

# Wertigkeit klinischer, radiologischer und computertomographischer Befunde bei der Diagnostik von Karpalgelenkserkrankungen beim Pferd

Wolfgang Mayrhofer<sup>1</sup>, Christian Stanek<sup>2</sup>, Hubertus Lutz<sup>1</sup> und Uwe Heidbrink<sup>1</sup>

Pferdeklinik Aschheim<sup>1</sup> und Klinik für Orthopädie bei Huf- und Klautentieren, Veterinärmedizinische Universität Wien<sup>2</sup>

## Zusammenfassung

44 Pferde unterschiedlicher Rasse und Verwendung wurden wegen Lahmheit mit Ursache am Karpus untersucht. Die Patienten wurden einer klinisch-orthopädischen Untersuchung, einer röntgenologischen und einer computertomographischen Untersuchung unterzogen. Die Ergebnisse dieser drei Teiluntersuchungen wurden bei unterschiedlichem Stand verglichen und bewertet. In sechs von den 44 Fällen wurde durch die Computertomographie die klinische Diagnose bestätigt, in 31 von 44 Fällen ergänzt und in sieben von 44 Fällen nach der Computertomographie gänzlich geändert. Die Diagnosen nach der klinisch-orthopädischen Untersuchung führten zur Lokalisation der Läsion im Karpus. Röntgenologisch ließen sich Veränderungen vor allem an Knochenrändern, Zysten intraossär nur in vier Fällen (CT: 29), darstellen. In Bereichen, in denen es zu Überlagerungen mehrerer knöcherner Strukturen kam, war die diagnostische röntgenologische Aussagekraft stark vermindert. Nur an 19/44 Pferden konnten röntgenologisch 20 Befunde erhoben werden. Mit Hilfe der Computertomographie wurden an 44 Patienten am Karpus insgesamt 158 Befunde (120 Knochen/ 38 Weichteil) erhoben. Insgesamt konnten in 39/44 Fällen (88,6%) zumindest evidente Informationsgewinne erzielt werden, nur in fünf Fällen erbrachte die computer-tomographische Untersuchung keine neuen Erkenntnisse. Die häufigsten computertomographischen Befunde waren zystoide Defekte (n=29) und degenerative Knochendefekte (28) mit verstärkter Sklerosierung des Knochens (27) v.a. an Os carpale III (33), Os carpi radiale (31) und am distalen Radius (14). Die Lokalisation der Befunde verdeutlicht den Verlauf der Hauptlastachse durch den Karpus.

**Schlüsselwörter:** Pferd, Röntgen, Computertomographie, Lahmheitsdiagnostik, Karpalgelenkserkrankungen, Karpus.

---

## The value of clinical, radiological and computed tomographical examination in the diagnosis of carpal joint diseases in the horse

The following study examined 44 horses of various breeds and use, including 17 mares, 21 geldings and 6 stallions for lameness of the carpus. These animals underwent a clinical-orthopedical examination, a radiological and a computer tomographical examination. The results were compared at various stages during the examination. The diagnosis was confirmed in 6 of 44 cases, complemented in 31 of 44 cases and completely amended in 7 of 44 cases through computer tomography. The diagnosis through a clinical-orthopedical examination was limited by locating the lesion. The radiological examination displayed a variation of the bone fringe. The diagnostic significance is strongly reduced within the areas of overlaying bone structures. 19 of 44 horses displayed 20 findings through radiological examination. The examination of 44 horses through computer tomography confirmed 158 (120 bone/ 38 soft tissue) findings on the carpus. This study achieved to gather significant evidence within 39 cases, only within 5 cases the computer tomographical examination failed to provide further information. The most frequent computer tomographical findings were bone cysts and degenerative bone damages with activated sclerosis of the bone, especially on the third carpal bone, the radial carpal bone and the distal radius. These pathological findings were displayed at matching locations, which indicates a vertical axis of constant pressure on the carpus.

**Keywords:** horses, radiology, computed tomography, lameness, carpal joint.

## Einleitung

Dem Einsatz von bildgebenden diagnostischen Verfahren wie Radiologie und Sonographie bei der klinischen Lahmheitsuntersuchung inklusive diagnostischer Anästhesien, sind durch ungenügende Darstellbarkeit der Weichteile bzw. ein kleines Untersuchungsfeld, aber auch durch die fehlende dreidimensionale Darstellung Grenzen gesetzt (Kaser-Hotz et al. 1994). So kommt in der letzten Zeit der Computertomographie auch in der Pferdemedizin, trotz der damit verbundenen Nachteile der Vollnarkose sowie der Kosten immer mehr Bedeutung zu (Barbee et al. 1987, O'Callaghan 1991, Tietje 1997).

In dieser Arbeit werden drei aufeinander aufbauende Methoden der Lahmheitsdiagnostik, die klinisch-orthopädische Untersuchung, die Röntgenuntersuchung und die Computertomographie auf ihre Aussagekraft und Übereinstimmung überprüft. Der Schwerpunkt der Untersuchung betrifft den Vergleich der klinischen Aussage mit den röntgenologisch sowie computertomographisch erhobenen Befunden. Von besonderem Interesse ist der Vergleich zwischen röntgenologischer und computertomographischer Untersuchung bezüglich der Darstellbarkeit der pathologischen Veränderungen in Verbindung mit dem klinischen Ergebnis der zuvor durchgeführten klinisch-orthopädischen Untersuchung.

### Häufige Erkrankungen der Karpalregion beim Pferd

Das Radiokarpalgelenk ist ein zusammengesetztes Wechselgelenk, dessen Beweglichkeit von der palmaren Gelenkkapsel und von den Sehnen der Flexoren eingeschränkt wird, welche auch eine Hyperextension verhindern. Das Interkarpalgelenk ist ein Scharniergelenk ohne Möglichkeit der Überstreckung wegen der palmar gelegenen Kollateralbänder und der Form der Gelenkflächen. Das Karpometakarpalgelenk ist ein straffes Gelenk ohne die Möglichkeit der Streckung oder Beugung (Wissdorf et al. 2002).

Die anatomische und physiologische Fähigkeit des Karpalgelenks, Belastungsstress zu neutralisieren, axial wirkende Kräfte zu verteilen und auf den M. interosseus medius sowie das Lig. accessorium der tiefen Beugesehne zu übertragen, ist das Prinzip seiner Funktionalität. Im medialen Teil des Interkarpalgelenks und im dorsalen Bereich des Radiokarpalgelenks können die Auswirkungen von chronischen maximalen Belastungen und isolierten akuten unphysiologischen Belastungen jedoch fallweise nicht neutralisiert werden (Ruggles 1999).

Die Hauptlast tragen das Os carpi radiale, Os carpi intermedium und Os carpale III. Zusammen mit dem distalen Abschnitt des Radius sind diese drei Knochen am häufigsten von Verletzungen und Schädigungen betroffen (Bramlage et al. 1988).

Nach Auer (1980) ist Ermüdung einer der Hauptgründe von degenerativen Gelenkerkrankungen, weil ein müdes Pferd mehr zu Hyperextension des Karpus neigt und die Karpalgelecke dadurch vermehrt im dorsalen Bereich belastet werden. Das Os carpi accessorium kann in verschiedenen Richtungen frakturieren, meist geschieht das jedoch in der Vertikalen mit einer Verlagerung des Frakturstücks nach proximal (Easley und Schneider 1981, Rijkenhuizen und Nemeth 1994).

