahlbein.

Das Ossifikationszentrum war von elliptischer Form, dessen Längsachse lag parallel zu der Längsachse des sich entwickelnden Strahlbeines. Das Ossifikationszentrum vergrößerte sich radiär, wobei sich die Trabekel, verzweigend und anastomosierend, ohne spezielle Anordnung entwickelten. Ab dem ersten Lebenstag organisierten sich die Trabekel senkrecht zum Faser- und Gelenkknorpel, und das intertrabekuläre Gewebe fing an sich zu entwickeln. Ab der zweiten Lebenswoche war die Trabekelorganisation gut zu erkennen. Im Alter von drei bis vier Monaten war das gesamte Strahlbein ossifiziert.

Die Verdünnung des Faserknorpels wurde zum Ende des zweiten Lebensmonates offensichtlich. Im Alter von sieben bis zwölf Monaten zeigten bereits 45% der Strahlbeine eine deutliche Verdünnung. Dies kam bei Strahlbeinen mit und ohne radiologischen Veränderungen vor. Dennoch stellen RIJKENHUIZEN et al. (1989 b) eine positive Korrelation zwischen radiologischen Veränderungen und der vorhandenen Verdünnung des Faserknorpels fest. Fünf Monate nach der Geburt zeigten alle Strahlbeine mit radiologischen Veränderungen eine Verdünnung des Faserknorpels.

Die Canales nutriciae distales sind im Röntgenbild erst zu erkennen, nachdem das Ossifikationszentrum mehr als ein Drittel des Knorpelmodelles erreicht hat. Es waren im Durchschnitt proximal 12 und distal 6 Foramina nutritia im Ossifikationszentrum zu erkennen. Mit zunehmender Ossifikation sinkt die Zahl der Foramina nutritia. Im Alter von zwei bis vier Wochen sind es vor allem schmale, kurze Canales. Die ersten radiologischen Veränderungen sind im Alter von zwei Wochen als kurze, breite „Gefäßkanäle“ zu erkennen. Der erste vergrößerte, distale „Gefäßkanal“ wurde bei einem zehn Wochen alten Fohlen gefunden und war länger als ein Drittel der Länge zwischen distalem und proximalem Rand.

Bei fünf bis sieben Monate alten Pferden fanden RIJKENHUIZEN et al. (1989 b) in 50% der Strahlbeine vergrößerte (länger als ein Drittel des Strahlbeines) und verbreiterte „Gefäßkanäle“. Nur 36% der Strahlbeine sieben bis zwölf Monate alter Pferde zeigten die gleichen Veränderungen.

Histologisch konnten schon ab dem 125. Trächtigkeitstag „Gefäßkanäle“ als Knorpelkanäle im Strahlbein festgestellt werden. Diese Kanäle sind ab der fünften Lebenswoche mit Knochengewebe umgeben. Die Chondrozyten, die die Kanäle direkt umgeben, werden als letztes durch Knochengewebe ersetzt. Ab der zehnten Woche sind synoviale Auskleidungen der einzelnen Foramina nutritia zu erkennen, und ab dem siebten Monat sind sie in 50% der Kanäle zu finden. Der Prozentsatz steigt bis zu einem Alter von einem Jahr.

Ab dem 125. Gestationstag wird das Strahlbein über zwei Blutgefäßsysteme versorgt. Das eine befindet sich in der oberflächlichen Lage des fibrösen Knorpels palmar am Strahlbein und wird ab dem 270. Gestationstag wieder zurückgebildet und abgebaut. Das zweite arterielle System befindet sich im Strahlbein und entwickelt sich ab dem 125. Tag und dient der späteren Versorgung des adulten Strahlbeines.

Die Foramina enthalten am 125. Trächtigkeitstag noch zwei oder mehr Blutgefäße, am 270. Trächtigkeitstag enthalten sie nur noch eine Arterie. RIJKENHUIZEN et al. (1989 b) vermuten, dass sich die Gefäße in dieser Zeit zu einer Arterie und einer oder mehreren Venen entwickeln. Nach dem 270. Trächtigkeitstag sind noch zusätzliche Arteriolen in den Foramina zu sehen. Die Bedeutung dieser Arteriolen vermuten RIJKENHUIZEN et al. (1989 b) darin, die Blutversorgung zu erhöhen, um die Ossifikation zu unterstützen.

Im Alter von sechs Monaten sind in jedem Foramen ein bis drei Arterien, sowie zusätzliche kleine Arterien vorhanden.

RIJKENHUIZEN et al. (1989 a) sehen bei einem vier Wochen alten Fohlen das erste Mal Arterienwandveränderungen, die bei fünf Monate alten, röntgenologisch unauffälligen Strahlbeinen zwischen 6% und 20% vorhanden sind. Bei ausgewachsenen Pferden ohne klinische oder radiologische Symptome des Podotrochlose-Syndromes kommen sie zwischen 8% und 15% vor (RIJKENHUIZEN, NEMETH et al. 1989 a). In den Strahlbeinen mit radiologischen Veränderungen zeigen 25% und 80% Arterienwandveränderungen.

Abgesehen von den Gefäßen, die sich oberflächlich auf dem Faserknorpel befinden, fanden RIJKENHUIZEN et al. (1989 b) heraus, dass die arterielle Versorgung des foetalen Strahlbeines und des Strahlbeines eines jungen Pferdes mit der des erwachsenen Pferdes gleich zu setzen sind (RIJKENHUIZEN et al. 1989 a).

## **2.2 Die Beurteilung des Strahlbeines im Röntgenbild in der Aufnahmetechnik nach OXSPRING**

Schon KEALY forderte 1972, dass ein internationales Komitee gebildet werden sollte, in dem eine allgemeine Übereinkunft über die nicht differierenden Gesichtspunkte getroffen werde. Außerdem sprach er sich dafür aus, für jedes Land die speziellen Auffassungen festzuhalten, damit bei einem Pferdeexport diese vor dem Transport berücksichtigt werden können.

HERTSCH und ZELLER (1976 b) waren eine der ersten, die den Versuch unternahmen, die Vielzahl an Strahlbeinen in ein Beurteilungsschema einzuteilen, um damit die Beurteilung zu vereinfachen.

HERTSCH und ZELLER (1976 b) nehmen aufgrund einer kombinierten Bewertung von Kontur- und Strukturveränderungen eine Einteilung in unverdächtige, verdächtige und pathologische Strahlbeine vor.

HUSKAMP und BECKER (1980) und CAMPBELL und MC GREGOR (1983) quantifizieren die Strukturveränderungen und berechnen Strahlbeinbeurteilungszahlen nach Anzahl, Tiefe und Form der „Gefäßkanäle“.

RÖSTEL-PETERS (1987) überprüft die obengenannten Bewertungssysteme exemplarisch und stellt fest, dass bei der Unterlassung der Betrachtung der Konturveränderungen die Erkennbarkeit der Krankheit abnimmt.

Zu der Zuchtuntersuchung der Holländischen Warmbluthengste gehört seit den 80er Jahren unter anderem die röntgenologische Untersuchung der Strahlbeine. Die Ergebnisse dieser radiologischen Untersuchung werden in Klassen von 0 bis 4 eingeteilt. Die Klasse 0 steht für perfekt oder nahezu perfekt, mit einem sehr geringen Risiko eine Lahmheit zu entwickeln, während Klasse 4 für schlecht oder sehr schlecht und einem sehr hohen Risiko einer Lahmheit steht. Mit einer Klasse 4 wird ein Hengst nicht zur Zucht zugelassen (BARNEVELD 1996). Die Zuchtprogramme werden kontinuierlich erneuert und auf den neuesten Stand der Wissenschaft gebracht. Zum Beispiel werden Hengste, bei denen die Bewertung der Gleichbeine mit Klasse 4 erfolgte, akzeptiert, weil die Heritabilität für Gleichbeinerkrankungen sehr niedrig ist (0,11 - 0,17) (BARNEVELD 1996).

GABRIEL et al. (1998) erkennen, dass ein Beurteilungsschema, basierend auf den verschiedenen Canales sesamoidales des Margo distalis des Strahlbeines, eine gute Methode ist, um die Veränderungen der Anzahl, Form und Lokalisation der Kanäle zu relativieren. Die Punktezahl des distalen Strahlbeinrandes variiert stark zwischen Vorder- und Hinterbein, dem morphologischen Typ, dem Geschlecht und dem Alter des Pferdes. Sie ist größer für die Vorderbeine als für die Hinterbeine und größer für schwere Pferdetypen und Ponys. Dies könnte mit dem größeren Druck auf das distale Interphalangealgelenk zu erklären sein. Die Punktezahl ist kleiner für Stuten als für Wallache und Hengste und nimmt mit dem Alter zu. Sie ist sehr klein bis zu einem Alter von 2 Jahren und nimmt dann stark zu.

Um einen Überblick zu schaffen, wurden die Auswertungen einiger Autoren bezüglich der Strahlbeine tabellarisch zusammengestellt.

**Tabelle 1:** Literaturübersicht über die Auswertungen verschiedener Autoren bezüglich des prozentualen Anteiles der Canales sesamoidales

<b>Autor (Jahr)</b>	<b>Anzahl der Pferde</b>	<b>Alter</b>	<b>C.s.</b>	<b>def. C.s.</b>	<b>kl.kolb. C.s.</b>	<b>gr.kolb. C.s.</b>	<b>verzweigte C.s.</b>
Müller (1982)	754	3 - 7 J.	83,82%	9,28%			
Bodenmüller (1983)	223	<4 – >8 J.	69,20%	16,30%			
Brunken (1986)	40	3 - 15 J.	100,00%	45,00%			
Harfst (1986)	169	3 J.	82,50%	25,90%	25,90%	0%	
Lukas (1987)	39	29 -36 M.	80,00%	20,00%			
Lukas (1987)	100	4 - 8 M.	7,00%	1,00%			
Hotz (1987)	523	3 - 14 J.	100,00%	10%			
Heinz (1993)	220	5 - 9 M.	21,50%	0,92%	0,92%	0%	0%
Merz (1993)	1917	3 - 8 J.	99,41%	62,82%	33,82%	51,91%	67,18%
Grundmann (1993)	205	4 - 25 J.	99,80%	23,90%			
Müller (1994)	402	3 J.	88,93%	21,32%	9,99%	2,83%	5,53%
Leonhardt (1997)	2263	3 - 7 J.	99,50%		31,80%	9,20%	9,80%
Hertsch (1997)	4186	3 - 8 J.	99,60%		40,60%		33,9%

Abk.: C.s. = Canales sesamoidales; def. C.s. = deformierte Canales sesamoidales; kl.kolb.C.s. = kleinkolbige Canales sesamoidales; gr.kolb.C.s = großkolbige Canales sesamoidales; verzweigte C.s. = verzweigte Canales sesamoidales

Anmerkung zu Tabelle 1: BODENMÜLLER (1983) und LUKAS (1987) beziehen ihre Prozentangaben nicht auf die untersuchten Gliedmaßen, sondern auf die untersuchten Pferde. BRUNKEN (1986) untersuchte 105 Pferde wiederholt nach der Oxspring-Methode. Von diesen 105 Pferden waren 65 an Podotrochlose erkrankt. Die restlichen 40 wurden aufgrund anderer Lahmheiten röntgenologisch untersucht.

