

Röntgenmorphometrie und Myelographie der kaninen Lendenwirbelsäule
im Hinblick auf die Darstellbarkeit definierter ventrolateraler epiduraler
Raumforderungen

Ursula Goth

Aus dem Institut für Tieranatomie
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. mult. H.-G. Liebich

und der chirurgischen Abteilung
der Tierversuchsanlage
des Universitätsklinikums Düsseldorf
Geschäftsführende Direktorin: Dr. rer. nat. A. Treiber
Abteilungsleiter: Dr. med. vet. M. Sager

Angefertigt unter der Leitung
von Univ. Prof. Dr. C. Poulsen Nautrup

Röntgenmorphometrie und Myelographie der kaninen Lendenwirbelsäule
im Hinblick auf die Darstellbarkeit definierter ventrolateraler epiduraler
Raumforderungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Ursula Goth

aus Bochum

München 2003

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. R. Stolla

Referentin: Univ.-Prof. Dr. C. Poulsen Nautrup

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. W. Breuer

Tag der Promotion: 7. Februar 2003

Meinem Mann Benedikt,
meinen Eltern
und ganz besonders in Erinnerung an meine Hündin „Mirsa“,
ohne die ich nie so weit gekommen wäre.

<u>a Inhaltsverzeichnis</u>		Seite
b	Abkürzungsverzeichnis	D
1.	Einleitung	1
2.	Literaturübersicht	2
2.1	Anatomie	2
2.1.1	Knöcherne Wirbelsäule.....	2
2.1.2	Gelenke und Bänder der Wirbelsäule.....	6
2.1.3	Zwischenwirbelscheiben (Disci intervertebrales).....	7
2.1.4	Rückenmark (Medulla spinalis).....	9
2.1.4.1	Spinalnerven (Nervi spinales).....	12
2.1.4.2	Rückenmarkshäute (Meninges).....	13
2.1.5	Blutgefäßsystem der Wirbelsäule.....	14
2.2	Pathologie	16
2.2.1	Pathophysiologie der Nervengewebeschädigung.....	16
2.2.2	Pathologie raumfordernder Prozesse im Wirbelkanal.....	18
2.2.3	Extradurale raumfordernde Prozesse.....	18
2.2.3.1	Bandscheibenvorfälle.....	19
2.2.3.2	Discospondylitis.....	25
2.2.3.3	Laterale Recessus Stenose (lateral recess syndrome).....	25
2.2.3.4	Wirbelluxationen und -frakturen.....	26
2.2.3.5	Vaskulär bedingte Pathologien.....	27
2.2.3.6	Spondylosis deformans.....	28
2.2.3.7	Neoplasien.....	29
2.2.3.8	Zysten.....	30
2.2.3.9	Kongenitale Malformationen.....	30
2.2.3.10	Vorwölbungen der Ligamenta in den Wirbelkanal.....	30
2.2.4	Intradurale-extramedulläre raumfordernde Prozesse.....	31
2.2.5	Intradurale-intramedulläre raumfordernde Prozesse.....	31
2.3	Diagnostik thorakolumbalen pathologischer Raumforderungen	32
2.3.1	Indikation.....	32
2.3.2	Röntgenbildqualität.....	32
2.3.3	Nativaufnahmen.....	33
2.3.3.1	Strahlengänge.....	34
2.3.3.2	Interpretation der Nativaufnahmen.....	38
2.3.3.3	Limitation der Nativaufnahmen.....	40
2.3.4	Myelographie.....	40
2.3.4.1	Definition und Indikation.....	40
2.3.4.2	Kontrast.....	41
2.3.4.3	Zisternale Punktion.....	43
2.3.4.4	Lumbale Punktion.....	44
2.3.4.5	Strahlengänge und Beurteilung der Myelogramme.....	45
2.3.4.6	Grenzen der Myelographie.....	53
2.3.5	Epidurographie.....	53
2.3.6	Diskographie.....	54
2.3.7	Ossovenographie.....	54

2.3.8	Magnetresonanztomographie	55
2.3.9	Computertomographie	55
2.4	Simulation von pathologischen Raumforderungen im Wirbelkanal	57
2.4.1	Morphometrie an der Wirbelsäule	59
2.4.2	Fehlerquellen bei Messverfahren	64
3.	Material und Methoden	66
3.1	Material	66
3.1.1	Technische Ausrüstung	66
3.1.2	Röntgenqualitätssicherung	68
3.1.3	Tiere	70
3.1.3.1	Rasseverteilung innerhalb der Gruppen	71
3.2	Methode	73
3.2.1	Präparation der Tierkörper	73
3.2.2	Abfolge der radiologischen Untersuchungen	73
3.2.3	Nativröntgenaufnahmen	74
3.2.4	Punktion des Subarachnoidalraumes	74
3.2.5	Simulation der pathologischen Raumforderungen	75
3.2.6	Myelographieröntgenaufnahmen	82
3.2.7	Morphometrie der Röntgenaufnahmen	85
3.3	Statistik	88
3.3.1	Morphometrische Rasseunterschiede	89
3.3.2	Auswertung der künstlichen Raumforderungen	90
3.3.3	Zusammenhangsberechnungen (Korrelationen)	95
4.	Ergebnisse	96
4.1	Beurteilung von 45°-Schrägaufnahmen	96
4.2	Auswertung künstlicher Raumforderungen	99
4.2.1	Auswertung Befundkombination 1	100
4.2.2	Auswertung Befundkombination 2	103
4.2.3	Auswertung Befundkombination 3	105
4.2.4	Auswertung Befundkombination 4	107
4.2.5	Auswertung Befundkombination 5	109
4.2.6	Auswertung Befundkombination 6	112
4.2.7	Auswertung Befundkombination 7	115
4.2.8	Häufigkeit der Befundkombinationen zusammengefasst	116
4.3	Auswertung der Morphometrie	119
4.3.1	Canalis vertebralis: Höhe und Breite	119
4.3.2	Duralsack: Höhe und Breite	122
4.3.3	Medulla spinalis: Höhe und Breite	125
4.3.4	Cavum epidurale: Höhe und Breite	127
4.4	Morphometrische Rasseunterschiede	131
4.4.1	Unterschiede: Höhe des Canalis vertebralis	131
4.4.2	Unterschiede: Breite des Canalis vertebralis	132

4.4.3	Unterschiede:Höhe des Duralsacks.....	133
4.4.4	Unterschiede: Breite des Duralsacks.....	134
4.4.4.1	Korrelationen: SSL, Rasse und Alter zum Duralsackende.....	136
4.4.5	Unterschiede: Höhe des Cavum epidurale.....	136
4.4.6	Unterschiede: Breite des Cavum epidurale.....	137
4.5	Korrelationen: Befundkombinationen 1, 4 und 5 zu morphometrischen Daten.....	139
5.	Diskussion.....	142
5.1	Motivation.....	142
5.2	Untersuchungsmethoden und Bedingungen.....	143
5.3	Morphometrisch ermittelte Unterschiede der Hundegröße und Rasse.....	147
5.3.1	Canalis vertebralis: Höhe und Breite.....	147
5.3.2	Duralsack: Höhe und Breite, Duralsackende.....	148
5.3.3	Medulla spinalis: Höhe und Breite.....	150
5.3.4	Cavum epidurale: Höhe und Breite.....	151
5.4	Darstellbarkeit ventrolateraler Raumforderungen in den 45°-Schrägprojektionen.....	153
5.4.1	45°-Kalibrierprojektion.....	153
5.4.2	Kontralaterale 45°-Schrägprojektion.....	155
5.5	Vergleich der Röntgenprojektionen.....	156
5.6	Ausblick.....	161
6.	Zusammenfassung.....	162
7.	Summary.....	164
8.	Anhang.....	165
8.1	Tabellen und Abbildungen.....	165
8.1.1	Material und Methoden.....	165
8.1.2	Auswertung der künstlichen Raumforderungen.....	167
8.1.3	Darstellbarkeit ventrolateraler Raumforderungen in verschiedenen Röntgenprojektionen.....	170
8.1.4	Auswertung der Morphometrie.....	176
8.1.5	Morphometrische Rasseunterschiede.....	184
8.1.6	Verhältnisberechnungen.....	196
8.1.7	Korrelationen.....	200
9.	Literaturverzeichnis.....	209

Abkürzungsverzeichnis

A	Minimaldichte
Abb.	Abbildung
Al	Aluminium
B	Empfindlichkeitsindex
BV	Bildverstärker
BW	Bezugswert
bzw.	beziehungsweise
C	Kontrastindex
C	Zervikalwirbel
ca.	circa
C-B	Kontrast
d.h.	das heißt
D_{\min}	Grundschwärzung des Films
DSH	Deutscher Schäferhund
∅	Durchschnitt
DV	dorso-ventral
dV45M-sDLO	dextro ventro 45° medial-sinistro dorsolateral obliquus
F	French (1 F = 1:π ≈ 0,318 mm)
f°	Fokussierungsabstand
Fa.	Firma
G	Gauge
große R.	große Raumforderung
Gy	Gray
keine A.	keine Angaben
kleine R.	kleine Raumforderung
KM	Kontrastmittel
kV	Kilovolt
kVP	Kilovolt Power, maximale Leistung
L	Lendenwirbel
L/cm	Lamellen / Zentimeter
l/l	latero-lateral
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
li.	links
long.	longitudinale
Lp/mm	Linienpaare/ Millimeter
mA	Milliampere
Max.	Maximum
mGy	Milligray
Min.	Minimum
mittl. R.	mittlere Raumforderung
Mix.	Mischlingshunde
Mm.	Musculi
mSv	Millisievert
n	Anzahl der Tiere
N.	Nervus
Nr.	Nummer
o.	oder
P1	Projektion 1 = 45°-Kalibrierprojektion

P2	Projektion 2 = VD
P3	Projektion 3 = kontralaterale 45°-Schrägprojektion
P4	Projektion 4 = Si-DeL
r	Schachtverhältnis
R.	Raumforderung
re.	rechts
Rr.	Rami
S	Sakralwirbel
SD	Standardabweichung
Segm.	Segment
Si-DeL	sinistro-dexter lateral
sV45M-dDLO	sinistro ventro 45° medial-dextro dorsolateral obliquus
Staff.	Staffordshire Terrier
T	Thorakalwirbel
Tab.	Tabelle
u.	und
VD	ventro-dorsal
V=	Verhältnis
V.	Vena
Vv.	Venae
Westi	Westhighland White Terrier
X	Mittelwert
ZWS	Zwischenwirbelspalt

Folgende Si-Einheiten wurden im Text verwendet:

%, °C, cm, mm, h, ml, mg, kg,

1. Einleitung

Bei Hunden kommt es häufig durch Kompression des Rückenmarks, der Nervenwurzeln oder der Blutgefäße zu neurologischen Ausfallserscheinungen, deren Ursachen sehr vielfältig sind. Die genaue Lokalisation des raumfordernden Prozesses im Wirbelkanal ist für eine aussagekräftige Diagnose, Prognose sowie für die nachfolgende Therapie unerlässlich. Die Diagnostik sollte eine gründliche Anamnese, allgemeine und neurologische Untersuchung, und die Anfertigung von Nativröntgenaufnahmen der gesamten Wirbelsäule in VD und l/l Projektion umfassen. Untersuchungen wie Myelographien sollten angeschlossen werden, wenn die Diagnose und Lokalisation noch nicht gegeben sind.

Hierdurch können Kompression des Rückenmarks in einer Myelographie durch eine verminderte Röntgendichte in diesem Bereich und ein verzögerter oder unvollständiger Kontrastmittelfluß in dem Cavum subarachnoideale dargestellt werden. Myelographische Röntgenkontrastaufnahmen der Wirbelsäule werden vor allem vor Operationen zur genauen Lokalisation erstellt, wenn es sich um mehrere Läsionen handelt oder wenn anhand der Leeraufnahmen keine endgültige Diagnose gestellt werden kann.

Die diagnostischen Möglichkeiten der Erkennung dieser Stenosen beim Hund sind mittlerweile sehr gut. Es besteht zusätzlich zu der konventionellen Röntgendiagnostik einschließlich der Myelographie die Möglichkeit der Untersuchung der Wirbelsäule mittels Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT), die oft auch kleinere pathologische Prozesse erkennen lassen, die Symptome verursachen können. Für Veterinärmediziner besteht jedoch bisher nur an wenigen Orten die Möglichkeit der CT- und MRT-Diagnostik, die außerdem für die Patientenbesitzer sehr teuer sind. Aus diesen Gründen sollte die Myelographie, die in vielen Tierarztpraxen durchführbar ist, gute Diagnosemöglichkeiten bietet und relativ preisgünstig ist, optimiert werden. So soll in der vorliegenden Arbeit die Aussagekraft von myelographischen 45°-Schrägaufnahmen der Lendenwirbelsäule zur Erkennung epiduraler, ventrolateraler unterschiedlich großer pathologischer Raumforderungen im Vergleich zu den üblichen Si-DeL und VD Aufnahmen verglichen werden. Um beurteilen zu können, ob die Untersuchungsverfahren in Abhängigkeit von Segmenthöhe, Hundegröße oder Größe der Raumforderung variiert werden sollte, werden die Ergebnisse im Bezug zur Morphometrie der Hunde ausgewertet.

2. Literaturübersicht

2.1 Anatomie

Als Grundlage für diese Arbeit und zur besseren Interpretation von pathologischen Veränderungen der Wirbelsäule werden die anatomischen Strukturen genauer dargestellt.

2.1.1 Knöcherne Wirbelsäule

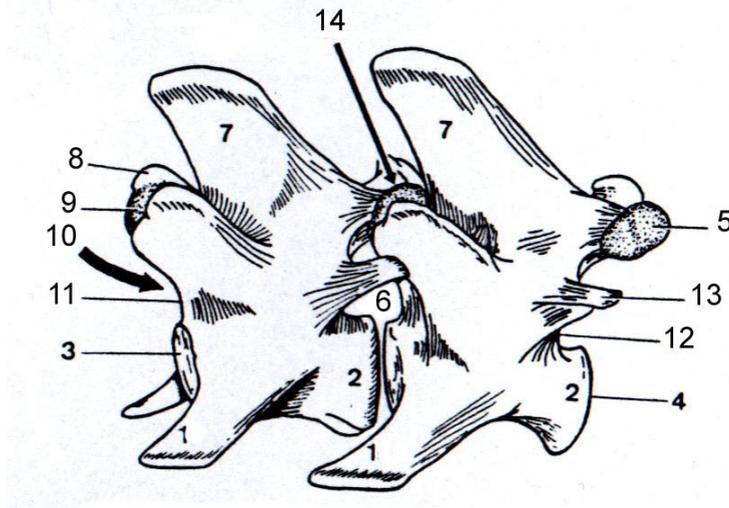
Wirbelanzahl

Die Wirbelsäule des Hundes besteht bei allen Hunderassen aus 7 Halswirbeln, 13 Brustwirbeln und 7 Lendenwirbeln, 3 Kreuzwirbeln und 20-23 Schwanzwirbeln (NICKEL et al. 1992). Es kommt jedoch relativ häufig zu einer Abweichung der Anzahl der Lenden- und Kreuzwirbel. MILLER et al. (1964) und WALKER (1998) erwähnen das Vorkommen der Sakralisation des letzten Lendenwirbels oder den freien ersten Kreuzwirbel, der zum Teil zu den Lendenwirbeln gezählt würde (Lumbalisation). Auch das Fehlen der letzten Rippen lassen die Lendenwirbelsäule länger erscheinen (WOLVEKAMP 2001). So sind zum Beispiel beim Teckel bei vier von 27 Tieren 8 Lendenwirbel und bei 9 Tieren vier Kreuzwirbel beobachtet worden (KUSCH 1983).

Wirbelaufbau

Ein Wirbel besteht aus dem Wirbelkörper (Corpus vertebrae), dem Wirbelbogen (Arcus vertebrae) mit den Wurzelstücken der Wirbelbögen (Pediculi ventrales) und der sich anschließenden unpaaren Schlussstücke des Wirbelbogens (Laminae arcus vertebrae), die von rechts und links das Wirbelloch (Foramen vertebrale) umschließen (NICKEL et al. 1992).

Abbildung 2.1: Lendenwirbel (vertebrae lumbales), modifiziert nach SCHALLER (1992):



1) Processus transversus, 2) Corpus vertebrae, 3) Extremitas cranialis, 4) Extremitas caudalis, 5) Processus articularis caudalis, 6) Foramen intervertebrale, 7) Processus spinosus, 8) Processus mamillaris, 9) Processus articularis cranialis, 10) Canalis vertebralis, 11) Incisura vertebralis cranialis, 12) Incisura vertebralis caudalis, 13) Processus accessorius, 14) Spatium interarcuale.

Wirbelkanal

Die hintereinander angeordneten Wirbellöcher bilden einen Wirbelkanal (Canalis vertebralis), durch den das Rückenmark verläuft. Der Wirbelkanal erweitert sich im Bereich des 1. und 2. Halswirbels, am Hals- Brustwirbelübergang und in der Lendenwirbelsäule und verschmälert sich bis zu den ersten Schwanzwirbeln, um dort zu enden (NICKEL et al. 1992). Die Wirbelbögen bilden einen querovalen, zum vorletzten Lendenwirbel an Weite zunehmenden Wirbelkanal. Beim Teckel beschreibt KUSCH (1983) das Foramen vertebrale des ersten Lendenwirbels als nahezu runden Querschnitt, der bis zum fünften Lendenwirbel queroval wird und schließlich bis zum Kreuzbein eine annähernd dreieckige Form aufweist. MORGAN et al. (1987) und LANG (1988) beschreiben den Wirbelkanal auf der Höhe des Lumbosakralgelenkes als genau doppelt so breit wie hoch.

Die Weite des knöchernen Wirbelkanals unterscheidet sich je nach Hunderasse (chondrodystrophische und nicht dystrophische Rassen) und dem Alter der Tiere (HART 1925; MORGAN et al. 1987). Hervorgerufen werden diese Unterschiede bei den chondrodystrophischen Hunderassen, ähnlich wie an den Röhrenknochen, durch die verfrühte Verschmelzung der Ossifikationszentren der Wirbelkörper mit denen der Wirbelbögen (NICKEL et al. 1992).

Über die gesamte Länge des Wirbelkanals gesehen hat ein Deutscher Schäferhund (DSH) einen höheren Wirbelkanal als ein Teckel. Der Wirbelkanal ist bei beiden Rassen aufgrund

der konkaven Form des Wirbelkörpers in der Mitte des Wirbels signifikant höher als an den kranialen und kaudalen Enden. Die kraniale und kaudale Höhe des Wirbelkanals in einem Wirbel ist annähernd gleich groß, wobei der Teckel größere Unterschiede innerhalb eines Wirbels aufweist. Die maximale Höhe des Wirbelkanals liegt beim DSH zentral L4 (12,16 mm \pm 0,16), beim Teckel zentral L5 (6,66 \pm 0,097) (MORGAN et al. 1987). Weiterhin erwähnen die Autoren, dass sich die maximale Höhe des Wirbelkanals beim DSH auf einen kürzeren Bereich erstreckt als beim Teckel. Dies hat zur Folge, dass der Wirbelkanal beim DSH kaudalwärts schnell und mehr an Höhe verliert, während die Höhe des Wirbelkanals beim Teckel deutlich langsamer und weniger abnimmt.

Zwischenwirbelloch (Foramen intervertebrale)

Jeder Wirbelbogen ist an seiner Basis beidseits kranial und kaudal zu einer Incisura vertebralis cranialis, bzw. caudalis eingekerbt. Diese Einkerbung bildet zwischen zwei Wirbeln das Zwischenwirbelloch (Foramen intervertebrale) (NICKEL et al. 1992). KUSCH (1983) erwähnt, dass beim Teckel am 1. Lendenwirbel die Incisura vertebralis caudalis relativ tief ist und über dem Wirbelkörper in eine tiefe Rinne, den Sulcus nervi spinalis, übergeht. Eine Incisura vertebralis cranialis ist hier nicht ausgebildet. Bisher nicht in anatomischen Texten beschriebene knöcherne „Gruben“ beobachten JONES et al. (1995a) an computertomographischen Aufnahmen am 7. Lendenwirbel im kaudalen Bereich des Foramen vertebrale. Sie interpretieren diese als die in der Humanmedizin beschriebenen „Lateralen Vertiefungen“ (lateral recess) an den Pedikeln, die die Nervenwurzeln umschließen. Diese Strukturen sind beteiligt an den lateralen Nervenwurzelkompressionen (nerve root entrapment oder lateral recess syndrome) (MIKHAEL et al. 1981; LEE et al. 1988).

Wirbelkörper (Corpus vertebrae)

Die Wirbelkörper der Lendenwirbelsäule sind länger und massiger als die der Brustwirbelsäule, aber kürzer und schwächer als die der Halswirbelsäule. Insgesamt nehmen sie vom 11. Brustwirbel an kaudalwärts bis zum vorletzten Lendenwirbel an Länge und Breite zu, ab dem 6. Lendenwirbel wieder ab. Der 7. LW hat den kürzesten Wirbelkörper (KUSCH 1983; SCHUNK 1997). Letzterer erwähnt, dass diese Größen bei gesunden und kranken Teckeln gleich sind. In seinen Untersuchungen, in denen er unter anderem die

Wirbelkörperlängen von gesunden und kranken Teckeln, DSH, Cocker-Spaniel und Katzen vergleicht, erwähnt er, dass innerhalb der Teckel die längsten Wirbel bei gesunden Tieren festgestellt werden. Signifikante Unterschiede konnte er im Bereich T10-L2 erkennen. Demnach verfügen kranke Teckel über kürzere Wirbel im Bereich T10-L2. MILLER (1964) erwähnt ebenfalls das stetige Zunehmen der Wirbelkörperlänge im Lumbalbereich bis in Höhe von L5 oder L6. Er gibt an, dass der 7. Lendenwirbel annähernd so groß ist wie der erste.

Die Endflächen der Wirbelkörper (Extremitates crann. und caudd.) sind flach geformt (NICKEL et al. 1992). Beim Teckel sind die Flächen annähernd gleich groß, herzförmig, und weisen im Zentrum eine Mulde auf. Der 7. Lendenwirbel weist eine sehr breite und ovale Extremitas caudalis mit muldenförmiger Vertiefung auf (KUSCH 1983). Diese Vertiefung ist beim Teckel stärker ausgeprägt als beim DSH oder Cocker Spaniel; d. h. der Zwischenwirbelspalt beim Teckel ist bauchiger. Innerhalb der Teckel ist ebenfalls ein Unterschied zwischen gesunden und kranken Tieren festzustellen. Letztere weisen deutlich abgeflachte Extremitates cranialis und caudalis auf, wodurch sich die Zwischenwirbelscheiben gerader und weniger bauchig darstellen. Weitere Unterschiede zwischen Teckeln, DSH und Cockerspaniel bestehen in den Verhältnissen zwischen der Wirbelkörperlänge zu der Bandscheibenbreite, sowie Wirbelkörperlänge zu der Bandscheibenhöhe. Dieses ist beim gesunden Teckel im Gegensatz zu den anderen beiden Rassen signifikant kleiner. Zwischen gesunden und kranken Teckeln ist das Verhältnis bei kranken Tieren signifikant höher (SCHUNK 1997).

Zwischenbogenspalt (Spatium interarcuale)

Der Zwischenbogenspalt (Spatium interarcuale) dorsal in der Medianen liegt zwischen zwei Wirbelbögen; er ist relativ eng. Für die Klinik sind vor allem das Spatium atlanto-occipitale, und das Spatium lumbosacrale von Bedeutung (NICKEL et al. 1992).

Wirbelfortsätze (Processus vertebrae)

Der Arcus vertebrae entsendet nach dorsal den median gelegenen Dornfortsatz (Processus spinosus), zu jeder Seite je einen Querfortsatz (Processus transversus), vier dorsolateral am Wirbelbogen hervortretende Gelenkfortsätze (zwei Processus articulares craniales und zwei caudales) sowie zwei nach kranial gerichtete Zitzenfortsätze (Processus mamillares). Beim

Fleischfresser gibt es noch die zwei kaudal am Wirbelbogen befindlichen Hilfsfortsätze (Processus accessorii). Die Dornfortsätze werden bis L5 oder L6 länger, der letzte, zum Teil auch vorletzte Dorn ist wieder kürzer. Dieser steht senkrecht, während die übrigen nach kranial geneigt sind. Die sagittal stehenden Procc. articulares verschmelzen nach kaudal zunehmend mit den Procc. mamillares zu den kammförmigen Procc. mamilloarticulares. Die Proc. accessorii werden nach kaudal hin immer kleiner (NICKEL et al. 1992).

Kreuzbein (Os sacrum)

Das Kreuzbein besteht bei den Fleischfressern nur aus 3 Wirbeln, die ab einem Alter von 1 ½ Jahren miteinander verwachsen sind. Kranial befindet sich die breite flache Extremitas cranialis, die von den breiten Procc. articulares crann. weit überragt wird. Rechts und links des Kreuzbeins gehen die Alae ossis sacri ab, die von den verschmolzenen Querfortsätzen der 1. und 2. Kreuzwirbel gebildet werden. Der Canalis sacralis ist in diesem Bereich der Wirbelsäule sehr flach und öffnet sich nach außen über die Foramina sacralia dorsalia und pelvina (NICKEL et al. 1992).

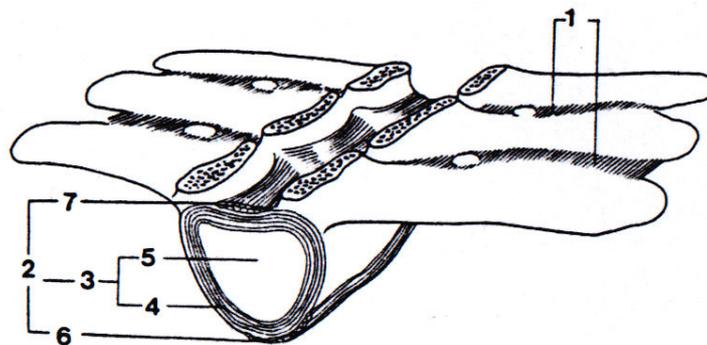
2.1.2 Gelenke und Bänder der Wirbelsäule

Die meisten Wirbel (außer Occiput-C1, C1-C2, S1-S2-S3) sind durch die Zwischenwirbelscheiben (disci intervertebrales) miteinander verbunden. (EPSTEIN 1976; BARTELS 1984). Diese Verbindungen sind jedoch keine richtigen Gelenke. Echte Gelenke entstehen durch die Gelenkfortsätze (Processus articulares craniales und caudales, Schlittengelenke), die aufeinander durch einen knorpeligen Überzug gleiten (HOERLEIN 1978). Eine relative Steifheit dieser Gelenke entsteht durch die recht straffen Gelenkkapseln. Die Gelenkfortsatzabstände sind im Thorakalbereich annähernd konstant, während sie im Cervical- und Lumbalbereich stark differieren. Eine Korrelation der Gelenkflächen und der Wirbelgröße besteht nur im Thorakalbereich (GIERKE 1973).

Die Wirbelsäule wird weiterhin stabilisiert durch die kurzen Zwischenquerfortsatzbänder (Ligg. intertransversaria) an den Querfortsätzen und Zwischenbogenbändern (Ligg. interarcualia) zwischen zwei Wirbelbögen und den langen Bändern: ventrales Längsband (Lig. longitudinale ventrale), dorsales Längsband (Lig. longitudinale dorsale). Ersteres ist an der Ventralseite der Wirbelsäule fest mit dem Periost der Wirbelkörper und dem Anulus fibrosus der Zwischenwirbelscheibe verbunden, beginnt am 8./9. Brustwirbel und endet am

Kreuzbein (HOERLEIN 1978; FEHR 1983; NICKEL et al. 1992). Letzteres liegt am Boden des Wirbelkanals, beginnt am Dens axis und endet am Kreuzbein (BERG 1992). In seinem Verlauf hat es eine feste Verbindung zu dem Periost und dem Anulus fibrosus der Zwischenwirbelscheiben, wo es sich verbreitert, während es sich im Bereich der Wirbelkörper wieder verschmälert. Im Bereich des 2. bis 10. Brustwirbels liegt zusätzlich zum Lig. longitudinale dorsale noch das Lig. conjugare costarum ventral im Wirbelkanal. Dies ist vor allem für die Pathogenese des Bandscheibenvorfalls wichtig, da es durch das zusätzliche Band in diesem Bereich kaum zu Bandscheibenvorfällen kommt (WOLVEKAMP 2001).

Abbildung 2.2: Bänder und Bandscheiben der Lendenwirbelsäule (Wirbelbogen entfernt), sinistro-dorso-kraniale Ansicht, modifiziert nach SCHALLER (1992):



1) Ligg. intertransversaria, 2) Symphysis intervertebralis, 3) Discus intervertebralis, 4) Anulus fibrosus, 5) Nucleus pulposus, 6) Lig. longitudinale ventrale, 7) Lig. longitudinale dorsale.

2.1.3 Zwischenwirbelscheiben (Disci intervertebrales)

Die normale Bandscheibe besteht aus zwei verschiedenen Anteilen: dem „Gallertkern“ (Nucleus pulposus), der aus der Chorda dorsalis und den aus dem Mesenchym entstandenen kollagenen Faserbündeln der Lamellen des Faserrings (Anulus fibrosus) hervorgeht (TÖNDURY 1953; STARCK 1979).

Der Anulus fibrosus ist dorsal und ventral mit festen, sehr faserreichen und straffen Lamellen mit den vorbeiführenden Ligg. longitudinale dorsale und ventrale verbunden, wobei die ventralen Anteile des Anulus fibrosus dreimal so dick sind wie die dorsalen, was eine Prädisposition für einen Bandscheibenvorfall nach dorsal bedeutet. Diese Lamellen ziehen von Wirbelkörper zu Wirbelkörper und füllen so einen etwa zylindrischen Raum aus (TÖNDURY 1953). Peripher sind die Lamellen mehr zylindrisch, zentralwärts passen sie sich der Form des Nucleus pulposus mehr und mehr an. Dort enthalten sie mehr zelluläre

Elemente, so dass keine feste Abgrenzung zum Nucleus pulposus entsteht. Der ellipsoide Körper des Nucleus pulposus liegt exzentrisch, leicht dorsal des Zentrums, in den Lamellen (KÜNZEL 1960; BARTELS 1984). Lumbalwärts verschiebt sich der Nucleus pulposus immer weiter nach dorsal. Die Bezeichnung „Gallertkern“ beruht auf seinem sehr hohen Wassergehalt, der eine starke stoßfedernde Wirkung besitzt und nicht komprimierbar ist (SCHALLER 1992). Er leitet bei sehr hoher Druckbelastung das Wasser weiter an die kollagenen Fasern im Anulus fibrosus ab, die dadurch unter Spannung gesetzt werden (KING u. SMITH 1955; NAJERA 1975; HOERLEIN 1978; DÄMMRICH 1981).

Die Ernährung der bradytrophen Chondrozyten des Nucleus pulposus geschieht vermutlich durch Diffusionsvorgänge über die Interterritorialsubstanz (TÖNDURY 1953; HOERLEIN 1978; RIST 1982).

KÜNZEL (1960) meint, dass sich die während der Embryonalentwicklung einsprossenden Gefäße im Zwischenwirbelspalt zurückziehen und stattdessen bindegewebiges Füllgewebe mit einem „Ort verminderten Widerstandes“ (Locus minoris resistentiae) bildet.

LEE (1962) hatte bei Katzen eine Blutgefäßversorgung der äußeren Anteile des Anulus fibrosus entdeckt, die allerdings im Laufe des Lebens abnimmt.

Eine neurale Versorgung mit Dehnungs- und Schmerzrezeptoren in den äußeren Schichten des Anulus fibrosus und des Lig. longitudinale beim Mensch und Schwein haben FORSYTHE u. GHOSHAL (1984) festgestellt. Der Nucleus pulposus ist jedoch nicht innerviert (KONTTINEN et al. 1990; KÄÄPA et al. 1994).

Die Größe der Zwischenwirbelscheiben richtet sich nach dem Zwischenwirbelspalt und der Wirbelkörpergröße. Die Form der Zwischenwirbelscheiben hängt stark von der Form und Krümmung der Wirbelsäule ab. Im Thorakalbereich des Menschen sind die Zwischenwirbelscheiben weiter posterior kräftiger ausgeprägt als anterior. Im Lumbalbereich wiederum sind die anterior liegenden Anteile der Disci intervertebrales kräftiger ausgebildet als die posterior liegenden (EPSTEIN 1976).

Beim Hund sind die Zwischenwirbelscheiben unterschiedlich breit. Im Halsbereich (C2-C7) sind die Disci intervertebrales annähernd gleich groß und relativ breit. Im Thorakalbereich sind sie ebenfalls annähernd gleich groß aber etwas schmaler. Eine Ausnahme stellt der Zwischenwirbelspalt bei T10-T11 dar, der der schmalste ist. Von T11 kaudalwärts nimmt der Abstand zwischen den Wirbeln wieder zu, und stellt sich am Lumbosakralübergang am breitesten dar (WOLVEKAMP 2001).

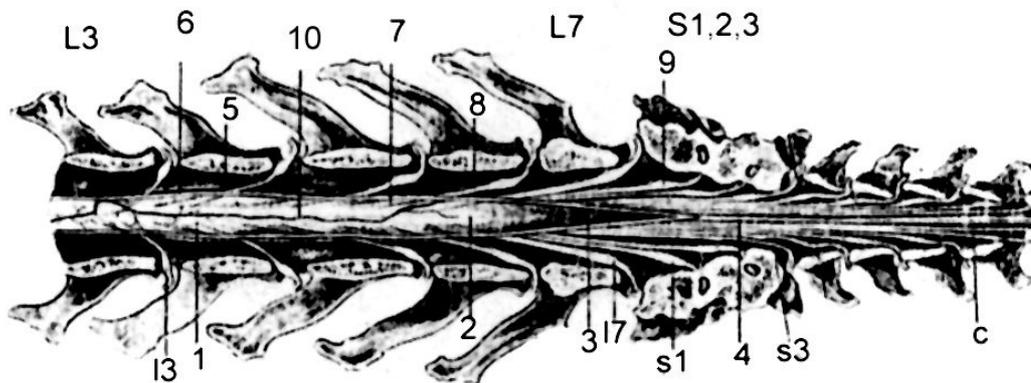
KÜNZEL (1960) stellt in seinen Untersuchungen über die Dicke der Zwischenwirbelscheiben fest, dass der 6. zervikale und der 7. lumbale Zwischenwirbelabstand die breitesten darstellen,

am schmalsten seien die von T 8-T10. Ein allgemeiner Anstieg war von C2 bis C6, dann ein Abfall bis T10 und dann wieder ein Anstieg bis L7 festgestellt worden. Insgesamt erwähnt er eine relativ starke Variabilität der Maße, insbesondere in Richtung der Verdickung. LANG u. SCHMID (1994) erwähnen, dass außer dem Zwischenwirbelspalt T10/11 sich auch der Spalt zwischen C2/3 und C7/T1 verschmälert darstellt.

SCHUNK (1997) stellt fest, dass die Bandscheiben der Teckel bauchiger ausgebildet sind als die der DSH und Cocker Spaniel. Auch sind sie beim Teckel deutlich breiter als bei den anderen beiden Hunderassen und der Katze. Die Bandscheibe des Teckels ist verhältnismäßig höher als bei den anderen Tieren seiner Studie. Dies führt dazu, dass das Gesamtvolumen des Bandscheibenmaterials und der Anteil der Bandscheibe an der Wirbelsäule des Teckels relativ größer ist als bei den anderen Hunden bzw. der Katze.

2.1.4 Rückenmark (Medulla spinalis)

Abbildung 2.3: Darstellung der Cauda equina eines Hundes, modifiziert nach SEIFERLE u. BÖHME (1992): Das Spatium epidurale ist der Übersicht wegen geräumiger wiedergegeben, Dorsalansicht.



L3, L7) Lendenwirbel 3 u. 7, S1,2,3) Kreuzwirbel 1,2,3, 1) Intumescentia lumbalis, 2) Conus medullaris, 3) Schwanznerven, 4) Filum terminale durae matris, 5) Spatium epidurale, 6) Schnittfläche durch Dura mater, 7) intraduraler 8) extraduraler Teil einer dorsalen Nervenwurzel, 9) Ganglion spinale, 10) V. spinalis dors. (in Arachnoidea).

2.1.4.1 Rückenmark

Das Rückenmark (Medulla spinalis) wird von häutigen Hüllen (Meninges) umgeben und liegt als annähernd zylindrischer, kaudalwärts eher dorsoventral abgeplatteter Strang von weißer Farbe und weicher Konsistenz im Wirbelkanal (SEIFERLE u. BÖHME 1992). Es dehnt sich vom 1. Halswirbel bis in den kaudalen Bereich der Lendenwirbelsäule aus und variiert in Hinblick auf Rasse und Größenunterschied der Hunde (und allgemein der Haussäugetiere) in seiner Länge sehr stark (MORGAN et al. 1987; SEIFERLE u. BÖHME 1992).

Das Rückenmark gliedert sich in die Segmente: Pars cervicalis, Pars thoracalis, Pars lumbalis, Pars sacralis und die Pars caudalis (McCLURE u. CONSTANTINESCU 1992; SEIFERLE u. BÖHME 1992). Insgesamt gibt es beim Hund 36 Rückenmarksegmente, 8 zervikale, 13 thorakale, 7 lumbale, 3 sakrale und 5 coccygeale (MILLER 1964).

Im kaudalen Bereich der Pars cervicalis (C6 bis T2) kommt es zu einer Verdickung der Medulla spinalis, der Intumescentia cervicalis. Eine zweite Verdickung (Intumescentia lumbalis) ist im kaudalen Bereich der Pars lumbalis erkennbar, die kaudalwärts kegelförmig kleiner wird und in den Conus medullaris übergeht. Dieser verjüngt sich zum Filum terminale, einem dünnen Filament aus Glia- und Ependymalzellen (McCLURE u. CONSTANTINESCU 1992). Neben dem Filum terminale liegen im kaudalen Abschnitt des Wirbelkanals die Wurzeln der unteren Spinalnerven, die in ihrer Gesamtheit die Cauda Equina bilden (STARCK 1979).

Graue Substanz (Substantia grisea), weiße Substanz (Substantia alba)

Im Querschnitt läßt sich die Medulla spinalis in die graue Substanz (Substantia grisea) und die weiße Substanz (Substantia alba) unterteilen. Die Substantia grisea liegt H- oder schmetterlingsförmig zentral in der Medulla und umgibt den Zentralkanal. Sie läßt sich in das Cornu dorsale, Cornu laterale, und Cornu ventrale unterteilen (McCLURE u. CONSTANTINESCU 1992).

