

Tierärztliche Hochschule Hannover

**„Vergleichende Beurteilung degenerativer Bandscheibenveränderungen in der
Röntgendiagnostik, der FFE-Sequenz und der T2 Gewichtung der
Magnetresonanztomographie“**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades einer Doktorin
der Veterinärmedizin
- Doctor medicinae veterinariae -
(Dr. vet. med.)

vorgelegt von
Katarina Kunze
Zwickau

Hannover 2017

Wissenschaftliche Betreuung:

1. Univ.-Prof. Dr. med. vet. Andrea Tipold,
Klinik für Kleintiere der Tierärztlichen
Hochschule Hannover

1. Gutachterin:

- Univ.-Prof. Dr. med. vet. Andrea Tipold

2. Gutachter:

- Prof. Dr. rer.nat. Herrmann Seifert

Tag der mündlichen Prüfung:

10.05.2017

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	2
2.1. Anatomische und physiologische Grundlagen	2
2.1.1. Die Wirbelsäule	2
2.1.2. Die Bandscheibe	4
2.2. Pathogenese der Bandscheibendegeneration	5
2.2.1. Chondroide und fibroide Metaplasie	5
2.2.2. Kalzifizierung	6
2.2.3. Spondylose	7
2.2.4. Bandscheibenvorfall	8
2.2.5. Ätiologie der Bandscheibendegeneration	9
2.2.6. Einteilung der Grade der Bandscheibendegeneration	10
2.2.7. Prognose	11
2.3. Klinik und Diagnostik	12
2.3.1. Klinische Untersuchung	12
2.3.2. Röntgen	12
2.3.3. Computertomographie	13
2.3.4. Magnetresonanztomographie	15
3. Material und Methoden	18
3.1. Patienten	18
3.2. Neurologische Untersuchung	18
3.3. Röntgenuntersuchung und ggf. Computertomographie	19
3.4. Magnetresonanztomographie	19
3.5. Diagnose	23
3.6. Bandscheibenvorfälle	24
3.6.1. Anamnese	24
3.6.2. Klinischer Verlauf	25
3.6.3. Patientengespräch	25
3.7. Datenauswertung	25
4. Ergebnisse	27

4.1. Patienten	27
4.2. Röntgenuntersuchung.....	33
4.2.1. Vergleich der laterolateralen und ventrodorsalen Röntgenaufnahmen	33
4.2.2. Vergleich der laterolateralen Röntgenaufnahmen mit den MRT-Aufnahmen.....	36
4.3. Computertomographie.....	41
4.4. Magnetresonanztomographie	44
4.5. Diagnose: Bandscheibenvorfall.....	57
4.5.1. Anamnese	60
4.5.2. Neurologische Untersuchung	61
4.5.3. Lokalisation des Bandscheibenvorfalls	62
4.5.4. Ausmaß der Kompression des Rückenmarks und Lokalisation des vorgefallenen Bandscheibenmaterials	64
4.5.5. Klinischer Verlauf	68
4.5.6. Auswertung der Patientengespräche	72
5. Diskussion	75
6. Zusammenfassung	87
7. Summary	91
8. Literaturverzeichnis.....	94

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
C	Halswirbel
CT	Computertomographie
FFE	Fast Field Echo
FLASH	Fast Low Angle Short
ggf.	gegebenenfalls
ggr.	geringgradige
GRE	Gradientenecho
HE	Houndsfield-Einheiten
hgr.	hochgradige
kg	Kilogramm
L	Lendenwirbel
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
Max	Maximum
mgr.	mittelgradige
Min	Minimum
MRT	Magnetresonanztomographie
Nr.	Nummer
n	Anzahl
Procc.	Processi
S	Kreuzbeinwirbel
STIR-Sequenz	Short TI Inversion Recovery
Th	Brustwirbel
T2W	T2 gewichtet
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

Die Degeneration der Bandscheibe beim Hund ist ein sehr weitläufiger Themenkomplex, der mehrere Ursachen hat und verschiedene Rassen betrifft. Prinzipiell erfolgt eine Degeneration bei jedem Tier (Brisson 2010). Ausprägung und Beginn der Umbauvorgänge sind jedoch verschieden. Janson beschrieb 1881 den ersten Fall von plötzlich auftretender Hinterhandlähmung bei einem Dackel. Als Ursache benennt er ein Chondrom, lokalisiert im Epiduralraum (Bergknut et al. 2012b). Erst viele Jahre später zeigte Tillmann 1939, dass die Ursache die Herniation von Nucleus pulposus-Material in den Wirbelkanal war (Bergknut et al. 2012b). Das Interesse zur Aufklärung und schließlich Verhinderung dieser Erkrankung ist groß. Zwar kennt man heute viele pathophysiologische Prozesse der Umbauvorgänge, jedoch ist die Lösung dieses Problems noch weit entfernt. Die Diagnostik der Bandscheibenvorfälle verbesserte sich stetig. Waren zu Beginn Röntgenaufnahmen und eine Myelographie das Mittel der Wahl, stehen heute mit Hilfe der Magnetresonanztomographie (MRT) neue Möglichkeiten zur Identifizierung einer Rückenmarkskompression zur Verfügung (Robertson und Thrall 2011). Die Frage, ob mit frühen Untersuchungen bereits festgestellt werden kann, ob es zu einem späteren Zeitpunkt des Lebens zu einem Bandscheibenvorfall kommen kann, ist nicht beantwortet.

Die Beurteilung, ob eine Bandscheibe gesund oder bereits degeneriert ist, kann am besten mit Hilfe einer MRT-Untersuchung beantwortet werden. In der T2 Gewichtung zeigt sich anhand der Signalintensität, ob bereits Umbauvorgänge stattgefunden haben (Adams et al. 1995).

In vorliegender Arbeit sollte nun die Hypothese untersucht werden, dass das Fast Field Echo (FFE) eine sensitivere Methode gegenüber der T2 Gewichtung ist, um bereits frühe Umbauvorgänge der Bandscheibe zu erkennen. Dafür wurden MRT-Aufnahmen von Patienten, die zwischen April 2010 bis September 2012 vorgestellt wurden, evaluiert und die T2 Gewichtung und FFE-Sequenz verglichen. Zusätzlich wurden die entsprechenden Röntgenaufnahmen und, wenn vorhanden, eine Computertomographie gegenüberstellend beurteilt.

2. Literaturübersicht

2.1. Anatomische und physiologische Grundlagen

2.1.1. Die Wirbelsäule

Die Wirbelsäule des Hundes setzt sich aus 7 Hals-, 13 Brust-, 7 Lenden-, 3 fusionierten Kreuzbeinwirbeln und einer variablen Anzahl von bis zu 23 Schwanzwirbeln zusammen. (Bergknut 2012b, Nickel et al. 2004). Die Wirbel bestehen grundsätzlich aus einem Wirbelkörper, einem Wirbelbogen und mehreren Fortsätzen, die je nach Lokalisation unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Zwischen den Wirbelkörpern des 2. Halswirbels bis zu den Schwanzwirbeln befinden sich die Bandscheiben. Die Bandscheibe setzt sich aus dem Nucleus pulposus, dem Anulus fibrosus und der Übergangszone zwischen diesen beiden Anteilen zusammen (Bergknut 2012b, Verheijen und Bouw 1982).

Die Bandscheibe dient als nicht starres Objekt der Wirbelsäule zur Abpufferung der auf sie einwirkenden Druck- und Fliehkräfte. Der gallertartige Kern sorgt für eine gleichmäßige Verteilung dieser Kräfte auf den Anulus fibrosus. Bei Veränderungen des Nucleus pulposus ist diese Funktion nicht mehr vollständig gegeben, sodass es zu einer Fehlbelastung einzelner Bereiche des Anulus fibrosus führt und somit ein Bandscheibenvorfall verursacht werden kann (Bergknut et al. 2012b, McKee 2000a, Charles C. Allison 1961). Als weitere Verbindung zwischen den Wirbeln dienen kranial und kaudal am Wirbelbogen ausgebildete Gelenkfortsätze, die als Schiebegelenke fungieren und daher nur eine parallel zu den Gelenkflächen stattfindende Bewegung zulassen (Nickel et al. 2004).

Des Weiteren sind an der Wirbelsäule mehrere Bänder ausgebildet, die der Wirbelsäule eine gewisse Stabilität verleihen. Zu unterscheiden sind nach Nickel et al. (2004) hierbei kurze und lange Bänder. Zu den kurzen Bändern zählen die Zwischenbogenbänder, Ligg. flava, die sich zwischen den Gelenkfortsätzen befinden, die Zwischendornenbänder, Ligg. interspinalia, die zwischen den Dornfortsätzen ausgebildet sind und die Zwischenquerbänder, Ligg. intertransversaria, die die Querfortsätze der Lendenwirbelsäule verbinden. Zu den langen

Bändern gehören das dorsale Längsband, Lig. longitudinale dorsale, das ventrale Längsband, Lig. longitudinale ventrale und das Nackenband, Lig. nuchae. Das Ligamentum longitudinale dorsale liegt auf der dorsalen Fläche der Wirbelkörper und reicht vom 2. Halswirbel bis zu den ersten Schwanzwirbeln. Das Ligamentum longitudinale ventrale befindet sich auf der Ventralfläche des Wirbelkörpers des 8. Brustwirbels bis zum Kreuzbein. Das elastische Nackenband findet seinen Ursprung am 2. Halswirbel und geht in das sehnige Rückenband, Lig. supraspinale, über, das am Kreuzbein inseriert (Nickel et al. 2004).

Die 13 Rippenpaare sind mit der Wirbelsäule einerseits über Gelenke und andererseits mit Bändern verbunden. Die Gelenke fungieren als Wechselgelenke und ermöglichen so eine Verengung und Erweiterung des Brustkorbes. Die Bänder dienen als Verbindung der einzelnen Rippenköpfe mit den Brustwirbeln. Des Weiteren existiert das Ligamentum intercapitale zwischen dem 2. und 10. Brustwirbel. Es zieht, ausgehend vom Rippenköpfchen, begrenzt dorsal vom Ligamentum longitudinale dorsale, an die jeweilige Bandscheibe und verbindet sich median mit dem Band der gegenüberliegenden Seite (Brisson 2010, Nickel et al. 2004, Dennis 1987, Hansen 1952).

Die Beweglichkeit der Wirbelsäule variiert zwischen den einzelnen Abschnitten. Während im Halsbereich eine große Beweglichkeit, in Form von Kreiselbewegungen um die Längsachse, noch gegeben ist, nimmt diese vom Brust- zum Lendenbereich stark ab, sodass nur noch eine Auf- bzw. Durchbiegung der Wirbelsäule möglich ist. Eine Seitwärtsbewegung ist an der gesamten Wirbelsäule gegeben (Nickel et al. 2004).

Im sagittalen Schnitt der Wirbelsäule sind 4 Krümmungen zu erkennen: eine dorsal konvexe Kopf-Hals-Krümmung, eine dorsal konkave Hals-Brust-Krümmung, eine schwach nach dorsal konvexe Brust-Lenden-Krümmung und eine nach dorsal konvexe Sakralkrümmung (Nickel et al. 2004).

2.1.2. Die Bandscheibe

Die Bandscheiben, *Disci intervertebrales*, befinden sich zwischen den einzelnen Wirbelkörpern. Sie bestehen aus dem Nucleus pulposus, dem Anulus fibrosus und der Übergangszone, die sich zwischen diesen beiden Anteilen befindet (Bergknut 2012b, Verheijen und Bouw 1982, Braund et al. 1975).

Der Nucleus pulposus, der Rest des in der Embryonalperiode gebildeten primitiven Stützskeletts, die Chorda dorsalis, ist von einer gallertartigen Konsistenz und befindet sich im dorsalen Drittel der Bandscheibe (Schnorr und Kressin 2006).

Zirka 80 Prozent des Nucleus pulposus bestehen aus Wasser und verleihen ihm so sein transparentes Aussehen im pathologischen Schnitt. Grund hierfür sind Proteoglykane, vorwiegend das Aggrecan, das sich mit negativ geladenen Glykosaminoglykanen verbindet und somit einen osmotischen Gradienten aufbaut, der dazu führt, dass Wasser gebunden wird (Bergknut 2012b). Chondroitin-6-sulfat, Keratansulfat und die Hyaluronsäure sind hierbei die Hauptvertreter der Glykosaminoglykane (Bray und Burbidge 1998a).

Der Anulus fibrosus umgibt mit seinen konzentrisch angeordneten Bindegewebslamellen den Nucleus pulposus und ist zweimal so dick im ventralen Bereich als im dorsalen (Bergknut 2012b, Verheijen und Bouw 1982). Die von einigen Autoren so genannte Übergangszone bezeichnet den Übergang vom einem peripher eher fibrösen Charakter des Anulus fibrosus in einen faserknorpeligen Anteil zum Zentrum hin (Bergknut 2012b, Ghosh et al. 1976). Biochemisch setzen sich die Bindegewebslamellen aus Kollagenfibrillen und elastischen Fasern zusammen, die von Proteoglykanen ummantelt sind. Kollagen vom Typ I sind vorwiegend im äußeren Anteil des Anulus fibrosus vertreten. Wohingegen Kollagen vom Typ II sich vor allem in der Übergangszone beziehungsweise im inneren Anteil des Anulus fibrosus befindet (Bergknut 2012b).

Die Dicke der Bandscheibe variiert je nach Lokalisation. So nimmt sie von C2/3 zu C6/7 zu, verliert anschließend an Dicke bis zu Th10/11 und vergrößert sich wieder bis zu L7/S1. Die größte Bandscheibe befindet sich zwischen L7/S1 (Verheijen und Bouw 1982).

Als Begrenzung dienen kranial und kaudal der Bandscheibe die Wirbelendplatten, dorsal das Ligamentum longitudinale dorsale und ventral das Ligamentum longitudinale ventrale (Allison 1961).

Die Wirbelendplatten bestehen aus hyalinem Knorpel und spielen eine wichtige Rolle bei der Versorgung der Bandscheiben durch Diffusion (Holm et al. 1981). Größere Moleküle gelangen mithilfe des Gefäßsystems des äußeren Anteils des Anulus fibrosus und durch anschließende Diffusion in die inneren Bereiche der Bandscheibe (Bergknut 2012b, Bray und Burbidge 1998a). Die Innervation der Bandscheibe selbst ist spärlich (Forsythe und Ghoshal 1984). Nur in den äußeren Anteilen des Anulus fibrosus finden sich Nervenendigungen (Bergknut 2012b, Bray und Burbidge 1998a). Dem gegenüber ist das Ligamentum longitudinale dorsale gut innerviert (Bergknut 2012b).

2.2. Pathogenese der Bandscheibendegeneration

2.2.1. Chondroide und fibroide Metaplasie

Die biochemische Zusammensetzung der Bandscheibe ändert sich im Laufe des Lebens aufgrund physiologischer Alterungsprozesse oder pathologischer Prozesse, wie zum Beispiel ein einwirkendes Trauma oder Fehlbelastungen (Bray und Burbidge 1998b).

Zu Beginn besteht der Nucleus pulposus vorwiegend aus Wasser. Im Zuge der Bandscheibendegeneration verringert sich der Gehalt an Glykosaminoglykanen und es wird vermehrt Kollagen eingelagert. Dadurch sinkt der Wassergehalt des Nucleus pulposus und die hydrostatische Funktion ist nicht mehr gegeben. Die nun einwirkenden Flieh- und Druckkräfte führen zu weiteren Umbauvorgängen - ein Teufelskreislauf, der am Ende zu einer Protrusion oder einer Extrusion von Bandscheibenmaterial führen kann (Bergknut 2012b).

Die Art und Weise der Umbauvorgänge unterscheidet sich zwischen den Hunderassen. Bei den chondrodystrophen Hunderassen spricht man von einer chondroiden Metaplasie. Der gallertartige Nucleus pulposus wird durch kartilaginöses Gewebe ersetzt. Der Nucleus pulposus kann vom Anulus fibrosus nicht mehr abgegrenzt werden. Dieser Umbauvorgang geschieht in allen Bandscheiben und ist größtenteils im Alter von einem Jahr bereits abgeschlossen (Bray und Burbidge 1998b, Allison 1961). Im Anschluss daran kann es zu einer Kalzifizierung der Bandscheiben kommen. Von einer fibroiden Metaplasie spricht man bei den sogenannten nicht chondrodystrophen Hunderassen. Es setzen ebenfalls

Umbauvorgänge ein, die den gallertartigen Nucleus pulposus in einen trockenen fibrösen umwandeln (Bray und Burbidge 1998b). Die Abgrenzung zum Anulus fibrosus verschwindet ebenfalls und im Zuge der Dehydration verkleinert sich die Größe der Bandscheibe (Bray und Burbidge 1998b). Dies geschieht nur bei einzelnen Bandscheiben der Wirbelsäule und beginnt meist bei älteren Tieren, die im Durchschnitt über 5 Jahre alt sind (Smolders et al. 2012, Brisson 2010). Eine Kalzifizierung findet im Allgemeinen nicht statt (Bray und Burbidge 1998b).

2.2.2. Kalzifizierung

Die Darstellung des Grades der Bandscheibendegeneration stellt den Diagnostiker vor Herausforderungen. Zeichen einer hochgradigen Degeneration sind Kalzifizierungen dieser, meist in der Peripherie des Nucleus pulposus und zum Teil im Anulus fibrosus (Smolders et al. 2012). Betroffen sind vorwiegend die Vertreter der chondrodystrophen Hunderassen wie zum Beispiel der Dackel und der Pekinese. Bereits in einem Alter von 3-4 Monaten beginnen die ersten Umbauvorgänge in Form einer chondroiden Metaplasie (Verheijen und Bouw 1982). Im Verlaufe dieser kommt es in Teilen der Bandscheibe zu einer Nekrose und anschließenden Kalzifizierung (Hansen 1952). Röntgenologisch sind diese teils nachweisbar ab einem Alter von 9 Monaten (Jensen und Arnbjerg 2001). Die Prävalenz steigt mit zunehmendem Alter. Beträgt sie bei ca. 12-18 Monate alten Dackeln noch 9,1-36%, kann sie später bis zu 57,4% erreichen (Stigen 1991 u. 1996). A. Lappalainen et al. (2001) beschrieben in ihrer Studie ein Vorkommen von 76% bei langhaarigen Zwergdackeln und 87% bei Rauhaardackeln. Diese unterschiedlichen Angaben in Bezug auf das Vorkommen von Kalzifizierungen legten nahe, dass es nicht nur eine Ursache dafür gibt. Eine genetische Prädisposition zeigte sich bei Studien beim Dackel (Stigen 1993, Jensen und Christensen 2000). Jensen und Ersboll (1999) zeigten mit ihren Untersuchungen das täglich erbrachte körperliche Leistungen ebenfalls einen Einfluss auf die Ausprägung von Kalzifizierungen haben können. Eine Geschlechtsprädisposition ist derzeit nicht nachvollziehbar (Jensen und Ersboll 1999, Jensen und Arnbjerg 2001, Rohdin et al. 2010). Jede Bandscheibe kann betroffen sein. Es zeigt sich jedoch eine Häufung in der Brustwirbelsäule (Jensen und Ersboll

1999, Jensen und Christensen 2000, Jensen und Arnbjerg 2001, Rohdin et al. 2010). Die Anzahl der Kalzifizierungen erhöht sich im Alter und erreicht im Alter von 24-27 Monaten durchschnittlich den Höchststand (Stigen 1996, Jensen und Arnbjerg 2001). Strittig ist weiterhin, ob das Vorkommen einer Bandscheibenkalzifizierung ein prognostischer Faktor für eine Bandscheibenherniation ist (Jensen und Ersboll 1999, Rohdin et al. 2010). Partielle oder komplette Auflösungen von Bandscheibenkalzifizierungen sind ebenfalls in der Literatur beschrieben (Stigen 1996, Jensen und Arnbjerg 2001). Grund hierfür kann eine erhöhte Makrophagenaktivität, hervorgerufen durch einen entzündlichen Reiz oder ein pH-Wert-Abfall des Bandscheibengewebes sein (Smolders et al. 2012). Eine positive Relation zwischen dem Verschwinden von Kalzifizierungen und Herniation dieser Bandscheibe konnte nicht bewiesen werden (Jensen und Arnbjerg 2001).

2.2.3. Spondylose

Im Zuge einer Bandscheibendegeneration kann es ebenfalls zu Umbauvorgängen an den Wirbelkörpern lateral und ventral in Form von knöchernen Zubildungen kommen. Diese können sich mit der gegenüberliegenden Seite verbinden oder bleiben als einzelne Vorsprünge bestehen (Newton und Nunamaker 1985, Morgan 1967). Bezeichnet wird dies als Spondylosis deformans. Im Laufe der Zeit gab es verschiedene Synonyme wie Spondylarthritis, Spondylitis deformans oder spinale Osteoarthritis. Dies führte jedoch eher zu einer Verwirrung, da dies einen entzündlichen Ursprung vermuten ließ (Newton und Nunamaker 1985). Der Grund zur Bildung einer knöchernen Verbindung zwischen einzelnen Wirbelkörpern steht noch nicht fest. Es gibt verschiedene Ansätze. Zum einen wurde beobachtet, dass Spondylosen nach Hemilaminectomien entstehen können. Zum anderen kann aufgrund einer Instabilität der Wirbelsäule der Körper versuchen, mithilfe einer knöchernen Brücke dies zu kompensieren (Morgan und Miyabayashi 1988). Des Weiteren ist unklar, ob es eine Verbindung zwischen röntgenologisch sichtbarer Spondylose und klinischer Manifestation von Bandscheibenvorfällen gibt (Levine et al. 2006a). Eine weitere Rolle für das Vorkommen einer Spondylose spielt die Heritabilität. Als Beispiel sei hier der Boxer genannt (Langeland und Lingaas 1995, Carnier et al. 2004). Meist verursachen Spondylosen keine klinischen

Symptome, da das Wachstum stets außerhalb des Rückenmarks stattfindet (Kranenburg et al. 2011). Auszuschließen ist jedoch nicht eine Foramenstenose, die zu einer Hyperästhesie und gegebenenfalls zu neurologischen Defiziten führen kann (Newton und Nunamaker 1985). Zum Verteilungsmuster ist zu sagen, dass generell Spondylosen an jedem Wirbelkörper entstehen können (Morgan 1967). Laut Carnier et al. (2004) zeigt sich ein gehäuftes Auftreten im Bereich des 9. Brustwirbels bis zu den ersten Lendenwirbeln und zwischen dem letzten Lendenwirbel und dem ersten Kreuzbeinwirbel. Während laut Angaben von Kranenburg et al.(2011) die komplette Brustwirbelsäule ab dem 3. Brustwirbel und ebenfalls die Lendenwirbelsäule mit dem Übergang zum ersten Kreuzbeinwirbel betroffen sein kann.

2.2.4. Bandscheibenvorfall

Hansen teilte als erster die Bandscheibenvorfälle in 2 Kategorien ein. Typ I beschrieb er als Extrusion bzw. Herniation der Bandscheibe und Typ II als Protrusion (Hansen 1952). Ursache für Typ I ist eine dorsale Ruptur des Anulus fibrosus. Eine Extrusion tritt vor allem im Bereich der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule auf (Kranenburg et al. 2013). Dadurch kommt es zum Vorfall von Material des Nucleus pulposus in den Wirbelkanal (Jeffery et al. 2013). Als Folge können epidurale Blutungen in diesem Bereich auftreten, die zu einer weiteren Kompression des Rückenmarks führen (Bray und Burbidge 1998b). Des Weiteren kommt es zu einer Entzündungsreaktion des Gewebes, was wiederum zu einer Adhäsion zwischen dem vorgefallenen Material und der Rückenmarkshäute führt (Bray und Burbidge 1998b). Betroffen ist vorwiegend die Gruppe der chondrodystrophen Hunderassen (Kranenburg et al. 2013), während für den Hansen Typ II vorwiegend die nicht chondrodystrophen Hunderassen Vertreter sind (Jeffery et al. 2013). Typ II ist gekennzeichnet durch eine Vorwölbung der Bandscheibe in den Wirbelkanal. Grund hierfür ist eine partielle Ruptur der inneren Fasern des Anulus fibrosus, verbunden mit einer Verlagerung des Nucleus pulposus (Besalti et al. 2006). Betroffen ist vorwiegend die Lendenwirbelsäule mit dem Übergang zum Kreuzbein (McKee 2000a). Es ist eine altersbezogene degenerative Erkrankung, die sich häufig bei Patienten ab einem Alter von 7 Jahren zeigt (Brisson 2010).

2.2.5. Ätiologie der Bandscheibendegeneration

Die Degeneration der Bandscheibe ist ein komplexer Vorgang, dem nicht nur eine genetische Komponente zu Grunde liegt, sondern auch diverse andere Faktoren (Smolders et al. 2012, Stigen und Christensen 1993, Braund et al. 1975).

Der Hund entwickelte seit seiner Domestikation eine Vielzahl von Phänotypen (Bannasch et al. 2010). Darunter den Zwergwuchs, der sich in Form von kurz gewachsenen Beinen äußert. Parker et al. zeigte 2009, dass ein auf dem Chromosom 18 lokalisiertes codiertes Retrogen des Fibroblasten-Wachstumsfaktors 4 die Ursache dafür darstellt. Er benannte 19 Rassen bei denen dies nachgewiesen werden konnte. Dazu zählt unter anderem der Basset Hound, der Cardigan Welsh Corgi, der Dackel, der Scottish Terrier, der Sky Terrier und der Havaneser. Bei einigen Rassen wie dem Beagle und dem American Cocker, die häufig zu den betroffenen Hunderassen gezählt werden, konnte dieses Gen nicht nachgewiesen werden (Smolders et al. 2012). Des Weiteren legten Mogensen et al. 2011 dar, dass eine auf dem Chromosom 12 codierte Region die Entwicklung der Kalzifizierung der Bandscheibe beim Dackel ebenfalls mit beeinflusst. Ein weiterer Phänotyp, der häufig mit medizinischen Problemen verbunden ist, ist die Brachycephalie. Sie ist charakterisiert durch eine Verkürzung des Gesichtsschädels, die zu einer Verkürzung der Nase und des Unterkiefers führt (Bannasch et al. 2010). Die genetische Information befindet sich auf einer Region des Chromosoms 1. Zu den brachycephalen Rassen gehören unter anderem der Boston Terrier, der Boxer, die Französische Bulldogge, der Pekinese, der Shi Tzu (Bannasch et al. 2010).

Eine morphologische Untersuchung an Dackeln zeigte, dass Hunde mit einer größeren Widerristhöhe, einer vergleichsweise längeren Wirbelsäule vom 1. Brustwirbel zum Kreuzbein und einem kleineren Beckendurchmesser ein vermehrtes Vorkommen von schwereren Rückenmarksverletzungen infolge von Bandscheibenvorfällen haben (Levine et al. 2006b). Des Weiteren zeigte 1999 eine Studie, dass die Relation zwischen dem Quotienten der Körperlänge zur Beinlänge und die Schwere der Bandscheibendegeneration negativ ist. Jedoch waren die Ergebnisse nicht signifikant (Jensen und Ersboll 1999). Untersuchungen zur Beweglichkeit der Wirbelsäule zeigten keine Unterschiede zwischen chondrodystrophen und nicht chondrodystrophen Hunderassen (Braund et al. 1977).

Abschließend ist zu sagen, dass der Prozess der Bandscheibendegeneration ein multifaktorielles Geschehen darstellt, welches bis heute noch nicht vollständig aufgeklärt ist (Smolders et al. 2012).

2.2.6. Einteilung der Grade der Bandscheibendegeneration

In der Human- wie auch in der Veterinärmedizin sind bereits verschiedene Systeme zur Gradeinteilung der Degeneration der Bandscheibe bekannt (Thompson et al. 1990, Pfirrmann et al. 2001, Seiler et al. 2003, Bergknut et al. 2012c).

Thompson et al. beschrieb 1990 ein 5 stufiges Modell zur Pathologie der Bandscheibe unter Berücksichtigung von Veränderungen des Nucleus pulposus, des Anulus fibrosus, der Wirbelendplatten sowie der Umgebung der Wirbelkörper mithilfe von sagittalen Schnitten der humanen Bandscheibe.

Pfirrmann et al. etablierte 2001 ebenfalls ein 5 stufiges Modell, jedoch basierend auf Untersuchungen mithilfe der Magnetresonanztomographie. Grad 1 beschrieb hierbei eine homogene Bandscheibe mit einer klaren Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus sowie mit einer hyper- bis isointensen Signalintensität im Vergleich zum Liquor cerebrospinalis. Grad 2 zeigt bereits eine inhomogene Struktur. Bei Bandscheiben mit einer Grad 3-Degeneration verschwand die klare Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus und die Signalintensität nahm ab. Dieser Zustand verschlechterte sich bis im Grad 5 die Bandscheibe eine schwarze Struktur aufwies ohne Unterscheidung von Anulus fibrosus und Nucleus pulposus und sich der Zwischenwirbelraum als kollabiert darstellt.

Das von Seiler et al. 2003 aufgestellte System bezieht sich ebenfalls auf MRT-Untersuchungen im direkten Vergleich zu histopathologischen Ergebnissen. Dieses Modell umfasst 4 Stufen. Grad 1 beschreibt alle Bandscheiben ohne pathologische Veränderungen. Im Grad 2 zeigt sich im Nucleus pulposus eine verminderte Signalintensität aufgrund der Ausbildung eines sogenannten „nuclear cleft“. Grad 3 ist durch eine Herniation beziehungsweise Deformation von Nucleus pulposus Material charakterisiert. Im letzten Grad sind zudem Anzeichen einer Chronizität wie das Ausbilden einer Spondylose zu erkennen. Zudem legten Seiler et al. 2003 dar, dass die Magnetresonanztomographie im Vergleich zur

histopathologischen Untersuchung als Goldstandard eine 100% Sensitivität und 79% Spezifität aufweist.

Griffith et al. modifizierte 2007 das von Pfirrmann aufgestellte System, indem er statt 5 acht Grade aufstellt, um so die alternde Bandscheibe besser beurteilen zu können.

2.2.7. Prognose

Die neurologischen Ausfälle, die aufgrund eines Bandscheibenvorfalles folgen, sind vielfältig. Die meist gestellte Frage in diesem Zusammenhang ist: Wie ist die Prognose? Kommt es zu einer vollständigen Regeneration oder bleiben Schäden zurück? Die Antwort kann bis heute nicht klar beantwortet werden.

Hinweise bestehen jedoch, dass eine erhöhte Signalintensität des Rückenmarks in der T2 Gewichtung mit einer schlechteren Prognose verknüpft ist (Besalti et al. 2005, Levine et al. 2009, Ito et al. 2005, Boekhoff et al. 2012). Zum anderen wurde beschrieben, dass die Rückkehr des Tiefenschmerzes innerhalb von 2 Wochen nach stattgefundenener Operation ein positiver Indikator ist (Laitinen und Puerto 2005). Die Dauer der klinischen Symptome und der Grad der Rückenmarkskompression sollen keinen Einfluss auf den Ausgang nehmen (Kazakos et al. 2005, Penning et al. 2006). Ein Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht, dem Geschlecht und dem klinischen Ausgang konnte ebenfalls nicht ermittelt werden (Macias et al. 2002). Henke et al. fand 2013 eine Korrelation zwischen dem neurologischen Grad und der Schwere des Schadens in der weißen Substanz des Rückenmarks. Zur Erstellung einer Prognose wird heute vorwiegend das Vorhandensein des Tiefenschmerzes genutzt (Scott and McKee 1999, Scott 1997). Verschiedene Biomarker werden untersucht, um die Prognosestellung zu erleichtern (Jeffery et al. 2013).

2.3. Klinik und Diagnostik

2.3.1. Klinische Untersuchung

Ein wichtiger Punkt ist stets die Untersuchung des Patienten. Mit der klinischen Untersuchung wird ein erster Eindruck gewonnen, um die Liste der möglichen Differentialdiagnosen einzuengen (McKee 2000a). Ist die Ursache wirklich eine Bandscheibenerkrankung oder liegt zum Beispiel eine metabolische Störung vor. Die neurologische Untersuchung dient der Lokalisierung der Läsion und dem Erfassen des Ausmaßes der neurologischen Defizite (McKee 2000a). Mit Hilfe von Haltungs- und Stellreaktionen, sowie mit spinalen Reflexen und Identifizierung von Schmerzpunkten erfolgt die Einteilung in den jeweiligen betroffenen Bereich des Rückenmarks (Platt und Olby 2004). Um die Schwere der Defizite zu verdeutlichen, kann man sie unterschiedlichen Graden zuordnen. Nach Sharp und Wheeler (2005) erfolgt eine Einteilung in 5 Schweregrade: Grad 1 beschreibt eine Hyperästhesie ohne weitere Defizite. Grad 2 zeigt sich bei einer gehfähigen Parese. Grad 3 äußert sich in Form einer nicht gehfähigen Parese, Grad 4 in einer Plegie und der letzte Grad in einer Plegie mit abwesendem Tiefenschmerz.

