

2 Literatur

2.1 Anatomie und Biomechanik des Ellbogengelenks

2.1.1 Knöcherne Bestandteile, Gelenkkapsel und Bänder

Knöcherne Bestandteile

Die Beschreibung der knöchernen Bestandteile des Ellbogengelenks beruht insbesondere auf den Darstellungen in den Lehrbüchern von ELLENBERGER und BAUM (1974), KOCH und BERG (1992), NICKEL *et al.* (1992), KÖNIG und LIEBIG (1999) sowie auf Arbeiten von GORING und BLOOMBERG (1983) und WAIBL (1994, 2002).

Das Ellbogengelenk setzt sich zusammen aus dem humeroradialen, dem humeroulnaren und dem proximalen radioulnaren Gelenk. Beteiligt sind das Oberarmbein (Humerus), die Speiche (Radius) und die Elle (Ulna). Die Ulna kreuzt den Radius, so dass ihr proximales Ende dem Radius medial anliegt, während sie distal lateral von ihm liegt. Der Humerus ist mit seinem distalen Ende, dem Condylus humeri, an der Gelenkbildung beteiligt. Der Condylus humeri ist zweigeteilt und setzt sich aus der kleineren medialen Gelenkrolle, Trochlea humeri, und dem größeren lateralen Köpfchen, Capitulum humeri, zusammen. Kaudal der Trochlea erheben sich die Muskelknorren: Der laterale Epicondylus dient den Streckmuskeln, der mediale den Beugern als Ursprung. Zwischen beiden Muskelknorren liegt proximal der Gelenkrolle die Fossa olecrani, in die bei Streckung der Processus anconaeus der Ulna gleitet. Kranial buchtet sich über der Trochlea die flache Fossa radialis ein. Das Foramen supratrochleare verbindet die beiden Gruben. Der Radius, als stärkerer Unterarmknochen, ist eine querovale, schlanke, leicht kranial gebogene Röhre. Das proximale Endstück ist zum Caput radii verdickt und setzt sich durch das Collum radii vom Schaft ab. An seiner Proximalfläche trägt der Kopf die flache Fovea capitis radii, die durch die Incisura trochlearis ulnae ergänzt wird. So wird der Condylus humeri sowohl vom Radius als auch von der Ulna getragen. Die an der Kaudalfläche

2 Literatur

des Radius gelegene *Circumferentia articularis* dient der gelenkigen Verbindung mit der halbmondförmigen Schale der *Incisura radialis* der Ulna. Die Ulna überragt bei den Haussäugetieren mit dem proximalen Endstück, *Olecranon*, den Radius. Dieses ist proximal zum Ellbogenhöcker, *Tuber olecrani*, verdickt. Am hakenförmigen *Processus anconaeus* beginnt die *Incisura trochlearis*, die die Gelenkfläche des Radius ergänzt. Die Basis der *Incisura trochlearis* zieht sich sowohl nach lateral als auch nach medial zum Kronfortsatz, *Processus coronoideus lateralis* und *medialis ulnae*, aus, wobei der mediale stärker ausgeprägt ist. Der dreiseitige Schaft der Ulna ist, wie der Radius, geringgradig kranial gebogen.

Die Gelenke

Das Ellbogengelenk, *Articulatio cubiti*, ist eine Kombination aus drei Gelenken, in der das distale Humerusende mit den beiden *Ossa antebrachii* artikuliert und so ein zusammengesetztes Gelenk bildet. Die *Articulatio radioulnare proximale* ist ein Drehgelenk. Sie erlaubt eine Pro- bzw. Supination von ca. 20°. Die anderen beiden Gelenke sind die *Articulatio humeroulnare* und *humeroradiale*. Sie stellen ein Walzengelenk und – der Funktion nach – ein vollkommenes Wechsel- oder Scharniergelenk dar. Die Hauptfunktion des *Humeroulnargelenks* ist, das Gelenk zu stabilisieren und die Beweglichkeit im Sinne einer Rotationsstabilität zu begrenzen (GRONDALEN, 1979b; NICKEL *et al.*, 1992; KÖNIG und LIEBIG, 1999).

Gelenkkapsel und Bänder

Die an den Gelenkrändern inserierende *Capsula articularis* umschließt die drei Gelenke. Die Gelenkkapsel ist an der Beugeseite durch schräg verlaufende Fasern verstärkt. Kollagene Fasern entspringen an der *Crista supracondylaris lateralis humeri* und teilen sich in zwei Schenkel, von denen der kürzere in das mediale Seitenband übergeht und der längere medial am Radiusrand endet. Für die drei an der Gelenkbildung beteiligten Knochen dienen die *Ligamenta collateralia lateralis* bzw. *medialis* als Verbindung von Humerus und *Ossa antebrachii*. Die Kollateralbänder entspringen in der Bandgrube des *Epicondylus lateralis* bzw. *medialis*, am distalen Ende des Humerus und teilen sich in einen kranialen am Radius und in einen kaudalen an der Ulna inserierenden Schenkel (KOCH *et al.*, 2005). Das *Ligamentum anulare radii* entspringt am *Processus coronoideus medialis ul-*

2.1 Anatomie und Biomechanik des Ellbogengelenks

nae und strahlt, nachdem es den Radiuskopf umrundet hat, in das laterale Seitenband ein. Zusammen mit der Ulna bildet das Ligamentum anulare einen Ring, in dem sich der Radius während der Rotation des Unterarmes dreht (ELLENBERGER und BAUM, 1974; KOCH und BERG, 1992; NICKEL *et al.*, 1992; KÖNIG und LIEBIG, 1999; WAIBL, 2002). Das Ligamentum olecrani entspringt am Epicondylus medialis humeri in der Fossa olecrani und setzt am Olekranon zwischen medialem vorderen Höcker und Processus anconaeus an. Es ist ein starkes kollagenes Band, das sowohl in Struktur als auch Stärke hohen Kräften standhalten kann (ENGELKE *et al.*, 2005). Zwischen den beiden Unterarmknochen zieht sich im Spatium interosseum auf ganzer Länge die schwache Membrana interossea antebrachii entlang. Das starke Ligamentum interosseum antebrachii befindet sich nur im mittleren Bereich des Unterarms (ELLENBERGER und BAUM, 1974; VOLLMERHAUS und ROOS, 1980; NICKEL *et al.*, 1992; KÖNIG und LIEBIG, 1999).

2.1.2 Biomechanik des Ellbogengelenks

Dem anatomischen Bau nach ist eine seitliche Bewegung des Ellbogengelenks nicht möglich: Seitwärts- und Drehbewegungen werden verhindert durch Führungskämme und -rinnen, durch die Seitenbänder, die nur eine Bewegung in der Sagittalebene zulassen und durch den Processus anconaeus der Ulna, der bei Streckung in die Fossa olecrani greift. Seitwärtsbewegungen sind bei relativ gestrecktem Gelenk kaum möglich (BERZON und QUICK, 1980; VOLLMERHAUS und ROOS, 1980; LEWIS *et al.*, 1989; KOCH und BERG, 1992). Der nach vorn offene Winkel des Gelenks beträgt etwa 140° (Basset und Dackel 110° bis 120°). Der äußerste Streckwinkel beträgt etwa 160° und die maximale Beugung liegt zwischen 30–60° (ELLENBERGER und BAUM, 1974; GRONDALEN, 1979b; KOCH und BERG, 1992; NICKEL *et al.*, 1992; WAIBL, 1994; BOULAY, 1998; SJÖSTROM, 1998; WAIBL, 2002). Aus der Normalstellung heraus ist eine Streckung von etwa 10° möglich.

Das humeroradiale Gelenk bzw. die Gelenkfläche des Radiuskopfes trägt zu 75–80% das Körpergewicht. Die Ulna übernimmt mit den Processus coronoidei 20–25% der Körperlast (ELLENBERGER und BAUM, 1974; BERZON und QUICK, 1980; LEWIS *et al.*, 1989; WIND, 1990; FOX *et al.*, 1983; FOX, 1984; WAIBL, 1994; SJÖSTROM, 1998). Der Processus coronoideus medialis ulnae macht beim Hund etwa zwei Drittel der ulnaren Gelenkfläche aus (WINHART, 1991). Bei zunehmender Beugung des Gelenks wird die ulnare Gelenkfläche stärker beansprucht, während sich der Anteil der radialen

2 Literatur

Gelenkfläche entsprechend verkleinert (BERZON und QUICK, 1980; GORING und BLOOMBERG, 1983). PRESTON *et al.* (2000) geben an, dass nur etwa 55% der Gelenkfläche des Radiuskopfes in Kontakt mit dem Humerus ist. WOL-SCHRIJN und WEIJS (2004) stellten beim Gelenk des Retrievers im Alter von 13, 16 und 18 Wochen fest, dass es keine perfekte Passform zwischen Radiuskopf und Capitulum humeri gibt und dass das mediale Koronoid in Folge dessen eine größere Belastung trägt, als es seine Größe vermuten lässt. Aufgrund computertomographischer Osteoabsorptiometrie (Knochendichtemessungen) am Ellbogengelenk des Hundes nehmen MAIERL *et al.* (2001), KÖRBEL *et al.* (2000) und SAMII *et al.* (2002) an, dass die bisher angegebene Lastverteilung anzuzweifeln ist, da die Belastung eines Gelenks maßgeblich vom Zug der Muskeln abhängt. Das Ellbogengelenk ist keine statische Einheit, sondern es wirken unterschiedliche Kräfte auf das Gelenk, die sich in Bewegung und bei zunehmender Laufgeschwindigkeit des Hundes noch enorm vergrößern. Die Ulna, insbesondere der Processus coronoideus medialis, übernimmt die Hauptlast, während der Radius eher eine untergeordnete Rolle spielt (MAIERL *et al.*, 2001; KÖRBEL *et al.*, 2000; SAMII *et al.*, 2002). Befunde und Untersuchungen über die Spannungsverteilung im Ellbogengelenk des Hundes lassen MAIERL *et al.* (2001) davon ausgehen, dass das Ellbogengelenk des Hundes eine physiologische Inkongruenz aufweist.

2.2 Skelettentwicklung und Wachstumsstörungen

2.2.1 Skelettentwicklung

Pränatal verknöchern die Diaphysen von Ulna und Radius zeitlich nach der Humerusdiaphyse (HENSCHEL, 1972) und bis zur Geburt sind beide Unterarmknochen als zwei nahezu gleichwertige Skelettstücke entstanden (VOLLMERHAUS und ROOS, 1980). Bei der Geburt ist der Diaphysenquerschnitt der Ulna etwas stärker ausgebildet als der des Radius, und die Processus coronoidei sowie das Olekranon sind vorgeformt. Die Ulna ist um das Ausmaß des Olekranons länger als der Radius (VOLLMERHAUS und ROOS, 1980).

Es sind natal beim Fleischfresser noch keine epi- und apophysären Knochenkerne der Ossa antebrachii sichtbar (HENSCHEL, 1972; VAN HERPEN, 1988). Die Ossifikationskerne der Epiphysen, die für das Längenwachstum verantwortlich sind, werden rasseabhängig zwischen der ersten und zehnten Lebenswoche nachweisbar (CHAPMAN, 1965; SCHRÖDER, 1978; NICKEL

2.2 Skelettentwicklung und Wachstumsstörungen

et al., 1992; TIETZ, 1997). Die Wachstumsrichtung des Humerus ist proximo-polar und die der Ossa antebrachii distopolar (HENSCHEL, 1972; VOLLMERHAUS und ROOS, 1980). HENSCHEL (1972) folgert daraus, dass eine unterschiedliche Wachstumspotenz der Epiphysenfugenscheiben besteht. In den ersten sechs bis sieben Lebensmonaten finden 90% des Längenwachstums statt (RISER und SHIRER, 1965) und mit etwa zehn Monaten ist das Längenwachstum abgeschlossen (HENSCHEL, 1972). Das Skelett kleinerer Rassen reift schneller als das größerer (COLLINS und CARRIG, 1983).

