

2.2. Anatomie des Hufgelenks

Die im folgenden beschriebenen Verhältnisse der *Ossa digitorum* beziehen sich sowohl auf die Vorder- als auch die Hintergliedmaße, lediglich im Fall abweichender anatomischer Verhältnisse wurden Beschreibung und Nomenklatur ergänzt, so dass die verwendete Bezeichnung "palmar" sinngemäß durch "plantar" ersetzt werden kann.

2.2.0. Huf

Hufhorn

Das Hufhorn wird hier in erster Linie einleitend erwähnt, es stellt das größte Hindernis für eine Untersuchung des Hufgelenks per Ultraschall dar, da es nur partiell durchlässig ist (BUSONI et DENOIX 2000a und b; SCHNEIDER 2000; BUSONI et DENOIX 2001). Mit erhöhtem Feuchtigkeitsgehalt und abhängig von weiteren Kofaktoren kann die Transmissionsfähigkeit allerdings verbessert werden. Die Dicke des Horns ist im Dorsalbereich der Zehe am größten. Das jüngere Horn weist hier eine erhöhte Feuchtigkeit auf. Die Dicke des Horns verringert sich entlang der Seitenwände und ist an den Ballen am geringsten. Am Strahl beträgt der Wasseranteil bis zu 50% (KAINER 1989b). An den Eckstrebenwinkeln nimmt die Dicke des Hornschuhs wieder zu.

2.1.1. Knochen und Gelenke

Articulatio interphalangea distalis

Die **Articulatio interphalangea distalis (Hufgelenk)** wird von der **Phalanx media** und **distalis** gebildet, die eine Diarthrose, also ein echtes Gelenk vom Typ eines unvollständigen oder kondylären Scharniergelenkes (Ginglymus) ausbilden. Die palmare resp. plantare Gelenkfläche wird durch das **Os sesamoideum distale (Strahlbein)** vervollständigt. Laut PARK et LEBEL (1989) zeichnet sich das Hufgelenk durch einen relativ breiten Gelenkspalt aus.

Phalanx media

Die **Phalanx media (Kronbein, Os coronale, P2)** ist kurz, fast kuboid. Sie besteht aus einer proximalen **Basis** und einem distalen **Caput**, ihre dorsale Fläche ist konvex.

Phalanx distalis

Die **Phalanx distalis (Hufbein, Os ungulare)** trägt proximal eine große Gelenkfläche mit zwei Kavitäten und einer sagittalen Leiste (siehe Abb. 1). Dorsal und dicht bei der Artikulation befindet sich der **Processus extensorius**, ein knöcherner Fortsatz für die Insertion der Strecksehne. Lateral und nahe bei der Gelenkfläche gelegen befinden sich die rauen Anheftungstellen der Kollateralbänder des Hufgelenks.

Das Hufbein an sich ist groß, abgerundet und entspricht in seiner Form der Kontur des Hufes. An der Vordergliedmaße ist die *Phalanx distalis* geringfügig breiter und abgerundeter (KAINER 1989b). Ihre Wand wird von zahlreichen gefäßhaltigen Öffnungen und Kanälen durchzogen. Häufig tritt im Winkel, der den Übergang zum *Processus palmaris* bildet, ein Foramen zur Passage eines Gefäßes auf. Nach palmar bzw. plantar läuft das Hufbein in die **Processus palmares** aus, die ihrerseits jeweils durch eine **Incisura palmaris** unterteilt sind. Verglichen mit den Verhältnissen der Vordergliedmaße sind die *Processus plantares* an der Hintergliedmaße enger zusammengedrückt und schmaler, die Sohlenfläche der *Phalanx distalis* ist konkav (KAINER 1989b). Die *Incisurae* verlängern sich in den **Sulcus parietalis**. An die *Processus palmares* ist der entsprechende rhomboide *Cartilago ungularis* (Hufknorpel) angeheftet. Der **Margo solearis** mit inkonstant auftretenden dorsomedial angelegten **Crena marginis solearis (Tragrandkerbe)** trennt die **Facies parietalis (Hufbeinwand)** von der **Facies solearis (Sohlenfläche)**. Diese wird von einer halbmondförmigen Linie, der **Linea semilunaris** unterteilt, welche mit ihrer *Facies flexoria* die Insertion des *Ligamentum sesamoideum distale impar* und der tiefen Beugesehne trägt (Abb. 2). Kleine Gefäßkanäle verlaufen strahlenförmig radiär vom **Sulcus solearis** zur *Facies parietalis*.

Cartilago ungularis

Der **Hufknorpel** besteht aus zwei einwärts gebogenen, abgeflachten lateral bzw. medial liegenden unregelmäßig rhomboiden Blättern, die am gleichseitigen *Processus palmaris* der *Phalanx distalis* Halt finden. Sie reichen von dort proximal über den Kronrand des Hufes, wo sie palpiert werden können (KAINER 1989b). Ihr distaler Anteil im Bereich des Hufbeins, dem sie schildförmig aufsitzen, ist verstärkt.

In der palmaren Hälfte befinden sich Öffnungen, um einige Verbindungsäste vom palmaren zum koronaren Venenplexus passieren zu lassen (KAINER 1989b). Der dorsale Rand behält substantielle Kontinuität mit dem *Ligamentum collaterale* des Hufgelenks und die Hufknorpel setzen palmar an dessen Insertionsgrube an. Die **Facies interna** berührt und bedeckt die entsprechende Seite des Hufgelenks. Seine palmare Partie wird vom Hufpolster (*Tela subcutanea tori*) bedeckt. Der Knorpel ist bei jüngeren Individuen hyaliner Struktur, palmar geht er in fibröses Gewebe über. Dort beginnt mit zunehmendem Alter eine Umwandlung in Faserknorpel. Die Hufknorpel neigen generell zur Ossifikation. Der hyaline Anteil ist gegen dorsal ausgedehnt und zum palmaren Ende hin verringert (KAINER 1989b). Laut KAINER (1989b) existieren chondrotendinöse Bänder, die zwischen Knorpel und Strecksehne verlaufen und das distale Ende der Sehne mit dem dorsalen Rand des Hufknorpels verbinden.

Articulatio interphalangea distalis et os sesamoideum distale

Im Gegensatz zum Krongelenk (*Articulatio interphalangea proximalis*), mit dem das Hufgelenk gewisse Ähnlichkeiten aufweist, wird bei letzterem die Gelenkfläche erst durch eine dritte knöcherne Struktur vervollständigt: Das weberschiffchenförmige **Os sesamoideum distale (Strahlbein)** weist auf seiner dorsal gelegenen **Facies articularis** eine sagittale Eminenz, den Strahlbeinkamm auf. Die **Facies flexoria** hingegen dient der Unterstützung der tiefen Beugesehne (*Tendo m. flexor digitorum profundus*), deren Verlauf das Strahlbein eine andere Richtung gibt (Abb. 3). Seine Gelenkfläche ist von hyalinem, seine Sehnengleitfläche von Faserknorpel bedeckt (HERTSCH et HÖPPNER 1999b).

Der proximale Anteil des Strahlbeins zeigt Rauigkeiten für den Ansatz bandhafter Strukturen und der **Margo proximalis** erhält einige Gefäßlöcher. Der distale Anteil passt sich der Form des Hufbeins an, mit dem zusammen er die Gelenkfläche des Hufgelenks vervollständigt (Abb. 4). Letzterer enthält einige **Canales sesamoidales** (JANN et al. 1991). Das distale Strahlbein der Hintergliedmaße ist kürzer und schmaler als das der Vordergliedmaße (KAINER 1989b). Laut HERTSCH und STEFFEN (1986) sind die **Arteriae nutriciae distales**, die in den *Canales sesamoidales* am **Margo distalis** verlaufen, nur randständig und füllen die Kanäle nicht vollständig aus.

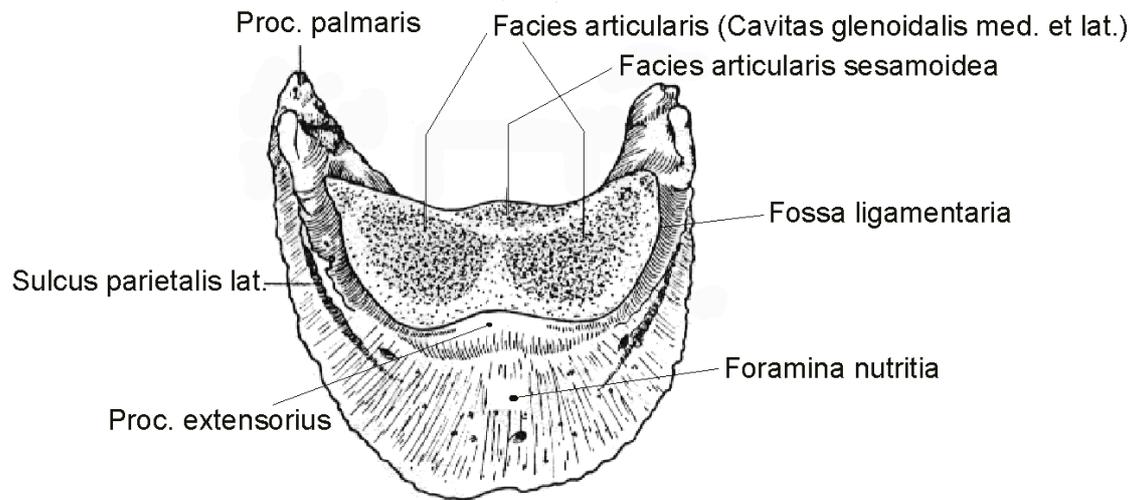


Abb. 1: Phalanx distalis der rechten Vordergliedmaße - Proximale Ansicht

Aus: SCHALLER (1992)

Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature. Veterinär-anatomisches Bildwörterbuch, Enke Verlag, Stuttgart.

