

### **3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN**

#### **3. 1. Fragestellung und Ziel**

Mittels empirischer, möglichst praxisnaher Untersuchungen sollten Entwicklung und Verlauf von Periostitis ossificans im Bereich des Pferdefußes erfasst und dokumentiert werden.

Bestenfalls sollte aufgrund der aus dieser Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse eine Art Beurteilungsleitfaden für knöcherne Zubildungen entstehen. Ein Beurteilungsleitfaden, der zum Beispiel im Rahmen von Kaufuntersuchungen oder forensischen Gutachten Anwendung finden könnte.

Die grundsätzlichen Fragen, die hinter dieser Untersuchung stehen, sind:

- Zu welchem Zeitpunkt wird die Periostitis ossificans zum ersten Mal im Röntgenbild sichtbar?
- Wie verhält sich im weiteren Verlauf ihr Wachstum?
- Lassen bestimmte quantitative (Länge, Breite) und qualitative (Röntgenstrahlendichte, Struktur und Kontur) Merkmale der knöchernen Zubildung Rückschlüsse auf ihr Alter zu, bzw. kann man aufgrund dessen eine Prognose für die weitere Entwicklung der Periostitis ossificans abgeben?

Die Untersuchungsmethoden sollten dabei möglichst praxisnah sein, so dass sie im tierärztlichen Alltag durchaus nachvollziehbar und reproduzierbar wären.

#### **3. 2. Material**

##### **3. 2. 1. TECHNISCHE AUSTRÜSTUNG**

A: Röntgengerät

- Atomscope 100 HF der Firma Gierth
- Source: 200 V - 260 V 50 Hz
- Output: 40 KVP 20 mA 5 sec
- 100 KVP 20 mA 5 sec

## B: Kassetten

- B1: Philips Ampli mit Bleieinlage, ausgestattet mit grün emittierenden Seltenen-Erden-Folien aus dem Trimax-System 3 M
- Folientyp: feinzeichnend, T 2
- Systemempfindlichkeit 100
- B2: Mamoray screens Agfa, Detail S

## C: Filme

- C1: grünempfindliche, medizinische Röntgenfilme von X-Ray Retina Berlin, X OD 100 NIF
- C2: Mamoray HDR PQ 100 NIF, von Agfa

Das Mammographiesystem bringt mit den speziellen, nur einseitig beschichteten Filmen in Kombination mit nur einer feinzeichnenden Seltenen-Erden-Folie besonders hohe Detailerkennbarkeit.

Hinzu kamen ein halbkreisförmiger Winkelmesser - 0° bis 180° -, um den jeweils gewählten Aufnahmewinkel im Verlauf der Untersuchung reproduzieren zu können.

Außerdem war das auf ein Stativ montierte Röntgengerät mit einem Zentimetermaß und einer Wasserwaage ausgestattet. Auch das diente als Hilfsmittel, um die einzelnen Röntgenaufnahmen einer Verlaufsuntersuchung in ihrer Projektion möglichst gleich zu halten.

Die knöchernen Zubildungen wurden mittels einer geeichten Präzisions-Schieblehre der Firma Mauser direkt auf dem Röntgenbild vermessen.

## 3. 2. 2. PATIENTEN

In dieser Studie wurde nur traumatisch bedingte Periostitis ossificans untersucht.

Das Patientengut rekrutierte sich aus den Pferden, die zwischen Oktober 1999 und April 2002 in der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin vorgestellt wurden.

Voraussetzung für die Aufnahme in die Untersuchung war, dass der Zeitpunkt des der Periostitis ossificans zugrunde liegenden Traumas bekannt war bzw. ermittelt werden konnte.

Es wurden nur die zum Pferdefuß bzw. zur „Pferdehand“ gehörenden Extremitätenknochen betrachtet.