Die untersuchten Pferde von GRUNDMANN (1993) waren alle an Podotrochlose erkrankt.

MÜLLER (1994) gab außer den Angaben für die Gliedmaßen noch einen Prozentsatz für die untersuchten Tiere an. Und zwar hatten 92,84% der untersuchten Pferde Canales sesamoidales (C.s.) und 33,33% davon waren deformiert.

HERTSCH et al. (1997) beobachteten ein vermehrtes Auftreten von schmal-kleinkolbigen (Stuten 44,0%, Wallache 40,0% und Hengste 37,8%) und verzweigten C.s. (Stuten 40,5%, Wallache 35,1% und Hengste 26,1%).

### **2.2.1 Bewertungsschema nach HERTSCH und ZELLER (1976)**

Bereits HERTSCH und ZELLER (1976 b) beurteilen Kontur- und Strukturveränderungen des Strahlbeines getrennt. Die Strahlbeine werden drei Gruppen zugeordnet: unverdächtig, verdächtig und pathologisch.

K1 normal-anatomisches Strahlbein mit doppelten Konturen am proximalen und distalen Rand

K2 Zubildungen an der Kontur, klinische Erscheinungen sind nicht zwingend

K3 eindeutig pathologische Veränderungen, neben der allgemeinen Deformierung des Strahlbeines sind Ossifikationen des Fesselbein-Strahlbein-Hufbein-Bandes zu beobachten

S1 normale, gleichmäßig feinmaschige Struktur des Strahlbeines mit wenigen, kurzen „Gefäßkanälen“ und dichterem distalen Rand

S2 Zunahme der Anzahl und der Tiefe der konisch zulaufenden „Gefäßkanäle“ mit zunehmender Verdichtung (Sklerosierung der Randpartien)

S3 deutliche Anzeichen der Strukturauflösung mit endständig kolbig oder birnenförmig verdickten „Gefäßkanälen“ oder zentralen fleckigen Strukturauflösungen mit vermehrter Sklerosierung in der Umgebung, z.T. proximal einziehende „Gefäßkanäle“

HERTSCH und ZELLER stellen im Jahre 1976 fest, dass für die Beurteilung des Strahlbeines neben dem klinischen Befund das Alter des Tieres entscheidend ist. Sie beurteilen unter anderem ein Strahlbein eines Zwölfjährigen mit grobmaschiger, unregelmäßiger Struktur und zahlreichen, deutlich erweiterten und verlängerten „Gefäßkanälen“ und Zubildungen am distalen Rand. Diese Veränderungen können bei diesem Pferd durchaus toleriert werden, da es klinisch unverdächtig ist. Sollten diese Veränderungen aber bei einem drei- bis sechsjährigen Pferd in Erscheinung treten, wäre es als „im höchsten Grade verdächtig“ einzustufen.

HERTSCH und ZELLER (1976 b) bezeichnen „Gefäßkanäle“, die konisch zulaufen, allenfalls als verdächtig, hingegen endständig kolbige oder birnenförmige als pathologisch.

Bei Veränderungen an der Kontur verhält es sich genauso. Geringgradige Zubildungen können am proximalen und distalen Rand bei älteren Pferden ohne klinische Bedeutung sein, da das Strahlbein alters- und größenabhängigen Verformungen unterworfen ist.

Konturveränderungen an den Strahlbeinseitenenden sind als klinisch bedeutungsvoll und röntgenologisch eindeutig zu bezeichnen.

HERTSCH und ZELLER (1976 b) erwähnen, dass die Aufnahme im lateromedialen Strahlengang für die röntgenologische Beurteilung des Strahlbeines wenig Bedeutung hat. Diese ist wichtig für die Erkennung weiterer zusätzlicher Veränderungen, die häufig mit den Strahlbeinveränderungen „vergesellschaftet“ sind.

Ossifikationen der Fesselbein-Strahlbein-Hufbein-Bänder sind im dorsopalmareren Strahlengang als isolierte Verschattungen oder spitzzackige Ausläufer der Strahlbeinseitenenden sichtbar und von schwerwiegender Bedeutung.

Als erheblicher röntgenologischer Befund werden auch diffus-fleckige oder zirkumskripte, durch Zonen vermehrter Sklerosierungen begrenzte Aufhellungen in den zentralen Strahlbeinabschnitten beurteilt.

### **2.2.2 Bewertungsschema nach HUSKAMP und BECKER (1980)**

HUSKAMP und BECKER (1980) stellen fest, dass die Urteile von Röntgenaufnahmen aufgrund der unterschiedlichen Erfahrungen der Untersucher und der noch nicht verbindlich abgeklärten Beurteilung manifester röntgenologischer Merkmale ohne klinische Erscheinungen oft unterschiedlich ausfallen.

Für eine Studie wurde das Patientengut des Jahres 1978 verwendet. Dafür wurden die Strahlbeine 182 drei- bis dreizehnjähriger Pferde bei der Ankaufsuntersuchung röntgenologisch untersucht. Bei weiteren 143 drei- bis fünfzehnjährigen lahmen Pferden wurde mit Hilfe der diagnostischen Leitungsanästhesie der Nn. digitales palmares laterales und mediales und der Röntgenaufnahmen, Podotrochlose diagnostiziert.

Es wurden lediglich die auf der Oxspring-Aufnahme sichtbaren kanalartigen Aufhellungen, ihre proximalen kolbenartigen Verdickungen und die zentralen Strukturdefekte bei der Diagnose und Prognose der Strahlbeinerkrankung beurteilt.

Sowohl die Länge, als auch die Form der Kanäle wurden zur Beurteilung herangezogen. Die konisch geformten Kanäle erhielten ihren Wert je nach Länge.

Jeder Kanal wurde durch zwei Faktoren charakterisiert. Faktor F1 bestimmte die Länge, Faktor F2 bestimmte die Form der „Gefäßkanäle“.

F1 = 1 Einbuchtung

F2 = 2 Einbuchtung breiter als hoch

F1 = 2 kurzer Kanal

F2 = 3 erweiterter Kanal

F1 = 3 mittellanger Kanal

F2 = 4 pilzförmiger Kanal

F1 = 4 langer Kanal

F2 = 5 stark pilzförmiger Kanal

Die Punktezahl jedes Kanales wurde durch Multiplikation beider Faktorenwerte ermittelt. Die Summation der Werte aller Kanäle ergab die Gesamtpunktzahl eines jeden Strahlbeines. Zentrale Aufhellungen können mit diesem Beurteilungsschema nicht erfasst werden, wobei der Nachweis einer solchen Aufhellung (Nekrose) als sicheres Zeichen für Podotrochlose gilt.

DIK (1978) berücksichtigte nur die Zahl und Länge der „Gefäßkanäle“, die Formveränderungen blieben unbeachtet.

ROSE et al. (1978) entwickelten eine ähnliche Beurteilung wie HUSKAMP und BECKER (1980). Die „Gefäßkanäle“ beurteilten sie nach Zahl, Länge und Weite. Die pilzförmigen Erweiterungen fanden allerdings keine Berücksichtigung.

### **2.2.3 Bewertungsschema nach BODENMÜLLER (1983)**

BODENMÜLLER (1983) untersuchte dorsopalmare Strahlbeinaufnahmen von 223 Pferden, die im Tierspital Zürich nach einer Ankaufsuntersuchung als gesund bewertet wurden. Hierfür teilte er die am Strahlbein auftretenden Strukturunterschiede in neun Gruppen.

BODENMÜLLER (1983) richtete sich bei seiner Einteilung an das von HERTSCH und ZELLER (1976 b) vorgenommene Bewertungssystem.

Kategorie O	keine Veränderungen
Kategorie I	leichte Aufrauung des distalen Randes
Kategorie II	Kanäle von dreieckiger Form
IIa	wenige
IIb	viele oder große
Kategorie III	mindestens ein Kanal, der sich kolbenartig erweitert
IIIa	wenige
IIIb	viele oder große
Kategorie IV	zentrale, fleckige Strukturauflösung

BODENMÜLLER (1983) räumte ein, dass auch diese Einteilung anfechtbar sei, da alle Strahlbeine verschieden sind, und eine Zuordnung zu einer dieser Gruppen immer zu Kompromissen führt. Er führte an, dass eine größere Anzahl der Gruppen nur zu Unsicherheiten führen, und die Aussagekraft der Statistik durch kleinere Gruppen eingeschränkt werden würde. An diese Einteilung für die Canales sesamoidales hielten sich auch KELLER und GRUNDMANN (1995).

#### **2.2.4 Bewertungsschema nach MAC GREGOR (1986)**

MAC GREGOR untersuchte im Jahre 1986 Strahlbeinröntgenaufnahmen von 258 Pferden. Die Pferde wurden in drei Gruppen geteilt. Gruppe A enthielt 83 (32,2%) lahmheitsfreie Pferde, Gruppe B enthielt 151 (58,5%) Pferde, bei denen Podotrochlose klinisch diagnostiziert wurde und Gruppe C enthielt 24 (9,3%) Pferde, die eine Vorhandlahmheit zeigten und deren Ätiologie unklar war.

Auf den Röntgenaufnahmen wurden sieben verschiedene Formen von Strahlbeinkanälen unterschieden und daraus ein Beurteilungsschema entwickelt. Die konisch geformten Canales sesamoidales wurden nach ihrer Lokalisation eingeteilt. Am distalen Rand des Strahlbeines bekamen sie die Zahl 1, am seitlichen Rand die Zahl 2, da bei vorangegangenen Studien herausgefunden wurde, dass konische Kanäle ein signifikanter Fund in Fällen von Strahlbeinerkrankungen war. Bis auf die Canales sesamoidales distales, die sich verzweigen und ein lollipopartiges Ende haben und Canales sesamoidales distales, die großzügig miteinander verbunden waren, kamen alle Strahlbeinkanalförmigkeiten bei lahmheitsfreien und mit Podotrochlose-Syndrom diagnostizierten Pferden vor.