Humerus

Am distalen Endstück des Humerus finden sich drei Ossifikationszentren: Lateral das Capitulum humeri, medial die Trochlea humeri und der Epicondylus medialis humeri (HARE, 1961; LJUNGGREN *et al.*, 1966; WEBBON und CLAYTON-JONES, 1976; BOULAY, 1998; BRUNNBERG *et al.*, 2001). Die Ossifikationskerne der Humeruskondyle sind, je nach Autor, zwischen 14 und 36 Tage nach der Geburt nachweisbar, wobei sie am Capitulum zeitlich früher zu sehen sind. Der Ossifikationskern des Epicondylus ist zwischen der fünften und zehnten Lebenswoche zu finden (HARE, 1961; CHAPMAN, 1965; SCHRÖDER, 1978; VAN HERPEN, 1988; TIETZ, 1997). Die beiden Teile der Humeruskondyle sind mit ca. sechs Wochen verwachsen. Die distale Humerusepiphysenfuge schließt sich zwischen dem fünften und achten Lebensmonat. Die distale Apophyse, der Epicondylus medialis, schließt sich mit etwa sechs bis acht Monaten (HARE, 1961; CHAPMAN, 1965; SCHRÖDER, 1978; VAN HERPEN, 1988; TIETZ, 1997; WAIBL, 1994).

Radius

Die Diaphyse des Radius ist bereits zum Zeitpunkt der Geburt kranial gebogen (VOLLMERHAUS und ROOS, 1980). Er besitzt proximal und distal jeweils eine Epiphysenfuge. Der Ossifikationskern der proximalen Epiphysenfuge ist zwischen der dritten und fünften Lebenswoche zu sehen, der der distalen zwischen der zweiten und vierten Lebenswoche (HARE, 1961; CHAPMAN, 1965; HENSCHEL, 1972; VAN HERPEN, 1988). Am Längenwachstum hat die proximale Fuge mit einem Anteil von 30–40% eine geringere Wachstumspotenz als die distale mit 60–70%. Die proximale Epiphysenfuge schließt sich mit fünf bis acht und die distale mit vier bis acht Monaten

2 Literatur

(HARE, 1961; CHAPMAN, 1965; HENSCHEL, 1972; VOLLMERHAUS und ROOS, 1980; FOX, 1984; VAN HERPEN, 1988; WAIBL, 2002).

Ulna

Die Ulna ist monoepiphysär. Proximal weist das Tuber olecrani eine Apophyse auf, deren Ossifikationszentrum zwischen der fünften und achten Lebenswoche feststellbar ist, während das bei der distal gelegenen Epiphyse zwischen der vierten und achten Lebenswoche möglich ist. Die Apophysenfuge trägt mit 15–20% nur zur Ausformung und zum Längenwachstum des Olekranons bei. Der weitaus größere Anteil wird mit 80–85% von der distalen Epiphysenfuge getragen (HARE, 1961; CHAPMAN, 1965; HENSCHEL, 1972; MORGAN *et al.*, 1979; FOX, 1984; VAN HERPEN, 1988; GILSON *et al.*, 1989; DYCE *et al.*, 1991). Das Ulnalängenwachstum beruht auf der distalen Wachstumsfuge. Dies macht die konische Form möglich, durch die die Epiphysenoberfläche relativ vergrößert wird. Auch ist zur Zeit des stärksten Wachstums der ulnare Durchmesser gegenüber dem des Radius um etwa 50% ausgeprägter (FOX *et al.*, 1983; FOX, 1984). Beim Hund ist zudem ein separates Ossifikationszentrum des Processus anconaeus beschrieben (COLLINS und CARRIG, 1983; VAN HERPEN, 1988; NAP, 1996). Bis zur elften Lebenswoche ist es beim Deutschen Schäferhund knorpelig. Zwischen der zwölften und achtzehnten Lebenswoche bildet sich ein Ossifikationszentrum. Im Alter von vier bis sechs Monaten ist die Fuge verschlossen (SCHRÖDER, 1978; VAN HERPEN, 1988; FLÜCKIGER, 1992). OLSSON (1975, 1977) und SCHAWALDER (1990) vermuten ein eigenes Ossifikationszentrum für den medialen Kronfortsatz. Nach BERZON und QUICK (1980), GRONDALEN (1981), GORING und BLOOMBERG (1983), GUTHRIE *et al.* (1992) und WOLSCHRIJN und WEIJS (2004) weist der Processus coronoideus medialis ulnae kein eigenes Ossifikationszentrum auf. Er ist knorpelig angelegt und verknöchert nach 20–22 Wochen (BERZON und QUICK, 1980; FOX *et al.*, 1983; OLSSON, 1983; VAN HERPEN, 1988).

2.2.2 Wachstumsstörungen

Entwicklungsstörungen von Radius und Ulna bei jungen, schnell wachsenden und großwüchsigen Hunden sind problematisch, da die beiden Knochen auf ein paralleles und ausgewogenes Längenwachstum angewiesen

2.2 Skelettentwicklung und Wachstumsstörungen

sind (FOX *et al.*, 1983; BRUNNBERG, 1998). Ursächlich kann u. a. eine Entwicklungsstörung (Ellbogengelenksdysplasie, persistierender Knorpelzapfen der Ulna) oder eine Traumatisierung des wachsenden Knochens vorliegen (COLLINS und CARRIG, 1983; BRUNNBERG, 1998). In Folge eines Traumas im Welpenalter wird die Blutversorgung der Chondrozyten im Bereich der Wachstumsfuge gestört, was zur Ossifikation und zum Schluss der Wachstumsfuge führt (FOX *et al.*, 1983). Bleibt ein Knochen aufgrund eines vorzeitigen Fugenschlusses zurück, kann dies teilweise kompensiert werden (CARRIG und WORTMANN, 1981; SCHULZ und DAVIDSON, 1999; BRUNNBERG *et al.*, 2005). Ein frühzeitiger Schluss der distalen Ulnaepiphysenfuge ist die häufigste Komplikation der Epiphysenverletzungen beim Hund im wachstumsintensiven Alter zwischen dem vierten und siebten Lebensmonat (O'BRIEN, 1971; HENSCHEL, 1972; CARRIG *et al.*, 1975; COLLINS und CARRIG, 1983; FOX *et al.*, 1983; FOX, 1984; BRUNNBERG, 1998). Durch die konische Form der distalen Ulnaepiphyse kommt es meist zur Stauchung im Sinne einer Salter-Harris-Typ-V-Fraktur (FOX, 1984; BRUNNBERG, 1998). Als Folge wird das Wachstum der Ulna gehemmt. Der weiterwachsende Radius verkrümmt sich bogenförmig kranial (Radius curvus), so dass distal ein Carpus valgus entsteht, weil der Processus styloideus ulnae nicht weiter wächst. Rassetypisch ist dies beim Dackel. Weitere Symptome sind eine Exorotation des Unterarmes mit Pfortensupination sowie eine Subluxation der Gliedmaße im Ellbogen- und Karpalgelenk. Diese sind als präarthrotische Faktoren anzusehen. Bedeutend seltener ist der frühzeitige Schluss der proximalen bzw. distalen Radiusepiphysenfuge (O'BRIEN, 1971; COLLINS und CARRIG, 1983; FOX *et al.*, 1983; FOX, 1984). Die proximale Epiphysenfuge schließt früher als die distale, so dass bei einem frühzeitigen Schluss durch das kompensatorische verstärkte Wachstum der distalen, die Gesamtlänge des Radius meist nur wenig reduziert ist (COLLINS und CARRIG, 1983; FOX *et al.*, 1983). Der frühzeitige Schluss der distalen Radiusepiphysenfuge kann vollständig oder partiell sein. Ist die gesamte Wachstumsfuge betroffen, kommt es zu einem verkürzten (0,5 bis 1,2 cm), aber geraden Radius mit ausgeprägter Inkongruenz im Ellbogengelenk (MADELUNGSche Deformität) und zur Varisierung im Karpalgelenk. Klinisch zusammengefasst äußern sich die pathologischen Reaktionen der Wachstumsfugen der Ossa antebrachii folgendermaßen (BRUNNBERG, 1993):

- Unterarmverkürzung
- Längenmissverhältnis zwischen Radius und Ulna

2 Literatur

- Radius curvus
- Carpus valgus, Pfortensupination, Karpushyperextension
- Subluxatio antebrachii sive antebrachioarpea
- Ermüdungsfraktur des Processus anconaeus

Beim frühzeitigen Schluss der distalen Radius- und Ulnaepiphysenfuge ist die Ulnaverkürzung ausgeprägter. Der Grad der Verkürzung ist direkt proportional zur Wachstumspotenz (O'BRIEN, 1971). Den Grad der Unterarmverkürzung und die Winkelung im Karpalgelenk bestimmen der verletzte Knochen, die Art der Verletzung, das noch vorhandene Wachstumspotential zum Zeitpunkt der Verletzung und das Gewicht (O'BRIEN, 1971).

An stoffwechselbedingten Wachstumsstörungen, wie der hypertrophen Osteodystrophie, leiden vor allem schnell wachsende Hunde großer Rassen im Alter von drei bis sechs Monaten. Infolge gestörter Blutzufuhr im Metaphysenbereich langer Röhrenknochen, wie Radius und Ulna, kommt es zu verzögerter oder fehlender Ossifikation der hypertrophen Knorpelzone. Massive Entzündungen mit Blutungen, Nekrosen und Mikrofrakturen in der Metaphyse, die zur Anhebung der Knochenhaut und zu Knochenbildungen im Bereich der Epiphysenfugen führen, sind die Folge (BRUNNBERG, 1998). Der persistierende Knorpelzapfen der distalen Ulnametaphyse resultiert aus einer enchondralen Ossifikationsstörung. Hypertrophe hyaline Knorpelzellen sammeln sich an und formieren sich zu einer bis fünf Zentimeter langen Säule, die in die Ulnametaphyse hineinreichen kann. Abhängig vom Ausmaß des Knorpelzapfens wird das Längenwachstum der Ulna in Form einer Ulnaverkürzung gestört. Dem folgt ein Achsenfehler mit Radius curvus. Hunde großwüchsiger Rassen sind betroffen. Die Ätiologie ist nicht bekannt (COLLINS und CARRIG, 1983; Fox *et al.*, 1983; FOX, 1984; BRUNNBERG, 1998).

2.3 Ellbogengelenksdysplasie (ED)

Mit dem Begriff ED wird die abnormale Entwicklung des Ellbogengelenks beschrieben. Der älteste noch vorhandene radiologische Beleg der ED stammt aus dem Jahre 1931. Anfänglich wurde als Ursache ein Trauma angenommen. STIERN beschreibt 1956 bei einem Deutschen Schäferhund ein ektopisches Sesambein, das er als Patella cubiti bezeichnet (STIERN, 1956;

POBISCH *et al.*, 1972). Der Begriff „isolierter Processus anconaeus“ wird erstmalig durch CAWLEY und ARCHIBALD (1959) geprägt. CARLSON und SEVERIN (1961) benutzten als erste den Ausdruck „Ellbogengelenksdysplasie“ um den isolierten Processus anconaeus und eine abnormale Entwicklung des Ellbogengelenks zu beschreiben. LJUNGGREN *et al.* (1966) differenzieren drei Typen der ED: 1. Isolierter Processus anconaeus, 2. Patella cubiti (proximale Ulnaepiphyse ist separiert von der Ulnadiaphyse) und 3. Isolierter „Condylus medialis“ humeri (LJUNGGREN *et al.*, 1966; POBISCH *et al.*, 1972; GRONDALEN, 1979b). OLSSON beschreibt 1974 erstmals einen „neuen Typ der Ellbogengelenksdysplasie“: Die Osteochondrosis dissecans an der Trochlea humeri und den fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae. Diese und den isolierten Processus anconaeus ordnet er dem Komplex der Osteochondrosis zu (OLSSON, 1974, 1975, 1977, 1981, 1983; GRONDALEN, 1979a; ALEXANDER *et al.*, 1981; BOUDRIEAU *et al.*, 1982; GORING und BLOOMBERG, 1983). WIND stellt 1986 eine Inkongruenz als gemeinsame Ursache der Läsionen fest.