Chipfrakturen am distalen Ende des Radius treten häufiger an der lateralen als an der medialen Seite der distalen Gelenkfläche auf (Shepherd und Pilsworth 1993).

Splitterbrüche sind die Folge heftiger Traumata, wie etwa Tritte oder Stürze, und zeigen starke klinische Symptome. Ihr ganzes Ausmaß ist röntgenologisch aber oft nicht zweifelsfrei darstellbar (May et al. 2001).

Subchondrale Aufhellung und Sklerosierung werden in der Literatur im Karpalbereich vor allem an Os carpi radiale und Os carpale III beschrieben (Ross et al. 1989, Dabareiner et al. 1996, Uhlhorn und Carlsten 1999). Die Läsion erscheint röntgenologisch als Aufhellung distal am dorsalen Rand des Os carpi radiale im lateromedialen und dorsolateral-palmaromedialen Strahlengang am gebeugten Karpalgelenk. Arthroskopisch können häufig osteochondrale Absplitterungen, Knorpelzersplitterungen und verstärkte Knorpelabnutzung festgestellt werden (Dabareiner et al. 1996).

Subchondrale Knochenzysten liegen in der Regel direkt unter einer Gewicht tragenden Fläche des Gelenkknorpels in der Epiphyse. Meistens werden sie von einem sklerotischen Rand umgeben und in etwa einem Drittel der Fälle liegt eine Gelenkkommunikation vor. Aus der Literatur geht hervor, dass der mediale Kondylus des distalen Femurs am häufigsten, die

Phalangen am zweithäufigsten und die einzelnen Karpalknochen zusammen am dritthäufigsten von Knochenzysten betroffen sind (Auer et al. 2001). In der vorliegenden Untersuchung war bei allen zystoiden Defekten eine Gelenksbeteiligung festzustellen.

Osteochondrome sind Exostosen, die sich aus Knochenbälkchen und Spongiosa aus der benachbarten Knochenmarkshöhle zusammensetzen. Die Ausbildung eines Osteochondroms erfolgt meist beim adulten Pferd neben der Epiphysenfuge kaudal am distalen Radius oder an wenigen anderen Röhrenknochen (Watkins 1999, Stashak 2002).

Als Auslöser des Karpaltunnelsyndroms werden Osteochondrome und Leistbildung kaudal am distalen Radius, Frakturen des Os carpi accessorium, Verletzungen der tiefen Beugesehne, Tendosynovitis und Schäden durch Hyperextension des Karpus beschrieben. Es ist das Resultat eines Traumas oder eines raumfordernden Prozesses im Karpalkanal (Bertone 2002, Denoix 2003).

Pferde, die mit maximaler Geschwindigkeit über Sprint- und mittlere Distanzen gehen, überschreiten oft die kritische Schwelle des Karpus, der Belastung standzuhalten, vor allem wenn die Pferde noch nicht ausgewachsen sind. Für Western- und Rodeopferde, Hunter und Springpferde sind Lahmheiten mit dem Ursprung im Karpus ungewöhnlich (Bramlage et al. 1988).

### Material und Methode

Es wurden Untersuchungen an 44 Pferden unterschiedlicher Rassen und Alters durchgeführt. Davon waren 17 Stuten, 21 Wallache und 6 Hengste. Die Verwendung der Tiere reichte von Dressur (13), Springen (10), Vielseitigkeit (2), Freizeitreiten (8), Trab- und Galopprennen (5/3) bis Westernreiten auf Freizeitniveau (3).

Alle Tiere wurden mit der Problemstellung Stützbeinlahmheit unterschiedlichen Grades an einer oder beiden Vordergliedmaßen in der Klinik vorgestellt. Die Lahmheitsuntersuchung wurde in der Klinik (n=28) oder im Stall (n=16) durchgeführt. Voraussetzung für die Aufnahme in diese Untersuchung war eine Lahmheit an einer oder beiden Vordergliedmaßen mit Ursache im Karpalgelenk, eine röntgenologische Untersuchung in mindestens zwei Projektionsrichtungen (0°, 90°) und eine computertomographische Untersuchung.

Die klinisch-orthopädische Untersuchung beinhaltete die Adspektion und Palpation im Stand der Ruhe, das Vorführen des Patienten in Schritt und Trab auf hartem Boden bei gerader Linie; in einigen Fällen wurden die Pferde auf hartem Boden noch zusätzlich longiert.

Die Einstichstellen für die diagnostischen Anästhesien wurden rasiert und nach chirurgischen Kautelen mit Alkohol und Braunol® (Fa. B.Braun, Melsungen, Deutschland) gereinigt. Für die Injektionen wurden Microlance 0,6x30 (23G 11/4) Kanülen verwendet und die Anästhesien mit 2%igem Mepivacain® ohne Sperrkörper durchgeführt (Fa. Intervet, Unterschleißheim, Deutschland). Die Dosierung variierte je nach Größe des Patienten bzw. seiner Gelenkräume.

Die röntgenologische Untersuchung in der Klinik wurde mit einem digitalen System, Fuji Computed Radiography (CR) System (FCRXG-1) der Fa. Fuji Photo Film GmbH, Düsseldorf, (Deutschland) durchgeführt. Außerhalb der Klinik stand ein konventionelles Röntgensystem zur Verfügung. Die Aufnahmerichtungen waren latero-medial und dorso-palmar, in einigen Fällen auch dorsolateral-palmaromedial, dorsomedial-palmarolateral und latero-medial am gebeugten Karpus. Die computertomographischen Untersuchungen wurden mit Hilfe eines Ganzkörpertomographen der 3. Generation, Tomoscan M/EG der Firma Philips Medizin Systeme GmbH, Hamburg (Deutschland), durchgeführt. Dem Untersucher standen je nach Fragestellung und Gewebe bis zu 100 verschiedene Scanprotokolle zur Verfügung, um für unterschiedliche Gewebe optimale Bildparameter zu gewährleisten. Die Schnitte wiesen eine Schichtdicke von 2 mm und einen Abstand von 2 mm im Knochenmodus und 5 mm im Weichteilmodus auf. Für die Untersuchung war eine Vollnarkose der Pferde notwendig. Die Tiere wurden in Seitenlage auf einem mobilen, höhenverstellbaren OP-Tisch für Großtiere, Snell Inflatable® (Fa. Snell, Somerset, Großbritannien) positioniert. Die durchschnittliche Dauer einer computertomographischen Untersuchung betrug zirka 25 Minuten.

## Ergebnisse

Die in dieser Untersuchung vorgestellten Tiere waren alle Patienten der tierärztlichen Klinik für Pferde in Aschheim. Daraus resultiert eine weite Streuung in Rasse, Geschlecht, Alter, Gewicht und Verwendungszweck.

### Diagnosen nach klinisch-orthopädischer Untersuchung

Die reine klinische Untersuchung blieb nur wenig aussagekräftig in Bezug auf die Ursache der Lahmheit. Nur 18/44 Tiere hatten sichtbare und fühlbare Veränderungen an der erkrankten Extremität, in einem Fall zeigte der Patient eine Umfangsvermehrung am Karpus und vermehrt gefüllte Karpalgelenke, war jedoch in Schritt und Trab lahmheitsfrei. 25 von 44 Pferden zeigten keine klinischen Auffälligkeiten an der von der Lahmheit betroffenen Gliedmaße.