Das Patientengut - insgesamt 64 Pferde - setzt sich wie folgt zusammen:

- Gruppe I: Fesselbeinfrakturen und -fissuren, Kronbeinfraktur (15 Pferde)
- Gruppe II: Griffelbeinfrakturen (17 Pferde)
- Gruppe III: Überbeine (7 Pferde)
- Gruppe IV: Zubildung an Tarsus und Calcaneus (5 Pferde)
- Gruppe V: Zubildung an Kron- und Fesselbein (6 Pferde)
- Gruppe VI: Zubildung an Metatarsus oder Metakarpus (7 Pferde)
- Gruppe VII: Zubildung an den Gleichbeinen (3 Pferde)
- Gruppe VIII: Diverse (4 Pferde)
  - 1: Zubildung an der Zehe
  - 2: Zubildung am Fesselkopf nach Niederbruch
  - 3: Zubildung an der Zehe bei chronischer Hufrehe
  - 4: Karpalgelenkstrümmerfraktur

### **3. 3. Methode**

Das Patientengut und die durchgeführten röntgenologischen Untersuchungen gehörten nicht zu einem standardisierten Tierversuch. Die hier betrachteten Pferde wurden als Patienten in der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin zur Behandlung vorgestellt. Auch die von der Autorin durchgeführten röntgenologischen Untersuchungen mussten in den alltäglichen Klinikablauf integriert werden. Dabei waren sowohl medizinische als auch organisatorische Belange zu berücksichtigen und das Befinden sowie die Beweglichkeit der Patienten zu respektieren.

Dadurch war eine Standardisierung der Untersuchungsintervalle und -zeiträume nicht möglich.

Auch die Bereitschaft der Patientenbesitzer, ihr Pferd zu einem späteren Zeitpunkt zur Nachuntersuchung wieder vorzustellen, hatte Einfluss auf die Länge des Beobachtungszeitraumes.

Bevorzugt wurden Pferde in den Untersuchungen berücksichtigt, bei denen der Zeitpunkt des Traumas bekannt und noch so frisch war, dass - nach Angaben aus der Literatur - noch keine im Röntgenbild sichtbare Periostitis ossificans zu erwarten war.

Darüber hinaus wurden Röntgenbilder auch von Pferden angefertigt, bei denen aufgrund des Vorberichts der Besitzer der Zeitpunkt des der Periostitis ossificans zugrunde liegenden Traumas ermittelt werden konnte.

Pferde, die zwar im Röntgenbild knöcherne Zubildungen zeigten, bei denen aber das Alter der Zubildung nicht zu ermitteln war, wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Frühestens in der ersten Woche post Trauma wurde mit der röntgenologischen Untersuchung begonnen (genaue Zeitangaben im Ergebnisteil bzw. im Anhang). Geröntgt wurde mit dem auf ein Stativ montierten „Atomscope HF 100“ aus 75 cm Abstand.

In den meisten Fällen wurden die Aufnahmen aus den für die jeweilige zu betrachtende Region üblichen Standardwinkeln gefertigt (Münzer 1982). Nur die in Gruppe VI erfassten Zubildungen haben einen ihrer jeweiligen Lage entsprechend angepassten Aufnahmewinkel.

Bis zur einschließlich vierten Betrachtungswoche wurden alle Aufnahmen in zweifacher Ausfertigung angefertigt. Zum einen mit dem herkömmlichen Kasette-Film-System, zum anderen mit dem Mammographie-System. Das Röntgen mit dem Mammographie-System sollte helfen, erste zarte periostale Reaktionen möglichst frühzeitig und deutlich zu erkennen, da es eine besonders hohe Detailerkennbarkeit möglich macht.

Um die Periostitis ossificans im Röntgenbild besser darstellen zu können, wurden „weiche“ Aufnahmen gemacht, der geringen Röntgenstrahlendichte der Zubildung angepasst. Um die für das jeweilige Pferd passenden KV- und mAs-Werte zu ermitteln, wurden zu Beginn der einzelnen Verlaufsuntersuchungen mehrere Probeaufnahmen gemacht. Zu berücksichtigen war dabei auch, ob der Patient einen Verband oder Cast trug. Gegebenenfalls mussten die Werte nach Entfernen des Verbandes oder Casts erneut angepasst werden.

Zentimetermaß, Wasserwaage und Winkelmesser sollten helfen, die einzelnen Röntgenaufnahmen innerhalb einer Verlaufsuntersuchung in ihrer Projektion im größtmöglichen Maß gleich zu halten. Bestenfalls sollte eine Serie von Bildern entstehen, bei denen der physiologische Knochen im Röntgenbild deckungsgleich aufeinander passt und nur die Zubildung auf Grund ihres Wachstums sich verändert.