Die ED ist kein einheitliches Krankheitsbild, sondern subsumiert verschiedene Erkrankungen. Die International Elbow Working Group (IEWG) nennt zunächst nur vier Formen des ED-Komplexes. Sie wurden später um drei weitere Erkrankungen ergänzt (FLÜCKIGER, 1992; MARCELLIN-LITTLE *et al.*, 1994; ROVESTI *et al.*, 1998; KASA *et al.*, 2000; ROBINS, 1980; BRUNNBERG *et al.*, 2001; HAZEWINKEL, 2003):

1. Osteochondrosis dissecans „condylus medialis“ humeri (OCD)
2. Inkongruenz der Gelenkflächen (INC)
3. Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae (FPC)
4. Isolierter Processus anconaeus ulnae (IPA)
5. Intrakondyläre Osteochondrosis (Humerusfraktur)
6. Fragmentierter Epicondylus medialis humeri
7. Luxatio cubiti congenitalis

2.3.1 Pathogenese und Ätiologie

Osteochondrosis dissecans der Trochlea humeri (OCD)

Die Osteochondrose wird erstmalig 1888 von KÖNIG und beim Hund 1956 von BRASS beschrieben (HOHN, 1973). Meist betroffene Knochen sind der Humeruskopf vor der Trochlea humeri (MONTGOMERY *et al.*, 1994; HORST,

2 Literatur

2000). Weitere Lokalisationen sind Kniegelenk, Halswirbelsäule, distale Radiusgelenkfläche und Sprunggelenk. Die Osteochondrose ist eine endogene Störung der enchondralen Knochenreifung. Die Umwandlung der knorpeligen Vorstufe zu Knochen erfolgt unregelmäßig oder gar nicht, wodurch die Knorpelschicht an prädisponierten Stellen dicker wird. Die Diffusion kann den verdickten Knorpel in der Tiefe nicht erreichen, so dass tiefer gelegene Knorpelzellen absterben. Es entstehen Risse, Fissuren und Defekte an der Gelenkoberfläche.

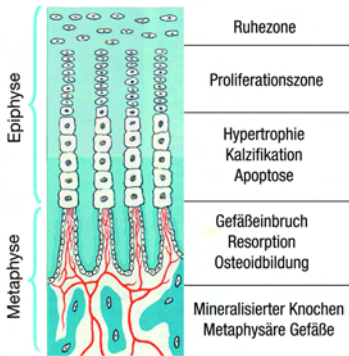


Abbildung 2.1: Gelenkknorpelaufbau

Am Rande des Defektes löst sich eine Knorpelplatte, die auch als Dissekat, Gelenkmaus oder Corpus liberum bezeichnet wird, von ihrer Unterlage (GRONDALEN, 1979b; BOUDRIEAU *et al.*, 1982; WALDE und TELLHELM, 1991). Dieses Stadium wird Osteochondrosis dissecans genannt. Sobald über Knorpelriss Gelenkflüssigkeit zum subchondralen Knochen gelangt, kommt es zu entzündlichen Reaktionen (Synovialitis), Viskositätsveränderungen der Synovia, vermehrter Gelenkfüllung, Schmerz und Lahmheit (OLSSON, 1975, 1981, 1983, 1974; GRONDALEN, 1979b; BERZON, 1979; ALEXANDER *et al.*, 1981; BOUDRIEAU *et al.*, 1982; GORING und BLOOMBERG, 1983; WALDE und HUTTER, 1984; BRUNNBERG und WAIBL, 1986; WALDE und TELLHELM, 1991; FLÜCKIGER, 1992; BRUNNBERG, 1998; HAZEWINKEL, 2003). Die Ätiologie der OCD ist multifaktoriell: Trauma, genetische Faktoren, schnelles Wachstum, Ernährung, Umwelteinflüsse und Durchblutungsstörungen werden als wichtigste ätiologische Komponenten vermutet. Eine örtliche Ischämie ist Ursache der Läsion (MILTON, 1983; EKMAN und CARLSON, 1998; KIRBERGER und FOURIE, 1998). Nach WEIS (1983) und WIND (1990) beruht die Osteochondrose der Trochlea humeri auf einer Inkongru-

2.3 Ellbogengelenksdysplasie (ED)

enz im Humeroulnargelenk. Die Incisura trochlearis der Ulna ist gegenüber dem Condylus humeri zu klein. Das verursacht eine unphysiologische Druckverteilung, die u. a. zur Osteochondrosis dissecans führen kann (ROSS und HERRON, 1980; WEIS, 1983; WIND, 1986; WIND und PACKARD, 1986; BRINKER *et al.*, 1990). Verbleiben Corpora libera im Defektbett, ist eine Spontanheilung ausgeschlossen (OLSSON, 1975). Abgelöste Knorpelschuppen können sich auflösen oder verkalken. Im Bereich des Ellbogengelenks sind schnell wachsende großwüchsige Hunde, insbesondere der Golden Retriever und der Labrador Retriever, betroffen. Männliche Tiere sind häufiger befallen als weibliche (OLSSON, 1975; GRONDALEN, 1979a; ROBINS, 1980; BOUDRIEAU *et al.*, 1982; WALDE und HUTTER, 1984; WALDE und TELLHELM, 1991; BRUNNBERG, 1998; HORST, 2000).

Inkongruenz des Ellbogengelenks (INC)

Bei Hunden chondrodystropher Rassen wie Basset, Dackel und anderen ist die Inkongruenz im Ellbogengelenk gut bekannt (BRINKER *et al.*, 1990). Sie ergibt sich aus einer relativ zu kurzen Ulna (Short-Ulna-Syndrom), einem zu kurzen Radius (Short-Radius-Syndrom) sowie einer ellipsoiden Verformung der Incisura trochlearis. Bei diesen zuvor genannten Rassen wird von BRUNNBERG (1998) das retardierende Längenwachstum der Ossa antebrachii durch vorzeitigen Schluss der Ulnaepiphysenfuge als Ursache angenommen.

Bei an ED erkrankten großen und mittelgroßen Hunderassen zeigen Analysen der Länge von Radius und Ulna eine statistisch signifikante relative Verlängerung des proximalen Ulnaabschnittes im Vergleich zu „ED gesunden“ Rassen. Die Inkongruenz zwischen dem distalen Ende der Incisura trochlearis und der proximalen Gelenkfläche des Radius kann bis zu drei Millimeter betragen. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass bei schwereren Rassen eine größere proximale Ulna notwendig ist, um die größere Trochlea humeri aufzunehmen, die für eine Artikulation mit einem kräftiger ausgebildeten Humerus notwendig ist. Das Erreichen dieser notwendigen größeren Incisura ist ein entscheidender Faktor für die Entstehung eines FPC, IPA oder OCD. Die Folgen einer unterentwickelten Inzisur sind ein reduzierter Gelenkspalt zwischen Processus anconaeus und Humeruskondylus, ein vergrößerter Abstand zwischen Zentrum der Ulnainzisur und dem der humeralen Gelenkfläche sowie ein zu enger Kontakt zwischen dem Processus coronoideus medialis und der Trochlea humeri (WIND, 1986; WIND

2 Literatur

und PACKARD, 1986; COLLINS *et al.*, 2001; WOLSCHRIJN und WEIJS, 2004). Auch VIEHMANN (1998) und BRUNNBERG *et al.* (1999) konnten mit computergestützten Messmethoden zeigen, dass beim Berner Sennenhund im Vergleich zum Rhodesian Ridgeback eine ellipsoide Ulnainzisur und höhere Stufen zwischen Radius und Ulna bestehen. Diese Zeichen einer Gelenksinkongruenz sowie größere Humeruskondylen sind in zunehmendem Maße beim Berner Sennenhund mit arthrotischen Veränderungen zu beobachten.

Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae (FPC)

Der Processus coronoideus medialis ulnae kann partiell oder vollständig frakturieren, oder mangelhaft verknöchern (HAZEWINKEL, 2003). Von dieser relativ häufigen Erkrankung betroffen sind schnell wachsende Hunde großwüchsiger Rassen (GRONDALEN, 1979b; BERZON und QUICK, 1980; TIRGARI, 1980; BENNETT *et al.*, 1981; WIND, 1986; WIND und PACKARD, 1986; FOX *et al.*, 1983; OLSSON, 1983; HAZEWINKEL *et al.*, 1988; CARPENTER *et al.*, 1993; BOULAY, 1998; BRUNNBERG, 1998; MEYER-LINDENBERG *et al.*, 2002; WOLSCHRIJN und WEIJS, 2004).

OLSSON beschreibt 1974 die klinischen und radiologischen Anzeichen von Osteoarthritis und nennt erstmalig Erosionen der Trochlea humeri mit einem losen Knochenfragment, das dem Processus coronoideus medialis ulnae entspricht. Er bezeichnet es als „isolierten“ Processus coronoideus medialis ulnae. Da er ein eigenes Ossifikationszentrum für den Processus coronoideus medialis ulnae vermutet, ordnet er es dem Komplex der Osteochondrosis zu. Auch TIRGARI (1974) bezeichnet die Erkrankung als Isolierten Processus coronoideus (GRONDALEN, 1979b; TIRGARI, 1980; BOULAY, 1998). Da ein Ossifikationszentrum nicht nachgewiesen werden kann, wird der Begriff FPC eingeführt (OLSSON, 1975; GRONDALEN, 1981; GORING und BLOOMBERG, 1983; FOX *et al.*, 1983). Angenommen wird, dass der OCD der Trochlea humeri und dem FPC eine gemeinsame Ätiologie zugrunde liegen, da sie nicht selten gemeinsam im Ellbogengelenk zu finden sind (MASON *et al.*, 1980; BRINKER *et al.*, 1990). OLSSON (1977) findet dies in 37% der Fälle.

Der sich entwickelnde mediale Kronfortsatz scheint prädisponiert für eine Osteochondrose, da er vollständig aus Knorpel besteht und seine Ossifikation relativ spät beendet ist (LEWIS *et al.*, 1989). Als Ursachen der Koronoidfraktur werden ein asynchrones Wachstum von Radius und Ulna (Short-Radius-Syndrom) und eine ellipsoide Dysplasie der Incisura trochlearis ulnae angesehen (WIND, 1986; FLÜCKIGER, 1992; BRUNNBERG, 1998;

2.3 Ellbogengelenksdysplasie (ED)

BOULAY, 1998). Die Inkongruenz führt zur Stufenbildung von wenigen Millimetern zwischen den Gelenkfläche des Radius und der des Processus coronoideus medialis ulnae, der damit überlastet wird. Diese genügt, um den relativ schwachen Kronfortsatz massiv zu überlasten (FLÜCKIGER, 1992). Es kommt zu einer Kranialverlagerung der Trochlea und zu pathologischen Druckverhältnissen mit ihren Folgen. WIND (1986); WIND und PACKARD (1986); BRUNNBERG und WAIBL (1986); WINHART (1991) unterscheiden drei Formen der Koronoidläsion. In der Reihenfolge der Häufigkeit sind dies nach WINHART (1991) eine Fraktur am Übergang zum kranialen Drittel des Processus coronoideus medialis ulnae, vor der Fissur in gleicher Lokalisation und die flächenhaften Abhebungen des Gelenkknorpels am radiusseitigen Rand des kranialen Teils des Processus coronoideus. Die dysplastische Incisura trochlaeris ist aufgrund ihrer ellipsoiden Form für den Condylus humeri zu klein, so dass sich eine unphysiologische Druckverteilung ergibt, die zur Koronoidfraktur führen kann (BRINKER *et al.*, 1990; TIETZ, 1997; VIEHMANN, 1998). Beim fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae entsteht ein mehr oder weniger verknöchertes Fragment (LEWIS *et al.*, 1989; GUTHRIE *et al.*, 1992). Ist das Koronoid verschoben, kann es zu Erosionen („kissing lesions“) an der gegenüberliegenden Trochlea humeri kommen (HAZEWINKEL, 2003). Sie erreichen nicht selten den subchondralen Knochen (READ, 1993). Für das unterschiedliche Längenwachstum der beiden Unterarmknochen können Störungen der enchondralen Ossifikation verantwortlich gemacht werden (WALDE und TELLHELM, 1991; MACPHERSON *et al.*, 1992; BOULAY, 1998). Weitere, die Erkrankung auslösende, Faktoren sind energiereiches und kalziumreiches Futter, wiederholte Mikrotraumen, Überbelastung durch Training oder zu hohes Körpergewicht (WALDE und TELLHELM, 1991; NAP, 1996).