Außerhalb der grauen Substanz liegt die Substantia alba, die dorsal und ventral in der Medianen zwei Längsrillen aufweist, die teilweise bis fast zum Zentralkanal reichen: die Fissura mediana ventralis und der Sulcus medianus dorsalis. Vom Sulcus medianus dorsalis senkt sich ein Gliaseptum (Septum dorsale medianum) zwischen die beiden Dorsalstränge (Funiculi dorsales) bis zur grauen Substanz in die Tiefe. In der ganzen Länge der weißen

Substanz des Rückenmarkes läßt sich noch der Sulcus lateralis dorsalis (zwischen dem Funiculus dorsalis und lateralis) erkennen, dem entlang die Dorsalwurzeln der Spinalnerven ins Rückenmark gelangen. Hingegen ist der sehr schmale, feine Sulcus lateralis ventralis mit seinen längs angeordneten Porenfeldern, in denen die Austrittsstellen der Ventralwurzeln verlaufen, unscheinbar (McCLURE u. CONSTANTINESCU 1992; SEIFERLE u. BÖHME 1992).

Zentralkanal (Canalis centralis)

Der Zentralkanal befindet sich in der Mitte des Rückenmarkes und stellt einen Rest des primitiven Nervenrohres dar (KELLY 1987). Er ist eine Ausweitung des Ventrikelsystems im Zentralnervensystem und reicht über die gesamte Medulla spinalis. Er bleibt beim Hund in allen Altersklassen bestehen, während er beim Mensch im Alter verschwindet. Beim Fleischfresser wird das Lumen im Alter nur allmählich kleiner, während es beim heranwachsenden Tier zunimmt (DEL CORRAL GROS et al. 1991). Die normale Weite des Zentralkanals beim Hund wird von FUNQUIST (1962b) mit 0,5 mm, von KIRBERGER u. WRIGLEY (1993) mit kleiner als 1 mm beschrieben.

Maße und Rasseunterschiede des Rückenmarkes

Aus den Untersuchungen von MORGAN et al. (1987) ging hervor, dass der maximale Höhen- und Breitendurchmesser der Medulla spinalis beim Deutschen Schäferhund L4 zentral lag, während er beim Teckel in beiden Ebenen über zwei Wirbel, von L4 zentral bis L5 zentral reichte und sich deutlich langsamer wieder verjüngt.

Der letzte bei allen Deutschen Schäferhunden meßbare Höhendurchmesser der Medulla spinalis lag bei L5 zentral, beim Teckel L5 kaudal, der letzte meßbare Breitendurchmesser bei allen DSH bei L4 kaudal, während er beim Teckel deutlich weiter kaudal bei L6 lag.

Bei nur noch 6% von 50 Deutschen Schäferhunden, aber bei 58% von 50 Teckeln konnte die Höhe der Medulla spinalis im Bereich des 7. Lendenwirbels zentral noch gemessen werden, in ihrer Breite nur noch bei 2 % der Deutschen Schäferhunde aber bei 76% der Teckel.

Hieraus ist zu erkennen, dass die Medulla spinalis bei den meisten Teckeln (sie sollen chondrodystrophische Rassen repräsentieren), deutlich weiter kaudal endete als beim Deutschen Schäferhund (nicht chondrodystrophische Rasse) (MORGAN et al. 1987). Dieser

Meinung sind auch SEIFERLE u. BÖHME (1992). Sie erwähnen noch, dass das Filum terminale bei beiden Rassen das ganze Kreuzbein durchzieht.

Auch FLETCHER u. KITCHELL (1966) fanden heraus, dass bei mittelgroßen und großen Hunderassen die drei Kreuzmarksegmente meistens in Höhe L5 und die Schwanzsegmente in den kranialen $\frac{3}{4}$ von L6 endet.

Ein Vergleich der Quotienten aus mittlerem Rückenmarkshöhendurchmesser zum mittleren Wirbelkanalhöhendurchmesser beim Deutschen Schäferhund einerseits und beim Teckel andererseits zeigt, dass der Quotient beim Deutschen Schäferhund durchweg niedriger ist als beim Teckel. Das zeigt, dass der Deutsche Schäferhund über den gesamten gemessenen Bereich ein zum Wirbelkanal verhältnismäßig schmaleres Rückenmark aufweist als der Teckel (MORGAN et al. 1987).

2.1.4.2 Spinalnerven (Nervi spinales)

Die austretenden Nerven sind bilateral symmetrisch angeordnet und entspringen in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen paarig als Nervi spinales aus dem Rückenmark. Im Bereich der Lendenwirbelsäule bezeichnet man sie als Nervi lumbales, die Kreuznerven als Nervi sacrales. Mit Ausnahme der Hals- und Schwanznerven stimmt ihre Zahl mit der arttypischen Anzahl der Wirbel der betreffenden Wirbelsäulenabschnitte überein. Die Spinalnerven treten nicht als einheitliche Nervenstränge mit dem Rückenmark in Verbindung, sondern entspringen mit zwei selbständigen und funktionell verschiedenen Wurzeln (SEIFERLE u. BÖHME 1992). Die Dorsalwurzeln (Radices dorsales) sind sensible (afferente) Fasern führende Wurzeln, die Impulse zum dorsolateralen Teil des Rückenmarkes leiten. Die Impulse kommen aus den peripheren Gebieten der sensiblen Nervenverzweigungen (Muskeln, Haut, Eingeweide und andere Strukturen). Die Ventralwurzeln (Radices ventrales) führen vor allem efferente Neuriten, die Impulse vom Rückenmark zu den Effektororganen (Muskeln, Drüsen und anderen Organen) leiten. Diese Nervenwurzeln entspringen aus den lateralen und ventralen Funiculi (MILLER 1964).

Jede Wurzel enthält 3-13 Wurzelfäden (Fila radicularia), die fächerförmig als intraduraler Anteil der Nervenwurzeln zur Durapforte ziehen, wo sie die Arachnoidea durchdringen und mit einer weiterreichenden Durascheide den extraduralen Anteil der Wurzel bilden. Hier verlaufen sie im Lenden- sowie im Kreuzbereich kaudolateral bis später vollständig kaudalwärts. Außerhalb des Duraschlauches, im Epiduralraum, vereinigen sich die Ventral- und Dorsalwurzel vor oder im Austritt aus dem Foramen intervertebrale zu dem Stamm des

Spinalnerven (Truncus nervi spinalis). Kurz vor der Vereinigung weist die Dorsalwurzel eine grau-rötliche, plump-spindelförmige Verdickung (Ganglion spinale) auf (SEIFERLE u. BÖHME 1992). In jedem Segment ziehen der Spinalnerv gemeinsam mit der Vena intervertebralis durch das zugehörige Foramen intervertebralis.

Cauda equina

Während der embryonalen Entwicklung nimmt das Rückenmark zunächst die ganze Länge des Wirbelkanals ein, bleibt in Laufe des Knochenwachstums aber kleiner (siehe oben), so dass die ursprünglich transversal austretenden Rückenmarksnerven kaudalwärts abbiegen und immer mehr beidseits des Conus medullaris und Filum terminale nach hinten ziehen, wo sie schließlich die Cauda equina bilden (SEIFERLE u. BÖHME 1992). Die Cauda equina umfaßt die dorsalen und ventralen Wurzeln des siebten Lendennerven, der drei Kreuznerven und die fünf Schwanznerven (MILLER 1964; INDRIERI 1988).

2.1.4.4 Rückenmarkshäute (Meninges)

Die äußerste Auskleidung des Wirbelkanals wird als Periost oder Endorhachis bezeichnet. An dieses schließt sich der mit lockerem, fettreichen Bindegewebe, Lymph- und Blutgefäßen durchzogene Epiduralraum an, der als Polstermasse für die sehr empfindliche Medulla spinalis dient. Der in sich geschlossene Duralsack (Dura mater) - auch Pachymeninx genannt - ist eine derbe bindegewebige Hülle in der ein kapillarer Spalt, der Subduralspalt, zu erkennen ist. Auf ihn folgt die netzartige zarte Haut (Arachnoidea), die zwischen sich und der nächsten Haut (Pia mater) einen zweiten Spalt aufweist, den Subarachnoidalspalt, der den Liquor cerebrospinalis enthält. Diese beiden Häute werden aufgrund ihrer dünnen Beschaffenheit zusammen auch Leptomeninx genannt. Die Pia mater liegt dem Rückenmark direkt auf und versorgt mit ihren zahlreichen winzigen Blutgefäßen das Reizleitungssystem (HEILIGTAG 1958; MILLER 1964; SEIFERLE u. BÖHME 1992).

Die Weite des Epidural- und Subarachnoidalspalt ist nach MORGAN et al. (1987) rassebedingt unterschiedlich. So weisen Teckel einen deutlich schmaleren Epidural- und Subarachnoidalspalt auf als die Deutschen Schäferhunde. Dies zeigt sich im Myelogramm durch die deutlich verschmälerte Kontrastlinie im Subarachnoidalspalt.

2.1.5 Blutgefäßsystem der Wirbelsäule

Die arterielle Blutversorgung der Wirbelsäule wird durch die aus der Aorta abzweigenden Aa. intercostales dorsales, die quer über den Corpus vertebrae zum Spatium intercostale und den Sulcus costae ziehen, gewährleistet. Dieser Ast gibt in Höhe des Foramen intervertebrale beidseits den Ramus spinalis ab, der über dieses Foramen in den Wirbelkanal gelangt (DEVOS u. SIMOENS 1992). Im Wirbelkanal teilt sich dieser Ast weiter in eine kleinere dorsale und etwas größere ventrale radikuläre Arterie. Die ventrale radikuläre Arterie ist mit der unpaaren ventralen Arteria spinalis verbunden, die sich ventral in der Medianen durch den gesamten Spinalkanal zieht. Diese sendet segmentale Äste in die ventrale Fissura mediana ventralis des Rückenmarks. Auch die teilen sich wieder in zwei Äste, die beidseits der Fissura mediana ventralis den ventralen Teil der grauen Substanz versorgen. Die dorsale radikuläre Arterie folgt der Nervenwurzel zur dorsalen Oberfläche der Medulla spinalis und mündet in die rechts und links dorsal verlaufende Arteria spinalis dorsalis. Der dorsale Teil der weißen und grauen Substanz wird durch die Arteria spinalis dorsalis gespeist. Sie verläuft im Gegensatz zu der ventralen konstant im gesamten Spinalkanal. Der laterale und ventrale Anteil der weißen Substanz wird aus der dorsalen und ventralen radikulären Arterie sowie der medianen Arteria spinalis ventralis versorgt (DE LAHUNTA u. ALEXANDER 1976; NEER 1992). Im Thorakolumbalbereich ist die Aufzweigung der Arteria spinalis aus der Arteria vertebralis unregelmäßig und nicht immer ausgeprägt. Viele Hunde weisen nur wenige, zum Teil nur zwei vollständige Äste der Arteria spinalis für die gesamte Medulla spinalis im Bereich T10 – L6 auf. Dies ist eine deutliche Prädisposition für ischämische Schädigungen der Medulla spinalis (PARKER 1973).

Der Blutabtransport aus der Medulla spinalis und den angrenzenden Gewebeshüllen geschieht über die Vv. spinales, die longitudinal im Wirbelkanal verlaufen und nach Durchbohrung der Dura mater über die Rami spinales in den ventral im Wirbelkanal leiterartig, breit verlaufenden Plexus vertebralis internus ventralis reichen. Dieser Plexus hat innerhalb des Wirbelkanals noch eine Verbindung zu den Rami interarcuales, die durch die Foramina interarcualia aus dem Wirbelkanal führen und dort in den Plexus vertebralis externus dorsalis, einem Netzwerk auf der Dorsalseite der Wirbelsäule, münden. Außerdem gehen von dem Plexus vertebralis internus ventralis noch jeweils zentral im Wirbel die Vv. basivertebrales ab, durch den Wirbelkörper hindurch, bis in den Plexus vertebralis externus ventralis.

Ferner mündet der Plexus vertebralis internus ventralis in Höhe der Foramina intervertebralia in die Vena intervertebralis. Diese zieht zusammen mit den Nervi spinales durch das Foramen

intervertebrale. Die Vena intervertebralis hat eine Verbindung zum Plexus vertebralis externus und internus, die in die Vv. lumbales übergehen (DE VOS u. SIMOENS 1992). Die Vv. lumbales wiederum sind mit der V. azygos dextra verbunden, die in die Vena cava cranialis mündet (BUDRAS u. FRICKE 1991).

2.2 Pathologie

Da in dieser Arbeit Raumforderungen im Epiduralraum der Lendenwirbelsäule genauer untersucht wurden, sollen diese Pathophysiologien genauer dargestellt werden.

2.2.1 Pathophysiologie der Nervengewebeschädigung

Eine Kompression des Rückenmarkes und der Spinalnerven kommt durch verschiedene pathologische raumfordernde Prozesse im Wirbelkanal oder im Rückenmark selbst zu Stande. Am häufigsten kommen diskogene Ursachen in Frage. Die Schwere der Schädigung des benachbarten Rückenmarks hängt vom Ausmaß, Sitz (median oder seitlich) und insbesondere vom Entwicklungstempo des Prolapses oder der Veränderung ab. Je länger der Abstand zwischen den ersten Symptomen bis zur vollständigen Lähmung dauert, desto günstiger ist eine Aussicht auf Regeneration (FUNQUIST 1962b; PRATA 1981). Diese „dynamischen Faktoren“ sind auch nach OLSEN (1958) wichtiger als der Kompressionsgrad selbst.

PALMER (1964) beobachtet, dass bei chronischem Verlauf trotz hochgradiger Kompression in einem der oberen Lenden- oder unteren Thorakalsegmente weitgehende klinische Restitution möglich ist und auf- oder absteigende, sekundäre Strangdegenerationen nennenswerten Umfangs nicht nachweisbar sind.

Bei einer Kompression (Bsp. Bandscheibenvorfall) wirken in der Regel zwei aufeinanderfolgende Pathomechanismen auf das Rückenmark (VANDEVELDE u. WOLF 1993). Zu Anfang werden die arteriellen und venösen Blutgefäße mechanisch komprimiert und hierdurch eine Ischämie des betroffenen Gebietes und Ödembildung im und um das Rückenmark verursacht. Daran schließt sich ein autodestruktiver pathophysiologischer Prozess an, der zwischen 2 und 48 Stunden andauert (BRAUND et al. 1990; JANSSENS 1991). Durch die geschädigten Zellen und Kapillaren kommt es zur Ausschüttung von freien Radikalen, zur Thrombozytenaggregation und zum Gefäßverschluß (DOHRMANN et al. 1973). Hierdurch sinkt nochmals die Sauerstoffversorgung des geschädigten Gebietes und noch mehr Zellen sterben ab. Durch den Zellmembranuntergang kann Kalium aus den degenerierten Zellen in den Extrazellulärraum ausströmen und Kalzium in die benachbarten Neuronen einströmen (BALENTINE 1978b). Diese Elektrolytverschiebung und die Ausschüttung von Entzündungsmediatoren (DE CLERCK et al. 1985; SALZMANN et al. 1987) führt innerhalb von wenigen Minuten zu Zellfunktionsstörungen und Zelltod der Axone, Myelinscheiden und Gliazellen. COUGHLAN (1993), HALL u. WOLF (1986) und

PALMER (1964) beobachteten ischämische Nekrosen oft ohne nachweisbare Gefäßläsionen und diskutierten die eventuelle Rolle von Vasospasmen. In manchen Fällen kam es zur Verlegung der Arteria spinalis ventralis und sulkokommissuraler Gefäße. Wie im Kapitel Anatomie bereits erwähnt, ist im Thorakolumbalbereich der Abzweig der Arteria spinalis aus der Arteria vertebralis unregelmäßig und nicht immer ausgebildet. Viele Hunde weisen nur wenige, zum Teil nur zwei vollständige Äste der Arteria spinalis für die gesamte Medulla spinalis im Bereich T10 – L6 auf. Dies ist eine deutliche Prädisposition für ischämische Schädigungen der Medulla spinalis (PARKER 1973).

TARLOV u. KLINGER (1954) war noch der Auffassung, dass das Ödem, das sich nach einem Prolaps bildet, nicht zu einer weiteren Nerven- und Rückenmarksschädigung führen kann. Er hatte damals noch eine andere Theorie. Er war der Meinung, dass allein mechanische Kräfte, die auf das Rückenmark einwirken, die Schädigungen hervorriefen. Ein Ödem könne das Gewebe nicht so stark komprimieren, dass die Blutversorgung komplett unterdrückt würde.

Je nach Größe und Geschwindigkeit der Kompression variieren die Läsionen von einer geringgradigen Demyelinisierung der Axone bis hin zu einer vollständigen Nekrose der weißen und grauen Substanz (VANDEVELDE u. WOLF 1993).

Die Reihenfolge eines Funktionsausfalls der Nervenfasern im Rückenmark hängt proportional von dem Axondurchmesser und der Stärke der Myelinisierung der Fasern ab. Am empfindlichsten sind die am stärksten myelinisierten Nervenfasern (propriozeptive Nervenfasern der weißen Substanz). Hingegen sind die nichtmyelinisierten dünnen Fasern (tiefe Schmerzempfindung) am wenigsten empfindlich. Die Läsionen in Form von Gewebenekrosen sind allerdings in der grauen Substanz stärker. Dies beruht darauf, dass die graue Substanz leichter als die weiße durch Blut oder Gewebeflüssigkeiten auseinandergedrängt werden kann und der intramedulläre Druck zentral am größten ist (BALENTINE 1978a; BRAUND et al. 1990; JANSSENS 1991).

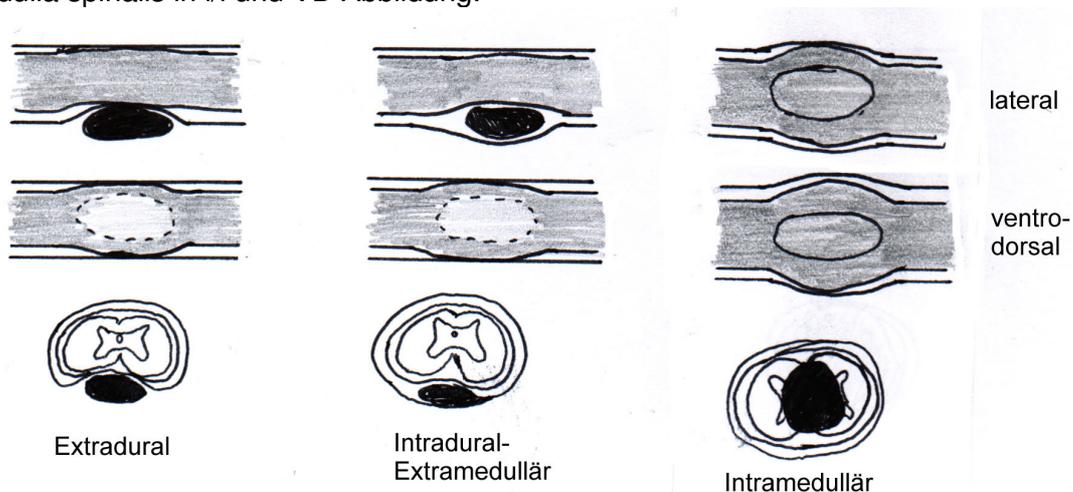
Eine Schädigung der Nerven selbst wird allgemein in drei Grade unterteilt. Man unterscheidet die „Neuropraxis“ (partielle oder komplette Markscheidenschädigung ohne Kontinuitätsunterbrechung des Axons), die „Axonotmesis“ (Erhalt der Nervenscheidenkontinuität aber Unterbrechung des Axons) und die „Neurotmesis“ (partielle oder komplette Kontinuitätsunterbrechung von Markscheide und Axon) (POECK 1994). Diese Formen treten bei einer Läsion häufig parallel in Erscheinung. So sind neben leichten Markschädigungen einzelner Nervenfasern andere Nervenbündel komplett oder teilweise getrennt.

2.2.2 Pathologie raumfordernder Prozesse im Wirbelkanal

Pathologische raumfordernde Stenosen im Wirbelkanal können eingeteilt werden in:

- Extradurale Läsionen,
- Intradurale-extramedulläre Läsionen,
- Intramedulläre Läsionen (LANG u. SCHMID 1994; DENNY u. BUTTERWORTH 2000).

Abbildung 2.4: Röntgenologisches Erscheinungsbild extraduraler, intraduraler-extramedullärer und intramedullärer Raumforderungen im Wirbelkanal, Duralsack oder Medulla spinalis in I/I und VD Abbildung.



TARVIN u. PRATA (1980) teilten Stenosen im Wirbelkanal ein in degenerativ oder kongenital bedingte, lokalisierte oder generalisierte Formen und knöcherne oder weichteilbedingte Stenosen.

Nach CHRISMAN (1982) werden raumfordernde Veränderungen, die Paraplegien, Paraparesen oder Ataxien der Hintergliedmaßen verursachen, in kongenitale oder familiäre, infektiöse, traumatische, vaskulär bedingte, degenerative und neoplastische Erkrankungen eingeteilt.

2.2.3 Extradurale raumfordernde Prozesse

Da eine extradurale Läsion eine wichtige Form akuter oder chronischer Kompressionen des Rückenmarks darstellt und in dieser Arbeit simuliert wurde, wird die Pathologie ausführlicher erläutert.

Unter die extraduralen raumfordernden Veränderungen fallen alle unten aufgeführten Pathologien wie:

Bandscheibenvorfälle, Discospondylitis, Hämatome, Vorwölbungen von hypertrophen Ligamenta in den Wirbelkanal, Wirbelfrakturen, Wirbelluxationen, kongenitale Anomalien, Neoplasien (primäre und sekundäre Tumoren), Granulome (LANG u. SCHMID 1994) und Zysten (GREVEL u. COP 1992). Beim Menschen werden differentialdiagnostisch noch Hygrome und Arachnoiditis beschrieben, die extradurale Kompressionen verursachen können (BAKER 2000).

2.2.3.1 Bandscheibenvorfälle

Grundsätzlich treten Bandscheibenvorfälle bei allen Hunderassen auf. Das vorgefallene Bandscheibenmaterial unterscheidet sich je nach Art der degenerativen Veränderungen. ZIPPEL (1996) und PICKUTH et al. (1998) unterschieden bei Bandscheibenvorfällen zwischen Protrusion und Prolaps. Der Prolaps kann pendelnd oder sequestriert sein.

Als Protrusion bezeichnete der Autor eine Riss- und Spaltenbildung im Faserring, Vorwölbung und Sequestrierung des Gallertkerns mit intradiskalen Massenverschiebungen, durch die zermürbte Faserstrukturen nach außen hin allmählich ausgeweitet und vorgewölbt werden. Dieser Zustand ist reversibel.

Bei einem Bandscheibenprolaps ist der Faserring bis zum Längsband durchgerissen, und es bildet sich ein Durchschlupf für degeneriertes oder zum Teil sequestriertes Bandscheibengewebe. Bei noch intakter Verbindung zum Bandscheibeninnenraum kann es wieder zurückschlüpfen und wird dann als pendelnder Prolaps bezeichnet. Ist die Kontinuität zwischen prolabiertem Gewebe und Bandscheibe verlorengegangen, liegt ein sequestrierter Prolaps vor, der irreversibel ist.

Ein Prolaps kann in alle Richtungen prolabieren, findet aber in der Regel in die dorsalen schwächeren Lamellen des Faserrings statt (HANSEN 1952; MÜLLER 1955). Dieser ist von wesentlicherer Bedeutung, da er den Inhalt des Wirbelkanals oder den Inhalt des Foramen vertebrale komprimiert (KÜNZEL 1960). Hierbei ist der Faserring meistens spalt- oder trichterförmig eingerissen und das umliegende Gewebe weist hochgradige regressive Veränderungen auf. Je mehr Pulposusmaterial in den Wirbelkanal ausgepresst wird, desto stärker kollabiert die Bandscheibe, und es kommt zur Verschmälerung des Zwischenwirbelabstandes (HANSEN 1952).

Da die Gefäße und Nerven des Wirbelkanals im epiduralen Fett eine große Ausweichmöglichkeit besitzen, kommt es hier erst bei größeren Vorfällen zu klinischen Auswirkungen. Im Foramen intervertebrale dagegen, das dorsolateral direkt über der

Bandscheibe liegt, sind diese Möglichkeiten weitgehend ausgeschlossen, und es kommt leichter zur Schädigung des Gewebes (KÜNZEL 1960).

Die Zusammensetzung und Konsistenz des prolabierten Bandscheibenmaterials ist sehr unterschiedlich. GREVEL und COP (1992) unterscheiden vor allem drei Formen, die bei allen Hunderassen vorkommen:

1. Ein weiches, weißlich bis gelbliches, käsiges, nekrotisches Material, das verkalkt und röntgenologisch sichtbar ist. Dieses Material kann nach RIST (1982) und HANSEN (1952) durch resorptive Vorgänge wieder an Volumen abnehmen.
2. Ein grau-weißes, aus unterschiedlich großen „Knorpelstücken“ bestehendes Material von harter Konsistenz, das röntgenologisch nicht sichtbar ist und beim Hund wie auch beim Menschen sehr schwere Rückenmarksveränderungen durch explosionsartiges Zerreißen verursacht und nicht wieder resorbiert wird.
3. Faseriges, weiches Material, das von dem Anulus fibrosus stammt. Dieses ist relativ selten und meist in Kombination mit sklerotischen Veränderungen der Wirbelkörperendplatten zu sehen.

HANSEN (1952) unterteilte die Bandscheibenvorfälle in seinen Untersuchungen in zwei Typen: „Hansen-Typ I und -Typ II.

HANSEN Typ I:

Ein eher großer, stark in den Wirbelkanal hineinragender Prolaps mit vollständiger Ruptur des Anulus fibrosus und des Ligaments. Diese Vorfallassmassen können sich auch horizontal über einen gesamten Wirbel verteilen und eine unebene, rauhe Oberfläche aufweisen. Die Bandscheibenmassen sind in der Regel mit der Dura mater durch Fibrin unregelmäßig verbunden. Die Konsistenz ist eher bröckelig und von grau-roter bis grau-gelber Farbe. Dieser Vorfallstyp kommt nach seinen Angaben vor allem bei chondrodystrophischen Hunderassen und bereits im frühen Alter vor. Typisch sind schwere klinische Symptome und ein akuter Verlauf.

HANSEN Typ II:

Dieser ist charakterisiert durch einen kleineren, stärker begrenzten Umfang mit glatter regelmäßiger Oberfläche, fester Konsistenz und grau-weißer bis grau-gelber Farbe. Dieser

partielle Vorfall tritt entweder als eine mediane kammartig scharfe, oder als knospenartige seitlich der Medianen liegende Erhebung des Lig. longitudinale auf. Dieser Bandscheibenvorfallstyp ist bei allen Hunderassen und eher bei älteren Tieren zu beobachten. Es scheint sich nach HANSEN's Angaben eher um einen Alterungsprozess der Bandscheiben zu handeln, der in der Regel chronisch verläuft und klinisch weniger starke oder keine Symptome verursacht.

HOERLEIN (1953a) teilte die Vorfälle in folgende Formen:

1. Hernie ohne Auseinanderbrechen des Anulus fibrosus. Es entsteht nur eine geringe Vorwölbung des Nukleus in den Wirbelkanal.
2. Ruptur des Anulus fibrosus mit Vorfall des Nucleus pulposus in den Wirbelkanal hinein.
3. Ein vor allem beim Menschen vorkommendes Diskusödem, das sich bis in den Wirbelkanal ausdehnt. Dies geschieht vor allem bei jungen Menschen und nur dann, wenn die umliegenden Strukturen zu weich sind, um den Nukleus oder Anulus an seinem Ausdehnen zu hindern.
4. Ruptur des Anulus fibrosus mit Vorwölbung des Nukleus unter das Lig. longitudinale dorsale ohne dessen Zerreißung. Dies kann später eine Hyperplasie des Ligaments und hierdurch eine Einengung des Wirbelkanals verursachen.

FUNQUIST (1962b) wiederum unterteilt die Vorfälle des Hansen Typ I nochmals nach der Erscheinungsform:

1. Prolaps, der knopfartig in den Wirbelkanal hineinragt,
2. Prolaps, bei dem sich ein Teil des Zwischenwirbelscheibengewebes über ein Wirbelsegment ventral im Wirbelkanal ausbreitet,
3. Prolaps, bei dem sich das vorgefallene Material flächenhaft über mehrere Segmente ausbreitet.

Ursachen und Rassedispositionen für einen Bandscheibenvorfall

Nach HANSEN (1952) kommt ein Prolapsus disci intervertebralis häufiger bei chondrodystrophischen Hunden, z.B. Dachshund, Französische Bulldogge, Pekinese, sowie nach SIMPSON (1992) auch beim Beagle, Bassett und Welsh Corgie vor, kann aber auch bei allen anderen Rassen auftreten. Auch Cocker Spaniel wiesen bereits im frühen Alter ähnliche Bandscheibenveränderungen wie chondrodystrophische Hunde auf (SMITH 1959).

DÄMMRICH (1981) zählt zu den chondrodystrophischen Rassen auch die Scotchterrier und Zwergpudel. Auch JOSHUA (1962) rechnet den Scottisch- und Sealyham Terrier, sowie den Pembroke Welsh Corgie zu den chondrodystrophischen Rassen. Nicht hierzu zählt er, trotz gleicher äußerlicher Konstitution, den Skye- und Dandie Dinmont Terrier und den Cardigan Welsh Corgie.

Bei 80 erkrankten Hunden beobachtet GREVEL (1994) schmerzhafte Zustände oder neurologische Ausfälle mit Verdacht auf einen Bandscheibenvorfall: 58% der Hunde gehören einer kleinen, 7,5% einer mittelgroßen und 33,8% einer großen Hunderasse an.

MORGAN und Mitarbeiter (1987) erklären, warum ein Bandscheibenvorfall beim chondrodystrophischen Hund eher zu neurologischen Ausfällen führt: durch den engeren Epiduralraum kommt es bei chondrodystrophischen Rassen schon bei geringen Mengen vorgefallenen Diskusmaterials zu einer Irritation der Nervenfasern oder ersten neurologischen Ausfällen.

Die häufigste Ursache für Veränderungen der Zwischenwirbelscheiben ist eine altersbedingte Dehydratation (fibroide Metamorphose) mit einer Abnahme der Elastizität, die bei allen Hunderassen, aber vor allem bei nicht-chondrodystrophischen Hunderassen, und auch beim Menschen auftritt (HANSEN 1959; GYSLING 1984). Diese Vorgänge finden nach GYSLING (1984) und SIMPSON (1992) bei nicht-chondrodystrophischen Hunden ab ca. dem siebten Lebensjahr statt. SMITH (1959) ist der Meinung, dass die Prozesse des Alterns bereits früher beginnen und es ungewöhnlich wäre, beim Hund nach dem 7. Lebensjahr noch gut hydrierte Bandscheiben zu sehen. HOERLEIN (1979) ist der Auffassung, dass eine Abnahme des Hyaluronsäure- und Mucopolysaccharidgehaltes im Nucleus pulposus zu einem Funktionsverlust führt. HANSEN (1959) ist der Meinung, dass es sich hierbei nicht um degenerative Veränderungen, sondern um einen Prozeß der Reifung handelt. Hieraus folgt vor allem bei nicht-chondrodystrophischen Rassen eine Fibrosierung des Nukleus, sowie Fibrolyse mit körnigem Zerfall an den Lamellen des Anulus fibrosus (HANSEN 1952; TÖNDURY 1953). NAJERA (1975) beschreibt den Prozeß als eine hyaline Degeneration mit nachfolgender Homogenisierung und anschließendem Bruch der Kollagenbrücken in der intramedullären Substanz. Beim Menschen kommt es statt einer fibrösen zu einer fibrocartilaginösen Umwandlung (KING u. SMITH 1955).

Bei chondrodystrophischen Rassen ist eher eine chondroide Metamorphose (HANSEN 1959) erkennbar. Hierbei reduziert sich der Mucopolysaccharidgehalt und Wassergehalt des Pulposusgewebes bereits im ersten Lebensjahr. Stattdessen bildet sich ein eher chondroides

Gewebe, das häufig im Zentrum der Bandscheibe verkalkt (dystrophische Verkalkung) (HANSEN 1952; MÜLLER 1959) oder nekrotisiert (DAHME u. REINACHER 1988). RIST (1982) erklärt den Prozess der Degeneration und Verkalkung durch einen diffusionsbedingten Versorgungsmangel der Bandscheiben. Diese sind nicht mehr sehr flexibel und es kann leichter zu einer Protrusion oder einem Prolaps des Bandscheibenmaterials kommen. LENEHAN (1983) und PRATA (1993) erwähnen noch die Rolle der durch starke Belastung veränderten Wirbelendplatten, die so ihre ernährende Funktion für die Zwischenwirbelscheiben nicht ausführen können. Auch ISHIHARA et al. (1992) führen an aus Schweinen stammenden Bandscheiben inklusiv der Wirbelendplatten Untersuchungen bezüglich der Aussetzung unterschiedlicher Vibrationsfrequenzen durch. Hierbei stellen sie fest, dass die Elastizität des Bandscheibenkomplexes bei Vibrationen über 11 Hz abnimmt. Der Proteoglykangehalt im Anulus fibrosus ändert sich im Gegensatz zum Nucleus pulposus nicht. Insgesamt konnte festgestellt werden, daß der Proteoglykangehalt des Nucleus pulposus bei länger anhaltender Vibration abnahm, wodurch es eher zu Zerreißen der Gewebestrukturen kommt.

OSTI et al. (1990) haben an Schafen künstliche Anulusfaserrisse induziert und die Folgen kernspintomographisch beobachtet. Nach ihren Erkenntnissen kommt es durch feinste Risse im Anulus fibrosus eher zu Degenerationsprozessen der Bandscheibe. Für eine Degeneration soll primär nicht eine Dehydratation, sondern die Veränderung des Proteoglykangehaltes und erst sekundär die Dehydratation eine Rolle spielen. Diese trat in ihren Untersuchungen erst ca. 12 Monate nach einem Riss im Faserring auf.

THOMPSON et al. (2000) erwähnen, dass geschädigte Bandscheiben einen negativen Effekt auf die Flexibilität der Wirbelsäule haben. Dies wurde an einem Modell mit menschlichen Wirbelsäulen festgestellt. So sind Wirbelsäulen mit gerissenem Anulus fibrosus und folgenden Degenerationen nicht so beweglich in der Flexion, Extension und Torsion. Diese Steifheit führt zur Verschiebung der Belastungen und so zu weiteren Schädigungen der Wirbelsäule.

Auch Katzen neigen nach LOEFFLER (1967) im starken Maße zu Zwischenwirbelscheibenveränderungen, ohne dass jedoch bei diesen Tieren deutliche Krankheitssymptome auftreten.

Lokalisation der Bandscheibenvorfälle

Über die gesamte Wirbelsäule betrachtet treten am häufigsten im Bereich T12-T13 Bandscheibenvorfälle auf (GAGE 1975 a; BROWN et al. 1977; HOERLEIN 1978; DORN 1998). Bei HOERLEIN (1978) entfallen 48% der Bandscheibenvorfälle auf diesen Bereich. Er gab an, dass im Bereich der Halbwirbelsäule (C2-C3) 10%, zwischen T8-T10 nur 5% und im Lendenbereich (L3-L7) 30% der Vorfälle stattfinden. HANSEN (1951) beobachtete die meisten Vorfälle im Bereich T13 / L1. DORN (1998) stellt bei 28,5 % der insgesamt 193 von ihm untersuchten Hunde einen Vorfall zwischen T12/13, bei 20,2 % zwischen T13/L1 fest. Zwischen dem gesamten Bereich T11 bis L2 treten 75,2% der Bandscheibenvorfälle auf. Im Bereich der Halswirbelsäule entsteht laut BOJRAB (1971) zwischen C2 und C3 am häufigsten ein Prolaps. Im Thorakalbereich kommt es nach seinen Erkenntnissen erst wieder ab T10 zu Bandscheibenvorfällen. Das seltene Auftreten von Vorfällen im Bereich der Brustwirbelsäule wird durch die geringere Beweglichkeit und Stabilisierung durch die Rippen bewirkt (VAUGHAN 1958; HANSEN 1959; MORTENSEN 1979; RAW 1987). Es kommt noch die Verstärkung des ventral im Wirbelkanal liegenden Lig. longitudinale dorsale durch das Lig. conjugale costarum hinzu (HANSEN 1952; WOLVEKAMP 2001).

Die Richtung des Prolapses ist unterschiedlich und variiert von dorsomedial, dorsolateral in den Wirbelkanal hinein, aber auch nach ventral mit zusätzlichem Lamellenbruch (HANSEN 1952). LINDBLOM (1941) untersuchte beim Menschen das Vorkommen und die Lokalisation von Protrusionen und Hernienbildungen des Zwischenwirbelscheibengewebes in der Lendenwirbelsäule. Er stellt neben Vorfällen in die Mediane im Wirbelkanal auch Hernien in die Foramina intervertebralia hinein, bzw. nach lateral außerhalb des Wirbelkanals mit folgenden Nervenquetschungen fest. Diese Bandscheibenvorfälle zeigen zum Teil keine pathologischen Formveränderungen innerhalb des Wirbelkanals. Auch MIXTER u. BARR (1934) stellen beim Menschen Rupturen der Bandscheibe in die lumbalen Foramina intervertebralia fest. FELTS u. PRATA (1982) beschreiben bei 7 Hunden mit einseitiger Vorderhandlahmheit das Auftreten eines Diskusprolapses nach rechts oder links in das Foramen intervertebrale hinein. Sie machen deutlich, wie wichtig diese Lokalisation in Hinblick auf die Untersuchung ist, da diese Vorfälle häufig übersehen werden.

2.2.3.2 Discospondylitis

Eine Discospondylitis wird als ein bakteriell fortschreitender, die Zwischenwirbelscheiben betreffender Prozess beschrieben, der sich auf die benachbarten Wirbelkörperendplatten, sowie benachbarte Wirbelabschnitte ausbreiten kann. Seltener sind Pilzinfektionen Ursache für diese Erkrankung (MOORE 1992a; LUTTGEN 1994). Als hauptsächliche Erreger kommen *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus intermedius*, *Brucella canis* oder *Streptococcus* spp. vor, seltener *E. coli*, *Pasteurella multocida* oder *Nocardia* spp. (GAGE 1975 b). Durch eine hämatogene Ausbreitung gelangen die Erreger in die Bandscheiben und Wirbelknochen. Ihr Ursprung ist häufig ein Abszess, eine Endokarditis, Haut- und Zahnerkrankungen, oder urogenitale Infektionen (LE COUTEUR u. CHILD 1989). Eine geringe Durchblutung der Wirbelendplatten soll die Ansiedlung der Keime begünstigen. Von hier aus diffundieren sie in die angrenzenden Bandscheiben. Durch die fortschreitende Verschmälerung der Zwischenwirbelscheiben und Lyse der Wirbelkörperendplatten kann es zum vollständigen Kollaps der Spatia intervertebralia mit sklerotischen Knochenenden und starken Knochenproliferationen kommen. Im Endstadium sind die Endplatten benachbarter Wirbel durch proliferiertes Knochengewebe fest miteinander verbunden. Radikuläre und spinale Kompressionen treten vor allem durch die Knochenzubildungen an den Wirbelkörpern auf (GILMORE 1986; MOORE 1992a).