Die Zahlen wurden für jedes Strahlbein zusammengezählt und das Strahlbein mit der höheren Zahl ging in die Wertung ein. Die Gesamtzahlen wurden in sieben Gruppen geteilt. Die lahmheitsfreien Pferde befanden sich in den ersten vier Gruppen, die meisten in Gruppe 2, die lahmen Pferde mit der unbekanntem Ätiologie befanden sich auch in den ersten 4 Gruppen, aber die meisten in Gruppe 3. Alle an Podotrochlose erkrankten Pferde hatten eine Gesamtzahl von über 10 und die Mehrzahl in der Gruppe von 15 - 19 und 20 - 24.

MAC GREGOR (1986) warnte vor dem alleinigen Benutzen des Beurteilungsschemas zur Diagnostizierung der Podotrochlose. Es sollte lediglich eine Hilfe zum Vergleich von Röntgenaufnahmen verschiedener Pferde und zur Aufzeichnung von Verlaufskontrollen eines Pferdes sein.

## 2.2.5 Bewertungsschema nach BRUNKEN (1986)

BRUNKEN (1986) untersuchte Röntgenaufnahmen von 105 Pferden, die nach der Methode nach OXSPRING an der Tierärztlichen Hochschule Hannover angefertigt wurden.

Von den röntgenologisch untersuchten Pferden waren 65 an Podotrochlose erkrankt und 40 wurden wegen anderer Lahmheiten wiederholt röntgenologisch untersucht.

Bei der Erstellung des Beurteilungssystems richtete sich BRUNKEN (1986) nach dem Schema von BODENMÜLLER (1983) und den Erkenntnissen von HERTSCH und STEFFEN (1986), sowie Erkenntnissen, die er aus seinem eigenen Material erlangte.

Als Beurteilungskriterien des Strahlbeines in der dorsopalmaren Aufnahme dienten Kontur, Struktur und Canales sesamoidales (distales und proximales). Die Canales sesamoidales distales werden in nicht deformierte und deformierte Canales unterteilt. BRUNKEN (1986) stufte zusätzlich die Zunahme der Strukturauflösungen und der Konturveränderungen als geringgradig (+), mittelgradig (++) und hochgradig (+++) ein.

### Canales sesamoidales distales

#### nicht deformierte Canales

- C 1 : keine Canales
- C 2a : wenige = 1 - 4 kurze, eingebuchtet oder konisch
- C 2b : wenige = 1 - 4 lange, tief, schmal und gerade
- C 3a : mehrere = 5 und mehr kurze, eingebuchtet oder konisch
- C 3b : mehrere = 5 und mehr lange, tief, schmal und gerade

#### deformierte Canales

- C 4 : wenige = 1 - 4 einfach oder verzweigt endständig kolbig oder endständig verzweigt
- C 5 : mehrere = 5 und mehr einfach oder verzweigt endständig kolbig oder endständig verzweigt
- C 6 : größere Strukturauflösung am Margo distalis, Canales nicht sichtbar

### Canales sesamoidales proximales

- C P : Canales sesamoidales proximales

## **Strukturveränderungen**

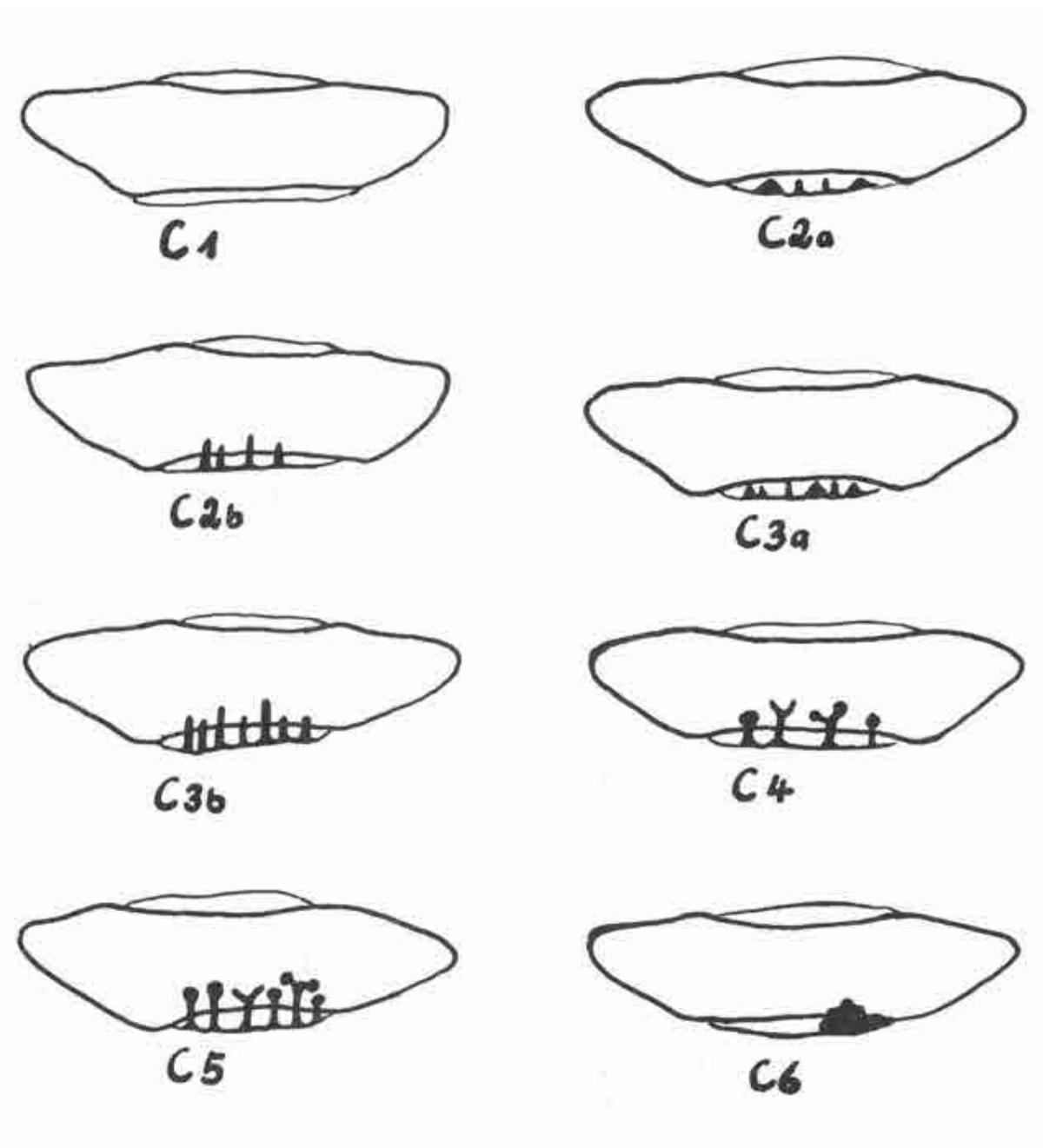
- S 1a : feinmaschig gleichmäßig
- S 1b : feinmaschig unregelmäßig
- S 2a : grobmaschig gleichmäßig
- S 2b : grobmaschig unregelmäßig
- S 3a : Sklerosierung des gesamten Strahlbeines
- S 3b : Sklerosierung an der Begrenzung der Canales
- S 4a : zentrale Aufhellung mit diffuser Begrenzung
- S 4b : zentrale Aufhellung mit scharfer Begrenzung
- S 5a : Fraktur am distalen Rand (Chipfrakturen)
- S 5b : Sagittalfraktur
- S 5c : pathologische Fraktur

## **Konturveränderungen**

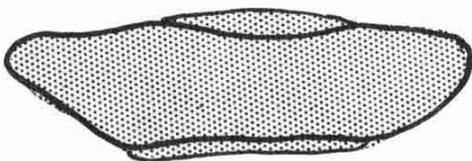
- K 1 : ohne Konturveränderungen
- K 2 : Zubildungen am Margo distalis, zentral
- K 3 : Zubildungen am Margo proximalis
- K 4 : Zubildungen am Margo distalis, Seitenteile
- K 5 : Zubildungen an den Seitenteilen, eckig oder spitz ausgezogen

KELLER und GRUNDMANN (1995) beurteilten die Struktur ihrer untersuchten Strahlbeine in Anlehnung an das Schema BRUNKENS.

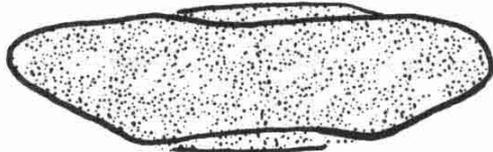
**Abbildung 1:** Schematische Darstellung der Einstufung der röntgenologischen Befunde-Canales sesamoidales distales nach BRUNKEN



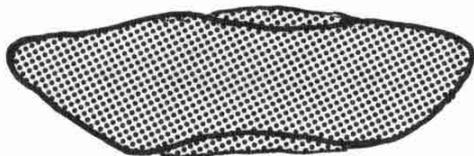
**Abbildung 2:** Schematische Darstellung der Einstufung der röntgenologischen Befunde-Strukturveränderungen und Canales sesamoidales proximales nach BRUNKEN