2.3.2. Röntgen

Nach der neurologischen Untersuchung folgt eine Röntgenuntersuchung des Bereiches, an dem ein Bandscheibenvorfall vermutet wird. Zu diesem Zeitpunkt muss entschieden werden, ob eine Untersuchung in Narkose durchgeführt werden soll oder nicht. Zu berücksichtigen ist, dass zur Beurteilung des Vorliegens einer Bandscheibenerkrankung eine exakte Lagerung nötig ist. Eingeschränkt wird dies durch Muskelspasmen und Abwehrreaktionen des Patienten zum Beispiel aufgrund von Schmerzen (R. Dennis 1987).

Bei der Auswertung muss ebenfalls auf die umliegenden Strukturen geachtet werden im Hinblick auf Überlagerungen. Im Bereich der Brustwirbelsäule sind hier in der ventrodorsalen Aufnahme die Procc. spinosi und das Herz zu nennen. Im Bereich der Lendenwirbelsäule

erschwert vor allem der Gastrointestinaltrakt eine eindeutige Diagnose (Jensen und Arnbjerg 2001). Daher benötigt man zur korrekten Beurteilung der Wirbelsäule laterale und ventrodorsale bzw. dorsoventrale Röntgenaufnahmen (Jensen und Arnbjerg 2001). Anzeichen einer Bandscheibenerkrankung sind: eine Verengung des Intervertebralspaltes, ein in Form oder Dichte verändertes Foramen intervertebrale und Kalzifizierungen zwischen den Wirbelkörpern oder im Wirbelkanal (Dennis 1987, Morgan und Miyabayashi 1988). Jedoch ist darauf zu achten, dass sich physiologisch der Zwischenwirbelspalt zwischen dem 7. Hals- und 1. Brustwirbel, dem 10. und 11. Brustwirbel und dem 11. und 12. Brustwirbel enger darstellt (Braund 2003). Kalzifizierungen von Bandscheiben sind ebenfalls mit Vorsicht zu bewerten, da bei chondrodystrophen Hunderassen diese Veränderung keine Seltenheit ist und nicht zwingend mit einem Bandscheibenvorfall einhergeht. Dies steht in Gegensatz zu den nicht chondrodystrophen Rassen (Dennis 1987). Abschließend ist zu sagen, dass trotz eines Vorfalles nicht zwingend radiologische Veränderungen zu finden sein müssen (Dennis 1987). Nur in ungefähr 51-61% der Fälle ist eine sichere Diagnose zu stellen (Lamb et al. 2002, Kirberger et al. 1992). Des Weiteren ist keine klare Aussage über das Ausmaß der Schädigung des Rückenmarks zu treffen (Tipold 1991). Die Röntgenuntersuchung dient aber bereits zum Ausschluss möglicher Differentialdiagnosen, zum Beispiel einer Diskospondylitis, einer Fraktur, einer Luxation oder angeborener Anomalien (Costa und Samii 2010, Dennis 1987).

2.3.3. Computertomographie

Die Computertomographie ist ein weiteres bildgebendes Verfahren, das sich die Röntgenstrahlung zu Nutze macht. Im Gegensatz zur starren Röntgenröhre in der konventionellen Röntgenuntersuchung handelt es sich hier um ein rotierendes System, das aus mehreren Blickwinkeln ein Bild des zu untersuchenden Bereiches erzeugt (Schroeder und Lackner 1980). Gegenüber der Röntgenröhre befinden sich Detektoren, die die jeweils ein- und austretenden Strahlenintensitäten messen und diese an einen Computer weitergeben (Costa und Samii 2010). Diese Messwerte werden in die sogenannten Hounsfield-Einheiten umgerechnet, um eine bildliche Darstellung des Objektes in Form einer Grauskala zu

ermöglichen. Die Hounsfield-Einheiten (HE) sind nach dessen Erfinder benannt und bestimmen für die Dichte des Wassers den Wert 0 (Tipold 1991). Gewebe mit höheren Hounsfield-Einheiten bis zu 1500 HE für den Knochen erhalten die Farbe weiß. Schwarz sind negative Hounsfield-Einheiten bis zu -1000. Luftgefüllte Organe liegen in diesem Bereich. Die HE Werte dazwischen spiegeln unterschiedliche Schattierung in Graustufen wider (Schroeder und Lackner 1980). Zu beachten ist, dass diese Werte aufgrund von systemabhängigen Parametern und individuellen Unterschieden schwanken und somit keine absoluten Zahlenwerte darstellen (Tipold 1991). Ein großer Vorteil der Computertomographie liegt in der gleichzeitigen Darstellung von Weichteil- und Knochenstrukturen. Je nach Fragestellung können mit Hilfe von sogenannten Knochen- oder Weichteilfenstern die gewünschten Strukturen genauer visualisiert werden (Schroeder und Lackner 1980). Einsatz findet die Computertomographie vorwiegend in der Darstellung des Schädels, der Bulla tympanica, der Knochen der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule, der Cauda equina und in Kombination mit der Myelographie der Darstellung des Rückenmarks (Platt und Olby 2004). In der Wirbelsäulendiagnostik ist die Computertomographie sensitiver im Erkennen von Kalzifizierungen als die Röntgenuntersuchung. Bereits Veränderungen von 0,5% der Dichte von Gewebe können dargestellt werden, während zirka 30% Veränderungen notwendig sind, um in der Röntgenuntersuchung festgestellt werden zu können (Gielen et al. 2012). Die Bandscheibe zeigt ein homogenes Bild in der CT. Es ist nicht möglich zwischen dem Nucleus pulposus und dem Anulus fibrosus zu unterscheiden (Ramirez und Thrall 1998). Bei akuten Bandscheibenvorfällen findet man unter anderem hyperdenses Material im Wirbelkanal, Verlust von epiduralem Fett und/oder eine Verdrängung des Rückenmarks. Chronische Bandscheibenvorfälle erscheinen ebenfalls meist hyperdens (Tipold 1991, Costa und Samii 2010). Zusammenfassend ist die Computertomographie ein sicheres diagnostisches Mittel, um mineralisiertes vorgefallenes Bandscheibenmaterial zu identifizieren. In einigen Fällen ist es ratsam eine Myelographie anzuschließen (Costa und Samii 2010, Olby et al. 2000).

2.3.4. Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie hat sich seit über 30 Jahren als Diagnostikum etabliert (Geva 2006). Die Wurzeln für dieses Verfahren erforschten die beiden Physiker Otto Stern und Walter Gerlach in den 20-er Jahren des 20. Jahrhunderts (Geva 2006). 1946 entdeckten Felix Bloch und Edward Mills Purcell unabhängig voneinander, dass Atomkerne, die einem Magnetfeld ausgesetzt werden, Energie im elektromagnetischem Spektrum absorbieren und diese nach Austritt aus diesem wieder abgeben in Form von elektromagnetischen Impulsen (Bloch et al. 1946, Purcell et al. 1946). Jasper Jackson nutzte als erster diese Technik bei lebenden Tieren im Jahre 1967 (Thomson et al. 1993).

Das Prinzip beruht darauf, dass mithilfe von einem Magnetfeld und dem Aussenden von elektromagnetischen Impulsen das zu untersuchende Gewebe Energie absorbiert und je nach Zusammensetzung energetische Signale zurücksendet (Braund 2003). Entscheidend ist hierbei das Vorkommen von Wasserstoffatomen (Weishaupt et al. 2009). Im Allgemeinen kann jedes Atom benutzt werden. Jedoch besitzt das einzelne Wasserstoffatom ein relativ hohes gyromagnetisches Verhältnis und ist ausreichend im Körper vorhanden (Elliot und Skerritt 2010). Jeder Atomkern besitzt seinen eigenen Spin (Costa und Samii 2010). Mithilfe des MR-Scanners wird ein magnetisches Feld aufgebaut, das dafür sorgt, dass sich die Spins parallel zu diesem Feld orientieren (Costa und Samii 2010). Durch einen Hochfrequenzimpuls verlieren die Atomkerne ihre parallele Ausrichtung. Während der Relaxation kehren alle Atomkerne in ihren ursprünglichen Zustand bzw. Ausrichtung zurück. Dieser Vorgang unterscheidet sich von der Länge und Intensität in den unterschiedlichen Gewebetypen und kann so mithilfe der Radiosignale aufgeschlüsselt werden (Costa und Samii 2010). Um die einzelnen Gewebetypen in unterschiedlichen Graustufen darstellen zu können, bedient man sich mehrerer Sequenzen (Hecht und Adams 2010).

Zur Untersuchung der Wirbelsäule bedient man sich im allgemeinen der T2 Gewichtung in der dorsalen und sagittalen Bildebene sowie der transversalen bei verdächtigen Bereichen (Dennis 2011). Des Weiteren folgt eine pre- und post-Kontrastmittel durchgeführte T1 Gewichtung mit gegebenenfalls anschließender Gradientenechosequenz oder der Fettunterdrückung, der sogenannten STIR-Sequenz zum Ausschluss von paraspinale Weichteilpathologien (Dennis 2011, Costa und Samii 2010, Zhalniarovich et al. 2013).

In der T1 Gewichtung erscheint Fettgewebe hyperintens und Flüssigkeit hypointens im Vergleich zum umgebenden Rückenmark. Die Bandscheibe zeigt ein einheitliches Bild und ist isointens dargestellt. Das Rückenmark und die Nervenwurzeln sind ebenfalls isointens, erscheinen vergleichsweise zur Bandscheibe jedoch etwas dunkler (Carrino und Morrison 2003, Adams et al 1995). Zur Beurteilung der Bandscheibenstruktur wird die T2 Gewichtung vorwiegend genutzt (Dennis 2011). In dieser Sequenz setzt sich eine gesunde Bandscheibe aus einem hyperintens Kern, ummantelt von einem isointensen Mantel, zusammen (Adams et al. 1995). Im Laufe der Degeneration nimmt die Signalintensität des Nucleus pulposus ab, und je nach Schweregrad der Degeneration ist eine Unterscheidung in Nucleus pulposus und Anulus fibrosus schwieriger zu treffen (Levitski et al. 1999, Seiler et al. 2003). Beim Hansen Typ I kommt es zudem zum Austritt von Bandscheibenmaterial und somit zu einer Verdrängung des epiduralen Fettgewebes und des Rückenmarks bzw. teilweise zu epiduralen Blutungen (Adams et al. 1995, Mankin et al. 2012). Der Hansen Typ II ist gekennzeichnet durch eine Vorwölbung der Bandscheibe in den Rückenmarkskanal und kann somit zu einer Einengung von Nervenwurzeln bzw. des Rückenmarks führen (Adams et al. 1995, Mankin et al. 2012). Die Gradientenechosequenz ist eine weitere Möglichkeit die Struktur der Bandscheibe darzustellen (Dennis 2011). In der Literatur gibt es verschiedene Bezeichnungen wie FFE oder FLASH (Winkler et al. 1988). Die Bandscheiben erscheinen isointens zum Liquor cerebrospinalis und haben ein helles Erscheinungsbild. Der Wirbelkörper sowie alle weiteren Kalzifizierungen sind hypointens (Schmidt et al. 2007, Carrino und Morrison 2003, Dennis 2011). Je nach Wahl der Repetitionszeit, der Echozeit und des Pulswinkels können die Aufnahmen einen verstärkten T1 oder T2* Kontrast zeigen (Weishaupt et al. 2009). Einsatz findet die GRE-Sequenz vorwiegend in der Diagnostik von Erkrankungen des Rückenmarks der Halswirbelsäule, da sie einen guten Weichteilkontrast hat und zudem unempfindlich gegenüber Flussartefakten ist, die durch die Pulsation des Liquors entstehen können (Forsting et al. 2009, Kahn et al. 2004, Wolansky et al. 2005).

Die Magnetresonanztomographie ist ein gängiges Diagnostikum zur Befundung der Morphologie der Bandscheibe und diverser Rückenmarkserkrankungen (Costa und Samii 2010, Urban und Winlove 2007).

In vorliegender Arbeit erfolgte die Beurteilung der Bandscheibe anhand der T2 Gewichtung und der FFE-Sequenz in der transversalen Schnittebene, da beide Sequenzen in der

Tiermedizin ein gängiges Diagnostikum sind, um „verdächtige“ Bereiche der Wirbelsäule zu untersuchen (Dennis 2011). Pfirrmann et al. etablierten 2001 ein 5-stufiges Modell zur einheitlichen Bewertung der Bandscheibe in der Magnetresonanztomographie in der T2W. Hier sollte nun die Hypothese untersucht werden, ob das Fast Field Echo eine sensitivere Methode gegenüber der T2W ist, um bereits frühe Umbauvorgänge der Bandscheibe zu erkennen.

3. Material und Methoden

3.1. Patienten

In der vorliegenden Arbeit wurden die medizinischen Unterlagen von 208 caninen Patienten, die zwischen April 2010 und November 2012 in der Klinik für Kleintiere der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover aufgrund einer Gangstörung oder eines Anfallsgeschehens vorgestellt wurden, retrospektiv ausgewertet. Bei allen Hunden wurde aufgrund von neurologischen Ausfällen zur Abklärung der Ursache der klinischen Befunde eine Magnetresonanztomographie im Bereich der Wirbelsäule durchgeführt.

Die Patienten wurden in 3 Kategorien eingeteilt. Die 1. Kategorie beinhaltet chondrodystrophe und brachyzephe Hunderassen, die 2. Kategorie alle weiteren Hunderassen mit einem Körpergewicht kleiner als 25 kg und die 3. Kategorie Patienten schwerer oder gleich 25 kg Körpergewicht. Zur Datenerhebung wurden neben dem Gewicht und der Rasse, das Geschlecht und das Alter am Tag der Vorstellung notiert.

3.2. Neurologische Untersuchung

Die durchgeführte neurologische Untersuchung diente bei 206 Hunden zum einem der Lokalisierung der Läsion und zum anderen der Erfassung des Schweregrades der Lähmungen. Hierfür erfolgte die Einteilung in die 5 Schweregrade nach Sharp und Wheeler (2005).

- Grad 1: Hyperästhesie der Wirbelsäule ohne neurologische Ausfallserscheinungen
- Grad 2: Ataxie, Propriozeptionsdefizite, gehfähige Parese
- Grad 3: nicht gehfähige Parese
- Grad 4: Plegie mit erhaltenem Tiefenschmerz
- Grad 5: Plegie mit abwesendem Tiefenschmerz

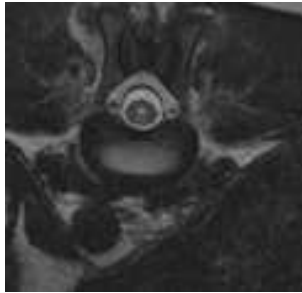
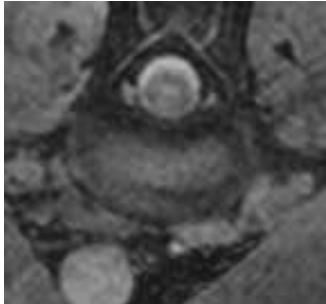
2 Patienten konnten nicht zugeordnet werden, da bei dem einen ein orthopädisches Problem im Mittelpunkt stand und bei dem anderen vorberichtlich ein Anfallsgeschehen vorlag. Zum Zeitpunkt der Untersuchung wurden bei diesen beiden Hunden keine neurologischen Auffälligkeiten festgestellt.


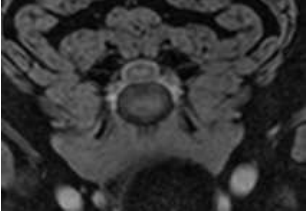
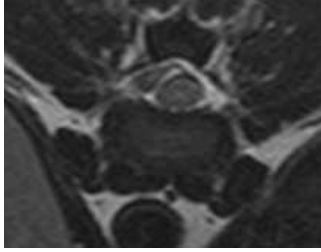
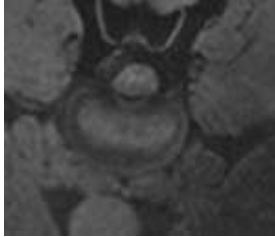
3.3. Röntgenuntersuchung und ggf. Computertomographie

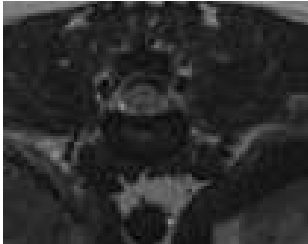
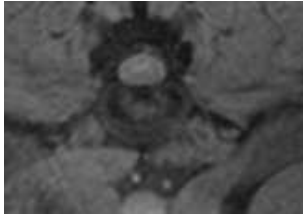
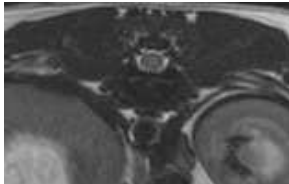
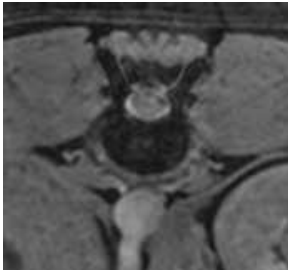
Die sich anschließende Röntgenuntersuchung setzte sich je nach Problemliste zusammen aus einer laterolateralen und einer ventrodorsalen Aufnahme. Beurteilt wurden die Aufnahmen, die eine ausreichende Bildgüte aufwiesen und die Bandscheiben, bei denen im weiteren Verlauf auch eine magnetresonanztomographische Untersuchung erfolgte. Daher wurden neben den erkrankten Bandscheiben auch angrenzende gesunde Bandscheiben mit beurteilt. Insgesamt wurden 775 Bandscheiben im laterolateralen Strahlengang und 456 im ventrodorsalen Strahlengang begutachtet im Hinblick auf deren pathologische Veränderungen und Veränderungen der umgebenden Strukturen (Morgan et al. 1988, Miyabayashi 2001, Dennis 1987), wie das Vorliegen von Verkalkungen im Wirbelkanal, und/oder zwischen den Wirbelkörpern und das Vorhandensein von Spondylosen oder Wirbelengständen. Erfolgte zudem eine Computertomographie (n = 87), wurde diese nach den gleichen Kriterien beurteilt.

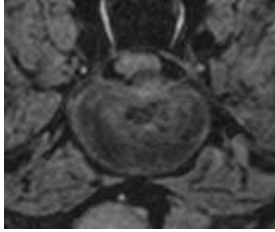
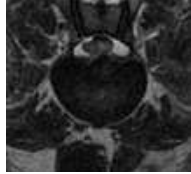
3.4. Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie erfolgte mit einem 3 Tesla MRT Philips Achieva 3.0T (Philips, Best, Niederlande). Zur Beurteilung der Bandscheibe wurde ein Bewertungsschema erstellt.

Bewertung	T2 Gewichtung	FFE
<p>1) Normaler Befund junger Hund < 12 Mo.</p>	<p>Nucleus pulposus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - homogene Struktur - Signalintensität hyper- bis isointens im Vergleich zum Liquor cerebrospinalis <p>Anulus fibrosus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Signalintensität hypointens im Vergleich zum Nucleus pulposus <p>Klare Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus Durchgehende Fett-Liquorsäule</p>  <p>Patient 188 Bandscheibe Th12/13</p>	<p>Zwischenwirbelscheibe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - homogene Struktur - Signalintensität isointens zu Musculi trunci <p>Keine klare Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus Durchgehende Fett-Liquorsäule</p>  <p>Patient 188 Bandscheibe Th12/13</p>
<p>2) Normaler Befund Erwachsener Hund</p>	<p>Nucleus pulposus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - inhomogene Struktur - Signalintensität hyper- bis isointens im Vergleich zum Liquor cerebrospinalis <p>Anulus fibrosus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Signalintensität hypointens im Vergleich zum Nucleus pulposus <p>Klare Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus</p>	<p>Zwischenwirbelscheibe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - homogene Struktur - Signalintensität isointens zu Musculi trunci <p>Keine klare Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus Durchgehende Fett-Liquorsäule</p>

	<p>Zwischenwirbelscheibe mit oder ohne grauen Banden</p> <p>Durchgehende Fett-Liquorsäule</p>  <p>Patient 13 Bandscheibe C4/5</p>	 <p>Patient 13 Bandscheibe C4/5</p>
<p>3) Ggr. degenerative Veränderungen der Bandscheibe</p>	<p>Nucleus pulposus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - inhomogene Struktur - Signalintensität iso- bis hypointens im Vergleich zum Liquor cerebrospinalis <p>Zwischenwirbelscheibe zu 1/3 strukturverändert</p> <p>Klare bis undeutliche Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus</p> <p>Durchgehende Fett-Liquorsäule</p>  <p>Patient 168 Bandscheibe Th12/13</p>	<p>Zwischenwirbelscheibe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - inhomogene Struktur - ca. 1/3 betreffend Veränderung der Signalintensität (hypointens) - Signalintensität hypo- bis isointens zur Musculi trunci <p>Keine Kompression des Myelons</p>  <p>Patient 168 Bandscheibe Th12/13</p>
<p>4) Mgr. degenerative Verän-</p>	<p>Nucleus pulposus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - inhomogene Struktur - Signalintensität iso- bis hypointens im Vergleich zum Liquor cerebrospinalis 	<p>Zwischenwirbelscheibe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - inhomogene Struktur - ca. 1/2 betreffend Veränderung der Signalintensität (hypointens) - Signalintensität hypo- bis isointens zur

<p>derungen der Band- scheibe</p>	<p>Zwischenwirbelscheibe zur ½ strukturverändert</p> <p>Unklare Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus</p> <p>Durchgehende Fett-Liquorsäule</p>  <p>Patient 49 Bandscheibe Th13/L1</p>	<p>Musculi trunci</p> <p>Keine Kompression des Myelons</p>  <p>Patient 49 Bandscheibe Th13/L1</p>
<p>5) Hgr. degenera- tive Verän- derungen der Band- scheibe</p>	<p>Nucleus pulposus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - inhomogene Struktur - Signalintensität hypointens im Vergleich zum Liquor cerebrospinalis <p>Zwischenwirbelscheibe zu mindestens 2/3 strukturverändert</p> <p>Unklare bis nicht erkennbare Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus</p> <p>Durchgehende bzw. leicht eingeeengte Fett-Liquorsäule</p>  <p>Patient 134 Bandscheibe Th13/L1</p>	<p>Zwischenwirbelscheibe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - inhomogene Struktur - mindestens 2/3 betreffend Veränderung der Signalintensität (hypointens) - Signalintensität iso- bis hypointens zur Musculi trunci <p>Keine oder ggr. Kompression des Myelons</p>  <p>Patient 134 Bandscheibe Th13/L1</p>
<p>6) Band- scheiben-</p>	<p>Zwischenwirbelscheibe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Signalintensität iso- bis hypointens im Vergleich zum Liquor 	<p>Zwischenwirbelscheibe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - inhomogene Struktur - Signalintensität iso- bis hypointens zur

<p>vorfall Hansen Typ I</p>	<p>cerebrospinalis</p> <p>keine Unterscheidung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus möglich Einriss des Anulus fibrosus Im Wirbelkanal vorgefallenes Bandscheibenmaterial als hypointenses Material sichtbar Breite des Intervertebralspaltes kann verengt sein</p>  <p>Patient 202 Bandscheibe L2/3</p>	<p>Musculi trunci</p> <p>Einriss des Anulus fibrosus Im Wirbelkanal vorgefallenes Bandscheibenmaterial als hypointenses Material sichtbar Breite des Intervertebralspaltes kann verengt sein</p>  <p>Patient 202 Bandscheibe L2/3</p>
-------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Eine Vorwölbung der Bandscheibe wurde ebenfalls, wenn vorhanden, separat angegeben. Bei 17 Patienten wurde wiederholt ein MRT (Re-MRT) durchgeführt, das ebenfalls nach dem gleichen Schema ausgewertet wurde.

3.5. Diagnose

Aufgrund der Summe aller Befunde (Vorbericht, Signalement, klinische und neurologische Untersuchung, Blutuntersuchungen, Beurteilung des Liquor cerebrospinalis und bildgebende Verfahren) wurde eine klinische Diagnose gestellt. Von den 208 untersuchten Patienten hatten 154 einen Bandscheibenvorfall, der bei 124 Patienten durch chirurgische Intervention bestätigt wurde, 10 eine fibrocartilaginöse Rückenmarksembolie, 3 eine Wirbelfraktur und bei 5 Patienten waren Protrusionen der Bandscheibe die Hauptverursacher der neurologischen Symptomatik. Bei den restlichen 36 Patienten waren verschiedene Neoplasien, eine

Meningoencephalomyelitis oder auch ein Hydrocephalus internus Ursache der neurologischen Ausfallserscheinungen.

3.6. Bandscheibenvorfälle

Bei allen diagnostizierten Bandscheibenvorfällen wurden Angaben hinsichtlich der Vorbehandlung, der bestandenen Dauer der Symptomatik vor der Erstvorstellung in der Tierärztlichen Hochschule Hannover, der neurologische Schweregrad bei Ankunft und ggf. bei Entlassung des Patienten, die Lokalisation des Bandscheibenvorfalles und des Bandscheibenmaterials sowie das Ausmaß der Kompression, ggf. durchgeführte Operationen sowie die Dauer des Aufenthaltes in der Kleintierklinik erfasst. Für alle telefonisch erreichbaren entlassenen Patienten wurde zudem dokumentiert ob nach der Entlassung aus der Klinik eine Physiotherapie durchgeführt wurde, ob weiterhin eine Gangstörung besteht und ob eine Schmerzmedikation zeitweise oder über eine längere Dauer verabreicht wurde.

3.6.1. Anamnese

Bei Erstvorstellung in der Tierärztlichen Hochschule Hannover umfasste die Anamnese zunächst die Dauer der bestehenden Symptomatik. Hierfür wurden die Patienten in 6 Gruppen eingeteilt.

- Gruppe 1 = Dauer der Symptomatik \leq 1 Tag
- Gruppe 2 = Dauer der Symptomatik \leq 4 Tage
- Gruppe 3 = Dauer der Symptomatik \leq 7Tage
- Gruppe 4 = Dauer der Symptomatik \leq 4 Wochen
- Gruppe 5 = Dauer der Symptomatik $>$ 4 Wochen
- Gruppe 6 = Dauer der Symptomatik nicht bekannt

Des Weiteren wurde erfragt, ob bereits eine Vorbehandlung stattgefunden hat und wenn ja, ob Glukokortikosteroide appliziert wurden.

3.6.2. Klinischer Verlauf

Bei stationären Patienten wurde zum einen dokumentiert, ob eine Operation durchgeführt wurde und wenn ja, wie viele Operationen. Zum anderen erfolgte eine abschließende neurologische Untersuchung bei Entlassung aus der Klinik, und die Dauer des Aufenthaltes an der Klinik für Kleintiere wurde festgehalten.

3.6.3. Patientengespräch

Insgesamt wurden 74 Patientenbesitzer telefonisch befragt, ob sie nach der Entlassung aus der Klinik eine Physiotherapie durchgeführt haben, ob immer noch eine Gangstörung besteht und wenn ja, ob sie zu einer Beeinträchtigung im Alltag führt. Zudem wurden Fragen nach der Applikation einer Schmerzmedikation gestellt, ob diese überhaupt, zeitweise oder über eine längere Dauer verabreicht werden mussten. Die Besitzer sollten beantworten, ob diese Therapie aufgrund einer erneuten oder der gleichen Erkrankung der Bandscheiben durchgeführt wurde.

3.7. Datenauswertung

Für die statistische Berechnung der jeweiligen Mittelwerte und der daraus folgenden Diagramme erfolgte das Zusammentragen der Daten mithilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Excel. Die Röntgen- und CT-Aufnahmen wurden einzeln durch Prof. Dr. Andrea Tipold (AT) und PD Dr. Veronika M. Stein (VS) nach dem oben angegebenen Bewertungsschema beurteilt. Die beiden Sequenzen der Magnetresonanztomographie wurden geblindet von AT und VS beurteilt. Um zu zeigen, ob zum einen eine Übereinstimmung zwischen den Bewertungen der laterolateralen und ventrodorsalen Röntgenaufnahmen und zum anderen zwischen den beiden Sequenzen der Magnetresonanztomographie vorliegt, erfolgte die statistische Auswertung im SAS (Statistical Analysis Software) zusammen mit Dr. Karl Rohn des Institutes für Biometrie,

Epidemiologie und Informationsverarbeitung der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover mit Hilfe des Mc Nemar Test und des einfachen und gewichteten Kappa-Koeffizienten. Der Kompressionsquotient zwischen den beiden MRT-Sequenzen wurde durch den t-Test bestimmt.

4. Ergebnisse

4.1. Patienten

Insgesamt wurden die medizinischen Befunde von 208 caninen Patienten, die zwischen April 2010 und November 2012 in der Klinik für Kleintiere der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover aufgrund einer Gangstörung oder eines Anfallsgeschehens (Kontrollgruppe) vorgestellt wurden, ausgewertet.

83 Patienten wurden der 1. Kategorie, der chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen, zugeordnet. Die 2. Kategorie umfasst alle nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht kleiner 25 kg und schließt hier 86 Patienten ein. Die 3. Kategorie mit insgesamt 39 Patienten beinhaltet alle nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht gleich oder größer 25 kg. Die Häufigkeit der jeweiligen Rassenverteilung wird je nach Kategorie in Tabelle 1,2 und 3 wiedergegeben (Einteilung nach Parker et al. 2009 und Bannasch et al. 2010). Einige Rassen werden in der 2. und 3. Kategorie mehrfach erwähnt, da die Einteilung der Patienten nach dem Körpergewicht erfolgte.

Tabelle 1 : Rassenverteilung der chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen
(1. Kategorie)

Rasse	Anzahl	Prozentuale Verteilung
Boxer	3	3,6%
Dackel	53	63,9%
Französische Bulldogge	16	19,3%
Havanaser	2	2,4%
Mops	4	4,8%
Shi Tzu	3	3,6%

Sky Terrier	1	1,2%
Welsh Corgi Gardigan	1	1,2%

Tabelle 2: Rassenverteilung der nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht kleiner 25 kg (2. Kategorie)

Rasse	Anzahl	Prozentuale Verteilung
American Cocker Spaniel	1	1,16%
Beagle	11	12,8%
Berger de Pyrenee	2	2,33%
Bolonka Zwetna	3	3,49%
Border Collie	3	3,49%
Border Terrier	1	1,16%
Cavalier King Charles Spaniel	1	1,16%
Chihuahua	1	1,16%
Cocker Spaniel	4	4,65%
Coton du Tulear	2	2,33%
Deutscher Jagdterrier	1	1,16%
Galgo Espanol	1	1,16%
Hannoverscher Schweißhund	1	1,16%
Jack Russel Terrier	10	11,63%
Kleiner Münsterländer	1	1,16%
Labrador Retriever	2	2,33%
Lhasa Apso	1	1,16%

Malteser	2	2,33%
Mischling	23	26,74%
Parson Russel Terrier	2	2,33%
Pinscher	2	2,33%
Podenco Ibizenco	1	1,16%
Pudel	3	3,49%
Ratero	1	1,16%
Sheltie	1	1,16%
Tibet Terrier	1	1,16%
Yorkshire Terrier	4	4,65%

Tabelle 3: Rassenverteilung der nicht chondrodystrophen und brachycephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht gleich oder größer 25 kg (3. Kategorie)

Rasse	Anzahl	Prozentuale Verteilung
Alaskan Malamut	1	2,56%
Brandlbracke	1	2,56%
Bärenhund	1	2,56%
Dalmatiner	1	2,56%
Deutsche Dogge	1	2,56%
Deutscher Schäferhund	8	20,51%
Doberman	1	2,56%
Golden Retriever	1	2,56%
Hannoverscher Schweißhund	2	5,13%
Labrador Retriever	7	18%

Magyar Vizsla	1	2,56%
Malinois	1	2,56%
Mischling	9	23,08%
Pitbull	1	2,56%
Retriever	1	2,56%
Weimaraner	1	2,56%
Wolfshund	1	2,56%

In der 1. Kategorie waren insgesamt 54% der Patienten männlich (n = 45, davon 7 kastriert) und 46% weiblich (n = 38, davon 23 kastriert). Die 2. Kategorie umfasste 69% männliche Patienten (n= 59, davon 14 kastriert) und 31% weibliche Patienten (n= 27, davon 19 kastriert). In der 3. und letzten Kategorie waren 64% männlich (n= 25, davon 6 kastriert) und 36% weiblich (n = 14, davon 6 kastriert).