Am häufigsten betroffene Wirbelsegmente sind die mittleren thorakalen, kaudalen zervikalen und vor allem das lumbosakrale Segment. Die Diskospondylitis tritt am häufigsten bei großwüchsigen Hunderassen, und hier wieder am häufigsten beim Deutschen Schäferhund auf (KORNEGAY u. BARBER 1980; GILMORE 1986; MOORE 1992a).

2.2.3.3 Laterale Recessus Stenose (lateral recess syndrome)

Dieses in der Humanmedizin beschriebene Syndrom beruht auf einer Verengung des lateralen Recesses (*Incisura vertebralis caudalis*) und hierdurch bedingten Kompression der Nervenwurzeln im Wirbelkanal oder im Foramen intervertebrale. Die Höhe des lateralen Recesses wird beeinflusst durch die Höhe und Länge der Pedikel, die Form und Größe der Fassetngelenke (speziell der Höhe des kranialen Fassetngelenks), die Form der Wirbelkörper und deren Endplatten und den weitesten Abstand des kaudalen Randes des Spinalkanals eines Wirbels (CIRIC et al. 1980; PEYSTER u. REDDY 2000).

2.2.3.4 Wirbelluxationen und -frakturen

Luxationen

Luxationen einzelner Wirbel treten oft im Bereich der Halswirbelsäule im Rahmen des zervikalen Malformations-/Malartikulationssyndroms (CMM) großer Hunderassen (Dobermann) auf. Wirbelluxationen entstehen durch biomechanische Veränderungen des Bindegewebes um die Wirbel herum, wie Hypertrophie des Ligamentum flavum, durch verformte Wirbelkörperendplatten, die aufeinander gleiten oder durch Wirbelgelenkflächenvergrößerungen (OLSSON et al. 1982; VAN GUNDY 1988; LINCOLN 1992). Bei Dislokationen von Wirbeln infolge gedeckter Traumata kann es zu größeren Quetschungen, Zertrümmerungen und Blutungen im Bereich des Rückenmarkes kommen. Am häufigsten sind starke oder vollständige Unterbrechungen des Rückenmarkes bei Wirbelfrakturen und -luxationen infolge von Autounfällen zu finden (JOEST 1968).

Frakturen

Neben den bereits erwähnten Autounfällen, sind auch Beißereien, Schläge, Stürze oder Schußverletzungen Ursachen für Wirbelfrakturen. Durch in den Wirbelkanal hineinragende Knochen- oder Weichteilgewebe sowie Blutungen kommt es zu einer Kompression des Nervengewebes (WHEELER 1992). Im Bereich der Lendenwirbelsäule treten häufig Frakturen auf (50,6% von 625 Hunden). Hier ist der Bereich L1-L2 am wenigsten, der kaudale Bereich am häufigsten betroffen.

SHORES (1992) teilt Wirbelfrakturen nach ihrer mechanisch-traumatischen Genese in Hyperextensions- und Hyperflexionsfrakturen einerseits, in Kompressionsfrakturen andererseits ein. Diese werden in keilförmige Kompressionsfrakturen und Trümmerfrakturen unterteilt. LE COUTEUR u. CHILD (1989) erwähnen noch die Spontanfrakturen.

Flexionsfrakturen der Wirbelsäule sind häufiger als Extensionsfrakturen und führen auch zu stärkeren neurologischen Ausfallerscheinungen. Durch eine Hyperextension der Wirbelsäule kommt es zur Verlagerung der Wirbelkörper und möglicher Ruptur der Bandscheibe in den Wirbelkanal hinein. Eine Rotation führt zusätzlich zur Instabilität. Extensionsfrakturen kommen durch vermehrten Druck von dorsal auf die Wirbelsäule zustande. Eine Hyperextension entsteht nach einem Kollaps der Fasettengelenke mit nachfolgendem Bandscheibenbruch nach ventral.

Keilförmige Kompressionsfrakturen werden durch starken axialen Druck auf die Wirbel in Kombination mit einer Flexion verursacht. Hierdurch erhöht sich der Druck auf die Wirbelendplatten der Wirbelkörper und diese geben nach. Diese Brüche treten vor allem im zervikothorakalen, thorakolumbalen und lumbosakralen Bereich auf.

Trümmerfrakturen entstehen ebenfalls durch Flexion mit gleichzeitiger axialer Kraftentwicklung. Dies führt zur Zersplitterung des Wirbelkörpers und einer oder beider Endplatten.

Spontanfrakturen treten zum Beispiel im Rahmen einer Diskospondylitis auf. Durch fortgeschrittene Knochendeformation der Wirbelkörper kann es zur Instabilität und so zum Wirbelzusammenbruch kommen. Die hierdurch oft in den Wirbelkanal hineinragenden Knochen oder Bindegewebefragmente können zu starken neurologischen Ausfällen führen (LE COUTEUR u. CHILD 1989).

2.2.3.5 Vaskulär bedingte Pathologien

Hämorrhagien

Ursachen für Blutungen sind sämtliche, auch für andere Organsysteme maßgeblichen Kapillarwandschädigungen, angefangen von septischen, allergischen, chemisch-toxischen und tumorösen Ursachen bis hin zu traumatischen Einwirkungen (DAHME u. REINACHER 1988). Treten spontane Blutungen auf, so muß immer an Hämangiome (BAKER 2000) oder Gerinnungstörungen gedacht werden. Letztere sind jedoch selten (CHRISMAN 1982). GRIFFITH (1972) vermutet, dass nach einem Bandscheibenvorfall nicht die mechanische Obstruktion der medullären Blutgefäße starke Hämorrhagien hervorruft, sondern der venöse Stau im kaudalen Bereich des Rückenmarkes in Kombination mit einem Blutdruckanstieg. Die anschließenden Vasospasmen führen zur weiteren Reduktion der Blutversorgung.

Vaskuläre Mißbildungen

Im Vergleich zum Menschen sind beim Hund vaskuläre Mißbildungen sehr selten. Ein kavernöses Angiom wurde bereits beschrieben. Diese Mißbildungen führen zu chronischer Hypoxie, lokalen Ödemen, Nekrosen und Blutungen im Rückenmark (CHRISMAN 1982).

Ödeme

Ursachen für Ödeme im Epiduralraum stellen Zellschädigungen im Dural- und Epiduralraum dar, die z. B. durch Traumata wie Bandscheibenvorfälle entstanden sind (JANSSENS 1991). Ein Ödem kann sich nur in beschränktem Umfang entwickeln, da der beanspruchbare Raum durch das knöcherne Skelett begrenzt ist. Neben anderen raumfordernden Prozessen ist das Ödem die wichtigste Umfangsvermehrung. Es kommt durch die Zellschädigung zu schwammigen kleinvakuoligen Gewebeveränderungen (DAHME u. REINACHER 1988). Die hierdurch entstandene Schwellung im Wirbelkanal kann das weiche Rückenmark oder Blutgefäße sehr leicht komprimieren und zusätzlich schädigen. Dieser Prozess geschieht innerhalb der ersten 24 Stunden nach einem Trauma (BRAUND et al. 1990; JANSSENS 1991). Wie bereits oben erwähnt, war TARLOV u. KLINGER (1954) dagegen der Meinung, dass Ödeme nicht zu einer Rückenmarkschädigung führen konnten.

Fibrocartilaginöse Embolien

FibroKartilaginöse Embolien können infolge eines Bandscheibenvorfalles entstehen (NEER 1992). Hierbei können Teile des vorgefallenen Bandscheibenmaterials die Arteriolenwand oder den Venensinus durchdringen. Außerdem kann Bandscheibenmaterial durch die Wirbelkörperendplatten in das Knochenmark durchbrechen (Schmorl'sche Körperchen in der Hum. Med.) und so in das Venensystem gelangen und Ischämien am Rückenmark verursachen. Vor allem große Hunderassen und nicht-chondrodystrophische Rassen seien vermehrt betroffen. Eine Diagnose kann klinisch durch Ausschlussuntersuchungen vermutet, aber definitiv nur histologisch gestellt werden.

2.2.3.6 Spondylosis deformans

Bei der Spondylosis deformans kommt es in der Regel zu lateralen und ventralen Exostosen an den Wirbelkörpern. Sie sind häufig in Zusammenhang mit einem Diskusprolaps oder einer Instabilität der Wirbel zu sehen und treten vor allem bei großwüchsigen Hunderassen lokalisiert oder generalisiert entlang der gesamten Wirbelsäule auf (MORGAN et al. 1967). WEIDL (1998) teilte diese in vier Schweregrade ein. Außer im lumbosakralen Übergang kommt es nur selten alleine durch die Spondylosen zu neurologischen Ausfällen. Im lumbosakralen und sakrokokzygealen Übergang werden die Nervenwurzeln häufiger durch

nach dorsal ragende Exostosen komprimiert (CHRISMAN 1982). Beim Hund kann man zwischen der juvenilen Spondylose und der Altersspondylose unterscheiden. In den meisten Fällen jedoch ist die Spondylosis deformans ein alterskorrelierter Prozess (WEIDL 1998). Eine Rassedisposition besteht vor allem beim Boxer (LOEFFLER 1967), DSH, Dt. Dogge, (WEIDL 1998), Airdale Terrier und Cocker Spaniel (MORGAN et al. 1967). Beim Boxer besteht nach den Angaben von MORGAN et al. (1967), MÜHLEBACH u. FREUDIGER (1973) und EICHELBERG et al. (1989) auch eine familiäre und geschlechtsbezogene Disposition.

2.2.3.7 Neoplasien

Das Auftreten von Tumoren im Spinalkanal kann über die Lokalisation (extradural, intradural-extramedullär, intramedullär) eingeteilt werden (MORGAN et al. 1972b; PRATA 1977). Zusätzlich unterscheidet man primäre und sekundäre, sowie maligne von benignen Tumoren (SUTER et al. 1972).

Etwa die Hälfte aller Tumoren liegen extradural im Wirbelkanal. Darunter fallen vor allem Osteosarkome, Fibrosarkome, Chondrosarkome und Hämangiosarkome, Neurinome, Neurofibrome/ -sarkome, Schwannome, Meningeome und Lymphosarkome. Benigne und maligne Tumoren treten ungefähr gleich häufig auf (MORGAN et al. 1972b; PRATA 1977; WRIGHT et al. 1979; LUTTGEN et al. 1980; LUTTGEN 1992). Betroffen sind am häufigsten große Hunderassen (LUTTGEN et al. 1980).

Eine sehr große Zahl der Tumoren im Extraduralraum beim Menschen sind maligne Metastasen, die vor allem in den Wirbeln, aber auch im weichen Binde- und Fettgewebe liegen. Zum Beispiel kommt es bei Lymphomen oder Sarkomen nicht zur Knochenbeteiligung. Sie reichen häufig über mehrere Wirbelsegmente (BAKER 2000).

Knochentumoren mit einem progressiven Wachstum zerstören den Wirbel und nehmen zum Teil den Spinalkanal mit Rückenmark oder Nervenwurzeln ein. Den Knochen betreffende Tumoren sind häufig sehr destruktiv. Neural beginnende Tumoren mit Ursprung in den Nervenwurzeln oder den Meningen führen zu langsam fortschreitenden meist einseitigen Ausfallserscheinungen (WRIGHT et al. 1979).

2.2.3.8 Zysten

GREVEL u. COP (1992) stellen in zwei Kleinpudeln extramedullär liegende, Nucleus pulposus-große, flüssigkeitsgefüllte Zysten fest. Auch bei einem Deutschen Schäferhund wird während der Operation eine dickwandige Zyste gefunden, die, so vermuten die Autoren, ein vorgefallener, umgewandelter Nucleus pulposus sein könnte (Kolliquationsnekrose). Bei dem DSH kam es zu fortschreitenden neurologischen Ausfallserscheinungen der Hintergliedmaßen.

2.2.3.9 Kongenitale Malformationen

Durch Malformationen werden nur selten primär Symptome hervorgerufen. In der Regel verursachen die Mißbildungen sekundäre Stenosen im Wirbelkanal, progressive Deformationen und Instabilität der Wirbel mit degenerativen Bandscheibenveränderungen. Zu den Malformationen gehören Hemivertebrae (Schmetterlingswirbel), Blockwirbelbildungen, Keilwirbel, Dens-Malformationen, occipitoatlantoaxiale Malformationen, osteokartilagäre Exostosen und Spina bifida. Auch an den Nervenwurzeln, den Spinalnerven oder dem Rückenmark selbst können Missbildungen auftreten (MORGAN 1968; BAILEY u. MORGAN 1993).

Bei Hemivertebrae (auch Schmetterlingswirbel genannt) kommt es zur fehlerhaften Ossifikation der rechten und linken Seite der Wirbelkörper. Sie sind häufig zusammen mit einer Skoliose zu sehen und treten vor allem bei Boston Terriern und englischen Bulldoggen auf. Es sind mit dieser Erkrankung jedoch nicht immer neurologische Ausfallserscheinungen verbunden (CHRISMAN 1982; BURK u. ACKERMANN 1996).

Kartilaginöse Exostosen sind meist multiple auftretende, partiell verknöcherte Vorsprünge, die von den Wirbeln ausgehen. Ragen die Exostosen in den Wirbelkanal hinein, können sie Kompressionen des Nervengewebes oder der Blutgefäße verursachen (CHRISMAN 1982).

2.2.3.10 Vorwölbungen der Ligamenta in den Wirbelkanal

Die Hypertrophie des Ligamentum longitudinale dorsale oder Ligamentum flavum kommt unter anderem durch eine Instabilität der Wirbel zustande. Vor allem bei Malformationen der Wirbel wird dieses beobachtet (VERBIEST 1990; BAILEY u. MORGAN 1993). Im Zusammenhang mit anderen Wirbelveränderungen kommt es häufig zu einer sklerotischen

Verdickung des Lig. flavum im Wirbeldach. Allein diese Verdickung des Ligamentum flavum kann zu Rückenmark- oder Spinalnervenkompressionen führen (MOIEL et al. 1967). Vor allem im Lumbosakralsegment ist die Verdickung des Lig. flavum ein Grund für Stenosen, da es hier zu stärkeren Flexions- und Extensionsbewegungen kommt und so das Ligament gestaucht wird und auf das Nervengewebe drückt (PRATA 1993). Auch WATT (1991) fand in drei von 18 untersuchten Hunden ein verdicktes Ligament im Segment L7/S1 als Ursache für eine Stenose im Wirbelkanal.

2.2.4 Intradurale-extramedulläre raumfordernde Prozesse

Intradurale-extramedulläre Läsionen werden vor allem durch Neoplasien wie Meningeome (LANG u. SCHMID 1994), Neurofibrome, -sarkome, -schwannome und Metastasen der Lymphosarkome verursacht (LUTTGEN 1992).

Aber auch Blutungen sind nicht selten. Die häufigsten Blutungen stellen subdurale Hämatome dar. Diese sind eher flächenhaft, können gelegentlich aber massive Koagula bilden und zur Verschiebung des anliegenden Nervengewebes führen (JOEST 1968).

2.2.5 Intradurale-intramedulläre raumfordernde Prozesse

Intradurale-intramedulläre Läsionen entstehen in der Regel durch Neoplasien (Astrozytome, Ependymome, Medulloepitheliome und Lymphosarkometastasen) (LUTTGEN 1992), durch Hämorrhagien, Ödeme, Infarkte, Granulome, kongenitale Malformationen und Meningozelen (LANG u. SCHMID 1994).

2.3 Diagnostik thorakolumbalen pathologischer Raumforderungen

2.3.1 Indikation

Einer röntgenologischen Untersuchung der Wirbelsäule (Nativ- und Myelographieröntgenaufnahmen) sollte immer eine ausführliche Anamnese, Allgemeinuntersuchung und neurologische Untersuchung des Tieres vorausgehen. Durch die neurologische Untersuchung erlangt der Untersucher bereits Informationen über die Lokalisation des geschädigten Segmentes und den Schweregrad der Erkrankung und kann damit die Prognose einfacher abschätzen (MOORE 1992 b; SEIM 1995). Die Röntgendiagnostik ist für eine genaue Diagnose bezüglich des Segmentes und der Seitenlokalisation des raumfordernden Prozesses, sowie zur Prognoseabschätzung unerlässlich (HOERLEIN 1953 b; NOLTE 1987; MOORE 1992 b; SLOCUM et al. 1998).

WOLVEKAMP (2001) teilt die Untersuchung in drei Schritte ein:

1. Herkömmliche Röntgenuntersuchung der Wirbelsäule ohne Kontrastmittel;
2. Interpretation der so erhaltenen Übersichtsaufnahmen der Wirbelsäule;
3. Wenn erforderlich, eine Röntgenkontrastmitteluntersuchung des Rückenmarks (Myelographie).

2.3.2 Röntgenbildqualität

Um Details auf Röntgenbildern gut auswerten zu können, ist eine gute Röntgenbildqualität (Schärfe, Kontrast und Auflösung) erforderlich. Hierzu tragen viele Faktoren bei. Einmal ist die Qualität des Bildes durch das Röntgengerät selbst (Lichtfeldabweichungen, Kontrastdarstellbarkeit durch Streustrahlung, Rastertyp, Auflösung, Leistung des Gerätes), aber auch durch dessen Einstellungen und die Lage des Objektes (kV, mA, Fokus-Film Abstand, Fokus-Objekt Abstand, Objekt-Film Abstand, Fokussierung) beeinflusst (CARLSON 1961; BARBER u. LEWIS 1982; BITTERDORF et al. 1988; THRALL u. WIDMER 1998; McCLANAHAN 1999; DU PONT WELLHÖFER 2001). Auch die Film- und Verstärkerfolienwahl sowie der Entwicklungsprozess sind entscheidend für die Röntgenbildqualität (KNÜPFER 1988; DOUGLAS et al. 1991).

Außerdem spielt die Lagerung und die Bewegung des Tieres während der Aufnahmen eine entscheidende Rolle. Um eine Röntgenaufnahme der Wirbelsäule in guter Qualität erstellen zu können, ist eine Sedation oder Allgemeinnarkose des Hundes sinnvoll (WHEELER 1989; LINCOLN 1992; SCHWARTAU 1996; THRALL 1998; WALKER 1998; DENNY u.

BUTTERWORTH 2000). Hierdurch wird eine gute Relaxation der Muskeln für eine optimale gerade Lagerung gewährleistet und eine mögliche Bewegungsunschärfe verhindert (DENNIS 1987; BRAWNER 1993). Speziell Rotationen zur Längsachse der Wirbelsäule entstehen leicht bei nicht narkotisierten Tieren, wodurch die Aussagekraft z.B. über die Intervertebralspalten sinkt (SANDE 1992; LAMB 1994).

Es sollte die gesamte Wirbelsäule in mehreren Abschnitten (jeweils HWS, BWS, BWS-LWS Übergang und LWS) geröntgt werden, um einen Überblick über alle darstellbaren pathologischen Veränderungen zu gewährleisten (DENNIS 1987; LANG 1988; DOUGLAS et al. 1991; BRAWNER 1993; MORGAN 1993; WOLVEKAMP 2001). Der Zentralstrahl sollte auf den interessierenden Bereich der Wirbelsäule zeigen, um ein gutes Bild zu erlangen (BARTELS 1984).

2.3.3 Nativaufnahmen

Im Bereich der Lendenwirbelsäule sind Übersichtsaufnahmen (Standardprojektionen) mindestens in zwei Ebenen im I/I und VD Strahlengang erforderlich (GALANSKI 1986; BRAWNER 1993; MORGAN 1993; WOLVEKAMP 2001). Diese ermöglichen bereits häufig die Lokalisation des betroffenen Segments und in manchen Fällen auch die Feststellung der Seite der Raumforderung (SCHWARTAU 1996). Ebenfalls können Wirbelfrakturen, -luxationen, kongenitale Veränderungen (BRAWNER 1993; MORGAN et al. 1972b) sowie degenerative Erkrankungen zum Teil bereits anhand der Nativröntgenaufnahmen erkannt werden (MORGAN 1993).

Die Standardaufnahmen können durch Zusatzuntersuchungen ergänzt werden, die unterschiedliche Ziele verfolgen. In der Humanmedizin dienen Spezialprojektionen (Schrägprojektionen, Funktionsaufnahmen) in erster Linie der übersichtlicheren Darstellung einzelner Wirbel- oder Wirbelsäulenabschnitte, die auf Standardaufnahmen nicht befriedigend beurteilbar sind und tragen zur Abklärung verdächtiger Befunde bei. Beim Menschen können anhand der 45°-Schrägprojektionen im nativen Röntgenbild die Foramina intervertebralia sowie die Wirbelbogengelenke besser dargestellt werden (GALANSKI 1986).

Funktionsaufnahmen erlauben über die rein statisch-morphologische Diagnostik hinaus in gewissem Umfang auch eine Beurteilung funktioneller Parameter (GALANSKI 1986; MORGAN 1993; WOLVEKAMP 2001).

Ist der genaue Wirbelabschnitt noch nicht zu eruieren, werden Kontrastströntgenaufnahmen (Myelographien) der Wirbelsäule angeschlossen (BUTTERWORTH u. GIBBS 1992). Dies

ermöglicht die Darstellung und Beurteilung des Wirbelkanals mit seinem Inhalt (GALANSKI 1986; BRAWNER 1993).

2.3.3.1 Strahlengänge

l/l Strahlengang

Die allgemein gebräuchliche Bezeichnung „latero-lateral“ kann in zwei Strahlengangsrichtungen durchgeführt werden.

Liegt die rechte Körperseite filmnah, so spricht man von einer sinistro-dextralen Aufnahme; beim Strahlengang in entgegengesetzte Richtung (rechts nach links) von einer dextro-sinistralen Aufnahme (ZIMMER-BROSSY 1992).

Eine Aufnahme im dextro-sinister lateralen Strahlengang wird nach PARK u. LEBEL (1989) beschrieben als eine „sinistro-dexter lateral“ Ansicht.

Nach MORGAN (1993) ist die Richtung des Strahlenganges für die seitliche Wirbelsäulenaufnahme (sinistro-dexter, oder dextro-sinister) in Bezug auf die Interpretation nicht relevant, jedoch sollte aus Gründen der Vergleichbarkeit immer die gleiche Lagerung und Betrachtungsweise gewählt werden. BUTTERWORTH u. GIBBS (1992) und MORGAN (1993) führen diese in rechter Seitenlage (rechte Thoraxwand filmnah), DENNIS (1987) und WOLVEKAMP (2001) in linker Seitenlage (linke Thoraxwand filmnah) durch. Hierzu wird der Tierkörper mit röntgendurchlässigen Kissen unter dem Hals, und je nach Tier unter den ventralen Thoraxbereich und in der Lumbalgegend gepolstert. Um eine Rotation zu verhindern, sollten ebenfalls Kissen zwischen die nach kranial und kaudal leicht vorgezogenen Vorder- und Hintergliedmaßen gelegt werden (DOUGLAS et al. 1991; MIDDLETON 1993; MORGAN 1993; WOLVEKAMP 2001). Der Zentralstrahl wird an der Lendenwirbelsäule in Höhe von L3-L4, oder auf den interessierenden Bereich angesetzt (MIDDLETON 1993; BILLER u. HAIDER 1994).

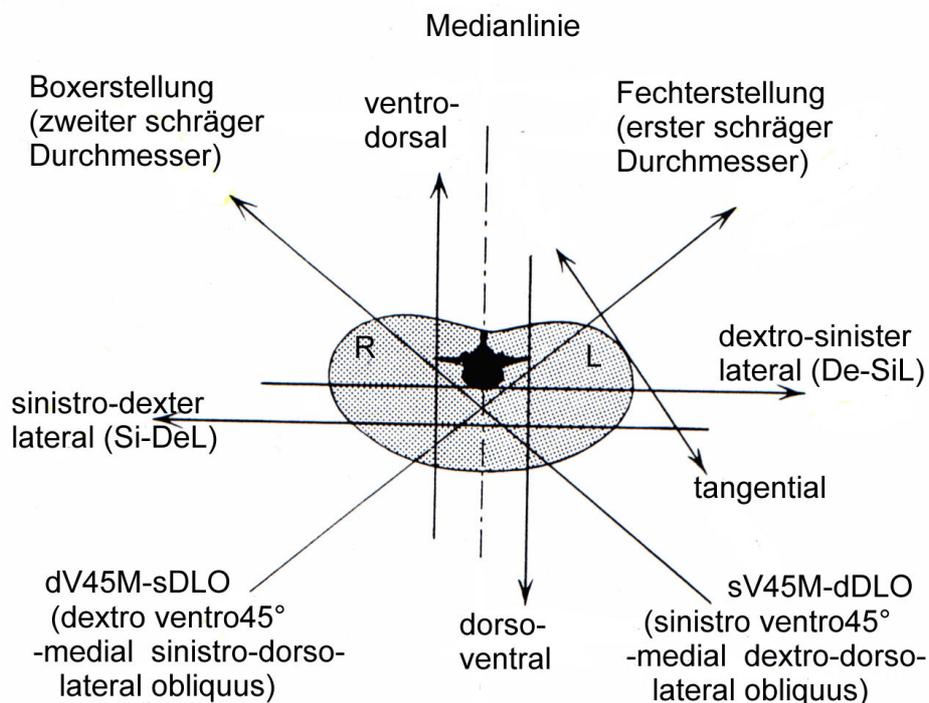
VD Strahlengang

In der VD Röntgenebene können Kissen lateral des Thorax plaziert oder das Tier mit Stricken fixiert werden (aus Strahlenschutzgründen sollten Tiere möglichst nie manuell gehalten werden). Am sinnvollsten ist die Lagerung in einem strahlendurchlässigen Plexiglaskeil. Die Vorder- und Hintergliedmaßen sollten nach kranial (Vorderbeine) und kaudal

(Hintergliedmaßen) gestreckt und ausgebunden werden (CARLSON 1961; SCHEBITZ u. WILKENS 1980; MIDDLETON 1993; BILLER u. HAIDER 1994). Der Zentralstrahl sollte bei dieser Aufnahme in Höhe L4/L5 liegen (MIDDLETON 1993).

Weiter erwähnt MORGAN (1993), dass statt der VD Aufnahme beim Hund auch die DV Ebene für Nativaufnahmen wie auch für Myelographien möglich ist, obwohl die VD einfacher zu erstellen ist. Auch HOERLEIN (1953b) und MORGAN et al. (1972a) beschreiben die Durchführung der Wirbelsäulenröntgenaufnahmen im DV Strahlengang.

Abb. 2.5: Röntgenologische Standardprojektionen, modifiziert nach Zimmer-Brossy (1992):



Native Schrägaufnahmen

In der Humanmedizin ist die Anfertigung der nativen 45°-Schrägaufnahmen vor allem an der HWS und LWS üblich. Gewisse Strukturen der Wirbelsäule lassen sich überhaupt nur in Schrägaufnahmen erfassen oder werden in dieser Projektion deutlicher dargestellt. Aufgrund der ungewohnteren Projizierung erweist sich ihre Auswertung jedoch schwieriger als die l/l und VD und bedarf somit größerer Erfahrung und einer guten Kenntnis der anatomischen Strukturen (SIMONS 1951; SANDE 1992). Sie werden in der Humanmedizin zur Darstellung der orthograd projizierten Foramina intervertebralia, Zwischenwirbelgelenke und Bogenwurzeln (Pedikel) angefertigt (BROWN u. EVANS 1973). An der LWS können laut

GALANSKI (1986) in dieser Projektion (45°) die Foramina intervertebralia nicht dargestellt werden, an der Brustwirbelsäule werden eher 20° -Schrägaufnahmen zur Beurteilung der Zwischenwirbelgelenke verwendet. SIMONS (1951) weist darauf hin, dass die Angaben der Drehungswinkel in der Regel keine mathematisch genauen Werte, sondern nur Näherungswerte darstellen, da sich diese in der praktischen Arbeit nicht exakt durchführen lassen. An der HWS sind nach seinen Angaben beim Menschen die Wirbelgelenke im 82° -Winkel, von der ventrodorsalen Ebene ausgehend, darzustellen, die Foramina intervertebralia in einem 55° -Winkel. An der Brustwirbelsäule können die Wirbelgelenke und Wirbelkörper im 70 - 75° -Winkel beurteilt werden. Im Bereich der Lendenwirbelsäule ist die Schrägaufnahme für die Darstellung der Wirbelgelenke unentbehrlich. Hierzu wird eine Drehung um 45° durchgeführt. Um eine Rotation innerhalb der Wirbelsäule zu vermeiden, muß die Wirbelsäule möglichst gerade liegen. Vor allem im Lumbosakralübergang kommt es häufig zu Rotationen, wodurch die Beurteilung dieser Gelenke nicht mehr möglich ist.

LANG (1987) rät, auch beim Hund zur genauen Beurteilung der Foramina intervertebralia der Wirbelsäule native 45° -Schrägaufnahmen durchzuführen. Er erwähnt aber nicht, in welchem Bereich diese sinnvoll sind. OWENS (1989) führt ebenfalls die rechte und linke Schrägaufnahme als zusätzliche Aufnahmen an. Nach DENNY u. BUTTERWORTH (2000) und VON SALIS-SOGLIO et al. (2001) sind so auch beim Hund die Wirbelgelenke besser beurteilbar.

Die Auswertung der rechten und linken nativen Schrägaufnahmen muss in Bezug auf Lagerungsungenauigkeiten mit Kritik gesehen werden und stets unter Vergleich beider Seiten. Zur Beurteilung der Übereinstimmung der Winkelung auf der rechten und linken Schrägaufnahme hat sich bewährt, die genaue Lage der filmnahen Querfortsatzenden der einen Aufnahme mit der Lage auf der anderen Aufnahme zu vergleichen. Diese sollten zu gleicher Länge aus dem Schattenfeld der Wirbelkörper herausragen. Dies verhindert voreilige Schlüsse aufgrund von gewissen Projektionsunterschieden (SIMONS 1951).

Die Schrägaufnahme sollte immer gut beschriftet (GALANSKI 1986) und definiert werden, um Fehler auszuschließen (SIMONS 1951). Aus einer Vielzahl von Projektionsangaben haben sich nur wenige bewährt. So ist nicht nur die anliegende Seite zu kennzeichnen, sondern auch die Strahlengangrichtung in Form von a.-p. oder p.-a. Aufnahme (anterior-posterior oder posterior-anterior) zusammen mit der Grad-Angabe (z.B. 20° , 45° , 70° , 80°). Dies wird damit begründet, dass bei einer starken Schräglagerung z.B. bei einer a.-p. 70° -Projektion die anliegenden Foramina, bei einer p.-a. 70° -Projektion dagegen die kontralateralen abgebildet werden.

PARK u. LEBEL (1989) bezeichnen die Aufnahmen beim Tier sehr ausführlich und anschaulich nach der Richtung des Strahlenganges mit z.B. dextro ventromedial-sinistro dorsolateral 45° obliquus (dV45M-sDLO). Die andere Ebene wird als sinistro ventromedial-dextro dorsolateral 45° obliquus (sV45M-dDLO) definiert.

Anders beschreibt ZIMMER-BROSSY (1992) die 45°-Schrägaufnahmen und SIMONS (1951) die 25°-30°-Schrägaufnahmen beim Menschen unter Drehung des Patienten aus der Rückenlage. Sie bezeichnen die Aufnahmeebenen als den „ersten oder zweiten schrägen Durchmesser“. Statt vom „ersten schrägen Durchmesser“, wird auch von der „Fechterstellung (rechte Schulter vorne) oder angloamerikanisch RAO = right-anterior-oblique gesprochen. Der „zweite schräge Durchmesser“ wird als „Boxerstellung“ (linke Schulter vorne), angloamerikanisch auch LAO = left-anterior-oblique bezeichnet, die in der Humanmedizin als Standarddefinitionen gelten.

KIRBERGER (1994) bezeichnet die 45°-Schrägaufnahmen mit „right-dorsal left“ und „left-dorsal right“. D.h. der Strahlengang geht von rechts ventral nach links dorsal, oder von links ventral nach rechts dorsal. MATEUCCI et al. (1998) bezeichnet diese ähnlich mit „ventral right-dorsal left oblique“ („ventral rechts-dorsal links schräg“).

Funktionsaufnahmen

Dies sind Aufnahmen, die in der Endstellung von Extrembewegungen angefertigt werden. GALANSKI (1986) führt an, daß in der Humanmedizin nur in Ausnahmefällen zusätzlich zu den Basisaufnahmen Funktionsaufnahmen der Wirbelsäule durchgeführt werden. Diese gestatten, da es keine Normwerte für die Beweglichkeit der Wirbelsäule gibt, über den Nachweis der Funktionsstörung hinaus keine pathologische Aussage. Sie stellen lediglich Momentaufnahmen dar und spiegeln keine Bewegungsabläufe wieder.

In der Veterinärmedizin werden diese Aufnahmen vor allem zur Diagnostik der Instabilität der Halswirbelsäule (Wobbler-Syndrom) und zum Nachweis lumbosakraler Stenosen herangezogen (FEHR u. THIET 1990).

2.3.3.2 Interpretation der Nativaufnahmen

Die genaue und vollständige Interpretation der Nativaufnahmen kann durch systematisches Vorgehen erleichtert werden. Es wird zuerst die Lagerung und technische Qualität beurteilt, dann die gesamte Wirbelsäule und ihre Weichteile auf Drehung, Krümmung, Knochen- oder Weichteilveränderungen oder auf die Ausdehnung systemischer Bandscheibenerkrankungen. Röntgenologisch sichtbare Abweichungen der Norm werden dann anatomischen Variationen oder krankhaften Veränderungen zugeordnet. Abweichende Befunde können in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. Geometrische Veränderungen
2. Veränderungen der Röntgendichte
3. Funktionelle Veränderungen (WOLVEKAMP 1981).

1. Geometrische Veränderungen

Die unterschiedliche Anzahl der Wirbel führt selten zu klinischen Symptomen. Auch die Abweichung von der normalen Größe und Form der Wirbel ist oft auf angeborene Mißbildungen zurückzuführen, die keine klinischen Befunde verursachen (WOLVEKAMP 1981). Die innere Struktur der Wirbel kann eventuell durch Frakturen oder Neoplasien verändert sein (DENNY u. BUTTERWORTH 2000).

Vor allem beachtet werden sollte die Größe des Zwischenwirbelabstandes. Eine Verengung des Intervertebralspaltes an einem oder mehreren Wirbeln ist eine der wichtigsten Veränderungen im Zusammenhang mit einem Bandscheibenvorfall (BARTELS 1984; WIDMER 1998). Die physiologische Verengung des Zwischenwirbelspaltes in bestimmten Abschnitten der Wirbelsäule (siehe Anatomie) darf jedoch nicht fehlinterpretiert werden. Auch beim Fehlen der Verengung kann ein Bandscheibenvorfall vorhanden sein! Ein Kollaps des Intervertebralspaltes mit aneinanderliegenden sklerotischen Wirbelkörperendplatten und Osteophytenbildung oder Spondylosen weist, auf eine Diskospondylitis, Bandscheibenvorfall oder Instabilität hin. Auch eine Keilform der Intervertebralspalten ist ein Hinweis auf einen Prolaps. Bei Traumen oder Instabilität der Wirbelsäule kommt es zu Abweichungen der korrekten Aneinanderreihung der Wirbel (WOLVEKAMP 2001).

Das Foramen intervertebrale und die Wirbelgelenkspalten sind häufig bei oben erwähnten Ursachen verengt (SCHWARTAU 1996; BARTELS 1984).

2. Veränderungen der Röntgengichte:

Eine gesteigerte Röntgengichte von Weichteilen oder Knochen muß nach Miteinbeziehung des Alters des Tieres und des Entwicklungstyps (chondrodystrophisch oder nicht-) interpretiert werden.

Röntgengichte Strukturen im Zwischenwirbelspalt oder im Wirbelkanal oberhalb des Spaltes deuten auf verkalktes Bandscheibenmaterial hin (WOLVEKAMP 2001).

Diese röntgengichteten Strukturen können eingeteilt werden in:

- Verkalkter Nucleus pulposus mit leichter oder ohne Beteiligung des Anulus fibrosus,
- Verkalkter Nucleus pulposus mit starker oder vollständiger Beteiligung des Anulus fibrosus,
- Verkalkte Massen im Wirbelkanal zusammen mit verengtem Foramen intervertebrale (Beweis für Bandscheibenvorfall),
- Lateraler Bandscheibenvorfall mit verkalktem Bandscheibenmaterial, das im Bereich der Nervenwurzeln liegt (selten) (BARTELS 1984).

Solide röntgengichte (knöcherne) Proliferationen am ventralen oder lateralen Rand der Wirbelkörper sprechen für Spondylosen (WOLVEKAMP 2001). Diese können sich nach DENNY et al. (1982) als leichte knöcherne Auswüchse bis hin zu massiven Knochenbrückenbildungen zwischen den Wirbeln darstellen, die evtl. Kompressionen im Foramen intervertebrale verursachen (DENNY et al. 1982; FEHR u. THIET 1990).

Strichförmige Verschattungen innerhalb des Wirbelkanals weisen auf eine klinisch unrelevante „Pachymeningitis ossificans“ (Dura mater Verknöcherung) hin (WOLVEKAMP 2001).

Das Auftreten verminderter röntgengichteter Knochenstrukturen läßt Infektionen oder Neoplasien vermuten. Die vor allem an den Wirbelkörpern anzutreffenden sklerotischen, rauhen und aufgelöst dargestellten Wirbelkörperendplatten mit zum Teil erweitertem oder verschmälertem Intervertebralspalt deuten auf eine Diskospondylitis hin (DENNY et al. 1982; SCHWARTAU 1996). Zusätzlich treten häufig diffuse wolkenförmige (röntgengichte) Knochenzubildungen an den ventralen und lateralen Wirbelkörperflächen auf (SCHWARTAU 1996).

3. Funktionelle Veränderungen

Diese können nur anhand von nacheinander angefertigten Aufnahmen unterschiedlicher Lagerungen (Dorsal- u. Ventralflexion, sowie Streckung oder evtl. Kompression der Halswirbelsäule (Vorsicht!!)), oder per Durchleuchtung beurteilt werden (WOLVEKAMP 2001).

2.3.3.3 Limitation der Nativaufnahmen

Ihre Aussagekraft wird limitiert, was Veränderungen oder Kompressionen des Rückenmarks selbst oder weicher raumfordernder Prozesse angeht. Um die im nativen Röntgenbild nicht darstellbaren Strukturen erkennen und beurteilen zu können, werden Myelographien, Epidurographien, Diskographien, Ossovenographien, Magnetresonanztomographie, oder Computertomographien durchgeführt (BRAWNER 1993).

2.3.4 Myelographie

2.3.4.1 Definition und Indikation

Die Myelographie ist eine Röntgenkontrastdarstellung des Wirbelkanals nach vorangehendem, über Subokzipital- oder Lumbalpunktion erfolgreichem Einbringen eines Röntgenkontrastmittels in den subarachnoidalen Raum (BOSS et al. 1987). Dies dient dem Nachweis raumfordernder Prozesse.