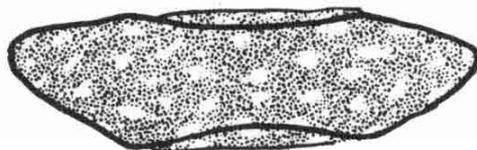
**S1a**



**S1b**



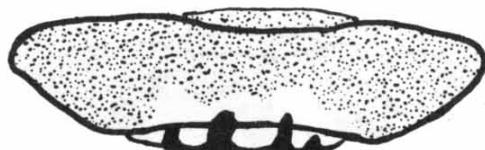
**S2a**



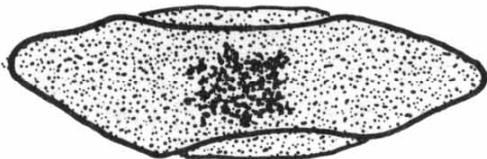
**S2b**



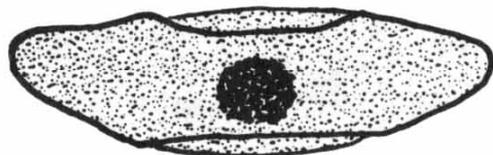
**S3a**



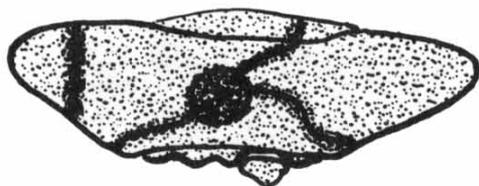
**S3b**



**S4a**



**S4b**

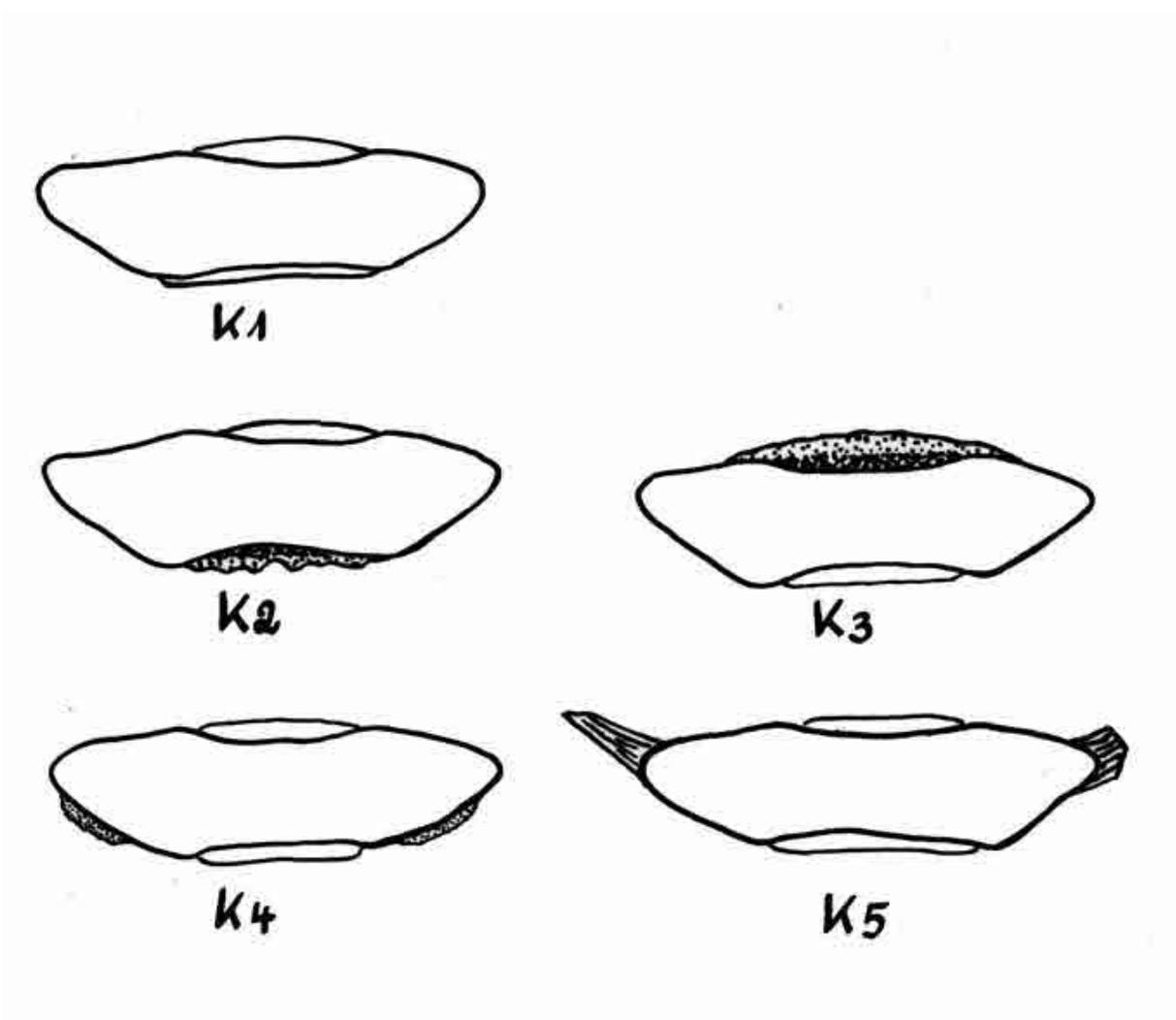


**S5a;b;c**



**CP**

**Abbildung 3:** Schematische Darstellung der Einstufung der röntgenologischen Befunde-Konturveränderungen nach BRUNKEN



### **2.2.6 Bewertungsschema nach MERZ (1993)**

MERZ (1993) wertete die Röntgenaufnahmen von 1917 Auktionspferden aus. Von 3726 auswertbaren Strahlbeinaufnahmen konnte MERZ an 3708 (96,71%) einen oder mehrere Befunde erheben, wobei kein Pferd an beiden Strahlbeinen der Vordergliedmaßen ohne röntgenologischen Befund war. Als Kriterien wurden neun verschiedene Befundlokalisationen ausgewählt:

1. Zahl der Canales sesamoidales am Margo distalis
2. Länge der Canales sesamoidales am Margo distalis
3. Form der Canales sesamoidales am Margo distalis
4. Verzweigung der Canales sesamoidales am Margo distalis
5. Sklerosierung der Canales sesamoidales am Margo distalis
6. Struktur des Strahlbeines
7. Kontur des Strahlbeines
8. Aufhellungslinien
9. Form des Strahlbeines

Alle sichtbaren Canales sesamoidales wurden ihrer Anzahl nach in drei Kategorien eingeteilt (0 - 3; 4 - 5; über 5). Bei der Länge war der längste Canales sesamoidales maßgebend (bis  $\frac{1}{6}$ ; bis  $\frac{1}{4}$ ; über  $\frac{1}{4}$ ). Die Form wurde in schmal-konisch, breit-konisch, schmal-kleinkolbig und schmal-großkolbig eingeteilt. Die schmal-kleinkolbige Form wurde durch die Größe eines Senfkorns charakterisiert. Verzweigungen der Canales sesamoidales waren „vorhanden“ oder „nicht vorhanden“.

Die Knochenstruktur wurde in gleichmäßig feinmaschig, grobmaschig, sklerosiert und umschriebene Strukturauflösung differenziert.

Die Strahlbeinkontur wurde am Margo proximalis, am Margo distalis und an den Seitenenden bewertet. Aufhellungslinien wurden als Fissuren bzw. Frakturen gedeutet und von Artefakten abgegrenzt.

Alle Befunde einer jeden Lokalisation wurden röntgenologisch als unverdächtig, verdächtig oder pathologisch eingestuft.

### **2.2.7 Bewertungsschema nach HEINZ (1993)**

HEINZ untersuchte im Jahre 1993 220 Fohlen aus dem Holsteiner Zuchtgebiet. Er entwickelte einen Kodierungsschlüssel, der 11 Hauptpunkte umfasst, die vorwiegend den Knochen und Gelenken der Vorder- und Hinterextremitäten entsprechen. Innerhalb dieser Hauptgruppen unterschied er 47 Merkmale, die sich auf die anatomische Lokalisation oder auf mögliche röntgenologische Veränderungen beziehen. Jedem dieser Merkmale wurden wiederum

verschiedene Kategorien zugeordnet. Die Beurteilung des Strahlbeines in der Aufnahmetechnik nach OXSPRING ist eine der Hauptpunkte.

Zu den zu beurteilenden Merkmalen des Strahlbeines gehören:

1. Anzahl der Canales sesamoidales am Margo distalis

- (0) keine Canales sesamoidales
- (1) 1 - 3 Canales sesamoidales
- (2) 4 - 5 Canales sesamoidales
- (3) 6 und mehr Canales sesamoidales

2. Verhältnis des längsten Canale sesamoidale in Relation zur Strahlbeinbreite in der Medianen

- (1) bis  $\frac{1}{6}$
- (2) bis  $\frac{1}{4}$
- (3) über  $\frac{1}{4}$

3. Form der Canales sesamoidales

- (1) schmal / konisch
- (2) breit / konisch
- (3) schmal / kleinkolbig (bis Senfkorngröße)
- (4) breit / großkolbig (über Senfkorngröße)

4. Verzweigung der Canales sesamoidales

- (1) nicht verzweigt
- (2) verzweigt

5. Sklerosierung der Canales sesamoidales

- (1) keine Sklerosierungszone
- (2) Sklerosierungszone vorhanden

6. Struktur des Strahlbeines

- (0) ohne Befund (= feinmaschig, gleichmäßig)
- (1) grobmaschig
- (2) Strukturverdichtung (Sklerosierung)
- (3) Strukturauflösung (i.S.v. zystoider Defekt)

## 7. Kontur

- (0) ohne Befund
- (1) Zubildung am Margo distalis
- (2) Zubildung am Margo proximalis
- (3) Zubildung an den Seitenenden
- (4) Zubildungen am Margo distalis und an den Seitenenden
- (5) Zubildungen am Margo proximalis und an den Seitenenden
- (6) Zubildungen am Margo distalis und Margo proximalis
- (7) Zubildungen an den Margi distales und proximales und den Seitenenden

## 8. Aufhellungslinie

- (0) ohne Befund
- (1) nicht durchgehend (Deutung als Strahlbeinfissur)
- (2) durchgehend (Deutung als Strahlbeinfraktur)

### **2.2.8 Bewertungsschema nach MÜLLER (1994)**

MÜLLER (1994) untersuchte 402 dreijährige Holsteiner Stuten, die noch nicht gearbeitet wurden. Es wurden unter anderem Oxspring-Aufnahmen angefertigt. Die erhobenen röntgenologischen Befunde wurden in drei Gruppen unterteilt:

- I. keine pathologisch-anatomische Veränderung,
- II. pathologisch-anatomische Veränderungen, deren klinische Bedeutung unklar, unsicher oder unbekannt ist und
- III. pathologisch-anatomische Veränderungen, die eine klinische Bedeutung haben und die Nutzung des Pferdes als Reitpferd beeinträchtigen können.