Das Körpergewicht lag in der 1. Kategorie zwischen 3,9 kg und 29,8 kg mit einem Mittelwert von 8,1 kg. In der 2. Kategorie reichte es von 2,6 kg bis 24 kg (Mittelwert = 11 kg) und in der 3. Kategorie von 25 kg bis 60 kg (Mittelwert = 34,4 kg).

Das Erkrankungsalter für die 3 Kategorien ist in der Abbildung 1, 2 und 3 wiedergegeben. Die jüngsten Patienten waren in allen Kategorien jünger als 1 Jahr und der älteste Patient war 14 Jahre.

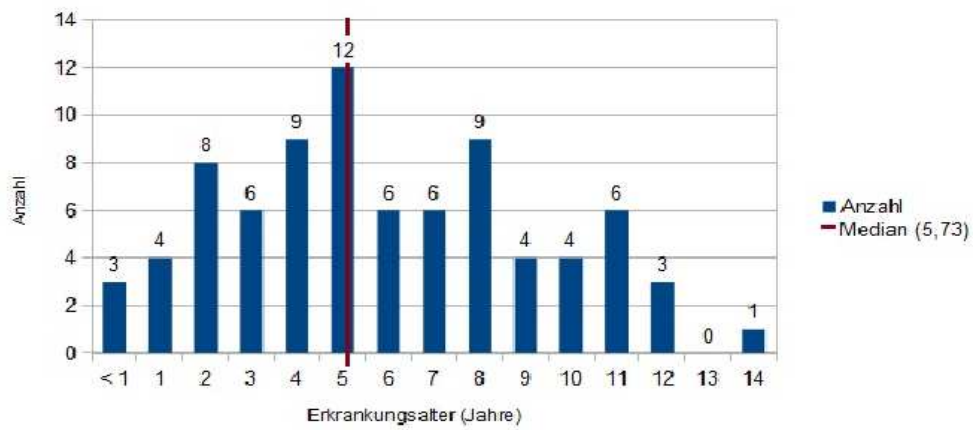


Abbildung 1: Erkrankungsalter 1. Kategorie

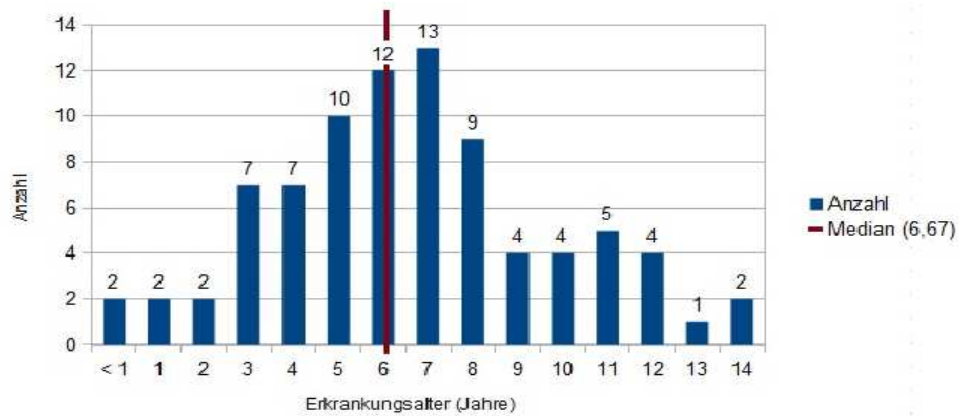


Abbildung 2: Erkrankungsalter 2. Kategorie

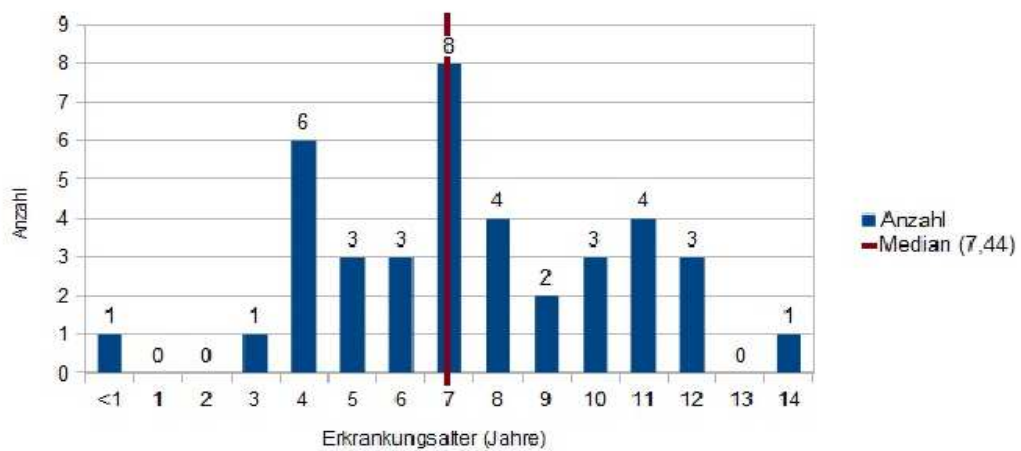


Abbildung 3: Erkrankungsalter 3. Kategorie

Die Befunde der neurologischen Untersuchung wurden in die 5 Schweregrade nach Sharp und Wheeler (2005) eingeteilt. Grad 1 beschreibt eine Hyperästhesie der Wirbelsäule ohne neurologische Ausfallerscheinungen. Grad 2 umfasst alle Patienten mit einer Ataxie, Propriozeptionsdefiziten oder mit einer gehfähigen Parese. Bei Grad 3 handelt es sich um eine nicht gehfähige Parese. In Grad 4 zeigen alle Patienten eine Plegie mit erhaltenem Tiefenschmerz und in Grad 5 eine Plegie mit abwesendem Tiefenschmerz. Die Verteilung des neurologischen Grades ist in der 4. Abbildung dargestellt. 2 Patienten der 2. Kategorie zeigten keine Auffälligkeiten und wurden bei der Darstellung nicht berücksichtigt.

In allen 3 Kategorien zeigte die Mehrheit der Patienten (88% in der 1. Kategorie und 87% in der 2. und 3. Kategorie) einen Grad 2 bis 4. Bei den chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen (1. Kategorie) wurde vorwiegend der Grad 2 (35%) und der Grad 4 (34%) diagnostiziert. Während die nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht kleiner 25 kg (2. Kategorie) vor allem eine nicht gehfähige Parese zeigten bei 35% der Patienten. In der 3. Kategorie, der nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht größer oder gleich 25 kg, lag der Peak mit 31% ebenfalls bei Grad 3.

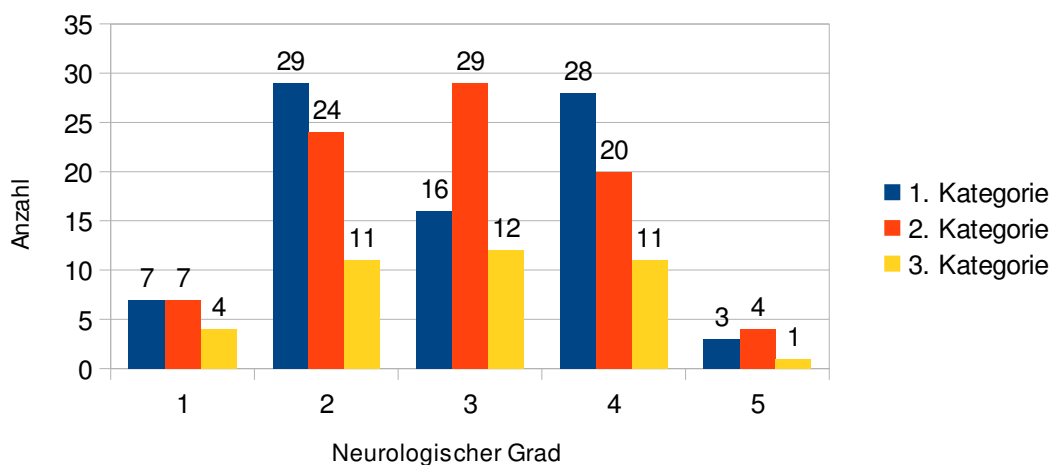


Abbildung 4: Verteilung der 5 Schweregrade der neurologischen Untersuchung

4.2. Röntgenuntersuchung

In der Röntgenuntersuchung erfolgte der Vergleich der laterolateralen mit den ventrodorsalen Aufnahmen im Hinblick auf das Vorliegen von Verkalkungen, Wirbelengständen und Spondylosen.

Des Weiteren erfolgte die Gegenüberstellung der Ergebnisse der laterolateralen Röntgenaufnahmen mit den Ergebnissen der MRT-Aufnahmen der T2 Gewichtung und der FFE-Sequenz.

4.2.1. Vergleich der laterolateralen und ventrodorsalen Röntgenaufnahmen

Es wurden von 126 Patienten 72 Bandscheiben der Halswirbelsäule, 227 Bandscheiben der Brustwirbelsäule und 157 Bandscheiben der Lendenwirbelsäule, insgesamt 456 Bandscheiben, vergleichend beurteilt.

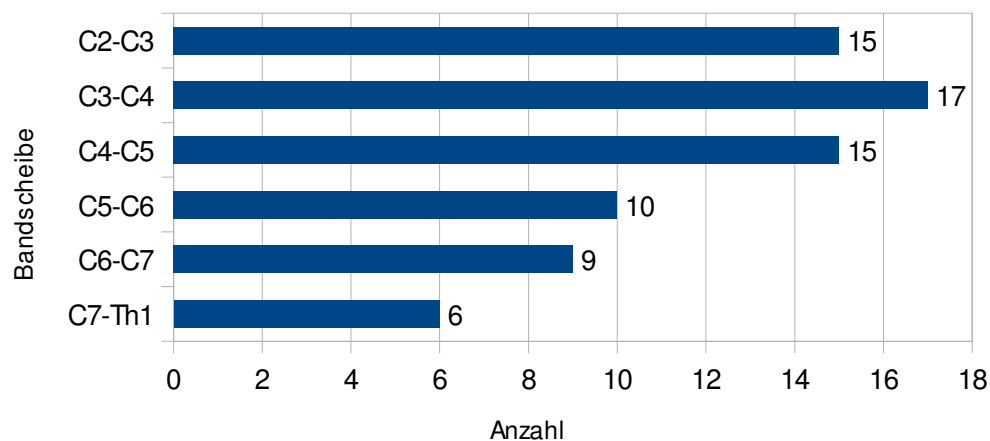


Abbildung 5 : Lokalisation der zervikal beurteilten Bandscheiben

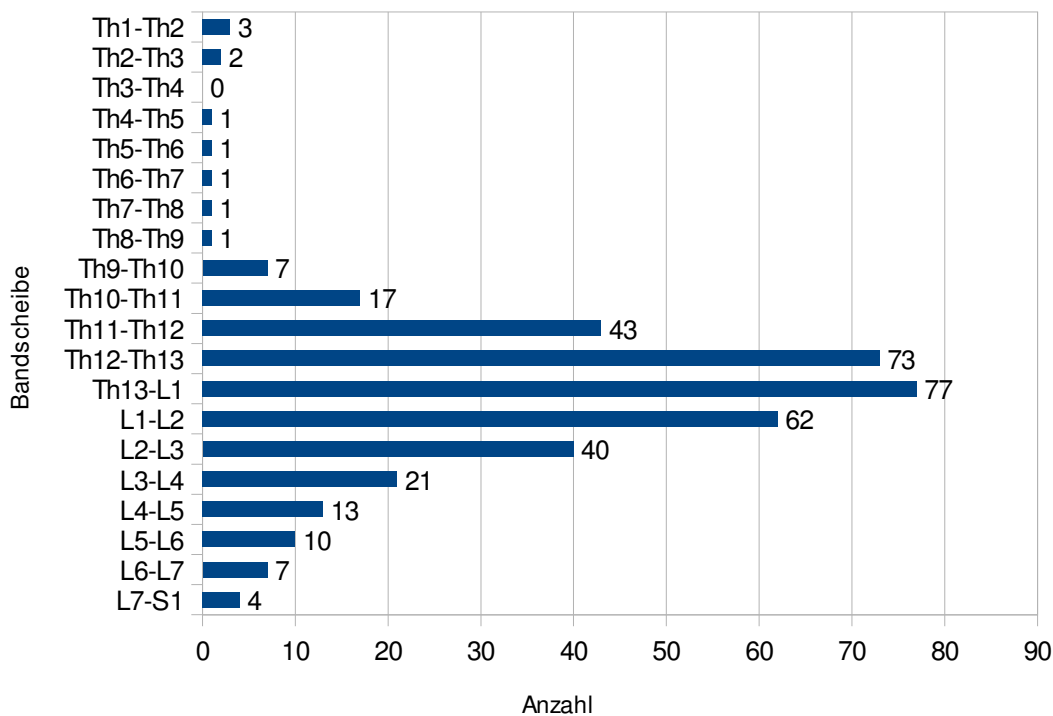


Abbildung 6: Lokalisation der thorakolumbal beurteilten Bandscheiben

Die Beurteilung auf das Vorliegen von Verkalkungen erbrachte zwischen den laterolateralen und ventrodorsalen Aufnahmen einen signifikanten Unterschied ($p < 0,0005$). In den laterolateralen Aufnahmen wurden häufiger Verkalkungen diagnostiziert. Der Kappa-Koeffizient zeigte mit 0,5801 eine mittelmäßige Übereinstimmung.

Tabelle 4: Bewertung der Röntgenaufnahmen auf das Vorliegen von Verkalkungen

Laterolaterale Röntgenaufnahmen	Ventrodorsale Röntgenaufnahmen	
	Keine Verkalkung	Verkalkung
Keine Verkalkung	381	1
Verkalkung	40	34

Ähnlich stellte sich die Bewertung auf das Vorkommen eines Wirbelengstandes dar. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied ($p = 0,0017$) zwischen den laterolateralen und

ventrodorsalen Röntgenaufnahmen. Grund hierfür war vorwiegend, dass in den laterolateralen Aufnahmen häufiger ein Wirbelengstand befundet wurde als in den ventrodorsalen Aufnahmen. Der Kappa-Koeffizient zeigte mit 0,6674 eine gute Übereinstimmung.

Tabelle 5: Beurteilung auf das Vorliegen von Wirbelengständen

Laterolaterale Röntgenaufnahmen	Ventrodorsale Röntgenaufnahmen	
	WE nicht vorhanden	WE vorhanden
WE nicht vorhanden	400	5
WE vorhanden	21	30

WE = Wirbelengstand

Die Beurteilung auf das Vorhandensein von Spondylosen erbrachte ebenfalls einen signifikanten Unterschied ($p = 0,0016$) zwischen den laterolateralen und ventrodorsalen Röntgenaufnahmen. Ursache war, dass in den laterolateralen Aufnahmen bei 10 Zwischenwirbelbereichen eine Spondylose befundet wurde, die sich aber nicht in der ventrodorsalen Aufnahme bestätigte. Der Kappa-Koeffizient beträgt 0,5366 und zeigt eine mittelmäßige Übereinstimmung.

Tabelle 6: Beurteilung auf das Vorkommen von Spondylosen

Laterolaterale Röntgenaufnahmen	Ventrodorsale Röntgenaufnahmen	
	nein	ja
nein	440	0
ja	10	6

4.2.2. Vergleich der laterolateralen Röntgenaufnahmen mit den MRT-Aufnahmen

Hier erfolgte zum einen die Gegenüberstellung der Ergebnisse der laterolateralen Röntgenaufnahmen mit den MRT-Aufnahmen der T2 Gewichtung und zum anderen mit den MRT-Aufnahmen der FFE-Sequenz. Von 207 Patienten wurden insgesamt 775 Bandscheiben beurteilt.

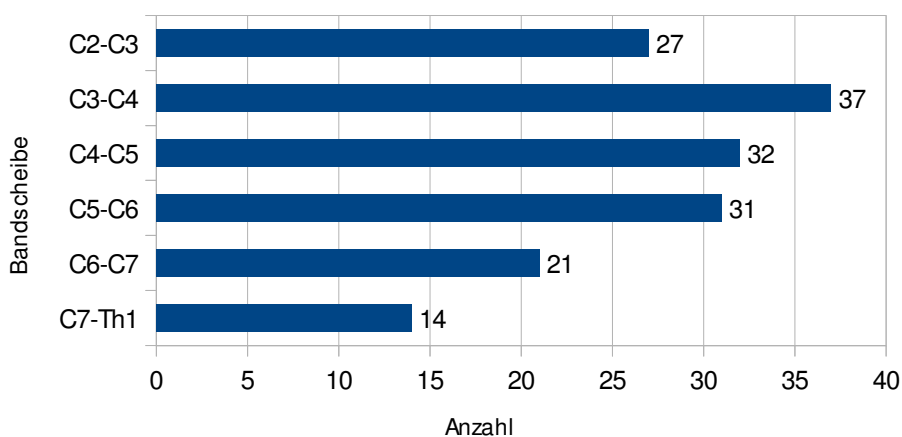


Abbildung 7: Lokalisation der zervikal beurteilten Bandscheiben

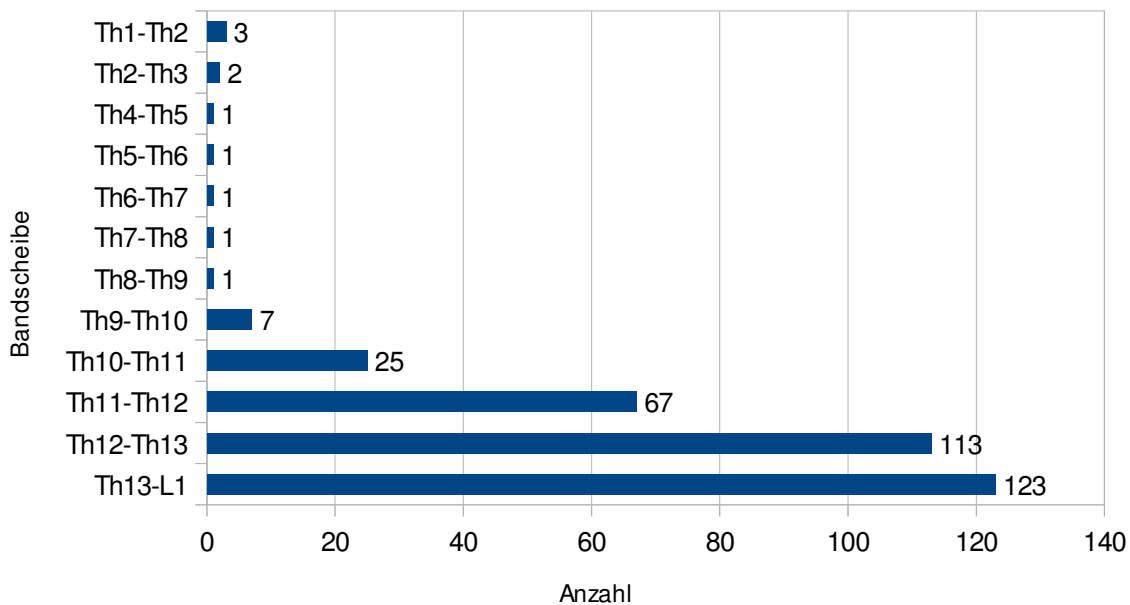


Abbildung 8: Lokalisation der thorakal beurteilten Bandscheiben

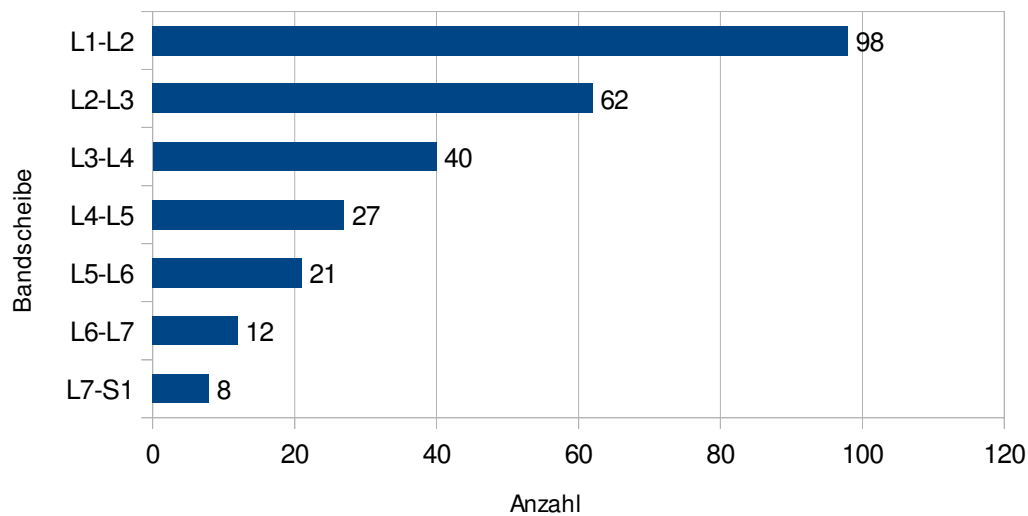


Abbildung 9: Lokalisation der lumbal beurteilten Bandscheiben

In der Kategorie der chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen (1. Kategorie) wurden 338 Bandscheiben beurteilt. In der Kategorie der nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht kleiner 25 kg (2. Kategorie) waren es 316 Bandscheiben und in der 3. Kategorie, der nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht größer oder gleich 25 kg, waren es 121 Bandscheiben. Die laterolateralen Röntgenaufnahmen wurden jeweils mit den Ziffern eins, zwei, drei oder vier befundet. Die Ziffer eins stand dafür, dass keine Verkalkung zu erkennen ist. Bei der Ziffer zwei zeigte sich eine Verkalkung im Wirbelkanal. Eine Verkalkung zwischen den Wirbelkörpern wurde mit der Ziffer drei befundet. Und bei der Ziffer vier wurde die Verkalkung im Wirbelkanal und zwischen den Wirbelkörpern diagnostiziert.

Die MRT-Aufnahmen wurden nach dem Bewertungsschema für die Bandscheiben beurteilt:

- ♣ 1 = Normaler Befund junger Hund
- ♣ 2 = Normaler Befund erwachsener Hund
- ♣ 3 = ggr. degenerative Veränderungen
- ♣ 4 = mgr. degenerative Veränderungen
- ♣ 5 = hgr. degenerative Veränderungen
- ♣ 6 = Bandscheibenvorfall Hansen Typ I

Die Röntgenaufnahmen in allen 3 Kategorien wurden zum größten Teil mit der Ziffer eins beurteilt. In der 1. Kategorie waren es 78,1%, in der 2. Kategorie 88,9% und in der 3. Kategorie 90,9%.

In der 1. Kategorie zeigten sich verhältnismäßig zu den anderen beiden Kategorien mehr Verkalkungen zwischen den Wirbelkörpern. Insgesamt waren es 59 Zwischenwirbelbereiche, die Verkalkungen aufwiesen. In der 2. Kategorie waren es hingegen nur 23 und in der 3. Kategorie nur 7.

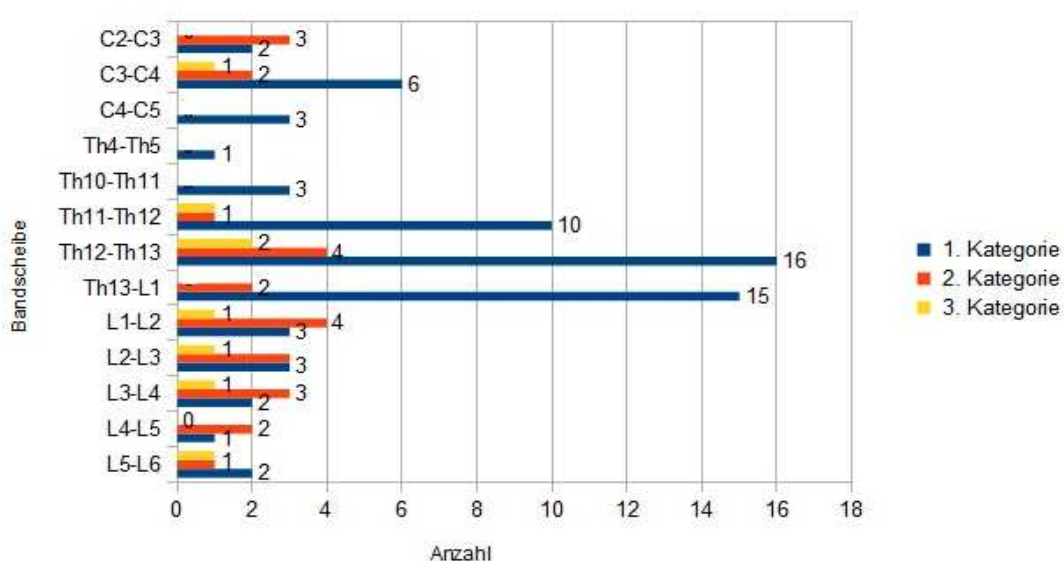


Abbildung 10: Lokalisation der Bandscheiben mit der Bewertung „3“ (= Verkalkung zwischen den Wirbelkörpern) und „4“ (Verkalkung zwischen den Wirbelkörpern und im Wirbelkanal) in der laterolateralen Röntgenaufnahme

Die Beurteilung dieser Zwischenwirbelbereiche bzw. der dortigen Bandscheiben erbrachte in der Magnetresonanztomographie ggr. bis hgr. degenerative Veränderungen der Bandscheibe und Bandscheibenvorfälle. Bei 2 Bandscheiben lief die Bewertung auf einen normalen Befund hinaus, jedoch jeweils nur bei einer MRT-Sequenz. Bei 3 Bandscheiben der 1. Kategorie erfolgte in beiden MRT-Sequenzen die Beurteilung mit einer „2“, während in der Röntgenuntersuchung Verkalkungen zwischen den Wirbelkörpern und im Wirbelkanal zu erkennen waren sowie Spondylosen. Des Weiteren zeigte sich, dass eine Verkalkung im

Wirbelkanal, die den Verdacht eines Bandscheibenvorfalles nahe legt, nicht stets mit den Ergebnissen der MRT-Aufnahmen korreliert und dort teils Normalbefunde oder ggr. bis hgr. degenerative Bandscheibenveränderungen diagnostiziert wurden. Bei 16 von 31 vermuteten Verkalkungen im Wirbelkanal wurden ebenfalls in der Magnetresonanztomographie Bandscheibenvorfälle diagnostiziert.

Insgesamt wurden mithilfe der Magnetresonanztomographie 198 Bandscheibenvorfälle diagnostiziert. Davon wurden 71,7% (n=142) in der Röntgenuntersuchung mit der Ziffer eins befundet, da kein Hinweis auf Verkalkungen sichtbar war. Bei 57 (28,8%) im MRT diagnostizierten Bandscheibenvorfällen wurden in der Röntgenuntersuchung ein Wirbelengstand befundet. Bei 4 (2,8%) Bandscheibenvorfällen zeigten sich des weiteren die Bildung einer Spondylose. Insgesamt bei 45 Zwischenwirbelbereichen wurde die Bildung einer Spondylose in den laterolateralen Röntgenaufnahmen gesehen.

Die Beurteilung der MRT-Aufnahmen zeigte, dass in der T2 Gewichtung häufiger massivere degenerative Veränderungen der Bandscheiben diagnostiziert wurden. Näheres zu dieser Auswertung erfolgt im Kapitel 4.4. Magnetresonanztomographie.

Tabelle 7: Vergleich der Ergebnisse der laterolateralen Röntgenaufnahmen mit den MRT-Aufnahmen der Hunde der 1. Kategorie

Laterolaterale Röntgenaufnahmen	FFE-Sequenz/ T2 Gewichtung						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1	0/2	27/16	168/125	13/56	2/11	54/54	264
2	0/0	1/0	1/1	0/1	0/0	5/5	7
3	0/0	0/0	8/11	19/15	3/4	29/29	59
4	0/0	3/3	1/1	0/0	0/0	4/4	8
Summe	0/2	31/19	178/138	32/72	5/15	92/92	338

Tabelle 8: Vergleich der Ergebnisse der laterolateralen Röntgenaufnahmen mit den MRT-Aufnahmen der Hunde der 2. Kategorie

Laterolaterale Röntgenaufnahmen	FFE-Sequenz/ T2 Gewichtung						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1	1/7	26/38	156/73	28/66	5/32	65/65	281
2	0/0	1/0	4/2	0/1	1/3	3/3	9
3	0/0	0/1	5/0	9/10	0/3	9/9	23
4	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	2/2	3
Summe	1/7	27/39	165/75	37/77	7/39	79/79	316

Tabelle 9: Vergleich der Ergebnisse der laterolateralen Röntgenaufnahmen mit den MRT-Aufnahmen der Hunde der 3. Kategorie

Laterolaterale Röntgenaufnahmen	FFE-Sequenz/ T2 Gewichtung						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1	1/1	27/29	54/20	4/27	1/10	23/23	110
2	0/0	0/0	0/0	1/0	0/1	2/2	3
3	0/0	1/0	4/1	0/3	0/1	2/2	7
4	0/0	0/0	1/0	0/1	0/0	0/0	1
Summe	1/1	28/29	59/21	5/31	1/12	27/27	121

4.3. Computertomographie

Eine Computertomographie wurde bei 25 der 208 Hunde durchgeführt. Ein Vergleich mit den jeweiligen laterolateralen Röntgenaufnahmen und den MRT-Aufnahmen der FFE-Sequenz und der T2 Gewichtung erfolgte bei 87 Bandscheiben.

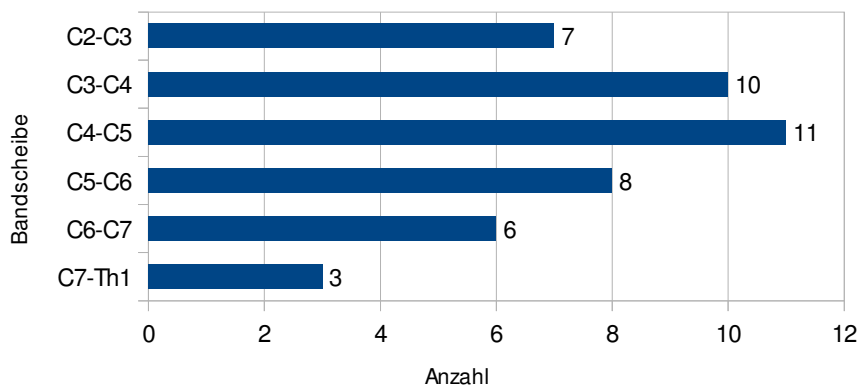


Abbildung 11: Lokalisation der zervikal beurteilten Bandscheiben

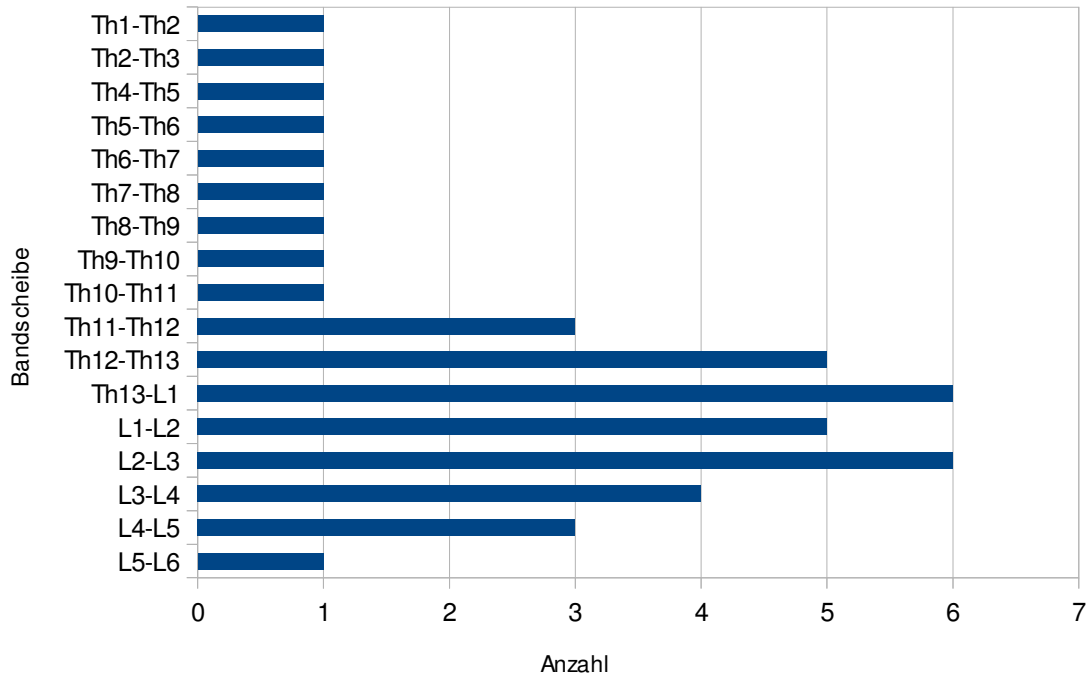


Abbildung 12: Lokalisation der thorakolumbal beurteilten Bandscheiben

Die Beurteilung der sagittalen CT-Aufnahmen erfolgte nach dem gleichen Bewertungsschema wie für die laterolaterale Röntgenaufnahmen:

- ▲ 1 = keine Verkalkung im Zwischenwirbelbereich
- ▲ 2 = Verkalkung im Wirbelkanal
- ▲ 3 = Verkalkung zwischen den Wirbelkörpern
- ▲ 4 = Verkalkung im Wirbelkanal und zwischen den Wirbelkörpern

Tabelle 10: Ergebnisse der Beurteilung auf das Vorkommen von Verkalkungen

Laterolaterale Röntgenaufnahmen	Sagittale CT-Aufnahmen				Summe
	1	2	3	4	
1	77	0	4	1	82
2	0	0	0	1	1
3	0	0	2	1	3
4	1	0	0	0	1
Summe	78	0	6	3	87

Bei 79 Bandscheiben waren die Ergebnisse übereinstimmend. Bei 5 Bandscheiben zeigten sich keine Verkalkungen in der Röntgenuntersuchung, die jedoch in den CT-Aufnahmen deutlich zwischen den Wirbelkörpern und bei einer zudem im Wirbelkanal zu erkennen waren. Bei einer Bandscheibe zeigten sich neben der Verkalkung im Wirbelkanal in der Computertomographie eine weitere Verkalkung zwischen den Wirbelkörpern und bei einer weiteren, die in der Röntgenuntersuchung nur eine Verkalkung zwischen den Wirbelkörpern zeigte, in der Computertomographie zudem eine Verkalkung im Wirbelkanal.