Isolierter Processus anconaeus ulnae (IPA)

Der Schluss der Apophysenfuge zwischen Processus anconaeus und Olekranon bleibt aus (BRINKER *et al.*, 1990; CROSS und CHAMBERS, 1997). Diese Entwicklungsstörung betrifft sowohl Hunde großer Rassen (Deutscher Schäferhund, Bernhardiner, Labrador Retriever, Irischer Wolfshund, Pointer, Bloodhound, Weimaraner, Neufundländer) als auch die der chondrodystrophen. Insbesondere der Deutsche Schäferhund weist eine hohe Inzidenz auf. Männliche Hunde sind doppelt so häufig betroffen wie weibliche (PARISIUS, 1985; WIND, 1986; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; SJÖSTROM

2 Literatur

et al., 1995; SJÖSTROM, 1998). Für die Entstehung des IPA werden Entwicklungsanomalien, Nährstoffdefizite, Stoffwechsel- und Hormonstörungen sowie Traumata (CROSS und CHAMBERS, 1997; SJÖSTROM, 1998), wie auch eine spezielle Form der Chondrosis dissecans (FOX *et al.*, 1983; OLSSON, 1983), verantwortlich gemacht. Ein asynchrones Wachstum von Radius und Ulna als Ursache wird von WIND (1986), SJÖSTROM *et al.* (1995) und BRUNNBERG (1998) angenommen: Der Radius wird relativ länger als die Ulna und drückt die Trochlea humeri proximal. Der Druck wird über die Trochlea auf den Processus anconaeus übertragen, so dass ein Apophysenfugenschluss verhindert wird. Häufig besteht die Erkrankung beidseits (BRUNNBERG, 1998). Weiterer Faktor der Inkongruenz ist eine zu kleine Incisura trochlearis (WIND, 1986; WIND und PACKARD, 1986; BRINKER *et al.*, 1990; SJÖSTROM, 1998; HAZEWINKEL, 2003), die nach WIND (1986) Folge eines abnormalen Wachstums der Incisura trochlearis ulnae ist, so dass eine ellipsoide Gelenkfläche entsteht, die die Trochlea humeri nicht formschlüssig zu umfassen vermag. Die Trochlea humeri wird kranial vorgeschoben und der mediale Kronfortsatz sowie der Processus anconaeus werden gestresst. Dies bedenkend, müssten FPC und IPA an einem Gelenk häufiger kombiniert vorkommen, jedoch ist diese Kombination eher selten (WIND und PACKARD, 1986; CROSS und CHAMBERS, 1997; SJÖSTROM, 1998). Der gelöste Processus anconaeus bedingt eine Rotationsinstabilität im Ellbogengelenk. Synovitis mit Gelenkkapselverdickung und sekundäre Arthropathia deformans sind die Folgen (FLÜCKIGER, 1992; BRINKER *et al.*, 1990).

Nicht dislozierte, intrakondyläre Humerusfraktur

Der englische Ausdruck „incomplete ossification of the humeral condyle“ (IOHC) weist auf die Ätiologie dieser Erkrankung hin. Die intrakondyläre, nicht dislozierte Humerusfraktur ist Folge einer Ossifikationsstörung zwischen Capitulum und Trochlea humeri (MARCELLIN-LITTLE *et al.*, 1994; BRUNNBERG *et al.*, 2001; BURGER *et al.*, 2003). VANNINI *et al.* (1988b) berichten erstmals über intrakondyläre Humerusfrakturen bei 20 ausgewachsenen Hunden. BURGER *et al.* (2003) beschreibt eine nicht dislozierte, intrakondyläre Humerusfraktur bei einem Boxer, die von einem Osteosarkom in der Lokalisation begleitet war. Die beim Hund vorliegenden zwei Ossifikationszentren sind zunächst durch eine dünne Knorpelplatte getrennt (MARCELLIN-LITTLE *et al.*, 1994). Für Hunde der Spanielrassen nehmen VANNINI *et al.* (1988b), MARCELLIN-LITTLE *et al.* (1994) sowie BUTTERWORTH und

FINNES (2001) als Ursache eine Ossifikationsstörung des Condylus humeri an, weil diese Hunde signifikant häufiger betroffen sind als andere. Außerdem scheint beim Cocker Spaniel die inkomplette Ossifikation des Condylus humeri offenbar rezessiv vererbbar zu sein (MARCELLIN-LITTLE *et al.*, 1994). Bei großen Rassen wurden von diesem Frakturtyp beim adulten Rottweiler, Tibet-Mastiff, Labrador-Retriever, Riesenschнауzer, Deutschen Schäferhund und Pon berichtet (ROVESTI *et al.*, 1998; JANTHUR *et al.*, 2000; BRUNNBERG *et al.*, 2001; BUTTERWORTH und FINNES, 2001; ROBIN und MARCELLIN-LITTLE, 2001). Das zusätzlich fragmentierte Koronoid beim Rottweiler (ROVESTI *et al.*, 1998) und drei Spaniern sowie ein Short-Radius-Phänomen bei zwei Labrador-Retrievern lassen ROBIN und MARCELLIN-LITTLE (2001) vermuten, dass die intrakondyläre Humerusfraktur dem Formenkomplex der Ellbogengelenksdysplasie zugeordnet werden kann. Auch im Patientengut von BRUNNBERG *et al.* (2001) weisen ein Rottweiler und zwei Deutsche Schäferhunde zusätzlich eine Koronoidfraktur auf. Übereinstimmend mit der Studie von VANNINI *et al.* (1988a) sind auch bei BRUNNBERG *et al.* (2001) die Mehrzahl (7/9) der Hunde männlich. Der klinischen Diagnose ging eine teilweise bis zu zwei Jahren dauernde, chronische Lahmheit voraus (ROVESTI *et al.*, 1998; BRUNNBERG *et al.*, 2001). Die Chronizität des Frakturtyps belegen ROBIN und MARCELLIN-LITTLE (2001) histologisch mit Biopstatuntersuchungen aus den Frakturflächen, die eine erhöhte Osteoklastentätigkeit und einen Plasmazellreichtum aufwiesen. BRUNNBERG *et al.* (2001) kommen zu vergleichbaren Ergebnissen bei einem DSH mit beidseitiger intrakondylärer, nicht dislozierter Kondylusfraktur.

Fragmentierter Epicondylus medialis humeri

Die Epiphysenfugen zwischen Epicondylus medialis humeri und distalem Humerus schließen sich im Alter von sechs Monaten (HARE, 1961; CHAPMAN, 1965; SCHRÖDER, 1978; VAN HERPEN, 1988; WAIBL, 1994; HAZEWINKEL, 2003). Selten kann bei jungen Hunden eine hochgradige Lahmheit durch einen Abriss eines Teils des medialen Epicondylus hervorgerufen werden (HAZEWINKEL, 2003). Die knöchernen Gebilde im Epicondylusbereich werden unterschiedlich interpretiert: LJUNGGREN *et al.* (1966) berichten dies als erste bei einem acht Monate alten Deutschen Schäferhund und bezeichnen es als isolierten Epicondylus medialis humeri. Nach HENRY (1984) handelt es sich um eine intrakapsuläre Verkalkung distal des medialen Epicondylus. ZONTINE *et al.* (1989) vermuten einen knöchernen Abriss der Ur-

2 Literatur

sprungssehnen des Caput humerale des M. flexor carpi ulnaris bzw. des M. flexor digitalis superficialis. Die abgerissenen Fragmente bestehen aus vitalem Knochengewebe, welches durch Periost und Muskulatur vaskularisiert wird und weiter wachsen kann. Die Größe kann entsprechend die des eigentlichen Knochenstücks weit übertreffen (BRINKER *et al.*, 1990). Betroffen sind großwüchsige Rassen, insbesondere lebhaftere Hunde, wie Labrador und Golden Retriever (BRINKER *et al.*, 1990; KASA *et al.*, 2000).

Luxatio cubiti congenitalis

Die kongenitale Ellbogengelenksluxation, die häufig beidseits auftritt, ist eine Erkrankung junger Hunde und geht mit einer Lateralverlagerung des hypoplastischen Radiuskopfes einher. Sie ist im Gegensatz zur traumatischen Luxation sehr selten (HAZEWINKEL, 2003).

2.4 Diagnostik der Ellbogengelenksdysplasie

2.4.1 Die klinische Diagnose

Symptome, wie vermehrte Gelenkfüllung, Lahmheit und abnorme Gliedmaßenhaltung, können auf eine ED hinweisen. Unabhängig von der Grunderkrankung sind die klinischen Symptome im Frühstadium sehr dezent und werden nicht selten, da sie beidseits vorkommen, vom Tierhalter bagatellisiert (BRUNNBERG und WAIBL, 1986; WALDE und TELLHELM, 1991).

Symptome der ED können häufig schon im Alter zwischen drei und sieben Monaten zu beobachten sein. Nicht selten sind die Tiere bei Vorstellung aber schon 10–14 Monate alt und die Osteoarthrose kann weit fortgeschritten sein (WALDE und TELLHELM, 1991; PARISIUS, 1985; SCHLEICH, 1997). Die dann bereits chronische Lahmheit äußert sich in einem steifen, verkürzten Gang, besonders morgens und nach Ruhepausen mit vorausgegangener Belastung und ist progressiv (WISSLER und SUMMER-SMITH, 1977; GRONDALEN, 1979c; BERZON, 1979; DENNY und GIBBS, 1980; BERZON und QUICK, 1980; BENNETT *et al.*, 1981; BOUDRIEAU *et al.*, 1982; OLSSON, 1983; HOULTON, 1984; HAZEWINKEL *et al.*, 1988; WALDE und TELLHELM, 1991; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; BRUNNBERG, 1998; BOULAY, 1998; MORGAN *et al.*, 2000). Zudem kann ein paddelnder Gang, eine Supination der Vorderpfoten während der Gliedmaßenstreckung und eine Auswärtsrotation der

Pfote und Abduktion der Gliedmaße auftreten (HAZEWINKEL, 2002). Durch sekundäre Osteoarthrose, knöcherne Zubildungen und Kapselverdickung wird die Lahmheit mechanisch, und ein eingeschränkter Bewegungsradius ist die Folge (SjÖSTROM *et al.*, 1995; NAP, 1996; SjÖSTROM, 1998; MORGAN *et al.*, 2000). Abgesehen von typischen Gliedmaßenhaltungen kann beim stehenden kurzhaarigen Patienten eine vermehrte Gelenkfüllung vor allem lateral, zwischen dem Olekranon und dem Epicondylus lateralis, deutlich erkennbar sein (BRUNNBERG und WAIBL, 1986; BRUNNBERG, 1998). Eine merkliche Muskelatrophie besonders der Schultermuskulatur ist nach LEWIS *et al.* (1989) und OLSSON (1983) selten bzw. wird erst später deutlich (FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; MORGAN *et al.*, 2000).

Klinische Zeichen bei der Osteochondrosis dissecans der Trochlea humeri und dem fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae

Eine OCD entwickelt sich zwischen dem vierten und sechsten Lebensmonat und führt frühzeitiger als der FPC zur Lahmheit. Nach WISSLER und SUMMER-SMITH (1977); DENNY und GIBBS (1980); BOUDRIEAU *et al.* (1982); WALDE und TELLHELM (1991) lassen sich die klinischen Zeichen der OCD des Ellbogengelenks nicht von denen des FPC unterscheiden. Im Stand wird die Gliedmaßenstellung typisch mit der Pfote auswärts gedreht und ab dem Ellbogengelenk abduziert sowie der Ellbogen am Körper gehalten, um die mediale Partie des Ellbogengelenks zu entlasten (OLSSON, 1975; BERZON, 1979; BENNETT *et al.*, 1981; BOUDRIEAU *et al.*, 1982; BRUNNBERG und WAIBL, 1986; LEWIS *et al.*, 1989; WALDE und TELLHELM, 1991; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; BRUNNBERG, 1998; BOULAY, 1998; HAZEWINKEL, 2002, 2003). Die Schmerzhaftigkeit wird von knorpeligen oder knöchernen Fragmenten und einer sekundären Synovitis hervorgerufen. Hyperextension und -flexion sind schmerzhaft (BERZON und QUICK, 1980; MASON *et al.*, 1980; BENNETT *et al.*, 1981; BOUDRIEAU *et al.*, 1982; OLSSON, 1983; BRUNNBERG und WAIBL, 1986; WALDE und TELLHELM, 1991; BRUNNBERG, 1998; HAZEWINKEL, 2003). Um die medialen Strukturen im Bereich des Ellbogengelenks zu prüfen, wird die Gliedmaße im Karpalgelenk um 90° gebeugt und die Pfote supiniert. Dies führt zu einem verstärktem Druck auf das radioulnare Gelenk und die mediale Ellbogenregion (BRUNNBERG, 1998; HAZEWINKEL, 2002, 2003). Auch bei Extension mit gleichzeitiger Pronation zeigen Tiere mit FCP oder OCD deutliche Reaktionen (FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992).