Für die Beurteilung des Strahlbeines heißt das:

- zu I. 1 - 5 nicht deformierte Canales sesamoidales mit einer Länge von weniger als  $\frac{1}{4}$  der Medianen der Strahlbeinbreite
- zu II. 6 und mehr, nicht deformierte Canales sesamoidales mit einer Länge von weniger als  $\frac{1}{4}$  der Medianen der Strahlbeinbreite
- zu III. Canales sesamoidales mit einer Länge über  $\frac{1}{4}$  der Strahlbeinbreite in der Medianen, Canales sesamoidales, die eine Verzweigung und / oder eine klein- bzw. großkolbige Form aufweisen, Strukturauflösung im Strahlbein, grobmaschige Struktur des Strahlbeines, Zubildungen an den Rändern des Strahlbeines, Aufhellungslinien im Strahlbein, Sklerosierung des Strahlbeines

### 2.3 Genetische Disposition der Podotrochlose

Bereits SCHRADER (1860) vermutete eine Vererbbarkeit der Podotrochlose und auch WESTHUES (1938) und Kollegen wiesen darauf hin, die erbliche Veranlagung zur Podotrochlose zu berücksichtigen.

VAN DER MEY et al. verglichen im Jahre 1967 die Nachkommen von zwei Hengsten im Hinblick auf Podotrochlose miteinander. Dabei stellten sie fest, dass 38% der Nachkommen des Hengstes A und 8% der Nachkommen des Hengstes B an einer Lahmheit, hervorgerufen durch Podotrochlose litten. Sie schlossen daraus auf eine familiäre Anlage.

NUMANS und WATERING (1973) schlossen sich dieser Ansicht, und auf diese Studie beziehend, an. ACKERMAN et al. (1977) beriefen sich bei ihrem Hinweis auf die familiäre Anlage auf NUMANS und WATERING (1973).

ADAMS (1974) wies daraufhin, dass die Podotrochlitis als eine erbliche Erkrankung in Verbindung mit steiler Fesselung und zu weichem Strahlbein, oder auch klein gezüchteten Hufen auftreten kann. Aber auch Pferde, die schweren Belastungen ausgesetzt sind, erkranken häufiger (z.B. Rennpferde und Pferde, die zum Cutting, Calf-roping und Barrel-racing verwendet werden).

BRITZE (1976) differenzierte die erbliche Disposition nach Zuchtgebiet und Vatertier.

ACKERMAN (1977) bemerkte eine Prädisposition von Wallachen und Quarter Horses. Allerdings erwähnt er nicht, welche anderen Rassen noch an seinen Studien beteiligt waren.

Laut ACKERMAN (1977) liegt das Durchschnittsalter der erkrankten Tiere zwischen vier und neun Jahren. Er unterschied zwischen Tieren mit röntgenologischen Veränderungen, die durchschnittlich 6,5 Jahre waren und Tieren ohne röntgenologische Veränderungen, die durchschnittlich 7,8 Jahre waren.

BÖHM und NAGEL (1980) weisen in ihren Ausführungen darauf hin, dass Beinschäden, die auf degenerativen Veränderungen beruhen, keine Abnutzungserscheinungen sind, wie weithin noch immer vermutet wird, sondern bereits im Fohlenalter auftreten können.

LÖHRER (1981) fand eine signifikante Häufigkeit von Stuten mit Strahlbeinlahmheit.

DESMOLLES (1983) zog aus seinen Forschungen den Schluss, dass das häufigere Vorkommen der Podotrochlose bei männlichen Tieren an der stärkeren sportlichen Nutzung dieser Tiere läge.

VELTJENS (1988) fand heraus, dass männliche Tiere stärker von Podotrochlose betroffen sind als weibliche und bestätigte damit die Forschungen von LÖWE (1974), RICHTER (1975) und ACKERMAN (1977).

Auch BODENMÜLLER (1983) stellte fest, die Wahrscheinlichkeit, dass ein Pferd in einem Alter von mehr als neun Jahren an der Hufrolle erkrankt, sei gering. Diese These wurden durch die Ergebnisse von anderen Autoren (LÖHRER 1981; CHRISTIANSON und REINERTSON 1984; BOS et al. 1986) bestätigt.

ROONEY (1983) vermutet „die Podotrochlose nur bei Springpferden, Kutschenponys, Quarter Horses und den Pferden ..., die über längere Zeit auf hartem Boden arbeiten müssen (z.B. Wagenpferde, Polizeipferde etc.).“

DÄMMRICH (1983 a) ermittelte wiederholt Podotrochlose bei Mutter, Tochter und Enkel. Er stimmt mit VAN DER MEY et al. (1967) überein, dass eine familiengebundene Tendenz für die Bereitschaft zur Podotrochlose vorhanden ist. Er empfiehlt Hengste mit deutlichen röntgenologisch nachweisbaren Veränderungen am Strahlbein und an Podotrochlose erkrankte Stuten nicht zur Zucht zu verwenden.

Auch BOS et al. (1986) berichteten von einer familiären Anlage.

Das Strahlbein weist deutliche morphologische Variationen auf, die vererbt werden, erkennen BOS et al. (1986), DIK und BROEK (1995) und UELTSCHI et al. (1995).

LÖHRER (1981) und COLLES (1985) stellten die Podotrochlose vermehrt bei Hannoveranern fest. Dies konnte VELTJENS-OTTO-ERLEY (1990) nicht bestätigen.

COLLES (1985) bemerkte auch ein verstärktes Auftreten von Podotrochlose bei Trakehnern, was mit den Untersuchungen von VELTJENS-OTTO-ERLEY (1990) konform geht.

In der Studie von VELTJENS (1988) waren die Pferde, die zur Zucht genutzt wurden, zahlenmäßig am geringsten erkrankt. In ihrer Untersuchung waren es hauptsächlich Stuten.

VELTJENS-OTTO-ERLEY (1990) schloss aus ihren Untersuchungen, dass sowohl das Zuchtgebiet, als auch das Vattertier das Auftreten bestimmter Krankheiten beeinflusst.

GERBER (1989) untersuchte 28 Nachkommen eines beliebten, am Podotrochlose-Syndrom erkrankten Hengstes mit 24 Nachkommen des gleichen Alters eines gesunden Hengstes, basierend auf einer röntgenologischen Diagnose. GERBER (1989) konnte keinen Zusammenhang zum MHC (major histocompatibility complex), der im Zusammenhang mit der Pathogenese verschiedener Erkrankungen gesehen wird, feststellen.

Das Durchschnittsalter, der an Podotrochlose erkrankten Pferde, lag laut VELTJENS-OTTO-ERLEY (1990) bei 8,2 Jahren, was ihrer Meinung nach ein Hinweis darauf war, dass es sich nicht um eine „Abnutzungserscheinung“ handelt.

VAN DER MEY et al. (1994) stellten eine Heritabilität für Podotrochlose von 0,26 - 0,34 fest. BARNEVELD (1996) übernahm diese Angaben und verwies darauf, dass eine Selektion kaum einen Effekt habe, wenn die Heritabilität unter 0,15 liegt. Es kann ein Effekt bei einer

Heritabilität zwischen 0,15 und 0,25 erwartet werden, und bei einer Heritabilität von über 0,25 können beträchtliche Fortschritte in der Selektion gemacht werden.

WINTER (1995) fand bei einem Datenmaterial von 3500 Auktionspferden eine Heritabilität bezüglich der Podotrochlose von 2% bis 6% heraus.

WILLMS et al. (1996) erwähnten, dass die bisherigen röntgenologischen Untersuchungen nur auf eine geringe züchterische Bedeutung der Gliedmaßenkrankungen hinweisen. Dies wird durch die gefundenen Heritabilitäten von WINTER (1995) deutlich. WILLMS (1996) ist der Meinung, dass neue Erfassungssysteme, wie z.B. die lineare Bewertung in der Stuten und Fohlenbeurteilung, zu prüfen seien.

STORNETTA (1995) bestätigt mit seinen Ergebnissen die früheren Ergebnisse der Holländer und Deutschen, die von einer Erblichkeit für die Strahlbeinerkrankung ausgehen.

DYSON (2003) wies daraufhin, dass vor allem Quarter Horses, Europäische Warmblüter und Vollblüter erkranken.

## **2.4 Makroskopisch-anatomische und röntgenologische Varianten des Strahlbeines**

Einen direkten Zusammenhang zwischen radiologischen Veränderungen und klinischem Erscheinungsbild vermutete ADAMS (1980).

DÄMMRICH et al. (1983) dagegen sahen oft gegensätzliche klinische und röntgenologische Befunde und lehnen daher die Beurteilung des Verwendungszweckes anhand der Röntgenbilder ab. COLLES (1982) fand Reparaturprozesse, die so nicht mit klinischen Erscheinungen in Verbindung gebracht werden können.

DÄMMRICH et al. (1983) erklärten die röntgenologischen Veränderungen am nicht oder nur kurze Zeit gearbeiteten Pferd so, dass eine unphysiologische Belastung im Fohlenalter, hervorgerufen durch übermäßige Bewegung oder unzureichende Hufpflege, eine kompensatorische strukturelle Anpassung hervorruft und in einer Podotrochlose resultieren kann.

HERTSCH et al. (1982 a) führten die Bezeichnung Podotrochlose-Syndrom und auch die Unterteilung in drei unterschiedliche Lokalisationen der Erkrankung ein.

1. Die Erkrankung der eigentlichen Hufrolle (Podotrochlose) mit Veränderungen der Facies flexoria des Strahlbeines und damit in Verbindung stehenden Sehnenveränderungen.
2. Veränderungen im Ansatzbereich der einzelnen Strahlbeinbänder (Insertionsdesmopathien), die durch Knochenzubildungen an den Konturen des Strahlbeines gekennzeichnet sind.
3. Veränderungen im Bereich des distalen Randes des Strahlbeines, die durch das Auftreten von Canales sesamoidales gekennzeichnet sind.

### 2.4.1 Beurteilung der Canales sesamoidales distales

Als Canales sesamoidales werden die Aufhellungen bezeichnet, die vom distalen oder proximalen Strahlbeinrand in das Strahlbein reichen und von unterschiedlicher Anzahl, Form und Länge sind. Sie wurden früher als „Gefäßkanäle“ bezeichnet.

HERTSCH und ZELLER (1976 b) stellen fest, dass Größe, Ausdehnung und Anzahl der „Gefäßkanäle“ deutlich variieren und, dass die Bedeutung der Erweiterung der „Gefäßkanäle“ für die Früherkennung einer Strahlbeinerkrankung früher vielfach überschätzt wurde. Die Autoren sind der Meinung, dass für die Beurteilung nicht nur die klinische Untersuchung, sondern auch das Alter des Pferdes eine Rolle spielt.