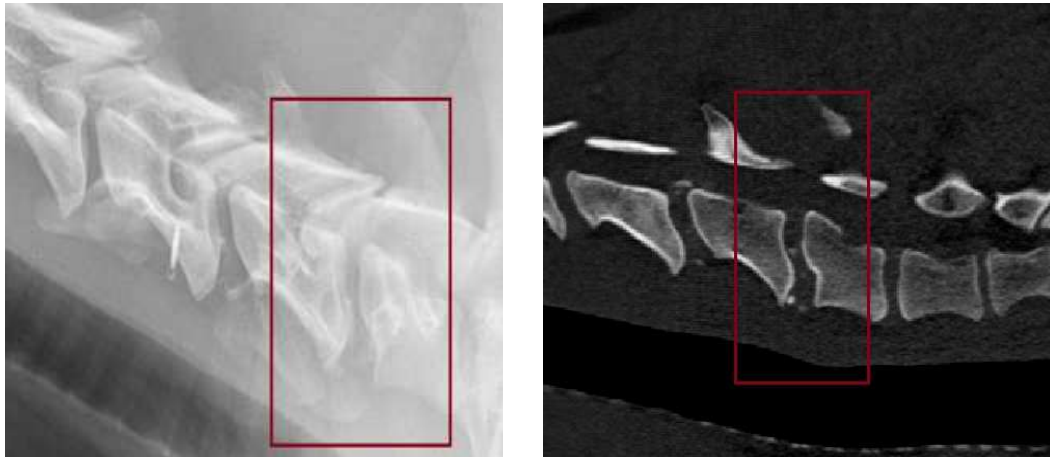


Abbildung 13: Beispiel anhand der Bandscheibe C6-C7 des Patienten 176

In den Aufnahmen der Computertomographie sind deutlich Verkalkungen zwischen den Wirbelkörpern C6 und C7 zu erkennen, im Gegensatz zur Röntgenuntersuchung. Es sind zwar im ventralen Bereich Verschattungen erkennbar, durch Überlagerung mit dem Schulterblatt jedoch nicht eindeutig definierbar.

Bei einer Bandscheibe wurde in der Röntgenuntersuchung Verkalkungen im Wirbelkanal und zwischen den Wirbelkörpern befundet, die sich nicht in der Computertomographie bestätigten. Grund hierfür war eine Skoliose der Brustwirbelsäule, die zu einer Überlagerung von sich angrenzenden Wirbelkörperenden führte.

Der Wirbelengstand wurde in der CT- und in der Röntgenuntersuchung für 12 Zwischenwirbelbereiche übereinstimmend positiv befundet. 71 Zwischenwirbelbereiche zeigten keine Verengung. Bei den übrigen 4 Zwischenwirbelbereichen lag eine unterschiedliche Beurteilung vor. 2 Bereiche zeigten in der Computertomographie einen positiven und 2 einen negativen Befund. In den Röntgenaufnahmen erfolgte die Beurteilung genau umgekehrt. Die Beurteilung der Spondylosen ergab ein ähnliches Ergebnis. 12 Zwischenwirbelbereiche wiesen Spondylosen auf und 73 zeigten keine. 2 Zwischenwirbelbereiche wurden unterschiedlich bewertet, einer wurde jeweils positiv und der andere jeweils negativ befundet. Des Weiteren erfolgte die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Computertomographie mit den MRT-Aufnahmen:

Tabelle 11: Ergebnisse der CT-Aufnahmen mit den MRT-Aufnahmen

Sagittale CT-Aufnahmen	FFE-Sequenz/ T2 Gewichtung						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1	1/5	14/25	46/18	8/12	6/14	3/3	78
2	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0
3	0/0	0/0	5/3	0/1	0/1	1/1	6
4	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	3/3	3
Summe	1/5	14/26	51/21	8/13	6/15	7/7	87

Die Beurteilung mit der Ziffer eins erfolgte in der Computertomographie bei 78 Bandscheiben. Von diesen Bandscheiben wurden lediglich 15 in der FFE-Sequenz und 31 in der T2 Gewichtung als „normale“ Bandscheiben ohne Hinweis auf Degenerationen befundet. Die übrigen zeigten ggr. bis hgr. Degenerationen und bei dreien wurde ein Bandscheibenvorfall diagnostiziert. Bei 6 Bandscheiben zeigten sich im CT Verkalkungen zwischen den Wirbelkörpern, die im MRT mit ggr. bis hgr. degenerativen Veränderungen der Bandscheiben und einem Bandscheibenvorfall bewertet wurden. Drei weitere Bandscheiben wiesen im CT Verkalkungen zwischen den Wirbelkörpern und im Wirbelkanal auf, die allesamt im MRT mit einem Bandscheibenvorfall bewertet wurden.

4.4. Magnetresonanztomographie

Die Ergebnisse der Aufnahmen der Magnetresonanztomographie wurden in die 3 Kategorien (brachyzepale und chondrodystrophe Hunderassen, nicht chondrodystrophe und brachyzepale Hunderassen < 25 kg und \geq 25 kg) unterteilt. Die jeweiligen Bandscheiben wurden in der FFE-Sequenz und in der T2 Gewichtung nach dem Bewertungsschema geblindet voneinander beurteilt.

In der 1. Kategorie waren es 340, in der 2. Kategorie 320 und in der 3. und letzten Kategorie 121 Bandscheiben.

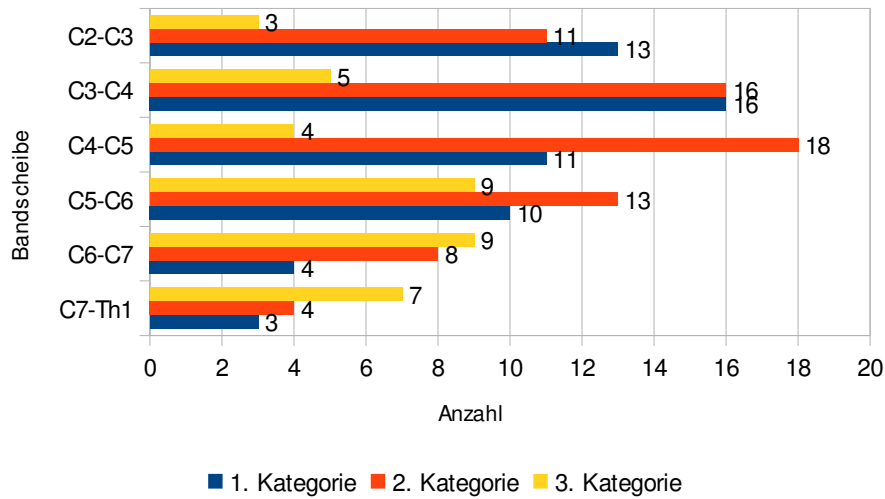


Abbildung 14: Lokalisation der zervikalen Bandscheiben

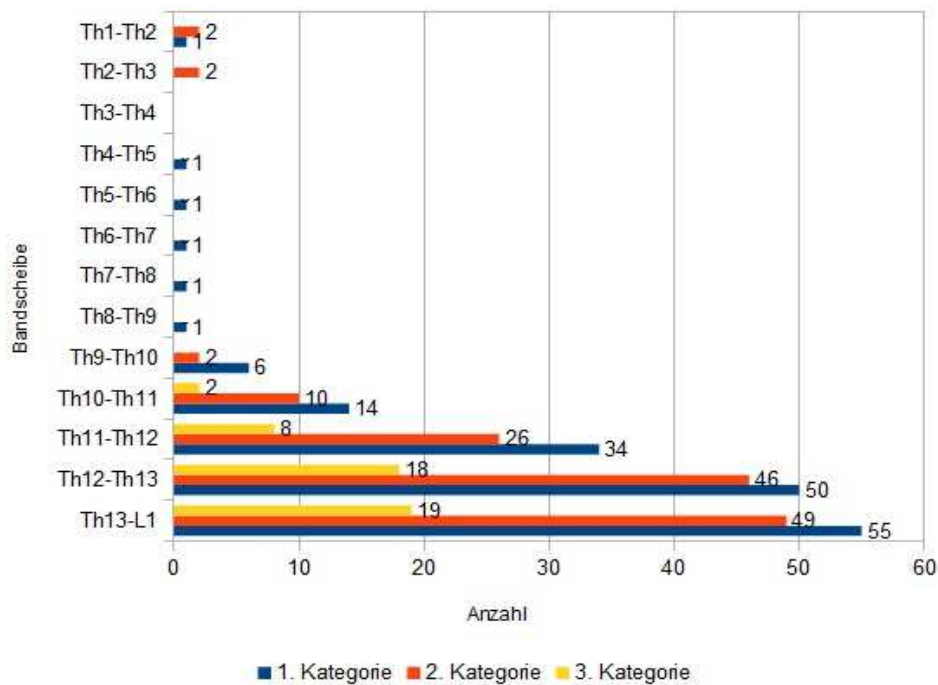


Abbildung 15: Lokalisation der thorakal beurteilten Bandscheiben

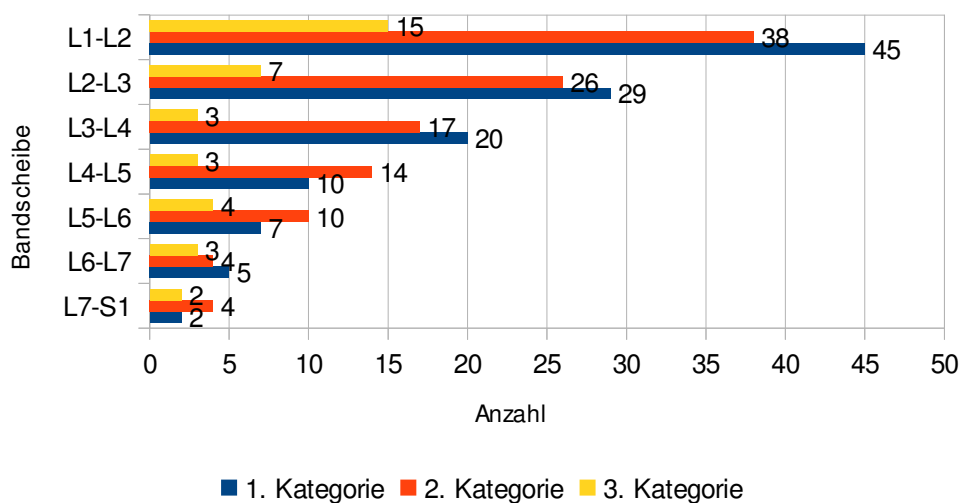


Abbildung 16: Lokalisation der lumbalen Bandscheiben

In jeder Kategorie erfolgte mithilfe des Mc Nemar Test und des einfachen und gewichteten Kappa-Koeffizienten die statistische Beurteilung, ob die Bewertung der Bandscheiben in der FFE-Sequenz und der T2 Gewichtung übereinstimmend erfolgte oder nicht. Der gewichtete Kappa-Koeffizient wurde verwendet, um eine Abweichung um einen Grad oder mehr zu berücksichtigen. Die Interpretation der Richtwerte erfolgte nach Grouven et al. (2007).

Der p-Wert erbrachte in allen 3 Kategorien einen signifikanten Unterschied zwischen der Beurteilung der FFE-Aufnahmen und der T2W-Aufnahmen. In der 1. und 2. Kategorie lag der p-Wert bei $< 0,0001$ und in der 3. Kategorie bei $0,0010$. Die Beurteilung der Bandscheibe variierte demzufolge zwischen der FFE-Sequenz und der T2W. Dies bestätigte die Auswertung des Kappa-Koeffizienten.

Der Kappa-Koeffizient zeigte in der 1. Kategorie verglichen mit den beiden anderen Kategorien die höchste Übereinstimmung. Der einfache Kappa-Koeffizient mit $0,5703$ erbrachte eine mittelmäßige Übereinstimmung. Der gewichtete Kappa-Koeffizient zeigte mit $0,7779$ immerhin eine gute Übereinstimmung und spiegelt wider, dass meist die Bewertung um einen Grad abwich.

Tabelle 12: Ergebnisse der MRT-Aufnahmen der 1. Kategorie

MRT- Aufnahmen der FFE-Sequenz	MRT-Aufnahmen der T2W						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	10	19	1	1	0	31
3	2	9	113	50	6	0	180
4	0	0	7	21	4	0	32
5	0	0	0	1	4	0	5
6	0	0	0	0	0	92	92
Summe	2	19	139	73	15	92	340

Die Ergebnisse der Bewertung der 1. Kategorie zeigen, dass die Mehrzahl der Bandscheiben ggr. degenerative Veränderungen aufweisen, 53 % in der FFE-Sequenz und 41 % in der T2 Gewichtung.

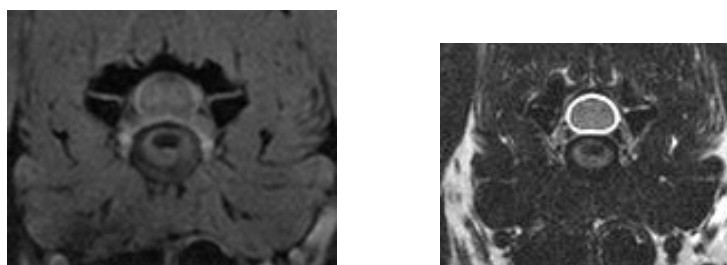


Abbildung 17: Bandscheibe C5-C6 des Patienten Nr. 79, die in der FFE-Sequenz und der T2W mit einer 3 (= ggr. degenerative Veränderungen der Bandscheibe) bewertet wurde.

Die höchste Diskrepanz lag in der Bewertung der ggr. und mgr. degenerativen Veränderungen der Bandscheibe. Bei 15% der Bandscheiben (n= 50) lag die Bewertung in der FFE-Sequenz bei „3“ (= ggr. degenerative Veränderungen). Während sie in der T2W mit einer „4“ (= mgr. degenerative Veränderungen) bewertet wurden. Bildet man den Mittelwert für die Bewertungen der 1. Kategorie wurde in der FFE-Sequenz durchschnittlich mit einer 3,84 bewertet und in der T2 Gewichtung mit einer 4,04. Somit erfolgte in der T2 Gewichtung

generell eine höhere Bewertung, da die Degeneration der Bandscheibe sich hier massiver darstellte. Schließt man in der Berechnung für den Mittelwert den Bandscheibenvorfall (Bewertung = 6) aus, da sich die Bewertung zu 100% gleich, wird der Unterschied noch deutlicher. In der FFE-Sequenz erfolgte die Bewertung durchschnittlich mit einer 3,04 und in der T2 Gewichtung mit einer 3,32. Die nächstfolgende Abbildung verdeutlicht noch einmal die Ergebnisse. Bei 240 Aufnahmen (71%) zeigten die Bewertungen eine exakte Übereinstimmung in der FFE-Sequenz und der T2 Gewichtung. Bei 90 Aufnahmen (26%) lag die Bewertung um eine Zahl auseinander und zeigte somit nur noch eine partielle Übereinstimmung. Die jeweilige Ausdehnung der Kästen zeigt an, in welche Richtung die Bewertung bei einer Ungleichheit tendierte.

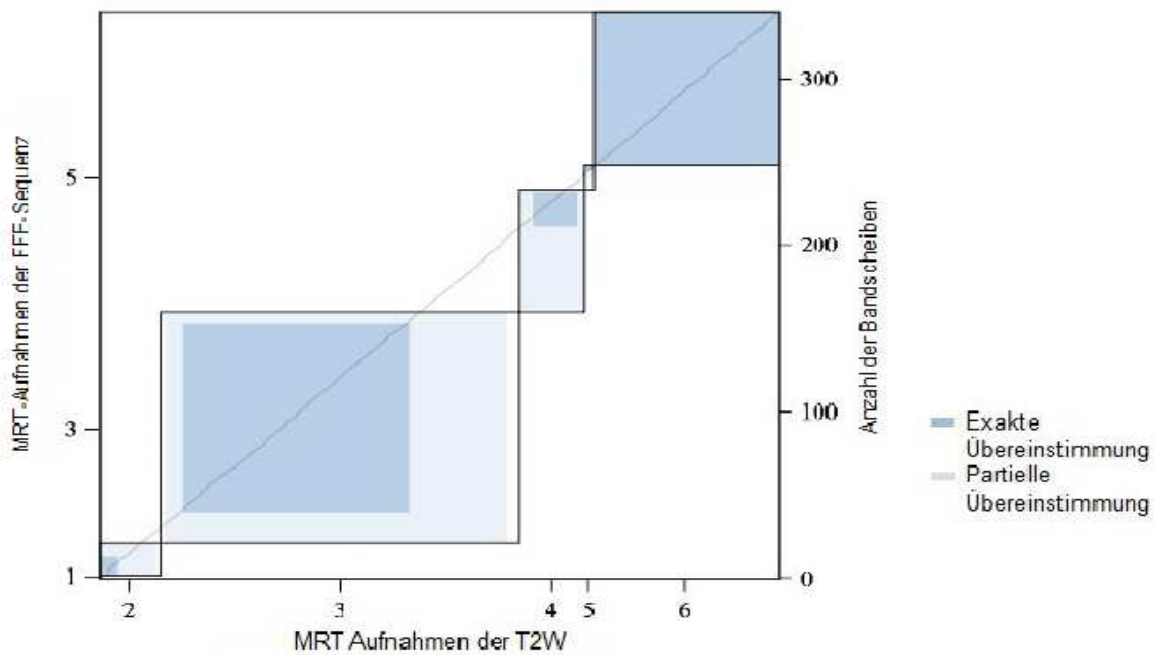
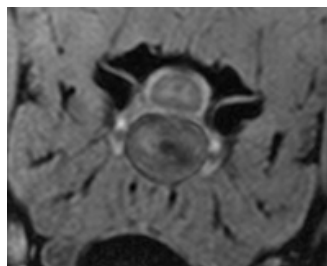


Abbildung 18: Ergebnisse der MRT-Aufnahmen der 1. Kategorie

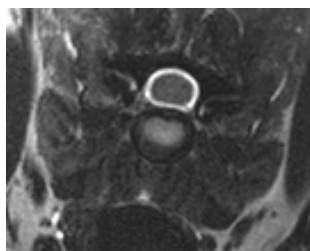
Tabelle 13: Ergebnisse der MRT-Aufnahmen der 2. Kategorie

MRT- Aufnahmen der FFE-Sequenz	MRT-Aufnahmen der T2W						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1	1	0	0	0	0	0	1
2	0	9	15	3	0	0	27
3	6	30	55	61	14	0	166
4	0	0	5	14	18	0	37
5	0	0	0	0	7	0	7
6	0	0	0	0	0	82	82
Summe	7	39	75	78	39	82	320

Wie bei der 1. Kategorie erfolgte auch in der 2. Kategorie in der T2W eine höhere Bewertung der Bandscheiben, was einer deutlicheren Degeneration entspricht. In der FFE-Sequenz lag die durchschnittliche Bewertung bei 3,78 und in der T2W bei 4,09. Die Anzahl der Bandscheibenvorfälle war in der FFE-Sequenz und in der T2W identisch. Die durchschnittliche Bewertung ohne Berücksichtigung der Bandscheibenvorfälle betrug in der FFE-Sequenz eine 3,01 und in der T2W eine 3,43. Der einfache Kappa-Koeffizient zeigte mit 0,3844 eine leichte Übereinstimmung. Der gewichtete Kappa-Koeffizient erbrachte eine gute Übereinstimmung mit 0,6547 und verdeutlicht, wie in der 1. Kategorie, dass die Bewertungen meist um einen Grad abwichen. Die höchste Diskrepanz lag in der Bewertung auf das Vorliegen von ggr. degenerativen Veränderungen der Bandscheibe. In der FFE-Sequenz zeigten 52 % (n = 166) der Bandscheiben ggr. degenerative Veränderungen. Während in der T2W lediglich 23 % (n = 75) der Bandscheiben mit einer „3“ bewertet wurden. Grund hierfür war einerseits, dass 9% der Bandscheiben (n = 30) in der T2W einen normalen Befund (Bewertung = 2) zeigten und in der FFE-Sequenz Hinweise auf eine ggr. Degeneration zu erkennen waren und somit mit einer „3“ bewertet wurden.



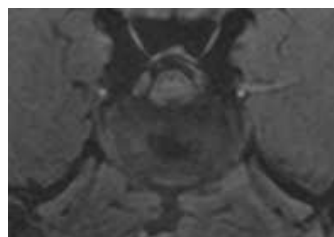
FFE-Sequenz:
Bewertung „3“ (= ggr.
degenerative Veränderungen)



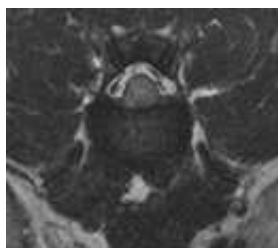
T2W:
Bewertung „2“ (= normaler
Befund erwachsener Hund)

Abbildung 19: Bandscheibe C5-C6 des Patienten Nr. 88

Andererseits wurden 19,1% der Bandscheiben (n = 60) in der FFE-Sequenz mit ggr. degenerativen Veränderungen klassifiziert, die jedoch in der T2W als mgr. bewertet wurden.



FFE-Sequenz:
Bewertung „3“ (ggr. de-
generative Veränderungen)



T2W:
Bewertung „4“ (mgr. de-
generative Veränderungen)

Abbildung 20: Bandscheibe L1-L2 des Patienten Nr. 111

Eine exakte Übereinstimmung lag nur bei 52,5% (n = 168) der Bewertungen vor. Bei 40,3% (n= 129) der Bewertung unterschied sie sich um eine Zahl und zeigte eine partielle Übereinstimmung.

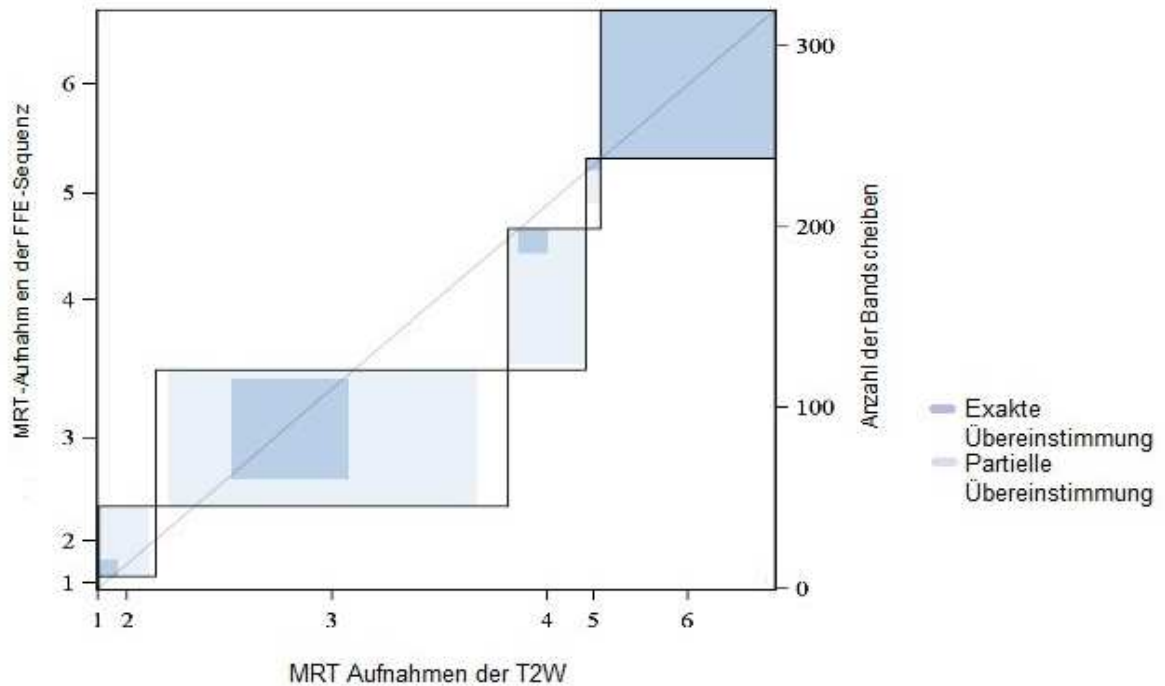
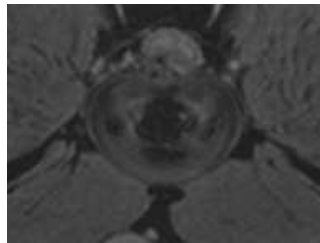


Abbildung 21: Ergebnisse der MRT-Aufnahmen der 2. Kategorie

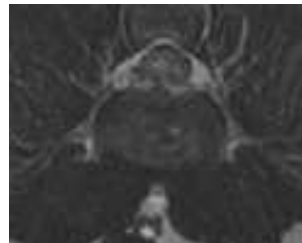
Tabelle 14: Ergebnisse der MRT-Aufnahmen der 3. Kategorie

MRT-Aufnahmen der FFE-Sequenz	MRT-Aufnahmen der T2W						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1	1	0	0	0	0	0	1
2	0	13	12	3	0	0	28
3	0	16	8	26	9	0	59
4	0	0	1	2	2	0	5
5	0	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	27	27
Summe	1	29	21	31	12	27	121

In der 3. Kategorie wurden, verglichen mit den beiden anderen Kategorien, mit 121 deutlich weniger Bandscheiben beurteilt. Die durchschnittliche Bewertung lag hier am niedrigsten, in der FFE-Sequenz 3,48 und in der T2W 3,87. Wie in den beiden anderen Kategorien lag keine Diskrepanz zur Bewertung hinsichtlich eines Bandscheibenvorfalls vor.



FFE-Sequenz

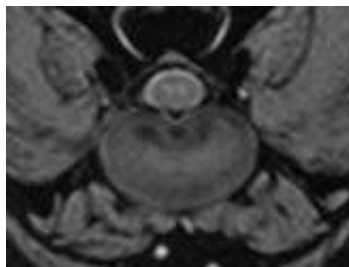


T2W:

Bewertung „6“ (Bandscheibenvorfall)

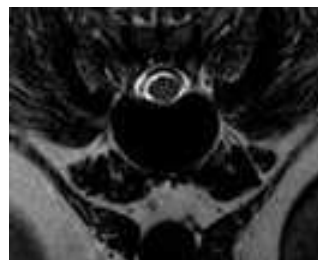
Abbildung 22: Bandscheibe L3-L4 des Patienten Nr. 187

Nimmt man die Bewertung mit der Ziffer sechs aus der Berechnung für die durchschnittliche Bewertung heraus, ergibt sich für die FFE-Sequenz ein Durchschnittswert von 2,76 und für die T2W eine 3,26. Im Vergleich zu den beiden anderen Kategorien lag hier der einfache Kappa-Koeffizient mit 0,2860 und der gewichtete Kappa-Koeffizient mit 0,5996 am niedrigsten. Bei lediglich 43% (n=52) glich sich die Bewertung in der FFE-Sequenz und der T2W. Bei 47% (n=57) lag die Bewertung um eine Zahl und bei 10% (n = 12) um zwei Zahlen auseinander.



FFE-Sequenz:

Bewertung „3“ (ggr. degenerative Veränderungen)



T2W:

Bewertung „5“ (hgr. degenerative Veränderungen)

Abbildung 23: Bandscheibe Th13-L1 des Patienten Nr. 175

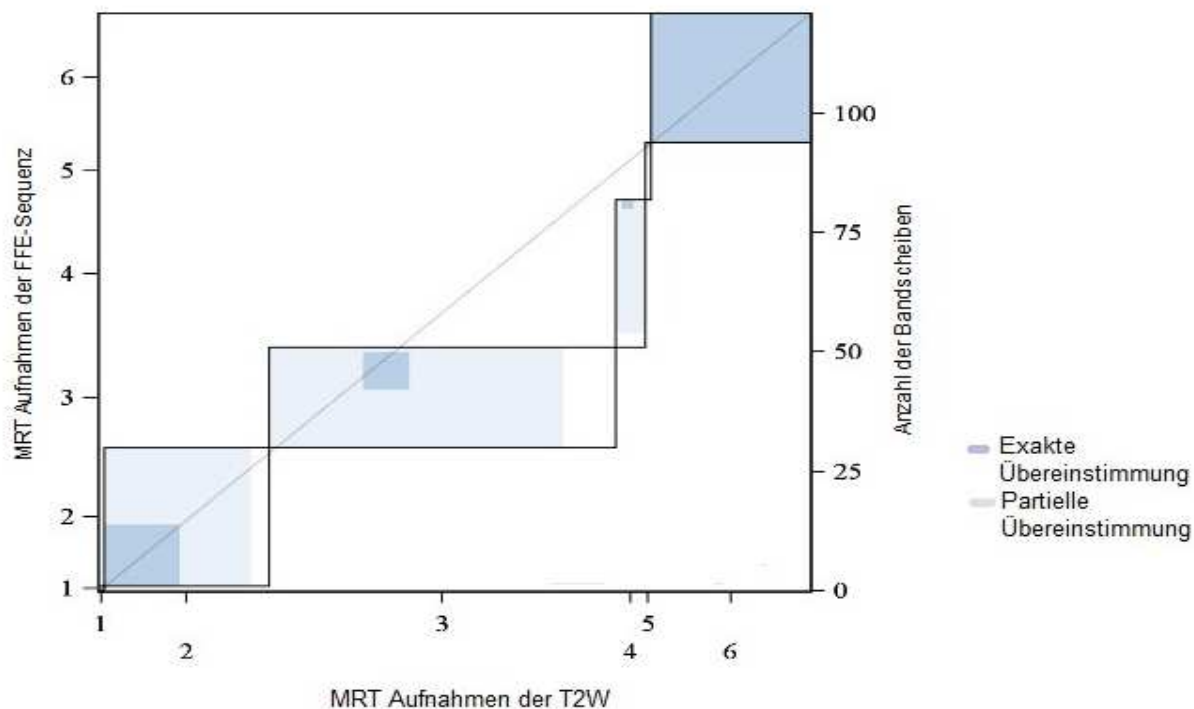


Abbildung 24: Ergebnisse der MRT-Aufnahmen der 3. Kategorie

Tabelle 15: Ergebnisse des Kappa-Koeffizienten in allen 3 Kategorien

	1. Kategorie	2. Kategorie	3. Kategorie
Einfacher Kappa-Koeffizient	0,5703	0,3844	0,2860
Gewichteter Kappa-Koeffizient	0,7779	0,6547	0,5996

Ein Hansen Typ II Vorfall wurde bei 22 Bandscheiben der Patienten der 1. Kategorie, bei 38 Bandscheiben der Patienten der 2. Kategorie und bei 17 Bandscheiben der Patienten der 3. Kategorie mithilfe der Schnittbildaufnahmen diagnostiziert. Die Beurteilung glich sich zu 100% zwischen der FFE-Sequenz und der T2W Gewichtung.