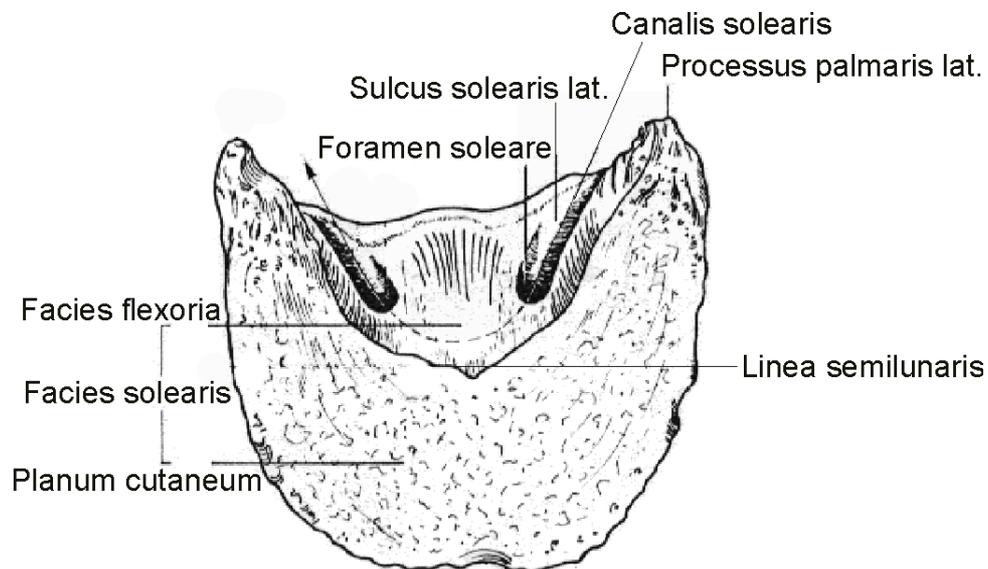
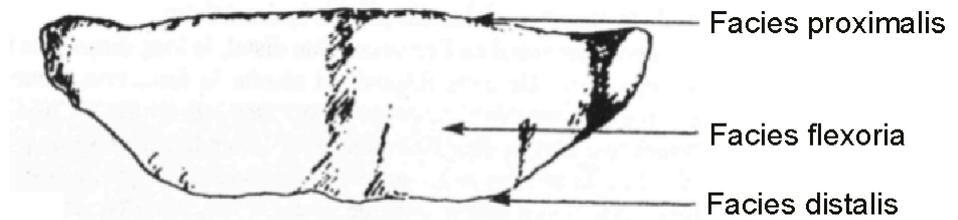


Abb. 2: Phalanx distalis der rechten Vordergliedmaße - Distale Ansicht

Aus: SCHALLER (1992)

Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature. Veterinär-anatomisches Bildwörterbuch, Enke Verlag, Stuttgart.

Palmare Ansicht



Dorsale Ansicht

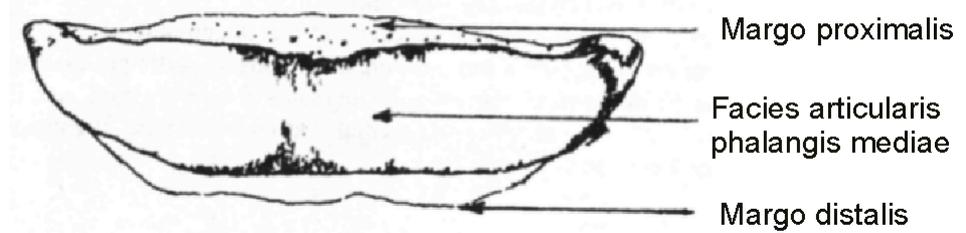
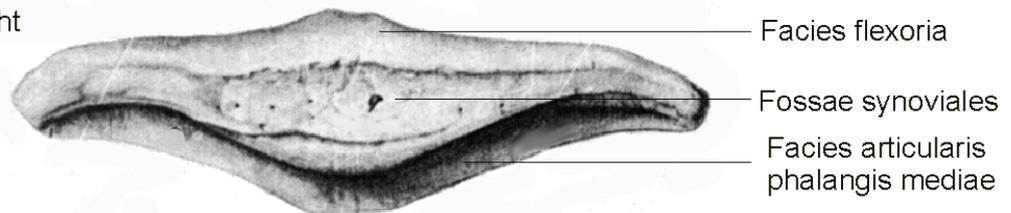


Abb. 3: Os sesamoideum distale - Facies dorsalis et palmaris

Aus: KAINER (1989b)

Proximale Ansicht



Distale Ansicht

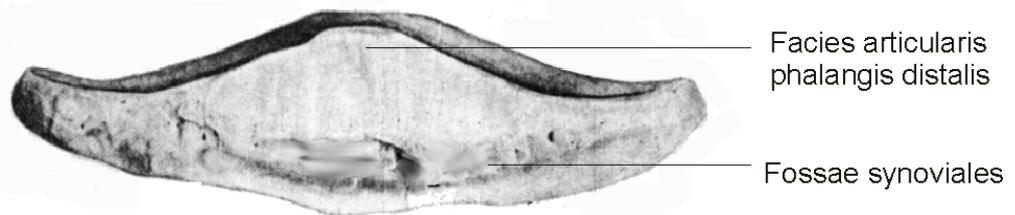


Abb. 4: Os sesamoideum distale - Facies proximalis et distalis

Aus: KAINER (1989b)

2.2.2. Cavum articulare (Gelenkhöhle)

Recessus

Zum Hufgelenk gehört eine ausgedehnte Gelenkhöhle mit diversen Recessus. Am weitesten zur Hautoberfläche orientiert ist der **Recessus dorsalis**. Er liegt unter der Strecksehne und steigt gegen die *Phalanx media* an, wo er den Hufrand proximal 1-2 cm überragt. Laut BREIT (1995) ist der Recessus dorsalis an der Beckengliedmaße im Gegensatz zu der der Vorderhand eher dreieckig.

Der **Recessus palmaris proximalis** ist ausgedehnter als der *Recessus dorsalis*. Er steigt oberhalb des Strahlbeins gegen die palmare Fläche der *Phalanx media* und nähert sich dem *Recessus proximalis* der *Bursa podotrochlearis* an. Das Hauptkompartiment kommuniziert über zwei schmale, sich geringfügig abaxial befindliche Öffnungen mit zwei proximal gelegenen Divertikeln (MCCLELLAN und COLBY 1986; KAINER 1989b; JANN et al. 1991; VACEK et al. 1992). Die lateralen Begrenzungen des *Recessus palmaris proximalis* werden von den abaxialen Oberflächen der Hufknorpel gebildet.

Der schwach ausgebildete **Recessus palmaris distalis** der Artikulation befindet sich zwischen Hufbein und Strahlbein. Distal liegt er der dorsalen Fläche des *Ligamentum sesamoideum distale impar* an und wird durch dieses vom *Recessus distalis* der *Bursa podotrochlearis* getrennt. KAINER (1989b) stellt fest, dass Invaginationen des *Recessus palmaris distalis* in synoviale *Fossae* am distalen Rand des Strahlbeins ziehen.

Facies articulares

Die **Facies articulares (Gelenkflächen)** sind mit hyalinem Knorpel überzogen. Dieser weist eine glatte und bläulich gefärbte Oberfläche auf, die in Rosa umschlägt, wo der Knorpel dünn wird und das darunter liegende Knochengewebe durchscheint. Protuberanzen weisen im Zentrum eine größere Knorpeldicke auf als in der Peripherie. In den Kavitäten kann ein umgekehrtes Verhältnis beobachtet werden.

Capsula articularis

Die **Capsula articularis (Gelenkkapsel)** besteht aus einer dichten Schicht, dem **Stratum fibrosum**, die aus kollagenen Fasern zusammengesetzt ist. Dieser Anteil geht in das Periost respektive Perichondrium über. Im *Stratum fibrosum* sind die meisten Nervenfasern lokalisiert (MCILWRAITH 1989). Dem *Stratum fibrosum* folgt nach innen das **Stratum synoviale** oder kurz, die **Synovialis (Synovialmembran)**. Sie besteht aus zwei Schichten und umschließt das **Cavum articulare (Gelenkhöhle)** (MCILWRAITH 1989).

Die Gelenkkapsel erreicht den Knorpel der *Phalanx distalis* und geht in die Sehnenscheide der Strecksehne und das mediale und laterale *Ligamentum collaterale* des Hufgelenks über (CALISLAR et ST CLAIR 1969; KAINER 1989b). Palmar und distal ist sie in Kontakt mit dem *Ligamentum sesamoideum distale impar*, proximal mit dem fibrösen Anteil der digitalen Beugesehnenscheide und den kollateralen Sesambeinbändern, die mit ihrem kontralateralen Gegenpart verschmelzen.

Synovia

Die **Synovialis** produziert die Gelenkflüssigkeit, eine visköse, farblose und leicht alkalische Flüssigkeit. Die **Synovia** ernährt den avaskulären Gelenkknorpel, macht die Gelenkflächen gleitfähig und gegeneinander verschiebbar.