Für eine genaue Segmentlokalisierung eines raumfordernden Prozesses, dessen Sitz innerhalb des Wirbelkanals (extradural, intradural-extramedullär, intramedullär), Abschätzung dessen Ausmaßes, Veränderungen des Subarachnoidalraumes, Beurteilung der Prognose und Erstellung eines Therapieschemas, ist die Myelographie in der konventionellen Tierarztpraxis das Mittel der Wahl (GREVEL 1994). Auch wenn sich auf Nativaufnahmen mehrere Veränderungen darstellen lassen, müssen diese nicht immer klinisch relevant sein. Es kann aber durch eine Myelographie die genaue Lokalisation des klinisch relevanten pathologischen Prozesses eruiert werden. Zum Beispiel lassen sich häufig anhand der Myelographien degenerative Erkrankungen, Traumen, Neoplasien, Anomalien oder zum Teil auch entzündliche Veränderungen nachweisen (MORGAN et al. 1972b; BRAWNER 1993; MORGAN 1993; ROBERTS u. SELCER 1993; WOLVEKAMP 2001). In der

Humanmedizin werden Myelographien (neben Computertomographien oder Magnetresonanztomographien) auch zur Beurteilung von Nervenwurzelkompressionen („lateral recess syndrome“) eingesetzt (CIRIC et al. 1980).

2.3.4.2 Kontrast

Kontrastmittelunterschiede, Dosierungen und Nebenwirkungen

Das ideale Kontrastmittel für eine Myelographie sollte röntgendicht, mit Körperflüssigkeiten isoton und wasserlöslich sein. Es sollte sich gut mit der Zerebrospinalflüssigkeit vermischen, nicht toxisch sein und über physiologischem Weg wieder abgebaut werden, jedoch nicht zu schnell, um eine akkurate radiologische Untersuchung durchführen zu können (BRAWNER 1993).

Das heute übliche Iopamidol (Solutrast® 200-370 M, Fa. Byk Gulden) oder Iohexol (Omnipaque® 240-350, Fa. Schering) wird in Konzentrationen zwischen 180 bis 300 mg Jod/ml appliziert (LANG 1987; BRAWNER 1993; BURK u. ACKERMANN 1996). Diese niedrig osmolaren, nicht-ionischen, wasserlöslichen Kontrastmittel sind, in Bezug auf Toxizität und Nebenwirkungen, besser verträglich als das früher übliche Metrizamide (Amipaque®, Fa. Nycomed) (HERRTAGE u. DENNIS 1989; WIDMER u. BLEVINS 1991; HOLLAND 1993). Zu diesem Ergebnis kommen auch LAMB u. HOLLAND (1983), die die Nebenwirkungen zwischen Iopamidol und Metrizamide am Menschen vergleichen. BUTTERWORTH u. GIBBS (1992), KIRBERGER (1994), OLBY et al. (1994) sowie COX u. JAKOVLJEVIC (1986) verwendeten Iopamidol in einer Konzentration von 300 mg Jod /ml mit erfahrungsgemäß wenig Nebenwirkungen aber sehr guter Kontrastdarstellung. Nach LANG (1987) lag die Nebenwirkungsrate mit Iopamidol bei weniger als 5%. WOLVEKAMP (2001) und WIDMER u. BLEVINS (1991) verwendeten Iopamidol mit nicht mehr als 200 mg Jod/ml, da höhere Konzentrationen dann nicht mehr isoton wären und so eher Nebenwirkungen hervorriefen.

Die Richtwerte der Kontrastmitteldosierung liegen zwischen 0,25 und 0,45 ml/kg (FUNQUIST 1962a; BRAWNER 1993; OLBY et al. 1994). BUTTERWORTH u. GIBBS (1992) nennen eine Spanne von 0,16 bis 0,74 ml/kg für eine zisternale oder lumbale Punktion. Allgemein werden höhere Dosierungen bei kleineren Hunden (0,5 ml/kg) und niedrigere bei großen Hunden (0,3 ml/kg) verwendet (GREVEL 1994).

Komplikationen, wie Krämpfe oder Arachnoiditis während oder im Anschluß an eine Myelographie, waren früher relativ häufig. FUNQUIST (1962a) erklärt sie mit einer durch das Kontrastmittel induzierten osmotischen Volumenerhöhung im Spinalkanal. Bereits die Anwendung des Metrizamide in den 70er Jahren reduzierte die Nebenwirkungen (DENNIS 1987; KIRBERGER 1994). Nachdem neuere Röntgenkontrastmittel wie Iohexol und Iopamidol auf den Markt gekommen sind, reduzierten sich die Nebenwirkungen noch weiter (DENNIS 1987; WIDMER u. BLEVINS 1991). Bei 6 von 19 Hunden wurden nach einer Myelographie mit Iopamidol Schwanken, geringgradig ataktischer Gang der Hintergliedmaßen oder eine Verstärkung der neurologischen Ausfälle beobachtet (GREVEL 1994). Nach der Meinung von BRAWNER (1993) hängen diese Symptome mit einem durch die Nadel verursachten Trauma oder unsachgemäßem Sitz der Nadel zusammen. Schwerwiegende Störungen treten vor allem auf, wenn die Nadel fälschlicherweise im Rückenmark selbst oder im Zentralkanal sitzt.

Als Kontraindikation gilt der Verdacht auf eine Meningitis oder der ausreichende röntgenologische Hinweis auf die Lokalisation der pathologische Raumforderung auf Übersichtsaufnahmen (WOLVEKAMP 1981).

Kontrastmitteldichte und Verteilung

Um eine optimale Verteilung des Kontrastmittels zu erlangen und die Viskosität zu minimieren, kann dieses vor der Injektion erwärmt werden (LAMB 1994).

Ein normales Myelogramm stellt sich als zwei annähernd parallele Kontrastlinien dar, die im Bereich der Zervikal- und Lumbalschwellung leicht auseinander gehen. Der ventrale thorakolumbale Subarachnoidalraum ist zum Teil dünner als der dorsale (ROBERTS u. SELCER 1993). Die Verschmälerung des Subarachnoidalraums über den Zwischenwirbelscheiben ist bei kleinen Hunderassen (chondrodystrophische Rassen) physiologisch bedingt (MORGAN et al. 1987).

Bei einer lumbalen Myelographie ist die Kontrastmitteldichte im Lenden- und Thoraxbereich am größten, die Kontrastmittelverteilung allerdings am ehesten unregelmäßig. Die vollständige Füllung der Cauda equina dauert in einigen Fällen bis zu 15 Minuten (GREVEL 1994). Um eine gute Verteilung zu erlangen, wird das Tier nach der Injektion in mehrere Richtungen bewegt (LAMB 1994).

FUNQUIST (1962a) stellt bei der Beurteilung der Injektionszeiten eine bessere Aufnahmequalität nach schnellerer Injektion fest. Die mit Paraffinwachs induzierten

künstlichen Raumforderungen sind so genauer abtrennbar und lokalisierbar. Außerdem ergaben die Untersuchungen, dass für die Qualität der Abbildung der Zeitabstand zwischen Injektion und Röntgenaufnahme eine wichtige Rolle spielt. Dies bestätigt auch KIRBERGER (1994). Die erste Aufnahme direkt im Anschluss an die Injektion weist eine bessere Qualität auf als die folgenden. Erst nach voller Dosierung (0,3ml Kontrastmittel /kg) sei eine gute Auswertung der VD und I/I Aufnahmen möglich (FUNQUIST 1962a).

Die Aussagekraft der Myelogramme kann durch versehentliche subdurale Kontrastmittelinjektionen deutlich vermindert oder verhindert werden. Es kommt so eher zu falsch-positiven Befunden. Eine subdurale Kontrastmittelinjektion stellt sich in der I/I Aufnahme als eine in der Regel deutlich ausgeprägte dorsale Kontrastlinie aber nur schmale oder nicht vorhandene ventrale Kontrastlinie dar. Außerdem weist die dorsale Linie nach dorsal eine scharfe, aber nach ventral zur Medulla spinalis eine unscharfe, verschwommene Abgrenzung auf. Zum Teil dringt das Kontrastmittel in beide Räume (subarachnoidal und subdural) ein. Dies stellen PENDERIS et al. (1999) retrospektiv an 58 von 654 lebenden und versuchsweise an 2 toten Hunden fest.

2.3.4.3 Zisternale Punktion

Die zisternale Punktion in den Subarachnoidalraum der Cisterna magna hinein wird nach dem Scheren der Haare und gründlicher Desinfektion durch das Foramen atlanto-occipitale durchgeführt. Diese Punktion ist in der Regel einfacher als die lumbale (BRAUNER 1993). Sie erfolgt nach DOUGLAS et al. (1991), GREVEL (1994), WOLVEKAMP (2001) u. OLBY et al. (1994) in linker Seitenlage, wobei der Kopf um 90° abgewinkelt wird. MORGAN (1993) erwähnt, dass einige Kliniker die sternale Lagerung (Brustlage) zur Punktion der Cisterna magna bevorzugen. Hierfür wird der Kopf ebenfalls um 90° abgewinkelt.

Die Kanüle wird mit Mandrin in der dorsalen Mittellinie, in der Mitte zwischen der Protuberantia occipitalis und einer gedachten Linie zwischen den am weitesten vorspringenden Punkten der Atlasflügel eingeführt. Beim Durchstechen des Lig. flavum gibt es ein „knirschendes Gefühl“, danach gleitet die Nadel in die Cisterna magna. Wichtig ist das mediane Einstechen, um nicht in den paramedian verlaufenden Sinus venosus zu stechen. Ein sicheres Zeichen für den korrekten Sitz ist das Abtropfen von Liquor (DOUGLAS et al. 1991). Vor der Injektion des Kontrastmittels sollte immer Zerebrospinalflüssigkeit abtropfen, die aufgefangen werden kann, um sie zu untersuchen (LANG 1987; SLOCUM et al. 1998; WOLVEKAMP 2001). Das Kontrastmittel sollte immer sehr langsam appliziert werden und der Körper nach Entfernen der Nadel nach kaudal gekippt werden, damit das Kontrastmittel

entlang des gesamten Spinalkanals nach kaudal fließen kann (LINCOLN 1992; BRAWNER 1993).

Der Nachteil einer okzipitalen Punktion ist, dass das Kontrastmittel nicht immer nach kaudal an dem pathologischen Prozess (z.B. im Thorakolumbalbereich) vorbeifließen kann, wenn dieser den Subarachnoidalraum vollständig komprimiert. Von einer Injektion unter Druck wird an dieser Lokalisation abgeraten, da das Kontrastmittel, statt weiter nach kaudal vorzudringen, in die zerebellären Zisternen gelangt und dort toxisch wirkt (BRAWNER 1993; MORGAN 1993; WOLVEKAMP 2001).

2.3.4.4 Lumbale Punktion

Die lumbale Punktion ist für die myelographische Diagnostik im thorakolumbalen Bereich am sinnvollsten (ROBERTS u. SELCER 1993; LAMB 1994). Die Punktion des Subarachnoidalraumes durch das Spatium interarcuale ist zwar nicht so einfach durchzuführen wie die zisternale, ist aber sicherer, und wenn sie akkurat durchgeführt wird, kann das gesamte Rückenmark besser beurteilt werden (LANG 1987; MORGAN 1993). Hilfreich ist die Kontrolle der Nadelführung mittels Durchleuchtung (WOLVEKAMP 1981). Der Vorteil einer lumbalen Punktion ist auch, dass das Kontrastmittel mit höherem Druck appliziert werden kann, und so nach kranial an dem raumfordernden Prozess vorbeifließen kann. Ein Nachteil jedoch ist, dass das Rückenmark durchstoßen wird, wodurch es zu histologisch nachweisbaren Läsionen kommt und das Kontrastmittel leichter in den Epiduralraum gelangt, sodass die Röntgenaufnahmen in diesem Bereich schlechter oder nicht auswertbar sind (BRAWNER 1993; MORGAN 1993).

Die lumbale Punktion wird im Bereich L5-6 (kleine Hunderassen) oder L4-5 (große Hunderassen) durchgeführt (MORGAN 1993; SCHWARTAU 1996; WOLVEKAMP 2001). KIRBERGER (1994) führt die Nadel nur zwischen L5-6 ein.

In Ausnahmefällen kann auch zwischen L3-4, L6-7, oder L7-S1 punktiert werden (KIRBERGER et al. 1992; GREVEL 1994; SCHWARTAU 1996). Die Kanüle wird kaudolateral des kaudalen Dornfortsatzes schräg in einem Winkel von ca. 60°-70° zur Rückenlinie in kranio-medialer Richtung vorgeschoben (GREVEL 1994). Da es beim Hund nur sehr schwer gelingt, das Kontrastmittel in den dorsalen Subarachnoidalraum zu injizieren, wird in der Regel das Rückenmark bis zum Wirbelboden durchstoßen und vorsichtig wieder ca. 1-2 mm zurückgezogen. Außerdem vermindert sich bei der Injektion in den ventralen Subarachnoidalraum das Risiko der intramedullären Injektion (WIDMER 1998). In manchen Fällen kann es nötig sein, eine okzipitale und lumbale Punktion vorzunehmen. Dies ist vor

allem bei kompletten Obstruktionen des Wirbelkanals nötig, um das gesamte betroffene Gebiet darzustellen (BRAUNER 1993).

2.3.4.5 Strahlengänge und Beurteilung der Myelogramme

Standardebenen

Myelographische Röntgenaufnahmen sollten primär in den oben beschriebenen (siehe Nativaufnahmen) l/l und VD Ebenen durchgeführt werden. Die Reihenfolge der einzelnen Aufnahmen wird unterschiedlich beschrieben (Tab. 2.1.).

FUNQUIST (1962a) führt in seinen Untersuchungen erst eine VD, dann die l/l Aufnahme direkt nach Kontrastmittelinjektion durch. Er (FUNQUIST 1962a u. b) stellt fest, dass zwar die erste Aufnahme eine schärfere gesamte Kontrastsäule erkennen lässt, aber zum Teil die kraniale Grenze des pathologischen Prozesses besser auf der späteren Aufnahme erkennbar ist. Auch GREVEL (1994) und SCHWARTAU (1996) halten es für sinnvoll, zuerst VD Aufnahmen anzufertigen, da man so das kontrastreichste Bild in dieser Ebene besser zur Seitenlokalisierung der Raumforderung verwenden kann, als eine l/l Aufnahme. SCHWARTAU (1996) fertigt zuerst eine gezielte VD Aufnahme in dem nach der neurologischen Untersuchung und Nativaufnahmen pathologischen Bereich an, dann die l/l und VD Ebene der gesamten Wirbelsäule.

LANG (1987), DOUGLAS et al. (1991) und OLBY et al. (1994) fertigen erst die l/l Aufnahmen der gesamten Wirbelsäule, dann die VD Aufnahme spezieller auffälliger Gebiete zur Seitenlokalisierung an. LANG (1987) kann allein auf Nativaufnahmen bei 57,1 % der 70 Hunde den vom Prolaps betroffenen Zwischenwirbelspalt identifizieren. In den Myelographien wird bei 60 (85,7%) von 70 Hunden die genaue Seite des Bandscheibenvorfalles lokalisiert. MORGAN (1993) und ROBERTS u. SELCER (1993) führen ebenfalls erst l/l, dann VD, dann l/l aus der anderen Richtung und wenn erforderlich, auch 45°-Schrägaufnahmen der Lendenwirbelsäule durch. Auch KIRBERGER et al. (1992) fertigen in ihren Untersuchungen erst seitliche, dann rechts und links 45°-schräge und schließlich VD Aufnahmen an. Sie konnten im Gegensatz zu SCHWARTAU (1996) bei 35 Teckeln auf den ersten seitlichen 76% der Vorfälle, auf den schrägen 60% und auf den VD nur 51% der Vorfälle genau lokalisieren. MORGAN (1993) führt nach der in lateraler Lagerung angefertigten Myelographie erst l/l Aufnahmen, dann, nach Entfernung der Nadel, die VD Aufnahmen durch. Er erwähnt auch, dass einige Untersucher die sternale Position für die Myelographie bevorzugen und die erste Aufnahme mit noch liegender Nadel in DV Ebene

durchführen. Zum Beispiel fertigen BARTELS et al. (1978) nach zisternaler Punktion die Aufnahmen erst in DV, dann I/I Ebene an. Dies hat jedoch den Nachteil, dass die Lokalisation der Nadel nur in Bezug auf die senkrechte Lage, aber nicht ihre Tiefe, also Position im Rückenmark, Epiduralraum oder Subarachnoidalraum differenziert werden kann (MORGAN 1993). Auch ist in dieser Ebene nicht beurteilbar, ob eine ausreichende Kontrastfüllung des Subarachnoidalraumes vorliegt.

MATTEUCCI et al. (1998) beschreiben die unterschiedliche Darstellbarkeit in der linken und rechten I/I Lagerung während der myelographischen Untersuchung an der Halswirbelsäule eines Teckels. Sie beurteilen die Darstellbarkeit eines extradural liegenden Prozesses im Wirbelkanal. Nach ihren Angaben ist ein links lateral liegender extraduraler pathologischer Prozess in der linken I/I Ansicht deutlicher zu erkennen als in der rechten. Er ist in der VD Ebene nicht erkennbar, während er in der „ventral rechts-dorsal links schrägen Projektion“ wiederum sichtbar ist. Sie empfehlen bei fraglichen pathologischen Raumforderungen im Myelogramm die kontralaterale I/I Projektion hinzuzuziehen. Abgesehen von dieser bisher selten diskutierten Aufnahme­richtung führen sie routinemäßig auch die VD und die schrägen Projektionen durch.

Auch MORGAN et al. (1972 a) erwähnen die Anfertigung der I/I Aufnahmen in beiden Richtungen, jedoch nicht, welchen Vorteil diese haben. Insgesamt können sie bei ihren Untersuchungen an 127 Hunden mit Bandscheibenvorfällen ca. 50% der Vorfälle in der I/I und ebensoviele in der DV Ebene darstellen. Auch hier führen MORGAN et al. (1972a) bereits DV statt VD Aufnahmen an.

Beurteilung der Standardaufnahmen

Nach der Anfertigung der Kontrast­röntgen­aufnahmen sollten diese auf pathologische Prozesse hin beurteilt werden. Diese können anhand des Myelogramms in extradural liegende, intradural-extramedullär liegende und intramedulläre pathologische Prozesse eingeteilt werden (BARTELS et al. 1978; LANG 1987).

HERRTAGE u. DENNIS (1989) und OWENS (1989) empfehlen die Myelogramme auf folgende Merkmale hin zu beurteilen:

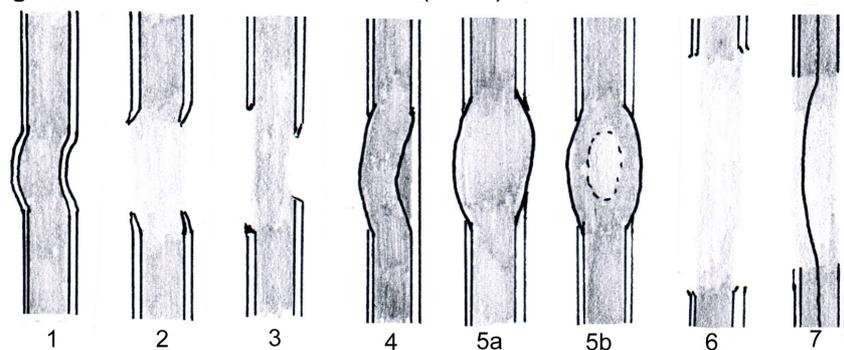
- Vollständigkeit der dorsalen, ventralen und beidseits lateralen Kontrastlinien des Subarachnoidalspalt­es,
- Vollständige oder partielle Obstruktionen des Kontrastmittelflusses,
- Verschiebung der Kontrastsäule, (z.B. bei kleinen raumfordernden Prozessen),

- Aufgabelung der Kontrastsäule,
- Veränderung der Weite der Kontrastsäule oder Füllungsdefekte.

In der VD Ebene unterscheidet GREVEL (1994) ca. sieben Kontrastsäulenmuster im Myelogramm, die auf einen pathologischen Prozess hinweisen (Abb. 2.6):

1. Lateral liegende Raumforderung: Beide Kontrastlinien sind von der Raumforderung weg zu einer Seite verdrängt, aber durchgehend zu erkennen.
2. Lateral liegende Raumforderung: Beide Kontrastlinien sind nur an der weitest verdrängten Stelle unterbrochen, oder eine dünne Linie nach medial verlagert. Es kann auch zum Liquorstau kurz vor oder hinter der Läsion kommen (verbreiterte Linien).
3. Lateral liegende Raumforderung: unregelmäßige Kontrastmittelunterbrechung.
4. Nicht ganz lateral liegender umschriebener Prozess: Kontrastmittel kann die Raumforderung noch passieren: Es kommt zu einer Aufgabelung oder Teilung der Linien (dritte Linie). Diese Aufgabelung ist in beiden Ebenen erkennbar.
- 5.a/b Zentrale Vorfälle (median am Wirbelboden): in der VD Aufnahme verbreiterte Rückenmarksdarstellung und evtl. zentrale Kontrastverminderung, im I/I Strahlengang sind beide Kontrastlinien zu einer Seite verdrängt.
6. Raumfordernder Prozess über mehrere Wirbel (starke Ödembildung oder Blutungen, klinisch akute Lähmungen): Kontrastmittelunterbrechung über mehrere Wirbel, Seitenlokalisation in der Regel hier nicht möglich.
7. Kontrastlinien durch starke Ödembildung über einen größeren Bereich nicht sichtbar, nur im Zentralkanal ist evtl. eine zu einer Seite verlagerte Kontrastlinie erkennbar, wouch eine Seitenlokalisation manchmal möglich ist.

Abbildung 2.6: Häufige Kontrastmuster im Myelogramm (VD) bei extraduralen Raumforderungen, modifiziert nach GREVEL (1994).



(LANG 1987) beurteilt zusätzlich die Fließgeschwindigkeit des Kontrastmittels und die Diffusion in das Rückenmark und den Zentralkanal.

Bandscheibenvorfälle verändern die Kontrastlinien in der Regel nur über einem Zwischenwirbelspalt (GREVEL 1994). Ausnahmen bilden „explosionsartige“ Vorfälle, deren Auswirkungen sich über mehrer Wirbel erstrecken können. Bei dorsolateralem Prolaps kann häufig auch Bandscheibenmaterial im Foramen intervertebrale beobachtet werden. Spondylosen und verdickte Ligamenta führen häufig sowohl zu ventralen als auch zu dorsalen Kompressionen des Rückenmarkes. Bei Block- und Keilwirbeln mit zusätzlichen Deformationen der dorsalen Intervertebralgelenke kommt es zu seitlichen Kompressionen, die eher in den VD Myelogrammen sichtbar sind. Tumoren wiederum können das Rückenmark von 3 bis 4 Seiten umgeben, was auf dem Myelogramm eine typische Sanduhrform der Kontrastmittelsäule erkennen läßt.

Beim Menschen werden zusätzlich die Nervenwurzelarstellung, Asymmetrien oder Verengungen der Nervenwurzeln beurteilt. Speziell bei lateralen Vorfällen oder Verdickungen der Fassettengelenke kommt es eher zur Kompression der Nervenwurzeln, die im Myelogramm je nach Lage und Größe der Veränderung unterschiedlich deutlich zu erkennen sind (ROTHMANN et al. 1974). Je weiter ventrolateral die Raumforderung liegt, desto kleiner stellt sich die Veränderung in der Kontrastsäule in den zwei Standardaufnahmen dar. Verengte laterale Rezesse stellen sich im menschlichen Myelogramm als abgeflachte, fehlende, konturunterbrochene oder asymmetrische Nervenwurzelsäcke dar. Dies ist durch die stärker ausgeprägten, von Dura mater umgebenen Nervenwurzeln deutlich erkennbar (CIRIC et al. 1980; EBERHARDT et al. 1996).

Beim Hund sind die Nervenwurzeln im Myelogramm laut SLOCUM et al. (1998) nicht genau zu erkennen, da der Subarachnoidalraum und so das Kontrastmittel nicht den Nervenwurzeln bis zum Foramen intervertebrale folgen kann. In l/l Myelographien sind sie jedoch andeutungsweise im Bereich der Intumescencia lumbalis (L3-L5) als parallel nach kaudoventral verlaufende Steifen sichtbar. Auf eine Nervenwurzelkompression durch einen Diskusprolaps kann laut des Autors nur durch Schmerzen mit zusätzlicher ventraler Kontrastsäulenverdrängung geschlossen werden.

Auch fibrokarartilaginöse Emboli oder Thrombosen lassen sich, wenn diese klein und lokalisiert sind, myelographisch nicht oder nur schwer diagnostizieren (SLOCUM et al. 1998). Diese Läsionen verursachen vorübergehende neurologische Ausfälle.

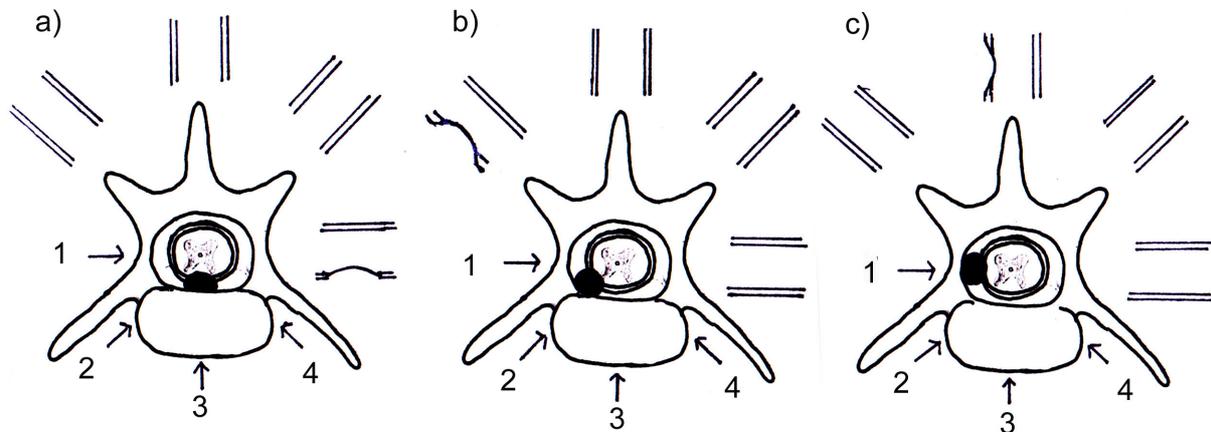
Myelographische Schrägaufnahmen

Die genaue Lokalisation des vorgefallenen Bandscheibenmaterials oder des raumfordernden Prozesses ist vor allem für den nachfolgenden chirurgischen Eingriff sehr wichtig. Die Raumforderung sollte so genau wie möglich lokalisiert werden, um eine vielseitige Betrachtungsweise und einen optimalen rückenmarkschonenden und präzisen Operationszugang wählen zu können (FELTS u. PRATA 1982; MORGAN 1993; KIRBERGER 1994).

Aus diesem Grund empfehlen HOERLEIN (1953b), FELTS u. PRATA (1982), MORGAN u. SILVERMAN (1984), LANG (1988), PARK u. LEBEL (1989), FEHR u. THIET (1990), BILLER u. HAIDER (1994), KIRBERGER (1994), MATTIEUCCI et al. (1998) und WOLVEKAMP (2001) gegebenenfalls zusätzlich myelographische Schrägaufnahmen in beiden Richtungen durchzuführen (Tab. 2.1). Speziell die Darstellung der Nervenwurzelabgänge wird durch diese Aufnahmeebenen ermöglicht. Nervenwurzelkompressionen oder kompressive ventrolaterale Kontrastsäulenversmälnerungen sind zum Teil nur oder deutlich besser auf den Schrägaufnahmen erkennbar, als auf l/l oder VD Aufnahmen.

In der Humanmedizin gehören diese Projektionen im 30-45°-Winkel für die lumbale Myelographie zum Teil zu den Standardaufnahmen (EBERHARDT et al. 1996). KIRBERGER (1994) und MORGAN u. SILVERMAN (1984) führen diese beim Hund im 45°-Winkel in beiden Richtungen über dem betroffenen Bereich durch. FEHR und THIET (1990) fertigen diese im 30°-Winkel auch im Lumbosakralbereich zur Diagnostik lumbosakraler Stenosen und verengter For. intervertebralia an, und YOVICH et al. (1994) im 15°-Winkel aus der l/l Ebene gesehen, wenn auf den l/l und VD keine Diagnose erstellt werden kann. Hierzu wird eine keilförmige Lagerungshilfe unter die thorakolumbale Wirbelsäule gelegt. Fehlinterpretationen der Seitenlokalisierung durch die Schrägaufnahmen stellten sie während der Operationen bei 7 von 56 Hunden fest.

Abbildung 2.7: Myelogrammdarstellung bei a) ventraler, b) links ventrolateraler, c) lateraler epiduraler Raumforderung, Röntgenprojektionen: 1. Si-DeL, 2. sV45M-dDLO, 3. VD, 4. dV45M-sDLO, modifiziert nach KIRBERGER (1994).



Auch FELTS u. PRATA (1982) erwähnen, dass durch myelographische Schrägaufnahmen die klinisch als Radikulopathie zu erkennenden, paramedianen, dorsolateral, intraforaminal oder lateral vorgefallenen Bandscheibenvorfälle im Röntgenbild dargestellt werden können, die in den üblichen Ebenen nicht immer erkennbar sind. Direkt intraforaminale, laterale, oder sogar ventrale Vorfälle werden klinisch häufig übersehen, da diese keine typischen Myelopathien hervorrufen. Sie beschreiben, dass bei Untersuchungen von 7 Hunden mit Nacken- oder einseitigen Vorderhandschmerzen, in den üblichen I/I und VD Ebenen keine Veränderung der Kontrastlinien im Myelogramm erkennbar sind, obwohl der typisch für einen Bandscheibenvorfall verengte Zwischenwirbelspalt, verengte Fassetngelenke und verengtes Foramen intervertebrale mit oder ohne Verschattung zu erkennen sind. In den Schrägaufnahmen ist eine Verschattung des betroffenen Foramen intervertebrale ohne oder mit geringer Veränderung in der Kontrastmittelsäule zu erkennen.

BILLER und HAIDER (1994) erwähnen, dass Schrägaufnahmen nicht routinemäßig, sondern nur wenn erforderlich, durchgeführt werden sollten.

Noch genauer diagnostizierbar sind Bandscheibenvorfälle durch die schrägen Funktionsmyelographien. Vor allem pendelnde Vorfälle sind beim Menschen an im Stehen durchgeführten myelographischen Schrägaufnahmen häufiger aussagekräftig als normale Schrägaufnahmen (THON u. BOCKENHEIMER 1979).

Dynamische Röntgenaufnahmen

Dynamische Röntgenaufnahmen sind vor allem für den kaudalen Bereich der Lendenwirbelsäule (L6-S1) von großer Bedeutung (WATT 1991; MORGAN 1993; RENTMEISTER 1995; WOLVEKAMP 2001;).

Diese Region sollte in l/l neutraler, hyperflexierter, hyperextensierter Position, und im VD Strahlengang in kaudokranial gewinkelter Position geröntgt werden. Die Gefahr bei den dynamischen Röntgenaufnahmen besteht in der weiteren Schädigung des Rückenmarks durch die Bewegung (MORGAN 1993).

Auch Hyperextensions- und Flexionsaufnahmen der Halswirbelsäule speziell bei Instabilitätsverdacht sind zur exakten Lokalisation der Läsion sinnvoll (DOUGLAS et al. 1991).

Tabelle 2.1: Myelographie: beschriebene Punktionsorte, Strahlengang und Reihenfolge der Wirbelsäulenaufnahmen, Lokalisation des Vorfalls (%) der insgesamt untersuchten Hunde (n) und Seitenlokalisation des Vorfalls (% von n).

Autor (Jahr)	Punktionsort	WS-Abschnitte	Strahlengang, Reihenfolge	Segment Lokalisation	Seitenlokalisation
DENNIS (1987)	zisternal o. lumbal	HWS-LWS	De-SiL → VD	keine A.	keine A.
HOERLEIN (1953b)	zisternal o. lumbal	HWS-LWS	DV → I/I → evtl. schräg	keine A.	keine A.
LUTTGEN (1992)	keine A.	keine A.	I/I → DV o. VD → evtl. schräg	keine A.	keine A.
GREVEL (1994)	zisternal u./o. lumbal	HWS-LWS	VD → I/I	keine A.	keine A.
BULLOCK u. ZOOK (1967)	lumbal	LWS	VD → I/I	keine A.	keine A.
MORGAN (1993)	zisternal u./o. lumbal	HWS-LWS	I/I → VD o. DV → evtl. 30° schräg	keine A.	keine A.
MORGAN et al. (1972a)	lumbal	HWS, LWS	Si-DeL → DV (VD) → De-SiL	keine A.	keine A.
BUTTERWORTH u. GIBBS (1992)	zisternal u. lumbal	HWS-LWS	Si-DeL → VD	60% (n=10)	Keine A.
FELTS u. PRATA (1982)	zisternal	HWS	I/I → VD → li. u. re. 45°-60° schräg	keine A.	keine A.
WOLVEKAMP (2001)	zisternal u./o. lumbal	HWS-LWS	VD → De-SiL → li. u. re. 45° schräg	keine A.	keine A.
KIRBERGER (1992, 1994)	lumbal (L4-L7)	LWS	I/I, I/I → 45° schräg re. u. li. → VD	76% 60% 51%	Insgesamt 100% (n=35)
YOVICH (1994)	zisternal u./o. lumbal	LWS	I/I → VD → 15° schräg	95% (n=56)	82% (n=56)
FUNQUIST (1962a),	lumbal (L4/5 o. L5/6)	LWS	VD → I/I	keine A.	keine A.
OLBY et al. (1994)	lumbal (L4/5)	LWS	I/I → VD	85,7% (n=70)	93,3% (n=30)
SCHWARTAU (1996)	lumbal zisternal	LWS LWS	VD → Si-DeL u. VD	89% (n=186) 60% (n=15)	77% (n=186) 54% (n=?)
DOUGLAS et al. (1991), CHRISMAN (1982),	zisternal o. lumbal (L4/5)	HWS-LWS	I/I → VD	keine A.	keine A.
BILLER und HAIDER (1994)	zisternal o. lumbal	HWS-LWS	I/I → VD → evtl. schräg	keine A.	keine A.
MATIEUCCI (1998)	zisternal	HWS	Si-DeL u. De-SiL → VD o. DV → 45° re. u. li.	keine A.	keine A.
(MORGAN u. SILVERMAM 1984)	zisternal o. lumbal	HWS-LWS	I/I → VD → 45° re. u. li.	z.T. nur in 45° sichtbar	z.T. nur in 45° sichtbar
BARTELS et al. (1978)	zisternal o. lumbal	HWS-LWS	DV → I/I	keine A.	keine A.
ROBERTS u. SELCER (1993)	zisternal o. lumbal	HWS-LWS	I/I → VD → evtl. schräg	keine A.	keine A.

2.3.4.6 Grenzen der Myelographie

Die Auswertung von Myelographien beschränkt sich auf anatomische Veränderungen im Wirbelkanal und / oder Rückenmark selbst. Liegen primär entzündliche, degenerative oder vaskuläre Rückenmarkerkrankungen, bzw. kongenitale oder erworbene Stoffwechselerkrankungen vor, können diese nicht erfasst werden. Auch Hinweise auf Rückenmarkinfarkte (Ödeme) können nur zu ca. 50% einem Segment zugeordnet werden. Komplette Kontrastmittelstopps über mehrere Segmente ohne sichtbare Kompression sind ebenfalls problematisch und bedürfen weiterer Diagnostik (LANG 1987). OLIVER et al. (1978), INDRIERI (1988), MORGAN u. BAILEY (1990) und WATT (1991) erwähnen, dass Myelographien zur Diagnostik lumbosakraler Stenosen nicht immer aussagekräftig sind, da der Duralsack bei den Tieren unterschiedlich weit kaudal endet. RENTMEISTER (1995) stellt in seiner Arbeit fest, dass bei 70% der Hunde in neutraler Position, bei 80% in Flexion und bei 40% in Extension der Duralsack bis zum Lumbosakralübergang reicht.

Kommt man hier mit der Myelographie zu keiner genauen Diagnose, bietet sich die Diagnostik mittels Epidurographie, Diskographie, Computertomographie oder Magnetresonanztomographie an (MORGAN u. BAILEY 1990).

2.3.5 Epidurographie

Bei einer Epidurographie wird Kontrastmittel in den Epiduralraum appliziert, um raumfordernde Veränderungen vor allem im lumbosakralen Übergang darstellen zu können (GREVEL 1994). Bei dieser Methode können vor allem die Nervenwurzeln besser beurteilt werden als mit der Myelographie. Sie ist für die Erkennung z.B. von Bandscheibenvorfällen in diesem Bereich aussagekräftiger als die Myelographie, liefert jedoch keine ebensogut definierten linearen Kontrastmittellinien (MORGAN u. SILVERMAM 1984; LANG u. SCHMID 1994). Bereits KLIDE et al. (1967) stellen bei ihren Versuchen, mittels Epidurographie den gesamten Epiduralraum des Wirbelkanals darzustellen fest, daß durch das epidurale Fettgewebe die Kontrastlinien sehr unregelmäßig werden.

Mit einer Epidurographie können Füllungsdefekte, Verschmälerung der epiduralen Kontrastmittellinie und eine Anhebung der Obstruktionstelle im kaudalen Lendnewirbelbereich festgestellt werden. Ist die Kontrastmittellinie um mehr als 50% verschmälert, so soll eine höhere Korrelation mit signifikanten kompressiven Läsionen bestehen. Eine Verschmälerung kann aber auch bei klinisch irrelevanten Läsionen auftreten.

Insgesamt ist diese Technik nicht so sensitiv wie die anderen Techniken, erschwert sogar teilweise die diagnostische Interpretation (LANG u. SCHMID 1994).

LUTTGEN (1992) erwähnt noch die Epidurographie im Zusammenhang mit der Diagnostik von Neoplasien im kaudalen Wirbelkanal. Eine genaue Diagnose in diesem Bereich wird u. a. dadurch erschwert, dass sich das wasserlösliche Kontrastmittel nur schlecht mit dem epiduralen Fettgewebe vermischt und so keine gut beurteilbare Kontrastdarstellung entsteht.

2.3.6 Diskographie

Dies ist die einzige Methode, mit welcher eine Zerreißung des Anulus fibrosus und Austreten des Nucleus pulposus dargestellt werden kann (MORGAN u. SILVERMAN 1984). Bei einer Diskographie wird das Kontrastmittel direkt in den Nucleus pulposus injiziert. Dazu wird eine 24 G Nadel in die Bandscheibe eingeführt. Die Lage der Nadel wird unter Durchleuchtung oder radiographisch kontrolliert, bevor Kontrastmittel injiziert wird. Bei der Injektion in einen normalen Diskus wird starker Gegendruck eine Injektion erschweren, bzw. unmöglich machen (LANG u. SCHMID 1994; WOLVEKAMP 2001). Der Diskus ist noch intakt, wenn sich ein „pool“ (Kontrastmittelsee) im Nucleus pulposus ansammelt. Bei Fissuren im Anulus fibrosus kommt es zu einer unregelmäßigen Verteilung oder zum Austreten des Kontrastmittels aus dem Diskus (VIDEMANN et al. 1987). Die Diskographie wird als die akkurateste Technik für die Darstellung eines Bandscheibenvorfalls am lumbosakralen Übergang befunden (MORGAN u. SILVERMAN 1984).