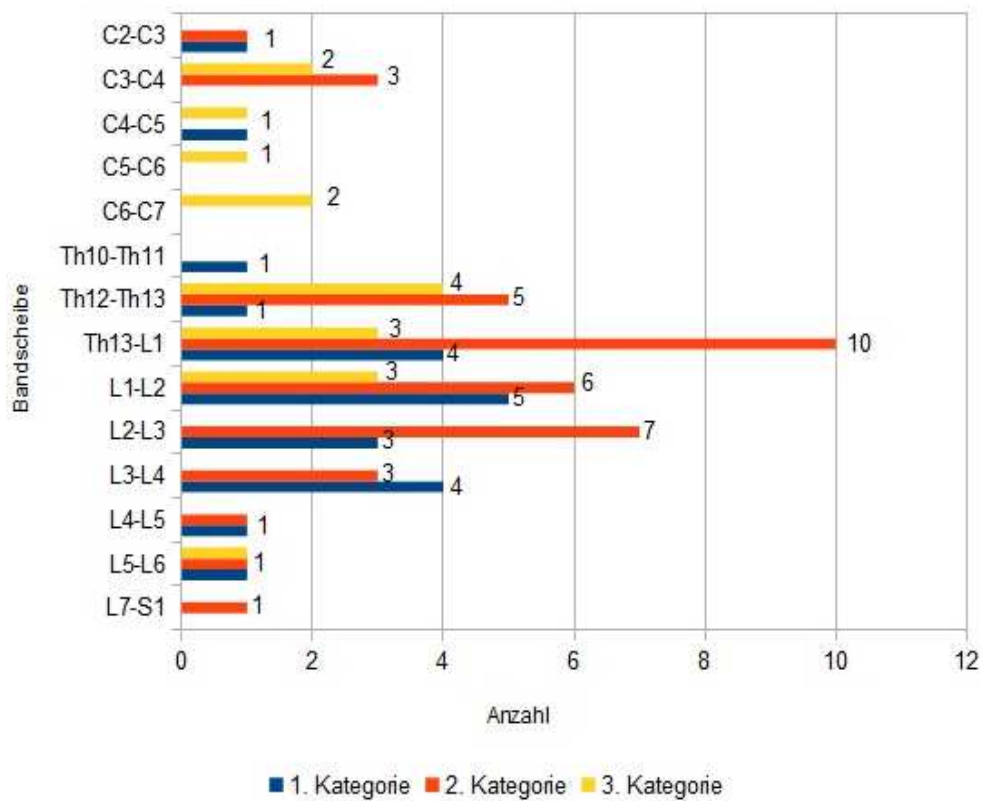


Abbildung 25: Lokalisation der Protrusionen

Bei 17 Patienten wurde ein bis neun Tage nach dem chirurgischen Eingriff wiederholt ein MRT durchgeführt. Bei einem Patient erst 4 Monate später aufgrund eines Rezidivs und des Auftretens akuter neurologischer Symptome. Andere Beweggründe waren u.a. die fehlende Besserung der neurologischen Symptomatik oder die nur zum Teil minimale Besserung. Insgesamt wurden 48 Bandscheiben beurteilt.

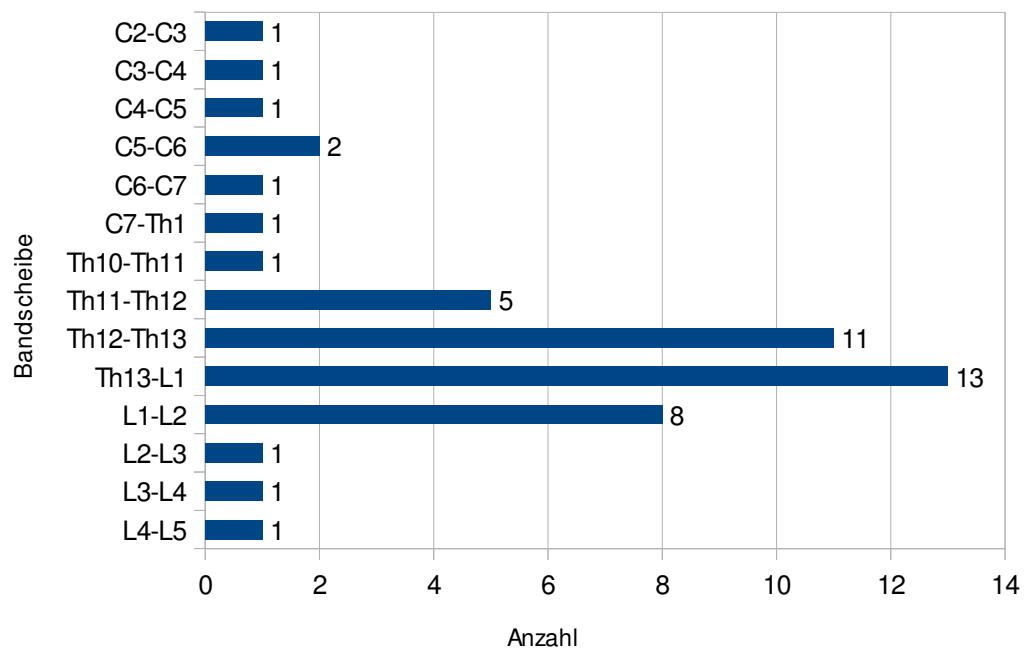


Abbildung 26: Lokalisation der beurteilten Bandscheiben

Hier erfolgte die Gegenüberstellung der Ergebnisse aus der zuvor durchgeführten Magnetresonanztomographie.

In der FFE-Sequenz zeigte sich mit einem p-Wert von 0,9921 eine gute Übereinstimmung mit den zuvor erhobenen Befunden. Der einfache Kappa-Koeffizient liegt mit 0,8476 bei einer fast vollkommenen Übereinstimmung und der gewichtete Kappa-Koeffizient bestätigt dies mit einem Wert von 0,9154.

Tabelle 16: Ergebnisse der MRT-Aufnahmen mit den Re-MRT-Aufnahmen der FFE-Sequenz

MRT- Aufnahmen der FFE-Sequenz	Re-MRT-Aufnahmen der FFE-Sequenz						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1	1	0	0	0	0	0	1
2	0	5	2	0	0	0	7
3	0	0	17	0	0	1	18
4	0	0	2	2	0	0	4
5	0	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	17	17
Summe	1	5	21	2	1	18	48

Die Befunde der MRT-Aufnahmen in der T2 Gewichtung zeigten ebenfalls eine hohe Übereinstimmung mit einem p-Wert von 0,9999. Die Berechnung des einfachen Kappa-Koeffizienten ergab 0,8578 und des gewichteten Kappa-Koeffizienten 0,9240, somit eine sehr gute Übereinstimmung.

Tabelle 17: Ergebnisse der MRT-Aufnahmen mit den Re-MRT-Aufnahmen der T2W

MRT- Aufnahmen der T2W	Re-MRT-Aufnahmen T2W						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1	1	0	0	0	0	0	1
2	0	4	1	0	0	0	5
3	0	0	10	2	0	0	12
4	0	0	1	10	0	1	12
5	0	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	17	17
Summe	1	4	12	12	1	18	48

4.5. Diagnose: Bandscheibenvorfall

Insgesamt wurden bei 154 Patienten als Ursache der neurologischen Symptomatik Bandscheibenvorfälle diagnostiziert. 3 Patienten wurden ausgeschlossen, da zu den betroffenen Bandscheiben keine FFE-Sequenz vorlag.

In der 1. Kategorie, der chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen, sind 72 Patienten erfasst. Ein Patient wurde zweimal dokumentiert, da ein Jahr nach der Erstvorstellung ein weiterer Bandscheibenvorfall an einer anderen Stelle der Wirbelsäule festgestellt wurde. 51% der Patienten waren männlich ($n = 37$, davon 6 kastriert) und 49% der Patienten weiblich ($n = 36$, davon 23 kastriert). 60 Patienten stammten aus der 2. Kategorie, die nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht kleiner 25 kg. In dieser waren 67% männlich ($n = 40$, davon 11 kastriert) und 33% weiblich ($n = 20$, davon 14 kastriert). Der 3. Kategorie, der nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht größer oder gleich 25 kg, wurden 19 Patienten zugeordnet. Hier betrug die Häufigkeit der männlichen Patienten 79% ($n = 15$, davon 5 kastriert) und der weiblichen Patienten 21% ($n = 4$, davon 3 kastriert). Die Rassenverteilung ist in der Abbildung 27, 28 und 29 dargestellt.

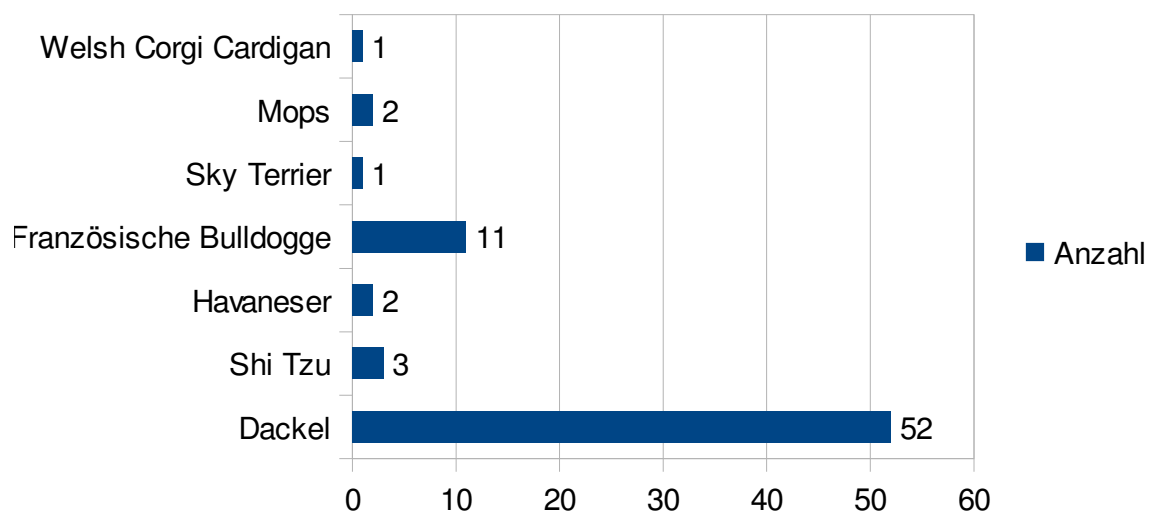


Abbildung 27: Verteilung der chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen (1. Kategorie)

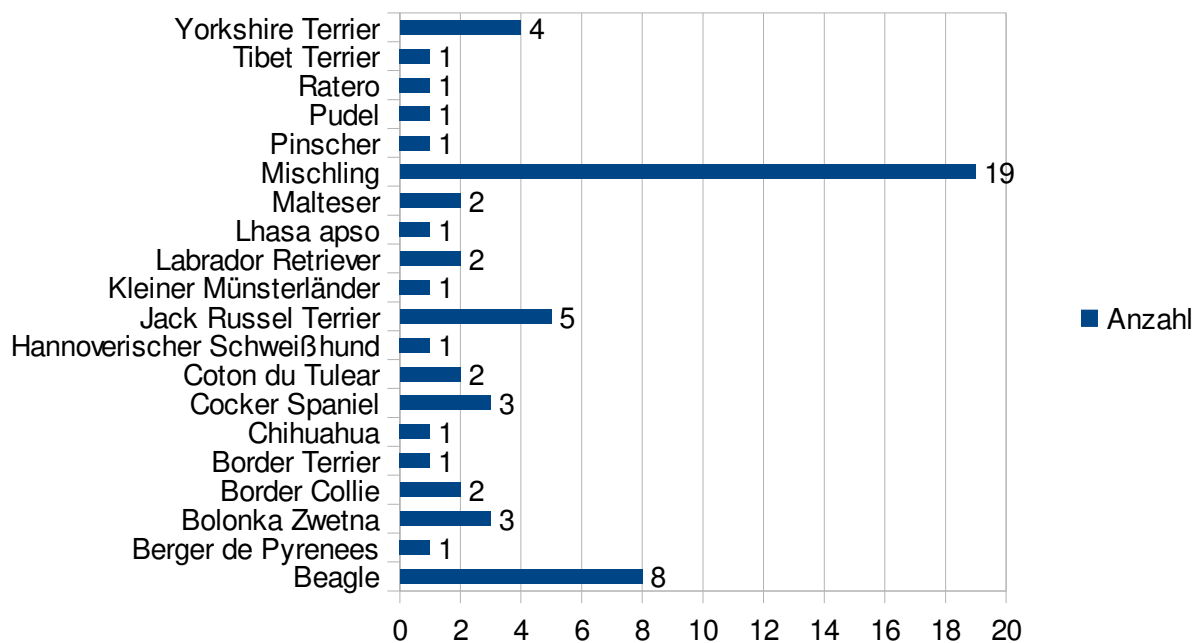


Abbildung 28: Verteilung der nicht chondrodystrophen und brachycephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht kleiner 25 kg (2. Kategorie)

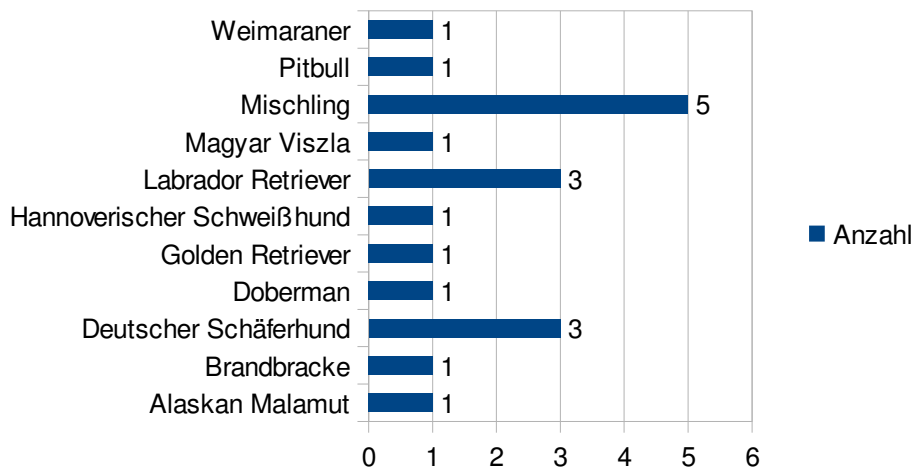


Abbildung 29: Verteilung der nicht chondrodystrophen und brachycephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht größer oder gleich 25 kg (3. Kategorie)

Das jeweilige Alter beim Auftreten des Bandscheibenvorfalles zeigte in der 1. und 2. Kategorie Ähnlichkeiten. Der Median lag in der 1. Kategorie bei 6,3 Jahren und in der 2. Kategorie bei 6,5 Jahren. Während in der 3. Kategorie die Patienten im Durchschnitt 7,95 Jahre alt waren. Die genaue Verteilung zeigen die Abbildungen 30, 31 und 32.

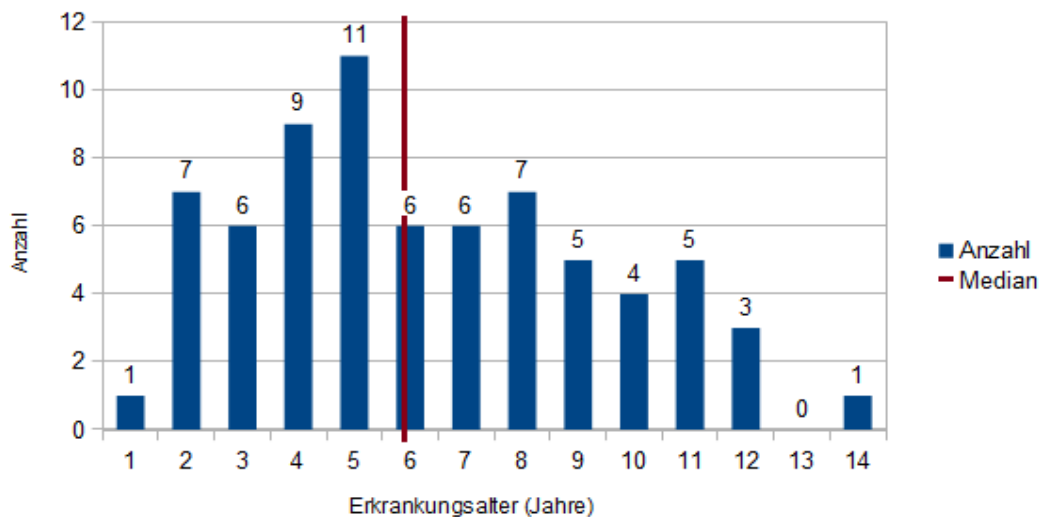


Abbildung 30: Erkrankungsalter (Bandscheibenvorfall) der 1. Kategorie

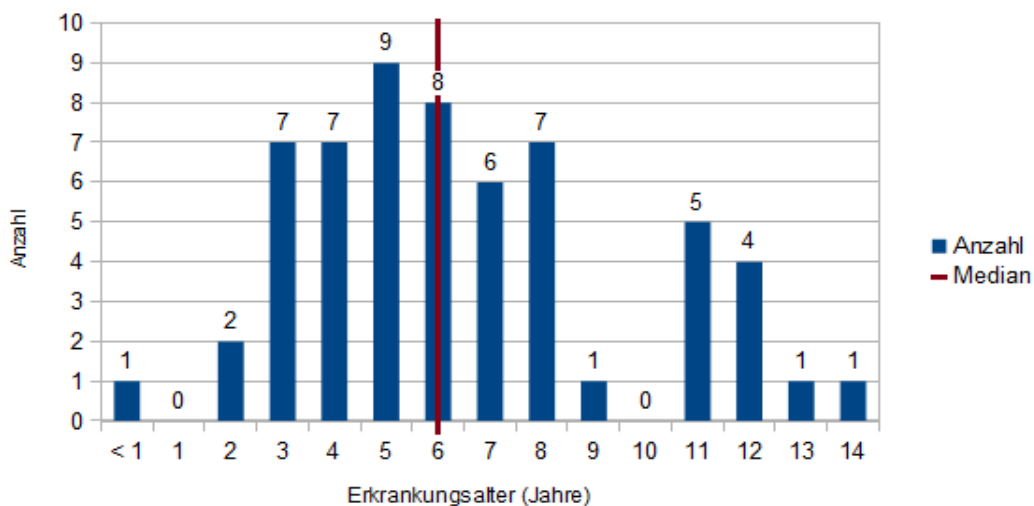


Abbildung 31: Erkrankungsalter (Bandscheibenvorfall) der 2. Kategorie

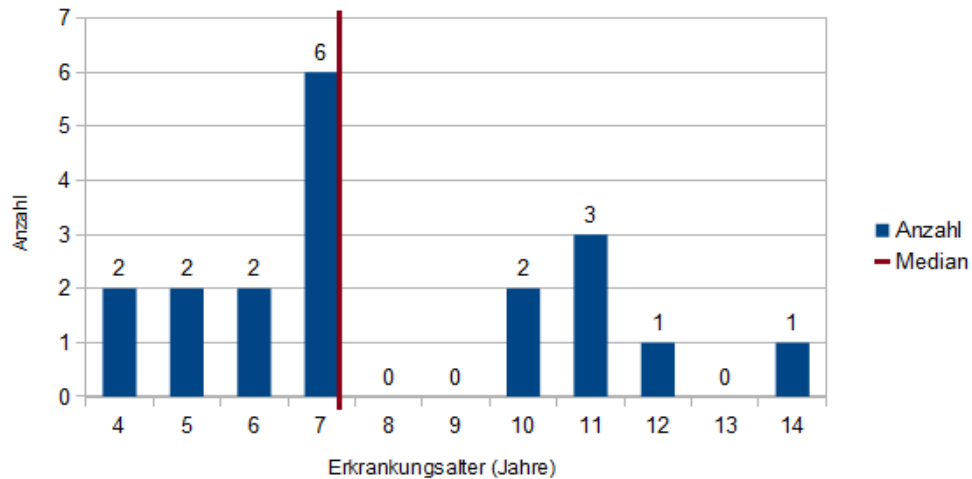


Abbildung 32: Erkrankungsalter (Bandscheibenvorfall) der 3. Kategorie

4.5.1. Anamnese

Bei Vorstellung des Patienten erfolgte zunächst die Dokumentation der Vorgeschichte.

Hier wurde befragt, wie lange bereits eine klinische Symptomatik bestand. In allen 3 Kategorien waren über 50% der Patienten seit höchstens 4 Tagen erkrankt. Bei insgesamt 18 Patienten konnten hierfür keine Daten erhoben werden.

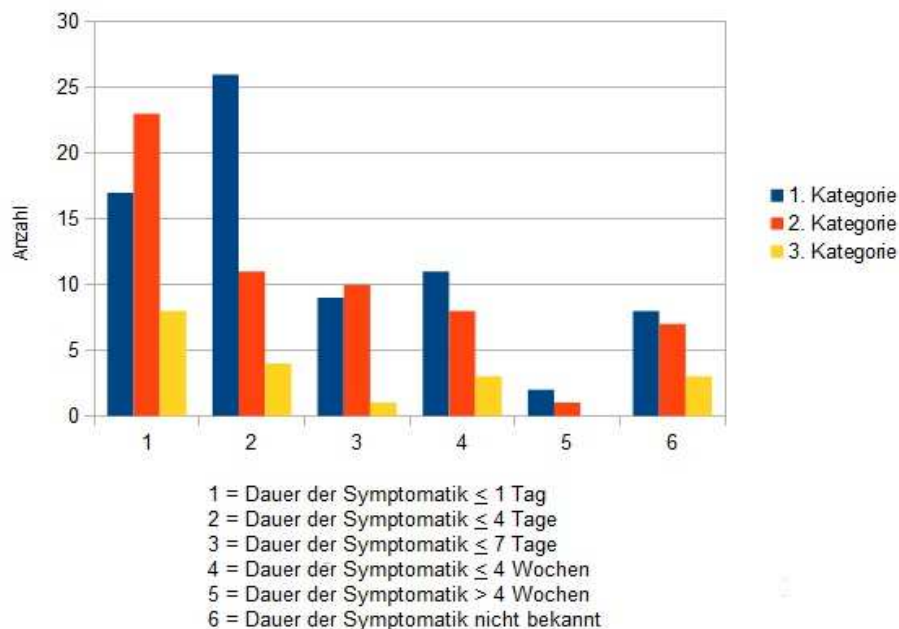


Abbildung 33: Dauer der Symptomatik

Bei der Mehrzahl der Patienten (78,3%) erfolgte bereits eine Vorbehandlung mit Medikamenten. Dazu zählte vor allem die Gabe von Glukokortikosteroiden (71/119 vorbehandelten Patienten, 59,7%). Die übrigen Patienten wurden mit nicht steroidal Antiphlogistika therapiert.

4.5.2. Neurologische Untersuchung

Nach der Anamneseerhebung und der allgemeinen Untersuchung folgte die neurologische Untersuchung. Die Einteilung erfolgte nach den 5 Schweregraden von Sharp und Wheeler (2005). Zum besseren Vergleich wurde die prozentuale Verteilung gewählt, da die Anzahl der Patienten zwischen den Kategorien stark variierte. In der 2. Kategorie wurde ein Patient von der Beurteilung ausgeschlossen, da vorwiegend ein orthopädisches Problem Ursache der klinischen Beschwerden war. Im klinischen Verlauf erfolgt die Gegenüberstellung von der neurologischen Untersuchung vor und nach der Therapie. Im Anschluss erfolgt in Tabellenform die jeweilige Anzahl der Patienten.

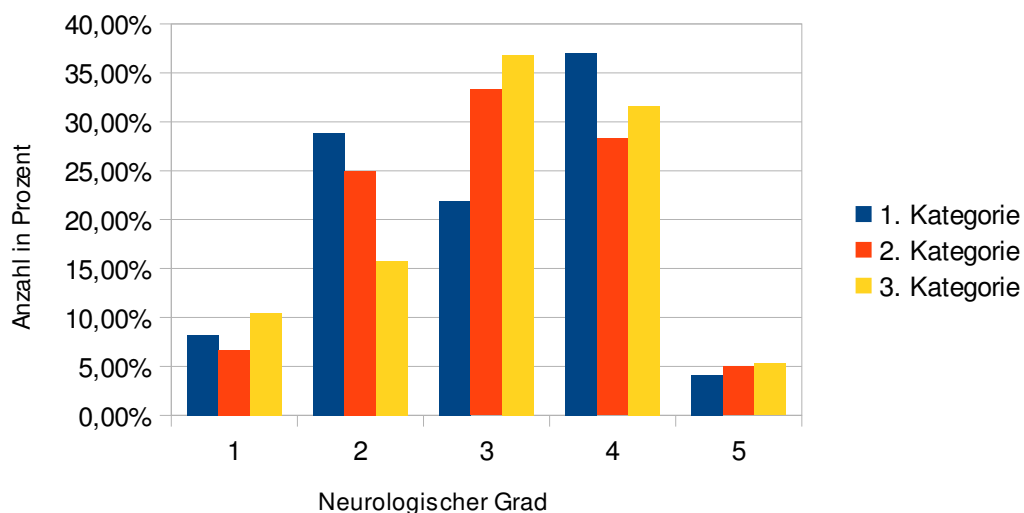


Abbildung 34: Prozentuale Verteilung der 5 Schweregrade der neurologischen Untersuchung der 3 Kategorien bei Ankunft

Tabelle 18: Verteilung des Neurologischen Grades in den 3 Kategorien

Neurologischer Grad	Anzahl der Patienten		
	1. Kategorie	2. Kategorie	3. Kategorie
1	6	4	2
2	21	15	3
3	16	20	7
4	27	17	6
5	3	3	1

In allen 3 Kategorien zeigte die Mehrzahl der Patienten einen Schweregrad 2 bis 4 mit einem Maximum in der 1. Kategorie beim Schweregrad 4, in der 2. Kategorie beim Schweregrad 3 und in der 3. Kategorie ebenfalls beim Schweregrad 3.

4.5.3. Lokalisation des Bandscheibenvorfalls

Bei den insgesamt 151 Patienten waren 208 Bandscheiben extrudiert. Ein Patient wurde zweimal untersucht, da 1 Jahr später dieselbe klinische Symptomatik auftrat. Der Bandscheibenvorfall trat jedoch an einer anderen Stelle der Wirbelsäule auf. 72,5% der Patienten (n=110) hatten einen einzelnen Vorfall. Bei 20,5% (n=31) wurden 2 Bandscheibenvorfälle und bei 5 % (n=8) 3 Bandscheibenvorfälle diagnostiziert. 2% der Patienten (n= 3) hatten sogar 4 vorgefallene Bandscheiben.

Die Anzahl an vorgefallenen zervikalen Bandscheiben betrug insgesamt 34.

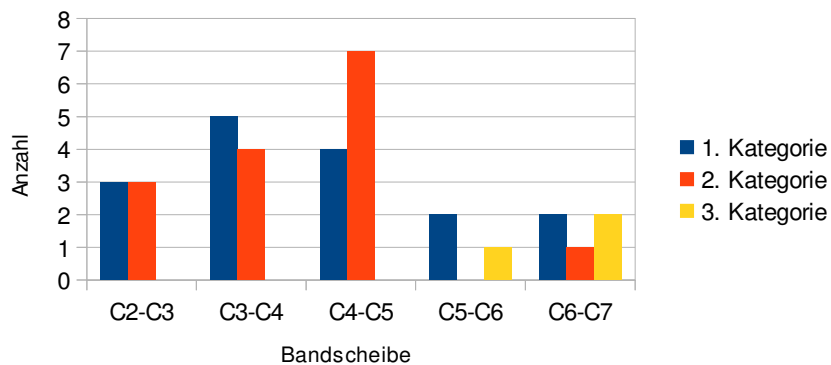


Abbildung 35: Lokalisation der zervikalen Bandscheibenvorfälle

In der Kategorie der chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen (1. Kategorie) waren alle Zwischenwirbelbereiche im Zervikalbereich betroffen. Während in der Kategorie der leichteren Hunderassen (2. Kategorie) vorwiegend Bandscheibenvorfälle im Bereich C2-C5 auftraten und die Mehrzahl bei C4-C5 diagnostiziert wurden, waren in der 3. Kategorie, die Hunderassen mit einem Körpergewicht höher oder gleich 25 kg beinhaltete, nur die Zwischenwirbelbereiche von C5-C7 betroffen.

Die Verteilung der thorakolumbalen Bandscheibenvorfälle (n= 174) zeigte in allen 3 Kategorien Ähnlichkeiten.

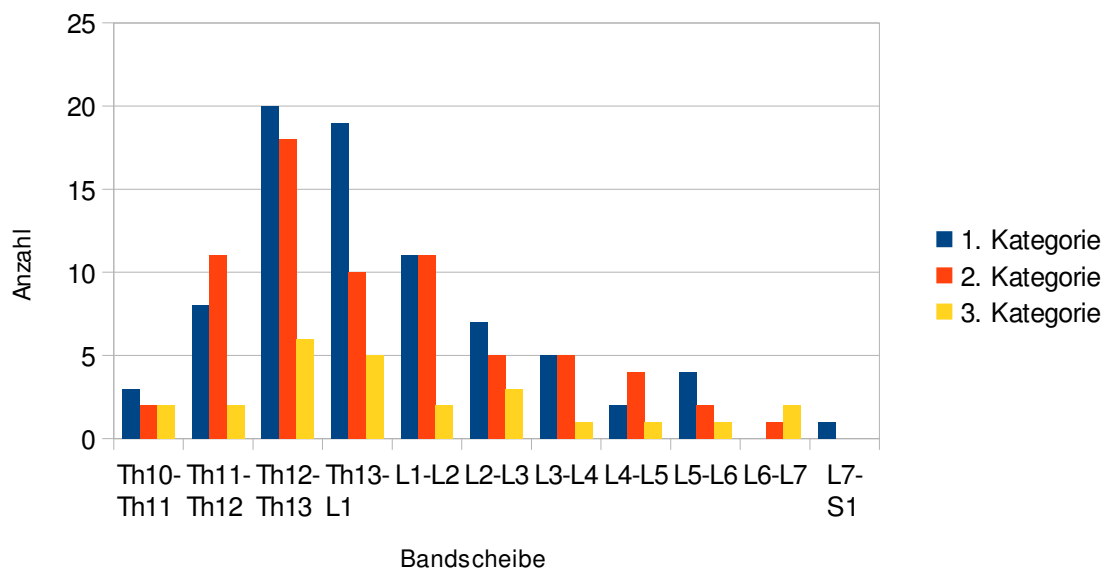
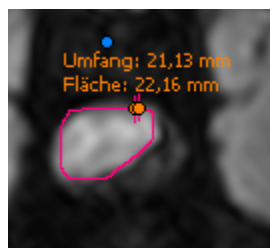


Abbildung 36: Lokalisation der thorakolumbalen Bandscheibenvorfälle

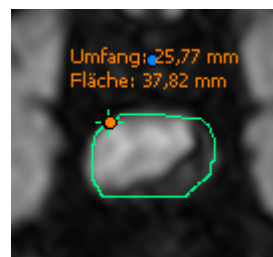
Die Mehrheit der Bandscheibenvorfälle lag im thorakolumbalen Übergang, wobei 70,7% der Bandscheibenvorfälle in den Bereichen von Th11-L2 (n = 123) auftraten. 25,3% der Vorfälle war auf den Bereich Th12-Th13 (n=44) beschränkt.

4.5.4. Ausmaß der Kompression des Rückenmarks und Lokalisation des vorgefallenen Bandscheibenmaterials

Das Ausmaß der Kompression des Rückenmarks wurde jeweils in der FFE-Sequenz und der T2W ausgemessen. Dazu wurde die Fläche des Rückenmarks über der vorgefallenen Bandscheibe bestimmt und im zweiten Schritt die Fläche des vermuteten dort gelegenen Rückenmarks ohne vorgefallenes Bandscheibenmaterial ausgemessen.