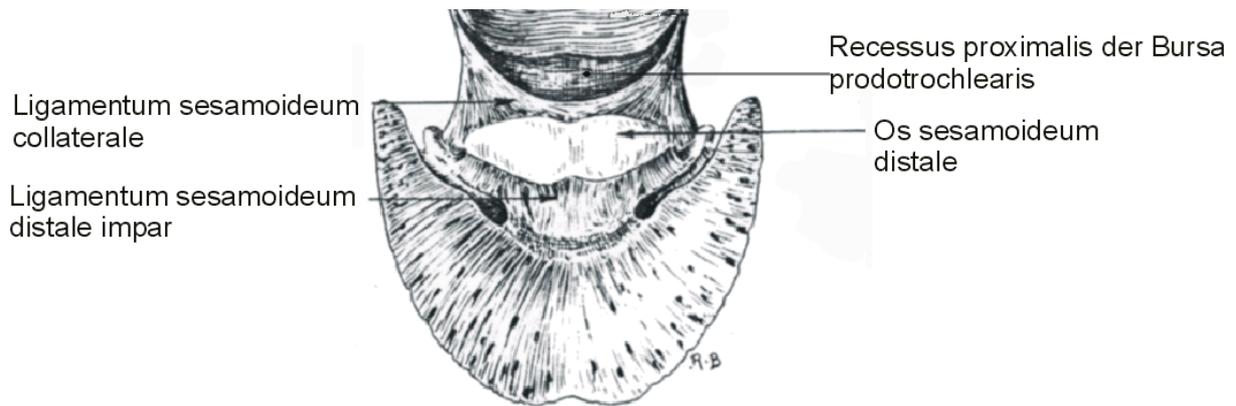


Abb. 5: Bänder und proximaler Recessus der Bursa podotrochlearis an der Zehe des Pferdes. Palmare Ansicht – linke Vordergliedmaße

Nach: BARONE (1987)

2.2.3. Ligamenta

Ligamentum sesamoideum distale impar

Das **Ligamentum sesamoideum distale impar (Strahlbein-Hufbeinband)** setzt sich zusammen aus einer unpaarigen, dicken, mittleren Partie; geformt von dichten Fasern longitudinaler Ausrichtung (Abb. 5). Dieser Teil wird lateral bzw. medial von divergierenden und schräg verlaufenden Fasern umrahmt. Die mittlere Partie verläuft über den distalen Rand des Strahlbeins zur rauen *Facies solearis* des Hufbeins. Die medialen und lateralen Anteile ziehen vom distalen Margo des Strahlbeins zu den Vertiefungen der proximalen Umrandung der entsprechenden Sohlenfurchen. Das Band grenzt dorsal an den *Recessus palmaris distalis* des Hufgelenks und auf seiner palmaren Seite an die Aponeurose (BROCKHAUS ALMEDA 2001) der tiefen Beugesehne. Die Faserbündel werden von zahlreichen Septen unterteilt, diese führen Blutgefäß- und Nervenversorgung (BOWKER et al. 1997; WULFEN et BOWKER 2002).

Ligamenta sesamoidea collateralia mediale et laterale

(Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbänder oder kollaterale Hufgelenksbänder)

Die *Ligamenta sesamoidea collateralia* sind fibroelastisch. Sie nehmen ihren Ursprung symmetrisch an der korrespondierenden Fläche jedes Kondylen am distalen Ende der *Phalanx proximalis* (KAINER 1989b). Palmar gewährleisten sie die

Kontinuität mit den kollateralen Bändern des Hufgelenks. Die *Ligg. collateralia* ziehen innerhalb einer seitlichen Rinne des Kronbeins schräg distal zum proximalen Rand des Strahlbeins, spalten aber Zweige zu den gleichseitigen Hufbeinfortsätzen und -knorpeln ab (KAINER 1989b). Fasern des lateralen und medialen Bandes vereinigen sich am Strahlbein. Aus dieser Disposition resultiert eine fibroelastische Formation (REEF et al. 1998), die die Oberfläche des Sesambeins vergrößert (CALISLAR et ST CLAIR 1969).

Distal wird das kollaterale Sesambeinband vom Knorpel und Ballen bedeckt. Sein dorsaler Rand und seine tiefe Partie berühren den *Recessus palmaris proximalis* des Hufgelenks, ebenso dessen kollateralen, medialen und lateralen Recessus. VACEK et al. (1992) beschreiben, dass sie bei einer arthroskopischen Reihenuntersuchung die Bänder in der Gelenkkapsel identifizieren konnten. Auf der palmaren Seite treten diese in Kontakt mit der *Bursa podotrochlearis*.

Ligamenta collateralia articulationis interphalangeae distalis

Diese Bänder sind medial und lateral des Gelenkes symmetrisch angelegt. Sie haben eine dreieckige Form, sind dick und kurz, entspannt während der Extension und gestrafft während der Flexion. Sie entspringen am distalen Ende der *Phalanx media* und beenden ihren kurzen, in distopalmarer Richtung führenden Verlauf an den rauen Gruben beidseitig der Basis des *Processus extensorius* des Hufbeins (Abb. 6). Der dorsale Rand der Bänder berührt distal die Strecksehne. An der palmaren Fläche vereinigen sie sich mit dem dorsalen Rand des Hufknorpels, beide Strukturen sind in substantieller Kontinuität (KAINER 1989b). Die Synovialis des Hufgelenks bedeckt ihren distalen Anteil.

Ligg. chondrocompedalia, chondrocoronalia et chondroungularia

Der Hufknorpel wird von folgenden Bändern in seiner Position gehalten: Die elastischen **Ligg. chondrocompedalia** (KAINER 1989b), die die proximale Begrenzung des Hufknorpels lateral und medial mit der *Phalanx proximalis* verbinden. Ferner die **Ligg. chondrocoronalia** als kurze, starke Bänder, die vom proximalen Anteil des Hufknorpels (KAINER 1989b) zum dorsalen Rand der *Phalanx media* reichen, und endlich die aus einigen kurzen Fasern bestehenden **Ligg. chondroungularia**, die ihn dem Hufbein axial vereinigen. Letztere lassen sich laut

KAINER (1989b) und SCHALLER (1992) in die **Ligg. chondrangularia collateralia**, die vom *Cartilago unguaris* zum *Processus palmaris* der gleichen Seite ziehen und die **Ligg. chondrangularia cruciata**, die vom *Cartilago unguaris* zum gegenüberliegenden *Processus palmaris* ziehen, aufteilen. Diesen Befund konnte BREIT (1995) nicht bestätigen. Ein weiteres Band wendet sich laut KAINER (1989b) vom dorsalen Anteil des Knorpels zum Ansatz der Endsehne des *Musculus extensor digitalis communis* (**Ligamentum chondrotendinosum**).

Insgesamt sind die Hufknorpelbänder aber nicht den Hufgelenksbändern zuzurechnen (BARONE 1968).

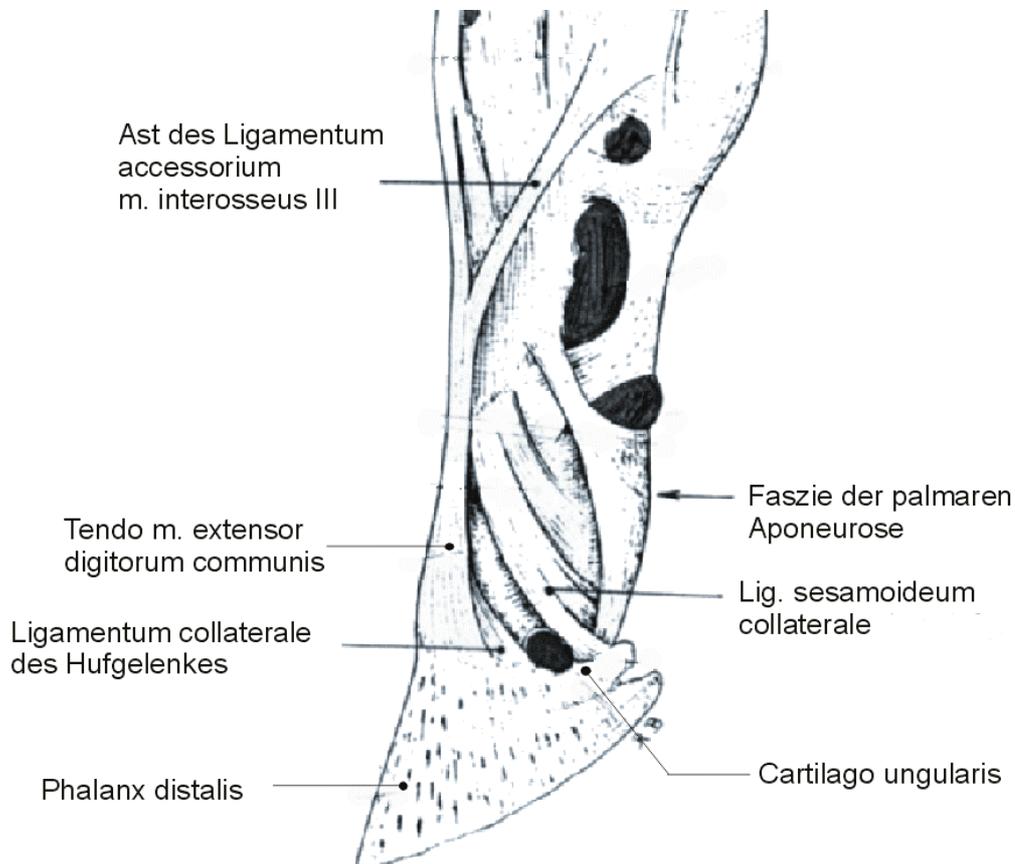


Abb. 6: Zehe des Pferdes – Laterale Ansicht

Nach: BARONE (1987)

2.2.4. Periartikuläre Strukturen

Tendo m. extensor digitorum communis resp. longus (Strecksehne)

Unter der *Fascia dorsalis manus* befindet sich die gemeinsame Strecksehne. Sie verläuft entlang der dorsalen Fläche des Fesselgelenkes und der Zehe. Auf jeder Seite, sowohl lateral als auch medial, nimmt sie in der Höhe des distalen Endes der *Phalanx media* einen Zweig des **Ligamentum accessorium des M. interosseus medius** auf (Abb. 6). Die **Strecksehne** endet schließlich am *Processus extensorius* der *Phalanx distalis*. Laut KAINER (1989b) übernimmt sie dort Anteile eines vom Hufknorpel kommenden Bandes (s.o.).