Der Lahmheitsgrad variierte von undeutlich geringgradig bis hochgradig, erlaubte aber in keinem Fall Rückschlüsse auf die Lahmheitsursache. Beugeproben gaben erste Hinweise, blieben aber insgesamt wenig aussagekräftig. Die Diagnose nach der klinisch-orthopädischen Untersuchung beschränkte sich auf die Lokalisation des Schmerzes.

Insgesamt wurde in 42 von 44 Fällen nach der orthopädischen Untersuchung eine zu diesem Zeitpunkt eindeutige scheinende Diagnose gestellt, in einem Fall beschränkte man sich auf eine Verdachtsdiagnose und in einem Fall ergab die Untersuchung kein Ergebnis (Tabelle 1).

Insgesamt wurden an 44 Pferden 70 diagnostische Anästhesien am Karpus durchgeführt, negative Ergebnisse und das Weiterbestehen einer Restlahmheit führten zur Fortsetzung der Lahmheitsuntersuchung. In 20% (14/70) der Fälle waren mehr als eine der in Tabelle 2 angeführten Strukturen als Ursache am Lahmheitsgeschehen beteiligt.

**Tab 1** Diagnosen nach der klinisch-orthopädischen Untersuchung (die Diagnose beschränkte sich auf die Lokalisation des Schmerzes).

Entzündung des Interkarpalgelenks (inklusive Karpometakarpalgelenk)	9
Carpitis	7
Schmerzen im Ursprungsgebiet des M. interosseus medius	7
Entzündung der Karpalbeuge-sehnenscheide	5
Entzündung des Radiokarpalgelenks	3
Karpaltunnelsyndrom	3
Sehnendefekte	2
Entzündung des Interkarpalgelenks mit Bursitis praecarpalis	1
Septische Arthritis	1
Kallusbildung medial am Metakarpus	1
Alte Fraktur mediales Griffelbeinköpfchen	1
Probleme im distalen Karpalgelenk mit Beteiligung des Fesselträgerursprungs	1
Entzündung aller drei Karpalgelenksetagen	1
Verdachtsdiagnose Fraktur	1

**Tab 2** Diagnostische Anästhesien geordnet nach Resultaten der Anästhesie einzelner Strukturen und des Gesamteffektes.

Ergebnis/ Diagnostische Anästhesie	positiv	positiv mit Rest	negativ	insgesamt
Radiokarpalgelenk	5	5	7	17
Interkarpalgelenk	13	4	10	27
Nervus ulnaris	7	2	4	13
Karpalbeuge- sehnscheide	5	2	3	10
Nervus ulnaris + Karpalbeuge- sehnscheide	2	1	---	3
insgesamt	32	14	24	70

Bei vier von 44 Pferden blieb eine geringgradige Restlahmheit bestehen. Bei einem von 44 Pferden sprang die Lahmheit auf die kontralaterale Extremität um. An dieser blieb nach Anästhesie der mittleren Karpalgelenksreihe eine geringgradige Restlahmheit bestehen. In einem von 44 Fällen erbrachten die diagnostischen Anästhesien (mittlere Karpalgelenksreihe, TPA, Hufgelenk) nur negative Ergebnisse. Die radiologische Untersuchung gab in diesem Fall Hinweise auf eine alte Fraktur proximal am medialen Griffelbein.

### Vergleich von röntgenologischer und computertomographischer Untersuchung

An 19 der 44 Pferde konnten röntgenologisch eindeutige Befunde (insgesamt 20) erhoben werden. 17 Befunde konnten mit den Standardaufnahmerichtungen 0° und 90° darge-

**Tab 3** Röntgenologisch erhobene Befunde.

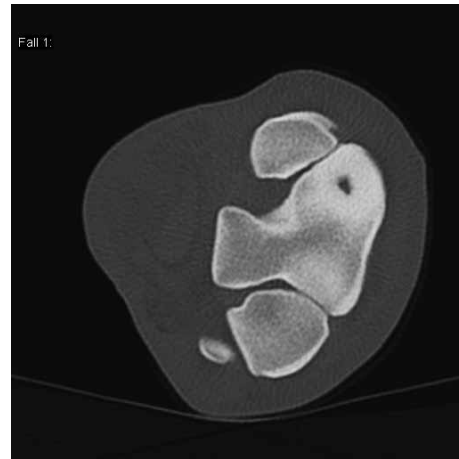
Zystoide Defekte (distaler Radius: 3, Os carpi accessorium)	4
Exostotische Zubildungen (distaler Radius, prox.-, dist. Karpalknochenreihe)	3
Knochendichte Verschattungen (OCD) (prox.-, dist. Karpalknochenreihe, distaler Radius)	3
Kallusbildung am Metakarpus	3
Arthrotische Veränderungen (prox.-, dist. Karpalknochenreihe: 2, Os c. radiale, Os carpale III)	5
Fraktur (Slabfraktur Os c. III)	1

stellt werden, 3 Befunde konnten nur mit den Schrägaufnahmen erhoben werden. Nach der röntgenologischen Untersuchung wurden die Diagnosen nach der orthopädischen Untersuchung acht mal neu gestellt, acht mal konnten zusätzliche Befunde erhoben werden und nur drei Diagnosen wurden unverändert bestätigt.

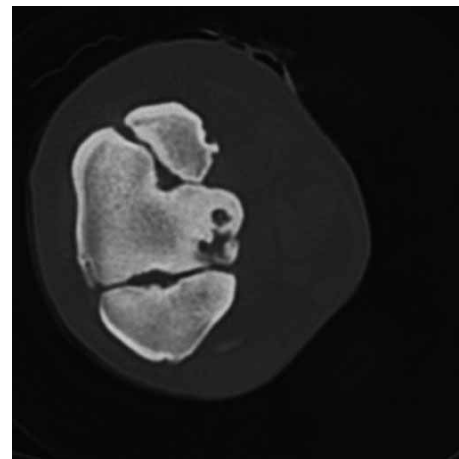
Durch die zusätzliche computertomographische Untersuchung wurde die nach der radiologischen Untersuchung erstellte Diagnose in lediglich 6 von den 42 Fällen ohne Informationsgewinn bestätigt, ebenso wie die Verdachtsdiagnose (Frakturverdacht). Somit veränderte sich in 84% der Fälle (37 von 44) die Diagnose im Sinne einer Präzisierung nach dem Einsatz von Röntgen und Computertomographie. Bezogen auf die Lokalisation entsprachen die Ergebnisse der klinischen Untersuchung in 31 von 44 Fällen (70%) genau, und in 5 von 44 Fällen (11%) zum Teil den Ergebnissen der Computertomographie. Mit Hilfe der Computertomographie konnten an 44 Patienten am Karpus insgesamt 158 Befunde (120 davon an Knochen) erhoben werden. Betrachtet man die einzelnen computertomographischen Befunde getrennt, so sieht man, dass in dieser Untersuchung zahlreiche zystoide Defekte ( $n=29$ ), gehäuft im Os carpale III (11/29) (Abbildungen 1, 2, 3), distalen Radius (7/29) (Abb. 4) und im Os carpi radiale (6/29) gefunden wurden.

Röntgenologisch konnten hingegen nur bei drei Pferden zystoide Defekte des distalen Radius und in einem Fall des Os carpi accessorium dargestellt werden. Diese Knochen sind auch mittels Röntgen gut überlagerungsfrei darzustellen. Das bedeutet, dass in lediglich knapp 14% der Fälle zystoide Defekte röntgenologisch nachgewiesen werden konnten. Vergleicht man die Häufigkeit der Befunde, so ist die Überlegenheit der Computertomographie gegenüber dem Röntgen vor allem in der Darstellung von Zysten und arthrotischen Veränderungen deutlich erkennbar (Abb. 5, 6). Kallusbildung am McIII (Abb. 7), Gelenkskörper, sowie eine frische Fraktur in der distalen Karpalknochenreihe konnten auch mittels Röntgen dargestellt werden.