2.3.7 Ossovenographie

Diese Art der Kontrastmitteluntersuchung wird vor allem im lumbosakralen Bereich eingesetzt, ist aber nicht immer aussagekräftig. Hierfür wird wasserlösliches jodhaltiges Kontrastmittel durch eine 16-18 G Nadel in die kokzygealen Wirbelknochen injiziert, wodurch der lumbale und sakrale Venensinus darstellbar ist. Es können so Stenosen der Venen im kaudalen Wirbelkanal erkannt werden (BRAWNER 1993). Ein Nachteil ist, dass es bereits bei einer geringen Kompression zu einem Kontrastmittelstopp im Venensinus kommt, da deren Wände sehr dünn sind. Außerdem kommt es häufig zu einer ungewollten epiduralen Injektion statt Ossovenographie (BLEVINS 1981).

Als Kontraindikation gilt der Verdacht auf eine Osteomyelitis (MORGAN u. SILVERMAN 1984).

2.3.8 Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist vor allem in der Humanmedizin heute die Methode der Wahl zur Diagnostik von Wirbelsäulenveränderungen (MELVILLE u. TAVERAS 2000). Sie bietet die Möglichkeit, annähernd alle Strukturen innerhalb des Wirbelkanals detailliert in verschiedenen Ebenen darzustellen und ist das einzige Verfahren, in dem die Nervensubstanz direkt ohne Kontrastmittel abgebildet wird. Hierbei können liquorgefüllte Räume getrennt vom Myelon und die Nervenwurzeln über den gesamten Verlauf innerhalb des Wirbelkanals bis zum Austritt aus den Foramina intervertebralia dargestellt werden. Außerdem lassen sich Raumforderungen genauer auf ihre Qualität hin differenzieren (z. B. Ödem, Tumor, Narbengewebe). Die Überlagerungsfreie Schnittebene, die in der konventionellen Röntgendiagnostik nicht dargestellt werden kann, bietet bessere Möglichkeiten pathologische Prozesse besser zu diagnostizieren. Zusätzlich bietet die flexible Schnittführung die Möglichkeit bestimmte Bereiche genauer zu untersuchen (ASSHEUER u. SAGER 1997). Zum Beispiel lassen sich anhand dieser Methode bereits geringe Rückenmarködeme oder Blutungen im T2 Schnitt erkennen, die sonst nur schwer zu eruieren sind. Petechiale Blutungen jedoch sind nicht sicher erkennbar. Ligamentöse Verdickungen können mittels Magnetresonanztomographie im Sagittalschnitt gut beurteilt werden. Nervenwurzelläsionen oder intraforaminale Kompressionen sind im myelographischen Magnetresonanztomogramm besser erkennbar als im röntgenologischen Myelogramm (ADAMS et al. 1995, MELVILLE u. TAVERAS 2000).

2.3.9 Computertomographie (CT)

Anhand computertomographischer Aufnahmen ist die Beurteilbarkeit der knöchernen Strukturen der Wirbelsäule inklusive der Wirbelgelenke sehr gut. Größere Arterien und Venen sind teilweise erkennbar. Schlechter oder gar nicht lassen sich Bandscheiben, Ligamenta, kleine Blutgefäße oder Nervenwurzeln darstellen (JONES et al. 1995 a). Anhand hochauflösender myelographischer computertomographischer Untersuchungen ist die Untersuchung der Nervenwurzeln, bzw. eventueller Schädigungen wie Kompressionen oder Abrisse (lateral recess Syndrome) jedoch gut möglich. Sie sind auf der Seite der Kompression häufig abgeflacht zu erkennen (CIRIC et al. 1980; MELVILLE u. TAVERAS 2000). In der Humanmedizin wird die Nachweisbarkeit eines lumbalen Prolapses mit bis zu 100% angegeben. Sie ist vor allem bei extrem lateral gelegenen Bandscheibenvorfällen der Myelographie überlegen (FENZL u. HAHN 1992). Auch beim Hund ist die

computertomographische Diagnostik gegenüber der konventionellen Röntgendiagnostik und Myelographie aussagekräftiger. Vor allem im Bereich des lumbosakralen Übergangs sind so eindeutigere Diagnosen möglich (GUDRUN 2001).

.

2.4 Simulation von pathologischen Raumforderungen im Wirbelkanal

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, raumfordernde Prozesse im Epiduralraum zu simulieren. Sie wurden durchgeführt, um die Darstellbarkeit im Myelogramm oder ihre Wirkung auf die Nervenfunktion zu untersuchen.

HATHCOOK et al. (1988) simulieren an Hunden mit Silikon epidurale Stenosen im lumbosakralen Übergang. Dies wird durch eine 18 G Nadel in den Epiduralraum injiziert und anschließend die Aussagekraft der Ossovenographie, Myelographie und Epidurographie verglichen. Es entsteht eine abgegrenzte, feste Raumforderung dorsal oder lateral der Cauda equina von 14 bis 50 mm Länge und zylindrischer Form, der teilweise die Nervenwurzeln umgab. Diese Prozesse ließen sich am besten durch die Epidurographie darstellen; anhand von Myelographien konnte keine Aussage über die Raumforderungen gemacht werden.

FUNQUIST (1962 a) simuliert eine ventral oder ventrolateral des Rückenmarks liegende Kompression durch eine epidural liegende Paraffinwachsinjektion. Ein Wirbel im Bereich T10/11 wird von ventral freipräpariert und ein 3 mm großes Loch durch den Wirbelkörper gebohrt, durch das die Raumforderung in den Epiduralraum injiziert wurde. Die Paraffinwachsmenge beträgt 0,3-0,7 ml. Anschließend wird die Qualität der Myelogramme durch die unterschiedliche Injektionsmengen des Röntgenkontrastmittels und der Zeit pro Injektionsmenge beurteilt. Ihre Untersuchungen ergeben, dass erst nach voller Dosierung (0,3 ml Kontrastmittel/kg) eine gute Auswertung der VD und I/I Aufnahmen möglich ist. Bei der Beurteilung der Injektionszeiten wird eine bessere Aufnahmequalität nach schnellerer Injektion erzielt. Die künstlichen pathologischen Raumforderungen sind so genauer lokalisierbar und abgrenzbar. Außerdem ergeben die Untersuchungen, dass die Zeit zwischen der Injektion bis zu den Aufnahmen entscheidend für eine gute Qualität ist. Die erste Aufnahme direkt im Anschluss an die Injektion weist eine bessere Qualität auf als die folgenden. Bei 4 von 9 Hunden können jedoch die kraniale Abgrenzung des Prozesses besser auf der zweiten Aufnahme beurteilt werden. Auch in seinen weiteren Untersuchungen (FUNQUIST 1962 b) stellt er fest, dass zwar die erste Aufnahme eine schärfere gesamte Kontrastsäule erkennen lässt, aber zum Teil die kraniale Raumforderungsgrenze besser auf der späteren Aufnahme erkennbar ist.

Anhand von unterschiedlich stark gefüllten Gummiballons simulieren TARLOV u. KLINGER (1954) die Auswirkungen auf das Rückenmark und die Rekonvaleszenzzeit der Hunde. Der Ballon wird bei drei Gruppen klinisch gesunder Tiere durch eine Laminektomie über T12 nach kranial bis T5-9 ventromedial epidural vorgeschoben und die Position durch Röntgenaufnahmen kontrolliert. Sie beurteilen die nervalen Ausfälle durch drei Ballongrößen.

Das erste Ballon-Füllungsvolumen beträgt ca. 1 ml (etwa der Durchmesser des gesamten Wirbelkanals); alle Tiere mit dieser Kompressionsgröße weisen daraufhin komplette Paralysen auf. 90% der Tiere, an denen die mittlere Ballonfüllung (ca. 0,9 ml) eingesetzt wird, zeigen ebenfalls komplette Paralysen. Das kleine Ballon-Füllungsvolumen (ca. 0,8 ml) wird langsam soweit aufgeblasen, bis gerade eine komplette Paralyse oder Verlust der Sensibilität eintritt. Kompressionen im Bereich der Cauda equina (L5) werden bei einer weiteren Gruppe nur mit großer Ballonfüllung durchgeführt. Es werden Paralysen der unteren Abschnitte der Hinterextremitäten (ab Knie oder Sprunggelenk abwärts), aber nicht immer komplette Lähmungen ab der Hüfte erzeugt.

Ihre Untersuchungen ergeben, dass die Erholung und vollständige Genesung von Rückenmark- oder Cauda equina-Kompressionen nicht nur von der Größe des raumfordernden Prozesses, sondern auch von der Dauer der Kompression abhängt.

Hunde mit kompletter Paralyse durch ein großes Ballon-Füllungsvolumen können sich bei einer Kompressionszeit von einer Minute wieder vollständig erholen. Bei längerer Kompressionszeit erholen sie sich nicht immer. Bei kleinen Raumforderungen (kleines Ballonvolumen) wird eine vollständige Wiederherstellung der motorischen und sensiblen Nervenfunktion noch nach zweistündiger Kompression erreicht. Bei mittelgroßen Raumforderungen liegt die maximale Kompressionszeit für eine vollständige Funktionswiedererlangung bei 30 Minuten. Die ersten Nervenfunktionen sind 1 – 5 Tage nach einer Kompression wieder feststellbar; können aber auch bis zu 30 Tage dauern.

DELAMARTER et al. (1990) entwickeln ein Modell, um lumbosakrale Stenosen beim Hund zu erzeugen und pathophysiologische Vorgänge zu untersuchen. Hierbei wird die Cauda equina intraoperationem mit einem Nylon Kabelbinder im Bereich des 7. Lendenwirbels zu 25%, 50% oder 75% des Wirbelkanaldurchmessers abgeschnürt (je 6 Tiere). Diese Konstriktion wird über einen Zeitraum von drei Monaten belassen und die neurologischen Ausfälle und der Cortisolanstieg beurteilt und schließlich, nach der Euthanasie, der komprimierte Bereich histologisch untersucht. Die neurologischen Ausfälle steigen proportional zu der Kompression der Cauda equina. Bei Kompressionen von 25% werden keine neurologischen Ausfälle oder Lahmen und nur ein geringer Cortisolanstieg beobachtet. Eine 50% ige Konstriktion verursacht Lahmheiten und Muskelschwäche, die etwa zwei Wochen anhalten und sich dann bessern. Ist die Cauda equina zu 75% des Wirbelkanaldurchmessers komprimiert, so treten starke motorische und sensible Störungen auf, die über den gesamten Zeitraum bis zur Euthanasie anhalten.

2.4.1 Morphometrie an der Wirbelsäule

SCHIRMER (1913) untersucht und vermisst an „hasengroßen“ Hunden die Wirbelsäule aus forensischen Gründen. Jedoch geht aus seiner Arbeit nicht die Rasse der Tiere, die genaue Größe, noch die Hundeanzahl hervor. Vermessen hat er im Lenden- und Kreuzwirbelbereich des Hundes unter anderem: Corpus vertebrae (Länge und Höhe, kranial und kaudal), Canalis vertebralis (Länge, Höhe und Breite), Gelenkflächen (Länge und Breite, kranial und kaudal der Wirbel), Foramen intervertebrale (Breite und Tiefe).

KUSCH (1983) versucht durch osteometrische Vermessungen und deskriptive Darstellungen rassespezifische Merkmale des Bewegungsapparates der Teckelschläge zu erkennen. Sie vermisst im Bereich der Lendenwirbelsäule und Kreuzbeins u. a. folgende anatomische Strukturen:

An den Lendenwirbeln: Länge des Corpus vertebrae, Durchmesser des Wirbelkanals, kranial und kaudal jeweils vertikal und horizontal, Extremitas cranialis und Extremitas caudalis jeweils Breite und Höhe.

An den Kreuzwirbeln: Länge des Corpus vertebrae, Durchmesser des Wirbelkanals kranial und kaudal jeweils horizontal und vertikal, Extremitas cranialis und caudalis jeweils Höhe und Breite.

Es werden keine Typen- oder Geschlechtsunterschiede festgestellt.

GALANSKI (1986) erwähnt, dass die Röntgenometrie des Wirbelkanals des Menschen aus anatomischen und methodischen Gründen mit einer Reihe von Schwierigkeiten verbunden ist, wodurch sich ihr Wert zur Diagnostik raumfordernder Prozesse im Wirbelkanal vermindert. Die diagnostische Aussage der Messwerte wird durch die große Variabilität der individuellen Anatomie begrenzt. Wegen der Schwankungsbreite der Normwerte ist die Angabe von Mittelwerten seiner Meinung nach nicht sinnvoll. Vielmehr interessieren die Grenzwerte der normalen Wirbelsäule nach oben und unten; die unteren bei dem Verdacht auf einen engen Spinalkanal, die oberen bei der Frage nach einer intraspinalen Raumforderung. Hierfür sollen die absoluten Messwerte weniger aussagekräftig sein, als der Vergleich der Messwerte benachbarter Segmente. Vor allem eine abrupte Änderung der Werte ist verdächtig.

Auch MATTOON u. KOBLIK (1993) stellen bei ihren Messungen des lumbosakralen Übergangs an Hunden fest, dass eine akkurate Messung des Wirbelkanals anhand von Röntgenaufnahmen nicht möglich ist. Es ist schwierig, genau die zu messenden knöchernen

Linien zu definieren. Auch eine Beurteilung, ob es sich um pathologische Veränderungen der Wirbelsäule handelte oder nicht, ist durch die Vermessung der Wirbelkanalhöhe nicht möglich. Dies resultiert nach Angaben der Autoren daraus, dass eine lateral oder dorsolateral liegende Stenose nicht in die Messungen einbezogen werden kann. In der Humanmedizin werden bereits von mehreren Autoren (ELSBERG u. DYKE 1933/34; HINCK et al. 1965 u. 1966; EPSTEIN 1976) Normwerttabellen und Diagramme des Wirbelkanals erstellt.

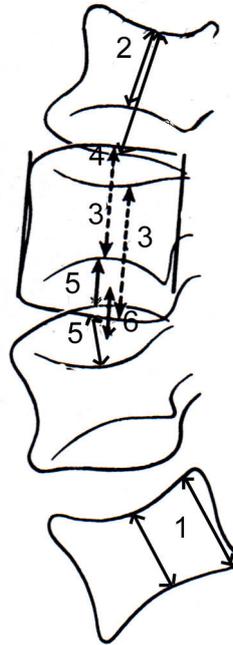
HURXTHAL (1968) untersucht, wie l/l Röntgenaufnahmen der menschlichen Wirbelsäule, auf denen die Wirbel zum Teil unterschiedlich stark verkippt und 7 cm lateral des Zentralstrahls dargestellt sind, möglichst genau und reproduzierbar vermessen werden können. Sie kennzeichnen die Ecken der Wirbelkörper und das Zentrum des Wirbelkörpers mit Punkten auf dem Röntgenfilm. An diesen Aufnahmen werden die Höhe der Wirbelkörper (kraniokaudaler Durchmesser) und die Dicke der Symphysis intervertebralis vermessen (Abb. 2.8).

1. Bei Aufnahmen, auf denen kranial und kaudal jeweils nur eine Linie der Wirbelkörperendplatten sichtbar ist, wird dieser Abstand gemessen.
2. Sind kranial eine, aber kaudal zwei Linien erkennbar, so wird von der kranialen zu jeweils den beiden kaudalen Linien gemessen. Der Mittelwert der Messungen ergibt den Abstand der Endplatten.
3. Sind vier Linien, zwei kranial, zwei kaudal sichtbar, wird von der kaudalen dichteren zur kranialen dünneren Linie und von der kranialen dichteren Linie zur kaudalen dünneren Linie gemessen. Der Mittelwert der zwei Messungen ergibt den Abstand der Endplatten.
4. Seltener sind drei Linien kranial und kaudal zu sehen. Hierbei überlappt sich eine Linie des folgenden und vorangehenden Wirbels über den zu messenden Wirbel.

Zur Vermessung des Intervertebralspalt (indirektes Maß für die Bandscheibendicke) können verschiedene Techniken angewendet werden.

5. Nach Identifizierung der weiter kaudalen und kranialen Kante der schräg projizierten Extremitas caudalis sowie der weiter kaudalen und kranialen Kante der nächsten Extremitas cranialis wird der größte Abstand der zwei weiter kaudalen und zwei kranialen Kanten gemessen. Dies ergibt den mittleren Abstand der Kanten (Intervertebralspalt) in schlecht zentrierten Wirbelaufnahmen.
6. Oder anhand einer einfacheren, aber nicht so akkuraten Methode: hierbei wird vom Mittelpunkt zwischen den zwei Linien einer Extremitas caudalis bis zum Mittelpunkt der folgenden zwei Linien der nächsten Extremitas cranialis gemessen.

Abbildung 2.8: Messungen an unterschiedlich stark bikonkaven Röntgenbildern beim Menschen, modifiziert nach HURXTHAL (1968).



Ähnlich, aber zusätzlich computerunterstützt vereinfacht, führen QUINT et al. (1997) Messungen der menschlichen Wirbelsäule in kartesischen Koordinaten durch. Auch sie markieren die Eckpunkte und den Mittelpunkt der sichtbaren Linien der zu messenden Strecken. Sie sind ebenfalls der Meinung, dass Messfehler durch exakte Punktlokalisierung vermieden werden können, auch wenn die Wirbel rotiert, nicht parallel zum Film liegen, der Zentralstrahl nicht senkrecht auf den entsprechenden zu messenden Wirbeln oder zusätzlich durch Streustrahlung die Wirbel unscharf dargestellt sind.

Bei axialer Rotation der Wirbel wird der Mittelpunkt zwischen zwei dargestellten Linien als Messpunkt verwendet. Bei oval dargestellten Wirbelkörperendplatten messen sie die zueinander kongruenten Enden der Endplatten.

Außerdem können sie bei Vergleichsuntersuchungen zwischen handgemessenen (Lineal oder Schublehre) und per Computer berechneten Werten keine deutlichen Unterschiede in der Genauigkeit beobachten; es ist jedoch einfacher und schneller anhand des Computers mehrere Werte oder sogar die Winkelungen der Wirbel zueinander zu ermitteln.

ELSBERG u. DYKE (1933/34) führen an Röntgenaufnahmen Messungen des menschlichen Wirbelkanals durch und beurteilen die Form der Pedikel, um so Anhaltspunkte für die Lokalisation und Seitenbestimmung intraspinaler Tumoren zu erlangen. In 74 % (n=19) können sie extradurale Tumoren durch eine Verbreiterung des Wirbelkanals und knöcherne Veränderungen identifizieren.

Beim Menschen kommt in der 45°-Schrägaufnahme die kontralaterale Bogenwurzel und der ipsilaterale Lammellenabschnitt so zur Ansicht, dass der Wirbelkanal im Schrägdurchmesser gemessen werden kann (GALANSKI 1986).

Anhand myelographischer Röntgenaufnahmen von 100 Hunden eruierten MORGAN et al. (1987) den Höhendurchmesser des Wirbelkanals und den Höhen- und Breitendurchmesser der Medulla spinalis im Lumbosakralübergang der Cauda equina. Sie stellen Unterschiede im Verhältnis des Wirbelkanals zum Rückenmark zwischen Teckeln und Deutschen Schäferhunden (chondrodystrophische und nicht chondrodystrophischen Rassen) fest. Die Messungen werden an jedem Lendenwirbel je kranial, zentral und kaudal vorgenommen. Kaudal des Endes der Medulla spinalis wird der Durchmesser der kontrastmittelgefüllten Cauda equina vermessen.

EICHELBERG et al. (1989) führen an Boxern morphometrische Untersuchungen an Röntgenaufnahmen durch und messen den 3. Lendenwirbel um eine Aussage über die Neigung zu Spondylosen machen zu können. Es werden die Länge und Höhe der Wirbelkörper und die Wirbelkanalhöhe bei spondylosetreien und spondylosebefallenen Tieren ermittelt. Insgesamt stellen sie fest, dass sehr starke Schwankungen der absoluten Längenmaße am 3. Lendenwirbel innerhalb der Rasse vorkommen. Selbst innerhalb der Hundegruppen (männlich, weiblich, alt, jung) sind die Schwankungen sehr groß. Die Längenunterschiede der Wirbelkörper liegen bei bis zu ca. 1 cm.

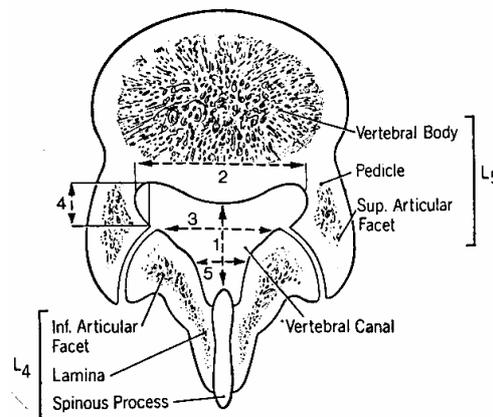
Anhand von computertomographischen Bildern gesunder, kranker sowie toter Hunde vermessen JONES et al. (1995b) den sagittalen, dorsalen und transversalen Durchmesser des Wirbelkanals sowie des Wirbelkörpers. Zusätzlich können anhand von Transversalschnitten durch die Wirbel der Wirbelkanalumfang ermittelt werden. Anhand dieser Ebenen ist die Vermessung des sagittalen und transversalen Wirbelkanaldurchmessers sehr genau (JONES et al. 1995a).

Beim Menschen wird häufig zur Ermittlung von Wirbelkanalstenosen gemessen: mittlerer sagittaler Durchmesser (POSTACCINI et al. 1980), Duralsackdurchmesser (DORWART u. GENANT 1983; SCHÖNSTRÖM et al. 1985), sagittaler lateraler Rezessdurchmesser (HINCK et al. 1966; MIKHAEL et al. 1981), transversaler Wirbelkanalumfang (KORNBERG

u. RECHTINE 1985), transversale Duralsackfläche und Wirbelgelenkabstand und der Pedikeldurchmesser (horizontal und vertikal) (WILMINK et al. 1988).

Speziell zur Eruiierung der physiologischen und pathologischen Größe des lateralen Rezesses beim Menschen stellen mehrere Autoren Messungen an (MIKHAEL et al. 1981; LEE et al. 1978; GOUZIEN et al. 1990), da Veränderungen dieser Strukturen zu Nervenwurzelkompressionen führen können.

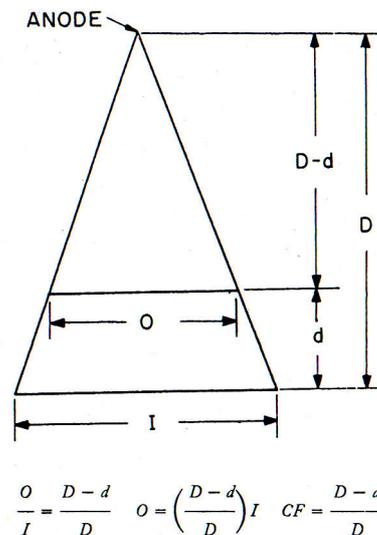
Abbildung 2.9: Messstrecken zur Eruiierung des lateralen Rezesses anhand eines CT-Transversalschnittes beim Menschen: 1) sagittaler Durchmesser, 2) interpedikulärer Durchmesser, 3) interfacettaler Durchmesser, 4) tiefe des lateralen Rezesses, 5) interlaminaler Durchmesser, modifizier nach MIKHAEL et al. (1981).



Ermittlung des Korrekturfaktors

Da sich die anatomischen Strukturen im Röntgenbild immer leicht vergrößert darstellen, ist die Berechnung des Korrekturfaktors der Größenabweichung für die Messverfahren sehr wichtig. Diese wird bedingt durch drei Parameter: Fokus-Film-Abstand, Objekt-Film-Abstand und Objektgröße (BROWN 1957). Eine Möglichkeit zur Ermittlung des Korrekturfaktors ist die Berechnung aus dem bekannten Fokus-Film Abstand (D) und dem Objekt-Film-Abstand (d). Daraus ergibt sich die Objektgröße (O) zur dargestellten Objektgröße (I).

Abbildung 2.10: Berechnung der reellen Objektgröße (O) aus der auf dem Röntgenfilm vergrößert dargestellten Objektgröße (I); modifiziert aus BROWN (1957).



MORGAN et al. (1987) verwenden einen Plastikstab mit Löchern im 1 cm-Abstand als Kalibrierstab. Dieser wird in der mittleren Höhe der Tierkörper plaziert, um den Korrektionsfaktor für die Vergrößerung der Röntgenbilder genau auswerten zu können. Der Vergrößerungsfaktor wird ermittelt durch die Messung der Abstandszunahme der Löcher im Maßstab auf dem Röntgenbild.

JONES et al. (1995b) positionieren für ihre Messungen an Computertomographien eine mit Kontrastmittel gefüllte 1 ml-Spritze als Kalibrierstab in die Parallele zum Körper. Da der Durchmesser der Spritze bekannt ist, können die Abweichung dieses Durchmessers im Transversalschnitt zur Berechnung der Abweichung von der Senkrechten zum Wirbelkanal verwendet werden.

2.4.2 Fehlerquellen bei Messverfahren

Messfehler können durch eine ungenaue Projektion der Wirbel entstehen. So kommt es bei l/l Aufnahmen beim Hund ohne Unterpolsterung des Halses, des ventralen Thorax, des Lendenbereiches und der Gliedmaßen zu einer axialen und seitlichen Verkippung der Wirbelsäule (DOUGLAS et al. 1991).

Weitere mögliche Ursachen für Messungenauigkeiten sind die nicht genaue Zentrierung des Zentralstrahls über L3. Dabei kommt es zu einer Torsion mit bikonkaver Darstellung der Wirbelkörper in der l/l oder anterior-posterioren Röntgenebene (Mensch). Irreführend sind so die entstehenden Linien der Wirbelkörperkanten. Zum Beispiel sind in der Ebene l/l oder anterior-posterior folgende Muster möglich:

- keine deutlich getrennten Linien der Wirbelkanten,
- durch Überlagerung der kranialen und kaudalen Kanten entsteht nur eine einzige sichtbare Linie,
- an der Extremitas cranialis ist nur eine Linie, kaudal sind zwei zu erkennen oder umgekehrt, da der Zentralstrahl geringgradig dezentriert wurde,
- vier Linien sind sichtbar, zwei an der Extremitas cranialis und zwei an der Extremitas caudalis,
- sechs Linien sind erkennbar, drei kranial, drei kaudal, durch Überlagerung des angrenzenden Wirbelkörpers (HURXTHAL 1968).

Je stärker die axiale Rotation der Wirbel ist, desto ungenauer wird die Messung, da sich die Fläche oval statt rund darstellt. Bei Rotationen um weniger als 15° liegt die Abweichung des eigentlichen Durchmessers bei weniger als 4% (SCHÖNSTRÖM 1988).

Die manuellen Messmethoden ergeben immer eine gewisse Messungenauigkeit. Dies liegt schon an der Messpunktdefinition. Um die individuelle Messungenauigkeit des Untersuchers zu ermitteln, sollten von der gleichen oder mehreren unabhängigen Personen die Messstrecken mehrere Male nachgemessen werden. So eruieren HINCK et al. (1966) bei den Messungen des Interpedikularabstandes von Kinderwirbelsäulen bei 98 Nachmessungen eine Messungenauigkeit von 0 bis 3,6 mm.

Die Messungen von JONES et al. (1995b) werden, um diese einheitlich zu halten, nur von einer Person gemessen.

3. Material und Methoden

3.1 Material

3.1.1 Technische Ausrüstung

Die nativen und myelographischen Röntgenaufnahmen werden in der Tierversuchsanlage der Medizinischen Einrichtungen der Heinrich-Heine Universität in Düsseldorf angefertigt. Hierfür wird eine Übertisch-Röntgeneinrichtung mit einem Philips Optimus Generator (Typ: 989000002403, Serien Nr. 99010052), Herstellung: Hamburg, Februar 1999 verwendet. Der Strahler-Typ ist ein Philips PCS 2000 (Typ Nr.: 9804827 10009, Serien Nr.: 1833), Input: 115/230 Volt, 1 Phase, 50/60 Herz, 2/1 Ampere, Herstellung: Hamburg, September 1994, mit einer Eigenfilterung von 2,5 mm Al und einem Bucky-Raster (Typ Nr.: 985345645201), Herstellung: Hamburg, Input: 110/220 Volt, 2/1 Ampere und 50/60 Herz, 36 L/cm (Lamellen / cm), $r = 12$, $f^\circ = 100$ cm und $r = 8$, $f^\circ = 100$ cm ($r =$ Schachtverhältnis, $f^\circ =$ Fokussierungsabstand). Der Fokus-Film-Abstand beträgt 115 cm.

Zur Anfertigung der Röntgenaufnahmen werden Filme der Firma Kodak, Typ: Kodak XDA Trimax 24x30 cm mit einem Verstärkerfolien-Typ 3M Trimax 6 der Empfindlichkeitsklasse 300 (Universell) aus seltenen Erden verwendet. Die Belichtungen werden manuell eingestellt und variieren von 46 kV/ 20 mA bis 76 kV/32 mA je nach Hundegröße.

Die Röntgenfilmentwicklung wird mit einer Fuji Photo Film Entwicklungsmaschine Typ: 01-LTD Herstellung: Tokyo, durchgeführt. Hierfür werden folgende Chemikalien verwendet: Entwickler: „Kodak RP X-Omat EX“, Fixierer: „Kodak RP X-Omat Lo“ der Firma Kodak. Die durchschnittliche Entwicklungstemperatur beträgt 35°C, die durchschnittliche Entwicklungsdauer 2,5 Minuten.

Die Simulation der pathologischen Raumforderungen im Epiduralraum wird mittels eines C-Bogen Röntgenbildverstärkers der Firma Ziehm, Typ Exposkop 7000 mit einem Hochfrequenzgenerator (Nr. 2265), Herstellung: Nürnberg, 1996 und einem Strahler-Typ mit Doppelfokus und Drehanodenröhre (Nr. 2265), Herstellung: 1996, durchgeführt. Dieses Gerät hat eine Eigenfilterung von 4 mm Al mit einem Pb 8/40 Raster-Typ. Die maximale kVP beträgt 110 kV. Bei dem Bildverstärker-Typ (BV) handelt es sich um eine 23/15 cm und 17/10 cm Cäsium-Jodid Röhre mit 1,5 facher Vergrößerungsmöglichkeit (Nr. EP-F-181-0,6/1,5-125-60). Die BV-Röhrenparameter betragen 75 kV und 3,1 mA. Die Auswertung der Erkennbarkeit der pathologischen Raumforderungen findet direkt am Schirmbildgerät

(Monitor) der Firma Ziehm, Typ Exposkop 7000, Nr. 2256, bei einer Vergrößerungsstufe von 17/10 cm, statt.

Zur Dokumentation werden die einzelnen Bilder mit einem integrierten schwarz-weiß Video-Graphic-Drucker (Typ: UP-910) auf einem Sony Typ 2 (High Density) UPP-216 HD Druckerpapier der Firma Sony Corporation, Tokyo, Japan, ausgedruckt.

Für die Konstanzprüfung der Filmverarbeitung werden folgende Geräte der Firma Wellhöfer, Schwarzenbruck, Deutschland verwendet: Sensitometer, Typ Lullus 3,7 S zur Aufbelichtung eines 21-stufigen Streifens, sowie ein Densitometer, Typ Lullus 3,7 zur Dichtemessung der belichteten Streifenabschnitte, Prüfmittel in der Konstanzprüfung der Direktradiographie sind eine Testplatte, Typ ET-R1, Nr. 01-13623, ein Dosismessgerät, Typ Dosimax (Nr. 0113068), ein Patientenäquivalentfilter (Typ: Pä-Fh Nr. 01-13623), Prüfgröße nach Din 6868/3,4 welches für 70 bis 100 kV ausgelegt ist. Zur Dosisbestimmung während der Bildverstärker-Konstanzprüfung wird ein Stabdosisimeter (Typ FH 39RP, Nr. 7973) der Firma Eberline verwendet.

Zur Simulation der Raumforderungen im Epiduralraum dienen Fogarty Arterien-Embolektomie-Katheter (EMB) der Firma Baxter Deutschland GmbH, Vascular Systems Division, Unterschleißheim, Deutschland, vom Typ 3F (im weiteren Text mit „grün“ bezeichnet), Katheter-Durchmesser leer = 1,41 mm, max. Flüssigkeitsfüllmenge im Versuch = 0,2 ml mit max. Durchmesser von 7 mm.

Zu Beginn der Untersuchungen werden versuchsweise Embolektomie-Katheter vom Typ 4 F (mit „rot“ bezeichnet, Durchmesser leer = 1,76 mm, max. Flüssigkeitsfüllmenge im Versuch = 0,2 ml mit einem maximalen Durchmesser von 7,5 mm) verwendet, die sich jedoch für die kleinen Hunde als zu groß erwiesen, so dass die Untersuchungen nur mit den 3F Kathetern fortgeführt werden. Die Ballonausdehnung bei steigendem Flüssigkeitsvolumen ist annähernd gleichmäßig. (Tab. 8.1 Anhang, Abb. 3.2, Tab. 3.5).

3.1.2 Röntgenqualitätssicherung

In der Humanmedizin ist die Qualitätssicherung der Röntgeneinrichtungen sowie die Konstanzprüfung der Filmqualität nach der Röntgenverordnung § 16, DIN 6868 regelmäßig durchzuführen. Da die verwendeten Geräte in der Tierversuchsanlage, aber nicht im humanmedizinischen Bereich eingesetzt werden, ist diese Konstanzprüfung nicht vorgeschrieben. Zur Überprüfung der Kontinuität der Röntgenqualität in der vorliegenden Arbeit werden jedoch Konstanzprüfungen am Direktradiographiegerät sowie dem Röntgen-Bildverstärker und Konstanzprüfungen der Filmqualität durchgeführt. Die Konstanzprüfung der Röntgengeräte wird einmal / Monat in einem Zeitraum von 5 Monaten (Juli-November 2001), die der Filmverarbeitung arbeitstäglich in einem Zeitraum von einem Monat (Juli 2001) durchgeführt.

Konstanzprüfung der Filmverarbeitung:

Die Konstanzprüfung der Filmverarbeitung ergibt in einem Untersuchungszeitraum von einem Monat, dass die Filmverarbeitungsqualität über den gesamten Untersuchungszeitraum annähernd gleich ist. Die geringen Abweichungen der Filmverarbeitungsqualität sind stets innerhalb der Abweichungstoleranz.

Die optische Minimaldichte **A** (D_{\min} = Grundschwärzung des Filmes) liegt durchschnittlich bei 0,235 (= -0,005 des Ausgangswertes), der Empfindlichkeitsindex **B** ($D_{\min} + 1$ = Stufe 8) liegt bei einer optischen Dichte von 1,14 und die Empfindlichkeit der optischen Dichte weicht während der Messungen durchschnittlich um 0,01 ab (Grenzabweichung des Empfindlichkeitsindex liegt bei +/- 0,2). Der Kontrast **C-B** (Kontrastindex **C** = Stufe 11 – Empfindlichkeitsindex) hat einen Bezugswert der optischen Dichte von 1,5 und die Abweichungen der Dichte während der Messungen beträgt durchschnittlich 0,019 (Grenzabweichung liegt bei +/- 0,2).

Konstanzprüfung der Direktradiographie:

Die Kontinuität der Qualität des Röntgengerätes wird bei einer freien Einstellung mit 70 kV und 12,5 mA bei einer eingestellten Feldgröße von 18 x 24 cm und einem Fokus-Film-Abstand von 115 cm durchgeführt. Die Testplatte hat einen Abstand zum Fokus von 103 cm. Die in der Humanmedizin zusätzlich übliche Belichtung mit 100 kV wird nicht durchgeführt,

da die kV-Werte beim Hund in dieser Arbeit höchstens um 70 kV liegen. Das Patientenäquivalentfilter mit Dosimetersonde wird unter dem Strahler angebracht.

Die Ergebnisse der Messungen (Abweichungen im Nutzstrahlenfeld, Strahlendosis, Auflösung) sind über den gesamten Testzeitraum hinweg konstant und liegen jeweils innerhalb der Bezugswerte. Nur die durchschnittliche Strahlendosis von 8,23 mGy liegt unterhalb des Bezugswertes von 13,9 (+/- 30 %) mGy. Die optische Dichte liegt im Mittel bei 1,41 (BW = 1,5 +/- 0,3), die Abweichungen im Nutzstrahlenfeld betragen durchschnittlich horizontal 0,4 cm (BW = 2,3 cm), vertikal 0,6 cm (BW = 2,3 cm), der Kontrast ist auf jeder Aufnahme gut und konstant, und die Auflösung liegt bei durchschnittlich 3,7 LP/mm (Linienpaare/mm).

Konstanzprüfung des Röntgen-Bildverstärkers (Rö-BV):

Die Konstanzprüfung bei Aufnahmeeinrichtungen mit Röntgen-Bildverstärker wird - wie auch die Untersuchungen an den Hunden in dieser Arbeit - mit einer Belichtungsautomatik, dem BV-Format von 17 cm, mit einer Untertischbelichtung und mit der Programmeinstellung: Wirbelsäule, Metall, ½ Dosis, durchgeführt. Die Beurteilung der Konstanz wird einmal am Monitor, dann auf dem Ausdruck und zur Dichtebestimmung zusätzlich auf einem Film vorgenommen.

Die Abweichungen des Nutzstrahlenfeldes, die Auflösung und die Kontrastdarstellbarkeit sind während der gesamten Messzeit gut, konstant und liegen jeweils innerhalb der Bezugswerte. Die Dosis bei 20 sec. Durchleuchtung wird mittels eines Stabdosisimeters festgehalten und beträgt im Durchschnitt 0,058 mSv bei durchschnittlich 43 kV und 0,1 mA. Die Kontrastdarstellbarkeit ist gut und gleichbleibend, und das Auflösungsvermögen beträgt bei allen Untersuchungen 1,6 Lp/mm (BW = 1,2 Lp/mm). Die Abweichungen des Nutzstrahlenfeldes (sichtbarer Bildausschnitt) beträgt in der Horizontalen li./re. 0,1/0,1 cm und in der Vertikalen o./u. 0,3/0,4 cm (BW = horizontal 6,5/6,5 cm; vertikal 6,5/6,5 cm +/- 1 cm).

Zusammenfassend für die Konstanzprüfung der Röntgenqualität ist zu sagen, dass die Qualität der Röntgenanlagen sowie des Filmverarbeitungsprozesses konstant und gut ist und so die Voraussetzungen für auswertbare Röntgenaufnahmen gegeben sind.

3.1.3 Tiere

Für diese Untersuchung werden insgesamt 105 Hunde, die aufgrund unterschiedlicher Grundkrankheiten in Tierarztpraxen und Tierkliniken euthanasiert wurden, in der Tierversuchsanlage der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf innerhalb von max. 36 h post mortem (p.m.) präpariert und untersucht. Der Zeitraum zwischen dem Tod und der Untersuchung ist aus logistischen Gründen unterschiedlich.