Tendo m. flexor digitorum profundus

Die **tiefe Beugesehne** durchquert die **Manica flexoria** und verläuft zwischen den zwei Anteilen der **oberflächlichen Beugesehne** ("Perforierte"), gleitet auf dem **Scutum medium** (s.u.) und schließlich auf dem **Scutum distale** dank der *Bursa podotrochlearis*.

In Höhe des mittleren Zehenknochens nimmt der dorsale Teil der tiefen Beugesehne fibrocartilaginösen Charakter an. Diesen Anteil berührt und belastet während der Stützphase die *Tuberositas flexoria* der *Phalanx media* (DENOIX 1996). Bei histologischen Untersuchungen durch BOWKER und VAN WULFEN (1996) zeigten sich in der Sehne elastische und kollagene Fasern. Sie fanden außerdem, dass die Faserbündel der tiefen Beugesehne weniger durch Bindegewebe unterteilt sind als z.B. das *Ligamentum sesamoideum distale impar* und, dass weniger vaskuläres Netzwerk existiert. Beide Strukturen weisen ausschließlich im Ansatzbereich an der *Phalanx distalis* zahlreiche arteriovenöse Komplexe auf, die BOWKER et al. (1997) für das *Ligamentum sesamoideum collaterale* nicht belegen konnten. Es wurde daher angenommen, dass sie der besseren Durchblutung des *Os sesamoideum distale* dienen.

Die terminale Partie der tiefen Beugesehne dehnt sich in Form einer „palmaren Aponeurose“ (BARONE 1987) aus und inseriert an der *Linea semilunaris* des Hufbeins.

2.2.5. Bursen

Bursa podotrochlearis

Die **Bursa podotrochlearis (Fußrollenschleimbeutel)** befindet sich zwischen der tiefen Beugesehne und der *Facies flexoria* des Strahlbeins. Sie ist ein angeborener, echter Schleimbeutel, der partiell mit einer synovialen Membran ausgekleidet ist, die der von Gelenken gleicht. Laut BREIT und KÖNIG (1995) bedeckt die synoviale Membran lediglich das „die *Facies flexoria* des Strahlbeins und die *Facies flexoria* der tiefen Beugesehne verbindende Gewebe“.

Von außen betrachtet befindet sich die *Bursa podotrochlearis* etwa in der Tiefe des mittleren Drittels des Strahles parallel zum Kronrand (KAINER 1989b). Sie ist in zwei Recessus unterteilt. Der **Recessus proximalis** erstreckt sich 1 -2 cm proximal des Strahlbeins und liegt dem *Recessus palmaris proximalis* des Hufgelenks und dem distalen Recessus der Beugesehnenscheide an. Proximal wird er von den kollateralen Sesambeinbändern begrenzt (MCCLELLAN et COLBY 1986; CALISLAR et ST CLAIR 1969).

Der **Recessus distalis** der *Bursa podotrochlearis* trennt das *Ligamentum sesamoideum distale impar* und den terminalen Anteil der tiefen Beugesehne an der *Phalanx distalis* voneinander. Die lateralen und medialen Grenzen dieses Recessus schließen sich unmittelbar denen des Strahlbeins an (Abb. 7).

Vagina synovialis (Beugesehnenscheide)

Palmar gleitet die tiefe Beugesehne im Inneren der über lange Strecken mit der oberflächlichen Beugesehne gemeinsamen **Beugesehnenscheide**.

Im Zehenbereich ist die dorsale Wand der Sehnenscheide in Kontakt mit den palmaren Flächen der *Phalanx media* und distalis und wird distal vervollständigt vom *Scutum distale*. Die Gleitfläche setzt sich aus der *Facies flexoria* des Strahlbeins und den *Ligamenta sesamoidea collateralia* zusammen. Die palmare Wand der Beugesehnenscheide wird von der *Fascia digiti* und dem *Ligamentum anulare digiti* begrenzt.

Nach distal erstreckt sich die Synovialis in Form des **Recessus distalis** bis in die Höhe der *Phalanx media*. Dieser weist eine **Tasche** auf und wird sagittal vom **Mesotendineum**, wo Parietal- und Viszeralschicht der Sehnenscheide ineinander übergehen, unterteilt. Ihr distaler Anteil weist kein Mesotendineum auf. Der Recessus liegt zwischen *Phalanx media*, proximalem Rand des Strahlbeins und tiefer Beugesehne (DENOIX 1996).

Faszien

Facies dorsalis

Die **Fascia dorsalis manus** ist schwach ausgeprägt.

Die Strecksehne ist von der **dorsalen Sehnenscheide** umhüllt, die distal des Karpus bis zur Insertion am *Processus extensorius* zieht. Die Sehne gleitet auf der gemeinsamen **Bursa subtendinea des M. extensor dig. com.** bzw. **M. extensor digitalis lateralis**.

Facies palmaris

Fascia digiti

Nach BARONE (1987) geht aus dem oberflächlichen Blatt der **Fascia palmaris** die **Fascia digiti** hervor. Sie ist mit der palmaren Wand der Beugesehnenscheide und den *Scuta* verwachsen, setzt sich aus einer oberflächlichen und tiefen Lage zusammen (SCHALLER 1992), wobei letztere das **Ligamentum anulare digiti** formt. Die transversal und gekreuzt verlaufende Fasern der *Fascia digiti* auf der palmaren Seite bilden die **Vaginae fibrosae digitorum manus** (SCHALLER 1992).

Ligamentum anulare digiti

In Höhe der *Articulatio interphalangea distalis* bildet das **Ligamentum anulare digiti (resp. Pars anularis vaginae fibrosae)** eine aus starken transversal verlaufenden Faserzügen bestehende Verstärkung. Es findet proximal mit zwei lateralen Zweigen, die bis an die lateralen Seiten der *Phalanx proximalis* erstrecken, Halt. Ein dünner Anteil gekreuzter Fasern ist die bei Equiden stark ausgeprägte **Pars cruciformis vaginae fibrosae**, die mit den beiden **Partes anulares** eine vierzipflige Platte ausbildet (SCHALLER 1992). Nach BUDRAS (1997) verschmelzen die proximalen

Zipfel proximal mit dem Fesselbein, wohingegen die distalen Zipfel mit den beiden Endschenkeln der oberflächlichen Beugesehne an der Kronbeinlehne enden.

Scuta

Scutum medium

Das fibrokartilaginöse **Scutum medium** bedeckt die palmare Oberfläche des proximalen Anteils der *Phalanx media*, um eine Gleitfläche für die Beugesehnen zu schaffen (SCHALLER 1992).

Scutum distale

Das **Scutum distale** ist ebenfalls fibrokartilaginös und bedeckt die palmare Oberfläche des *Os sesamoideum distale*, erstreckt sich nach proximal und bildet eine Gleitfläche für die tiefe Beugesehne (SCHALLER 1992). Laut DENOIX (1999b) setzt es sich aus den drei distalen Sesambeinbänder und dem *Os sesamoideum distale* zusammen.

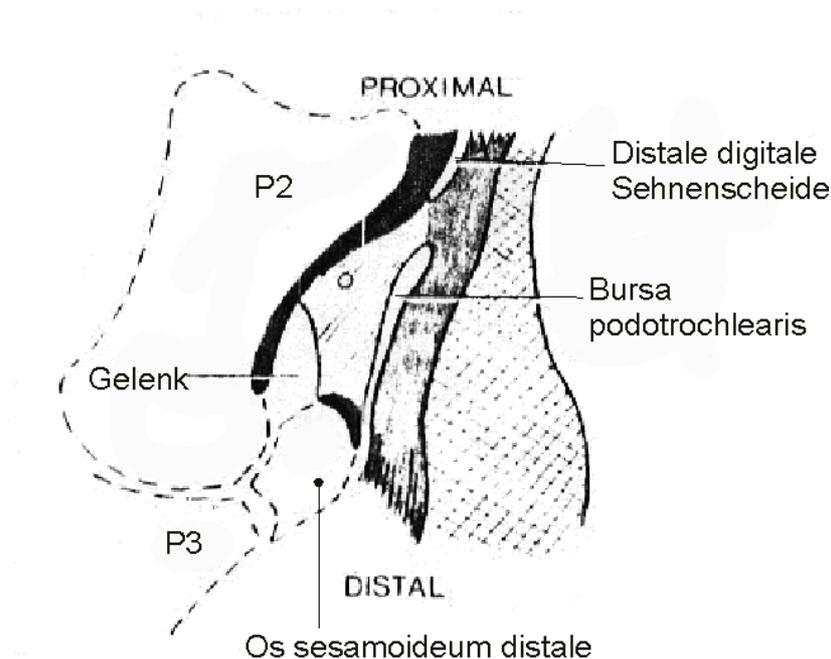


Abb. 7: Anatomische Verhältnisse synovialer Strukturen an der palmaren Seite der Phalanx media

Aus: MCCLELLAN et COLBY (1986)

2.2.6. Modifikationen der Subcutis

Tela subcutanea tori (Hufpolster)

Das **Hufpolster** stellt eine annähernd pyramidale Formation der *Subcutis* dar. Laterale und mediale Seiten verbreitern sich vom **Apex** zur **Basis**, wo sie mit den tiefen Anteilen der Blätter der Hufknorpel in Kontakt treten. Das **Hufpolster**, dessen Spitze sich entlang der Sohlenfläche des Hufbeins zieht, beginnt nahe der Insertion der tiefen Beugesehne an der *Linea semilunaris* (BARONE 1987). Es wird von einem geringgradig vaskularisiertem, engmaschigen Fasernetz gebildet, dessen Maschen von elastischem Fasermaterial und Fettgewebe ausgefüllt sind bzw. gelegentlich kleine kartilaginöse Inseln enthalten kann. Von dorsal nach palmar verdichtet sich das Polster und bildet an jeder Seite eine fibröse Lamina aus, die dem *Ligamentum anulare digiti* anliegen. Es bildet die Grundlage für die beiden seitlichen Anteile, die von einer zentralen Mulde getrennt werden. Hier ist das Bindegewebe lockerer und enthält mehr Fettgewebe (KAINER 1989b).