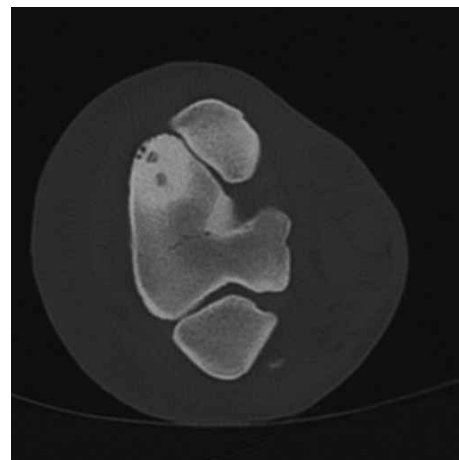
Knochendefekte mit und ohne verstärkter Sklerosierung und vermehrte Sklerosierung des Knochens per se traten zu über 96% der Fälle am Os carpale III und Os carpi radiale (Abb. 8) auf konnten aber nur mit der Computertomographie zweifelsfrei dargestellt werden. Andere degenerative Gelenkerkrankungen wie arthrotische Veränderungen (Abb. 9) und exostotische Zubildungen wurden vermehrt an diesen Knochen gefunden und waren sowohl röntgenologisch als auch mit Computertomographie sichtbar.



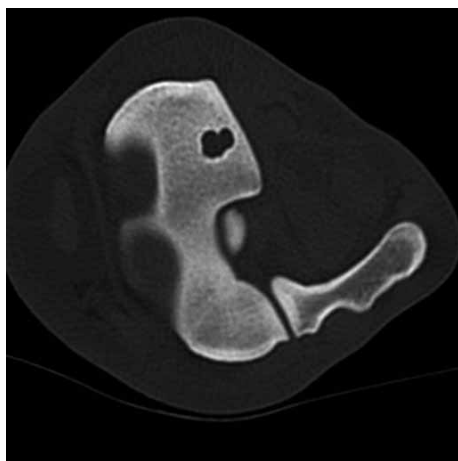
**Abb 1** Zystoider Defekt dorsomedial im Os carpale III; (18-jähriger Wallach, deutlich geringgradige Lahmheit mit deutlich vermehrter Füllung der Karpalbeugesehnscheide).  
*Cystic lesion dorsomedial at third carpal bone; (18-year old gelding, lameness 2/5, increased filling of carpal-flexor-tendonsheath).*



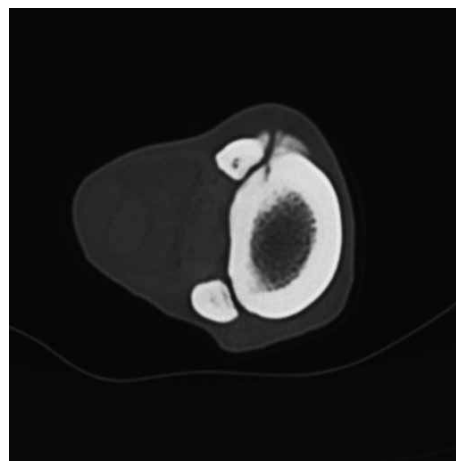
**Abb 2** Großer zystoider Defekt palmar im Os carpale III; (7-jährige Stute, deutliche Stützbeinlahmheit mit geringgradiger Umfangsvermehrung des betroffenen Karpus).  
*Large cystic lesion palmar at third carpal bone; (7-year old mare, lameness 3/5 with swelling of the carpal region).*



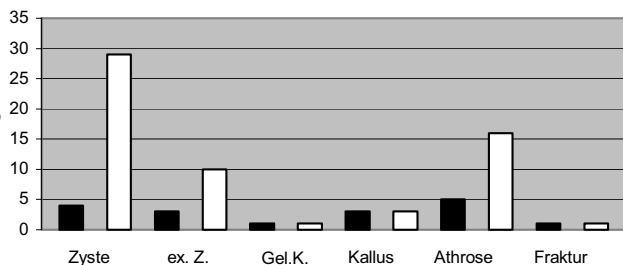
**Abb 3** großer zystoider Defekt am Os carpale III; (10-jährige Stute, deutlich geringgradige Lahmheit mit deutlich umfangsvermehrten Karpus).  
*Large cystic defect in the third carpal bone; (10-year old mare, lameness 2/5, with obvious swelling of the carpal region).*



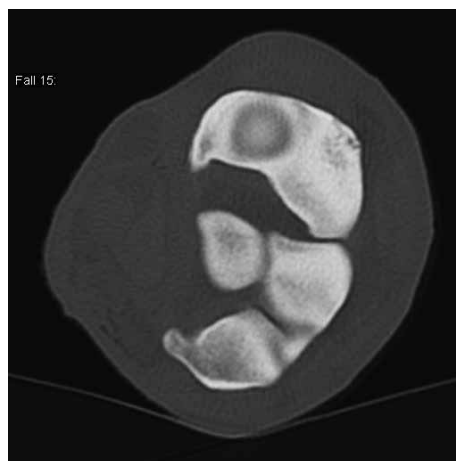
**Abb 4** Zystoider Defekt medial am distalen Radius mit Beteiligung des Radiokarpalgelenks; (6-jähriger Wallach, undeutlich geringgradige Lahmheit mit geringgradiger Umfangsvermehrung dorsomed. am prox. McIII und Umfangsvermehrung dorsal am Karpus).  
Cystic lesion medial at distal end of radius with connection to the radiocarpal joint; (6-year old gelding, lameness 1/5, little swelling palpable dorsomedial at the cannon bone and dorsal at the carpus).



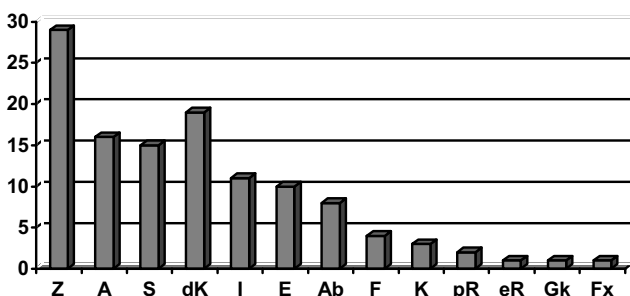
**Abb 7** Kortikalisfissur mit Kallusbildung medial im proximalen Drittel des McIII; (7-jähriger Wallach, geringe Lahmheit).  
Hairline fracture with callus medial at the proximal third of the cannon bone; (7-year old gelding, lameness 2/5).