HERTSCH et al. (1982 a) machen deutlich, dass die als „Gefäßkanäle“ bezeichneten Strukturen mit dem Hufgelenk in Verbindung stehen und mit Synovia gefüllt sind. HERTSCH et al. (1982 a) bezeichnen diese sogenannten „Gefäßkanäle“ deshalb als Canales Sesamoidales. Sie sind der Meinung, dass Anzahl, Form, Größe und Tiefe der Canales sesamoidales Ausdruck für die unterschiedliche Belastung des Hufgelenkes sind. HERTSCH et al. (1982 a) zweifeln an, dass erweiterte „Gefäßkanäle“ im Röntgenbild des Strahlbeines als Ausdruck einer sich entwickelnden Hufrollenentzündung gesehen werden sollten. Die Autoren machen darauf aufmerksam, dass die Einführung von Faktoren für Länge und Form der Kanäle (HUSKAMP und BECKER 1980) durch die Multiplikation der Faktoren erhebliche Fehlerquellen bergen.

CAWLEY (1960) erkennt in den „Gefäßkanälen“ ein Frühzeichen der Podotrochlose.

HICKMAN (1964) sah normalerweise keine „Gefäßkanäle“ auf dem Röntgenbild, und wenn doch, waren sie vergrößert oder abnorm. Diese „Gefäßkanäle“ waren häufig im Zusammenhang mit anderen pathologischen Prozessen zu sehen. Die „Gefäßkanäle“ erreichten ein gewisses Stadium und veränderten sich dann nicht mehr.

WINTZER und DÄMMRICH (1971) sahen die „Gefäßkanäle“ als Folge von Umbauprozessen an, die nach dem Ligamentum ungulesesamoideum ausgerichtet sind und mit einer distal gerichteten Vergrößerung der Gleitfläche einhergehen. Verminderte Druckbelastung führt zum Abbau von Knochenbälkchen und gefäßumgebender Spongiosa. Durch diese Spongiosaaussparungen treten die Arteriae nutriciae in das Strahlbein ein.

NUMANS und WATERING (1973) sahen bei „normalen“ jungen Pferden bis zu drei Jahren keine, oder röntgenologisch nur schlecht nachweisbare „Gefäßkanäle“. Für sie sind alle Veränderungen der „Gefäßkanäle“ bei jungen Pferden abnormal, wobei die gleichen Veränderungen bei adulten Pferden akzeptabel sind.

ACKERMAN et al. (1977) assoziieren die Vergrößerung der „Gefäßkanäle“ mit der Strahlbeinerkrankung. Sie erkennen, dass die Beurteilung aufgrund der normalen Variationen der Pferde verschiedenen Alters und Rassen schwierig ist.

DIK et al. (1978) betrachten das bloße Auftreten von „Gefäßkanälen“ am distalen Strahlbeinrand als pathologisch. Andere Autoren dagegen halten konische, auf den geraden Mittelteil des distalen Strahlbeinrandes beschränkte Kanäle für unbedenklich (HERTSCH und ZELLER 1976 b; COLLES 1982; COLLES 1983 a; RIJKENHUIZEN et al. 1989 a).

Es ist besonders im schrägen Seitenteil des distalen Strahlbeinrandes auf die Lokalisation der auftretenden „Gefäßkanäle“ zu achten (PFEIFFER 1962; REID 1980; COLLES 1982; HERTSCH und DELIUS 1983; COLLES 1983 a; COLLES 1984).

ROSE et al. (1978) betrachten Anzahl, Länge und Weite der „Gefäßkanäle“ auf den Tangentialaufnahmen und finden signifikante Unterschiede zwischen Podotrochlose-Patienten und Pferden einer gesunden Kontrollgruppe.

Für DELIUS (1982) gibt es keine Anzeichen, die dafür sprechen, dass Canales sesamoidales mit dem Vorkommen pathologischer Veränderungen innerhalb des Strahlbeines oder innerhalb der Knorpelfaser des Strahlbeines in Zusammenhang stehen.

Für ROONEY (1983) ist „die ganze Diskussion über die „Gefäßkanäle“, ihre Größe und Form, ... bedeutungslos.“ Er hat bei seinen Sektionen keinen Zusammenhang zwischen den Kanälen und der Hufrollenlahmheit feststellen können.

COLLES und HICKMAN (1977) machen die Arterienäste, die von distal in das Strahlbein ziehen und es versorgen, verantwortlich für die Kegel, die im Alter von zwei oder drei Jahren oder, wenn das Pferd „gebrochen“ wird, entstehen. COLLES (1977) macht diese Kegel für die großen Foramina verantwortlich, die am distalen Rand des Strahlbeines entstehen.

Für COLLES (1982) sind veränderte „Gefäßkanäle“ Anzeichen für eine gesteigerte periostale Blutversorgung im Knochen nach einer Arteriosklerose und Thrombose der distalen Versorgungsgefäße. Radiologische Aufhellungen am Strahlbeinrand betrachtet er folglich als Reparaturvorgänge und nicht als Krankheit selbst.

Bei Podotrochlose-Patienten beobachtet COLLES (1983) eine verlängerte Kontrastmittel-Clearance, die er auf einen passiven Venenstau zurückführt, der wiederum aus einem arteriellen Druckanstieg, und sich daraus entwickelnden sekundären Arterienalterationen, entsteht.

HERTSCH und STEFFEN (1986) finden Canales sesamoidales proximales vor allem im Zusammenhang mit stark veränderten Canales sesamoidales distales und der Facies flexoria, während BRUNKEN (1986) sie ausschließlich mit Zubildungen am Margo proximalis sieht.

RIJKENHUIZEN (1990) erkennt, dass sich im Inneren der Foramina kollagenes Gewebe befindet. Damit gehen ein oder zwei Arterien, Arteriolen, Venen und Kapillaren einher. Die größeren Arterien sind meist von myelinisierten Nerven umgeben. Die Arterien treten an der palmaren Seite der Foramina ein. Die Foramina selbst sind von kompaktem Knochengewebe umgeben, wobei im oberflächlichen Bereich des Knochengewebes meist flache Osteoblasten liegen. RIJKENHUIZEN (1990) bestätigt die Angaben von HERTSCH et al. (1982 a), dass in den Foramina „eine synoviale Introversion des Hufgelenkes vorhanden“ ist, und sieht diese nur

bis zur halben Länge des Foramens reichen. Die Arterien, die vom lockeren Bindegewebe umgeben sind, liegen proximal der Synovialintroversion in der Mitte des Foramens.

RIJKENHUIZEN (1990) erkennt bei ihrer Einteilung in fünf verschiedene Gruppen (DIK et al. 1978), dass die Unregelmäßigkeiten im Knochengewebe mit der steigenden Gruppe zunehmen. Für RIJKENHUIZEN (1990) sind diese Unregelmäßigkeiten eine Folge von Umbauprozessen, wobei ihrer Meinung nach Resorptionsvorgänge, die durch „Howship-Lakunen“ gekennzeichnet sind, vorherrschen. Bei der Remodellierung nimmt das Kollagengewebe innerhalb der Foramina zu. Hypertrophie und Hyperplasie, sowie zunehmende Vaskularisierung zeigt auch die Membrana synovialis.

DROMMER et al. (1992 a) fanden heraus, dass die Synovialis im Bereich der Canales sesamoidales und auch der Gelenkkapsel bei Pferden mit Podotrochlose nicht stark reagiert. Es gibt nur einen minimalen Unterschied zwischen den Synovialdeckzellen der Canales und denen der Gelenkkapsel des Hufgelenkes. Im Zusammenhang mit einer Lahmheit erkannten die Autoren eine geringgradige Vermehrung der phagozytotisch aktiven Synovialdeckzellen vom Typ A. Ein erheblicher Unterschied zwischen den Synovialdeckzellen aus hochgradig und geringgradig deformierten Canales sesamoidales konnte nicht festgestellt werden. DROMMER et al. (1992 a) konnten keine zentrale Bedeutung der Synovialdeckzellen sowie der vaskulären Veränderungen im Bereich der Canalesauskleidung bei der Entstehung der Canales feststellen. Eine erhöhte Hufgelenksbelastung mit Druckerhöhung in den Canales durch verstärktes Hineinpressen der Synovia als Ursache für Ausbildung und Ausprägung der Canales ist wahrscheinlich (HERTSCH et al. 1982). DROMMER et al. (1992 a) betonen, dass aus ihrer Sicht die Veränderungen an den Canales sesamoidales in der Pathogenese des Podotrochlose-Syndroms nur von sekundärer Bedeutung seien und eher ein Begleitphänomen im Verlauf dieser Erkrankung darstellten.

RIJKENHUIZEN (1993) stellt fest, dass die verminderte Versorgung des Strahlbeines bei der Strahlbeinerkrankung durch die distale Arterie mit Veränderungen der röntgenologischen Befunde in Zusammenhang gebracht werden kann. Bei ihren Untersuchungen kann sie sehen, dass Anzahl, Länge und Durchmesser der distal eintretenden Arterien abnimmt und sich bei röntgenologischer Betrachtung auch Länge und Form der Ernährungskanäle verändern. RIJKENHUIZEN (1993) findet heraus, dass die verlängerten Ernährungsforamina in der Regel erweiterte Arterien umschließen, während pilzförmige Kanäle enge, kurze distale Arterien umgeben. Sie folgert daraus, dass eine verminderte distale Arterienversorgung des Strahlbeines zwar von großer Bedeutung in der Pathogenese der Strahlbeinerkrankung ist, dass aber eine vollständige Unterbrechung der Versorgung durch die distalen Arterien des Strahlbeines keine für Strahlbeinerkrankungen typischen klinischen und röntgenologischen Veränderungen hervorrufen.

GRUNDMANN (1993) fand heraus, dass Canales sesamoidales mit sklerosiertem Rand hinsichtlich des Fortschreitens der Veränderungen prognostisch günstiger zu beurteilen sind, als unscharf begrenzte Formen. Undeutlich begrenzte Strukturdefekte haben eine stärkere Tendenz,

sich in die umgebende Spongiosa auszuweiten (GRUNDMANN 1993; KELLER und GRUNDMANN 1995).

DROMMER et al. (1993) untersuchen licht- und elektronenmikroskopisch lahmheitsfreie und mit Podotrochlose-Syndrom behaftete Extremitäten. Dabei können sie subsynoviale Gefäßveränderungen besonders an Kapillaren und Arteriolen beobachten. Sie bestehen in einer Verbreiterung der Basalmembran, vermehrter Einlagerung von perivaskulärem Kollagen und Gefäßsklerosen mit teilweisem Verschluss des Lumens. DROMMER et al. (1993) können keine Häufung der Gefäßalterationen bei Podotrochlose feststellen. Selbst bei stark deformierten Canales sesamoidales finden sie keinen großen Unterschied bezüglich der Synovialdeckzellen und des subsynovialen Gewebes vor.