Tela subcutanea coronae (Kronpolster)

Im Bereich des Kronsegments, dem Teil der Huflederhaut, der für die Produktion des Röhrenhorns verantwortlich ist (BUDRAS 1997), liegt das **Kronpolster**, eine elastische Modifikation der *Subcutis* (KAINER 1989b).

2.2.7. Gefäße und Nerven

Jede **Arteria digitalis palmaris communes III** setzt sich unterhalb des Fesselgelenks in Form einer medialen oder lateralen **Zehenarterie** respektive **A. digitalis medialis** oder **lateralis** fort. Diese verläuft entlang des dorsalen Randes der tiefen Beugesehne zwischen **Vena** (dorsal) und **Nervus** (palmar) **digitalis medialis** oder **lateralis** (KAINER 1989b). Der **Ramus dorsalis** nimmt seinen Ursprung medial und lateral jeweils aus der Zehenarterie in Höhe der unteren Hälfte des Kronbeins. Durch Verbindung mit dem kontralateralen Ast entsteht unter der Strecksehne ein arterieller Ring mit Ästen z.B. an das Hufgelenk und die Strecksehne. Laut KAINER (1989b) anastomosiert der **Ramus palmaris phalangis intermediae**, der aus der Zehenarterie in Höhe des Kronbeins abzweigt, dort, wo sich die beiden seitlichen Haltebänder des Strahlbeins untereinander und mit dem Strahlbein verbinden, mit dem der Gegenseite. Arterien, die aus diesem *Ramus* kommen, bilden einen *Plexus*, von dem aus fünf bis neun (laut GABRIEL (1998) neun bis fünfzehn) Endäste von

proximal in das Strahlbein eindringen. Hierzu im Gegensatz stehen die Verhältnisse an der Hintergliedmaße. Die Gefäße des Plexus stammen zur Hälfte aus plantar an der *Phalanx media* befindlichen Arterien, die anderen aus einem **Ramus collateralis** dieser Arterien (KAINER 1989b).

Seitlich der Strahlbeinränder gibt die entsprechende Zehenarterie einen **Ramus dorsalis phalangis distalis (Hufbeinwandarterie)** an das Hufbein ab. Distal der seitlichen Strahlbeinränder entlässt die jeweilige *Arteria digitalis* ein bis drei kleine Ästchen, die sich weiter verzweigen und in den *Margo distalis* des Strahlbeins nahe seiner seitlichen Ränder eindringen (JAMES et al. 1980). Die Zehenarterien verlaufen im *Sulcus solearis* auf der Sohlenfläche der *Phalanx distalis*. Beide Arterien geben einen Ast in die *Ligamenta sesamoidea collateralia mediale* und *laterale* ab, die wiederum sechs bis neun Äste für das Strahlbein abspalten. Radiär verlaufende Arteriolen versorgen die distalen beiden Drittel des Knochens. Ihre Anzahl ist an der Hintergliedmaße signifikant erhöht (KAINER 1989b). Jede *Arteria digitalis* tritt durch das *Foramen soleare* in das Hufbein ein und anastomosiert mit der kontralateralen, so dass ein **Arcus terminalis** entsteht.

Die **Venae digitales medialis** oder **lateralis** sorgen für den Blutabfluss aus dem **oberflächlichen** und **tiefen venösen Plexus** und den **Venae coronales**. Der venöse **Arcus terminalis** begleitet den arteriellen. Aus dem *Foramen soleare* treten ein abaxial und ein dorsal der Zehenarterie gelegener Ast. Diese vereinigen sich in Höhe des Strahlbeins zu einer gemeinsamen **Vena digitalis**. Zusätzlich treten venöse Gefäße auf, die die arteriellen Zuflüsse zu den proximalen und distalen Strahlbeinarterien begleiten. Diese münden in den abaxialen Venenast.

Die **Nervi digitales palmares** entlassen laut KAINER (1989b) in Höhe des Fesselgelenks jeweils einen **Ramus dorsalis**, der zwischen der korrespondierenden *Arteria* und *Vena digitalis* distal zieht, aber noch einen Ast abspaltet, der dorsal verläuft. Der *Nervus digitalis palmaris* nimmt in Höhe der Fesselbeuge im Gefäßnervenstrang die am weitesten palmar gelegene Position ein. Seine Äste versorgen im Hufbereich die Beugesehne, die Kapsel des Hufgelenks, das Strahlbein und dessen Bänder, die *Bursa podotrochlearis* sowie den palmaren Anteil der Hufknorpel.

2.2.8. Biomechanik

Nach KAINER (1989b) wird das Hufgelenk während der Fortbewegung selbst nur geringfügig bewegt. Dennoch ist im Galopp, wenn kurze Zeit die gesamte Gewichtslast des Tieres auf einer Schultergliedmaße ruht, ein starkes Durchtreten des Fesselgelenkes sichtbar, das auf der Beugung des Hufgelenks durch Einwirken der tiefen Beugesehne beruht. Das Hufgelenk als Sattelgelenk erlaubt prinzipiell eine dorso-palmarare Bewegung des Hufbeins anlässlich der **Flexion** und die **Extension**. Die *Phalanx distalis* erreicht bei der **Streckung** nur eine leichte Abweichung gegenüber der Zehenachse. Bei den Equiden haben komplementäre seitliche Bewegungen eine wichtige funktionale Bedeutung bei der Kompensation von Unregelmäßigkeiten des Bodens. Während der **Beugung** werden *Phalanx distalis* und Strahlbein durch die Kontraktion des *M. flexor digitalis profundus* in palmarer Richtung verschoben. Die distalen Haltebänder der proximalen Sesambeine sind dabei entspannt. Diese Bewegungen finden während der **Protraktion** in der Entlastungsphase statt. Die beginnende **Stützphase** ist durch eine passive Hyperflexion gekennzeichnet. Axialer Kompressionsdruck wird durch die Phalangen weitergeleitet und nur geringfügig kompensiert. Ein Nachgeben des *Os sesamoideum distale* in palmarodistaler Richtung bewirkt eine Anspannung der *Ligamenta sesamoidea collateralia*, dabei nimmt der Druck auf die *Bursa podotrochlearis* und die tiefe Beugesehne zu. Eine **Friktion** wird durch die Interposition der *Bursa podotrochlearis* zwischen tiefer Beugesehne und Strahlbein reduziert. Das Hufgelenk senkt sich ab (KAINER 1989b).

Während der **Extension** streckt sich die *Phalanx distalis* entlang der Zehenachse. In der Phase der **Propulsion** wird die Zehe vertikal gehalten, verursacht dadurch die passive Anspannung der tiefen Beugesehne. Auf diese Weise steigt der Druck auf die *Facies flexoria* des Strahlbeins (DENOIX 1996). Die Funktion der Sehne ist hier der Funktion während der Phase der **Protraktion** entgegengesetzt. Die **Extension** bewirkt die Anspannung der kollateralen und distalen Sesambeinbänder, die die Bewegung limitieren. Laterale und Ausweichbewegungen des Hufgelenks sind limitiert und wirken lediglich ergänzend. Alle Strukturen interagieren, stabilisieren die Artikulation und begrenzen passive Bewegungen der **Abduktion**, **Adduktion** und ebenso der **Rotation**: Die *Ligg. collateralia*, *sesamoidea collateralia*, die tiefe

Beugesehne und ihre palmare Aponeurose, die Strecksehne und die Unterstützungsbänder des *M. interosseus medius*.

LEACH (1993) beobachtete eine verkürzte vordere Schwingphase (Propulsion/Extension) bei am Podotrochlose erkrankten Tieren. Dies erklärt sich über den sich aufbauenden Druck auf den Podotrochlearapparat während dieser Phase. DENOIX (1999b) untersuchte die spezielle Biomechanik der Hufrolle. Er unterschied den Podotrochlearapparat in einen dorsalen passiven Anteil (*Scutum distale*), einen intermediären aktiven Anteil (tiefe Beugesehne) und einen palmaren passiven Anteil (*Ligamentum anulare digiti*). Hervorzuheben ist die biomechanische Analyse mittels einer hydraulischen Presse, die zeigt, dass unter Bedingungen, die schnellem Galopp oder der Fußung nach einem Sprung entsprechen, das Strahlbein nach distal und dorsal verschoben wird, d.h., es kommt zu einer unphysiologischen Belastung des *Margo distalis* während der Stützphase. Durch die Hyperflexion des Fesselgelenks wird die tiefe Beugesehne maximal angespannt. Ansonsten ist die Belastung des Podotrochlearapparats während der Phase der Propulsion, wie von DENOIX schon 1996 erwähnt, und während der asymmetrischen Belastung des Hufes (unregelmäßiger Boden) am höchsten.

2.3. Erkrankungen von Podotrochlea und Hufgelenk

2.3.1. Voruntersuchung

Eine Voruntersuchung und Anamnese ist erforderlich, um für die Diagnose richtungsweisende Hinweise zu erhalten.