Die Tiere sind mindestens 1 Jahr alt und weisen laut Vorbericht keine neurologischen Ausfallserscheinungen der Hinterextremitäten auf. Hunde, die starke röntgenologisch feststellbare Veränderungen an der Wirbelsäule, eine durch beginnende Autolyse veränderte Kontrastsäulendarstellung sowie myelographisch darstellbare pathologische Raumforderungen aufweisen, werden von den Untersuchungen und Messungen ausgeschlossen (30 Tiere). Die verbliebenen 75 Hunde werden vollständig ausgewertet oder einzelne Segmente ausgeschlossen (28 Tiere). Hierbei sind die häufigsten Gründe Spondylosen oder Bandscheibenvorfälle, die bei älteren Tieren häufig auftreten.

Bei den Tieren wird das Zahnalter, die Rasse, das Geschlecht, die Länge der Wirbelsäule (Scheitel-Steiß-Länge = SSL) und das Gewicht bestimmt (Tab. 3.1).

Die 75 Tiere werden nach der Scheitel-Steiß Länge (SSL) in drei gleich große Gruppen (je 19 cm SSL Unterschied) eingeteilt. In jeder Gruppe befinden sich 25 Tiere (Tab. 8.2 Anhang, Abb. 3.1).

Gruppe I: 42-60 cm SSL

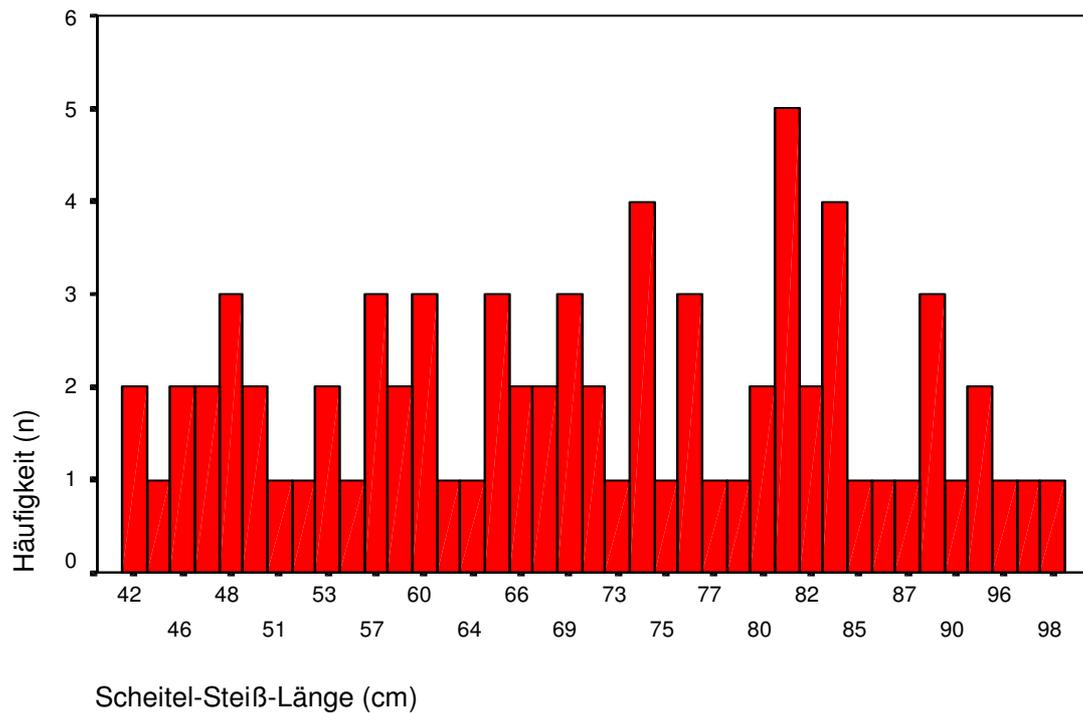
Gruppe II: 61-79 cm SSL

Gruppe III: 80-98 cm SSL

Tabelle 3.1: SSL, Gewichts (Gew.)- und Altersverteilung innerhalb der 3 Gruppen. Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3.

	Gr. 1 n=25			Gr. 2 n=25			Gr. 3 n=25		
	SSL (cm)	Gew. (kg)	Alter (Jahre)	SSL (cm)	Gew. (kg)	Alter (Jahre)	SSL (cm)	Gew. (kg)	Alter (Jahre)
X	51,52	10	12,8	70,6	24	9,5	86,2	38,5	6,8
Min.	42	2,6	1	63	13,7	1	80	21,3	1
Max.	60	16,5	16	78	35	19	98	55,5	15

Abbildung 3.1: Scheitel-Steiß-Längen Verteilung über alle Gruppen.



3.1.3.1. Rasseverteilung innerhalb der Gruppen

In Gruppe 1 ist die Verteilung der Rassen sehr breit (14 Rassen). Die von einer Rasse am häufigsten auftretenden sind die Teckel (7 Tiere, 28%). In Gruppe 2 sind es 17 Rassen oder deren Mischlinge, von denen der Foxhound (4 Tiere, 16%), Cocker und Staffordshire Terrier mit je 3 Tieren (je 12%) die meisten innerhalb einer Rasse darstellen. In der Gruppe 3 sind 9 Rassen vertreten, von denen der Foxhound (7 Tiere, 28%), Deutsche Schäferhund (5 Tiere, 20%) und Dobermann (4 Tiere, 16%) mit der höchsten Anzahl der Tiere vertreten sind (Tab. 3.2).

Tabelle 3.2: Rasseverteilung (Anzahl und Prozent) aller Hunde in Gruppe 1, 2 und 3:

Rassen Gruppe 1, kleine Hunde	Häufigkeit n Tiere (%)	Rassen Gruppe 2, mittelgroße Hunde	Häufigkeit n Tiere (%)	Rassen Gruppe 3 große Hunde	Häufigkeit n Tiere (%)
Mischling	1 (4%)	Riesenschnauzer	1 (4%)	Rotweiler	3 (12%)
Terrier-Mischling	1 (4%)	Beagle	1 (4%)	Deutscher Schäferhund und dessen Mischlinge	5 (20%)
Mittelschnauzer und dessen Mischlinge	3 (12%)	Terrier-Mischling	1 (4%)	Dobermann	4 (16%)
Rauhaarteckel (RHT)	3 (12%)	Briard	1 (4%)	Irish Setter	1 (4%)
Langhaarteckel (LHT)	4 (16%)	Husky	1 (4%)	Bouvier	1 (4%)
Rehpinscher	1 (4%)	Cocker Spaniel und dessen Mischlinge	3 (12%)	Foxhound	7 (28%)
Westhighland White Terrier	2 (8%)	Mittelschnauzer- Mischling	1 (4%)	Collie und Collie- Mischling	2 (8%)
Cairn Terrier	3 (12%)	Deutscher Schäferhund	1 (4%)	Kaukasischer Owczarka	1 (4%)
Malteser	1 (4%)	Pitbull Terrier	1 (4%)	Fila Brasileiro	1 (4%)
Beagle-Mischling	1 (4%)	Staffordshire Terrier	3 (12%)		
Tibet Terrier	1 (4%)	Airedale Terrier	1 (4%)		
Yorkshire Terrier	1 (4%)	Foxhound	4 (16%)		
Basenji	1 (4%)	Dt. Drahthaar	2 (8%)		
Zwergschnauzer	1 (4%)	Tibet Terrier	1 (4%)		
		Boxer	1 (4%)		
		Spitz	1 (4%)		
		Welsh Terrier	1 (4%)		

3.2 Methode

3.2.1 Präparation der Tierkörper

Die Hunde werden bis zur Untersuchung bei 0 bis 4°C gelagert. Die Lamina arcus vertebrae wird inklusiv des Processus spinosus im Bereich des 9.-12. Brustwirbels entfernt und die Dura mater über einen mindestens 3 cm langen Bereich freigelegt, ohne diese zu beschädigen. Die Wirbelsäule wird von dorsal in dem gesamten Bereich von L1 bis zum Kreuzbein präpariert. Dabei werden die Musculi dorsi von der Wirbelsäule so abpräpariert, dass die Foramina intervertebralia gut erreichbar sind und der Embolektomie-Katheter hierdurch eingeführt werden kann.

Die Eingeweide weisen oft eine starke, unterschiedlich kontrastreiche Füllung mit Magen- und Darminhalt, Röntgenkontrastmittel oder Luftansammlungen auf. Auch der Urogenitaltrakt enthält teilweise Röntgenkontrastmittel oder röntgendichten Inhalt. Um die Darstellung der zu vermessenden anatomischen Strukturen zu optimieren und die durch die Streustahlung bedingte Unschärfe der Röntgenaufnahmen zu reduzieren, werden die abdominalen Eingeweide (Dick-, Dünndarm, Pankreas, Magen, Milz, Leber, Nieren, Harnblase und überflüssiges Fettgewebe) entfernt.

3.2.2 Abfolge der radiologischen Untersuchungen

1. Nativaufnahmen:
 - a. Si-DeL
 - b. DV
2. Subarachnoidale Kontrastmittelinjektion (Myelographie) in sternaler Position im präparierten Bereich.
3. Myelographische Röntgenaufnahmen (mit liegender Spinalnadel):
 - a. DV
 - b. Si-DeL
4. Simulation der pathologischen Raumforderungen ventrolateral im Epiduralraum in sternaler Lagerung der Tiere mit liegender Spinalnadel (L1- L6); Auswertung am C-Bogen in Untertischstrahlerstellung: Befunderhebung in den 4 unten beschriebenen Projektionen:

- a. Projektion 1 (P1): 45°-Kalibrierprojektion (wenn Katheter li.= dextro ventro45°medial-sinistro dorsolateral obliquus (dV45M-sDLO), wenn Katheter re. = sinistro ventro45°medial-dextro dorsolateral obliquus (sV45M-dDLO))
 - b. Projektion 2 (P2): (VD)
 - c. Projektion 3 (P3): kontralaterale 45°-Schrägprojektion
 - d. Projektion 4 (P4): Si-DeL
5. Myelographische Röntgenaufnahmen (ohne Spinalnadel):
- c. sinistro ventro45°medial-dextro dorsolateral obliquus (sV45M-dDLO),
 - d. dextro ventro45°medial-sinistro dorsolateral obliquus (dV45°M-sDLO).

3.2.3 Nativröntgenaufnahmen

Es werden jeweils im Si-DeL und DV Strahlengang (methodenbedingt nicht VD) Übersichtsröntgenaufnahmen der Lendenwirbelsäule mit der beschriebenen Röntgenanlage angefertigt. Die Belichtungen variieren von 46 kV/ 20 mA bei kleinen Hunden bis zu 76 kV/32 mA bei großen Hunden. Hierbei wird nahe der Wirbelsäule in gleicher Höhe ein Metallstab zur Kalibrierung positioniert (Metallstab: 4,95 cm Länge), um die Größenabweichung durch den Focus-Film-Abstand beim Röntgen genau berechnen zu können.

Für den Si-DeL Strahlengang werden die Tiere in rechter Seitenlage gelagert und die Wirbelsäule durch Schaumstoffkissen unter dem Hals, kaudal der Schulter, im Lendenbereich und zwischen den Gliedmaßen gerade ausgerichtet.

Für die DV Aufnahmen werden die Tiere in Brustlage, Ellbogen-, Schulter- und zum Teil Hüft- und Kniebeugehaltung oder mit gestreckten Hintergliedmaßen gelagert. Unter einzelne Gliedmaßenabschnitte werden Kissen zur Geraderichtung der Lendenwirbelsäule gebracht. Die Brustlage ermöglichte auch die für die Myelographie und die Simulation der Raumforderungen nötige Punktion des Duralsacks im Brustwirbelbereich, sowie die Injektion des Kontrastmittels, oder - falls erforderlich - eine Nachdosierung, da die Untersuchungszeit relativ lange dauert.

3.2.4 Punktion des Subarachnoidalraumes

Die Hunde werden zur Punktion in Brustlage, Ellbogen-, Hüft- und Kniebeugehaltung positioniert und mit Kunststoffkissen so fixiert, dass die Lendenwirbelsäule gerade zu liegen kommt.

Die Punktion wird im Bereich der freipräparierten Dura mater mit einer 19 GA 3,50 IN 1,1 x 90 mm YALE® SPINAL Spinalkanüle der Firma Becton Dickinson durchgeführt. Zum parallelen Einstechen durch die Dura mater wird die Spinalkanüle abgewinkelt. Die übliche lumbale und zisternale Myelographietechnik, wie bei lebenden Hunden ist nicht sinnvoll, da das Cavum subarachnoidale keinen Liquordruck mehr aufweist und so das Einführen der Nadel bis unter die Dura mater auch mittels Durchleuchtung nicht gut durchführbar ist.

Die Injektion des Röntgenkontrastmittels in das Cavum subarachnoidale wird mit 0,3-0,5 ml / kg dosiert. Als Kontrastmittel wird Iopamidol (Solutrast 300M®, Fa. Byk Gulden) in einer Konzentration von 300 mg Jod/ml verabreicht, um eine ausreichende Kontrastdarstellung zu gewährleisten. Die Tiere werden anschließend vorsichtig im kranialen Körperbereich angehoben bis sich das Kontrastmittel optimal im gesamten Spinalkanal nach kaudal verteilt. Kommt es zur unvollständigen Füllung des lumbalen Subarachnoidalraumes, so wird zusätzlich eine Okzipital- oder Lumbalpunktion durchgeführt, die nach dem thorakalen Einbringen von Kontrastmittel wieder besser durchführbar ist.

3.2.5 Simulation der pathologischen Raumforderungen

Die Tiere werden für diese Untersuchung ebenfalls in Brustlage gelagert, um den 3F Embolektomie Katheter jeweils korrekt in die randomisiert gewählten linken oder rechten Foramina intervertebralia (50% rechts, 50% links, von L1-L6) einführen zu können (Abb. 3.3).

Es werden bei den ersten 5 Tieren der Gruppe 1 und 2, und bei 4 Tieren der Gruppe 3 rote Katheter (4F Embolektomie-Katheter) verwendet. Bei den folgenden Hunden (Gesamt 61 Tiere) werden nur noch grüne Katheter (3F) verwendet und in Bezug auf die Simulation der Raumforderungen ausgewertet. In Gruppe 1 und 2 sind es je 20 Tiere und in Gruppe 3 21 Tiere, die in der Studie der simulierten Raumforderungen gewertet werden können (Tab. 3.3). Innerhalb der Lendenwirbelsäule werden bei einzelnen Tieren Segmente ausgelassen, da dort Veränderungen im Myelogramm bereits ohne Simulation erkennbar sind.

Tabelle 3.3: Verteilung der Kathetergröße je Gruppe.

Kathetergröße/ Gruppe	roter Katheter Anzahl (n)	grüner Katheter Anzahl (n)	Gesamt Anzahl (n)
Gruppe 1	5	20	25
Gruppe 2	5	20	25
Gruppe 3	4	21	25
Gesamt	14	61	75

Tabelle 3.4: Tierzahl pro ausgewerteter Lendenwirbelsegmente in jeder Gruppe (nur grüner Katheter):

Tiere (n)	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Gruppe 1	20	19	20	20	20	20
Gruppe 2	20	20	20	19	20	19
Gruppe 3	19	21	21	21	19	19

Abbildung 3.2: Ballonausdehnung (mm) eines grünen Katheters im Epiduralraum bei steigendem Füllvolumen je 0,01 ml (max. Füllung= 0,2 ml).

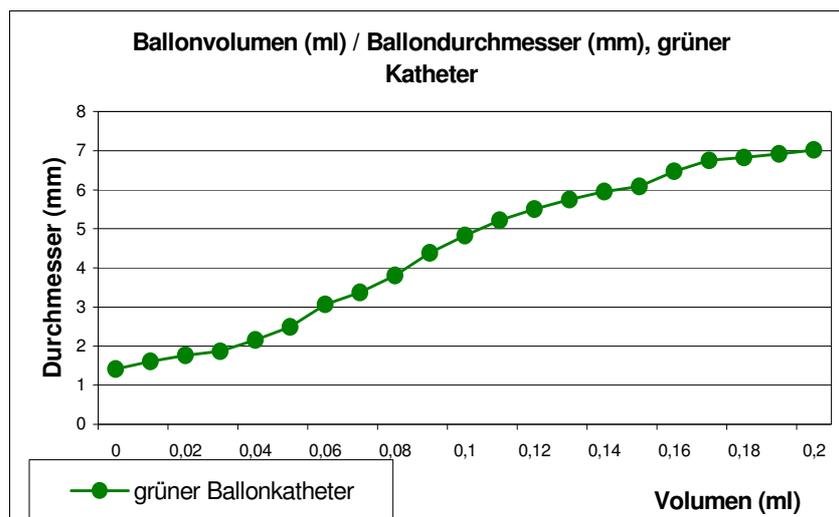


Tabelle 3.5: Mittlere Ballon-Füllvolumina der kleinen, mittelgroßen und großen simulierten Raumforderungen bei der Gruppe 1 (kleine Hunde), Gruppe 2 (mittelgroße Hunde) und Gruppe 3 (große Hunde).

Gruppe	Raumf. (R.)	Ø Volumen / R.
1	X kleine R.	0,04 ml
	X mittl. R.	0,09 ml
	X große R.	0,14 ml
2	X kleine R.	0,05 ml
	X mittl. R.	0,1 ml
	X große R.	0,15 ml
3	X kleine R.	0,06 ml
	X mittl. R.	0,11 ml
	X große R.	0,16 ml

Für die Setzung der simulierten pathologischen Raumforderungen wird nach Abpräparieren der dorsalen Rückenmuskulatur das Bindegewebe über den Foramina intervertebralia mit einer gebogenen Moskitoklemme durchstoßen, damit der weiche Ballonkatheter gerade bis zur Dura mater in kraniomedianer-ventraler Richtung unter die Nervenwurzeln im Bereich des kaudalen Wirbelbereiches vorgeschoben werden kann (ca. 0,5 cm tief). Das Foramen intervertebrale zwischen L7/ S1 wird ausgelassen, da der Katheter aufgrund der anatomischen Gegebenheiten nicht in der gleichen Richtung einzuführen ist und so nicht gleich positioniert werden kann. Die gewonnenen Ergebnisse wären nicht vergleichbar.

Der Embolektomiekatheter wird mit einem Verlängerungsschlauch an einer 1 ml Spritze befestigt. Als Füllvolumen wird das gesamte System mit Wasser gefüllt, so dass die 1 ml Insulinpritze mit genau 1 ml H₂O gefüllt ist.

Die Katheterlage und die Darstellbarkeit der Raumforderung werden jeweils per Durchleuchtung am Röntgenbildverstärker (C-Bogen) wie folgt in der „45°-Kalibrierprojektion“ kontrolliert:

Liegt die Raumforderung links, wird zuerst im dextro ventro45°medial-sinistro dorsolateral obliquus Strahlengang = dV45M-sDLO Strahlengang (Projektion 1) das Kalibriervolumen bestimmt. Bei kontralateraler Raumforderung wird zuerst in der sV45M-dDLO Projektion (P1) das Kalibriervolumen bestimmt. Um Verwirrungen und lange Definitionen im Ergebnisteil zu vermeiden, wird die Projektion 1 „45°-Kalibrierprojektion“ (entweder linke 45°-, oder rechte 45°-Schrägprojektion) und die entgegengesetzte Schrägprojektion im folgenden Text als „kontralaterale 45°-Schrägprojektion“ (Projektion 3) bezeichnet.

Das „Kalibriervolumen“ ist das Flüssigkeitsvolumen im Ballonkatheter, durch das eine erste Kontrastmittelverdrängung im Myelogramm zu erkennen sind. Diese erste Größe der Raumforderung entsprach einer „kleinen Raumforderung“ (kleine R.) (Tab. 3.5).

So wird gewährleistet, dass die Raumforderung immer gleich liegt und immer in der ersten Projektion als pathologische Raumforderung im Epiduralraum zu erkennen ist. Dies ist nötig, um den Durchmesser des Ballons dem individuellen Wirbelkanal und Epiduralraum anzupassen. Die künstlich gesetzte Raumforderung muss immer im Myelogramm der ersten Projektion sichtbar sein, um dessen Darstellbarkeit mit den anderen Projektionen vergleichen zu können.

Hierzu wird die Erkennbarkeit durch eine Kontrastsäulenveränderung in den Projektionen: VD (P2), kontralaterale 45°-Schrägprojektion = bei links liegender Raumforderung sV45M-dDLO und bei rechts liegender Raumforderung dV45M-sDLO (P3) und Si-DeL (P4) mit der

45°-Kalibrierprojektion (P1) verglichen. Das Kalibriervolumen wird anschließend um 0,05 ml und um 0,1 ml erhöht, welche als „mittlere Raumforderung“ (mittl. R.) und „große Raumforderung“ (große R.) bezeichnet werden (Tab. 3.5). Die Befunde werden jeweils in einer Tabelle notiert und mit dem Video-Graphic-Drucker dokumentiert. Zur Veranschaulichung der Katheterlage und -form im Wirbelkanal werden beispielhaft 3F Katheter mit Kontrastmittel gefüllt und in allen vier Röntgenprojektionen dargestellt (Abb. 3.4, Abb.3.5, Abb. 3.6).

Abbildung 3.3: Grüner Ballonkatheter (3F) mit dem maximalen Füllvolumen von 0,2 ml H₂O, (ca. 7 mm Durchmesser)

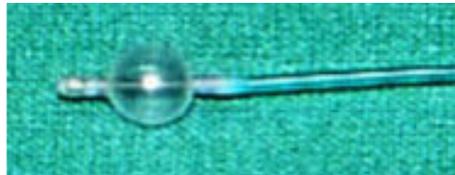
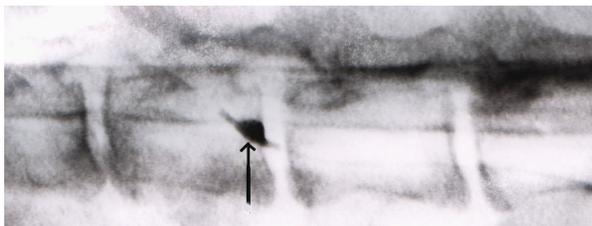
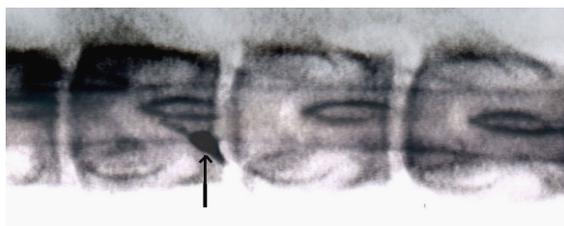


Abbildung 3.4: Katheterlage und Form eines mit z.B. 0,05 ml Kontrastmittel gefüllten 3F Ballonkatheters (Ø kleine R.) in den Projektionen a) P1 (45°-Kalibrierprojektion), b) P2 (VD), c) P3 (kontralaterale 45°-Schrägprojektion), d) P4 (Si-DeL).

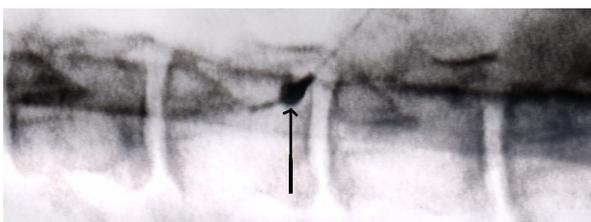
a) P1: 45°-Kalibrierprojektion



b) P2: VD



c) P3: kontralaterale 45°-Schrägprojektion



d) P4: Si-DeL

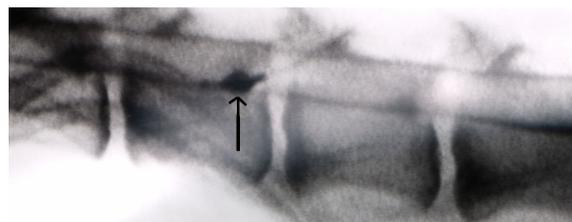
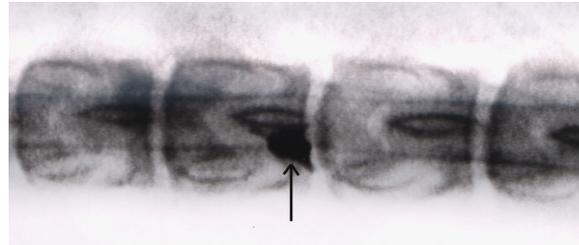
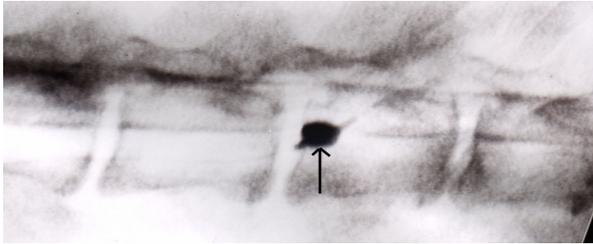


Abbildung 3.5: Katheterlage und Form eines mit z.B. 0,1 ml Kontrastmittel gefüllten 3F Ballonkatheters (\varnothing mittl. R.) in den Projektionen a) P1 (45°-Kalibrierprojektion), b) P2 (VD), c) P3 (kontralaterale 45°-Schrägprojektion), d) P4 (Si-DeL).

a) P1: 45°-Kalibrierprojektion

b) P2: VD



c) P3: kontralaterale 45°-Schrägprojektion

d) P4: Si-DeL

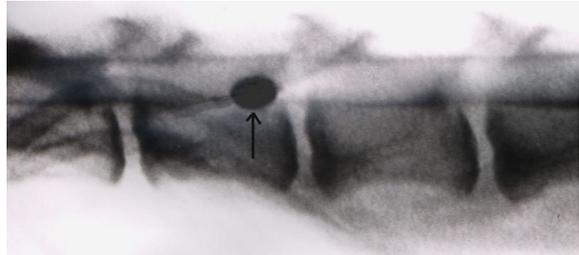
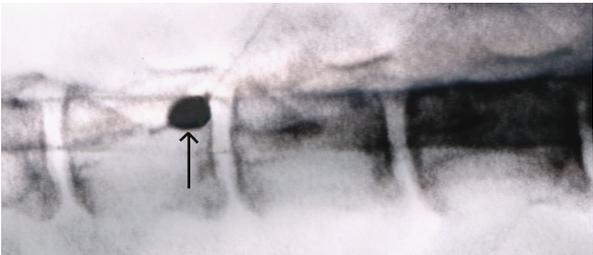
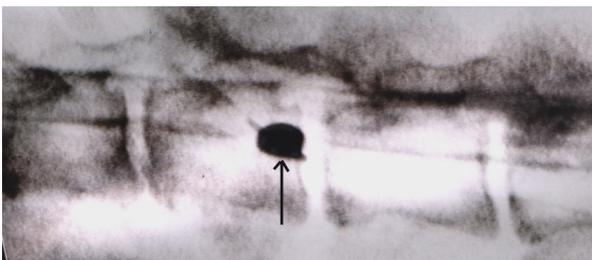


Abbildung 3.6: Katheterlage und Form eines mit z.B. 0,15 ml Kontrastmittel gefüllten 3F Ballonkatheters (\varnothing große R.) in den Projektionen a) P1 (45°-Kalibrierprojektion), b) P2 (VD), c) P3 (kontralaterale 45°-Schrägprojektion), d) P4 (Si-DeL).

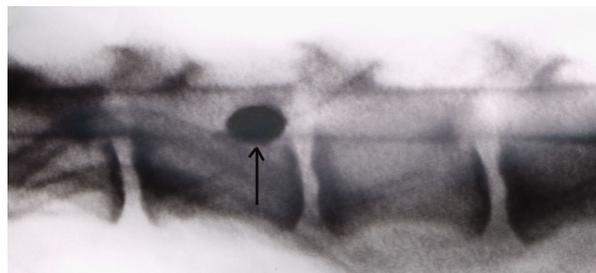
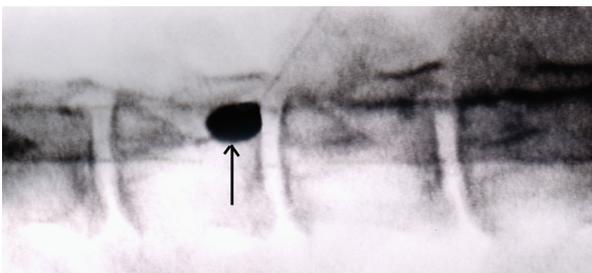
a) P1: 45°-Kalibrierprojektion

b) P2: VD



c) P3: kontralaterale 45°-Schrägprojektion

d) P4: Si-DeL

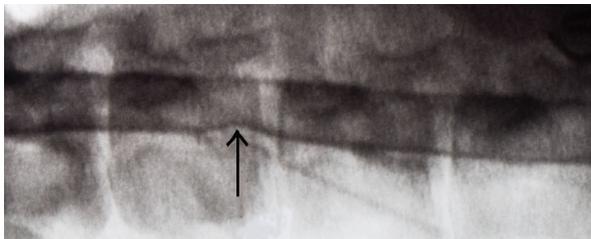


Die myelographischen Befunde werden wie folgt definiert:

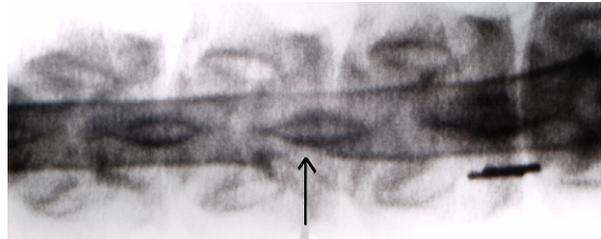
1. Raumforderung eindeutig darstellbar (+) = Die Raumforderung im Epiduralraum ist als Verschmälerung, bzw. Verdrängung des Duralsacks und der Kontrastmittellinien zu einer Seite dargestellt und so eine genaue Lokalisation möglich (Abb. 3.7 a-d).
2. Raumforderung nicht eindeutig darstellbar (\pm) = Die Kontrastsäule wird nur diffus und undeutlich aufgehellt, bzw. es ist eine Raumforderung zu erahnen, könnte jedoch leicht übersehen werden (Abb. 3.8 a-d).
3. Raumforderung nicht darstellbar (-) = Es ist keine Veränderung in der Kontrastsäule erkennbar, obwohl eine Raumforderung im Epiduralraum vorhanden ist und in der ersten Projektion sichtbar ist (Abb. 3.9 a-d).

Abbildung 3.7: Raumforderung eindeutig darstellbar in: a) Projektion 1 (45°-Kalibrierprojektion), b) Projektion 2 (VD), c) Projektion 3 (kontralaterale 45°-Schrägprojektion), d) Projektion 4 (Si-DeL)

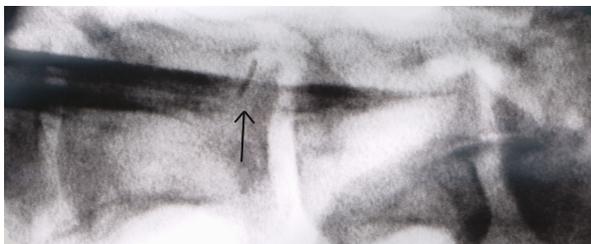
a) 45°-Kalibrierprojektion (+)



b) VD (+)



c) kontralaterale 45°-Schrägprojektion (+)



d) Si-DeL (+)

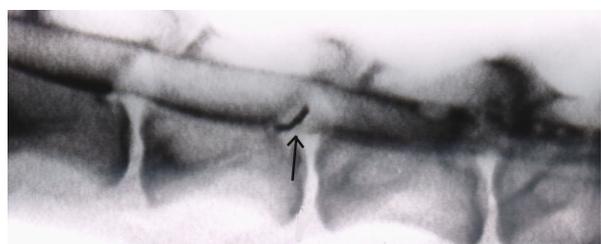
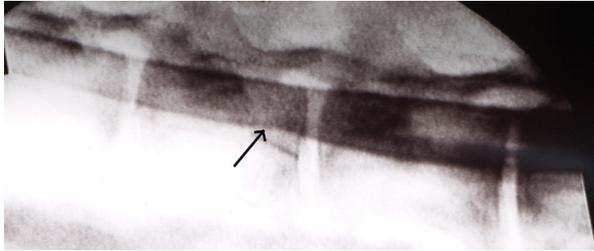
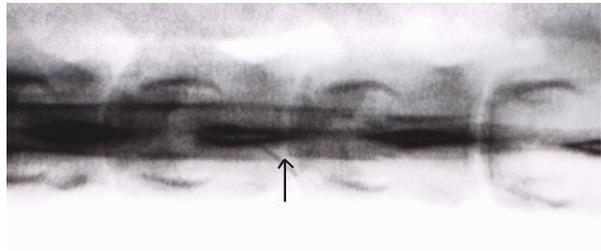


Abbildung 3.8: Raumforderung eindeutig darstellbar in: a) Projektion 1 (45°-Kalibrierprojektion), nicht eindeutig darstellbar in: b) Projektion 2 (VD), c) Projektion 3 (kontralaterale 45°-Schrägprojektion), d) Projektion 4 (Si-DeL).

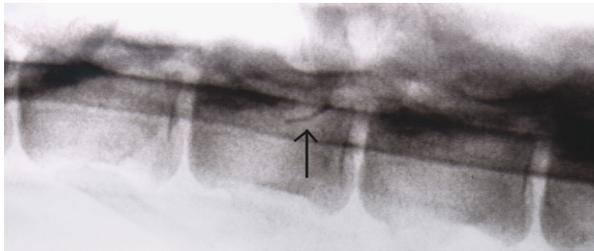
a) 45°-Kalibrierprojektion (+)



b) VD (±)



c) kontralaterale 45°-Schrägprojektion (±)



d) Si-DeL (±)

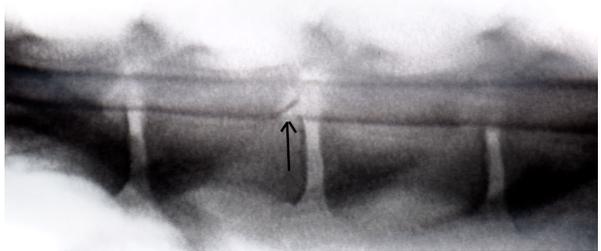
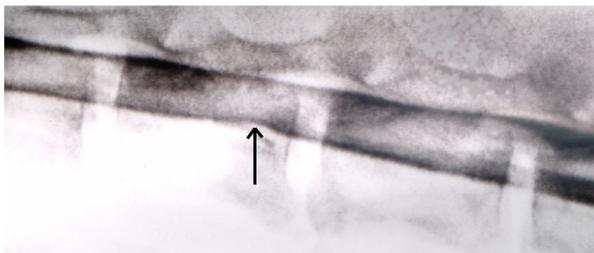
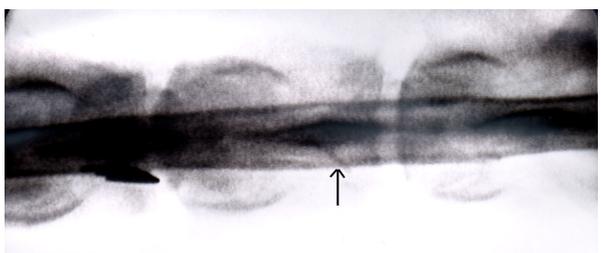


Abbildung 3.9: Raumforderung eindeutig darstellbar in: a) Projektion 1 (45°-Kalibrierprojektion), nicht darstellbar in: b) Projektion 2 (VD), c) Projektion 3 (kontralaterale 45°-Schrägprojektion), d) Projektion 4 (Si-DeL).

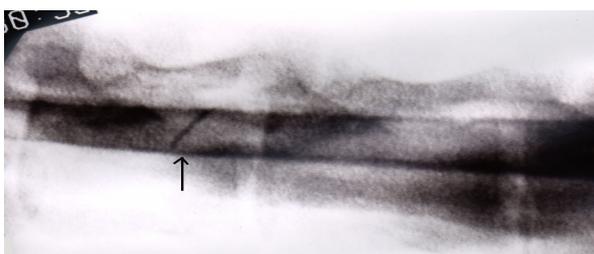
a) 45°-Kalibrierprojektion (+)



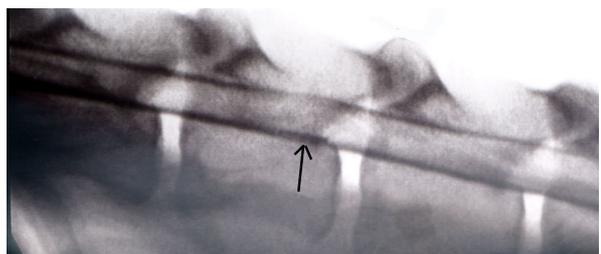
b) VD (-)



c) kontralaterale 45°-Schrägprojektion (-)



d) Si-DeL (-)



3.2.6 Myelographie-Röntgenaufnahmen

Kontraströntgenaufnahmen der Lendenwirbelsäule in Si-DeL und DV Strahlengang werden vor der Simulation der Raumforderungen direkt im Anschluss an die Kontrastmittelinjektion durchgeführt, da so für die Vermessung der anatomischen Strukturen das Gewebe noch nicht beeinflusst ist (Abb. 3.12). Die Spinalkanüle bleibt während der gesamten Untersuchungszeit (Röntgen und Raumforderungssimulation) im Subarachnoidalraum liegen, um in Einzelfällen Kontrastmittel nachdosieren zu können, wenn die Kontrastdarstellung über den langen Untersuchungszeitraum abgenommen hat. In jeder Aufnahme wird der Kalibrierstab in die Ebene der Wirbelsäule gebracht, um später den Vergrößerungsfaktor berechnen zu können. Die Röntgenaufnahmen werden wie unten beschrieben vermessen (Tab. 3.6., Tab. 3.7, Abb. 3.13, Abb. 3.14).

Im Anschluss an die simulierten Raumforderungen werden Röntgenaufnahmen im dextro ventro45°medial-sinistro dorsolateral obliquus (dV45M-sDLO) und sinistro ventro45°medial-dextro dorsolateral obliquus (sV45M-dDLO) Strahlengang angefertigt. Hierzu wird die Spinalkanüle entfernt und die Tiere in eine speziell angefertigte rechtwinklige Plexiglaslagerungshilfe (4 mm Ø) gelegt und die Wirbelsäule gerade ausgerichtet (Abb. 3.10, Abb. 3.11 c, d).

Aufgrund der asymmetrischen Darstellung der anatomischen Strukturen kommt es leicht zu Schwierigkeiten in der Erkennung, Seitenlokalisation und Interpretation von pathologischen Veränderungen. Aus diesem Grund werden anhand der myelographischen Schrägaufnahmen die in dieser Projektionsebene darstellbaren anatomischen Strukturen und Unterschiede zwischen den Hundegrößen erläutert.