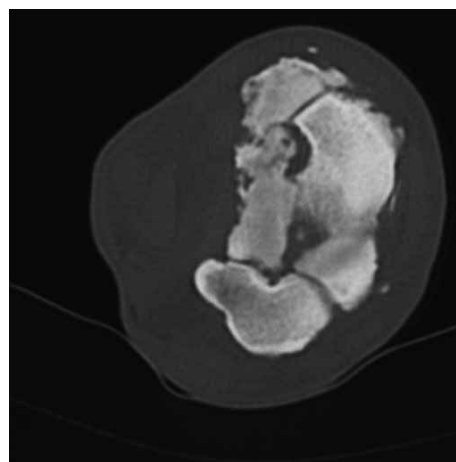
**Abb 5** Positive Befunde im Vergleich Röntgen/CT. X-Achse: computertomographische Befunde (weiß), röntgenologische Befunde (schwarz); Zyste: zystoider Defekt; ex.Z.: exostotische Zubildung; Gel. K.: Gelenkskörper; Kallus: Kallusbildung; Arthr.: arthrotische Veränderung. Y-Achse: Häufigkeit der Befunde in absoluten Zahlen.  
Positive findings Radiography compared to CT. X-axis: diagnostic findings in computed tomography (white), radiological findings (black); Zyste: cystic lesion; ex.Z.: exostotic changes; Gel. K.: articular bodies; Kallus: callus; Arthr.: arthrosis. Y-axis: frequency of diagnostic findings in absolute numbers.



**Abb 8** Knochendefekt mit verstärkter Sklerosierung dorsomedial am Os carpi radiale; (9-jährige Stute, deutlich geringgradige Lahmheit ohne weitere Auffälligkeit an der Gliedmaße).  
Subchondral bone defect with increased sclerosis dorsomedial in the radial carpal bone; (9-year old mare, lameness 2/5, without further clinical signs).

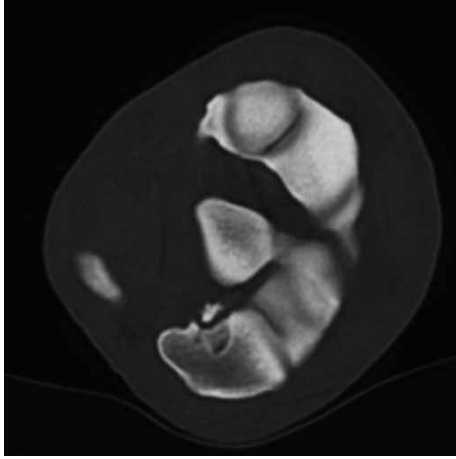


**Abb 6** Häufigkeit typischer computertomographischer Befunde an den Karpalknochen: Z: zystoide Defekte; A: arthrotische Veränderungen; S: vermehrte Sklerosierung; dK: degenerative Knochendefekte; I: Insertionsdesmopathien; E: exostotische Zubildungen; Ab: Absprengfrakturen; F: Fissuren; K: Kallusbildungen; pR: periostale Reaktionen; eR: endostale Reaktionen; Gk: Gelenkskörper; Fx: Fraktur.  
Frequency of typical computer tomographical findings in the carpal bones: Z: cystic lesions; A: arthrosis; S: increased sclerosis of bones; dK: degenerative bone lesions; I: enthesopathies; E: exostotic changes; Ab: avulsion; F: hairline fractures; K: callus; pR: periosteal reactions; eR: endosteal reactions; Gk: articular bodies; Fx: fractures

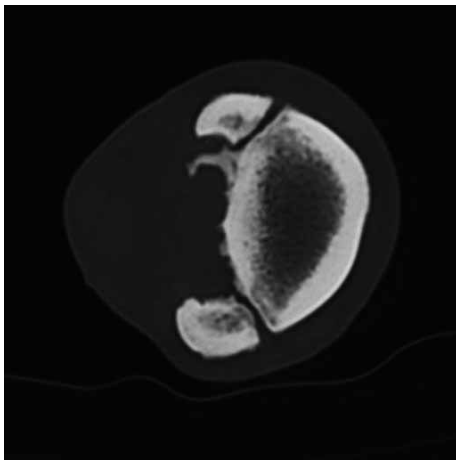


**Abb 9** massive arthrotische Veränderungen am Karpometakarpalgelenk; (11-jähriger Wallach, mittelgradige Lahmheit, mit beidseitigem Trachtenzwang).  
Severe arthrotic changes in the distal carpal joint; (11-year old gelding, lameness 3/5, with contracted quarters on both front legs).

Die Hälfte der Absprengefrakturen (4 von 8) betrafen das Os carpi ulnare (Abb. 10), sieben der insgesamt acht Absprengefrakturen wurden in der proximalen Karpalknochenreihe gefunden. Keine der oben angeführten Veränderungen, mit Ausnahme der zystoiden Defekte, konnte röntgenologisch dargestellt werden.



**Abb 10** Absprengefraktur palmar am Os carpi ulnare (selber Patient wie Abb. 3).  
*Avulsion at the palmar surface of the ulnar carpal bone (same as fig. 3).*



**Abb 11** Hochgradige exostotische Veränderungen im Bereich des Ursprungs des Musculus interosseus medius; (13-jährige Wallach, undeutlich geringgradige Lahmheit ohne klinische Auffälligkeit der Gliedmaße).  
*Severe exostotic changes at the origin of the suspensory ligament (13-year old gelding, lameness 1/5 without further clinical signs).*

Knöcherne Metaplasien nehmen in dieser Untersuchung eine Sonderstellung ein, weil sie einerseits im Weichteilgewebe liegen, aber andererseits röntgenologisch darstellbar sind. In keinem Fall wurden Verknöcherungen von Bändern, Gelenkkapsel und Sehnen röntgenologisch als Befund erhoben. Aufgrund ihrer Größe, im Durchschnitt stecknadelkopfgroß, und Lage, immer nahe an den Ossa carpi bzw. metacarpi, war es in keiner der verwendeten Projektionsrichtungen möglich, eine Verknöcherung darzustellen. Zusätzliche Röntgenaufnahmen nach der computertomographischen Untersuchung wurden nicht angefertigt.

68% aller pathologischen Knochenbefunde betrafen die Ossa carpi. Auf den proximalen Metakarpus entfielen 20%,

auf den distalen Radius 11%. Die Veränderungen an den Ossa carpi verteilten sich v.a. auf Os carpale III (40%) und Os carpi radiale (38%). Die verbleibenden 22% betrafen das Os carpi ulnare (8,6%), Os carpale II (4,8%), Os carpi accessorium (3,7%), Os carpi intermedium (2,5%), Os carpale I und IV (je 1,2%). Die pathologischen Veränderungen am proximalen Metakarpus (n=24) waren fast zur Hälfte Insertionsdesmopathien des Fesselträgerursprungs (n=11) (Abb. 11). In zehn dieser elf Fälle zeigten die Gliedmaßen keinen besonderen Befund, in einem Fall war die Karpalbeugesehnen-scheide vermehrt gefüllt. Röntgenologisch waren alle elf Gliedmaßen in diesem Bereich unauffällig, in der Computertomographie zeigten sich Verdickungen der Kortikalis, exostotische Zubildungen und in zwei Fällen knöcherne Einlagerungen proximal im M. interosseus medius. Durch Anästhesie des N. ulnaris (in vier Fällen), des Interkarpalgelenks (in zwei Fällen) und nach Anästhesie der Karpalbeugesehnen-scheide und Karpalbeugesehnen-scheide inklusive N. ulnaris und Interkarpalgelenk (in jeweils einem Fall) konnte die Lahmheit in diesem Gebiet ausgeschaltet werden.