Adspektion u. Palpation

Im Stand werden Umfangsvermehrung im Hufbereich, Veränderungen der Haut und Fehlstellungen registriert. Die Palpation gibt Gelegenheit, die Qualität von Umfangsvermehrungen näher zu bestimmen, Aussagen zu treffen, ob ein Ödem, Hyperthermie, Pulsation oder Schmerzhaftigkeit vorliegen. Als sogenannte Provokationsproben werden Brett- bzw. Keilproben eingesetzt, um eventuelle Schmerzreaktionen zu provozieren. Dem gleichen Zweck dient das Abdrücken des Hufes mittels einer Hufzange. (Siehe hierzu auch z.B. KNEZEVIC (1982).

Die **dynamische Untersuchung** umfasst an der Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort das Vorführen im Schritt in Achtertouren, Traben und Galoppieren beidhändig auf dem Zirkel mit Sand- und hartem Boden sowie das Vortraben an der Hand entlang einer Geraden, mit und ohne Voltigiergurt. Danach erfolgen Beugeproben verdächtiger Abschnitte zur Bestimmung betroffener Gliedmaßenabschnitte, der Form der Lahmheit und möglicherweise multipler oder beidseitiger Läsionen, wie sie z.B. bei der Podotrochlose beschrieben werden (STASHAK 1989). Eine sonographische Untersuchung kann angezeigt sein, wenn weder bei Adspektion, Palpation noch Belastungsproben oder röntgenologischer Untersuchung pathologische Besonderheiten vorlagen, sofern durch Anästhesie der Sitz einer Lahmheit in einem bestimmten Gliedmaßenabschnitt lokalisiert werden konnte.

Diagnostische Anästhesien

Leitungsanästhesien sollten entsprechend den Vorgaben in der Literatur (z.B. WYN-JONES (1988), KELLER (1986), STASHAK (1987), DYSON (1998)) durchgeführt werden.

2.3.2. Veränderungen von Hufbein und Hufknorpel

Im folgenden sollen Erkrankungen, die für den Podotrochlearapparat, das Hufgelenk und seine Adnexe relevant sind, angesprochen werden. Laut WINTZER (1997) haben Erkrankungen der Zehengelenke eine hervorzuhebende Bedeutung. Häufiger als das Krongelenk sind Huf- und Fesselgelenk betroffen.

Daneben kann das Hufbein auch Folgeerscheinungen einer Rehe, von Hornsäulen (Keratome) (z.B. in Form einer Druckatrophie) oder perforativen Erkrankungen ausgesetzt sein.

Hufbeinfrakturen

Der Fraktur der Phalanx distalis liegt meist ein externes, stumpfes Trauma zugrunde, so dass eine äußere Verletzung nicht sichtbar ist. Generell ist die Vordergliedmaße häufiger betroffen als die Hintergliedmaße (WINTZER 1997). Ist letztere betroffen, wird sie laut MCILWRAITH (1989) häufig mit Verletzungen der weiter proximal gelegenen Gliedmaßenabschnitte in Zusammenhang gebracht. Prädisponierende Faktoren (STASHAK 1987) bilden Neurektomie und Leitungsanästhesien der Zehennerven sowie hochgradige Hufknorpel-Verknöcherungen.

Intraartikuläre Frakturen

Intraartikuläre Frakturen sind wegen möglicher Folgen für das Hufgelenk von besonderer Wichtigkeit. In 50% der Fälle bedingt diese Art der Fraktur eine posttraumatisch entstehende *Arthropathia deformans* (STASHAK 1989).

Der Gelenkknorpel kann einerseits direkt durch den hindurchziehenden Frakturspalt beeinträchtigt sein, andererseits kann eine weitere Schädigung durch mechanischen Abrieb an den gegenüberliegenden Gelenkflächen bei frakturbedingter Knochenverlagerung entstehen. Knochensplinter können eine Synovitis hervorrufen. Sagittal- oder Schrägfrakturen können eine Art von intraartikulären Frakturen bilden. Verläuft hierbei der Bruchspalt quer vom Tragrand zum Gelenk, werden sie als Kommunikativbrüche bezeichnet. In diesen Fällen ist es möglich, bei Punktion des Hufgelenks blutige Flüssigkeit zu gewinnen (MCILWRAITH 1989).

Extraartikuläre Frakturen

Ein extraartikuläres Geschehen ist z.B. die Fraktur eines Hufbeinasts (STASHAK 1987).

Fraktur des Processus extensorius

STASHAK (1987) erläutert, dass die Schultergliedmaße ein- oder beidseitig, wesentlich seltener die Beckengliedmaße betroffen sei.

TERBERGER (1988) differenziert die Frakturen, die er als "Abbruch" ansieht, schematisch in einen horizontalen Abbruch des gesamten Streckfortsatzes, einen Abbruch des Kronrands und eine Vertikalfraktur des *Processus extensorius*.

In der Regel ist hierbei der dorsale Anteil der Hufgelenkscapsel zusätzlich betroffen, dies führt zu einer heftigen reaktiven Entzündung, die wiederum Grundlage einer sekundären *Arthropathia deformans* sein kann. Knochenzubildungen entstehen in der Nähe der Fraktur. Diese ermöglichen jedoch keine Verbindung von isoliertem Knochenstück und Basis am Hufbein, sondern umlagern das Fragment.

Exostosen des Processus extensorius

Exostosen des *Processus extensorius* bilden sich auch ohne traumatischen Abriss desselben in fortgeschrittener Form der tiefen Schale, infolge einer Periostitis aus. Ursache sind hierfür übermäßige Belastungen der Strecksehne und der *Ligg. accessoria* des *M. interosseus medius*. Im Anschluss an die Exostosenbildung entwickelt sich eine zur Chronizität neigende Arthritis des Hufgelenks (STASHAK 1989).

Ostitis

BUTLER et al. (1995) verweisen auf die Tatsache, dass die *Phalanx distalis* kein Knochenmark enthält und daher nicht von einer Osteomyelitis zu sprechen ist. Die äußeren Schichten der Kompakta gehen im Verlauf einer Ostitis unter Umständen zugrunde, während tiefere Kompaktaschichten aufgrund der Blutversorgung durch endostale Gefäße überleben. Durch eindringende Bakterien entsteht innerhalb einer Wunde eine dünne Schicht abgestorbenen Knochens, ein Sequester. In weit fortgeschrittenen Fällen ist ein Sequester von einem sklerotischen Rand umgeben,

der **Involucrum** genannt wird (TURNER 1987). Ein radiotransparenter Bereich (Sinus) kann von der infizierten Region ausgehen (BUTLER et al. 1995). BUTLER et al. stellen fest, dass die *Phalanx distalis* und das *Os sesamoideum distale* in ihrer Reaktion vorwiegend durch eine Neigung zur Knochenzerstörung ohne Neubildung gekennzeichnet sind.

Osteochondrose und Knochenzysten

Osteochondrose oder **Chondrodysplasie** wird einer Störung in der Zelldifferenzierung im wachsenden Knorpel zugeordnet. Die subchondrale Knochenoberfläche flacht ab und es bilden sich möglicherweise die subchondralen Knochenauflösungen aus (PARK et LEBEL 1989). Letztere werden auch als **zystoide Knochendefekte (osteous cystlike lesions)** bezeichnet. Die entstehenden Knorpelfragmente sind die Voraussetzung für die Bildung von **Corpora libera (Gelenkmäusen)**, durch die z.B. in Huf- und Strahlbein weitere Gelenkdefekte entstehen. In den tieferen hypertrophierten Knorpelschichten kommt es zu Nekrosen. Abhängig vom Ausmaß und der Lokalisation der Veränderung, können umschriebene Bereich des degenerierten Knorpels tief im subchondralen Knochen übrig bleiben und eben so zur Entstehung der zystoider Defekte führen.

Im Hufgelenk werden zystoide Knochendefekte am ehesten zentral angetroffen, auch sie bergen die Gefahr von Knocheneinbrüchen. Laut STASHAK (1989) ist bei Feststellung einer Osteochondrose die Röntgenuntersuchung der kontralateralen Gliedmaße angezeigt.

Hufbeinzysten entstehen zumeist an der Vordergliedmaße. Sie bilden in der Röntgenaufnahme eine in der Regel subchondrale, rundliche, unterhalb des *Processus extensorius* liegende Verschattung, deren Kontur von einer Zone sklerotisch verdichteten Knochens umgeben sein kann. Man bezeichnet sie als Knochenzysten, obwohl sie im Gegensatz zu echten Zysten nicht von einer Membran umgeben sind (PARK et LEBEL 1989). Ein solches Gebilde muss in laterolateraler und dorsoventraler Projektion nachgewiesen werden, auch wenn es in der seitlichen Darstellung eher verschwommen oder als Kerbe im Gelenkspalt lokalisiert ist (WINTZER 1997). HAACK, HERTSCH und BAEZ (1988) äußerten sich in ihrem Artikel über den zystoiden Defekt des Hufbeins des Pferdes, indem sie das Hufbein

der Vordergliedmaße, maßgeblich unilateral, als dessen häufigste Lokalisation angaben. Zwei Drittel der Zysten wiesen eine Kommunikation mit der Gelenkhöhle auf, in der Hälfte der Fälle verursachten sie allein eine geringgradige Lahmheit.

Der zystoide Defekt kann von einer Osteoarthrose begleitet sein.

Ossifikation der Hufknorpel

Ein metaplastischer Umbau der Hufknorpel beginnt meist an der Grenze zum Hufbeinast, oft verläuft er symptomlos oder beinhaltet das Bild einer chronisch-produktiven Knochenentzündung. Es können auch beliebig verteilte Ossifikationsherde, beispielsweise Verknöcherungskerne in den palmar respektive plantar gelegenen Anteilen vorliegen. Unterbrechungen in der Hufknorpelplatte können röntgenologisch eine Fraktur vortäuschen. Ursachen der Ossifikation liegen in übermäßiger Reizung, Zerrung, wiederholten Erschütterungen mit mechanischer Belastung der Seitenwände des Hufes (STASHAK 1989). An der Insertion der *Ligg. chondrocoronalia* und *chondroungularia* kann eine ossifizierende Periostitis entstehen, die die Gefahr der Verwechslung mit einer periartikulären Schale birgt. Die Entzündung kann auf Kron- und/oder Fesselbein übergreifen. Eine Verknöcherung des proximalen Anteils des *Cartilago unguularis* wird im Verlauf der Modifikation über der Krone äußerlich sicht- und palpierbar. Der Prozeß ist irreversibel (WINTZER 1997). Durch den Umbau der Hufknorpel wird im Eckstreben- und Sohlenwinkel die Huflederhaut gequetscht.