2 Literatur

Klinik beim isolierten Processus anconaeus

Die definitive Diagnose eines Processus anconaeus isolatus sollte nicht gestellt werden, bevor der Hund nicht 20 Wochen alt ist, da sich die Physisenfuge des Processus anconaeus erst in der 16. bis 20. Woche geschlossen haben soll (BRUNNBERG, 1998; SJÖSTROM, 1998). Die meisten Patienten werden im Alter zwischen fünf und zwölf Monaten vorgestellt (HAZEWINKEL *et al.*, 1988; GUTHRIE, 1989; NAP, 1996; SJÖSTROM, 1998). Es wird aber auch von klinischen Symptomen bei Patienten bis zu viereinhalb Jahren (NAP, 1996) bzw. sechs Jahren berichtet (CROSS und CHAMBERS, 1997). Die für einen IPA typische Gliedmaßenstellung ist eine Abduktion von Pfote und Unterarm bei Adduktion des Ellbogengelenks. Das Gelenk ist vermehrt gefüllt und ist bei Hyperextension schmerzhaft (SJÖSTROM *et al.*, 1995; NAP, 1996; SJÖSTROM, 1998; BRUNNBERG, 1998; HAZEWINKEL, 2002, 2003).

Klinik bei nicht dislozierter, intrakondylärer Humerusfraktur

Die Tiere weisen eine hochgradige Stützbeinlahmheit sowie Schmerzhaftigkeit und Krepitation bei Überstreckung des Ellbogengelenks auf (ROVESTI *et al.*, 1998; BRUNNBERG, 1998; ROBIN und MARCELLIN-LITTLE, 2001; HAZEWINKEL, 2003). Eine deutliche Entlastung der Gliedmaße im Stehen und Sitzen sowie Einklappen der Gliedmaße unter den Brustkorb unter Flexion von Ellbogen- und Karpalgelenk im Liegen sind ebenfalls beschrieben (ROBIN und MARCELLIN-LITTLE, 2001).

Klinik beim fragmentierten Epicondylus medialis humeri

Die Patienten weisen eine deutliche Lahmheit (BRINKER *et al.*, 1990), ein bei Beugung und Streckung schmerzhaftes sowie hochgradig gefülltes Gelenk auf (BRINKER *et al.*, 1990; KASA *et al.*, 2000).

2.4.2 Die Röntgendiagnostik

Wegen der hohen Inzidenzrate einer beidseitigen Erkrankung, sollten immer beide Ellbogengelenke im Röntgengrundbildpaar dargestellt werden (FOX *et al.*, 1983; BRUNNBERG und WAIBL, 1986; PROBST, 1988; LEWIS *et al.*, 1989). Wegen der großen physiologischen Varianz ermöglicht die gleichzeitige Aufnahme der vermeintlich gesunden Seite einen Vergleich beson-

ders des Epiphysenfugenbereiches (NYLAND und ACKERMANN, 1977; GORING und BLOOMBERG, 1983; KIRBERGER und FOURIE, 1998). OLSSON (1975) empfiehlt zusätzlich Röntgenaufnahmen der Schultergelenke anzufertigen, da die klinischen Symptome nicht immer eindeutig einem Gelenk zuzuordnen sind.

Projektionen und Lagerungen

Das Röntgengrundbildpaar, d. h. zwei senkrecht zueinander (orthograd) stehende Ebenen, sind für die Diagnose essentiell (WEBBON und CLAYTON-JONES, 1976; VOORHOUT und HAZEWINKEL, 1987; GUTHRIE *et al.*, 1991; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992). Als Standardprojektionen gelten die mediolateral gestreckte und die kraniokaudale Aufnahme (DENNY und GIBBS, 1980; BERZON und QUICK, 1980; BOUDRIEU *et al.*, 1982; WALDE und HUTTER, 1984; PROBST, 1988; BOULAY, 1998; MORGAN *et al.*, 2000).

Um einen FPC, eine OCD oder einen IPA zu diagnostizieren, sind weitere Röntgenaufnahmen in verschiedenen Projektionen beschrieben (OLSSON, 1975; NYLAND und ACKERMANN, 1977; ROBINS, 1980; GORING und BLOOMBERG, 1983; BOULAY, 1998). Besondere Lagerungen werden empfohlen, um bestimmte Gelenkanteile, insbesondere den Processus coronoideus medialis ulnae, herauszuprojezieren (WISSLER und SUMMER-SMITH, 1977; BERZON und QUICK, 1980; ROBINS, 1980; GRONDALEN, 1982; HENRY, 1984; BRUNNBERG und WAIBL, 1986; VOORHOUT und HAZEWINKEL, 1987; LEWIS *et al.*, 1989; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; MIYABAYASHI *et al.*, 1995; HAUDIQUET *et al.*, 2002; HAZEWINKEL, 2003).

Befunde der jeweiligen Projektionen

Mediolateral gestreckt

Mit dieser Lagerung lässt sich die Kongruenz des Ellbogengelenks beurteilen (MASON *et al.*, 1980). Der Gelenkspalt soll symmetrisch und halbmondförmig und die Gelenkfläche des Radiuskopfes auf gleicher Höhe mit dem medialen Kronfortsatz sein (ROBINS, 1980). Der gesunde Kronfortsatz kann entlang der kranialen Ulnakontur verfolgt werden und ist um 45° nach kranial geneigt. Das spitze Ende des Kronfortsatzes endet am humeroulnaren Gelenk als scharf begrenzte und deutlich sichtbare Struktur (BERRY, 1992). MIYABAYASHI *et al.* (1995) konnten nur bei 50% die kraniale Begrenzung des

2 Literatur

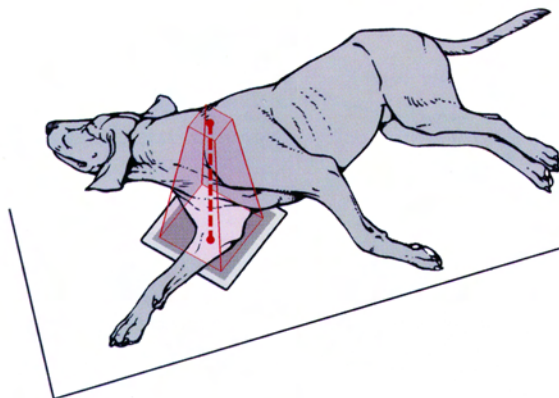


Abbildung 2.2: Lagerung bei der mediolateralen Projektion (aus SCHEBITZ u. WILKENS 2005)

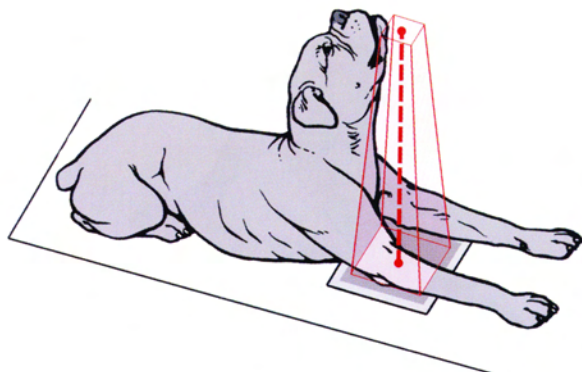


Abbildung 2.3: Lagerung bei der kraniokaudalen Projektion (aus SCHEBITZ u. WILKENS 2005)

Processus coronoideus medialis ulnae radiologisch optimal darstellen, da kraniale und mediale Ecke des Kronfortsatzes nicht an die Höhe des subchondralen Knochens des Radiuskopfes heranreichen. Nach MASON *et al.* (1980) sind bei 36% der Patienten arthrotische Läsionen zu sehen. Diese Zubildungen sind kranial am Radiuskopf, entlang des Randes der Ulnainzisierung, dorsal am Processus anconaeus („Anconaeusdach“), kaudal des Processus coronoideus medialis ulnae, an der kaudalen Oberfläche der lateralen Kondyluskante und kranial an der Trochlea humeri zu finden (MASON *et al.*, 1980; MORGAN *et al.*, 2000).

Mediolateral gebeugt

Befunde sind arthrotische Zubildungen am Anconaeusdach, am kaudalen Rand des Epicondylus medialis und lateralis und am Radiuskopf (OLSSON, 1975; DENNY und GIBBS, 1980; BERZON und QUICK, 1980; MASON *et al.*, 1980; BENNETT *et al.*, 1981; BOUDRIEU *et al.*, 1982; GORING und BLOOMBERG, 1983; OLSSON, 1983; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; HORNOF *et al.*, 2000; MORGAN *et al.*, 2000). Der Processus anconaeus lässt sich damit überlagerungsfrei darstellen (OLSSON, 1975; ROBINS, 1980; OLSSON, 1983; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; BOULAY, 1998). MASON *et al.* (1980) entdeckten bei 97% der in dieser Position geröntgten Gelenke Läsionen. Nach VOORHOUT und HAZEWINKEL (1987) gibt die stark gebeugte seitliche Aufnahme nicht genug Informationen. Besonders bei maximaler Beugung können Zubildungen kranial der Trochlea und am Radiuskopf überlagert sein (BENNETT *et al.*, 1981; HENRY, 1984; VOORHOUT und HAZEWINKEL, 1987). Ebenso lässt sich der Gelenkspalt nicht exakt beurteilen (ROBINS, 1980; HORNOF *et al.*, 2000).

Kraniokaudal

Mit dieser Standardposition (WAIBL *et al.*, 2005) lassen sich Informationen zur Konfiguration – Kongruenz, Inkongruenz – des humeroradialen und humeroulnaren Gelenks gewinnen (ROBINS, 1980; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992). Das Gelenk gilt als inkongruent, wenn der Spalt zwischen Trochlea humeri und Kronfortsatz enger ist als der zwischen Fovea capitis radii und Capitulum humeri (SCHLEICH, 1999). In dieser Lagerung werden Osteophyten an der medialen Seite des Processus coronoideus medialis ulnae, an der lateralen Seite des Radiuskopfes und im Bereich des distalen Humerusabschnittes sichtbar (MASON *et al.*, 1980; OLSSON, 1983; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; HORNOF *et al.*, 2000). Eine Beurteilung

2 Literatur

der Region zwischen Radiuskopf und Kronfortsatz ist aufgrund der Überlagerung durch die Ulna nicht möglich (ROBINS, 1980).

Kraniokaudal medial oblique

Um überlagerungsfrei die medialen Gelenkabschnitte darzustellen, wird der Unterarm pronatiert, dabei verlagert sich gleichzeitig das Olekranon nach lateral. Der Grad der Rotation beträgt 10° bis 50° (SCHLEICH, 1999). Sowohl der mediale Kronfortsatz als auch die Gelenkfläche der Trochlea humeri werden mit dieser Projektion gut dargestellt (ROBINS, 1980; GORING und BLOOMBERG, 1983; VOORHOUT und HAZEWINKEL, 1987; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; HAZEWINKEL, 2003). Osteophytäre Zubildungen medial des Gelenkspaltes und besonders am Processus coronoideus medialis ulnae sowie isolierte Fragmente kranial am Kronfortsatz werden abgebildet. Auch kaudal gelegene Gelenksbereiche lassen sich beurteilen (ROBINS, 1980). Um Defekte zuverlässig darstellen zu können, sollte das Ellbogengelenk in dem Winkel geröntgt werden, in dem es der Patient unter Belastung hält (OLSSON, 1983).

Kraniokaudal lateral oblique

Dazu wird der Unterarm supiniert. Besonders werden die lateralen Gelenkstrukturen, Ränder, der Epicondylus lateralis und gegebenenfalls das Sesambein im Ligamentum anulare radii gut abgebildet (ROBINS, 1980; VOORHOUT und HAZEWINKEL, 1987; KIRBERGER und FOURIE, 1998).