DE CLERCQ et al. (2000) sehen den unregelmäßigen distalen Rand, der durch „synovial fossae“ entsteht und in einer Zyste enden kann, als weniger wichtiges radiologisches Anzeichen an.

DYSON (2003) ist der Meinung, dass die Anzahl, Form und Größe der Strahlbeinkanäle zwischen den Rassen variieren können.

#### ***2.4.1.1 Größe***

Für COLLES und HICKMAN (1977) ist die Größe der Ernährungskanäle, wie sie auf der Röntgenaufnahme gesehen werden, abhängig von Typ, Häufigkeit und Regelmäßigkeit der Arbeit des Pferdes.

REID (1980) hält die Größe der Kanäle im Gegensatz zu der Form nicht für aussagekräftig.

Für COLLES (1982) sollte die Höhe der Kanäle nicht mehr als die 1,5 fache Breite betragen.

LANGGUTH (1983) weist darauf hin, dass die Länge der Canales sesamoidales vom Einfallswinkel des Zentralstrahls im dorsopalmaren Strahlengang abhängt.

RIJKENHUIZEN (1990) stellt bei ihren Untersuchungen fest, dass Kanäle von mittlerer Länge, d.h. bis zu einem Drittel der Distanz zwischen dem proximalen und distalen Rand des Strahlbeines, bzw. solche, die weit ins Strahlbein hineinreichen, meistens erweiterte distale Arterien enthalten.

DE CLERCQ et al. (2000) sehen keinen Unterschied in der Länge der Kanäle von normalen und an Podotrochlose erkrankten Strahlbeinen (6,2 mm bzw. 7,3 mm). Nur in Strahlbeinen erkrankter Pferde enden die Kanäle oft in Zysten (8 von 25, bzw. 32%), im Vergleich zu Strahlbeinen gesunder Pferde (2 von 44, bzw. 5%). Am proximalen Rand haben krankhaft veränderte Strahlbeine (60%) eher synoviale Gruben als gesunde (14%).

DROMMER et al. (1992 b) stellen bei der Untersuchung der Podotrochlea von 25 Pferden fest, dass Fossae synoviales bei 1/3 der Strahlbeine im mittleren Drittel der Facies flexoria vorhanden sind, und sie zwischen 0,1 und 1cm tief in den Faserknorpel hineinragen. Das Alter der Pferde der untersuchten Strahlbeine lag zwischen 4 und 23 Jahren. Unter den untersuchten Pferden befanden sich sowohl Tiere mit Podotrochlose-Syndrom oder Tendopathie als auch lahmheitsfrei.

SEYREK-INTAS et al. (1999) untersuchten 521 Strahlbeine. 93 Pferde zeigten klinische Symptome der Podotrochlose. 168 Tiere zeigten keinen Hinweis auf Podotrochlose. SEYREK-INTAS et al. (1999) sehen Kanäle, die nicht mehr als 1/3 der gesamten Strahlbeintiefe einnehmen und im peripheren Bereich vorhanden sind, als röntgenologisch verdächtig an.

#### **2.4.1.2 Form**

Das Auftreten von pilz- oder kolbenförmigen Kanälen am distalen Rand des Strahlbeines wird meist als Krankheitszeichen gewertet (CAWLEY 1960; WINTZER 1970; HERTSCH und ZELLER 1976 b; COLLES und HICKMAN 1977; REID 1980; CAMPBELL und MC GREGOR 1983; MAC GREGOR 1986).

HERTSCH und STEFFEN (1986) teilen sie zusammen mit den endständig verzweigten Formen als 'deformierte' Canales sesamoidales ein, im Gegensatz zu den konisch geformten 'nicht deformierten' Canales sesamoidales.

HERTSCH und ZELLER (1976 b) bezeichnen „Gefäßkanäle“, die konisch zulaufen, allenfalls als verdächtig, wobei endständig kolbige oder birnenförmige als pathologisch zu bewerten sind.

ACKERMAN et al. (1977) bezeichnen „Gefäßkanäle“, die breiter als 3 mm sind, als vermehrte Vaskularisation.

COLLES und HICKMAN (1977) fanden heraus, dass die Zahl der Anastomosen und die Zahl der Arteriolen, die die Ernährungskanäle verlassen, beim Podotrochlose-Syndrom erhöht sind. Mit der erhöhten Vaskularisation rund um die Foramina begründen sie die sich entwickelnde Osteoporosis, die zu runden oder pilzförmigen Foramina führt. COLLES und HICKMAN (1977) sehen spitze Foramina, egal welcher Größe, als normal an. Für sie ist nur ihre Form wichtig für die Podotrochlose-Diagnostik. 1979 vermutet COLLES, dass runde und umgekehrt flaschenförmige Kanäle eine Konsequenz reduzierter arterieller Versorgung sind.

DIK et al. (1978) beurteilen nur Anzahl und Größe, die Form bleibt unberücksichtigt.

Kolbenartige Erweiterungen der Spongiosaaussparungen im Strahlbein sind Ausdruck einer nach distal verlagerten Druckbelastung, besonders bei palmar verlängerter Facies flexoria (DÄMMRICH et al. 1983; DÄMMRICH 1983 a).

DOIGE und HOFFER (1983) sehen nur sehr schmale Foramina am distalen Rand im Alter von acht Monaten, die sich bis zu einem Alter von zwei Jahren vergrößern. Danach verändern sich die Foramina bedeutend, aber unabhängig vom Alter. Mikroskopisch stellen DOIGE und HOFFER (1983) fest, dass die Ernährungskanäle oft V-förmig sind und große Gefäße und verbindendes Gewebe enthalten. Außerdem befindet sich in mehreren Fällen Synovia aus dem Hufgelenk im Foramen. DOIGE und HOFFER (1983) erkennen in einigen Einkerbungen Synovial-Membranen. In vier von acht Pferden mit Podotrochlose konnte Arteriosklerose im Bereich um die Ernährungskanäle festgestellt werden. Die Autoren geben aber deutlich zu verstehen, dass ihre Resultate nicht die Theorie von COLLES (1979) unterstützen, in der dieser davon ausgeht, dass die Vergrößerung der Ernährungskanäle auf die Thrombose der distalen Strahlbeinarterien zurückzuführen ist. DOIGE und HOFFER (1983) halten es für möglich, dass die Tatsache, dass sich Hufgelenksynovia in den Foramina befindet, mit der Vergrößerung der Foramina zusammenhängt (HERTSCH, WISSDORF et al. 1982 a).

RIJKENHUIZEN (1990) findet in kolbenförmigen Kanälen englumige, kurze und niemals erweiterte Arterien.

DROMMER et al. (1992 a) stellten bei der Untersuchung von Strahlbeinen und ihrer Beurteilung nach dem Beurteilungsschema modifiziert nach BRUNKEN (1986) fest, dass in der Gruppe der lahmheitsfreien Pferde, von denen 5 zwischen 4 und 12, und 4 zwischen 16 und 23 Jahre alt waren, 2/3 der Canales sesamoidales als nicht deformiert beurteilt werden konnten, während bei Pferden mit einer Tendopathie (ein Pferd im Alter von 6 Jahren und 6 Pferde zwischen 13 und 18 Jahre) nur 1/3 der Canales sesamoidales als nicht deformiert eingestuft wurden. Veränderte Canales sesamoidales konnte er bei Pferden ohne Lahmheit nur vereinzelt, bei Pferden mit Lahmheit jedoch mehrfach feststellen. Zwischen Ausprägungsgrad und Häufigkeit der Deformationen zeigte sich kein deutlicher Unterschied zwischen Pferden mit Podotrochlose und Pferden mit Tendopathie. Lediglich größere Strukturauflösungen am Margo distalis wurden in zwei Fällen bei Pferden mit Podotrochlose beobachtet.

HERTSCH (1992) fasst zusammen, dass international einheitlich endständig kolbige Deformationen (lollipopähnlich) als röntgenologisch pathologisch gedeutet werden. Das bedeutet nicht, dass diese Pferde auch eine Lahmheit zeigen, oder in absehbarer Zeit zeigen werden.

KASER-HOTZ und UELTSCHI (1992) beurteilen die Kanäle am distalen Rand des Strahlbeines nur nach der Form und nicht nach Anzahl oder Lokalisation. Sie finden in „gesunden“ Pferden 11% abnormale Kanäle, übereinstimmend mit MÜLLER (1982) und TURNER (1986). Sie betonen, dass Pferde mit Strahlbeinerkrankung eine höhere Anzahl von veränderten Kanälen haben, aber, dass veränderte Kanäle keinen Rückschluss auf Podotrochlose erlauben.

BUTLER et al. (1993) sehen viele verschiedene Formen und Größen, sowie Foramina, die mit einer Sklerosierungszone umgeben sind, als verdächtig an.

WRIGHT (1993) stellt in seiner Studie keinen Zusammenhang zwischen vergrößerten Kanälen und dem Grad der Lahmheit fest. Er richtet sich nach COLLES (1982; 1983 a; 1984), dass eine normale Höhe 1,5 mal der Grundweite entspricht.

Geringgradige Deformationen, wie leicht kolbig erweitert, bauchig rund oder verzweigt, bezeichnen SEYREK-INTAS et al. (1999) als röntgenologisch verdächtig, deutlich deformierte Canales sesamoidales - großkolbig erweitert, vielfach verzweigt, nicht abgrenzbar, konfluierend - als pathologisch.

DIK et al. (2001 b) untersuchten holländische Warmblutpferde zwischen 3 und 19 Jahren und stellten fest, dass umgekehrt flaschenförmige Kanäle häufiger im Alter zwischen fünf und neun Jahren vorkamen, wohingegen Enthesophyten gehäuft im Alter von 10 - 14 Jahren gesehen wurden.

KASER-HOTZ (2002) bezeichnet birnen-, ballon- oder pilzförmige Kanäle als abnorm. Die Kanäle am distalen Strahlbeinrand sollen proximal nicht weiter sein als distal.

#### ***2.4.1.3 Anzahl***

ACKERMAN et al. (1977) bezeichnen mehr als vier „Gefäßkanäle“ als vermehrte Vaskularisation.

COLLES (1979) hält fünf bis sechs konisch geformte, dezent ausgeprägte Kanälchen für physiologisch und sieht deren Länge proportional zum Alter und zur Arbeitsleistung.