Ausmessung des komprimierten Rückenmarks



Ausmessung des Rückenmarks ohne Kompression

Abbildung 37: Bandscheibe L2-L3 des Patienten Nr. 101 in der FFE-Sequenz

Mithilfe eines Quotienten wurde bestimmt, wieviel Prozent des Rückenmarks visuell noch intakt sind. Von den insgesamt 208 vorgefallenen Bandscheiben wurde der Kompressionsquotient für 189 Bereiche berechnet. Mithilfe des t-Tests erfolgte der Vergleich zwischen der FFE-Sequenz und der T2W.

Tabelle 19: Gegenüberstellung der Ergebnisse des t-Tests zwischen der FFE-Sequenz und der T2W

Kategorie	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	t-Wert
1. Kategorie	95	0,00105	0,0314	-0,0880	0,0920	0,33
2. Kategorie	73	-0,00441	0,0517	-0,1100	0,1630	-0,73
3. Kategorie	21	0,0119	0,0383	-0,0330	0,0830	1,42

In allen 3 Kategorien lag der errechnete t-Wert unterhalb des kritischen t-Wertes und zeigt, dass zwischen den beiden MRT-Sequenzen kein nennenswerter Unterschied bei der Ermittlung des Kompressionsquotienten besteht.

Des Weiteren erfolgte die Gegenüberstellung mit den Schweregraden in der neurologischen Untersuchung. Für die Patienten mit mehr als einem Bandscheibenvorfall wurde der Mittelwert der Kompressionen bestimmt.

Tabelle 20: Kompressionsquotient in der FFE-Sequenz bei Hunden der 1. Kategorie

Schweregrad	Kompressionsquotient	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Anzahl
1	0,4368	0,2179	0,233	0,764	6
2	0,4056	0,1942	0,1	0,813	21
3	0,3797	0,1771	0,11	0,723	15
4	0,3685	0,1790	0,102	0,75	27
5	0,3433	0,0393	0,314	0,388	3

Tabelle 21: Kompressionsquotient in der T2W bei Hunden der 1. Kategorie

Schwere-grad	Kompressions-quotient	Standardab-weichung	Minimum	Maximum	Anzahl
1	0.426	0.2185	0.218	0.74	6
2	0.4107	0.1945	0.104	0.847	21
3	0.3883	0.1852	0.098	0.722	15
4	0.3704	0.1766	0.121	0.746	27
5	0.3407	0.0491	0.294	0.392	3

Tabelle 22: Kompressionsquotient in der FFE-Sequenz bei Hunden der 2. Kategorie

Schwere-grad	Kompressions-quotient	Standardab-weichung	Minimum	Maximum	Anzahl
1	0.5373	0.0595	0.5	0.606	3
2	0.6134	0.1486	0.342	0.879	14
3	0.5583	0.2057	0.177	0.92	18
4	0.5732	0.189	0.145	0.904	14
5	0.581	0.099	0.511	0.651	2

Tabelle 23: Kompressionsquotient in der T2W bei Hunden der 2. Kategorie

Schwere-grad	Kompressions-quotient	Standardab-weichung	Minimum	Maximum	Anzahl
1	0.5407	0.1130	0.428	0.654	3
2	0.6101	0.1348	0.371	0.77	14
3	0.5581	0.2058	0.225	0.959	18
4	0.5725	0.1850	0.179	0.947	14
5	0.5885	0.1025	0.516	0.661	2

Tabelle 24: Kompressionsquotient in der FFE-Sequenz bei Hunden der 3. Kategorie

Schweregrad	Kompressionsquotient	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Anzahl
1	0.879	-	0.879	0.879	1
2	0.725	0.1005	0.631	0.831	3
3	0.5905	0.1801	0.373	0.883	6
4	0.6115	0.0007	0.611	0.612	2
5	0.548	-	0.548	0.548	1

Tabelle 25: Kompressionsquotient in der T2W bei Hunden der 3. Kategorie

Schweregrad	Kompressionsquotient	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Anzahl
1	0.904	-	0.904	0.904	1
2	0.7387	0.0645	0.698	0.813	3
3	0.6138	0.1491	0.433	0.852	6
4	0.618	0.0212	0.603	0.633	2
5	0.608	-	0.608	0.608	1

In der 1. und 3. Kategorie verringerte sich in beiden MRT-Sequenzen mit der Höhe des Schweregrades der neurologischen Ausfälle der Anteil des intakten Rückenmarks. In der 2. Kategorie konnte dies nicht bestätigt werden. Die jeweiligen Minimum- und Maximumwerte variierten jedoch deutlich. So ist z.Bsp. in der 1. Kategorie für den Schweregrad 1 in der FFE-Sequenz ein Minimum von 0,233 und ein Maximum von 0,764 ermittelt worden und verdeutlicht das mithilfe der neurologischen Untersuchung keine Aussage über die Stärke der Rückenmarkskompression getroffen werden kann.

Die Lage des vorgefallenen Bandscheibenmaterials wurde für 190 Bereiche dokumentiert.

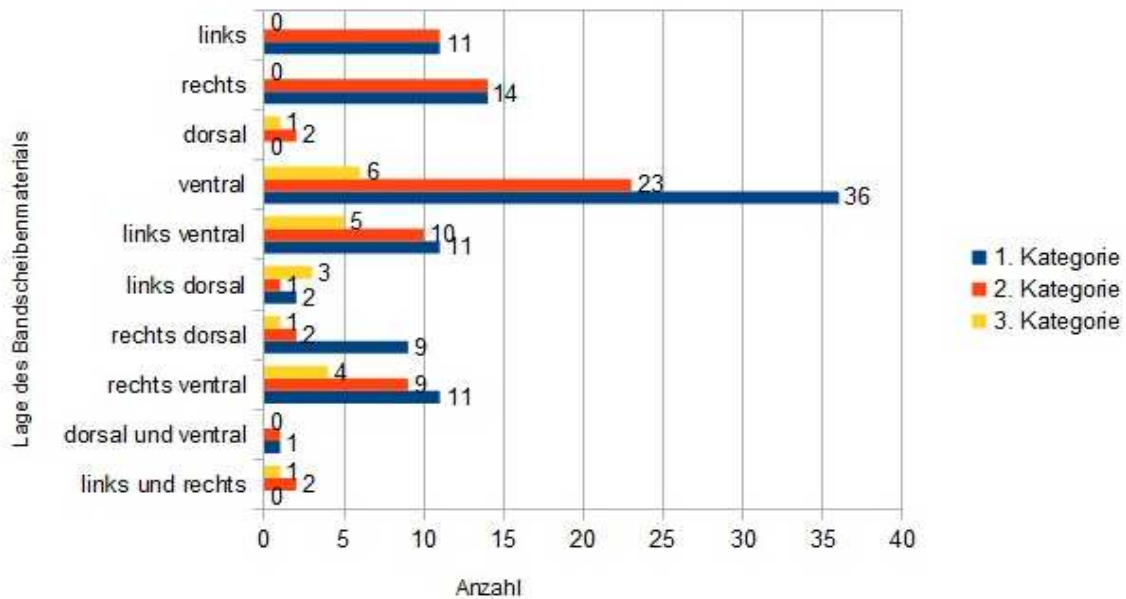


Abbildung 38: Lage des extrudierten Bandscheibenmaterials im Wirbelkanal

In der Mehrzahl der Fälle (60%) befand sich das Bandscheibenmaterial ventral des Rückenmarks, wovon 57% zentral ventral gelegen waren.

4.5.5. Klinischer Verlauf

Nach erfolgter Diagnosestellung wurden 14 Patienten (9,2%) konservativ behandelt. 123 Patienten (80,9%) wurden operiert, wovon 19 Patienten zweimal operiert wurden. 10 Patienten (6,6%) wurden bereits nach der Diagnose aufgrund einer vorsichtigen Prognose auf Wunsch der Besitzer euthanasiert. 5 Patienten (3,3%) verstarben in der Narkose, davon ein Patient in der 2. Operation. Zu einem Patient (0,6%) der 2. Kategorie konnten keine Daten erhoben werden.

10 Patienten (6,6%) wurden nach dem chirurgischen Eingriff auf Wunsch der Besitzer euthanasiert, da es zu keiner Besserung der Symptome kam.

Die Dauer der stationären Unterbringung konnte bei 123 Patienten erfasst werden. Die Mehrzahl der Patienten (n=74 mit 60,2%) war zwischen 3 und 9 Tagen an der Klinik (Min 1 Tag, Max 40 Tage). Zu 3 Patienten lagen keine Angaben vor.

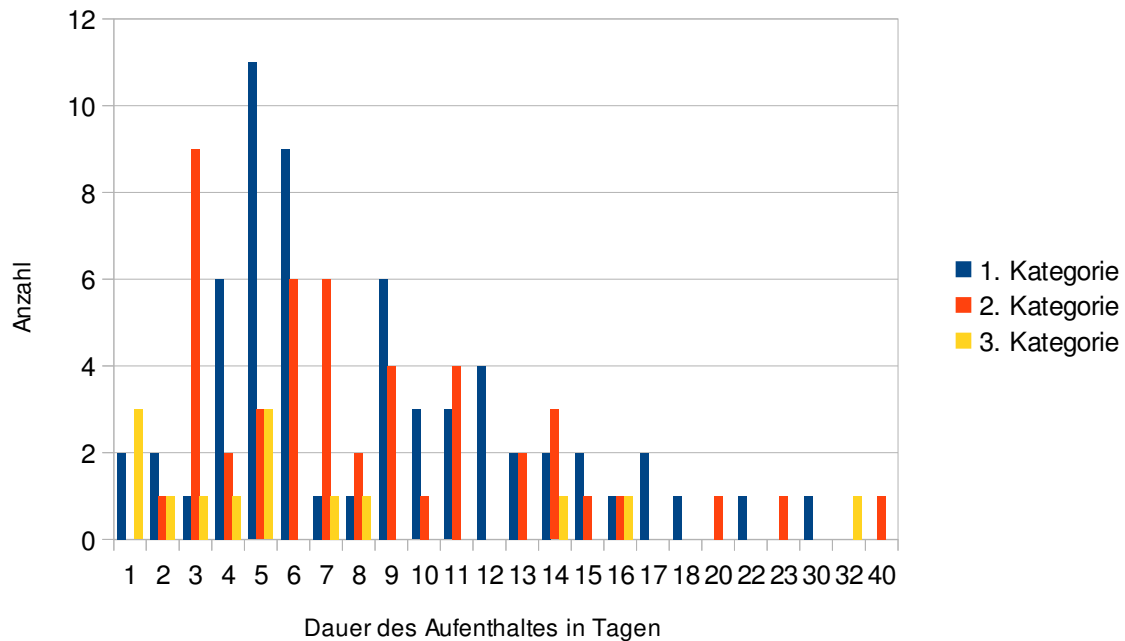


Abbildung 39: Die Dauer des Aufenthaltes

Zum Zeitpunkt der Entlassung erfolgte eine abschließende neurologische Untersuchung. Im Falle der Hunde mit konservativer Therapie konnten 12 Datensätze berücksichtigt werden. Hier zeigte sich keine deutliche Veränderung. Im Durchschnitt lag der neurologische Grad bei 2,25. Nach erfolgter Therapie lag er bei 2,1. 2 Patienten (16,7%) zeigten eine Verbesserung der neurologischen Symptomatik, einer um einen Grad und der andere um 2 Grade. Ein Patient verschlechterte sich um einen Grad.

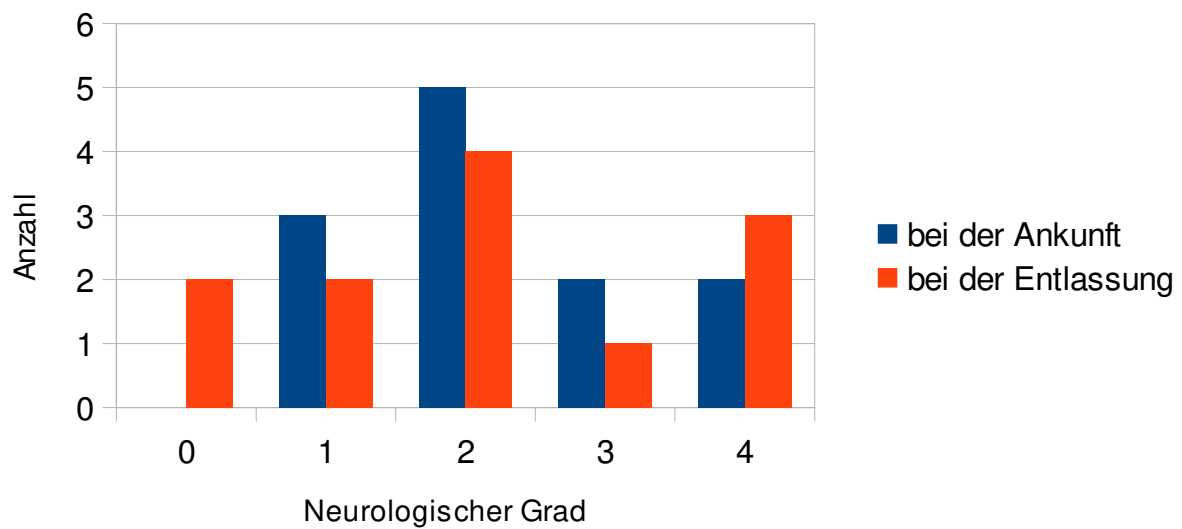


Abbildung 40: Vergleich der Schweregrade der neurologischen Untersuchung bei der Ankunft und bei der Entlassung beim konservativen Therapieversuch

Nach chirurgischer Intervention war der neurologische Schweregrad durchschnittlich um einen Grad verbessert. Jeder Patient mit einer Ausnahme zeigte zumindest Spontanbewegung. Ein Patient in der 1. Kategorie hatte zum Zeitpunkt seiner Entlassung eine Plegie mit abwesendem Tiefenschmerz aufgrund einer vermuteten Myelomalazie. Im Durchschnitt betrug der Schweregrad bei der Ankunft in der 1. Kategorie 3,3, in der 2. Kategorie 3 und in der 3. Kategorie 3,1. Zum Zeitpunkt der Entlassung lag der Schweregrad in der 1. Kategorie bei 2,6, in der 2. Kategorie bei 2,3 und in der 3. Kategorie bei 2,6.

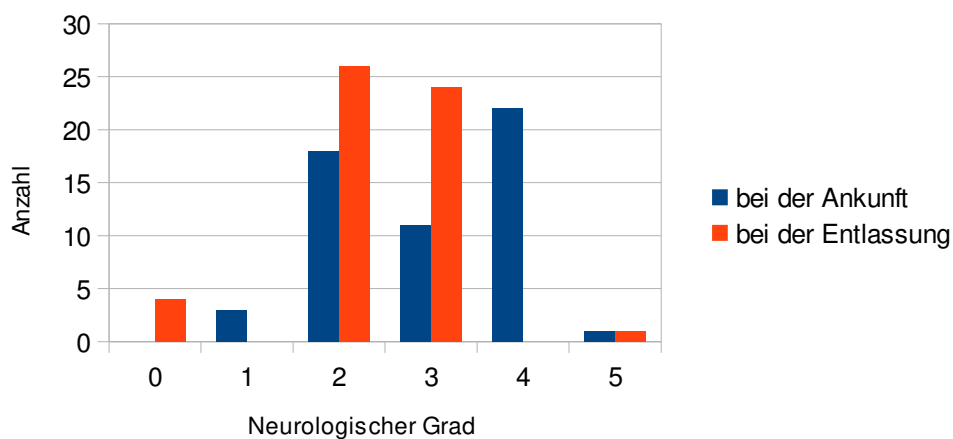


Abbildung 41: Vergleich des Schweregrades der neurologischen Untersuchung bei der Ankunft und bei der Entlassung mit chirurgischer Intervention 1. Kategorie

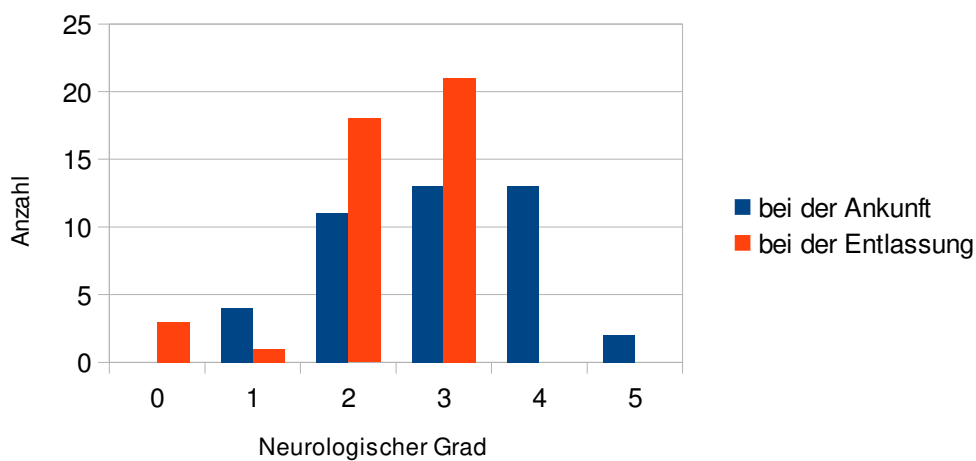


Abbildung 42: Vergleich des Schweregrades der neurologischen Untersuchung bei der Ankunft und bei der Entlassung mit chirurgischer Intervention 2. Kategorie

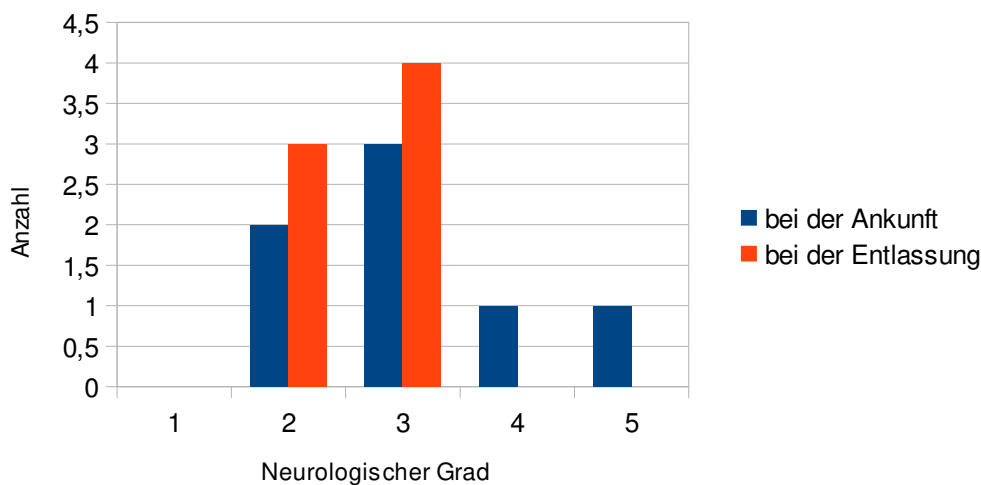


Abbildung 43: Vergleich des Schweregrades der neurologischen Untersuchung bei der Ankunft und bei der Entlassung mit chirurgischer Intervention 3. Kategorie

4.5.6. Auswertung der Patientengespräche

Insgesamt konnten 74 von 126 Patientenbesitzern in dem Zeitraum von März bis Mai 2014 telefonisch über den Langzeitverlauf des Krankheitsgeschehens ihres Hundes befragt werden. Die übrigen konnten aufgrund von neuen Telefonnummern bzw. Adressenänderung und Wechsel der Patientenbesitzer nicht erreicht werden.

Die Telefonate mit den Patientenbesitzern erfolgten mehrere Monate nach ihrer Entlassung. Der früheste erfolgte 14 Monate und der späteste 47 Monate danach.

11 Patienten wurden aufgrund einer erneuten Rückenmarkserkrankung eingeschläfert. 9 Patienten waren bereits an anderen Erkrankungen wie zum Beispiel Herz-Kreislauf-Versagen verstorben.

Von den übrigen 54 Patienten gehörten 33 der 1. Kategorie, 14 der 2. Kategorie und 7 der 3. Kategorie an.

Zur Fragestellung, ob weiterhin eine Gangstörung besteht, antworteten vorwiegend die Besitzer der 1. Kategorie mit ja (63,6%). Jedoch besteht bei 62% dieser keine Beeinträchtigung im Alltag. In der 2. Kategorie lag der Anteil an Patienten mit einer weiterhin bestehenden Gangstörung bei 42,9% (davon 33,3% mit einer Beeinträchtigung im Alltag). Bei

den 7 Patienten der 3. Kategorie zeigten weiterhin 57,1% eine Gangstörung, wovon 50% zu keiner Beeinträchtigung im Alltag führen.

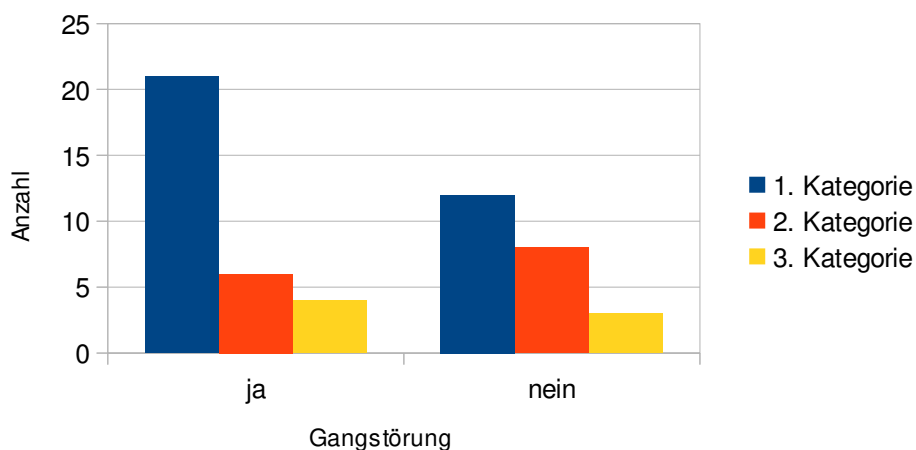


Abbildung 44: Vergleich der 3 Kategorien im Hinblick auf das Bestehen einer Gangstörung

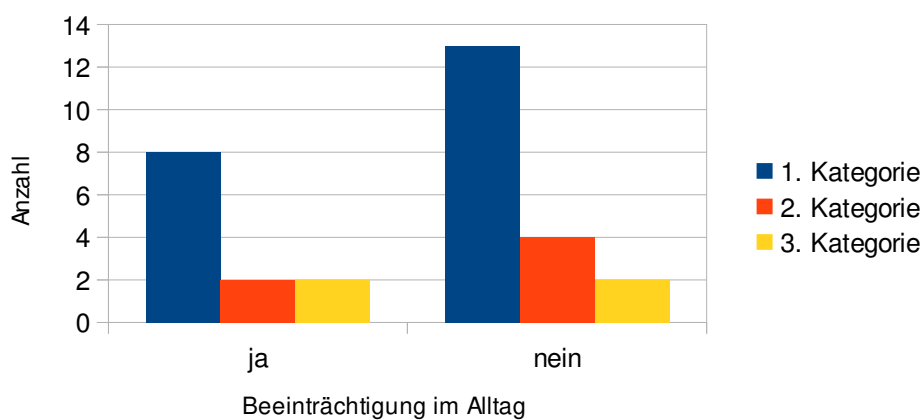


Abbildung 45: Beeinträchtigung im Alltag im Vergleich der 3 Kategorien

Die Verabreichung von Schmerzmedikamenten als Dauermedikation war nur bei 3 Patienten (5,6%) der Fall. 13 Patienten (24,1%) wurden temporär Schmerzmedikamente aufgrund von erneuten Schmerzen im Rückenbereich verabreicht.

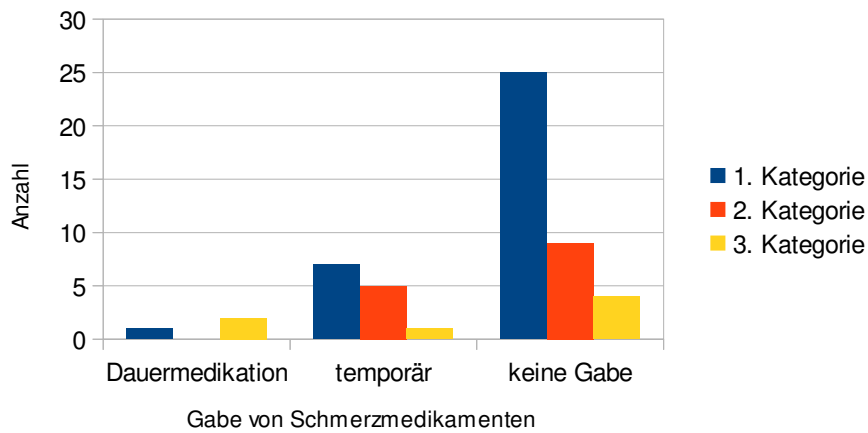


Abbildung 46: Vergleich der Gabe von Schmerzmedikamenten zwischen den 3 Kategorien

Zur Unterstützung des Heilungsprozesses erhielten 30 Patienten (55,6%) Physiotherapie. Bei der Hälfte der Patienten wurde sie 1-3 Monate nach dem chirurgischen Eingriff beendet. Bei den übrigen 15 Patienten wurde die Physiotherapie weitergeführt bis zum Zeitpunkt des Telefonats. Dies war 21 bis 43 Monate nach der Wirbelsäulenoperation.

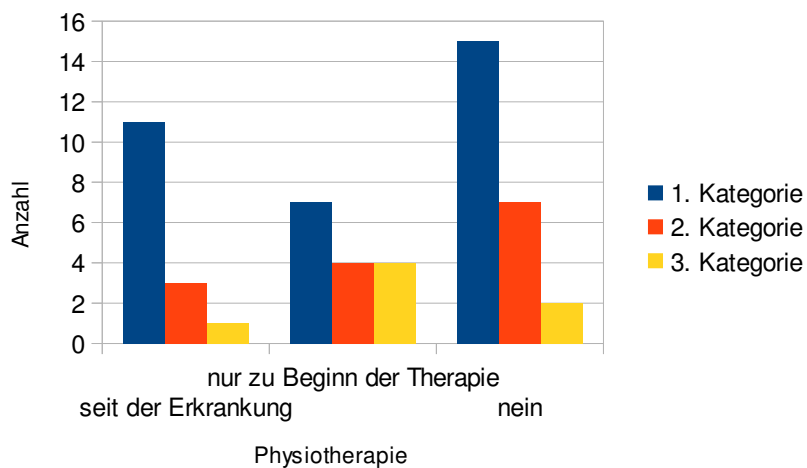


Abbildung 47: Physiotherapie

5. Diskussion

Eine Bandscheibendegeneration kann einen Bandscheibenvorfall nach Hansen Typ I oder Typ II begünstigen (Bergknut et al. 2012b). Jedoch nicht jede degenerierte Bandscheibe führt zu neurologischen Ausfällen im Sinne von Ataxien und/oder Parese und Plegien (Jeffery et al. 2013, Bergknut et al. 2012b). Die Magnetresonanztomographie ist zur Zeit das Diagnostikum der Wahl zur Untersuchung der Bandscheibe (Seiler et al. 2003, Dennis 2011).

In der vorliegenden Arbeit wurden die medizinischen Daten von 208 caninen Patienten retrospektiv ausgewertet, die zwischen April 2010 und November 2012 in der Klinik für Kleintiere der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover aufgrund einer Gangstörung oder eines Anfallsgeschehens vorstellig wurden. Die zweite Gruppe diente als Kontrollgruppe.

Neben empirischer Beurteilung von Daten lag das Hauptaugenmerk auf der Auswertung der MRT-Aufnahmen der Bandscheibe, um festzustellen, ob die FFE-Sequenz eine sensitivere Methode gegenüber der T2 Gewichtung ist, um frühe Umbauvorgänge der Bandscheibe zu erkennen.

Es erfolgte die Einteilung in 3 Kategorien. Zu der 1. Kategorie zählten alle chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen, hier insgesamt 8 Rassen. Von den 83 Patienten war der Dackel mit 53 Patienten (63,9%) am häufigsten vertreten. Dies deckt sich mit den Aussagen von Hansen (1952), Brisson (2010) und Bergknut et al. (2012a). In der 2. Kategorie, der nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht kleiner als 25 kg (Kategorie der kleinen Hunderassen) konnten 86 Patienten aufgelistet werden, die insgesamt 27 Rassen zugeordnet wurden. Vor allem 3 Rassen waren hier vertreten: der Beagle (n = 11), der Jack Russel Terrier (n = 10) und der Mischling (n = 23). In der 3. und letzten Kategorie, der nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht gleich oder größer 25 kg (Kategorie der großen Hunderassen), wurden die 39 Patienten 17 Hunderassen zugeordnet. Hier überwiegt in der Anzahl der Deutsche Schäferhund (n = 8), der Labrador Retriever (n = 7) und der Mischling (n = 9). Generell entspricht die Rassenverteilung jedoch nicht der gesamten Klinikpopulation, die wegen eines vermuteten Bandscheibenvorfalles untersucht wurde, da nur die Patienten mit

eingeschlossen wurden, bei denen eine FFE-Sequenz in der Magnetresonanztomographie mit durchgeführt wurde.

Von den 208 Patienten wurden bei 154 als Ursache der neurologischen Symptomatik Bandscheibenvorfälle diagnostiziert. 3 Patienten wurden ausgeschlossen, da kein bildgebendes Material in der FFE-Sequenz vorlag. Die Einteilung erfolgte ebenfalls in die 3 Kategorien. In der Kategorie der chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen (1. Kategorie) mit 72 Patienten überwiegt der Dackel mit 72,2% (n = 52). Als nächstes folgte die Französische Bulldogge mit 15,3% (n = 11). In der Kategorie der kleinen Hunderassen (2. Kategorie) mit 60 Patienten war vor allem der Mischling (n = 19) und der Beagle (n = 8) vertreten. In der Kategorie der großen Hunderassen (3. Kategorie) mit 19 Patienten gehörten zu den 3 am häufigsten vorkommenden Rassen der Mischling (n = 5), der Labrador Retriever (n = 3) und der Deutsche Schäferhund (n = 3). Die genannten Rassen werden in der Literatur auch häufig in Verbindung mit Bandscheibenvorfällen genannt (Hansen 1952, McKee 2000a, Smolders et al. 2012).

Bei der Verteilung des Geschlechts überwogen in der 2. und 3. Kategorie die männlichen Patienten, während in der 1. Kategorie Rüden und Hündinnen gleichmäßig verteilt waren. Die Patienten mit einem Bandscheibenvorfall erkrankten zwischen 10 Monaten und dem 14. Lebensjahr. Das Durchschnittsalter lag bei den chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen bei 6,3 Jahren. Bei der Mehrzahl der Bandscheibenvorfälle erkrankten die Patienten zwischen dem 2. und 8. Lebensjahr (73,2%, n = 52). Bei den nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen lag das Durchschnittsalter bei 6,85 Jahren mit der Mehrzahl der Vorfälle zwischen dem 3. und 8. Lebensjahr (71,8%, n = 56). Nimmt man die nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht größer oder gleich 25 kg für sich allein lag das Durchschnittsalter bei 7,95 Jahren mit einem Peak bei dem 7. Lebensjahr (n = 6, von 19 Patienten). Dies deckt sich in etwa mit den Daten von Brisson (2010), Smolders et al. (2012) und Priester (1976).