Distomedial-proximolateral oblique (Di35M-PrLO)

Diese Projektion wurde von HAUDIQUET *et al.* (2002) zur besseren röntgenologischen Darstellung des Processus coronoideus medialis ulnae beschrieben. Der Hund liegt dazu auf der zu röntgenden Gliedmaße. Sie wird mit einem keilförmigen Schaumstoffkissen so unterlagert, dass sie um 35° erhöht ist. Das Ellbogengelenk ist 90° gebeugt und die Pfote etwa 40° supiniert.

Der mediale Kronfortsatz konnte mit der Di35M-PrLO-Projektion von drei unabhängigen Gutachtern in allen Fällen sicher (100%) identifiziert werden. Diese Projektion läßt allerdings eher die Beurteilung eines abnormalen als eines fragmentierten Kronfortsatzes zu. Die Di35M-PrLO-Projektion weist außerdem eine höhere Übereinstimmung zwischen den Gutachtern in Hinblick auf die Erkennung einer Fraktur des Kronfortsatzes auf (HAUDIQUET *et al.*, 2002).

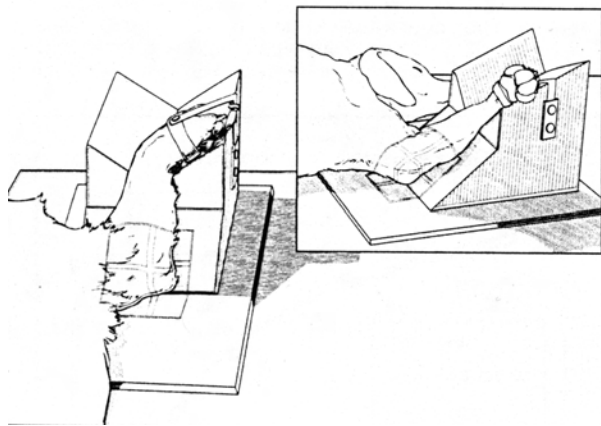


Abbildung 2.4: Di35M-PrLO-Projektion (aus HAUDIQUET *et al.* (2002))

Röntgenbefunde bei der Ellbogengelenksdysplasie

Es wird zwischen dem direkten (primären) Nachweis einer Erkrankung aus dem ED-Komplex und indirekten (sekundären) Hinweisen wie arthrotischen Veränderungen unterschieden (WALDE und TELLHELM, 1991; BERRY, 1992; MIYABAYASHI *et al.*, 1995; SCHLEICH, 1999).

Typisch lassen sich diese Hinweise (Osteophyten) lateral und medial an den Epikondylen und kranial am Rand der Humerusgelenkfläche finden. Sie können bis zu sieben Millimeter Dicke erreichen (TIRGARI, 1974; BERZON und QUICK, 1980; SCHLEICH, 1999). Am Radius sind die Osteophyten ebenfalls kranial entdeckt worden. Sie erreichen gelegentlich solche Ausmaße, dass die Beugung gehemmt sein kann (TIRGARI, 1974; BENNETT *et al.*, 1981; GORING und BLOOMBERG, 1983; SCHLEICH, 1999; FLÜCKIGER, 2003). An der Ulna bilden sich Zubildungen vor allem am medialen Kronfortsatz, dorsal am Processus anconaeus sowie kranialateral und kranio medial am Bandhöcker (TIRGARI, 1974; BENNETT *et al.*, 1981; GORING und BLOOMBERG, 1983; HENRY, 1984; BERRY, 1992; SCHLEICH, 1999). Fehlen radiologische Veränderungen, wird empfohlen, nach vier bis acht Wochen nochmals zu röntgen (NYLAND und ACKERMANN, 1977; ROBINS, 1980; BENNETT *et al.*, 1981; BOURDRIEU *et al.*, 1982; FOX *et al.*, 1983; GORING und BLOOMBERG, 1983; LEWIS *et al.*, 1989; WALDE und TELLHELM, 1991; CARPENTER *et al.*, 1993). Nach WALDE und TELLHELM (1991) sollte man sich mit einem negativen Ergebnis der

Röntgenuntersuchung bei jungen Hunden mit Beuge- und Streckerschmerz nie zufrieden geben, bevor das Ausbleiben einer Osteoarthrose bis zum zweiten Lebensjahr eine Osteochondrose eher ausschließt.

Röntgenologische Veränderungen beim fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae

Ein fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae ist diagnostisch für eine ED, wird aber selten erkannt (BERRY, 1992; LANG *et al.*, 1998; HORNOF *et al.*, 2000).

Nach KIRBERGER und FOURIE (1998) ist er in 9,8% der Fälle sichtbar und in einer Studie von CARPENTER *et al.* (1993) liegt die röntgenologische Sensitivität eines FPC bei 23,5%, während sie 88,2% bei der Computertomographie beträgt. Ist das mediale Fragment nicht zu sehen, heißt das nicht, dass kein FPC besteht. Eher kann angenommen werden, dass ein fehlendes Koronoid sehr auf eine Koronoidläsion hinweist (BERRY, 1992). Primäre Veränderungen werden nur bei ausreichender Dislokation erkannt. Es handelt sich um isolierte Fragmente bzw. um Frakturlinien des Processus coronoideus medialis ulnae (BENNETT *et al.*, 1981; SCHULMAN *et al.*, 1989; SCHLEICH, 1999). Knochenfragmente im Bereich des Processus coronoideus medialis ulnae sind für einen FPC beweisend (GORING und BLOOMBERG, 1983). Faktoren, die es erschweren, ein Fragment aufzuspüren, sind eine partielle Fraktur, minimale Dislokation, zu kleines Fragment zwischen Radius und vermeintlich intaktem Kronfortsatz, eingeklemmtes Fragment oder die Frakturlinie kann nicht erkannt werden, da sie quer zur Strahlenrichtung verläuft. Röntgenologisch bleibt eine Fissur im Kronfortsatz, ohne dass er disloziert, mineralisiert oder abnormal geformt ist, verborgen (OLSSON, 1983; PROBST, 1988; KIRBERGER und FOURIE, 1998). Zur radiologischen Darstellung eines Kronfortsatzfragmentes ist die kraniokaudal medial oblique Aufnahmetechnik die entscheidende.

Erste sekundäre osteoarthrotische Veränderungen beim FPC werden ab dem siebten Lebensmonat sichtbar. Sie können sehr dezente bis massive Ausmaße erreichen (BENNETT *et al.*, 1981; SCHLEICH, 1999). Spezifische sekundäre Veränderungen des FPC sind die Sklerose der Ränder der Incisura trochlearis kaudal des Processus coronoideus medialis ulnae (BERRY, 1992; SCHLEICH, 1999), Konturveränderungen am Processus coronoideus medialis ulnae, die ihn nach distal abgerundet, vergrößert und plump erscheinen lassen (BERRY, 1992; SCHLEICH, 1999), verminderte Röntgendichte im kranialen Bereich des Processus coronoideus medialis ulnae (SCHLEICH,

1999), Inkongruenz zwischen Radius und Ulna (KIRBERGER und FOURIE, 1998; SCHLEICH, 1999; FLÜCKIGER, 2003), Deformation im proximalen Bereich der Radiusmetaphyse, die dem Radius ein fast tulpenförmiges Aussehen verleiht, sowie eine zu enge Incisura trochlearis ulnae (SCHLEICH, 1999). SCHLEICH gibt an, dass zwei der genannten spezifischen sekundären Veränderungen intraoperativ in bis zu 95,9% der Fälle ein FPC bestätigen.

Röntgenologische Veränderungen bei der OCD der Trochlea humeri

Die Diagnose der OCD gelingt in der Regel anhand primärer Röntgenveränderungen. Neben dem Grundbildpaar gibt die kraniokaudale medial oblique Projektion gute Informationen (KIRBERGER und FOURIE, 1998; SCHLEICH, 1999). Bei jungen Hunden weist als erstes eine Abflachung der Trochlea humeri darauf hin (FOX *et al.*, 1983; WALDE und HUTTER, 1984; BRUNNBERG und WAIBL, 1986; SCHLEICH, 1999). Ab dem fünften bis sechsten Monat ist auf dem Röntgenbild bei kraniokaudalem Strahlengang ein halbmondförmiger bis dreieckiger subchondraler Aufhellungsbereich an der gewichtsbelastenden Oberfläche der Trochlea humeri erkennbar. Das ist für eine OCD diagnostisch (GRONDALLEN, 1979c; ROBINS, 1980; ALEXANDER *et al.*, 1981; BOUDRIEU *et al.*, 1982; OLSSON, 1983; PROBST, 1988; GUTHRIE *et al.*, 1991; SCHLEICH, 1999; FLÜCKIGER, 2003). Mit fortschreitendem Alter entsteht zunehmend eine subchondrale Sklerose proximal der Defekte (WISSELER und SUMMER-SMITH, 1977; ROBINS, 1980; BERZON und QUICK, 1980; ALEXANDER *et al.*, 1981; POULUS, 1982; GORING und BLOOMBERG, 1983; SCHULMAN *et al.*, 1989; KIRBERGER und FOURIE, 1998; SCHLEICH, 1999). Distal der Aufhellungsbezirke können verkalkte Schuppen sichtbar sein oder es können Corpora libera in verschiedenen Lokalisationen vorkommen (OLSSON, 1975; WISSELER und SUMMER-SMITH, 1977; BERZON und QUICK, 1980; ALEXANDER *et al.*, 1981; OLSSON, 1983; SCHLEICH, 1999).

Sekundär kommt es schon beim jungen Hund an allen Gelenksabschnitten zu Zeichen einer degenerativen Osteoarthrose (FOX *et al.*, 1983; KIRBERGER und FOURIE, 1998; SCHLEICH, 1999). Zubildungen am Anconaeusdach werden eher in späteren Erkrankungsstadien gefunden (OLSSON, 1983).

Röntgenologische Veränderungen beim isolierten Processus anconaeus

Die Röntgen diagnose des isolierten Processus anconaeus ist verglichen mit anderen ED-Formen leicht. Das Ellbogengelenk wird dazu 45° gebeugt und bei mediolateralem Strahlengang geröntgt (CROSS und CHAMBERS, 1997; MORGAN *et al.*, 2000). Der IPA ist anhand der vertikalen nicht geschlosse-

2 Literatur

nen Wachstumsfuge zweifelsfrei zu identifizieren. An der Ulna sind eine unregelmäßige Sklerose an der Basis des Processus und eine progressive Osteoarthrose zu erkennen (CROSS und CHAMBERS, 1997; LANG *et al.*, 1998; KIRBERGER und FOURIE, 1998; FLÜCKIGER, 2003). Bei Tieren unter acht Monaten ist eine Verwechslung des IPA mit der Epiphysenfuge des Epicondylus medialis humeri durch Überlagerung möglich (FLÜCKIGER, 1992; CROSS und CHAMBERS, 1997; KIRBERGER und FOURIE, 1998; MORGAN *et al.*, 2000). Auf der gestreckten Aufnahme lässt sich eine intraartikuläre Stufenbildung als sogenanntes Short-Ulna-Syndrom erkennen (KIRBERGER und FOURIE, 1998; SCHLEICH, 1999). Es entsteht eine erhebliche Inkongruenz zwischen Incisura trochlearis und Condylus humeri. Sie bewirkt eine Sklerose der gesamten Inzisur (SCHLEICH, 1999). Je nach Dauer der Läsion entstehen unterschiedlich ausgeprägte osteoarthrotische Veränderungen (CROSS und CHAMBERS, 1997; KIRBERGER und FOURIE, 1998; FLÜCKIGER, 2003).

Röntgenologische Veränderungen bei nicht dislozierter intrakondylärer Humerusfraktur

Es werden Röntgenaufnahmen bei mediolateralem und bei kraniokaudalem Strahlengang angefertigt. Bei kraniokaudalem Strahlengang ist distal im Condylus humeri zentral eine vertikale Aufhellungslinie markant sichtbar (MARCELLIN-LITTLE *et al.*, 1994; BRUNNBERG *et al.*, 2001; HAZEWINKEL, 2003).

Röntgenologische Veränderungen beim fragmentierten Epicondylus medialis humeri

Mit Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen kann die Größe und die Lage des Fragmentes festgestellt werden (KASA *et al.*, 2000; HAZEWINKEL, 2003). Röntgenaufnahmen bei mediolateralem Strahlengang bei wenig gebeugtem Ellbogengelenk erlauben es, Unregelmäßigkeiten der knöchernen Strukturen des Olekranons zu erkennen. Ausgeprägte Zubildungen im Bereich des Ursprungs der Flexoren können als Abriss angesehen werden (HAZEWINKEL, 2003).