Der distale Radius, das Os carpi radiale und das Os carpale III wiesen fast immer an den selben Stellen pathologische Befunde auf. Am distalen Radius war hauptsächlich die mediale Gelenksfläche betroffen, am Os carpi radiale v.a. der dorsale Randbereich und zu gleichen Teilen jeweils die proximale und die distale Gelenksfläche. Am Os carpale III war beinahe ausschließlich der dorsomediale Randbereich und die proximale Gelenksfläche geschädigt. Die Tatsache, dass Gelenkskörper nur 0,8% der knöchernen Befunde ausmachen, zeigt, dass diese Art der Gelenkerkrankung in den Karpalgelenken eher selten auftritt. Röntgenologisch ließen sich Veränderungen vor allem an Knochenrändern darstellen. In Bereichen, wo es zu Überlagerungen mehrerer knöcherner Strukturen kommt, war die diagnostische Aussagekraft stark vermindert. Absprengefrakturen, Insertionsdesmopathien und Metaplasien konnten in keinem Fall röntgenologisch dargestellt werden.

In 39 von 44 Fällen wurden die Diagnosen nach klinisch-orthopädischer und radiologischer Untersuchung durch die im Anschluss durchgeführte computertomographische Untersuchung bestätigt. Die computertomographische Untersuchung erbrachte in sechs von 44 Fällen keine neuen Erkenntnisse, in 16 von 44 Fällen bedeutete sie evidenten Informationsgewinn, in 17 von 44 Fällen konnten noch zusätzliche Befunde erhoben werden. In fünf von 44 Fällen musste nach der computertomographischen Untersuchung eine andere Diagnose gestellt werden.

## Diskussion

Erkrankungen am Karpalgelenk werden häufig mit jungen Rennpferden, vor allem Vollblütern in Verbindung gebracht. Als Hauptgrund hierfür wird der zu frühe Trainingsbeginn mit noch nicht ausgewachsenen Tieren angegeben (Auer 1980; Bramlage et al. 1988). In der hier untersuchten Gruppe waren 6 aktive Rennpferde: 5 Traber und 1 Galopper. Die Gruppe ist zu klein um rassespezifisch repräsentative Aussagen machen zu können, die in der Literatur beschriebenen Veränderungen (Ruggles 1999, May et al. 2001) waren aber auch in dieser Untersuchung gehäuft zu finden.

Von den 5 Trabern zeigten 3 degenerative Gelenkerkrankungen, wie verstärkte Sklerosierung, Knochendefekte und flache zystoide Defekte an Os carpi radiale und Os carpale III. Ein Pferd hatte eine Absprengfraktur palmar am Os carpi ulnare, eine Stute wurde mit einer frischen Slabfraktur im Os carpale III vorgestellt. Mit Ausnahme der akuten Fraktur konnten nur bei einem Tier mittels Röntgen exostotische Zubildungen an der distalen Karpalknochenreihe dargestellt werden. In den anderen vier Fällen waren die Röntgenbilder ohne besonderen Befund, die computertomographischen Befunde aber sehr eindrucksvoll. Das Galopprennpferd war ein 5-jähriger Wallach. Hier zeigte die computertomographische Untersuchung nach röntgenologischer Unauffälligkeit verstärkte Sklerosierung und exostotische Zubildungen an Os carpi radiale und gegenüberliegend am Os carpale III, verstärkte Sklerosierung mit tiefen Knochendefekt und am Os carpale IV geringgradige exostotische Zubildungen.

Die Veränderungen, die mit Übertraining in Verbindung gebracht werden, wie v.a. verstärkte Sklerosierung des Os carpale III und Os carpi radiale (Hopper et al. 2004), konnten auch in dieser Studie gefunden werden. Die Art der Befunde gaben keine Hinweise auf eine Reversibilität der Erkrankung.

Wie schon in Arbeiten von Nixon et al. (1988) und Van Duin und Hurtig (1996) beschrieben, waren auch in dieser Untersuchung die von zystoiden Defekten betroffenen Gliedmaßen in ihrer äußeren Erscheinung meist unauffällig und diagnostische Leitungsanästhesien wie auch Anästhesien der betroffenen Gelenke fielen häufig nur teilweise positiv oder negativ aus.

Allgemein zeigt diese Untersuchung deutlich, dass Veränderungen am Karpus sehr wohl auch beim Warmblutpferd häufig und in vielfältiger Form auftreten. Beugeproben sind ein fester Bestandteil der Lahmheitsuntersuchung. Ihre Anwendung in der Lahmheitsdiagnostik wird in der Literatur allgemein befürwortet und gefordert. Die Aussagekraft der Ergebnisse wird in Bezug auf Spezifität und Präzision allgemein als eher gering beurteilt (Goodman und Baker 1990, Palmer 1990, Seeherman 1999, Stashak 2002). Trotzdem geben Beugeproben, auch in dieser Untersuchung, wertvolle Hinweise auf Art und Ursache der Erkrankung.

Diagnostische intraartikuläre Anästhesien müssen sich nicht nur auf das Gelenk beschränken, bei positivem Ausfall müssen auch Probleme im Bereich der Bänder, Insertionsdesmopathien und subchondrale Probleme miteinkalkuliert werden (Rijkenhuizen 2001). Die Reihenfolge der diagnostischen Anästhesien in dieser Untersuchung wurde individuell an den jeweiligen Fall angepasst. Der „Sitz“ der Leitungsanästhesien wurde durch testen der Hautsensibilität im Versorgungsgebiet des blockierten Nerven überprüft. Hinweise über die Ungenauigkeit dieser Methode aus der Literatur (Rijkenhuizen 2001, Stanek und Girtler 2002) wurden dabei berücksichtigt. Als Möglichkeiten der Fehlinterpretation werden die Verwendung von zuviel Lokalanästhetikum (Palmer 1990) und auch die versehentliche Punktion von Synovialräumen diskutiert. Umgekehrt können durch Diffusion von Lokalanästhetikum aus Synovialräumen umliegende Nerven betäubt werden. In der besprochenen Region betrifft das den N. palmaris medialis bzw. lateralis nach Anästhesie der Karpalbeugescheide, den Ramus palmaris des N. ulnaris und/oder die N.

palmares laterales des N. medianus nach Anästhesie des Radiokarpalgelenks und die Nn. metacarpei mediales bzw. laterales nach der Anästhesie von Interkarpal- und Karpometakarpalgelenk (Wissdorf et al. 1998, Rijkenhuizen 2001).

Die Röntgenologie hat im Bereich des Karpus Defizite bei der Darstellung von Veränderungen geringer Größe, wenn diese palmar der Ossa carpi oder des Metakarpus liegen. In solchen Fällen ist die Computertomographie das beste Mittel, um ein gutes Ergebnis zu erzielen. Die Ergebnisse der Untersuchung lassen den Schluss zu, dass die Aussagekraft einer Lahmheitsuntersuchung durch bildgebende Verfahren erheblich gesteigert wird, sodass deren Einsatz routinemäßig gefordert werden muss.

Der Karpus stellt eine radiologische „Problemzone“ dar. Hopper et al. (2004) beschreiben die Schwierigkeiten von Schrägaufnahmen am Karpus, im besonderen die Veränderung der optischen Dichte der Knochen bei unterschiedlichen Aufnahmewinkeln. Die Frage, ob mit routinemäßigen schrägen Aufnahmen, wie von Palmer (1990) für den Karpus gefordert, röntgenologisch mehr Befunde hätten erhoben werden können, kann nicht beantwortet werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen aber deutlich die Schwierigkeiten der Röntgendiagnostik bei der überlagerungsfreien Darstellung der einzelnen Knochen im Bereich des Karpalgelenks.