Tatsächlich ließ sich dies allerdings nicht realisieren. Deswegen wurden die Breite und die Länge der Zubildung immer im Verhältnis zur Breite und Länge des Knochens erfasst, an dem sie entstanden (siehe Messwerttabelle im Anhang).

### 3. 3. 1. VERMESSUNGEN AUF DEM RÖNTGENBILD

An den in den jeweiligen Einzelbetrachtungen aufgeführten Tagen wurden aus ebenfalls den Einzelbetrachtungen zu entnehmenden Winkeln Röntgenaufnahmen gefertigt. Diese wurden auf den Röntgenbildbetrachter gebracht und mit der Schieblehre vermessen.

Dazu ermittelte die Autorin an einem sich auch in allen folgenden Röntgenbildern wiederfindenden Punkt die Breite des physiologischen Knochens, bei kurzen Knochen auch seine Länge (Details

siehe Einzelauswertungen). *(Anmerkung: die Daten der Gruppen II bis VIII finden sich im Anhang.)*

Das Vermessen der periostalen Reaktionen gestaltete sich schwieriger, da sie meist unregelmäßige Formen hatten und sich diese im Laufe der Zeit auch veränderten. Hier wurden auf der Außenkontur des der Periostitis ossificans unterliegenden Knochens die Punkte bestimmt, die den jeweiligen Peaks der Periostitis ossificans unterlagen. An jenen Stellen wurde mittels Schieblehre der Abstand zwischen der äußeren Kontur des der Periostitis ossificans unterliegenden Knochens und der Außenkontur der Zubildung gemessen und als Zubildungsbreite bestimmt.

Innerhalb der Verlaufsuntersuchung konnte man so durch erneutes Vermessen des Abstandes über demselben Punkt die Breitenzunahme der knöchernen Zubildung erfassen.

Da die periostale Reaktion sich im Laufe des Beobachtungszeitraumes auch in Längsrichtung weiterentwickelte, konnte es notwendig werden, weitere Messpunkte zu bestimmen und auch dort die entsprechenden Breitenzunahmen zu erfassen.

Die Länge der periostalen Zubildung ergibt sich aus der Strecke zwischen ihrem proximalen und ihrem distalen Ende, in Millimetern gemessen.

Um projektionsbedingte Messunterschiede zu bereinigen, wurde zuerst die durchschnittliche Knochenbreite pro Aufnahmewinkel errechnet und daran die jeweiligen gemessenen Zubildungsbreiten bereinigt, so dass das ursprüngliche, aus den Rohmessdaten vorgegebene Verhältnis von Zubildungsbreite zu Knochenbreite im Bereich der ausgewählten Messpunkte erhalten blieb (siehe Anhang III: Messwerttabelle).

So aufbereitet konnten die Messdaten bezüglich der Periostitis ossificans unabhängig von der Knochenbreite des physiologischen Knochens betrachtet werden, und man erreicht das gewünschte Ziel, allein die Veränderungen der periostalen Reaktionen innerhalb der jeweiligen Verlaufsuntersuchung zu erfassen.

Dasselbe Vorgehen wurde auch auf die Messwerte der Knochen- und Zubildungslänge angewandt.

Zusätzlich zu dieser quantitativen Betrachtung der Periostitis ossificans erfolgte eine Beurteilung der Qualität der knöchernen Zubildung und wie sie sich innerhalb des Beobachtungszeitraums veränderte. Kriterien zur Beurteilung der Qualität der Hyperostose sind ihre röntgenologische Dichte, Struktur und Kontur.

Der Schlüssel zur Beurteilung der Zubildungsqualität soll helfen, diese zu bewerten.

### 3. 3. 2. SCHLÜSSEL ZUR BEURTEILUNG DER ZUBILDUNGSQUALITÄT

Üblicherweise können fünf röntgenologische Dichten im Körper unterschieden werden, die einer unterschiedlichen Strahlenabsorption entsprechen:

Dichte I	kaum Strahlenabsorption
Dichte II	geringere Strahlenabsorption
Dichte III	mittlere Strahlenabsorption
Dichte IV	starke Strahlenabsorption
Dichte V	fast vollständige Strahlenabsorption

Für den Schlüssel zur Beurteilung der Zubildungsqualität werden die röntgenologische Dichte II, entsprechend einer geringen Strahlenabsorption, die röntgenologische Dichte III, entsprechend einer mittleren Strahlenabsorption und die röntgenologische Dichte IV, entsprechend einer starken Strahlenabsorption, die der physiologischen Knochens entspricht, herangezogen.