Aussagefähigkeit von Röntgenaufnahmen

Die Mehrzahl der Autoren stimmt überein, dass ein nicht dislozierter, fragmentierter medialer Kronfortsatz röntgenologisch meistens nicht zu sehen ist (GRONDALEN, 1979b; OLSSON, 1993; HENRY, 1984; LEWIS *et al.*, 1989; CARPENTER *et al.*, 1993; MASON *et al.*, 2002). Nach Untersuchungen von MASON

et al. (2002) zur radio-ulnaren Inkongruenz besteht basierend auf Röntgenaufnahmen nur eine niedrige Sensitivität und Spezifität.

Auswertungsschemata zur Bewertung der Ellbogengelenksdysplasie

Um Röntgenaufnahmen im Hinblick auf ED nachvollziehbar und einheitlich beurteilen zu können, wurden verschiedene Bewertungssysteme entwickelt.

Punktesystem nach GUTHRIE (1989)

GUTHRIE (1989) wertet osteoarthrotische Veränderungen im Röntgengrundbildpaar aus und bepunktet das Ergebnis. Das System beurteilt das momentane Ausmaß der sekundären Arthrosen in dem jeweiligen Gelenk. Grundlagen sind die zwei Standardprojektionen mediolateral gebeugt und kranio-kaudal. ED freie Gelenke erreichen eine maximale Punktzahl zwischen 50 und 70 Punkten.

Auf der Röntgenaufnahme im mediolateralen und kranio-kaudalen Strahlengang (Abbildungen 2.5 und 2.6 auf der nächsten Seite) werden sechs Kriterien bewertet:

1. Osteophyten auf dem Dach des Processus anconaeus werden prozentual bewertet
2. Stufenbildung zwischen Radius (Short radius) und Ulna mit 10 Punkten
3. Osteophyten am Radiuskopf mit 10 Punkten
4. Eine subchondrale Aufhellung an der Trochlea humeri wird in Millimetern ausgemessen und mit 10 multipliziert
5. Osteophyten am medialen Rand des Epicondylus medialis humeri werden entsprechend ihrem prozentualen Anteil an der Gesamtlänge bewertet
6. Der „Lipping angle“ in Grad (Winkel zwischen Längsachse der Ulna und Neigung des Kronfortsatzes)

2 Literatur

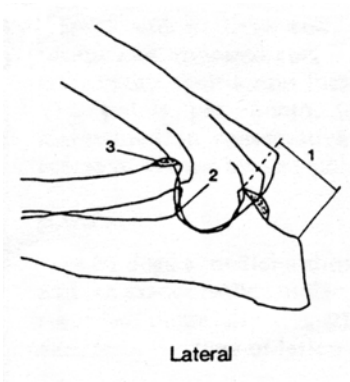


Abbildung 2.5: Ellbogengelenk im lateralen Strahlengang (Schema nach GUTHRIE)

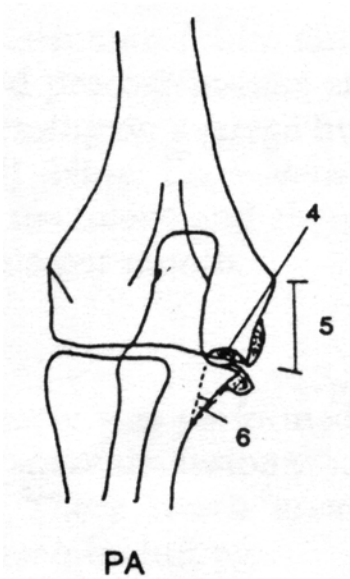


Abbildung 2.6: Ellbogengelenk im kraniokaudalen Strahlengang (Schema nach GUTHRIE)

Punktesystem nach LANG *et al.* (1998)

LANG *et al.* (1998) bepunkteten sowohl das Ausmaß der Arthrose als auch die Läsionen selbst (FPC, OCD, IPA und Inkongruenz des Ellbogengelenks) auf Basis des Röntgengrundbildpaares. Eine Stufenbildung (Kriterium 4) zwischen Radius und Ulna wird auf der Aufnahme bei kraniokaudalem Strahlengang gemessen. Die Befunde der einzelnen Kriterien werden jeweils mit bis zu drei Punkten bewertet und zu einem Gesamtergebnis summiert. Daraus ergeben sich vier ED-Grade (siehe Tabelle 2.1 und 2.2 auf der nächsten Seite).

Tabelle 2.1: Punktesystem nach LANG *et al.* (1998): Punkte

ED-Grad	Punkte
0	0–1
1	1–4
2	5–8
3	>8

Auswertungsschema der International Elbow Working Group (IEWG 1995)

Im Jahr 1989 wurde in Davis/Kalifornien die IEWG gegründet. Ziel ist, die ED weltweit durch Forschung, Verbreitung von Informationen, Empfehlungen zum Führen von nationalen Registern und Problematisierung sowie zuchthygienischen Maßnahmen zu reduzieren (LOEFFLER, 1996).

Das Bewertungsschema der IEWG beruht auf dem Ausmaß arthrotischer Veränderungen auf dem Processus anconaeus, am dorsoproximalen Rand des Radius, an der dorsalen Spitze des Processus coronoideus medialis ulnae und medial am Humeruskondylus sowie auf subchondraler Sklerosierung. Auch dazu wird das Röntgengrundbildpaar (mediolateral und kraniokaudal) gefordert. Das Gesamturteil ist vom Befund des stärker veränderten Gelenks abhängig.

2 Literatur

Tabelle 2.2: Punktesystem nach LANG *et al.* (1998): Kriterien

Kriterium		0	1	Punkte	2	3
1	Osteophyten PA-Dach	keine	< 2 mm		2–5 mm	>5 mm
2	Osteophyten an anderer Stelle	keine	minimal		2–5 mm	> 5 mm
3	Subchondrale Sklerose (Ulna/Radius)	normal	minimal		deutlich	stark
4	Kongruenz Stufe Radius/Ulna	normal	leicht (< 2 mm)		mittel (< 4 mm)	schwer
5	Processus coronoideus (CP)	normal	—		Rand des CP mit abnormer Gestalt	FPC
6	Processus anconaeus (PA)	normal	—		Abnormale Gestalt ohne IPA	IPA
7	OCD des medialen Humeruskondylus	normal	—		Sklerose der Trochlea, vermutlich OCD	OCD

Tabelle 2.3: ED-Gradeinteilung der IEWG

ED-Grad	Arthrosegrad	Radiologische Befunde
frei	normal	normales Gelenk
1	leichte Arthrose	Vermehrte subchondrale Sklerose der Incisura trochlearis der Ulna (Proc. coronoideus lat.) und/oder deutliche Stufe zwischen Radius und Ulna, am besten sichtbar auf der a/p Aufnahme und/oder Osteophyten von weniger als 2 mm Höhe
2	mittlere Arthrose	Osteophyten (2–5 mm)
3	starke Arthrose	Osteophyten über 5 mm Höhe und/oder bereits Operationen wegen entwicklungsbedingter Anomalien.

2.4.3 Computergestützte Ausmessung von Ellbogengelenken

Messung nach VIEHMANN (1998)

VIEHMANN (1998) entwickelte an der Klinik für kleine Haustiere der Freien Universität Berlin ein computergestütztes System, um Röntgenbilder im Hinblick auf ED auszuwerten.

Sie vermaß Ellbogengelenke von 157 Berner Sennenhunden und 50 Rhodesian Ridgebacks computergestützt. Die große Mehrheit der Berner Sennenhunde war von Gutachtern ED positiv befundet worden, während die Rhodesian Ridgebacks ED frei waren. VIEHMANN *et al.* (1999) definierten und vermaßen an Röntgenbildern bei medioalateralem und kraniokaudalem Strahlengang folgende Parameter:

- den Radius des Condylus humeri als Maß für die Größe des Ellbogengelenks
- drei weitere Parameter als Maße für die Form der Incisura trochlearis
- ein Flächenmaß für die Lage des Condylus humeri
- eine Stufe zwischen der Gelenkfläche von Radius und Ulna wurde mit drei verschiedenen Parametern gemessen

Als Ergebnis stellten VIEHMANN *et al.* (1999) fest, dass der Berner Sennenhund eine mehr „ellipsoid“ geformte Incisura trochlearis ulnae als der Rhodesian Ridgeback aufweist. Bei „kranialer Verlagerung“ des Humeruskondylus waren die Grade der arthrotischen Veränderung assoziiert ausgeprägt. „Großer“ Kondylus, „ellipsoide“ Incisura trochlearis, „Kranialverlagerung“ des Humerus sowie Stufenbildung sind beim Berner Sennenhund sowohl einzeln als auch kombiniert als Ellbogengelenksdysplasiefaktoren anzusehen (VIEHMANN, 1998; VIEHMANN *et al.*, 1999).

Messung nach MUES (2001)

MUES (2001) hat am Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Justus-Liebig-Universität Giessen die Charakterisierung und Vererbung des Arthroserisikos der ED untersucht.

Ziel war es, die von Hund zu Hund unterschiedliche Ellbogengelenkform technisch am Röntgenbild zu vermessen und zu charakterisieren, um Gelenkvarianten aufzuspüren, die risikoreich bezüglich Arthrose bzw. Läsion sind. Die Hauptfragestellung war, inwieweit die Gelenkform erblich

2 Literatur

vorgegeben ist (Heritabilität) und, darauf beruhend, ob eine Zucht zu risikoarmen Gelenken möglich ist. MUES (2001) hat dazu Röntgenaufnahmen von Ellbogengelenken bei mediolateralem Strahlengang von 2114 Rottweilern und 447 Deutschen Schäferhunden ausgemessen. Vier Winkel wurden bestimmt und vermessen. Bedeutsam und in hohem Maße aussagekräftig waren:

- Wie weit umspannt die Ulna das Gelenk
- Wie stark ist der Radius am Gelenk beteiligt
- Wie geneigt ist das Olekranon
- Wie lang ist der Processus anconaeus

Diese vier Größen dienten der Erblichkeitsberechnung. Die berechneten genetischen Korrelationen zeigten, wie stark die Vererbung von Werten der Gelenkmessungen mit der Vererbung der Arthrose einhergeht. Es wurde eine Schätzformel ermittelt, mit deren Hilfe die Messwerte die Arthrose-Vererbung vorhersagen können. Die durch diese Formel ermittelte Charakterisierung der Gelenke wird als „Ellbogenqualität (EQ)“ bezeichnet (BEUING und ERHARDT, 1999; MUES, 2001).

2.4.4 Die lineare Tomographie

Nach TELLHELM *et al.* (1985) ist es allein mit Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen nicht möglich, das Ellbogengelenk überlagerungsfrei darzustellen. Insbesondere gelingt dies nicht bei der Ulna mit dem Processus coronoideus medialis sowie seinen eventuellen Fragmenten (BERZON und QUICK, 1980; FOX und ROBERTS, 1987; VOORHOUT und HAZEWINKEL, 1987; SCHULMAN *et al.*, 1989; KIRBERGER und FOURIE, 1998).

Aussagefähigkeit der Lineartomographie

FOX und ROBERTS (1987) haben die lineare Tomographie zur Diagnose der ED eingesetzt noch bevor Veränderungen röntgenologisch sichtbar waren. VOORHOUT und HAZEWINKEL (1987) bestätigen, daß ein normaler, fissurierter und fragmentierter Kronfortsatz sich exakt erkennen läßt. Nach CARPENTER *et al.* (1993) bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen linearer Tomographie und üblicher Röntgenaufnahme zur Diagnose eines FPC. Die Kombination von Röntgenbildern und linearer Tomographie hat mit 70% allerdings eine Genauigkeit, die der einer Computertomographie

mit 86,7% nahe kommt. Die Angaben zur Sensitivität in der Diagnostik eines FPC und/oder OCD variieren mit 100% bis 60% erheblich (VOORHOUT und HAZEWINKEL, 1987; CARPENTER *et al.*, 1993).