Von den insgesamt 208 vorgefallenen Bandscheiben befanden sich 16,3% (n = 34) in der Halswirbelsäule und 83,7% (n = 174) in der Brust-Lendenwirbelsäule. In der Literatur ist eine ähnliche Verteilung zu finden (Brisson 2010). Die Zwischenwirbelbereiche ausgehend von

Th12 bis L3 sind häufiger betroffen und bei chondrodystrophen Hunderassen überwiegen die Bandscheiben Th12/Th13 und Th13/L1 (Brisson 2010, Griffin et al. 2009, Bray und Burbidge 1998b, Hansen 1952), während bei den großen Hunderassen wie dem Deutschen Schäferhund vor allem die Bandscheiben L1/L2 und Th13/L1 folgend von L2/L3 betroffen sind (Cudia und Duval 1997, Macias et al. 2002). Die Bandscheiben vor dem 10. Brustwirbel sind deutlich seltener betroffen. Grund hierfür ist vermutlich das ausgebildete Ligamentum intercapitale zwischen den Rippenköpfchen, das die dorsale Abgrenzung der Bandscheibe mit bildet (McKee 2000a, Allison 1961). Die Beweglichkeit der Wirbelsäule erhöht sich zudem mit dem Beginn der Lendenwirbelsäule, im Vergleich zur eher starren Brustwirbelsäule (Gödde und Jaggy 1993). Diese Aussagen decken sich weitestgehend mit den in der vorliegenden Studie beschriebenen Ergebnissen. Die Mehrzahl der thorakolumbalen Bandscheibenvorfälle befand sich in allen 3 Kategorien in dem Bereich Th11-L2. In der 1. Kategorie, der chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen, für sich allein lagen 48,8% (n = 39) der Bandscheibenvorfälle in den Bereich Th12-L1. In der 2. Kategorie lag der Peak bei der Bandscheibe Th12-Th13 (n = 18). Bei den großen Hunderassen der 3. Kategorie zeigte sich, dass die Bandscheibe Th12-Th13 genauso häufig vertreten war wie die Bandscheibe Th13-L1. Aufgrund der geringen Patientenzahl in der 3. Kategorie (n = 19) ist dieses Ergebnis mit Vorsicht zu bewerten. Bei den zervikalen Bandscheibenvorfällen zeigte sich in der Kategorie der kleinen Hunderassen (2. Kategorie), dass vor allem die Vorfälle im Bereich C2-C5 auftraten mit der Mehrzahl bei C4-C5. In der Kategorie der großen Hunderassen (3. Kategorie) waren nur 3 zervikale Bandscheiben vorgefallen, die sich in den Zwischenwirbelbereichen von C5 bis C7 befanden. Bei den chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen waren alle Zwischenwirbelbereiche der Halswirbelsäule betroffen. Dies deckt sich größtenteils mit den Ergebnissen von Cherrone et al. 2004 und Ryan et al. 2008. Hier zeigte sich im Gegensatz zu deren Ergebnissen, dass die Bandscheibe C2-C3 nicht am häufigsten bei den kleinen Hunderassen extrudierte. Die Lokalisation der Protrusionen stimmt mit den Aussagen der Literatur überein (McKee 2000a, Miyabayashi 2001). Sie verteilen sich über alle zervikale Bandscheiben (15,6%), die Mehrzahl befindet sich zwischen den Bandscheiben Th12 und L3 (66%) und über alle lumbalen Bandscheiben (48%). Vergleicht man das Vorkommen des Hansen Typ II unter den 3 Kategorien ist die 3. Kategorie stärker vertreten. Von 121 untersuchten Bandscheiben zeigten 17 Bandscheiben (14%) einen Hansen

Typ II. Während in der 2. Kategorie von 320 untersuchten Bandscheiben 38 (11,8%) und in der 1. Kategorie von 340 untersuchten Bandscheiben nur 22 (6,5%) Bandscheiben einen Hansen Typ II aufwiesen.

Der Bandscheibenherniation geht meist eine Degeneration der Bandscheibe voraus (Jensen und Arnbjerg 2001, Jensen und Christensen 2000, Stigen 1996, Hansen 1951). Bei den chondrodystrophen Hunderassen beginnt dies bereits im Alter von 3-4 Monaten in Form einer chondroiden Metaplasie mit teils anschließender Kalzifizierung (Verheijen und Bouw 1982, Hansen 1952). Stigen und Kolbjørnsen (2007) zeigten, dass dies bei ca. 46% der Bandscheiben geschieht und dass nicht alle mithilfe einer Röntgenuntersuchung identifiziert werden können. Generell kann jede Bandscheibe kalzifizieren. Es zeigt sich jedoch eine Häufung im thorakolumbalen Übergang (Rohdin et al. 2010, Stigen 1996, Stigen 1991). In vorliegender Arbeit war dies nachzuvollziehen. Es befanden sich von den insgesamt 100 röntgenologisch diagnostizierten kalzifizierten Bandscheiben 51% zwischen den Bandscheiben Th11 und L1. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass bei den insgesamt 775 untersuchten Bandscheiben nur diese untersucht wurden, die in den Bereich der vermuteten Läsion fielen. Die Bandscheiben von Th12-L3 sind häufiger von einer Herniation der Bandscheibe betroffen (Brisson 2010) und wurden hier dementsprechend mit insgesamt 396 Bandscheiben (51%) mehr untersucht als z.B. die Bandscheiben von Th1 bis Th9, die nur zu 1% (n = 10) vertreten waren. In der 1. Kategorie, der chondrodystrophen und brachycephalen Hunderassen, zeigten von den insgesamt 338 untersuchten Bandscheiben 20% (n = 67) Kalzifizierungen im Röntgenbild. Während in der 2. und 3. Kategorie nur 8% bzw. 7% dies zeigten. Stigen (1996) und Jensen et al. (2008) legten mit ihren Untersuchungen dar, dass bei Dackeln, die keine oder nur eine in der Röntgenuntersuchung diagnostizierte kalzifizierte Bandscheibe haben, ein geringeres Risiko für eine Bandscheibenherniation besteht. Widersprüchlich steht dazu die Untersuchung von Rohdin et al. (2010), bei der bei 46% der vorgefallenen Bandscheiben kein kalzifiziertes Material in der Röntgenuntersuchung nachgewiesen werden konnte.

Die Röntgenuntersuchung zeigte, dass sie für sich allein kein sicheres Diagnostikum ist, um einen Bandscheibenvorfall zu identifizieren. Lediglich bei 28,8% im MRT diagnostizierten

Bandscheibenvorfällen konnten in den laterolateralen Röntgenaufnahmen ein Wirbelengstand befundet werden. Die übrigen 38 von insgesamt 95 Wirbelengständen erbrachten im MRT teils einen normalen Befund sowie ggr. bis hgr. degenerative Veränderungen der Bandscheibe. Vorgefallenes kalzifiziertes Bandscheibenmaterial war bei 31 Bandscheiben zu vermuten, wo sich bei 16 der Verdacht eines Hansen Typ I im MRT bestätigte. Dies deckt sich mit der Aussage von Kirberger et al. (1992), dass die Röntgenuntersuchung allein ein inadäquates Mittel ist, um eine Protrusion oder Extrusion der Bandscheibe zu lokalisieren. Lamb et al. (2002) zeigte mit seiner Untersuchung, dass bei Begutachtung der Röntgenaufnahmen von 3 Untersuchern 51-61% der Bandscheibenvorfälle übereinstimmend lokalisiert wurden. Stigen und Kolbørnsen (2007) verglichen die Ergebnisse der Befunde von Röntgenaufnahmen und der durchgeführten histopathologischen Untersuchung in Hinblick auf Kalzifizierungen. Sie zeigten, dass die Röntgenuntersuchung eine Sensitivität von 0,6 und eine Spezifität von 1,0 gegenüber der histopathologischen Untersuchung aufweist. Die Röntgenuntersuchung dient in erster Linie dem Ausschluss von Differentialdiagnosen (Costa und Samii 2010, Dennis 1987). Beim Vergleich der Beurteilung auf das Vorkommen von Kalzifizierungen, Wirbelengständen und Spondylosen zwischen den laterolateralen und ventrodorsalen Röntgenaufnahmen zeigte sich, dass eine starke Diskrepanz herrscht und bestätigt die Aussage von Jensen und Arnbjerg (2001), dass die laterolaterale Röntgenaufnahme der ventrodorsalen vorzuziehen ist, da aufgrund von Überlagerungen wie z.B. mit den Gastrointestinaltrakt oder dem Herzen teils keine eindeutigen Diagnosen mit der ventrodorsalen Aufnahme zu stellen sind. Aber um einen Verdacht eines Bandscheibenvorfalles vor allem in der Halswirbelsäule zu bestätigen ist es ratsam eine 2. Ebene anzufertigen.

Die Computertomographie ist eine weitere Möglichkeit, um vor allem kalzifiziertes Bandscheibenmaterial oder Blutungen im Wirbelkanal zu identifizieren (Olby et al. 2000). In vorliegender Arbeit wurde sie bei 25 Patienten parallel zur Röntgenuntersuchung und Magnetresonanztomographie durchgeführt. Bei den insgesamt 87 beurteilten Bandscheiben zeigte sich, dass bei 7 Bandscheiben in der Computertomographie Kalzifizierungen der Bandscheibe bzw. vorgefallenes Bandscheibenmaterial identifiziert wurde, die in der Röntgenuntersuchung nicht identifiziert wurden. Dies deckt sich mit der Aussage von Gielen

et al. (2012), dass die Computertomographie weitaus sensitiver gegenüber der Röntgenuntersuchung ist, um Kalzifizierungen zu diagnostizieren. Im Vergleich der Ergebnisse der Computertomographie mit der Magnetresonanztomographie zeigte sich, dass in 4 Fällen ein diagnostizierter Hansen Typ I im MRT nicht in der Computertomographie nachzuvollziehen war. Untersuchungen von Kuroki et al. (2013), Israel et al. (2009) und Coates (2000) bestätigen, dass die Computertomographie keine 100%-ige Sicherheit bietet, um einen Bandscheibenvorfall zu identifizieren. Eine eindeutige Diagnose war in diesen Studien in 81,8% bis 93% der Fälle mithilfe der Computertomographie möglich.

Die Magnetresonanztomographie ist zurzeit die beste Möglichkeit zur Identifizierung und Lokalisierung von Bandscheibenvorfällen (Kranenburg et al. 2013, Brisson 2010, Besalti et al. 2006). Zur Einteilung der Grade der Bandscheibendegeneration bedient man sich dem Modell von Pfirrmann et al. (2001), das durch Bergknut et al. 2011 für den Hund validiert wurde. Bergknut et al. (2011b) verglich zudem die Befunde der pathologischen Untersuchung, beurteilt durch das Thompson System, mit den Befunden der MRT-Untersuchung, beurteilt nach dem Modell von Pfirrmann. Das Ergebnis erbrachte eine gute Übereinstimmung und zeigte, dass die Magnetresonanztomographie ein sehr gutes Diagnostikum ist, um die Degeneration der Bandscheibe zu beurteilen. Zur Beurteilung der Bandscheibe bedient man sich der T2W. In dieser erscheint der gesunde Nucleus pulposus hyperintens aufgrund seines hohen Gehalts an Glykosaminoglykanen und des gebundenen Wassers (Costa und Samii 2010, Pfirrmann et al. 2001). Modic et al. (1988) bestätigte, dass der Signalverlust des Nucleus pulposus in der T2W mit dem Fortschreiten der Degeneration der Bandscheibe korreliert. Kranenburg et al. (2012) zeigte, dass der Grad der Bandscheibendegeneration jedoch nicht mit dem neurologischen Grad korreliert und dass nicht jede degenerierte Bandscheibe zu neurologischen Ausfallerscheinungen führen muss. In vorliegender Arbeit wurde das Bewertungssystem von Pfirrmann et al. (2001) für die T2W weitestgehend übernommen. Einzig wurde für die Grade 3, 4 und 5 hinzugenommen, zu welchem Anteil sich die Bandscheibe in der Struktur verändert, zu 1/3, zur Hälfte und zu 2/3. Für die FFE-Sequenz wurde ein daran orientiertes Bewertungsschema erarbeitet mit der Wahl auf einen stärkeren T1 Kontrast, wodurch die Bandscheibe im gesunden Zustand eine homogene Struktur aufweist (Carrino und Morrison 2003). Es zeigte sich, dass sich die

Bewertung der Bandscheibe in der T2W von den Ergebnissen der FFE-Sequenz signifikant unterschied. Der einfache Kappa-Koeffizient bestätigte dies. Mithilfe des gewichteten Kappa-Koeffizienten konnte gezeigt werden, dass die Bewertung meist um einen Grad auseinander lag.

Tabelle 26: Ergebnisse des Kappa-Koeffizienten in allen 3 Kategorien

	1. Kategorie	2. Kategorie	3. Kategorie
Einfache Kappa-Koeffizient	0,5703	0,3844	0,2860
Gewichtete Kappa-Koeffizient	0,7779	0,6547	0,5996

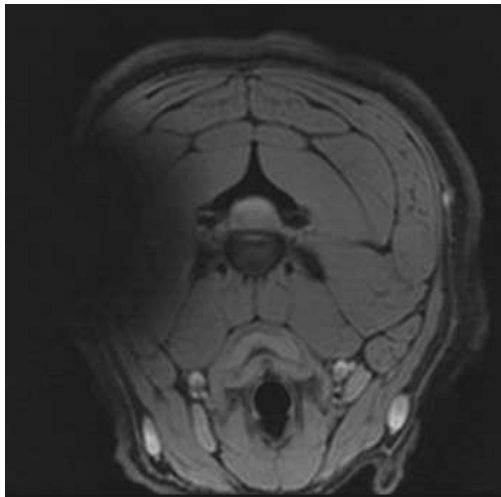
Eine hohe Diskrepanz zeigte sich bei den ggr. Veränderungen der Bandscheibe, die in der FFE-Sequenz in der 1. Kategorie zu 53%, in der 2. Kategorie zu 52% und in der 3. Kategorie zu 49% vertreten waren. Während in der T2W in der 1. Kategorie 41%, in der 2. Kategorie nur 23% und in der 3. Kategorie lediglich 17% diese Bewertung erhielten. Die Bewertung der ggr. degenerativen Veränderungen der Bandscheibe in der FFE-Sequenz reichte in der T2W von einem normalen Befund bis zu hgr. degenerativen Veränderungen. Ein normaler Befund in der T2W wurde in der FFE-Sequenz bei 47% in der 1. Kategorie, bei 77% in der 2. Kategorie und bei 55% der Bandscheiben in der 3. Kategorie mit ggr. Degenerationen der Bandscheibe beurteilt. Während umgekehrt ein normaler Befund in der FFE-Sequenz in der T2W in der 1. Kategorie 68%, in der 2. Kategorie 67% und in der 3. Kategorie 54% der Bandscheiben Degenerationen zeigten, wovon jeweils 90%, 83% und 80% als ggr. eingestuft wurden. Die Bandscheibendegeneration wurde in der T2W durchschnittlich höher bewertet als in der FFE-Sequenz.

Tabelle 27: Ergebnis der durchschnittlichen Bewertung in allen 3 Kategorien

	T2W	FFE-Sequenz
1. Kategorie	4,04	3,84
2. Kategorie	4,09	3,78
3. Kategorie	3,87	3,48

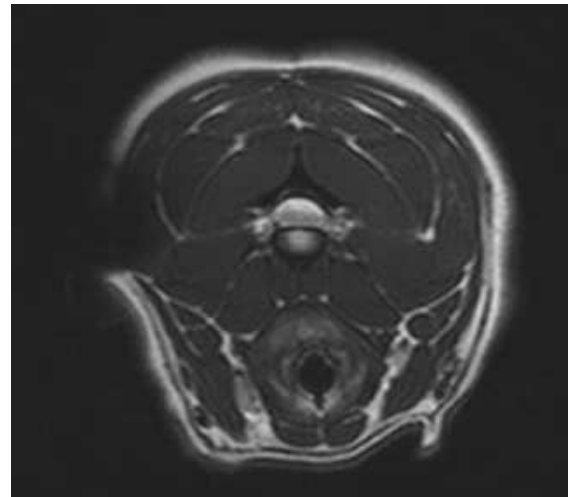
Kranenburg et al. (2012) zeigte mit seiner Untersuchung, dass der durchschnittliche Grad der Degeneration der Bandscheibe nach dem Modell von Pfirrmann für die T2W bei den chondrodystrophen Hunderassen um einen Grad höher ausfiel als bei den nicht chondrodystrophen Hunderassen. Vergleicht man dies mit diesen Ergebnissen und schließt die Kategorien 2 und 3, die nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen, zusammen, ergibt sich eine durchschnittliche Bewertung von 4,03. Bei den chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen wurde ein ähnliches Ergebnis mit 4,04 erreicht. Es zeigt sich, dass sich das Ausmaß der Degeneration der Bandscheibe nach dieser Bewertung zwischen den Rassengruppen nicht unterscheidet. Im Verhältnis der 3 Kategorien war die Bewertung in der 3. Kategorie, der nicht chondrodystrophen Hunderassen mit einem Körpergewicht größer oder gleich 25 kg, am niedrigsten mit 3,87 in der T2W und mit 3,48 in der FFE-Sequenz. In allen beiden Sequenzen wurde die gleiche Anzahl von Bandscheibenvorfällen diagnostiziert.

Im Allgemeinen gilt die Annahme, dass vor der Herniation der Bandscheibe eine Degeneration einsetzt (Bray und Burbidge 1998a, Hansen 1951). In der Bewertung der MRT-Aufnahmen zeigte sich, dass in der FFE-Sequenz die Struktur der Bandscheibe klarer zu bewerten ist als in der T2W, wo vor allem die Signalintensität des Nucleus pulposus und die Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus beurteilt wird. In der FFE-Sequenz können bereits kleine Veränderungen den Verdacht einer beginnenden Degeneration erbringen.



FFE-Sequenz

Bewertung „3“ (ggr. degenerative
Veränderungen)



T2W

Bewertung „2“ (normaler Befund
erwachsener Hund)

Abbildung 48: Bandscheibe C2-C3 des Patienten Nr. 17

Die FFE-Sequenz ist jedoch im Gegensatz zur T2W aufgrund des fehlenden 180°-Refokussierungspulses anfälliger für Suszeptibilitätsartefakte (Weishaupt et al. 2009). In oben eingefügter Abbildung ist ein solcher Artefakt zu sehen, ausgelöst durch den Chip, der an der linken Halsseite implantiert wurde.

Der Bandscheibenvorfall ist zu 2% die Ursache einer klinischen Symptomatik beim Hund (Bray und Burbidge 1998a). Der Dackel hat ein 12,6 fach erhöhtes Risiko an einem Bandscheibenvorfall zu erkranken, gefolgt vom Pekinesen mit einem 10,3, dem Beagle mit einem 6,4 und dem Cocker Spaniel mit einem 2,6 fach erhöhtem Risiko im Vergleich zu anderen Hunderassen (Goggin et al. 1970). Neben der Diagnosestellung ist für den Besitzer vor allem die Prognose essentiell. Für Hunde mit einem Schweregrad von 1-4 nach Sharp und Wheeler (2005) besteht nach einem chirurgischen Eingriff generell eine gute Prognose (Kazakos et al. 2005, Olby et al. 2003, McKee 2000b), zu genesen. Für den Schweregrad 5 besteht eine 50-60%-ige Chance die motorische Funktion wiederzuerlangen in den ersten 3 Monaten nach dem Vorfall (Olby et al. 2003, Scott und McKee 1999). Laitinen und Puerto (2005) zeigten mit ihrer retrospektiven Studie bei 46 Hunden mit einem Schweregrad 5, dass die Erfolgsrate bei Hunden, die ihre Tiefensensibilität innerhalb von 2 Wochen wieder-

erlangten bei 66,7% lag. Während sie bei den anderen Patienten nur 10% betrug. In vorliegender Studie wurden alle Patienten nach erfolgter chirurgischer Dekompression mit einem Schweregrad von 0 bis 3 entlassen. Von insgesamt 100 dokumentierten Patienten konnten 55 ohne Hilfe alleine laufen, wovon 7 (12,7%) keine neurologischen Defizite mehr aufwiesen. Im Durchschnitt verbesserte sich der neurologische Grad um einen Grad zwischen 1 und 40 Tagen Klinikaufenthalt. Bei einem Patienten zeigte sich in einer wiederholten MRT-Untersuchung eine intramedulläre Läsion von Th12 bis L6 und bestätigte den Verdacht einer Myelomalazie. Der Patient wurde mit einer infausten Prognose entlassen. Ungefähr 10% der Hunde mit einem abwesenden Tiefenschmerz entwickeln in den ersten 1-2 Wochen nach dem Vorfall das Syndrom einer aufsteigenden Myelomalazie (Olby et al. 2003, Scott und McKee 1999). Bei den Patienten mit einer konservativen Therapie konnten keine deutlichen Veränderungen des neurologischen Grades festgestellt werden. Levine et al. (2007) zeigte mit seiner Auswertung von 223 Patientendaten mit einem vermutlichen Bandscheibenvorfall, dass bei 54,4% mithilfe einer konservativen Therapie ein erfolgreicher Ausgang dokumentiert werden konnte. Lediglich bei 14,4% schlug diese Therapie fehl und führte entweder zur Euthanasie des Tieres oder machte eine chirurgische Intervention notwendig. Jedoch zeigten 30,9% der Patienten in den weiteren 3 bis 3 ½ Jahren Phasen von Hyperästhesie oder Ataxie. Nečas (1999) zeigte mit seinen erhobenen Daten, dass die Rückfallrate bei seinen 281 untersuchten Patienten 14,59% betrug (41 Fälle) zwischen 9 und 51 Monaten nach der chirurgischen Dekompression. Von diesen 41 Hunden entwickelten 14 Hunde eine Paraparese und 27 eine Paraplegie aufgrund eines erneuten Bandscheibenvorfalles einer anderen Bandscheibe. In vorliegender Studie konnten 74 Patientenbesitzer 14 bis 47 Monate nach erfolgter Therapie, konservativ bzw. chirurgisch, telefonisch nach dem derzeitigen Zustand befragt werden. 17,6% (n = 13) der Patienten zeigten eine wiederkehrende bzw. 4% (n = 3) eine bestehende Hyperästhesie. 14,9% (n = 11) wurden aufgrund einer erneuten Rückenproblematik euthanasiert. 56,8% (n = 42) der Patientenbesitzer gaben an keine Beeinträchtigung für ihren Hund im Alltag zu sehen. Obwohl 19 dieser Patienten eine Gangstörung zeigten, machte sich diese klinisch nicht bemerkbar. 16,2% (n = 12) der Hunde zeigten nach erfolgter Therapie weiterhin eine Gangstörung, die zu einer Beeinträchtigung im Alltag führte. 12,2% (n = 9) der Hunde sind aufgrund anderer Erkrankungen verstorben.

Um bereits vor dem chirurgischen Eingriff eine genauere Aussage über die Prognose zu treffen, untersuchte Ito et al. (2005) unter anderem das Rückenmark auf das Vorhandensein von hyperintensiven Arealen in der T2W und stellte fest, dass eine Hyperintensität des Rückenmarks mit einer schlechteren Prognose zum Wiedererlangen der Motorik in paraplegischen Hunden verbunden ist. Ensinger et al. (2010) kam ebenfalls zu dem Schluss, dass eine intramedulläre Hyperintensität in der T2W einen Anhaltspunkt für die Schwere der neurologischen Symptomatik und der Prognose liefert. In dieser Studie wurde gezeigt, dass sich alle Hunde, die keine hyperintensiven Areale im Rückenmark aufwiesen, um einen Schweregrad innerhalb 24 Stunden nach erfolgter Operation verbesserten. Des Weiteren konnte kein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Kompression des Rückenmarks und des neurologischen Grades festgestellt werden. Penning et al. (2006) und Boekhoff et al. (2012) konnten ebenfalls keine Verbindung zwischen dem Grad der Kompression und der klinischen Symptomatik erstellen und zeigten, dass die Kompression des Rückenmarks keinen Hinweis auf die mögliche Prognose liefert. Dem gegenüber steht die Untersuchung von Ryan et al. (2008), der in seiner Auswertung von 33 Patientendaten mit einem zervikalem Bandscheibenvorfall zeigte, dass ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Kompression des Rückenmarks und dem neurologischen Grad vor der Operation besteht. In vorliegender Studie konnte kein direkter Zusammenhang nachgewiesen werden. Zwar zeigte sich in der 1. und 3. Kategorie, dass mit Erhöhung des neurologischen Schweregrades die Kompression des Rückenmarks im Durchschnitt zunahm, jedoch im Einzelfall teils starke Schwankungen zu verzeichnen sind, die eine sichere Korrelation nicht gewährleistet. Penning et al. (2006) untersuchte zudem, ob es einen Zusammenhang zwischen der Dauer der neurologischen Defizite bzw. des akuten oder chronischen Beginns der Ausfälle und der präoperativ durchgeführten neurologischen Untersuchung besteht. Das Ergebnis fiel negativ aus und Ito et al. (2005) legte zudem dar, dass die Dauer oder der akute bzw. chronische Krankheitsverlauf keinen Einfluss auf den klinischen Ausgang nimmt. Dem gegenüber zeigte Ferreira et al. (2002) mit seiner Untersuchung einen Zusammenhang zwischen dem Krankheitsverlauf und dem klinischen Ausgang. Eine Vorbehandlung mit Glukokortikosteroiden erbrachte keine Verbesserung der Resultate (Boekhoff et al. 2012, Ensinger et al. 2010). Derzeit wird neben dem Tiefenschmerz für die Prognosestellung die Ausdehnung einer intramedullären Hyperintensität in der T2W als Anhaltspunkt angesehen (Levine et al. 2009, Ito et al. 2005).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Fast Field Echo gegenüber der T2 Gewichtung eine sensitivere Beurteilung der Struktur der Bandscheibe ermöglicht und frühzeitig degenerative Veränderungen dieser diagnostiziert werden können. Mit beiden MRT-Sequenzen kann ein Bandscheibenvorfall sicher lokalisiert werden. Die Kompression des Rückenmarks korreliert in beiden MRT-Sequenzen nicht mit dem neurologischen Grad. Die Röntgenuntersuchung dient in erster Linie zum Ausschluss von Differentialdiagnosen. Die laterolaterale Röntgenaufnahme ist gegenüber der ventrodorsalen Aufnahme besser geeignet, um einen Bandscheibenvorfall zu lokalisieren. Zur Therapie eines Bandscheibenvorfalles ist die chirurgische Intervention der konservativen Therapie vorzuziehen.

6. Zusammenfassung

Kunze, Katarina:

Vergleichende Beurteilung degenerativer Bandscheibenveränderungen in der Röntgen-diagnostik, der FFE-Sequenz und der T2 Gewichtung der Magnetresonanztomographie

In der vorliegenden Arbeit wurden die Unterlagen von 208 caninen Patienten retrospektiv ausgewertet, die zwischen 2010 und 2012 aufgrund einer Gangstörung oder eines Anfallsgeschehens in der Klinik für Kleintiere der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover vorstellig wurden. Es erfolgte zum einen die vergleichende Beurteilung zwischen den 2 Sequenzen der Magnetresonanztomographie (MRT) mit der Röntgenuntersuchung und zum anderen der Aufnahmen der Bandscheibe in der T2 Gewichtung (T2W) und dem Fast Field Echo (FFE) der Magnetresonanztomographie. Die Aufnahmen wurden jeweils geblindet durch zwei Diplomates des European College of Veterinary Neurology beurteilt. Empirische Beurteilungen wurden ebenfalls erhoben und gesondert für Patienten mit Bandscheibenvorfall dokumentiert.

Die Degeneration der Bandscheibe ist ein weitläufiger Themenkomplex beim Hund. Neben den physiologischen Alterungsprozessen kann es aufgrund von pathologischen Prozessen zu einer verfrühten Degeneration der Bandscheibe kommen. Die Magnetresonanztomographie ist derzeit das beste Diagnostikum zur Beurteilung der Bandscheibe in vivo. Zur Einteilung der Grade der Bandscheibendegeneration bedient man sich des Modells von Pfirrmann et al., das durch Bergknut et al. 2011 für den Hund validiert wurde. In der vorliegenden Arbeit wurde diese Einteilung zum großen Teil übernommen. Die Beurteilung der Bandscheibe erfolgte in den MRT-Sequenzen am transversalen Schnittbild der Bandscheibe. Für das Ausmaß der Degeneration wurde hinzugenommen, zu welchem Anteil die Bandscheibe Strukturveränderungen aufweist. Die Patienten wurden in 3 Kategorien eingeteilt. In der 1. Kategorie, der chondrodystrophen und brachycephalen Hunderassen, wurden 83 Patienten eingeschlossen, in der 2. Kategorie, der nicht chondrodystrophen und brachycephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht kleiner als 25 kg, insgesamt 86 Patienten. In der 3.

Kategorie, der nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht gleich oder größer 25 kg, wurden 39 Patienten erfasst.

Zur Bewertung der laterolateralen Röntgenaufnahmen erfolgte die Beurteilung, ob eine Verkalkung im Wirbelkanal und/oder zwischen den Wirbelkörpern zu erkennen ist, ein Wirbelengstand besteht oder eine Spondylose vorlag. Vergleichend wurde jeweils in den 2 MRT-Sequenzen beurteilt, ob ein normaler Befund der Bandscheibe oder eine Degeneration dieser bzw. ein Bandscheibenvorfall besteht. Mithilfe der Magnetresonanztomographie konnten 198 Bandscheibenvorfälle diagnostiziert werden. Bei lediglich 28,8% der Vorfälle konnte in der Röntgenuntersuchung ein Wirbelengstand befundet werden. Bei 31 Zwischenwirbelbereichen zeigte sich vorgefallenes kalzifiziertes Bandscheibenmaterial im Wirbelkanal in der Röntgenuntersuchung. Von diesen bestätigte sich bei 16 der Verdacht eines Hansen Typ I in den MRT-Aufnahmen. Beim Vergleich der laterolateralen Röntgenaufnahmen mit den ventrodorsalen zeigte sich, dass eine starke Diskrepanz herrscht und die laterolaterale Aufnahme der ventrodorsalen vorzuziehen ist. Die Röntgenuntersuchung ist für sich allein ein inadäquates Mittel, um einen Bandscheibenvorfall sicher zu lokalisieren.

Beim Vergleich der 2 MRT-Sequenzen zur Beurteilung der Bandscheibe zeigte sich ein signifikanter Unterschied in allen 3 Kategorien. In der T2W wurde die Bandscheibe durchschnittlich höher bewertet, wenn eine Degeneration der Bandscheibe in beiden Sequenzen zu erkennen war, und zeigte somit eine deutlichere Degeneration. Der gewichtete Kappa-Koeffizient legte dar, dass die Bewertung zwischen den beiden Sequenzen meist um einen Grad abwich. Eine hohe Diskrepanz herrschte bei der Beurteilung auf das Vorliegen von geringgradig degenerativen Veränderungen der Bandscheibe oder eines normalen Befundes der Bandscheibe. Es zeigte sich, dass in der FFE-Sequenz die Struktur der Bandscheibe eindeutiger zu bewerten ist als in der T2W. In der T2W erfolgt die Beurteilung im Hinblick auf die Signalintensität des Nucleus pulposus und die Abgrenzung zwischen Anulus fibrosus und Nucleus pulposus. In der FFE-Sequenz können bereits kleine Veränderungen den Verdacht einer beginnenden Degeneration erbringen. Die FFE-Sequenz ist jedoch im Gegensatz zur T2W aufgrund des fehlenden 180°-Refokussierungspulses anfälliger für Suszeptibilitätsartefakte. Obwohl eine Diskrepanz bei der Beurteilung der

Bandscheibe per se bestand, war die Anzahl der diagnostizierten Bandscheibenvorfälle zwischen den beiden MRT-Sequenzen übereinstimmend. Beide Sequenzen können daher zur Diagnosestellung von Bandscheibenvorfällen empfohlen werden.

Bei 154 von 208 Patienten wurden als Ursache der neurologischen Symptomatik Bandscheibenvorfälle diagnostiziert. Die Patienten wurden ebenfalls in die 3 beschriebenen Kategorien unterteilt. Von den insgesamt 208 vorgefallenen Bandscheiben befanden sich 16,3% in der Halswirbelsäule und 83,7% in der Brust-Lendenwirbelsäule.

Die Mehrzahl der thorakolumbalen Bandscheibenvorfälle befand sich in allen 3 Kategorien im Bereich des 11. Brustwirbels (Th) bis zum 2. Lendenwirbel (L). In der 1. Kategorie, der chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen, lagen 48,8% der Bandscheibenvorfälle in den Bereich Th12-L1. In der 2. Kategorie lag der Peak bei der Bandscheibe Th12-Th13. Bei den großen Hunderassen der 3. Kategorie zeigte sich, dass die Bandscheibe Th12-Th13 genauso häufig betroffen war wie die Bandscheibe Th13-L1. Die zervikalen Bandscheibenvorfälle der leichteren Hunderassen (2. Kategorie) befanden sich vor allem im Bereich des 2. Halswirbels (C) bis zum 5. Halswirbel mit der Mehrzahl bei C4-C5. In der 3. Kategorie, der nicht chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen mit einem Körpergewicht höher oder gleich 25 kg, waren nur 3 zervikale Bandscheiben vorgefallen, die sich in den Zwischenwirbelbereichen von C5 bis C7 befanden. Bei den chondrodystrophen und brachyzephalen Hunderassen waren alle Zwischenwirbelbereiche von C2 bis C7 betroffen. Bei 77 Bandscheiben wurde ein Hansen Typ II diagnostiziert, wovon 66% sich zwischen den Bandscheiben Th12 und L3 befanden. Nach chirurgischer Dekompression verbesserte sich der neurologische Grad um einen Grad innerhalb von 1 bis 40 Tagen. Von insgesamt 100 dokumentierten Patienten konnten 55 ohne Hilfe alleine laufen, wovon 7 (12,7%) keine neurologischen Defizite mehr aufwiesen. In der vorliegenden Studie konnten 74 Patientenbesitzer 14 bis 47 Monate nach erfolgter konservativer oder chirurgischer Therapie telefonisch nach dem derzeitigen Zustand befragt werden. 17,6% der Patienten zeigten eine wiederkehrende bzw. 4% eine bestehende Hyperästhesie. 14,9% wurden aufgrund erneuter Symptome von Rückenschmerzen und/oder Lähmungen euthanasiert. 56,8% der Patientenbesitzer gaben an, keine Beeinträchtigung für ihren Hund im Alltag zu sehen. 16,2% der Hunde zeigten nach erfolgter Therapie weiterhin eine Gangstörung, die zu einer

Beeinträchtigung im Alltag führte. 12,2% der Hunde sind aufgrund anderer Erkrankungen verstorben.