Abbildung 3.10: Plexiglaslagerungshilfe zur optimalen 45°-Schräglagerung

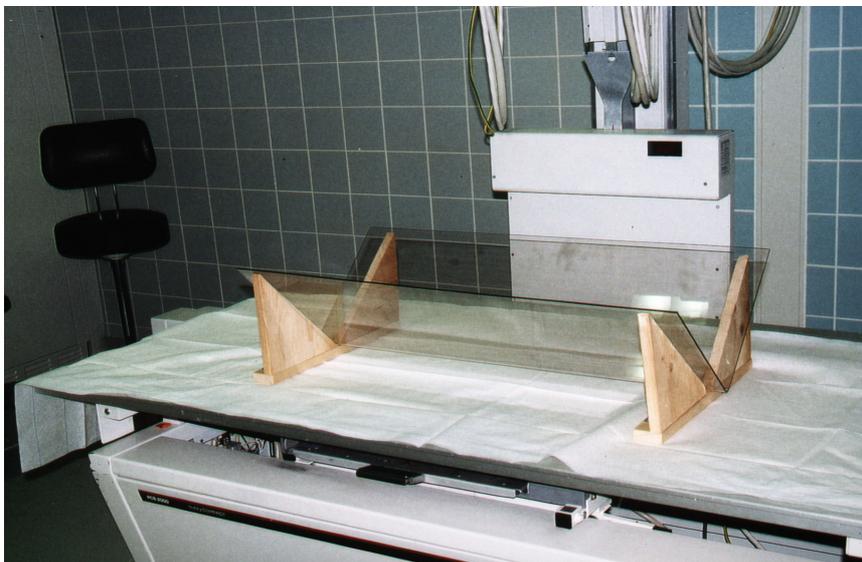


Abbildung 3.11: Lagerungen der Hunde (z.B. Dobermann) für a) Si-DeL, b) DV, c) dV45M-sDLO, d) sV45M-dDLO Strahlengänge.

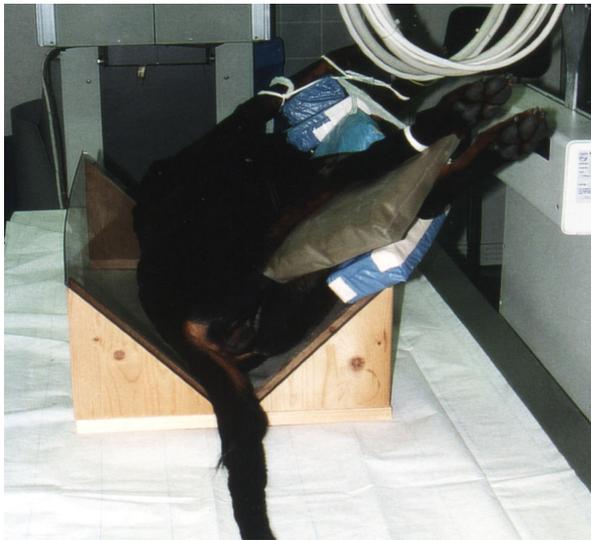
a) Si-DeL



b) DV



c) dV45M-sDLO

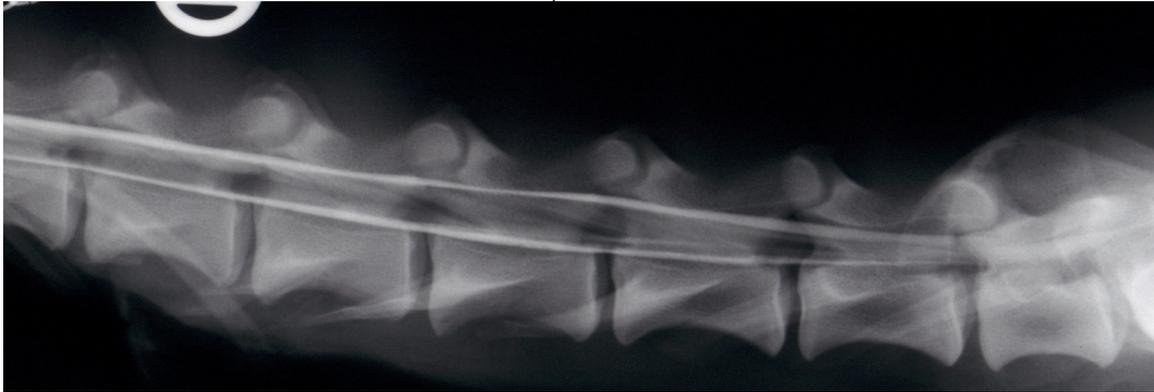


d) sV45M-dDLO

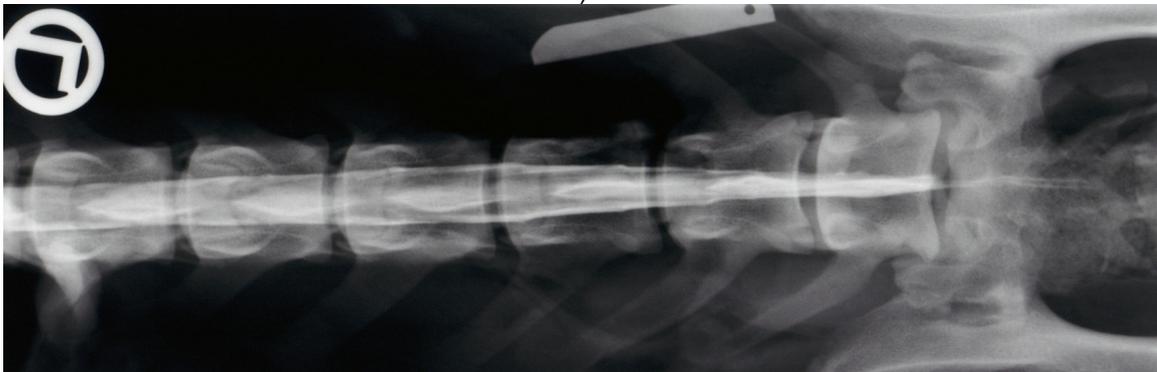


Abbildung 3.12: Röntgenprojektionen Myelographie: a) in Si-DeL, b) DV, c) dV45M-sDLO und d) sV45M-dDLO Strahlengangrichtung.

a) Si-DeL



b) DV



c) dV45M-sDLO



d) sV45M-dDLO



3.2.7 Morphometrie an Röntgenaufnahmen

Es werden jeweils die im Si-DeL und DV Strahlengang dargestellten knöchernen Strukturen der Lendenwirbelsäule auf der Röntgenaufnahme eines Tieres mit einer Schublehre (Inox-Temp, Fontana) mit einer Genauigkeit von bis zu 0,1 mm von nur einer Person vermessen. Die aus 10 Messungen gemittelte Messungengenauigkeit variiert bei den gemessenen Strukturen zwischen 0,06 mm (z.B. Breite der Dura mater) und 0,52 mm (z.B. Corpus vertebrae Breite). Vermessen werden die Lendenwirbel 1- 7 und der 1. Sakralwirbel kranial (Tab.3.6, Tab. 3.7, und Abb. 3.13, Abb. 3.14):

Berechnung des Korrektionsfaktors:

Für jede Röntgenaufnahme wird ein Korrektionsfaktor berechnet, um die eigentliche Objektgröße zu ermitteln.

Korrektionsfaktor = gemessene Kalibrierstablänge / eigentliche Kalibrierstablänge.

Tabelle 3.6: Messstrecken an Si-DeL Röntgenaufnahmen:

	Anatomische Strukturen, Si-DeL:	Messstrecken:
1	Höhe des Canalis vertebralis a) kranial b) zentral c) kaudal	gemessen an der Extremitas cranialis und caudalis und zentral jeden Wirbels
2	Höhe der Medulla spinalis a) kranial b) zentral c) kaudal	gemessen innerhalb der Kontrastsäule an jedem Lendenwirbel jeweils kranial, zentral und kaudal
3	Höhe des Duralsackes a) kranial b) zentral c) kaudal	gemessen an der Außenkante der Kontrastsäule an jedem Lendenwirbel jeweils kranial, zentral u. kaudal
4	Höhe des Cavum epidurale a) kranial b) zentral c) kaudal	der Raum im Canalis vertebralis zwischen Corpus vertebrae bzw. Pediculus arcus vertebrae und dem Duralsack wird berechnet aus der arithmetischen Differenz zwischen dem Canalis vertebralis DV Durchmesser (Höhe) und dem DV Duralsackdurchmesser (Höhe) jeweils kranial, zentral u. kaudal

Abbildung 3.13.; Messstrecken an Si-DeL Röntgenaufnahmen, 1) Höhe des Canalis vertebralis, 2) Höhe der Medulla spinalis, 3) Höhe des Duralsacks, 4) Höhe des Cavum epidurale = 1-3 (Tab. 3.6).

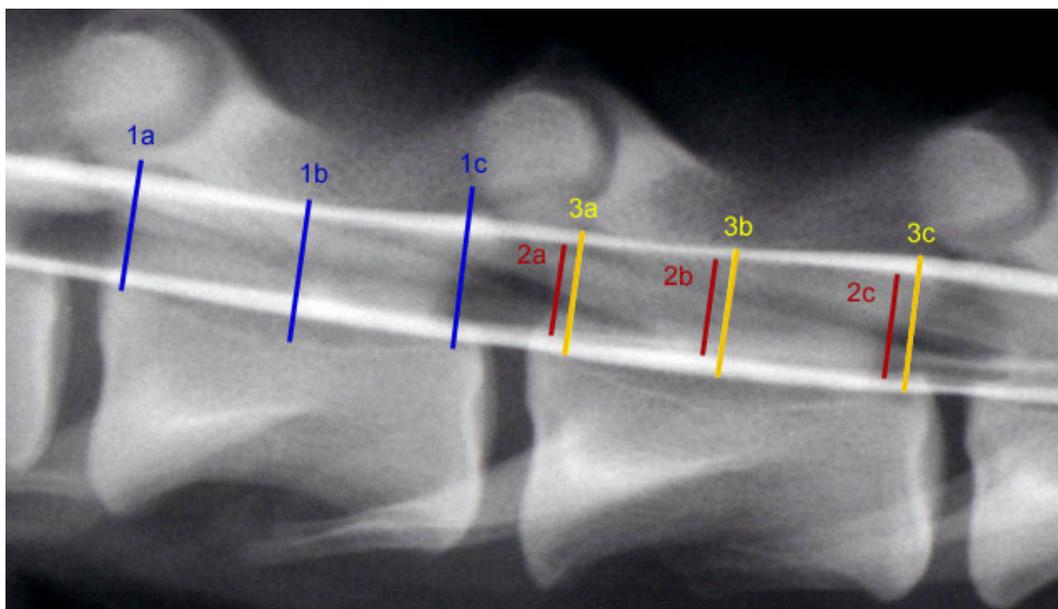
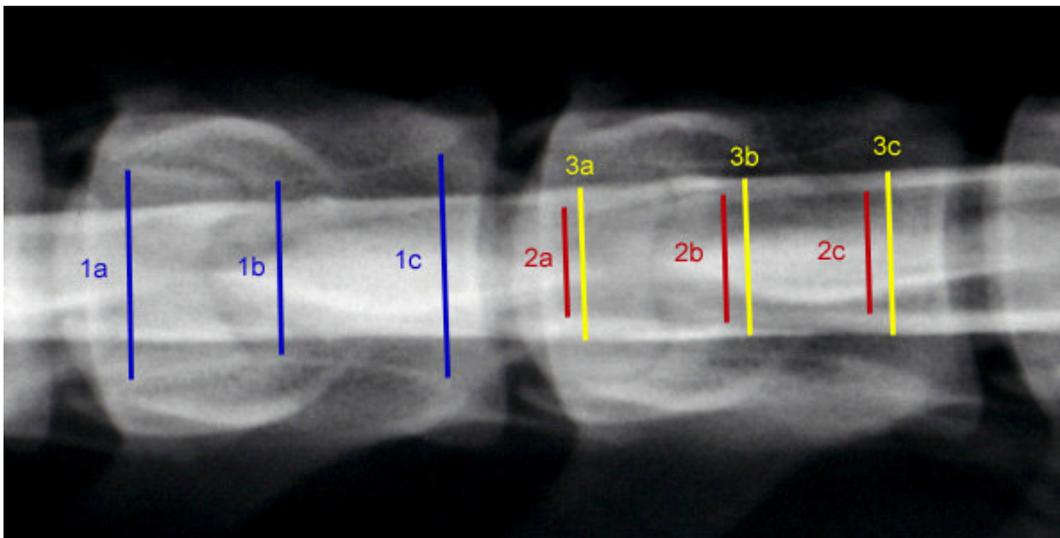


Tabelle 3.7: Messstrecken an DV Röntgenaufnahmen:

	Anatomische Strukturen, DV:	Messstrecken:
1	Breite des Canalis vertebralis a) kranial b) zentral c) kaudal	gemessen am Innenabstand des Pediculus arcus vertebrae an jedem Lendenwirbel, je kranial, zentral und kaudal.
2	Breite der Medulla spinalis a) kranial b) zentral c) kaudal	gemessen innerhalb der Kontrastsäule an jedem Lendenwirbel kranial, zentral, kaudal
3	Breite des Duralsackes a) kranial b) zentral c) kaudal	gemessen an der Außenkante der Kontrastsäule an jedem Lendenwirbel kranial, zentral und kaudal
4	Breite des Cavum epidurale a) kranial b) zentral c) kaudal	berechnet aus der arithmetischen Differenz zwischen der Breite des Canalis vertebralis und der Breite des Duralsackes kranial, zentral und kaudal

Abbildung 3.14: Messstrecken an DV Röntgenaufnahmen, 1) Breite des Canalis vertebralis, 2) Breite der Medulla spinalis, 3) Breite des Duralsacks, 4) Breite des Cavum epidurale = 1-3 (Tab. 3.7).



3.3 Statistik

Bearbeitet und ausgewertet werden die Untersuchungen an einem Intel Pentium II, 266 Mhz, unter Verwendung der Microsoft Word Professional 2000 und Excel 97 Programme sowie eines Statistikprogrammes (SPSS Version 10,0).

Die Messdaten werden für jeden Hund einzeln tabellarisch aufgenommen und im Statistikprogramm SPSS Version 10.0 ausgewertet. Die Gesamtdatentabelle wird aufgrund der Größe nicht als Tabelle im Anhang eingefügt; diese ist als CD-Rom (SPSS Programm) im Institut der Tierversuchsanlage der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf einsehbar.

Aus den einzelnen morphometrisch ermittelten Daten werden für die einzelnen Hundegruppen (kleine Hunde= Gruppe 1, mittelgroße Hunde= Gruppe 2, große Hunde= Gruppe 3) die arithmetischen Mittelwerte (X) gebildet, die Standardabweichung (SD) sowie die Minimal- (Min.)- und Maximalwerte (Max.) ermittelt. Diese Daten sind im Anhang tabellarisch aufgeführt. Zur Darstellung werden im Microsoft Excel Programm für jeden Messparameter vergleichend zwischen den Hundegruppen Diagramme erstellt.

Die statistische Signifikanz der Mittelwertunterschiede zwischen den zu vergleichenden Gruppen wird durch eine Varianzanalyse (ANOVA- Analysis of Variance) ermittelt. Der Unterschied gilt ab einem Testniveau (Signifikanzniveau) der Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ als signifikant.

Um die Form- und Größenveränderungen der anatomischen Strukturen über die Lendenwirbelsäule betrachtet zwischen den drei Hundegruppen vergleichen zu können werden zwischen den unten aufgelisteten Mittelwerten anatomischer Parameter Verhältnisse berechnet und diese anhand einer Varianzanalyse auf statistische Signifikanz hin getestet. Der Unterschied gilt ebenfalls ab einem Testniveau (Signifikanzniveau) der Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ als signifikant.

Die Verhältnissberechnung wird durchgeführt für jeden Lendenwirbel kranial, zentral und kaudal gemittelt:

- Canalis vertebralis Höhe / Breite
- Duralsack Höhe / Breite
- Duralsack Höhe / Canalis vertebralis Höhe
- Dura mater Breite/ Canalis vertebralis Breite

- Medulla spinalis Höhe / Breite
- Medulla spinalis Höhe / Canalis vertebralis Höhe
- Medulla spinalis Breite / Canalis vertebralis Breite
- Cavum epidurale Höhe / Breite
- Cavum epidurale Höhe / Canalis vertebralis Höhe
- Cavum epidurale Breite / Canalis vertebralis Breite

3.3.1 Morphometrische Rasseunterschiede

Aus den Daten des Canalis vertebralis, des Duralsackes und des Epiduralraumes werden die arithmetischen Mittelwerte, Standardabweichungen, Minimal- und Maximalwerte für die Rassen: Teckel, Gruppe der Cairn- und Westhighland White Terrier, Cocker Spaniel und dessen Mischlinge, Gruppe der Staffordshire- und Pitbull Terrier, Deutsche Schäferhunde und dessen Mischlinge, Foxhound und Dobermann ermittelt, um diese auf einzelne Rasseunterschiede hin auszuwerten. Es werden die Tiere betrachtet, von denen mindestens 3 Hunde pro Rasse vorkommen (Tab. 3.8).

Tabelle 3.8: Anzahl der Tiere, Durchschnittliche SSL pro Rasse und Zugehörigkeit zu den drei Gruppen:

Rasse	Anzahl	Ø SSL (mm)	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
DSH	6	88,6			x
Dobermann	4	87,5			x
Foxhound	11	79,5		x	x
Staffordshire- u. Pitbull Terrier	4	72		x	
Cocker Spaniel	3	64		X	
Westhighland White- u. Cairn Terrier	5	50,2	x		
Teckel	7	51,6	x		

3.3.2 Auswertung der künstlichen Raumforderungen

Um die Aussagekraft einer 45°-Schrägaufnahme im Vergleich zu den üblichen Projektionen beurteilen zu können, werden die Myelographien mit den ventrolateral im Epiduralraum gesetzten künstlichen Raumforderungen (R.), in der Durchleuchtung in den vier Projektionsebenen: P1 = 45°-Kalibrierprojektion (dV45M-sDLO = links 45°-Schrägprojektion, wenn R. = links bzw. sV45M-dDLO = rechts 45°-Schrägprojektion, wenn R. = rechts), P2 = VD, P3 = kontralaterale 45°-Schrägprojektion und P4 = Si-DeL in Bezug auf die Darstellbarkeit der Raumforderung für kleine, mittelgroße und große Hunde ausgewertet. Als Kontrollaufnahme für den Vergleich mit den anderen Projektionen gilt jeweils die 45°-Kalibrierprojektion (P1), in der die Katheterlage kontrolliert und das „Kalibriervolumen“ (geringstes Volumen, bei dem die Raumforderung zu einer Kontrastsäulenveränderung führt) bestimmt wird.

Diese Auswertung wird bei jedem der drei unterschiedlich großen simulierten Raumforderungen durchgeführt, um eine Aussage über die Darstellbarkeit bei verschieden großen pathologischen Prozessen erstellen zu können.

Die Darstellbarkeit der Raumforderung wird in den einzelnen Segmenten innerhalb der Lendenwirbelsäule jeder Hundegruppe verglichen, um Angaben über segmentale Unterschiede machen zu können.

Um aus allen möglichen Kombinationen der Befunde (darstellbare Raumforderungen = R.) in den vier Röntgenebenen eine Aussage erstellen zu können, werden die Befunde in sieben auftretende Befundkombinationen zusammengefasst und verglichen (Tab. 3.9, Abb. 3.15).

Anhand des Chi-Quadrat-Tests werden die sieben Befundkombinationen bezüglich der Häufigkeit auf signifikante Unterschiede geprüft. Der Unterschied gilt ab einem Testniveau (Signifikanzniveau) der Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$ als signifikant.

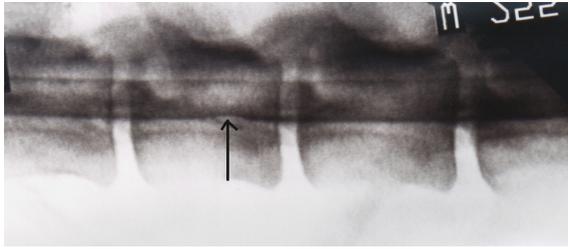
Tabelle 3.9: Auswertung und Vergleich der Darstellbarkeit der ventrolateral im Epiduralraum liegenden Raumforderungen in den 4 Röntgenprojektionen, eingeteilt in 7 Befundkombinationen (BK) (Abb. 3.15):

BK Nr.	BK	45°-Kalibrier- projektion	Vergleichsprojektionen		
			1. P1 45°-Kalibrier- projektion	2. P2 VD	3. P3 kontralat. 45°- Schrägpro- jektion
1	Raumforderung eindeutig nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, nicht in den Vergleichsprojektionen.	+	–	–	–
2	Raumforderung nicht eindeutig oder nicht darstellbar in der VD, kontralateralen 45°-schrägen oder Si-DeL Vergleichsprojektionen.	+	± oder –	± oder –	± oder –
3	Raumforderung eindeutig in jeder Vergleichsprojektion darstellbar.	+	+	+	+
4	Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der Si-DeL Vergleichsprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen ist sie nicht oder nicht eindeutig sichtbar.	+	± oder –	± oder –	+
5	Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD Vergleichsprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen ist sie nicht oder nicht eindeutig sichtbar.	+	+	± oder –	± oder –
6	Raumforderung eindeutig gleichzeitig in den VD und Si-DeL Vergleichsprojektionen darstellbar, in der kontralateralen 45°-Schrägaufnahme ist sie nicht oder nicht eindeutig erkennbar.	+	+	± oder –	+
7	Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD und kontralateralen 45°-schrägen Vergleichsprojektion darstellbar, in der Si-DeL Projektion ist sie nicht oder nicht eindeutig erkennbar.	+	+	+	± oder –

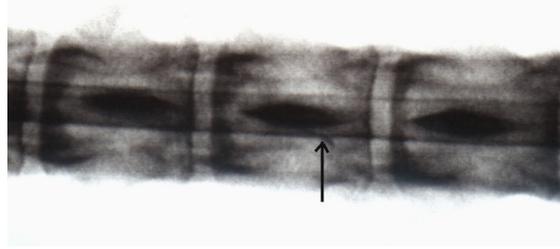
Abbildung 3.15: Darstellung der Befundkombinationen in der Durchleuchtung:

BK1:

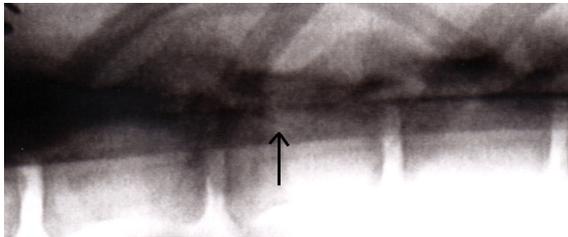
a) P1 (+)



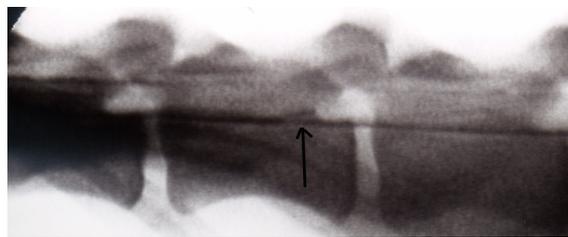
b) P2 (-)



c) P3 (-)

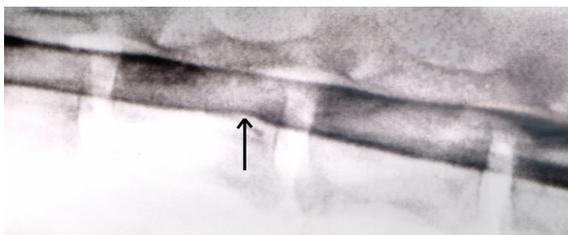


d) P4 (-)

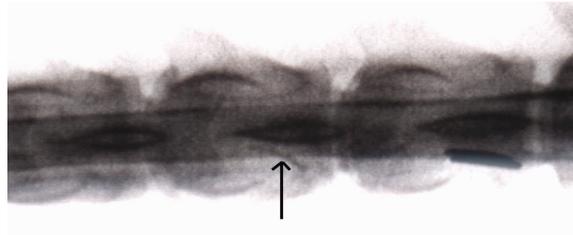


BK 2:

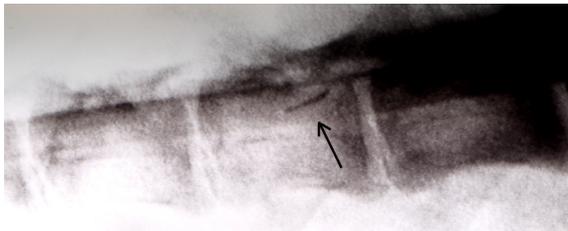
a) P1 (+)



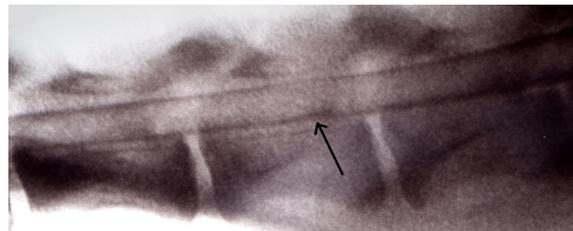
b) P2 (\pm o.-), hier (-)



c) P3 (\pm o.-), hier (\pm)

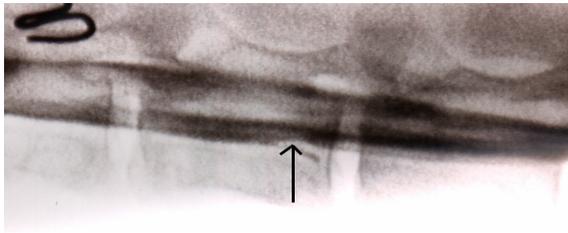


d) P4 (\pm o.-), hier (-)

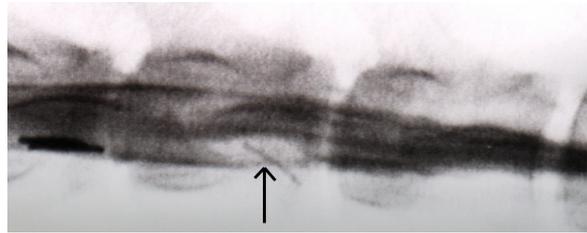


BK 3:

a) P1 (+)



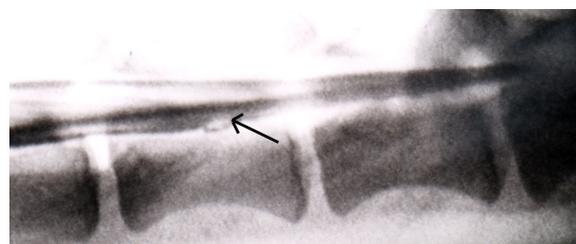
b) P2 (+)



c) P3 (+)

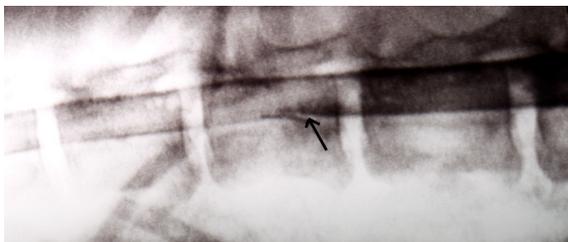


d) P4 (+)

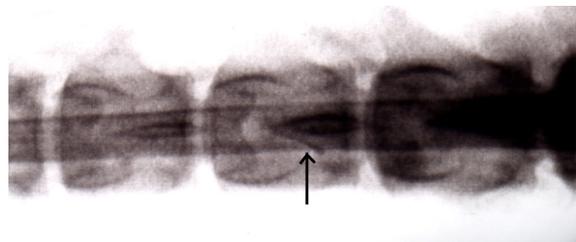


BK 4:

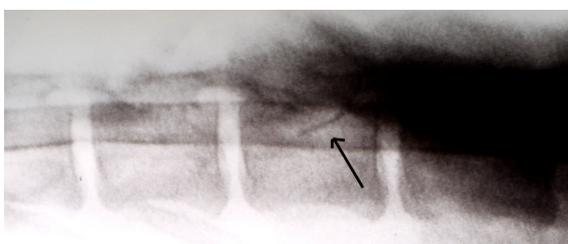
a) P1 (+)



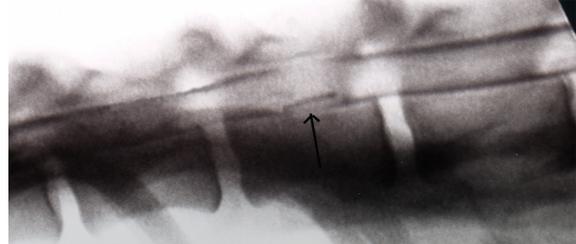
b) P2 (\pm o.-), hier (-)



c) P3 (\pm o.-), hier (\pm)

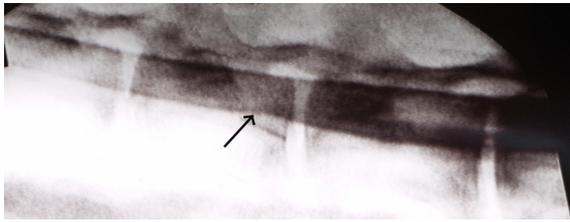


d) P4 (+)

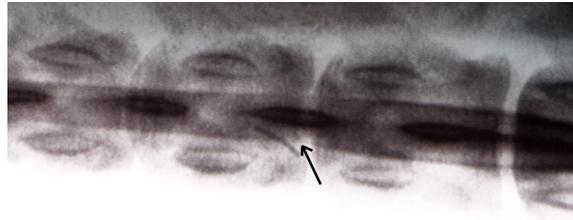


BK 5:

a) P1 (+)



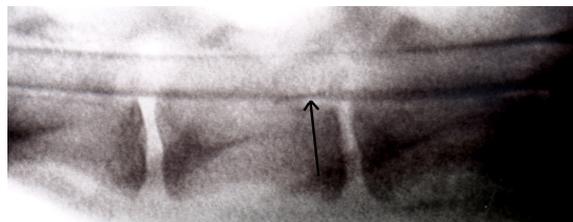
b) P2 (+)



c) P3 (\pm o.-), hier (-)



d) P4 (\pm o.-), hier (-)

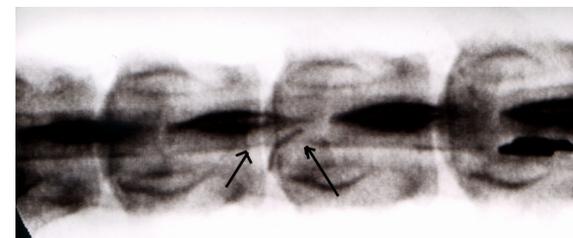


BK 6:

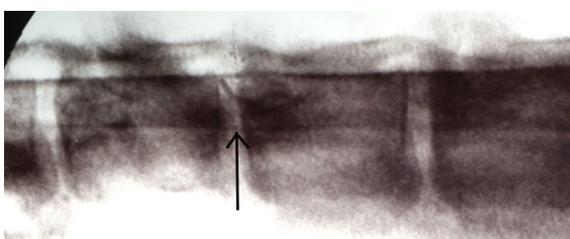
a) P1 (+)



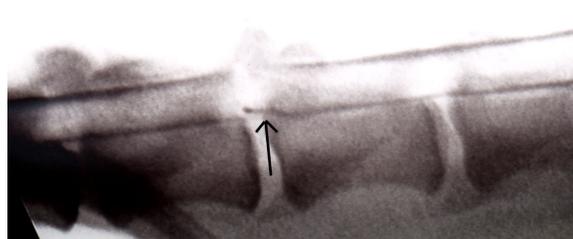
b) P2 (+)



c) P3 (\pm o.-), hier (-)

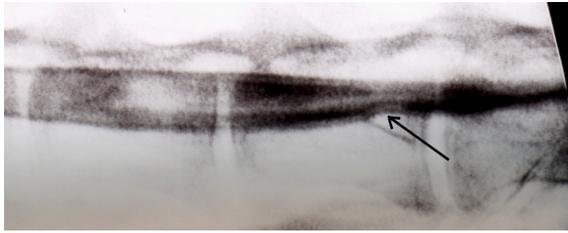


d) P4 (+)

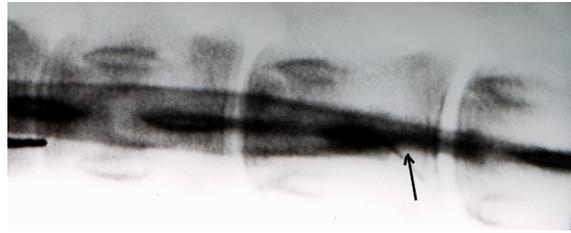


BK 7:

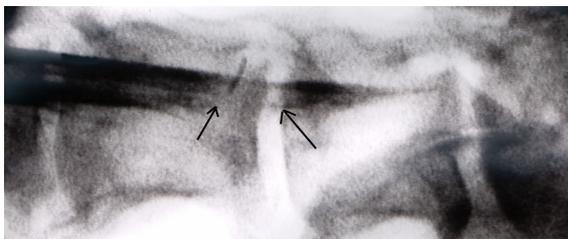
a) P1 (+)



b) P2 (+)



c) P3 (+)



d) P4 (± o.-), hier (-)



3.3.3. Zusammenhangsberechnungen (Korrelationen)

Abschließend werden die unten aufgelisteten anatomischen Strukturen und die Häufigkeit der Befundkombination 1, 4 und 5 bei kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen für die drei Hundegruppen auf signifikante Zusammenhänge (Korrelation nach Pearson) hin untersucht, um eine Aussage über Unterschiede bei den einzelnen Hundegrößen erheben zu können. Hierbei werden die Lendenwirbelsegmente (L1- L6) einzeln betrachtet.

Diese Korrelationen werden geprüft für: die SSL, Gewicht, sowie Cavum epidurale, Duralsack und Canalis vertebralis, jeweils Höhe und Breite am kaudalen Ende eines jeden Wirbels von L1 bis L7 (Anhang, Tab. 8.36a bis Tab. 8.43c).

Abschließend werden Korrelationen zwischen dem Duralsackende und dem Alter sowie der Rasse auf signifikante Zusammenhänge hin untersucht.

Die Korrelationen gelten ab einem Niveau von $> 0,3$ als gering korrelierend, ab $0,3 - 0,6$ als mittelstark korrelierend und ab einem Korrelationsniveau von $< 0,6$ als stark korrelierend. Als signifikant gilt die Korrelation ab einem Testniveau von $p \leq 0,05$ (Anhang, Tab. 8.44 a/b).

4. Ergebnisse

Einleitend werden die anatomisch darstellbaren Strukturen anhand der angefertigten 45°-Schrägaufnahmen beschrieben und die Unterschiede zwischen den Hundegruppen erläutert.

In Bezug auf die in der Einleitung aufgeführten Fragestellungen werden die Simulationen der ventrolateral im Epiduralraum liegenden Raumforderungen in den vier Röntgenprojektionen verglichen, die morphometrischen Daten zwischen den Hundegruppen und einzelnen Rassen ausgewertet und versucht, Zusammenhänge zwischen den Häufigkeiten der Röntgenprojektionen, in denen Raumforderungen dargestellt werden können, und den morphometrischen Daten zu eruieren.

4.1 Beurteilung von 45°-Schrägaufnahmen

Für die Beurteilung der myelographischen 45°-Schrägaufnahmen werden immer Aufnahmen aus beiden schrägen Strahlengangsrichtungen zum Vergleich miteinander angefertigt. Die Betrachtung der Aufnahmen geschieht immer in der gleichen Betrachtungsweise; in dieser Arbeit: Kopf links, Becken rechts, Wirbelkörper unten, Processi spinosi oben. Dies ermöglicht einen besseren Vergleich der Aufnahmen zueinander (Abb. 4.1a/b).

Aufnahmen im sV45M-dDLO Strahlengang werden, da die Tiere hierbei mit der rechten Körperseite filmnah liegen, auch als rechte 45°-Schrägaufnahme und die in entgegengesetzter Lagerung als linke 45°-Schrägaufnahme bezeichnet.

In einer Aufnahme im sV45M-dDLO Strahlengang (rechte 45°-Schrägaufnahme) sollen die linken Foramina intervertebralia über die gesamte Lendenwirbelsäule annähernd gleichmäßig längsoval zu erkennen sein. Sind die Foramina intervertebralia zum Teil runder dargestellt, liegt das Tier mehr auf die Seite gekippt, sind sie nur spaltförmig oder nicht mehr zu erkennen, liegt das Tier zu stark in die sagittale Ebene gekippt. Sie werden im Verlauf der Lendenwirbelsäule und abhängig von der Hundegröße unterschiedlich stark von der Kontrastsäule überlagert. Bei kleinen Hunden grenzt die Kontrastsäule im Bereich von L1/2 bis L2/3 annähernd an den unteren Rand der Foramina, im Verlauf bis L4/5 werden diese dreiviertel bis vollständig überlagert und bis L7/S1 grenzt die Kontrastsäule wieder an den unteren Rand oder überlagert die Foramina bis zur Hälfte. Bei größeren und großen Tieren liegt die Kontrastsäule im Bereich L1/2 und L2/3 unterhalb oder grenzt an die Foramina, bis

L4/5 reicht sie etwa zur Hälfte über die Foramina und liegt im kaudalen Bereich der Lendenwirbelsäule wieder unterhalb der Foramina intervertebralia.

Die linken Fassetngelenke sind oberhalb der Foramina intervertebralia als nach kranial offene sichelförmige Linien zu erkennen, die rechten werden von der Kontrastsäule überlagert.

Eindeutig und ohne starke Überlagerungen stellt sich der rechte ventrolaterale Bereich des Duralsacks und Epiduralraums im ventralen Bereich des Wirbelkanals dar. Dieser Bereich wird besonders intensiv auf ventrolaterale pathologische Prozesse wie Bandscheibenvorfälle betrachtet.

Die rechten Nervenwurzelansätze sind im Bereich von L1 bis L3 zum Teil als punktförmige röntgendichtere Stellen im Bereich des rechts ventrolateralen Kontrastsäulenrandes zu sehen. Ab L4 sind häufiger auch die Verläufe der Nervenwurzeln angedeutet. Diese stellen sich als kontrastreiche schmale Linien parallel zur Kontrastsäule dar. Die Ausprägung der Nervenwurzelansätze und Verläufe ist jedoch unterschiedlich stark.

Die linken Nervenwurzelansätze können in diesen Aufnahmen nicht dargestellt werden. Die rechten Processi transversi ragen ventral unter den Wirbelkörpern hervor. In den beiden Vergleichsaufnahmen sollen sie annähernd gleich weit unter den Wirbelkörpern hervortreten. Im kaudalen Bereich der Lendenwirbelsäule (L6 u. L7) können die linken Querfortsätze sensenförmig nach kranial reichend, die linken Foramina intervertebralia im kaudalen Bereich begrenzend, dargestellt werden.