May et al. (1986) streichen die Wichtigkeit von Schrägaufnahmen, und v.a. der Skyline-Aufnahmen, bei der Darstellung von Frakturen am Karpus heraus, verweisen aber auch auf die Aussagekraft von latero-medialer und dorso-palmarer Aufnahmerichtung. Auch Butler et al. (2000) empfehlen Schräg- und Skyline-Aufnahmen zur Darstellung von Chip- und Slabfrakturen. Moore und Schneider (1995) fanden mit Hilfe von Arthroskopie in den Karpalgelenken von 41, röntgenologisch unauffälligen, aber lahmen Pferden zahlreiche Knorpeldefekte, subchondrale Läsionen und nicht vollständige Frakturen des Os carpale III.

Auf die Schwierigkeiten der Röntgenologie Veränderungen im Knochen selbst darzustellen wurde schon von Bramlage et al. (1988) hingewiesen. Die Hälfte der Absprengfrakturen betrafen das Os carpi ulnare (4). Überhaupt wurden sieben der insgesamt acht Absprengfrakturen in der proximalen Karpalknochenreihe gefunden. Über Frakturen palmar an den Ossa carpi wird in der Literatur wenig berichtet, auch ist ihre Entstehung meist unklar. Wilke et al. (2001) konnten an sieben Pferden solche Frakturen röntgenologisch darstellen, berichteten aber von teils erheblichen Schwierigkeiten. Auch zeigten alle ihre Patienten ausnahmslos eine vermehrte Füllung der Radiokarpalgelenke. In dieser Untersuchung konnten weder dieser Absprengfrakturen röntgenologisch dargestellt werden, noch trat in allen Fällen eine vermehrte Füllung des betroffenen Gelenks auf.

Insertionsexostosen können nach Huskamp und Nowak (1988) nur dann als Lahmheitsursache gesehen werden, wenn ihr Krankheitswert durch Anästhesien bewiesen werden kann. Dies wurde auch in dieser Untersuchung bestätigt; so konnten bei sämtlichen Insertionsdesmopathien des Fesselträgers durch Anästhesie des N. ulnaris oder des Interkarpalgelenks (Diffusion) Schmerzfreiheit erzielt werden. Eine mögliche Wirkung der Anästhesie des Interkarpalgelenks auf den Fes-

selbsträgerursprung musste nach Auswertung der computertomographischen Ergebnisse in einigen Fällen angenommen werden. Das wirft zum einen die Frage nach möglichen anderen Lahmheitsursachen im Einflussgebiet der Gelenksinjektion, zum anderen nach der Wahrscheinlichkeit und der Geschwindigkeit mit der das Lokalanästhetikum von der distalen palmaren Aussackung des Karpometakarpalgelenks an das Ursprungsgebiet des *M. interosseus* diffundiert (Rijkenhuizen 2001), auf. In unserer Studie beeinflusste die Anästhesie des mittleren und distalen Karpalgelenks den Fesselträgerursprung in mindestens fünf Fällen.

Die Verteilung der Befunde lässt erkennen, dass die medialen *Ossa carpi* den größten Belastungen ausgesetzt sind und somit am meisten in Mitleidenschaft gezogen werden.

Daraus lässt sich der Schluss ziehen, dass die Achse mit der höchsten Belastung medial durch den gesunden Karpus verläuft und die Defekte an den Knochen, so sie nicht traumatisch bedingt sind, durch Überlastung entstehen, wie schon von Auer (1980) beschrieben.

Eine andere mögliche Erklärung ist, dass durch Fehlstellung der Gliedmaße, im Karpus oder in anderen Bereichen, die ansonsten in der Medianen des Beines verlaufende Hauptlastachse nach medial verschoben wird, wo die Knochen der Belastung nicht gewachsen sind. Dies betrifft vor allem den medialen Bereich des Interkarpalgelenks und die dorsalen Anteile des Radiokarpalgelenks, wo die Auswirkungen von chronischer und akuter Überlastung nicht neutralisiert werden können (Bramlage et al. 1988).

Im direkten Vergleich zwischen Röntgendarstellung und Computertomographie, bezogen auf die Befunde die mit beiden Verfahren erhoben wurden, zeigt sich eine eklatante Überlegenheit der Computertomographie in der Darstellung von zystoiden Defekten, exostotischen Zubildungen, arthrotischen Veränderungen und Knochendefekten. Durch die gute Bildauflösung und die überlagerungsfreie Darstellung der Gewebe, liegen die Vorteile eindeutig auf Seiten der Computertomographie (Barbee et al. 1987, Fio und Koblik 1995; May et al. 2001, Mayrhofer et al. 2004). In der Darstellung von Frakturen und Kallusbildung am Metakarpus zeigt die Röntgenologie keinerlei Nachteile. Röntgenologisch ließen sich Veränderungen vor allem an Knochenrändern darstellen.

In Bereichen, wo es zu Überlagerungen mehrerer knöcherner Strukturen kommt, war die diagnostische Aussagekraft stark vermindert. So war es in dieser Untersuchung in keinem Fall möglich, Absprengfrakturen, Knochendefekte und verstärkte Sklerosierung sowie Insertionsdesmopathien am Fesselträgerursprung darzustellen.

Computertomographische Untersuchungen an Pferdeextremitäten befassten sich bis dato vor allem mit den distalen Abschnitten der Gliedmaßen (Peterson und Bowman 1988, Hanson et al. 1996, Schoenborn et al. 2002, Tietje et al. 2001). Kaser-Hotz et al. (1994) streichen die Vorteile der Computertomographie in der Darstellung von versteckten Frakturen der *Ossa carpi* und der besseren Beurteilung von Sklerosierungen des *Os carpale III* hervor. Zu beachten ist die große Anzahl von zystoiden Defekten ( $n=29$ ) unter den erhobenen Befunden. In der Literatur werden in Zusammenhang mit dieser Art von pathologischer Veränderung beim Pferd der mediale Femurkondylus und die Phalangen als am häufigsten betroffene Knochen genannt (Niebauer et al. 1982, Auer et al. 2001).

Abschließend bleibt festzustellen: für den Praktiker, der in der Regel nicht über so große technische Möglichkeiten verfügt, bedeutet dies, dass durch klinisch-orthopädische Diagnostik nur eine Lokalisation des schmerzhaften Prozesses möglich ist. Im speziellen Fall des Karpalgelenks weist die röntgenographische Untersuchung evtl. sehr große Defizite auf, sodass eine computertomographische Untersuchung bei unklaren Karpalgelenksproblemen indiziert ist.