Folgende Qualitätsmerkmale sollen in den Beurteilungsschlüssel aufgenommen werden:

#### **Schlüssel zur Beurteilung der Zubildungsqualität**

röntgenologische Dichte	Struktur	Kontur
Dichte II: geringere Strahlenabsorption	01) wie Nebel 02) schlierig 03) wie Wolken	a) wenig definiert, vage b) unscharf, verschwommen, verwischt
Dichte III: mittlere Strahlenabsorption	04) wolkig verdichtet 05) marmoriert 06) krümelig 07) schollig 08) spikulär 09) bürstenartig 10) palisadenartig	c) unregelmäßig, aufgelockert d) bürstenartig
Dichte IV: starke Strahlenabsorption	11) homogen 12) annähernd wie physiologischer Knochen 13) wie physiologischer Knochen	e) erkennbar, regelmäßig f) klar, deutlich, kontinuierlich, glatt

Die Beschreibung der Qualität der Zubildung erfolgt anhand der Kombination der Qualitätsmerkmale röntgenologische Dichte bzw. Strahlenabsorption, Struktur und Kontur mit ihren jeweiligen Ausprägungen. In den meisten Fällen lassen sich bestimmte Struktur- und

Konturbeschaffenheiten einer entsprechenden röntgenologischen Dichte zuordnen, wie in obiger Tabelle zusammengestellt.

Aber auch davon abweichende Kombinationen sind möglich.

### 3. 3. 3. SEITENBETRACHTUNGEN INDIVIDUELL

In einem nächsten Schritt wurden diese beiden Beurteilungskriterien - Quantität und Qualität - vereinigt. Für die einzelnen Aufnahmewinkel ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$  etc.) mit den jeweiligen Seitenbetrachtungen (lateral, medial, dorsal, palmar oder plantar) wurden die Breiten- und Längenentwicklungen der Zubildungen an den jeweiligen Messpunkten tabellarisch und graphisch dargestellt und die Bewertung der Hyperostosenqualität eingefügt. Dabei erfolgt die Qualitätsbeurteilung in Anlehnung an den zuvor beschriebenen Beurteilungsschlüssel.

Im Fortlauf der jeweiligen Verlaufsuntersuchung wurden erneute Angaben zu Struktur, Kontur und röntgenologischer Dichte nur dann gemacht, wenn sich im Vergleich zur vorhergehenden Röntgenaufnahme die Ausprägung eines der Beurteilungsmerkmale verändert hatte.

Dort, wo beim jeweiligen Patienten Befunde erhoben werden konnten, entstanden so für jeden Aufnahmewinkel mit der jeweiligen Seitenbetrachtung oben beschriebene Übersichtstabellen mit einem entsprechenden Diagramm.

### 3. 3. 4. DURCHSCHNITTE DER SEITENBETRACHTUNGEN INDIVIDUELL, VERGLEICHEND

Die aus dem gewählten Aufnahmewinkel möglichen Seitenbetrachtungen stellen die Entwicklung der Zubildung an den ausgewählten Messpunkten im Laufe der Zeit dar. Die Messpunkte und ihre Entwicklung stehen somit stellvertretend für die Entwicklung der periostalen Reaktionen insgesamt.

Um die Frage zu beantworten, ob es eine patientenspezifische bzw. individuenspezifische Tendenz der Zubildungsentwicklung gibt, wurde für jeden Aufnahmewinkel mit den jeweiligen Seitenbetrachtungen für jeden Messtag der Durchschnittswert errechnet und daraus der entsprechende Durchschnittsgraph entwickelt.

Für jede zu dem jeweiligen Patienten gehörige Seitenbetrachtung wurden die entsprechenden Durchschnittswerte und Durchschnittskurven bestimmt und in einer gemeinsamen Tabelle sowie einem gemeinsamen Diagramm zusammengefasst dargestellt.