LEUENBERGER (1990) ist der Meinung, dass für die Beurteilung der Strahlbeine auch die Anzahl der veränderten Kanäle entscheidend ist, die er in seiner Arbeit allerdings nicht berücksichtigte. Für LEUENBERGER (1990) sind mehr als drei veränderte Kanäle als sicher pathologisch zu bewerten.

Für RIJKENHUIZEN (1990) sind drei oder mehr Kanäle „zahlreich“. Sie toleriert aber zusätzlich zwei längere (mehr als 1/3 der Breite) „Gefäßkanäle“ (RIJKENHUIZEN, NEMETH et al. 1989 a).

WRIGHT (1993) vergleicht Strahlbeine mit bis zu 7 Kanälen und über 7 Kanäle. Seine Studie zeigt, dass die Anzahl der Kanäle kein guter Indikator für den Schweregrad der Erkrankung, bzw. der Lahmheit ist.

BUTLER et al. (1993) sehen, dass die Anzahl und Größe der distalen Ernährungskanäle zwischen den Individuen und Rassen variieren und, dass eine Zahl von bis zu sieben Foramina pro Strahlbein wahrscheinlich normal ist, wenn diese konisch geformt und länger als breit sind. BUTLER et al. (1993) sagen auch, dass mit der Anzahl abnormer Foramina die Wahrscheinlichkeit der klinischen Symptome für Podotrochlose steigt. Abnorme Foramina

heißt für BUTLER (1993): mehr als sieben und das Vorhandensein am medialen, lateralen oder proximalen Rand. Die Strahlbeine der hinteren Gliedmaßen haben gewöhnlich zwei oder drei Foramina weniger.

HERTSCH et al. (1997) stellen bei der Untersuchung der Auktionsaufnahmen von 4186 Pferden im Alter von drei bis acht Jahren fest, dass sich bei 73,5 % der Strahlbeine sechs und mehr Canales sesamoidales am Margo distalis befanden. Damit stellen sie deren Bedeutung als mögliche pathologische Veränderung in Frage. Sie ziehen daraus den Schluss, dass Anzahl, Form und Größe der Canales sesamoidales des Strahlbeines stark variieren (HERTSCH und ZELLER 1976 b; POULOS 1983; COLLES 1983 a).

RUOHONIEMI et al. (1998) finden bei 52% der untersuchten Schlachthofstrahlbeine 1 - 6 schmale, spitze Kanäle, die sie mit Index 1 bezeichnen. Zu Index 2 zählen sie schmale Kanäle von runder Form oder mehr als 7. Dies finden sie bei 21% ihrer Tiere.

SEYREK-INTAS et al. (1999) bezeichnen mehr als 7 Kanäle als röntgenologisch verdächtig.

DE CLERCQ et al. (2000) sehen keinen signifikanten Unterschied in der Anzahl der Kanäle in gesunden und an Podotrochlose erkrankten Strahlbeinen (7,2 bzw. 6,7).

#### **2.4.2 Beurteilung der Strahlbeinform**

Die Strahlbeinform variiert beträchtlich zwischen den Pferden, doch ist sie normalerweise das Spiegelbild des kontralateralen Beines (BUTLER, COLLES et al. 1993).

KASER-HOTZ und UELTSCHI (1992) fanden bei 10% der von ihnen untersuchten Tiere keine kontralaterale Übereinstimmung in der Form des Strahlbeines. UELTSCHI (1983) stellt bei einer Gruppe an Podotrochlose erkrankten Tieren einen Unterschied von 79% zwischen dem Aussehen des linken Strahlbeines gegenüber dem rechten. Häufig fanden KASER-HOTZ und UELTSCHI (1992) eine proximale Zubildung an der lateralen Seite der Strahlbeine gesunder Tiere, die sie als nicht pathologisch bewerten. Eine proximale Doppelkontur ist bei ca. 28% der Pferde in der dorsoproximale-palmarodistale Aufnahme durch eine Zubildung der proximalen Flexura corticalis zu sehen.

DIK und VAN DEN BROEK (1995) untersuchten 586 dreijährige Stuten von 30 verschiedenen Warmbluthengsten in einer radiologischen Studie. Von den Vorderbeinen der Hengste und Stuten wurden lateromediale und dorsopalmar Aufnahme gemacht. Die Auswertung wurde nach einem von DIK 1992 entworfenen Beurteilungsschema vorgenommen. Es enthält die Klassen 0 - 4 (exzellent bis schlecht), und es werden dabei die Knochenstruktur, die „Gefäßkanäle“, sowie Form und Rand des Strahlbeines beurteilt. Zusätzlich wurden in der Oxspring-Aufnahme die Form des proximalen Gelenkrandes des Strahlbeines beurteilt, und

zwar 1 = konkav; 2 = wellenförmig; 3 = gerade und 4 = konvex. Diese beiden Beurteilungskriterien wurden in Bezug zueinander gesetzt und die Autoren stellten fest, dass das höchste Vorkommen der Klassen 3 und 4 die Form 1 hatte und das niedrigste die Form 4. DIK und VAN DEN BROEK (1995) schliessen daraus auf eine Formprädisposition zu radiologischen Veränderungen, die mit dem Podotrochlose-Syndrom assoziiert sind. Außerdem stellten sie bei der Strahlbeinform der Nachkommen durchschnittlich die gleiche Form wie bei den Hengsten fest, was einen hereditären Aspekt vermuten lässt.

Es wurde zwar von einer hereditären Disposition des Podotrochlose-Syndromes berichtet (VAN DER MEY et al. 1967; BOS et al. 1986), aber nicht von einer hereditären Prädisposition der Strahlbeinform (DIK und BROEK 1995).

Der Versuch, den hereditären Aspekt der Strahlbeinform-Podotrochlose-Interaktion durch den Vergleich der Form-Klassen-Kombinationen von Hengsten und Nachkommen zu klären, war nicht erfolgreich (DIK und BROEK 1995). Dies könnte einerseits durch die unbekannte Komplexität der genetischen Aspekte, andererseits durch andere unbekannte Einflüsse pathogenetischer Faktoren zu erklären sein.

RUOHONIEMI et al. (1998) beurteilen die Form der Strahlbeine nach DIK (1995) und finden bei den Präparaten von 100 untersuchten finnischen Pferden vorwiegend konvexe (38%) und gerade (30%) Formen. Das geringe Vorkommen von konkaven Strahlbeinformen, stimmt mit der Tatsache überein, dass die Strahlbeinerkrankung nicht häufig bei finnischen Pferden anzutreffen ist. Bei Strahlbeinen konkaver Form war ein höheres Vorkommen von synovialen Invaginationen, und das höchste Vorkommen von Enthesophyten medial und lateral festzustellen.

Eine Symmetrie des Strahlbeines war in 78% der Beine festzustellen, eine starke Asymmetrie in 22%.

DIK et al. (2001 b) fanden heraus, dass die Formen 1 und 2 vor allem im Alter von drei oder vier Jahren vorkommen. Bei gesunden Tieren sinkt das relative Vorkommen der Form 2, und es steigt das Vorkommen der Form 4 in den höheren Altersklassen. Im Vergleich dazu finden die Autoren eine Überpräsenz der Formen 1 und 2 in allen Altersklassen der erkrankten Tiere.

Die Röntgenklassen 3 und 4 waren in der Studie bei gesunden Pferden nur zu 15 % vorhanden, hingegen bei erkrankten Pferden zu 85 %. Im Gegensatz zu den gesunden Tieren konnte bei den erkrankten ein altersabhängiges Vorkommen der Röntgenklassen 3 und 4 bei allen vier Strahlbeinformen mit einem signifikanten Anstieg bei älteren Tieren festgestellt werden. Der Prozentsatz der erkrankten Tiere mit den Klassen 3 und 4 in den Formen 1 und 2 war schon im Alter von 3 und 4 Jahren hoch und nahm mit zunehmendem Alter weiter zu. Der Prozentsatz der Tiere der Klassen 3 und 4 und der Form 3 stieg plötzlich im Alter von fünf bis neun Jahren und blieb hoch. Für die Form 4 stieg der Prozentsatz bei erkrankten Tieren mit zehn bis vierzehn Jahren. Diese Anstiege waren statistisch unbedeutend.

DIK et al. (2001) stellten einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Alter und den radiologischen Veränderungen fest. Umgekehrt flaschenförmige Kanäle kamen häufiger bei Pferden im Alter von fünf bis neun Jahren vor, wobei Enthesophyten vor allem im Alter von zehn bis vierzehn Jahren vorkamen.

Der signifikante, formenunabhängige Anstieg des Vorkommens der Klassen 3 und 4 in älteren erkrankten Tieren läßt vermuten, dass die biomechanische Überbelastung aus der altersabhängigen Akkumulation der Arbeitsbelastung resultiert. Mit anderen Worten, die Arbeitsbelastung über mehrere Jahre hinweg läßt das Klasse 3 und 4 Vorkommen auch in weniger anfälligen Strahlbeinformen ansteigen. Die Mehrheit der stark anfälligen Strahlbeinformen wird bei den älteren Pferden eliminiert sein, so dass dieses Phänomen das Überleben der Pferde mit weniger anfälligen Strahlbeinformen reflektiert.

DIK et al. (2001) schliessen aus ihrer Studie, dass damit ein weiteres Anzeichen für die Rolle der Strahlbeinform in der Pathogenese des Podotrochlose-Syndroms gegeben ist.

DIK et al. (2001) stellen fest, dass sich bei der Betrachtung der Oxspring-Aufnahme die distale Doppelkontur rasch nach der Geburt entwickelt. Auch der artikuläre Rand entwickelt sich von schlecht definierbar mit ein bis zwei Monaten, zu klar erkennbar mit drei bis vier Monaten. Die proximale Doppelkontur entwickelt sich später. Der proximale artikuläre Rand wird mit drei bis vier Monaten sichtbar, und ist mit neun Monaten klar zu erkennen. Die reife Form des proximalen Gelenkrandes wird im Alter von sieben Monaten erkennbar und ist mit neun bis elf Monaten immer noch vorhanden. Die Autoren schliessen daraus, dass das Strahlbein seine reife radiologische Erscheinungsform während des ersten Lebensjahres erhält.

Das Aussehen des Strahlbeines variiert bei gesunden Pferden (KASER-HOTZ und UELTSCHI 1992). Dieses Phänomen kann zum Teil mit der Rasse zusammenhängen (DYSON 2003).