## Literatur

- Auer J. (1980): Diseases of the carpus. *Vet. Clin. North Am. Large Anim.* 2. 81-99
- Auer J. A., von Rechenberg B., Fürst A. und Geissbühler U. (2001): Subchondrale Knochenzysten: ein Beitrag zur Ätiologie und Behandlung. *Tierärztl. Prax.* 29, 185-193
- Barbee D. D., Allen J. R. und Gavin P. R. (1987): Computed tomography in horses. *Vet. Radiol.* 28, 144-151
- Bertone A. L. (2002): The Carpus. In: Stashak T. S. (Eds.): *Adam's Lameness in Horses*. 5th ed., Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, 830-863
- Bramlage L. R., Schneider R. K. und Gabel A. A. (1988): A clinical perspective on lameness originating in the carpus. *Equine Vet. J. (Suppl.)* 6. 12-18



- Butler A. J., Colles M. C., Dyson S. J., Kold E. S. und Poulos W. P. (2000): Clinical Radiology of the Horse. 2nd ed., Blackwell Science Ltd., Oxford, 171-204
- Dabareiner R. M., White N. A. und Sullins K. E. (1996): Radiographic and arthroscopic findings associated with subchondral lucency of the distal radial carpal bone in 71 horses. *Equine Vet. J.* 28, 93-97
- Denoix J.-M. (2003): Imaging of the carpal canal in horses. XV. Tagung über Pferdekrankheiten. *Equitana*, Essen, 72-75
- Easley K. J. und Schneider J. E. (1981): Evaluation of a surgical technique for repair of equine accessory carpal bone fractures. *JAVMA*. 178, 219-223
- Fio L. und Koblik P. D. (1995): Computed axial tomography (CAT or CT scanning). *J. Equine Vet. Sci.* 15, 511-513.
- Goodman N. L. und Baker B. K. (1990): Lameness diagnosis and treatment in the quarter horse racehorse. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 6, 85-108
- Hanson J. A., Seeherman H. J., Kirker-Head C. A. und O'Callaghan M. W. (1996): The role of computed tomography in evaluation of subchondral osseous lesions in seven horses with chronic synovitis. *Equine Vet. J.* 28, 480-488
- Hopper B. J., Steel C., Richardson J. L., Alexander G. R. und Robertson I. D. (2004): Radiographic evaluation of sclerosis of the third carpal bone associated with exercise and the development of lameness in standard bred racehorses. *Equine Vet. J.* 36, 441-446
- Huskamp B. und Nowak M. (1988): Insertionsdesmopathien beim Pferd und einige ihrer Lokalisationen. *Pferdeheilkunde* 4, 3-12
- Kaser-Hotz B., Sartoretti-Schefer S. und Weiss R. (1994): Computed tomography and magnetic resonance imaging of the normal equine carpus. *Vet. Radiol. & Ultrasound*. 35, 457-461
- May K. A., Holmes L. C., Moll H. D. und Jones J. C. (2001): Computed tomographic imaging of comminuted carpal fractures in a gelding. *Equine Vet. Educ.* 13, 303-308
- May S. A., Wyn-Jones G. und Peremans K. Y. (1986): Importance of oblique views in radiography of the equine limb. *Equine Vet. J.* 18, 7-13
- Mayrhofer E., Franz S., Hirt R., Riedelberger K., Palme R., Möstl E., Joachim A. und Möstl K. (2004): Diagnostische Untersuchungen in der Veterinärmedizin im Wandel der Zeit – dargestellt an ausgewählten Beispielen. *Wien. Tierärztl. Mschr.* 91, 26-42
- Moore R. M. und Schneider R. K. (1995): Arthroscopic findings in the carpal joints of lame horses without radiographically visible abnormalities: 41 cases (1986-1991). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 206, 1741-1746
- Niebauer G. W., Plenk H., Köppel E. und Grundschober F. (1982): Zur Pathogenese subchondraler Knochenzysten beim Pferd. *Wien. Tierärztl. Mschr.* 12, 345-357
- Nixon A. J., Adams R. M. und Teigland M. B. (1988): Subchondral cystic lesions (osteochondrosis) of the femoral heads in a horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 192, 360-362
- O'Callaghan M. W. (1991): The integration of radiography and alternative imaging methods in the diagnosis of equine orthopedic disease. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 7, 339-364
- Palmer S. E. (1990): Lameness diagnosis and treatment in the standardbred racehorse. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 6, 109-128
- Peterson P. R. und Bowman K. F. (1988): Computed tomographic anatomy of the distal extremity of the horse. *Vet. Radiol.* 29, 147-156
- Rijkenhuizen A. B. M. (2001): Die diagnostische Anästhesien an der Vordergliedmaße des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 17, 330-338
- Rijkenhuizen A. B. M. und Nemeth F. (1994): Accessory carpal bone fractures in the horse. *Vet. Quart.* 16, 101-103
- Ross M. W., Richardson D. W. und Beroza G. A. (1989): Subchondral lucency of the third carpal bone in standard bred racehorses: 13 cases (1982-1988). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 195, 789-794
- Ruggles A. J. (1999): The Carpus. In: *Auer J. A. und Stick J. A. (Eds.): Equine Surgery*. 2nd ed., Saunders, Philadelphia, 821-831
- Schoenborn W. C., Rick M. C. und Hornof W. J. (2002): Computed tomographic appearance of osteochondritis dissecans-like lesions of the proximal articular surface of the proximal phalanx in a horse. *Vet. Radiol. & Ultrasound* 43, 541-544
- Seeherman H. J. (1999): Lameness evaluation. In: *Auer J. A. und Stick J. A. (Eds.): Equine surgery*. 2nd ed., Saunders, Philadelphia, 611-620
- Shepherd M. C. und Pilsworth R. C. (1993): Failure of intra-articular anesthesia of the antebrachio-carpal joint to abolish lameness associated with chip fracture of the distal radius. *Equine Vet. J.* 25, 458-461
- Stanek C. und Girtler D. (2002): Diagnostische Leitungsanästhesien an der Vorderextremität des Pferdes: ein Vorschlag zur Standardisierung. *Pferdeheilkunde* 18, 617-621
- Stashak T. S. (2002): Examination for lameness. In: *Stashak, T.S. (Ed.): Adam's Lameness in horses*. 5th ed., Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, 113-183
- Stashak T. S. (2002): The forearm (Antebrachium). In: *Stashak, T.S. (Ed.): Adam's Lameness in horses*. 5th ed., Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, 864-879
- Tietje S. (1997): Zur Bedeutung der Computertomographie beim Pferd (243 Fälle). Teil 2: Erkrankungen an den Gliedmaßen. *Prakt. Tierarzt.* 78, 35-41
- Tietje S., Nowak M., Petzoldt S. und Weiler H. (2001): Die computertomographische Darstellung des distalen Abschnitts der tiefen Beugesehne (TBS) des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 17, 21-29
- Uhlhorn H. und Carlsten J. (1999): Retrospective study of subchondral sclerosis and lucency in the third carpal bone of standard bred trotters. *Equine Vet. J.* 31, 500-505
- Van Duin Y. und Hurtig M. B. (1996): Subchondral bone cysts in the distal aspect of the tibia of three horses. *Can. Vet. J.* 37, 429-431
- Watkins J. P. (1999): The Radius and Ulna. In: *Auer, J.A., Stick, J.A. (Eds.): Equine Surgery*. 2nd ed., Saunders, Philadelphia, 831-841
- Wilke M., Nixon A. J., Malark J. und Myhre G. (2001): Fractures of the palmar aspect of the carpal bones in horses: 10 cases (1984-2000). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 219, 801-804
- Wissdorf H., Otto B., Hertsch B. und Huskamp B. (1998): Karpalbereich, Regio carpi. In: *Wissdorf H., Gerhards H. und Huskamp B. (Hrsg.): Praxisorientierte Anatomie des Pferdes*. Schaper, Hannover, 337-354
- Wissdorf H., Otto B., Hertsch B., Keller H. und Huskamp B. (2002): Karpalbereich, Regio carpi. In: *Wissdorf H., Gerhards H., Huskamp B. und Deegen E. (Hrsg.): Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes*. Schaper, Hannover, 440-461

Dr. Wolfgang Mayrhofer  
Pferdeklinik Aschheim  
Gartenstraße 14  
85609 Aschheim  
office@pferdeklinik-aschheim.de

## Pferdeheilkunde Curriculum Berlin Erkrankungen des neugeborenen Fohlens

letje Leendertse und Monica Venner

27.-28. Januar 2007