Bei einer patientenspezifischen bzw. individuenspezifischen Zubildungsentwicklung würden die Durchschnittskurven der einzelnen Seitenbetrachtungen des jeweiligen Patienten eine ähnliche Verlaufstendenz zeigen.

### 3. 3. 5. DURCHSCHNITTE DER SEITENBETRACHTUNGEN GRUPPENINTERN VERGLEICHEND

Innerhalb der verschiedenen Gruppen wurden dort wo es möglich war die zuvor in „Durchschnitte der Seitenbetrachtungen individuell, vergleichend“ entwickelten Graphen zu patientenübergreifenden, vergleichenden Diagrammen zusammengefügt. So lässt sich dann die durchschnittliche Entwicklung der knöchernen Zubildung - aus der jeweiligen Seitenbetrachtung - verschiedener Pferde miteinander vergleichen. Dies soll erkennen lassen, ob es eine individuenübergreifende, gemeinsame Tendenz in der Entwicklung der Periostitis ossificans gibt, und darüber hinaus die Frage klären, ob es eine lagespezifische, gruppeninterne, gemeinsame Zubildungsausprägung gibt.

### 3. 3. 6. INDIVIDUELLE GESAMTDURCHSCHNITTE GRUPPENINTERN VERGLEICHEND

Ein zusätzlicher Weg zur Beantwortung der Frage, ob es eine gruppeninterne, gemeinsame Tendenz der Zubildungsentwicklung gibt, ist die Berechnung eines einzigen Gesamtdurchschnitts für die Zubildungsentwicklung pro Individuum.

Dazu wird aus den jeweiligen Durchschnittswerten der einzelnen Seitenbetrachtungen eines jeden Patienten (siehe „Durchschnitt der Seitenbetrachtungen individuell, vergleichend“) wiederum ein einziger durchschnittlicher Gesamtzubildungswert errechnet, sozusagen der Durchschnitt der Durchschnitte.

Diese ermittelten Werte und der darauf basierende Graph repräsentieren somit annähernd die Entwicklung der Periostitis ossificans des jeweiligen Patienten insgesamt.

Auch diese für jeden einzelnen Patienten ermittelten Graphen lassen sich wiederum gruppenintern in einem gemeinsamen Diagramm vergleichend darstellen und sollen erkennen lassen, ob die Hyperostosen sich ganz individuell entwickeln oder ob es gemeinsame Tendenzen gibt.

### 3. 3. 7. ZUWACHS IM VERHÄLTNIS ZUR KNOCHENBREITE

Man kann sich fragen, ob die in dieser Arbeit untersuchten post-traumatisch entstehenden Zubildungen im Verhältnis zu dem sie tragenden „Mutterknochen“ bzw. physiologischen Knochen stehen. Dann müsste ein breiter, kräftiger „Mutterknochen“ eine breite Zubildung und ein schmaler, zarter physiologischer Knochen eben eine ihm entsprechende periostale Hyperplasie bilden. Das Verhältnis physiologischer Knochen zu Periostitis ossificans müsste also annähernd gleich bleiben.

Die in „Individuelle Gesamtdurchschnitte gruppenintern, vergleichend“ ermittelten Werte des jeweiligen Patienten werden dann zu der zu dem jeweiligen Patienten gehörenden,

durchschnittlichen Knochenbreite ins Verhältnis gesetzt. Daraus ergibt sich ein Quotient, der im gewählten Diagramm auf der Ordinaten eingetragen wird. Die Abszisse trägt die Zeit.

Wenn also nun die Ausprägung der Periostitis ossificans von der Ausprägung des ihr zugrunde liegenden physiologischen Knochens abhinge, müssten die die Zubildungen der einzelnen Patienten beschreibenden Graphen sich dem gleichen Quotientenwert annähern.

### 3. 3. 8. ZUWACHS PRO TAG

Der in den Messwerttabellen des Anhangs angegebene Zuwachs pro Tag bezüglich der Zubildungsbreite ergibt sich aus der Zuwachsdifferenz zwischen zwei aufeinander folgenden Messtagen dividiert durch die Anzahl der Tage des dazwischen liegenden Zeitintervalls.

*(Anmerkung: Dies ist allerdings nur ein theoretischer Wert, denn es ist nicht davon auszugehen, dass das Wachstum post traumatischer periostaler Zubildungen tatsächlich so gleichmäßig verläuft.)*