Fisteln des Hufknorpels

Fisteln des Hufknorpels bilden sich durch eine eitrige Infektion des Knorpelgewebes mit anschließender Nekrose nach Verletzung. Zunächst wird eine subkoronäre Phlegmone sichtbar, der sich ein Eiterdurchbruch oberhalb des Kronrands anschließt. Man kann durch den Fistelkanal den Knorpel sondieren. Auch hier besteht die Gefahr, dass die Infektion umliegendes Gewebe in Mitleidenschaft zieht (WINTZER 1997).

2.3.3. Veränderungen des Strahlbeins

Die Strahlbeinlahmheit stellt die bedeutendste Lahmheitsursache der Vordergliedmaße von Reit- und Springpferden dar, obwohl auch die Beckengliedmaße betroffen sein kann. Eine der Erkrankungen, die Podotrochlose, verursacht allein 35% der chronischen Lahmheiten der Vorhand (CAUDRON 1998). Laut CAUDRON (1998) betreffen 60% der Läsionen der Gliedmaßen die Vordergliedmaße, 95% haben ihren Sitz unterhalb des Karpus und betreffen die osteoartikulären Strukturen.

Strahlbeinfraktur

Zwischen 1981 und 1987 diagnostizierten MOREAU et al. (1996) bei 27 Pferden eine Strahlbeinfraktur. Einfache vertikale oder leicht schräge Frakturen befinden sich meist lateral oder medial dicht am Strahlbeinkamm. Im allgemeinen treten keine Dislokationen auf, dennoch ist röntgenologisch ein Frakturspalt zu erkennen. STASHAK (1989) fand eine Häufigkeit der Strahlbeinfraktur von 0,6%. Noch seltener sind Trümmerfrakturen mit oder ohne proximale oder distale Verlagerung von Fragmenten.

Die Strahlbeinfraktur kann infolge einer eitrigen Ostitis nach Perforation und Nekrose der tiefen Beugesehne (nach einem Nageltritt) oder traumatisch-aseptisch ausgelöst werden. Letztere Form entsteht nach einer starken Krafteinwirkung oder bei einer geringen Krafteinwirkung durch ungleichmäßig verteilten Druck von Kronbein und tiefer Beugesehne (WINTZER 1997). In diesem Fall besteht die Gefahr einer Zusammenhangstrennung, sofern eine Knochenumstrukturierung durch die navikuläre Form der Podotrochlose vorhergegangen ist. Dies wird auch als Ermüdungsfraktur oder pathologische Fraktur bezeichnet. Diese Fraktur kann von Veränderungen der *Facies flexoria* oder von überdimensionierten, weitreichenden *Canales sesamoidales* des *Margo distalis* ausgehen (KELLER et GRUNDMANN 1995).

Auch eine **Chip-Fraktur** des *Margo distalis* des Strahlbeins kann durch Zugeinwirkung ausgelöst werden. In der Regel bilden die Bruchflächen keinen Kallus aus, sondern lediglich eine **Syndesmose**, da es sehr schwierig ist, eine Immobilisierung der Strahlbeinfragmente zu erzielen. Auch hier ruft eine mögliche *Arthropathia deformans* oder bindegewebige Verwachsungen mit der tiefen Beugesehne Komplikationen hervor, die die Prognose verschlechtern. Infaust ist sie im Fall einer Ermüdungsfraktur (STASHAK 1989).

Mißbildungen des Strahlbeins

können sich aplastisch oder hypoplastisch darstellen, sind aber als Ausnahmeerscheinungen anzusehen und nur der Vollständigkeit halber aufgeführt. STASHAK (1989) erwähnt das angeborene Vorkommen dreigeteilter Strahlbeine. FARROW (1997) fand, dass diese Normalfall bilateral auftreten. Eine Fallstudie von FEENEY et al. (1980) zeigt ein Pferd, das am rechten Vorderbein ein dreigeteiltes und am linken Vorderbein ein zweigeteiltes Strahlbein hatte.

2.3.4. Podotrochlose

Die sogenannte **Hufrolle** oder **Podotrochlea** besteht aus dem Strahlbein mit seinen assoziierten Bändern, dem über das Strahlbein verlaufenden Anteil der tiefen Beugesehne und der *Bursa podotrochlearis* (WINTZER 1997).

Für ihre Erkrankung gibt es eine Vielzahl unterschiedliche Synonyme (POOL et al. 1989), wie z.B. Podotrochlose, Podotrochlitis, navicular disease, navicular syndrome, syndrome podotrochléaire, Strahlbein Syndrom, Podotrochlose, Podotrochlearsyndrom. In den letzten Jahren wird international das Krankheitsbild aufgrund seiner Komplexität tatsächlich mehr und mehr als Syndrom aufgefasst (DESBROSSE 1999a und b, DENOIX 1999). Es betrifft das Strahlbein und die benachbarten Weichteilstrukturen (*Bursa podotrochlearis*, Aponeurose der tiefen Beugesehne, kollaterale Sesambeinbänder, *Lig. sesamoideum distale impar* und den palmaren Anteil des Hufgelenks). SVASTALOGA (1983), SVASTALOGA und NIELSEN (1983) und POOL et al. (1989) nennen arthroseähnliche Phänomene als mögliche Ursache für die Podotrochlose, WRIGHT et al. (1998) beschreiben die Podotrochlose als degenerativ und osteoarthroseähnlich, klinische Erscheinungen treten oft erst in einem späteren Stadium auf. Darüber hinaus wird die klassische

Form der Erkrankung als chronisch und progressiv beschrieben (STASHAK 1989). Ohnehin weisen die meisten Pferde im zunehmenden Alter eine Veränderung der Strahlbeine auf, die nicht mit Lahmheit einhergeht (DIK et al. 1999).

BOWKER et al. (2001) fanden Veränderungen z. B. eine Abnahme des Proteoglykangehaltes im Knorpel des Hufgelenks, die im Rahmen von Arthrose auftreten. Im Bereich des Arthrose/Arthritis/Osteoarthritis-Komplexes gibt es unterschiedliche Auffassungen in Bezug auf seinen akut-entzündlichen oder chronisch-degenerativen Charakter (BUTLER et al. 1995).

Symptome der Podotrochlose sind intermittierendes Hinken unterschiedlicher Intensität, insbesondere, wenn die Pferde ohne angemessenes Aufwärmtraining gearbeitet werden. Da laut WINTZER (1997) mehr als 50% der Pferde beidseitig erkranken, ist eine deutliche Lahmheit nicht immer auszumachen. POOL et al. (1989) empfehlen sogar, die kontralaterale Gliedmaße zu untersuchen, um frühe Stadien der Erkrankung beobachten zu können. Gelegentlich zeigt sich die Erkrankung mit akuter Lahmheit. Auffällig ist eine Schonung der hinteren Hufabschnitte. Um eine Belastung der Hufrolle und den Hufmechanismus soweit wie möglich zu minimieren, wird laut WINTZER das Gewicht vermehrt auf den Zehenspitzenrand verlagert, sichtbar an einer übermäßigen Abnutzung von Hufeisen oder Hufhorn (auch LEACH 1993). Bei unbeschlagenen Pferden nimmt die Trachtenlänge im Verhältnis zum Zehenteil zu. Verstärkte Pulsation der Mittelfußarterie ist nur im Fall einer akuten Erkrankung vorhanden. Die Keilprobe/Brettprobe, Zehengelenksbeugeprobe und eventuell Zangenprobe im Bereich der Strahlspitze, sowie Perkussion in diesem Areal, fallen jedoch positiv aus. HERTSCH und HÖPPNER (1999a) dokumentierten untergeschobene Trachten und eine überstreckt gebrochene Zehenachse für die Podotrochlose. POOL et al. (1989) und TROTTER (2001) beschreiben eine „short heel, long toe, broken back foot/pastern axis conformation“ als typisch.

Das sogenannte Umspringen (Shift) der Lahmheit auf die kontralaterale Gliedmaße bei Leitungsanästhesie des zunächst offensichtlich lahmdenden Fußes gilt als deutliches Anzeichen einer vorhandenen Podotrochlose (WINTZER 1997, HERTSCH et HÖPPNER 1999a). STASHAK (1989) berichtet von spontan (ohne Leitungsanästhesie) auftretenden umspringenden Vorhandlahmheiten, die seiner

Meinung nach die Lokalisation der Lahmheit erschweren können. Die im Rahmen der Podotrochlose auftretenden Schmerzen können Rückenprobleme und andere Läsionen verursachen (DESBROSSE 1999a).

Obwohl die Podotrochlose seit langer Zeit beschrieben und untersucht wird, sind die Ätiologie und Pathogenese bisher nicht endgültig geklärt. Laut DIK et al. (2001) ist die Entwicklung der Podotrochlose eher an die Form des *Os sesamoideum distale* als an das Alter des entsprechenden Tieres gebunden. Bei CAUDRON (1998) werden drei verschiedene Entstehungstheorien aufgezählt.

Danach führt gemäß der **mechanischen Theorie** Überbelastung, beeinflusst von Faktoren wie Rasse, Arbeitstyp oder Fehlstellungen zur klinischen Erkrankung. Letzteres wurde von DENOIX (1999a) bestätigt.