In vorliegender Studie konnte gezeigt werden, dass zur Früherkennung einer Bandscheibendegeneration die FFE-Sequenz von Vorteil ist, da bereits kleine Veränderungen zu erkennen sind. Bei der Beurteilung dieser ist stets darauf zu achten, dass nicht jede Degeneration zu einer Herniation führen muss. Diese Sequenz bietet die Möglichkeit einer genauen Beurteilung des Zustandes der Bandscheibe.

7. Summary

Kunze, Katarina:

Comparison of the degree of canine intervertebral disc degeneration in radiological examination, in T2 weighted images and Fast Field Echo (FFE) sequence of magnetic resonance imaging

In the current study medical records of 208 dogs presented with ataxia respectively paraparesis/paraplegia or seizures (control group) between 2010 and 2012 at the Small Animal Hospital of the University of Veterinary Medicine Hannover were reviewed. The aim of the study was the comparison of the structure of the intervertebral disc in radiological examination with two sequences of magnetic resonance imaging (MRI), T2 weighted images and Fast Field Echo (FFE) sequence. X-rays and MR images were evaluated by 2 Diplomates of the European College of Veterinary Neurology blinded to signalement and clinical data. Additionally empirical data were noted.

Degeneration of the intervertebral disc may be caused by physiological aging and pathological changes. MRI is currently the best technique to investigate intervertebral disc disease *in vivo*. The extent of intervertebral disc degeneration was graded by use of the Pfirrmann classification system evaluated for the dog by Bergknut et al. 2011. To evaluate intervertebral discs in MRI sequences transverse plane were used. For the extent of intervertebral disc degeneration the degree of visible structural changes was added. The patients were divided into three categories. The first category with 83 patients included brachycephalic and chondrodystrophic breeds. In the second and third category all non-chondrodystrophic and non-brachycephalic breeds were summarised, in the second category (86 patients) with a body weight under 25 kg and in the third category (39 patients) the body weight was greater or equal 25 kg.

Radiographs were evaluated as follows: presence of calcification in the intervertebral foramen and/or calcified intervertebral disc, narrowed intervertebral space and spondylosis. In addition to these findings MR images were assessed for any other signs of degeneration or herniation

of intervertebral discs. Evaluating MRIs 198 disc herniations were diagnosed. In only 28.8 % of these herniations narrowing of the intervertebral disc space was identified in the radiographic examination. Calcification within the spinal canal was present in radiographs in 31 cases. Comparison between lateral and ventrodorsal radiographs revealed that the lateral views are much more informative to evaluate intervertebral disc diseases. The radiographic examination alone is inadequate for localization of intervertebral disc herniation.

Statistically significant differences were founded between the three categories of dog breeds evaluating the different MRI sequences. In T2 weighted images signs of disc degeneration were graded on average higher than in the FFE-sequence. The weighted Kappa coefficient revealed a high discrepancy for the evaluation of low grade disc degeneration and the presence of a healthy disc. In contrast, the structure of the intervertebral disc could be better evaluated in the FFE-sequence than in T2 weighted images. In T2 weighted images the intervertebral disc was assessed by the signal intensity of nucleus pulposus and the distinction between nucleus pulposus und anulus fibrosus. Such difference was better visible in the FFE-sequence. However, the FFE-sequence was vulnerable to susceptibility artefacts because of the absence of the 180° refocusing pulse. Although there was a discrepancy of the intervertebral disc evaluation per se, the two sequences revealed the same numbers of diagnosed intervertebral disc herniations. Both sequences could be recommended to be used to diagnose an intervertebral disc herniation.

In 154 of the described 208 patients a disc herniation caused neurological signs. 16.3% of the disc herniations were located in the cervical region and 83.7% in the thoracolumbar region. In the first category of dogs 48.8% of the herniations were located between T12 to L1. In the second category the most affected disc space was T12-T13. In large breed dogs the most affected herniated disc was located at T12-T13 and T13-L1. Seventy-seven discs were not herniated, but protruded, 66% located between T12 and L3. The degree of neurological deficits improved for one degree after surgery within 1 to 40 days. Fifty-five from 100 recorded patients could walk without help after surgery, from which 7 (12.7%) had no neurological deficits. In this study 74 owners were questioned by telephone about the current situation of their dogs after conservative therapy or surgery. The questioning was performed

14 to 47 months after treatment. 17.6% of the patients showed recurring and 4% continuous spinal pain. 14.9% were euthanized because of recurrence of spinal pain, paraparesis and/or paraplegia. 56.8% of the owners considered the quality of life of their dogs as excellent. 16.2% of the patients had further gait disorders after treatment with inconveniences in daily activities. 12.2% of the patients died because of other diseases.

The present study demonstrated that using FFE sequence structural changes of the intervertebral disc can be better shown than in T2 weighted images offering the possibility to evaluate early pathologic changes of the intervertebral disc for future genetic or pathogenesis studies.

8. Literaturverzeichnis

William H. Adams, DVM, Gregory B. Daniel, DVM, MS, Anthony D. Pardo, DVM, MS, Robert R. Selcer, DVM, MS (1995):

„Magnetic resonance imaging of the caudal lumbar and lumbosacral spine in 13 dogs (1990-1993)“
Veterinary Radiology & Ultrasound 36: 3-13

Charles C. Allison (1961):

„The Intervertebral Disc Syndrome of the dog“
Canadian Journal of Comparative Medicine and Veterinary Science 25, 179-183

Danika Bannasch, Amy Young, Jeffrey Myers, Katarina Truvé, Peter Dickinson, Jeffrey Gregg, Ryan Davis, Eric Bongcam-Rudloff, Matthew T. Webster, Kerstin Lindblad-Toh, Niels Pedersen (2010):

„Localization of canine brachycephaly using an across breed mapping approach“
Plos One 5 (3), e9632: 1-9

Niklas Bergknut, Edoardo Auriemma, Saffiera Wijsman, George Voorhout, Ragnvi Hagman, Anne-Sofie Lagerstedt, Herman A. W. Hazewinkel, Björn P. Meij (2011a):

„Evaluation of intervertebral disk degeneration in chondrodystrophic and nonchondrodystrophic dogs by use of Pfirrmann grading of images obtained with low-field magnetic resonance imaging“
American Journal of Veterinary Research 72, 893–898

Niklas Bergknut, Guy Grinwis, Emile Pickee, Edoardo Auriemma, Anne-Sofie Lagerstedt, Ragnvi Hagman, Herman A.W. Hazewinkel, Björn P. Meij (2011b)

„Reliability of macroscopic grading of intervertebral disk degeneration in dogs by use of the Thompson system and comparison with low-field magnetic resonance imaging findings“
American Journal of Veterinary Research 72, 899-904

Niklas Bergknut, Agneta Egenvall, Ragnvi Hagman, Pia Gustås, Herman A. W. Hazewinkel, Björn P. Meij, Anne-Sofie Lagerstedt (2012a):

„Incidence of intervertebral disk degeneration–related diseases and associated mortality rates in dogs“
Journal of American Veterinary Medical Association, 240,1300–1309

Niklas Bergknut, Lucas A. Smolders, Guy C.M. Grinwis, Ragnvi Hagman, Anne-Sofie Lagerstedt, Herman A.W. Hazewinkel, Marianna A. Tryfonidou, Björn P. Meij (2012b):

„ Intervertebral disc degeneration in the dog. Part 1: Anatomy and physiology of the intervertebral disc and characteristics of intervertebral disc degeneration“

The Veterinary Journal 195 (3), 282-291

N. Bergknut, B.P. Meij, R. Hagman, K.S. De Nies, J.P. Rutges, L.A. Smolders, L.B. Creemers, A.S. Lagerstedt, H.A.W. Hazewinkel, G.C.M. Grinwis (2012c):

„Intervertebral disc disease in dogs – Part 1: A new histological grading scheme for classification of intervertebral disc degeneration in dogs“

The Veterinary Journal 195 (2), 156-163

Omer Besalti, Ahmet Ozak, Zeynep Pekcan, Sait Tong, Salih Eminaga, Tugra Tacal (2005):

„The role of extruded disk material in thoracolumbar intervertebral disk disease: A retrospective study in 40 dogs“

The Canadian Veterinary Journal 46: 814–820

Omer Besalti, Zeynep Pekcan, Y. Sinan Sirin, Gonca Erbas (2006):

„Magnetic resonance imaging findings in dogs with thoracolumbar intervertebral disk disease: 69 cases (1997-2005)“

Journal of the American Veterinary Medical Association 228 (6), 902-908

Bloch F, Hanson W, Packard M. (1946):

„Nuclear infraction.“

Physical Review 69: 127.

Theda M. Boekhoff, Cornelia Flieshardt, Eva-Maria Ensinger, Melani Fork, Sabine Kramer, Andrea Tipold (2012):

„Quantitative magnetic resonance imaging characteristics, Evaluation of prognostic value in the dog as a translational model for spinal cord injury“

Journal of Spinal Disorders & Techniques 25, 81-87

K.G. Braund (2003):

„Clinical Neurology in Small Animals – Localization, Diagnosis and Treatment“

International Veterinary Information Service, Ithaca, New York, USA, 2. Auflage, Kapitel Neuroimaging, 338-345

K.G. Braund, P. Ghosh and T.K.F. Taylor, L.H. Larsen (1975):

„Morphological studies of the canine intervertebral disc. The assignment of the beagle to the achondroplastic classification“

Veterinary Science 19, 167-172

K.G. Braund, T.K.F. Taylor and P. Ghosh, A.A. Sherwood (1977):

„Spinal mobility in the dog. A study in chondrodystrophoid and non-chondrodystrophoid animals“
Veterinary Science 22, 78-82

Jonathan P. Bray, Hilary M. Burbidge (1998a):

„The Canine Intervertebral Disk, Part One: Structure and Function“
Journal of the American Animal Hospital Association 34, 55–63

Jonathan P. Bray, Hilary M. Burbidge (1998b):

„The Canine Intervertebral Disk, Part Two: Degenerative changes – nonchondrodystrophoid versus chondrodystrophoid disks“
Journal of the American Animal Hospital Association 34, 135–144

Brisson, B.A. (2010):

„Intervertebral disc disease in dogs“
Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice 40, 829-858

P. Carnier, L. Gallo, E. Sturaro, P. Piccinini and G. Bittante (2004):

„Prevalence of spondylosis deformans and estimates of genetic parameters for the degree of osteophytes development in Italian Boxer dogs“
Journal of Animal Science 82, 85-92

John A. Carrino and William B. Morrison (2003):

„Imaging of lumbar degenerative disc disease“
Spine Surgery 15 (4), 361-383

Karen L. Cherrone, Curtis W. Dewey, Joan R. Coates, Robert L. Bergman (2004):

„A retrospective comparison of cervical intervertebral disk disease in nonchondrodystrophic large dogs versus small dogs“
Journal of the American Animal Hospital Association 40, 316-320

Coates JR (2000):

„Intervertebral disk disease.“
Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice 30, 77-110

Ronaldo C. Da Costa, Valerie F. Samii (2010):

„Advanced imaging of the spine in small animals“
Vet Clin Small Anim 40, 765–790

Cudia SP, Duval JM. (1997):

„Thoracolumbar intervertebral disk disease in large, nonchondrodystrophic dogs: a retrospective study.“
Journal of the American Animal Hospital Association 33, 456–60.

Ruth Dennis (2011):

„Optimal magnetic resonance imaging of the spine“
Veterinary Radiology & Ultrasound 52 (1), 72–80

R. Dennis (1987):

„Radiographic examination of the canine spine“
The Veterinary Record 121, 31-35

Ian Elliott, Geoff Skerritt (2010):

„Handbook of Small Animal MRI“
1. Auflage, Wiley-Blackwell, Oxford, United Kingdom, 3-5

Eva-Maria Ensinger, Cornelia Flieshardt, Theda M. Boekhoff, Melani Fork, Sabine Kramer, Andrea Tipold
(2010):

„Magnetresonanztomographische Befunde des Myelons bei 34 Hunden mit zervikalem Bandscheibenvorfall:
Gibt es Hinweise auf die Prognose?“
Kleintierpraxis 55 (10), 537-546

A.J.A. Ferreira, J.H.D. Correia, A. Jaggy (2002):

„Thoracolumbar disc disease in 71 paraplegic dogs: influence of rate of onset and duration of clinical signs on
treatment results“
Journal of Small Animal Practice 43, 158-163

Michael Forsting, Detlev Uhlenbrock, Isabel Wanke (2009):

„MRT der Wirbelsäule und des Spinalkanals“
2. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart, Deutschland, 12-15

W.B. Forsythe and N.G. Ghoshal (1984):

„Innervation of the canine thoracolumbar vertebral column“
The Anatomical Record 208, 57-63

Tal Geva (2006):

„Magnetic Resonance Imaging: Historical Perspective“
Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance 8, 573–580

P.Ghosh, T.K.F. Taylor, K.G. Braund and L.H. Larsen (1976):

„A comparative chemical and histochemical study of the chondrodystrophoid and nonchondrodystrophoid canine intervertebral disc“

Veterinary Pathology 13, 414-427

I. Gielen, A. Van Caelenberg, H. Van Bree (2012):

„Clinical applications of computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) in small animals“

European Journal of Companion small animal practice 22 (4), 84-103

Goggin JE, Li AS, Franti CE (1970):

„Canine intervertebral disk disease: characterization by age, sex, breed, and anatomic site of involvement“

American Journal of Veterinary Research 31, 1687–92

John F. Griffin, Jonathan M. Levine, Sharon C. Kerwin (2009):

„Canine thoracolumbar intervertebral disc disease: Pathophysiology, Neurologic examination and Emergency medical therapy“

Comp Cont Educ Pract 31 (3), E1-13

Griffith JF, Wang YX, Antonio GE, Choi KC, Yu A, Ahuja AT, Leung PC (2007):

„Modified Pfirrmann grading system for lumbar intervertebral disc degeneration.“

Spine 32 (24), 708-712

Gödde, T. u. A. Jaggy (1993):

„Thorakolumbaler Bandscheibenvorfall beim Dackel (Diagnose und Therapie).“

Der praktische Tierarzt 7, 653-663

U. Grouven, R. Bender, A. Ziegler, S. Lange (2007):

„Der Kappa-Koeffizient – Artikel Nr. 23 der Statistik-Serie in der DMW“

Deutsche Medizinische Wochenschrift 132, 65-68

Hans-Jörgen Hansen (1951):

„A pathologic-anatomical interpretation of disc degeneration in dogs“

Acta Orthopaedica Scandinavica 20, 280-293

Silke Hecht, William H. Adams (2010):

„MRI of brain disease in veterinary patients Part 1 : Basic principles and congenital brain disorders“

Vet Clin Small Anim 40, 21-38

- D. Henke, M. Vandeveld, M.G. Doherr, M.Stöckli, F. Forterre (2013):
„Correlations between severity of clinical signs and histopathological changes in 60 dogs with spinal cord injury associated with acute thoracolumbar intervertebral disc disease“
The Veterinary Journal 198, 70–75
- S. Holm, A. Maroudas, J.P.G. Urban, G. Selstam and A. Nachemson (1981):
„Nutrition of the intervertebral disc: solute transport and metabolism“
Connective Tissue Research 8, 101-119
- Sarah K. Israel, Jonathan M. Levine, Sharon C. Kerwin, Gwendolyn J. Levine, Geoffrey T. Fosgate (2009):
„The relative sensitivity of computed tomography and myelography for identification of thoracolumbar intervertebral disk herniations in dogs“
Veterinary Radiology & Ultrasound 50 (3), 247-252
- Daisuke Ito, Satoru Matsunaga, Nick D. Jeffery, Nobuo Sasaki, Ryohei Nishimura, Manabu Mochizuki, Mihoko Kasahara, Reina Fujiwara, Hiroyuki Ogawa (2005):
„Prognostic value of magnetic resonance imaging in dogs with paraplegia caused by thoracolumbar intervertebral disk extrusion: 77 cases (2000-2003)“
Journal of the American Veterinary Medical Association 227 (9), 1454-1460
- N.D. Jeffery, J.M. Levine, N.J. Olby and V.M. Stein (2013):
„Intervertebral disk degeneration in dogs: consequences, diagnosis, treatment, and future directions“
Journal of Veterinary Internal Medicine 27 (6), 1318-1333
- Vibeke F. Jensen, Jens Arnbjerg (2001):
„Development of intervertebral disk calcification in the Dachshund: a prospective longitudinal radiographic study“
Journal of the American Animal Hospital Association 37, 274-282
- Vibeke F. Jensen, Sarah Beck, Knud A. Christensen, Jens Arnbjerg (2008):
„Quantification of the association between intervertebral disk calcification and disk herniation in Dachshunds“
Journal of the American Veterinary Medical Association 233, 1090-1095
- Vibeke F. Jensen, K.A. Christensen (2000):
„Inheritance of disc calcification in the Dachshund“
Journal of Veterinary Medicine 47, 331-340

Vibeke F. Jensen, A.K. Ersboll (1999):

„Mechanical factors affecting the occurrence of intervertebral disc calcification in the Dachshund – a population study“

Journal of Veterinary Internal Medicine 47, 283-296

T. Kahn, U. Quäschling, V. Engelbrecht (2004):

„MRT-Diagnostik von degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule“

Der Radiologe 44, 789-800

G. Kazakos, Z.S. Polizopoulou, M.N. Patsikas, G. Tsimopoulos, N. Roubies, A. Dessiris (2005):

„Duration and severity of clinical signs as prognostic indicators in 30 dogs with thoracolumbar disk disease after surgical decompression“

Journal of Veterinary Medicine 52, 147-152

Robert M. Kirberger, Cornelis J. Roos, Anton M. Lubbe (1992):

„The radiological diagnosis of thoracolumbar disc disease in the dachshund“

Veterinary Radiology & Ultrasound 33 (5), 255-261

Hendrik-Jan C. Kranenburg, George Voorhout, Guy C.M. Grinwis, Herman A.W. Hazewinkel, Björn P. Meij (2011):

„Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH) and spondylosis deformans in purebred dogs: A retrospective radiographic study“

The Veterinary Journal 190, 84-90

Hendrik-Jan C. Kranenburg, Guy C.M. Grinwis, Niklas Bergknut, Ninke Gahrman, George Voorhout, Herman A.W. Hazewinkel, Björn P. Meij (2013):

„Intervertebral disc disease in dogs – Part 2: Comparison of clinical, magnetic resonance imaging, and histological findings in 74 surgically treated dogs“

The Veterinary Journal 195, 164-171

K. Kuroki, C.L. Vitale, S.C. Essman, P. Pithua, J.R. Coates (2013):

„Computed tomographic and histological findings of Hansen type I intervertebral disc herniation in dogs“

Vet Comp Orthop Traumatol 5, 379-384

Outi M. Laitinen and David A. Puerto (2005):

„Surgical decompression in dogs with thoracolumbar intervertebral disc disease and loss of deep pain perception: A retrospective study of 46 cases“

Acta vet. Scand. 46, 79-85

C.R. Lamb, A. Nicholls, M. Targett, P. Mannion (2002):

„Accuracy of survey radiographic diagnosis of intervertebral disc protrusion in dogs“

Veterinary Radiology & Ultrasound 43 (3), 222-228

M. Langeland, F. Lingaas (1995):

„Spondylosis deformans in the Boxer: Estimates of heritability“

Journal of Small Animal Practice 36, 166-169

A. Lappalainen, M. Norrgard, K. Alm, M. Snellman and O. Laitinen (2001):

„Calcification of the intervertebral discs and curvature of the radius and ulna: A radiographic survey of Finnish Miniature Dachshunds“

Acta Veterinaria Scandinavica 42, 229-236

Gwendolyn J. Levine; Jonathan M. Levine; Michael A. Walker, Roy R. Pool; Geoffrey T. Fosgate (2006a):

„Evaluation of the association between spondylosis deformans and clinical signs of intervertebral disk disease in dogs: 172 cases (1999-2000)“

Journal of the American Veterinary Medical Association 228, 96-100

Jonathan M. Levine, Gwendolyn J. Levine, Sharon C. Kerwin, Bianca F. Hettlich, Geoffrey T. Fosgate (2006b):

„Association between various physical factors and acute thoracolumbar intervertebral disk extrusion or protrusion in Dachshunds“

Journal of the American Veterinary Medical Association 229, 370-375

Jonathan M. Levine, Gwendolyn J. Levine, Scott I. Johnson, Sharon C. Kerwin, Bianca F. Hettlich, Geoffrey T. Fosgate (2007):

„Evaluation of the Success of Medical Management for Presumptive Thoracolumbar Intervertebral Disk Herniation in Dogs“

Veterinary Surgery 36, 482-491

J.M. Levine, G.T. Fosgate, A.V. Chen, R. Rushing, P.P. Nghiem, S.R. Platt, R.S. Bagley, M. Kent, D.G. Hicks, B.D. Young, S.J. Schatzberg (2009):

„Magnetic resonance imaging in dogs with neurologic impairment due to acute thoracic and lumbar intervertebral disk herniation“

Journal of Veterinary Internal Medicine 23, 1220-1226

Robine E. Levitski, DVM, David Lipsitz, DVM, Anne E. Chauvet, DVM (1999):

„Magnetic resonance imaging of the cervical spine in 27 dogs“

Veterinary Radiology & Ultrasound 40 (4), 332-341

C. Macias, W.M. McKee, C. May, J.F. Innes (2002):

„Thoracolumbar disc disease in large dogs: a study of 99 cases“

Journal of Small Animal Practice 43, 439-446

Joseph M. Mankin, Silke Hecht, William B. Thomas (2012):

„Agreement between T2 and Haste sequences in the evaluation of thoracolumbar intervertebral disc disease in dogs“

Veterinary Radiology & Ultrasound 53 (2), 162-166

Malcolm McKee (2000a):

„Intervertebral disc disease in the dog 1. Pathophysiology and diagnosis“

In Practice 22 (7), 355-368

Malcolm McKee (2000b):

„Intervertebral disc disease in the dog 2. Management options“

In Practice 22 (8), 458-471

Takayoshi Miyabayashi (2001):

„Pathophysiology and diagnosis of intervertebral disk degeneration“

TNAVC Ausgabe 17. Januar, 28-31

Michael T. Modic, Thomas J. Masaryk, Jeffrey S. Ross, John R. Carter (1988):

„Imaging of degenerative disk disease.“

Radiology 168 (1), 177-86.

Mette Sloth Mogensen, Peter Karlskov-Mortensen, Helle Friis Proschowsky, Frode Lingaas, Anu Lappalainen, Hannes Lohi, Vibeke Frokjaer Jensen and Merete Fredholm (2011):

„Genome-wide association study in dachshund: Identification of a major locus affecting intervertebral disc calcification“

Journal of Heredity 102 (1), 81-86

Joe P. Morgan, G. Ljunggren, Rosemary Read (1967):

„Spondylosis deformans (vertebral osteophytosis) in the dog, a radiographic study from England, Sweden and USA“

Journal of Small Animal Practice 8, 57-66

Joe P. Morgan, Takayoshi Miyabayashi (1988):

„Degenerative changes in the vertebral column of the dog“

Veterinary Radiology 29 (2), 72-77

Joe P. Morgan, D.V.M., M.S., Vet.med.Dr. (1967):

„Spondylosis deformans in the dog: its radiographic appearance“

Journal of the American Veterinary Radiology Society 8, 17-22

A. Nečas (1999):

„Clinical aspects of surgical treatment of thoracolumbar disc disease in dogs. A retrospective study of 300 cases.“

Acta Vet Brno 68, 121-130

Charles D. Newton, David M. Nunamaker (1985):

„Textbook of small animal orthopaedics“

J.B. Lippincott Company, Philadelphia, Kapitel 61

Natasha J. Olby, Karen R. Munana, Nicholas J.H. Sharp, Donald E. Thrall (2000):

„The computed tomographic appearance of acute thoracolumbar intervertebral disc herniations in dogs“

Veterinary Radiology & Ultrasound 41 (5), 396-402

Olby, N.J., Harris, T., Muñana, K., et al. (2003):

„Longterm functional outcome of dogs with severe thoracolumbar spinal cord injuries“

Journal of the American Veterinary Medical Association 222, 762-769

Heidi G. Parker, Bridgett M. VonHoldt, Pascale Quignon, Elliot H. Margulies, Stephanie Shao, Dana S. Mosher, Tyrone C. Spady, Abdel Elkahoun, Michele Cargill, Paul G. Jones, Chery L. Maslen, Gregory M. Acland, Nathan B. Sutter, Keiichi Kuroki, Carlos D. Bustamante, Robert K. Wayne and Elaine A. Ostrander (2009):

„An expressed Fgf 4 retrogene is associated with breed-defining chondrodysplasia in domestic dogs“

Science 325, 995-998

V. Penning, S.R. Platt, R. Dennis, R. Cappello, V. Adams (2006):

„Association of spinal cord compression seen on magnetic resonance imaging with clinical outcome in 67 dogs with thoracolumbar intervertebral disc extrusion“

Journal of Small Animal Practice 47, 644-650

Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. (2001):

„Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration“

Spine 26 (17), 1873-1878

Simon R. Platt and Natasha J. Olby (2004):

„BSAVA Manual of Canine and Feline Neurology“

British Small Animal Veterinary Association, England, Third Edition, 24-34, 79-80

Priester WA. (1976):

„Canine intervertebral disc disease - occurrence by age, breed, and sex among 8,117 cases.“ *Theriogenology* 6, 293–303.

Purcell E, Torrey H, Pound R. (1946):

„Resonance absorption by nuclear magnetic moments in a solid.“

Phys Rev 69, 37–8.

Oscar Ramirez III, DVM, Donald E. Thrall, DVM, PhD (1998):

„A review of imaging techniques for canine cauda equina syndrome“

Veterinary Radiology & Ultrasound 39 (4), 283-296

Ian Robertson, Donald E. Thrall (2011):

„Imaging dogs with suspected disc herniation: Pros and Cons of myelography, computed tomography, and magnetic resonance“

Veterinary Radiology & Ultrasound 52 (1), 81-84

C. Rohdin, J. Jeserevic, R. Viitmaa, S. Cizinauskas (2010):

„Prevalence of radiographic detectable intervertebral disc calcifications in Dachshunds surgically treated for disc extrusion“

Acta Veterinaria Scandinavica 22 (3), 11-18

T. M. Ryan, S. R. Platt, F. J. Llabres-Diaz, J. F. McConnell, V. J. Adams (2008):

„Detection of spinal cord compression in dogs with cervical intervertebral disc disease by magnetic resonance imaging“

Veterinary Record 163, 11-15

Stefan Schmidt, Jörg Kappes, Martin Bergtholdt, Vladimir Pekar, Sebastian Dries, Daniel Bystrov and Christoph Schnörr (2007)

„Spine detection and labeling using a parts-based graphical model“

In Karssemeijer, N.; Lelieveldt, B. (eds.) *IPMI 2007, LNCS*, vol. 4584, p. 122-133

Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Bertram Schnörr und Monika Kressin (2006):

„Embryologie der Haustiere“

5. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart, S. 59-61

S. Schroeder, K.Lackner (1980):

„Computertomographische Untersuchung der Lendenwirbelsäule“

Z. Orthop. 118, 147-153

H.W. Scott (1997):

„Hemilaminectomy for the treatment of thoracolumbar disc disease in the dog: A follow-up study of 40 cases“

Journal of Small Animal Practice 38 (11), 488-494

H.W. Scott, W.M. McKee (1999):

„Laminectomy for 34 dogs with thoracolumbar intervertebral disc disease and loss of deep pain perception“

Journal of Small Animal Practice 40 (9), 417-422

Seiler GS, Häni H, Scheidegger J, Busato A, Lang J. (2003):

„Staging of lumbar intervertebral disc degeneration in nonchondrodystrophic dogs using lowfield magnetic resonance imaging“

Veterinary Radiology & Ultrasound 44 (2), 179-184

Sharp NJH, Wheeler SJ (2005):

„Small animal spinal disorders.“

Elsevier Mosby, 2nd ed., Edinburgh, London, 81-135

Lucas A. Smolders, Niklas Bergknut, Guy C.M. Grinwis, Ragnvi Hagman, Anne-Sofie Lagerstedt, Herman A.W. Hazewinkel, Marianna A. Tryfonidou, Björn P. Meij (2012):

„Intervertebral disc degeneration in the dog. Part 2 : Chondrodystrophic and non-chondrodystrophic breeds“

The Veterinary Journal 195 (3), 292-299

Ø.Stigen (1991):

„Calcification of intervertebral discs in the Dachshund: A radiographic Study of 327 young dogs“

Acta Veterinaria Scandinavica 32, 197-203

Ø.Stigen and K. Christensen (1993):

„Calcification of intervertebral discs in the Dachshund: an estimation of heritability“

Acta Veterinaria Scandinavica 34, 357-361

Ø.Stigen (1996):

„Calcification of intervertebral discs in the Dachshund: A radiographic study of 115 dogs at 1 and 5 years of age“

Acta Veterinaria Scandinavica 37, 229-237

Øyvind Stigen and Øyvor Kolbjørnsen (2007):

„Calcification of intervertebral discs in the dachshund: a radiographic and histopathologic study of 20 dogs“
Acta Veterinaria Scandinavica 49, 1-7

Thompson JP, Pearce RH, Schechter MT, Adams ME, Tsang IKY, Bishop PB (1990):

„Preliminary evaluation of a scheme for grading the gross morphology of the human intervertebral disc“
Spine 15 (5), 411-415

Christine E. Thomson, Joe N. Kornegay, Robert A. Burn, Burton P. Drayer, Donald M. Hadley, Donald C. Levesque, Larry A. Gainsburg, Stephen B. Lane, Nicholas J.H. Sharp, Simon J. Wheeler (1993)

„Magnetic resonance imaging – a general overview of principles and examples in veterinary neurodiagnosis“
Veterinary Radiology & Ultrasound 34 (1), 2-17

Andrea Tipold, E. Tipold (1991):

„Computertomographische Untersuchungen des Zentralnervensystems bei Kleintieren“
Tierärztliche Praxis 19, 183-191

Jill P.G. Urban, PhD, and C. Peter Winlove, Dphil (2007):

„Pathophysiology of the intervertebral disc and the challenges for MRI“
Journal of magnetic resonance imaging 25, 419-432

Jeanette Verheijen and J. Bouw (1982):

„Canine intervertebral disc disease: A review of etiologic and predisposing factors“
The Veterinary Quarterly 4 (3), 125-134

Weishaupt, Koechli, Marincek (2009)

„Wie funktioniert MRI?“

6. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg, 1-2, 46-48, 126

Mark L. Winkler, MD; Douglas A. Ortendahl, PhD; Timothy C. Mills, PhD; Lawrence E. Crooks, PhD; Philip E. Sheldon, MS; Leon Kaufman, PhD; David M. Kramer, PhD (1988):

„Characteristics of partial flip angle and gradient reversal MR Imaging“
Radiology 166, 17-26

Leo J. Wolansky, Dipti D. Parikh, Kartik J. Shah, Raj Yalamanchili, Jeffery Farkas (2005):

„Magnetic resonance imaging protocols for cervical disc disease: What is your neighbor up to?“
J Neuroimaging 15, 183-187

Y. Zhalniarovich, Z. Adamiak, A. Pomianowski, M. Jaskolska (2013):

„Most commonly used sequences and clinical protocols for brain and spine magnetic resonance imaging allowing better identification of pathological changes in dogs“

Polish Journal of Veterinary Sciences 16 (1), 157-163