2.4.5 Die Computertomographie

Zur ED-Diagnostik wird heute zunehmend die Computertomographie (CT) eingesetzt (KÖRBEL *et al.*, 2001). Anfänglich wurden transversale (axiale) Schnittebenen angefertigt (PERSON, 1986; REICHLER *et al.*, 2000). Zusätzliche Informationen werden durch sagittale, dorsale und schräge (parallel zum Kronfortsatz) Schnittebenen gewonnen (PERSON, 1986; REICHLER *et al.*, 2000). ASSHEUER und SAGER (1997) lagern den Patienten seitlich mit um 90° gebeugtem Ellbogengelenk und beginnen mit sagittalen Schnitten. Um das proximale radio-ulnare Gelenk und distal die Ulnainzisur darzustellen, wird eine transversale Schnittebene angefertigt. Die dorsale (coronare) Schichtung komplettiert die Untersuchung des Ellbogengelenks (ASSHEUER und SAGER, 1997). Schichtdicken von 1,5 mm bzw. 1 mm sind heute möglich, wodurch auch das kleinste Fragment eines FPC nicht übersehen wird und dadurch eine Genauigkeit zwischen 95–100% erreicht wird (BRADEN *et al.*, 1994).

Befunde und Aussagefähigkeit

REICHLER *et al.* (2000) können an 102 Gelenken in der CT bei transversaler und sagittaler Schnittführung zahlreiche abnormale Befunde erheben (s. Tabelle 2.4 auf Seite 36). Sie empfehlen das Verfahren, um einen fragmentierten Processus medialis ulnae zu finden. Bewährt haben sich die sagittale oder transversale Schichtung (PERSON, 1986; REICHLER *et al.*, 2000). REICHLER *et al.* (2000) diagnostizieren bei 27% eine Fissur im Koronoid. In einer anatomischen Studie von GRONDALEN (1981) wird diese Läsion bei 26% der erkrankten Ellbogengelenke gefunden. KELLER *et al.* (1997) können eine Fissur bei 50% der Ellbogengelenke entdecken. KÖRBEL *et al.* (2001) stellen häufig sagittale Fissuren dar, die nach SCHAWALDER (1990) im Röntgenbild bei mediolateralen Strahlengang nicht darstellbar sind. Mit Hilfe der Computertomographie werden die von SCHAWALDER (1990) beschriebenen verschiedenen Erscheinungsformen des FPC sichtbar gemacht. Die Sagittalfrakturen werden allgemein intra operationem am häufigsten übersehen. Sind sie vor

2 Literatur

der Operation bekannt, kann sich der Operateur darauf einstellen (KÖR-BEL *et al.*, 2001). Ein unregelmäßig geformter Kronfortsatz kann eine Fraktur begünstigen. Die unregelmäßige Kontur oder Aufhellung der Incisura radialis ulnae ist bei REICHLER *et al.* (2000) signifikant mit einer Lahmheit assoziiert. Dieser Befund korrespondiert mit einer proliferativen Synovitis (KELLER *et al.*, 1997; REICHLER *et al.*, 1999). Eine andere Erklärung könnte die Ausbreitung einer Fissur des medialen Kronfortsatzes in die Incisura radialis ulnae sein. Die Inzidenz der in der CT gefundenen Veränderungen, wie Aufhellungen, Abflachungen und Sklerosen im Ellbogengelenk, unter dem Aspekt ED, ist in Tabelle 2.4 zusammengestellt.

Tabelle 2.4: Vorkommen von CT-Abnormalitäten bei 102 Ellbogengelenken von 51 Hunden mit Lahmheit (Aus: REICHLER *et al.* (2000))

Befunde	Häufigkeit (%)
Processus coronoideus medialis ulnae	
Abnormale/stumpfe Form	97
Sklerose	95
Osteophyten	74
Deutliches separates Fragment	28
Fissur/in situ Fragment (inkomplette Fraktur)	27
Aufhellung	19
Incisura radialis ulnae	
Unregelmäßigkeiten/Aufhellungen	83
Isolierter Processus anconaeus ulnae	46
Trochlea humeri	
Sklerose	20
Aufhellung	16
Abflachung	3
Osteophyten	
Humerus	51
Radius	41
Ulna	24
Gelenksinkongruenz	
Humeroulnar	53
Humeroradial	32
Radioulnar	20
Sklerose der Ulnainzisur	94

Schwierig ist es, zu unterscheiden, ob es sich um eine primäre Läsion

2.4 Diagnostik der Ellbogengelenksdysplasie

(OCD) oder um eine „kissing lesion“ durch einen gegenüberliegenden FPC handelt. Sind FPC und Sklerosen vorhanden, kann davon ausgegangen werden, dass auch Abnutzungen an der Trochlea humeri vorliegen. Obwohl OCD und „kissing lesions“ in einer Verletzung des Gelenkknorpels resultieren, werden sie nicht sichtbar, solange der subchondrale Knochen noch intakt ist. Läsionen, die nur den Knorpel betreffen, sind nicht zu sehen. MARCELLIN-LITTLE *et al.* (1994); ROVESTI *et al.* (1998) wenden das CT in transversalen, sagittalen und dorsalen Schnittebenen zur Diagnose an, wenn ein intrakondylärer Frakturverdacht besteht.

Die Frakturlinie kann gerade oder unregelmäßig verlaufen und umgeben sein von einer Sklerose. Die kraniale Ausprägung reicht von einem Drittel bis zur Hälfte des Kondylusdurchmessers (MARCELLIN-LITTLE *et al.*, 1994; ROVESTI *et al.*, 1998; PERSON, 1986). Osteophyten erscheinen in der CT als knochendichte Proliferationen entlang der periartikulären Bereiche und Kanten von Humerus, Radius und/oder Ulna. Durch Osteophyten entlang des medialen Kronfortsatzes sieht dieser spitz aus. Selbst minimale Gelenksinkongruenzen sind in der CT eher zu erkennen als im Röntgenbild; insbesondere in der sagittalen Schnittebene. Sie lässt die Kontur und Kongruenz des Gelenkspaltes erfassen. Die CT ist zudem ein effektives Mittel, Gelenkreaktionen nach chirurgischen Interventionen, wie z. B. einer Ulnaosteotomie zur Therapie eines IPA, zu überwachen. Die Sklerose der Incisura ulnaris ist mit 94% nach REICHLER *et al.* (1999, 2000) ein frühes und häufiges Zeichen für eine Ellbogengelenksarthrose.

Die CT-Osteoabsorbtimetrie

Die von MÜLLER-GERBL *et al.* (1990) eingeführte CT-Osteoabsorptimetrie kann zur Darstellung der Dichte des subchondralen Knochens benutzt werden (KÖRBEL *et al.*, 2000). Durch Messung der Mineralisierungsverteilung kann die aktuelle individuelle Gelenkbeanspruchung dargestellt werden (MÜLLER-GERBL *et al.*, 1989). Das Ziel der CT-Osteoabsorbtimetrie beim Ellbogengelenk des Hundes ist die Untersuchung der Mineralisierungsverteilung des subchondralen Knochens und des Effekts von Stresseinwirkung auf das Gelenk (SAMII *et al.*, 2002).

2.4.6 Die Magnetresonanztomographie

Mit der Magnetresonanztomographie (MRT) lassen sich Knorpelläsionen gut und frühzeitig darstellen (SCHULLER *et al.*, 2002). Die MRT ist exakter und sensitiver als konventionelle Röntgenbilder zur FPC- oder OCD-Diagnostik (KIRBERGER und FOURIE, 1998).

Befunde

Vollständig lässt sich das Ellbogengelenk mit transversalen, axialen und dorsalen Schnittebenen darstellen (SNAPS *et al.*, 1997; ASSHEUER und SAGER, 1997). In der transversalen Ebene kann der mediale Kronfortsatz und seine Artikulation mit dem Radiuskopf abgebildet werden, so dass auch Abweichungen erkannt werden können. In der sagittalen Ebene wird die Artikulation des medialen Koronoids mit der Trochlea humeri gut dargestellt und der Processus anconaeus lässt sich präzise beurteilen (REICHLER *et al.*, 1999).

Aussagefähigkeit der Magnetresonanztomographie

Die MRT ist das bisher einzige Verfahren, gelenkspezifische Strukturen wie die Gelenkkapsel, Bänder und Knorpel direkt darstellen zu können. Multiplanare Schnittführungen erlauben, die Schnittebenen an die zu beurteilenden anatomischen Strukturen genau anzupassen (HENNINGER und KONAR, 2002). SNAPS *et al.* (1997) vergleichen Röntgenbild- und MRT-Auswertungen bei 18 Hunden und die Ergebnisse der Bildgebungsverfahren mit denen der Operationsbefunde. Röntgenologisch wird ein FPC bei nur 9% der Hunde diagnostiziert (SNAPS *et al.*, 1997; REICHLER *et al.*, 1999), während die Trefferquote mit MRT 95,5% beträgt. Damit liegt die MRT deutlich höher als die CT mit 86,7% (CARPENTER *et al.*, 1993; SNAPS *et al.*, 1997; REICHLER *et al.*, 1999). Die MRT ist auch geeignet, Läsionen medial am Humeruskondylus darzustellen, die Genauigkeit beträgt aber nur 77,1% und ist somit niedriger als für den FPC (SNAPS *et al.*, 1997; REICHLER *et al.*, 1999). Eine MR-Arthrographie ergibt signifikant keine zusätzlichen Informationen, verglichen mit einer konventionellen MRT (SNAPS *et al.*, 1999; REICHLER *et al.*, 1999).

2.4.7 Die Arthroskopie

Seit den späten siebziger Jahren hat die Arthroskopie zunehmend an Bedeutung in Diagnostik und Therapie beim Kleintier gewonnen. In Berichten werden Technik und Befunde am Kniegelenk (SIEMERING, 1978; KIVUMBI und BENNETT, 1981), Schulter-, Ellbogen-, Sprung- und Hüftgelenk beschrieben (PERSON, 1986; MILLER und PRESNELL, 1985; PERSON, 1986, 1989; VAN RYSSEN *et al.*, 1993; VAN BREE und VAN RYSSEN, 1995; VAN RYSSEN und VAN BREE, 1997).

Befunde

Nach VAN RYSSEN *et al.* (1993) ist ein systematisches Vorgehen zur Beurteilung der Gelenkstrukturen von kranial nach kaudal wichtig, um medialen Condylus humeri, mediales Ligamentum collaterale, medialen Kronfortsatz, mittleren und kaudalen Teil des Radiuskopfes, lateralen Condylus humeri, lateralen Kronfortsatz und Processus anconaeus zu beurteilen. VAN RYSSEN und VAN BREE (1997) diagnostizieren in 131 von 148 Gelenken von Hunden mit Lahmheit einen FPC. Es werden verschiedene Läsionstypen des FPC unterschieden, wie das nicht dislozierte Fragment, das dislozierte Fragment, die Fissur und chondromalazie-ähnliche Läsionen. JANTHUR *et al.* (2000) finden in 83% der Gelenke einen FPC vor, sei es isoliert (81/167) oder in Kombination mit einer Knorpelusura (53/167) zusammen mit Knorpelursuren (Kissing lesions) der Trochlea humeri. Dreißig Gelenke weisen zusätzlich zum FPC eine OCD auf. Technisch problematisch während der Untersuchung erweisen sich Gelenkzotten, Blutungen in die Kapsel und Gelenkmembran, da sie die Sicht behindern können (VAN RYSSEN und VAN BREE, 1997). Die Untersuchungen zeigen aber, dass die Arthroskopie des Ellbogens die klinisch relevanten Strukturen, insbesondere das mediale Koronoid, die Incisura trochlearis, den Processus anconaeus ulnae und die Trochlea humeri gut darstellen kann, während dies für laterale Bereiche des Ellbogengelenks so nicht möglich ist (JANTHUR *et al.*, 2000).

Aussagefähigkeit der Arthroskopie

Die Arthroskopie ist hilfreich, um auch kleinste Läsionen schon frühzeitig zu erkennen, die röntgenologisch nicht sichtbar sind. Vorteilhaft ist das geringe Operationstrauma, so dass es nur einer kurzzeitigen postoperativen Überwachung bedarf. Die Methodik ist komplikationsarm (VAN RYSSEN

2 Literatur

et al., 2002). Zudem ist das Verfahren bestens geeignet, in Zweifelsfällen über die diagnostische Arthroskopie in derselben Sitzung gegebenenfalls auch zu therapieren (VAN BREE und VAN RYSSEN, 1995).