Die Theorie der **vaskulären** oder **ischämischen Genese** geht von der Annahme aus, dass die Reduktion der Gefäßversorgung des Strahlbeins, ursprünglich ausgelöst durch eine Ischämie im Knochen, zu einer progressiven Osteoporose führt. Ursächlich für die Ischämie sollen arterielle Mikrothromben sein. TROTTER (2001) lehnt diese Theorie ab, da sich keine der Podotrochlose korrespondierenden histologischen Gewebeveränderungen nachweisen oder gar experimentell reproduzieren ließen.

Beide Theorien können in Form einer **gemischten Theorie** zusammengefasst werden. Mechanische Überbelastung führt laut CAUDRON (1998) zu einer Zunahme Gelenks- und Knocheninnendruck: Daraus resultiert sekundär eine herabgesetzte Durchblutung und der Umbau des Strahlbeins.

HERTSCH (1999) hingegen unterteilt in die Adaptations-, Ischämie- und Drucktheorie. Er ist, wie auch DESBROSSE (1999a), der Auffassung, dass letztendlich die Diagnose Podotrochlose nicht ausreichend ist, sondern vielmehr differenziert werden muss, um einen angemessenen therapeutischen Ansatz zu finden.

Eine Unterteilung der Podotrochlose in drei Formen, nahmen SERTEYN et al. (1995) und CAUDRON (1998) vor. Sie beschreiben als tendinöse Form die, bei der die *Facies flexoria* des Strahlbeins, die *Bursa podotrochlearis* und die tiefe Beugesehne betroffen sind. Die ligamentäre Form umfasst eine Insertionsdesmopathie der Kollateralbänder des Strahlbeins oder des *Lig. sesamoideum distale impar*, die eventuell mit einer Osteophytose einhergeht. Die artikuläre Form schließlich betrifft u.a. die Gelenkfläche des *Os sesamoideum distale*. Die intraartikuläre Anästhesie erweist sich ihrer Ansicht nach in diesem Fall als positiv.

In den letzten Jahren sind im Bereich Podotrochlose einige Erkenntnisse gewonnen worden (KEEGAN et al. 1997; WILSON et al. 2001; MCGUIGAN et WILSON (2001); BOWKER et al. 2001). GABRIEL et al. (1998) z.B. unterscheiden zusammenfassend die Relevanz der Form des *Margo distalis* des Strahlbeins für die Wahrscheinlichkeit einer Erkrankung. Wie bereits von HERTSCH und STEFFEN (1986) festgestellt wurde, sind die vorderen Strahlbeine klinisch wichtiger als die hinteren, der Score ist bei Stuten im Vergleich zu männlichen Tieren niedriger, Kaltblüter und schwere Warmblüter und Ponys sind eher betroffen als andere, Araber erkranken kaum an Podotrochlose, für im Sport eingesetzte Tiere ist der Score niedriger (relativ dichter Knochen), allerdings nimmt der Score für Sportpferde im Alter von 7-12 Jahren zu. Über die Bedeutung der *Canales sesamoidales* des *Margo distalis* herrscht geteilte Meinung (KIRCHNER 1996; SEYREK-INTAS et al. 1999).

KAINER (1989a) erwähnt in diesem Zusammenhang, dass eine verstärkte Gefäßversorgung (aktive/passive Hyperämie) im distalen Strahlbein eine Osteoporose nach sich zieht, die zu einer röntgenologisch nachweisbaren ballonartigen Auftreibung der Gefäßlöcher führt, die laut HERTSCH et al. (1982) ein Begleitphänomen der Podotrochlose darstellt. Letzteres wird durch die licht- und elektronenmikroskopische Untersuchung durch DROMMER et al. (1992) bestätigt. KAINER berichtet ferner (1989a), dass mittels thermographischer Untersuchung eine verringerte Durchblutung des distalen Abschnittes der Gliedmaße bei von der Podotrochlose betroffenen Pferden nachgewiesen werden kann. UELTSCHI (1999) wies mittels Szintigraphie eine erhöhte Aktivität des *Bone-Remodelling* nach: 80% der von Podotrochlose betroffenen Pferde zeigten eine Sklerose des Strahlbeins. POOL et al. (1989) gehen davon aus, dass es aufgrund einer medullären Fibrose zu

einem venösen Rückstau kommt, der zu Knochenschmerz führt, also die vorhergenannten Prämissen miteinander vereinbart. Weitere Begleiterscheinungen der Podotrochlose sind **Erosionen** des Knorpelüberzugs, später **Knorpelusuren**. Diese treten vor allem am Längskamm des Strahlbeins auf. Wobei man zwischen Usuren der hyalinen *Facies dorsalis* und Modifikationen der *Facies flexoria*, die von Faserknorpel bedeckt ist und inkonstant im mittleren Drittel auf der sagittalen Erhöhung eine Fossa synovialisähnliche Formation (HERTSCH und STEFFEN (1986): *Fossa nudata*) aufweist, differenzieren muss. Laut POOL et al. (1989) ist die Kortex unter diesen ovoiden Strukturen unverändert, histologisch zeichnen sie sich durch das Vorhandensein kollagener Fasern sowie einen herabgesetzten Knorpelzell- und Proteoglykangehalt aus. Die Autoren sehen in dieser Veränderung einen möglichen Ausgangspunkt für Adhäsionen mit der tiefen Beugesehne, da sich hier Granulationsgewebe ansiedeln kann.

Neben den Verwachsungen zwischen Strahlbein und tiefer Beugesehne werden eine **sklerosierende Ostitis** und **knöcherne Metaplasie** der kollateralen Sesambeinbänder und des *Lig. sesamoideum distale impar* beobachtet. Röntgenologisch sichtbare Abbauvorgänge treten an der *Facies flexoria* des *Os sesamoideum distale* als rundliche Schatten beidseitig des Strahlbeinkamms auf. Ferner können Osteophyten am *Margo proximalis* und an der Insertion des *Lig. sesamoideum distale impar* entstehen. Eine **senile Atrophie** des Knochens (siehe hierzu auch GABRIEL et al. 1999) tritt auf, seine **Demineralisation** ist selten. Eine weitere Erscheinung im Zusammenhang mit dem Podotrochlose sind zystoide Defekte des Strahlbeins. ØSTBLOM et al. (1989) vermuten, dass diese und ein irreversibler Knochensubstanzverlust im Strahlbein durch Überbelastung und einen wiederholten fehlgeleiteten Stimulus von Osteoklasten entstehen.

Unterschiede in der Strahlbeinkonfiguration weisen auf eine hereditäre Disposition hin (DIK et VAN DEN BROEK 1995). DIK et al. (1999) konnten beweisen, dass unterschiedliche Formen des Strahlbeins eine prädisponierende Rolle spielen und Nachkommen betroffener Hengste mit schlechter Strahlbeinkonformation ein erhöhtes Risiko haben, zu erkranken.

Nicht bei jeder Form des Podotrochloses muss das *Os sesamoideum distale* röntgenologisch verändert sein, um die Diagnose der Erkrankung zu rechtfertigen (JACKMANN et al. 1993; KELLER et GRUNDMANN 1995).

2.3.5. Veränderungen des Hufgelenks

Gelenktraumata

STASHAK (1989) unterteilt die Gelenktraumata zur leichteren Feststellung von Ursache und Therapie in drei Krankheitsbilder:

Typ 1) Traumatische Synovialitis (Synovitis) mit der Schädigung eines Bandes im Gelenk, aber auch bei der eines extraartikulär gelegenen Bandes oder Capsulitis ohne Zerstörung des Gelenkknorpels oder Zerreißung wichtiger Unterstützungsstrukturen

Hierzu gehören akute Synovitis sowie die meisten Distorsionen. Bei der einfachsten Distorsion bestehen lediglich minimale Faserzerreiungen, eine geringe Blutung in das Band, Schwellungen, Schmerzen und Dysfunktionen ohne Integritätsverlust (MCILWRAITH 1989).

Typ 2) Schweres Trauma mit Verletzung des Gelenkknorpels oder vollständiger Zerreißung wichtiger Unterstützungsstrukturen

Bedingt durch schwerere Verstauchungen können diese eine vollständige Ruptur der Bänder, ausgedehnte Schwellungen, Blutungen und Gelenkinstabilität hervorrufen, die ohne Behandlung unter Umständen bestehen bleiben (chronische Arthritis). Als **Abrissfraktur (Avulsionsfraktur)** wird der Abriss eines Bandansatzes einschließlich eines Knochenstückes bezeichnet.

Typ 3) Posttraumatische degenerative Gelenkerkrankungen

hervorgerufen durch kurzfristige oder langfristige Krafteinwirkungen, die primär oder sekundär eine *Arthropathia deformans* nach sich ziehen können.

Arthropathia deformans

Der Übergang zu diesem Krankheitsbild ist fließend. Es handelt sich um eine **sekundäre Arthrose**, laut MCILWRAITH (1989) um eine Osteoarthritis, deren Ursache in wiederholter Traumatisierung fehl- und berbelasteter Zehengelenke zu

suchen ist. Resultierende Kompensationsprozesse sind z.B. Dickenzunahme des Gelenkknorpels, die zu Stoffwechselstörung des Knorpels im Sinne einer Mangelversorgung mit einer progressiven Verschlechterung der Knorpelqualität führt. MCILWRAITH (1989) sieht die Zerstörung des Gelenkknorpels als das *sine qua non* degenerativer Gelenkerkrankungen an. Es entstehen lokale Absplitterung und Fragmentation (Auffaserung), durch die subchondraler Knochen freigelegt wird, aufgrund seines glänzenden und sklerotischen Aussehens wird dieser Zustand als **Eburneation** bezeichnet. Knorpelfragmente manifestieren sich häufig als ossifizierende *Corpora libera*.