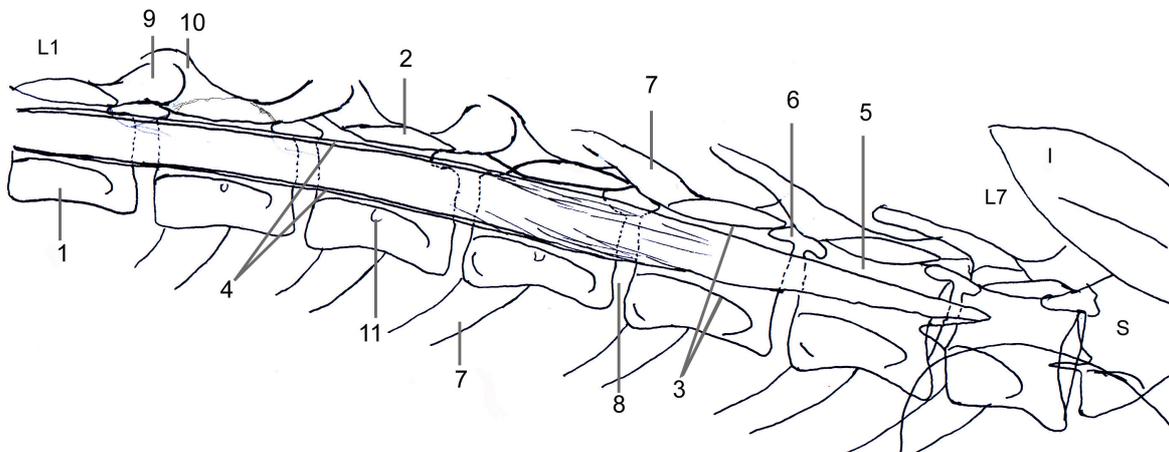
Die Processi spinosi sind nur schemenhaft oberhalb der linken Foramina intervertebralia zu erkennen.

Die Facies glutea des rechten Os ilium soll sich breit darstellen und den Wirbelkörper des siebten Lendenwirbels bis zum Wirbelkanal oder maximal bis halb über den Wirbelkanal verschatten. Das linke Os ilium wird nur schmal dargestellt. Im Vergleich beider Aufnahmen soll die Winkelung der Beckenschaufeln annähernd gleich sein.

Abbildung 4.1a: Röntgenbild einer sV45M-dDLO (rechts 45°-Schrägaufnahme):



Abbildung 4.1b: Schematische Darstellung einer 45°-Schrägaufnahme im sV45M-dDLO Strahlengang: L1) Vertebra lumbalis 1, L7) Vertebra lumbalis 7, S) Os sacrum, I) Os ilium, 1) Corpus vertebrae, 2) Pediculus arcus vertebrae, 3) Canalis vertebralis, 4) Duralsack (Dura mater, Medulla spinalis, Subarachnoidalspalt), 5) Cavum epidurale, 6) Foramen intervertebrale, 7) Proc. transversus, 8) Symphysis intervertebralis, 9) Proc. articularis caudalis, 10) Proc. articularis cranialis, 11) Foramen der V. basivertebralis.



4.2 Auswertung künstlicher Raumforderungen

Tabelle 3.11: Auswertung und Vergleich der Darstellbarkeit der ventrolateral im Epiduralraum liegenden Raumforderungen in den 4 Röntgenprojektionen, eingeteilt in 7 Befundkombinationen (BK) (Abb. 3.15):

BK Nr.	BK	45°-Kalibrier- projektion	Vergleichsprojektionen		
			1. P1 45°-Kalibrier- projektion	2. P2 VD	3. P3 kontralat. 45°- Schrägpro- jektion
1	Raumforderung eindeutig nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, nicht in den Vergleichsprojektionen.	+	–	–	–
2	Raumforderung nicht eindeutig oder nicht darstellbar in der VD, kontralateralen 45°-schrägen oder Si-DeL Vergleichsprojektionen.	+	± oder –	± oder –	± oder –
3	Raumforderung eindeutig in jeder Vergleichsprojektion darstellbar.	+	+	+	+
4	Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der Si-DeL Vergleichsprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen ist sie nicht oder nicht eindeutig sichtbar.	+	± oder –	± oder –	+
5	Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD Vergleichsprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen ist sie nicht oder nicht eindeutig sichtbar.	+	+	± oder –	± oder –
6	Raumforderung eindeutig gleichzeitig in den VD und Si-DeL Vergleichsprojektionen darstellbar, in der kontralateralen 45°-Schrägaufnahme ist sie nicht oder nicht eindeutig erkennbar.	+	+	± oder –	+
7	Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD und kontralateralen 45°-schrägen Vergleichsprojektion darstellbar, in der Si-DeL Projektion ist sie nicht oder nicht eindeutig erkennbar.	+	+	+	± oder –

4.2.1 Auswertung, Befundkombination 1:

„Raumforderung eindeutig nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, nicht in den Vergleichsprojektionen“ (Tab. 8.3 Anhang).

Gruppe 1 (kleine Hunde)

Die Befundkombination 1 tritt in der Gruppe der kleinen Hunde hauptsächlich bei kleinen Raumforderungen auf (Abb. 4.2 a). Während sie bei L1 noch zu 50% (10 von 20 Hunden) nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar sind, können sie kaudalwärts immer häufiger in einer der Vergleichsprojektionen diagnostiziert werden. Ab L5 sind die kleinen Raumforderungen immer in einer der Vergleichsprojektionen sichtbar.

Mittelgroße Raumforderungen sind in der Befundkombination 1 nur noch bei einem Hund (5%) am 2. Lendenwirbel zu sehen. Große Raumforderungen sind immer in mindestens einer der Vergleichsprojektionen erkennbar.

Gruppe 2 (mittelgroße Hunde)

Bei mittelgroßen Hunden können die ventrolateralen Raumforderungen insgesamt häufiger als bei kleinen Hunden nur in der 45°-Kalibrierprojektion diagnostiziert werden. Die kleinen Raumforderungen sind bei L1 sogar zu 90% (18 von 20 Hunden) nur in dieser Projektion darstellbar. Bis L4 nimmt die Zahl der Fälle, in denen nur in dieser Ebene eindeutig eine Raumforderung erkennbar ist, bis auf 68,4% (13 von 19 Hunden) ab. Sogar im 5. und 6. Lendengement können die kleinen Raumforderungen zu 20% (L5, 4 von 20 Hunden) und 15,8% (L6, 3 von 19 Hunden) nicht in den VD und Si-DeL Vergleichsprojektionen diagnostiziert werden.

Bei den mittelgroßen Raumforderungen sind es in dieser Gruppe, im Gegensatz zur Gruppe 1, zwischen L1 und L4 noch 10% (2 von 20 Hunden) bis 36,8% (7 von 19 Hunden) der Tiere, an denen in den Vergleichsprojektionen keine Raumforderung beobachtet werden kann. Ab L5 sind mittelgroße Raumforderungen in mindestens einer der Vergleichsprojektionen sichtbar.

Die großen Raumforderungen sind allein in der 45°-Kalibrierprojektion in Höhe von L2 nur noch mit 5% (1 von 20 Hunden) und bei L4 mit 10,5% (2 von 19 Hunden) erkennbar (Abb. 4.2 b).

Gruppe 3 (große Hunde)

Die kleinen Raumforderungen sind in der Gruppe 3 noch häufiger als bei den anderen beiden Gruppen bis zu 95% bei L1 (18 von 19 Hunden) und sogar noch zu 52% (10 von 19 Hunden) bei L5 nur in der 45°-Kalibrierprojektion diagnostizierbar. Im 6. Lendensegment können diese Raumforderungen nur noch bei einem Tier allein in dieser Projektion dargestellt werden.

Die mittelgroßen Raumforderungen sind ebenfalls deutlich häufiger als bei den anderen beiden Gruppen mit bis zu 50% bei L2 (10 von 21 Hunden) abnehmend bis L5 auf 15,8% (3 von 19 Hunden) nur in der 45°-Kalibrierprojektion sichtbar.

Die großen Raumforderungen sind im Gegensatz zu den anderen Hundegruppen noch von L1 mit 26% (5 von 19 Hunden) bis L5 mit 5,6% (1 von 18 Hunden) nur in dieser Projektion erkennbar (Abb. 4.2 c).

Eindeutig ist der Unterschied der Befunderhebungen zwischen den kleinen, mittelgroßen und großen Hunden zu sehen. Während bei den kleinen Hunden fast nur kleine Raumforderungen allein in der 45°-Kalibrierprojektion erkennbar sind, können bei mittelgroßen und großen Hunden zunehmend größere ventrolateral im Epiduralraum liegende Raumforderungen allein in der 45°-Kalibrierprojektion diagnostiziert werden.

Abbildung 4.2: a) Hundegruppe 1, Befundkombination1:
Raumforderung eindeutig nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, nicht in den Vergleichsprojektionen.

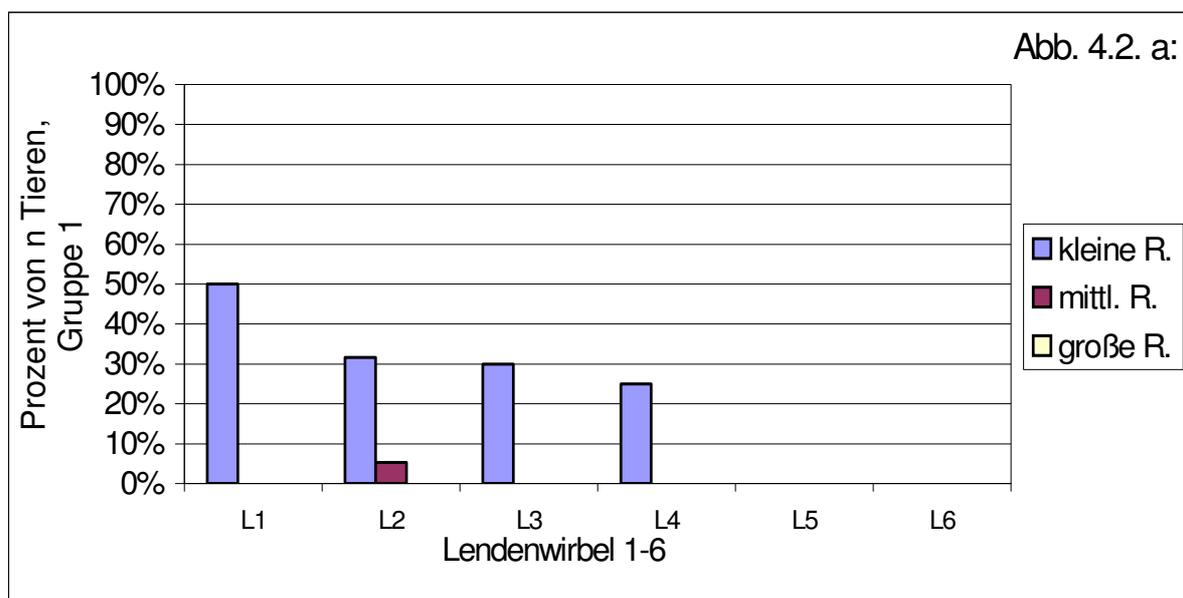


Abbildung 4.2 b: Hundegruppe 2, Befundkombination 1

Raumforderung eindeutig nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, nicht in den Vergleichsprojektionen.

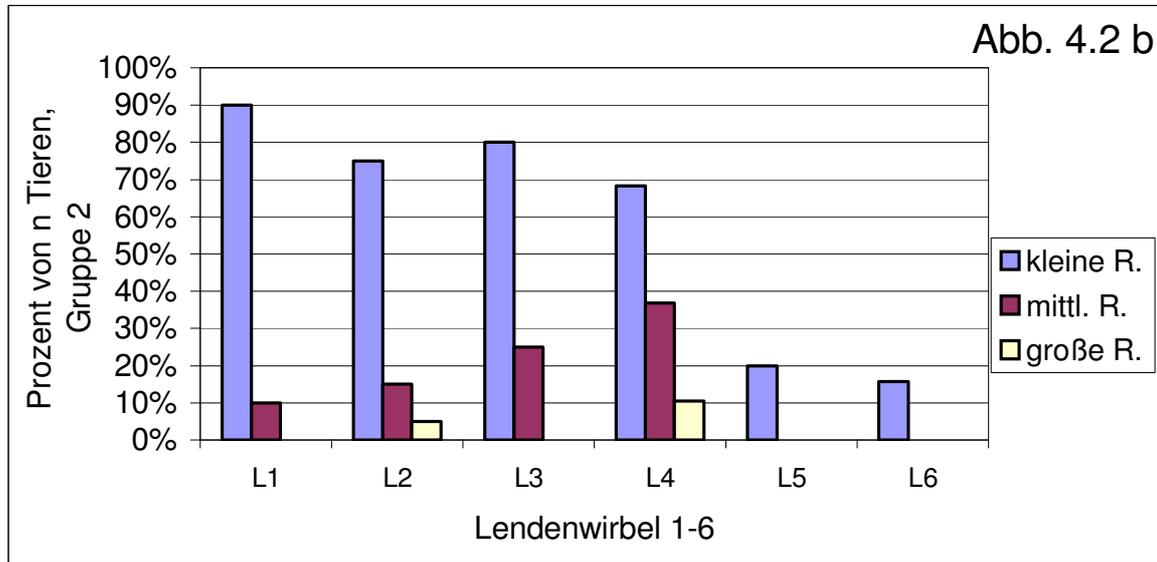
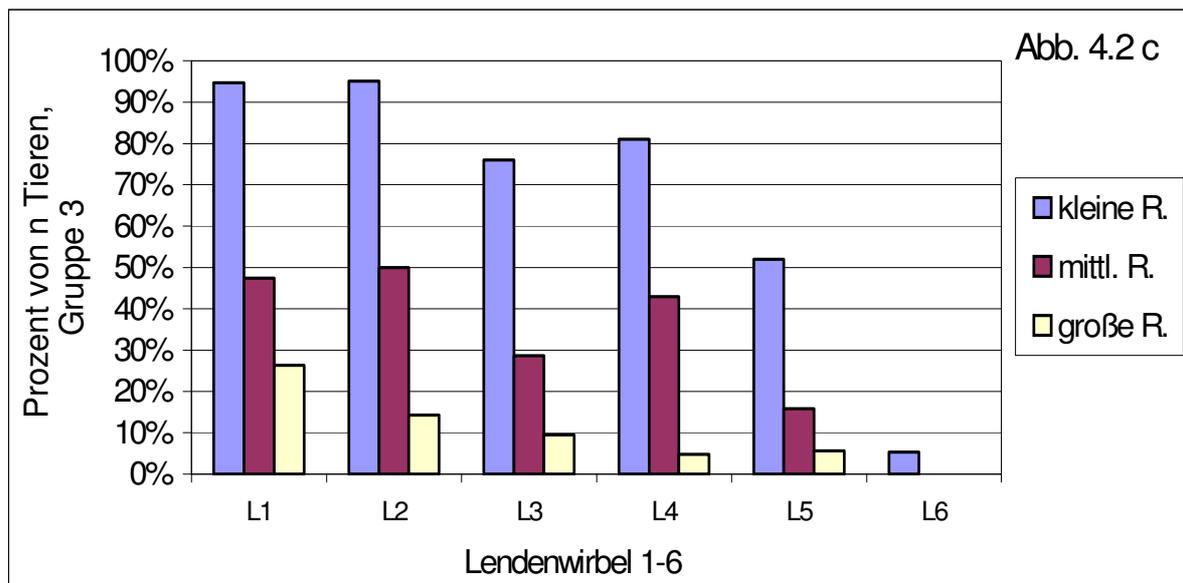


Abbildung 4.2 c: Hundegruppe 3, Befundkombination 1:

Raumforderung eindeutig nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, nicht in den Vergleichsprojektionen.



4.2.2 Auswertung Befundkombination 2:

„Raumforderung nicht oder nicht eindeutig darstellbar in den VD, kontralateralen 45°-Schrägprojektionen oder Si-DeL Vergleichsprojektionen“ (Tab. 8.4 Anhang).

Die Definition dieser Befundkombination ähnelt der ersten. In dieser Befundkombination gibt es allerdings einzelne Vergleichsprojektionen, in denen Raumforderungen nur andeutungsweise erkennbar sind, bzw. der Befund durch seine nur schwache Kontrastverdrängung leicht übersehen werden könnte.

In der gesamten Befundkombination 2 sind keine segmentabhängigen Unterschiede in der Darstellbarkeit der Raumforderungen zu sehen. Insgesamt über alle drei Hundegruppen gesehen kommt diese Befundkombination bei allen Raumforderungsgrößen nur selten vor (Abb. 4.3 a, b, c).

Abbildung 4.3 a: Gruppe 1, Befundkombination 2:

Raumforderung nicht oder nicht eindeutig darstellbar in den VD, kontralateralen 45°-Schrägprojektionen oder Si-DeL Vergleichsprojektionen.

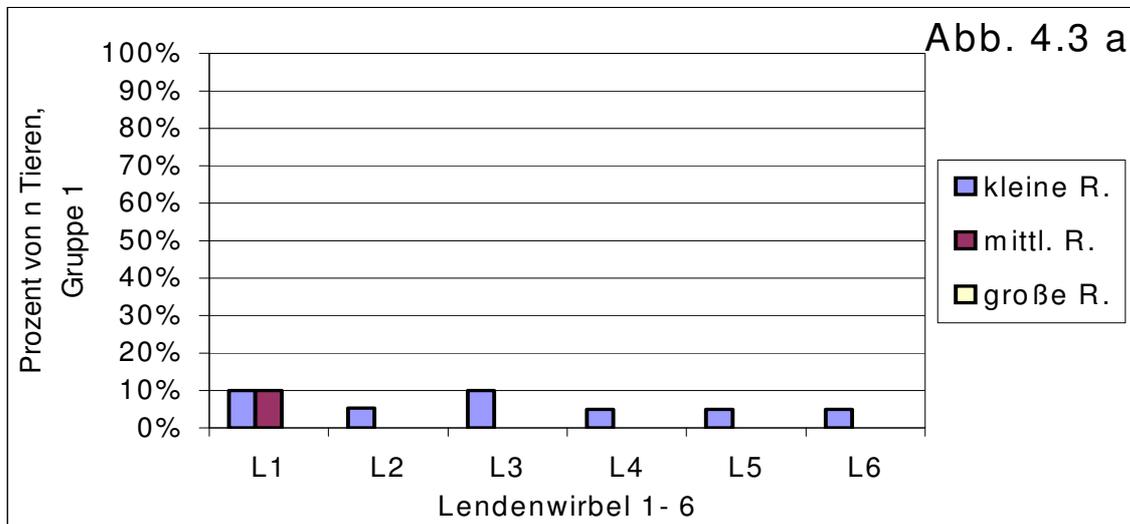


Abbildung 4.3 b: Gruppe 2, Befundkombination 2:
Raumforderung nicht oder nicht eindeutig darstellbar in der VD, kontralateralen 45°-
Schrägprojektionen oder Si-DeL Vergleichsprojektionen.

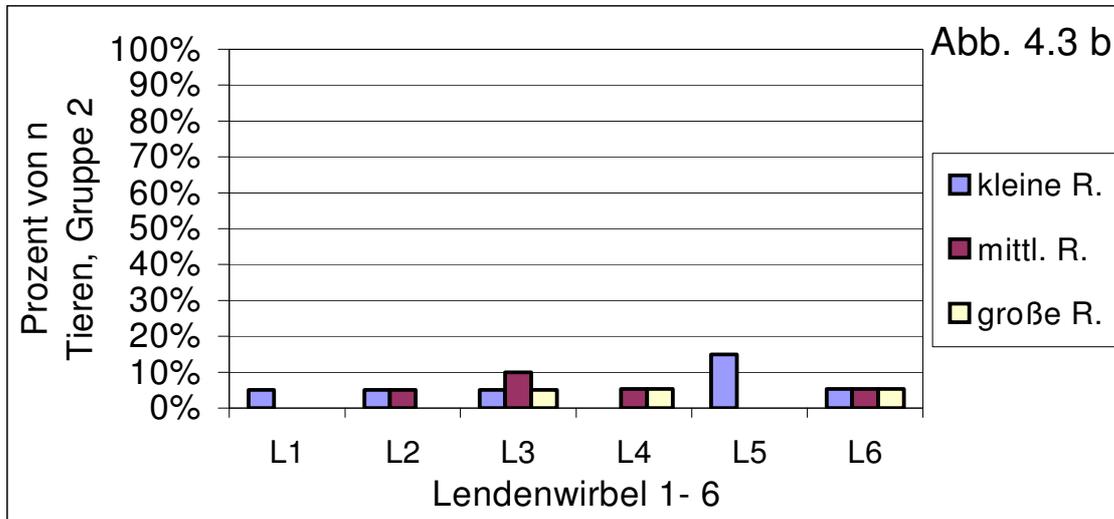
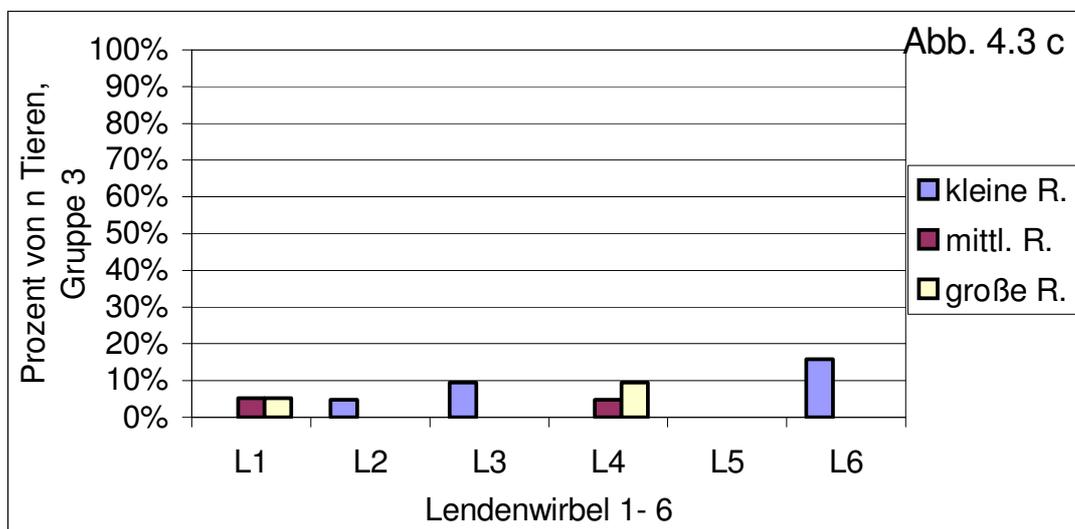


Abbildung 4.3 c: Gruppe 3, Befundkombination 2:
Raumforderung nicht oder nicht eindeutig darstellbar in den VD, kontralateralen 45°-
Schrägprojektionen oder Si-DeL Vergleichsprojektionen.



4.2.3 Auswertung Befundkombination 3: „Raumforderung eindeutig gleichzeitig in jeder Vergleichsprojektion darstellbar.“(Tab. 8.5 Anhang)

Gruppe 1 (kleine Hunde)

In der Gruppe 1 werden am häufigsten von den drei Hundegruppen kleine, mittelgroße und große Raumforderungen in allen Röntgenprojektionen gleichzeitig dargestellt. Im Verlauf der LWS von L1 bis L3 sind sie zwischen 5% und 20 % (von 20 Hunden) in dieser Befundkombination sichtbar. Bei L4 sind die Raumforderungen mit max. 5% (von 20 Hunden) am wenigsten, bis L6 jedoch zunehmend häufiger mit bis zu 45% (von 20 Hunden) in dieser Befundkombination darstellbar. Die kleinen Raumforderungen sind insgesamt am wenigsten häufig, die großen am häufigsten in allen Projektionen gleichzeitig sichtbar (Abb. 4.4 a).

Gruppe 2 (mittelgroße Hunde)

In der Gruppe der mittelgroßen Hunde kann erst im Segment L5 und L6 in jeder Vergleichsprojektion die Raumforderung dargestellt werden.

Im fünften Lendensegment sind die kleinen Raumforderungen nur in 15 %, die mittelgroßen und großen Raumforderungen in 20 % (4 von 20 Hunden) in allen Projektionen darstellbar.

Im Vergleich der drei Raumforderungsgrößen bei L6 sind die großen Raumforderungen annähernd doppelt so oft (63 %, 12 von 19 Hunden) in allen Projektionen erkennbar wie die kleinen (36,8 %, 7 von 19 Hunden) (Abb. 4.4 b).

Gruppe 3 (große Hunde)

Bei großen Hunden sind ebenfalls erst ab L5 die Raumforderungen in jeder Röntgenprojektion sichtbar, jedoch insgesamt weniger als bei der Gruppe 2. Bei L5 sind es nur mittelgroße und große Prozesse, die auch nur in 5,3 % (1 von 19 Hunden) in jeder Projektion erkennbar sind. Im Bereich von L6 können kleine Raumforderungen in allen Projektionen zu 21,1 % (4 von 19 Hunden) dargestellt werden. Bei mittelgroßen und großen Raumforderungen liegt der prozentuale Anteil bei 47,4 % und 52,6 % annähernd so hoch wie im Segment L6 der Gruppe 1 (Abb. 4.4 c).

Abbildung 4.4 a: Gruppe 1, Befundkombination 3:
Raumforderung eindeutig gleichzeitig in jeder Vergleichsprojektion darstellbar.

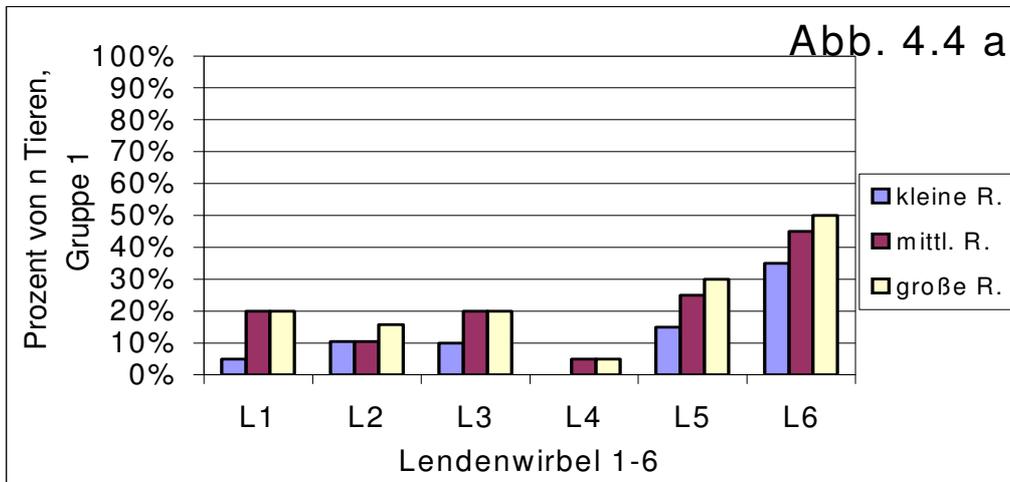


Abbildung 4.4 b: Gruppe 2, Befundkombination 3:

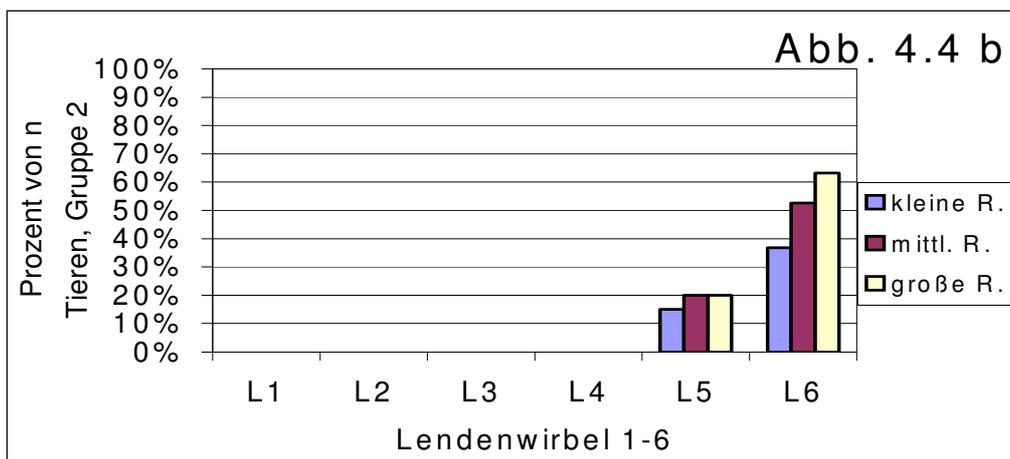
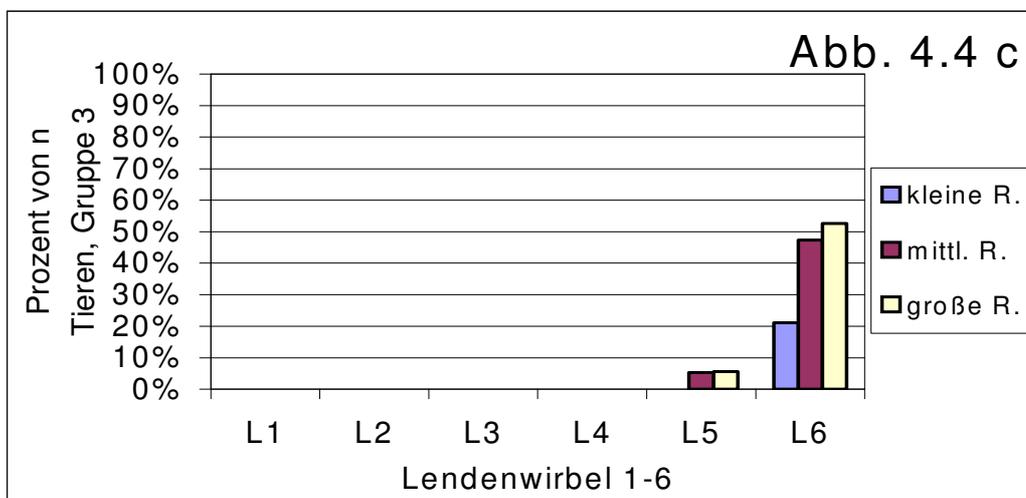


Abbildung 4.4 c: Gruppe 3, Befundkombination 3:



4.2.4 Auswertung Befundkombination 4:

„Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der Si-DeL Vergleichsprojektion und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen nicht oder nicht eindeutig sichtbar.“ (Tab. 8.6 Anhang)

Gruppe 1 (kleine Hunde)

Die kleinen Raumforderungen sind in der Gruppe 1 in den Si-DeL und gleichzeitig 45°-Kalibrierprojektionen zwischen L2 und L6 darstellbar. Bei L2 und L3 liegt die Häufigkeit der darstellbaren Raumforderungen jeweils bei 15%, bei L4 bei 35% und bei L5 und L6 jeweils bei 5% (von 20 Hunden). Mittelgroße Raumforderungen sind nur bei einem Tier bei L1 erkennbar, während große Raumforderungen in dieser Befundkombination allein nicht darstellbar sind (Abb. 4.5 a).

Gruppe 2 (mittelgroße Hunde)

Auch an mittelgroßen Hunden sind die Raumforderungen gleichzeitig in der Si-DeL und 45°-Kalibrierprojektionen nur bei wenigen Tieren zu erkennen. Kleine Raumforderungen sind über die gesamte Lendenwirbelsäule betrachtet nur bei 4 Tieren, mittelgroße Raumforderungen bei 5 Tieren und große Raumforderungen nur bei 2 Tieren in dieser Befundkombination darstellbar (Abb. 4.5 b).

Gruppe 3 (große Hunde)

Bei den großen Hunden können die Raumforderungen in der Si-DeL Vergleichsprojektion ebenfalls wie in der Gruppe 2 nur unregelmäßig häufig an einzelnen Tieren eindeutig dargestellt werden (Abb. 4.5 c).

Abbildung 4.5 a: Gruppe 1, Befundkombination 4:
Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der Si-DeL Vergleichsprojektion und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen nicht oder nicht eindeutig sichtbar.

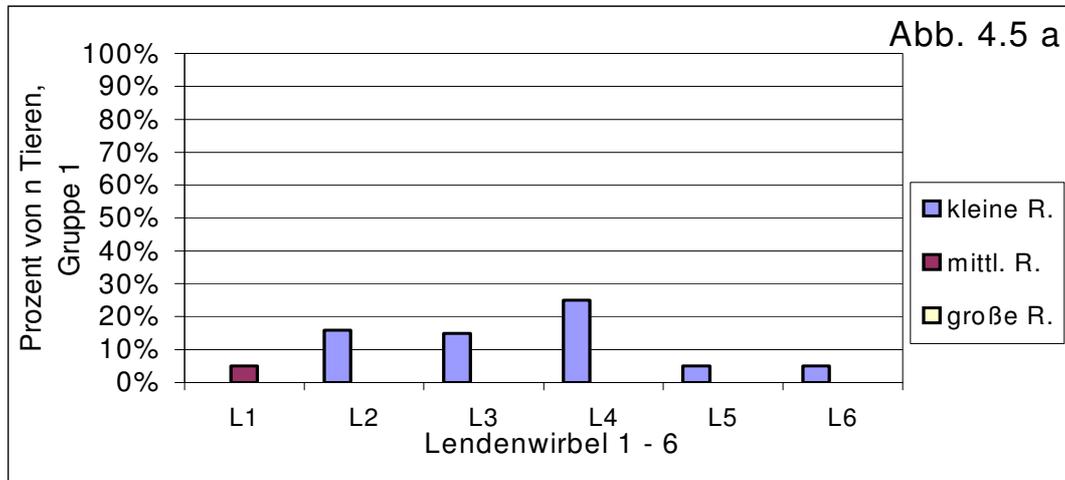


Abbildung 4.5 b: Gruppe 2, Befundkombination 4:

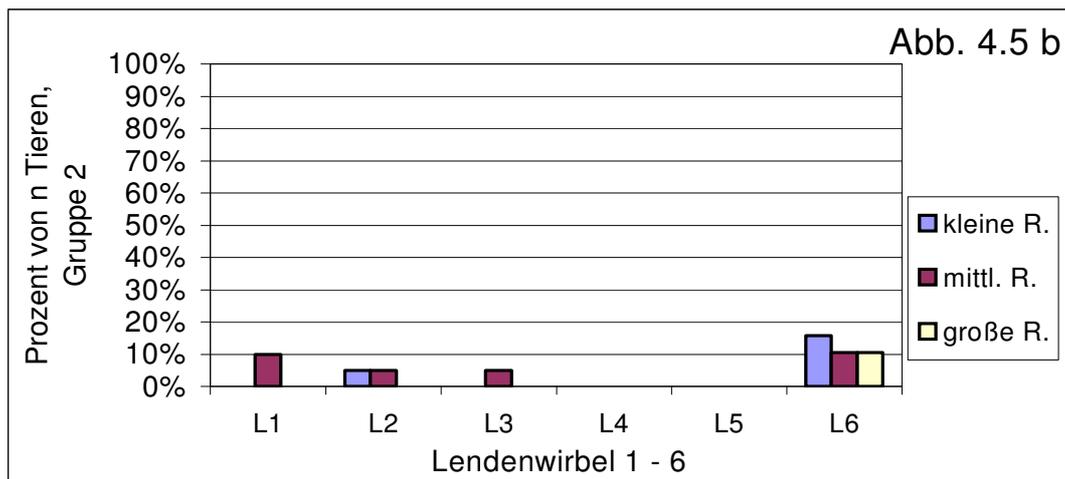
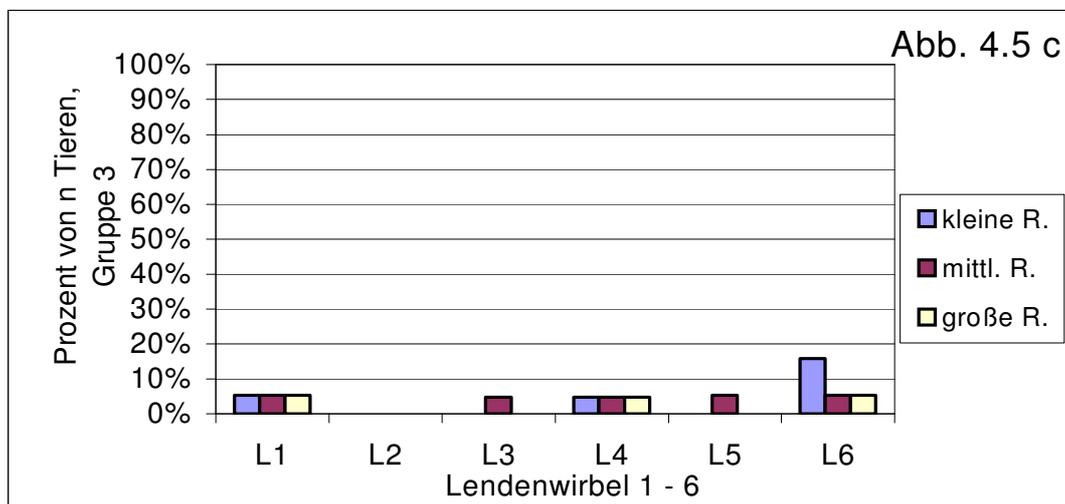


Abbildung 4.5 c: Gruppe 3, Befundkombination 4:



4.2.5 Auswertung Befundkombination 5:

„Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD Vergleichsprojektion und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen nicht oder nicht eindeutig sichtbar.“ (Tab. 8.7 Anhang)

Gruppe 1 (kleine Hunde)

Kleine Raumforderungen sind in der VD und gleichzeitig 45°-Kalibrierprojektion in der Gruppe 1 von L1 mit 15 % (3 von 20 Hunden) bis L5 zunehmend häufiger mit bis zu 30 % (6 von 20 Hunden) darstellbar. Im Segment L6 können diese nur noch in 10% (2 von 20 Hunden) in der VD Vergleichsprojektion dargestellt werden. Im Vergleich zwischen den Raumforderungsgrößen sind die mittelgroßen Raumforderungen in dieser Befundkombination am häufigsten erkennbar. Die Darstellbarkeit nimmt von L1 mit 35% (7 von 20 Hunden) bis L3 auf ein Maximum von 50% (10 von 20 Hunden) zu und bis L6 wieder auf 5% ab. Große Raumforderungen sind zwischen L1 und L4 annähernd gleich häufig zwischen 35% und 25 %, bei L5 nur noch in 15% und L6 in 5 % der Fälle darstellbar (Abb. 4.6 a).

Gruppe 2 (mittelgroße Hunde)

In der Gruppe 2 sind kleine, mittelgroße und große Raumforderungen insgesamt häufiger in der VD und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar als in der Gruppe 1. Die kleinen Raumforderungen sind wieder wie bei Gruppe 1 von L1 mit 5% (1 von 20 Hunden) bis L5 zunehmend häufiger mit bis zu 40% (8 von 20 Hunden) erkennbar. Bei mittelgroßen Raumforderungen nimmt die Häufigkeit der Befundkombination 5 von L1 mit einem Maximum mit 75 % (15 von 20 Hunden) bis L6 auf 10,5% (2 von 19 Hunden) ab. Große Raumforderungen sind ähnlich häufig wie mittelgroße in der Befundkombination 5 erkennbar, nur dass das Maximum der Darstellbarkeit hier bei L3 (75%, 15 von 20 Hunden) liegt. Auch hier ist noch bei L5 in 50% (10 von 20 Hunden) der Fälle nur in der VD Vergleichsprojektion eine Raumforderung darstellbar. Im 6. Lendensegment tritt diese Befundkombination nicht auf. Hier sind die Raumforderungen in anderen Befundkombinationen erkennbar (Abb. 4.6 b).

Gruppe 3 (große Hunde)

Die kleinen Raumforderungen sind erst ab L3 in 14,3% (3 von 21 Hunden) in der VD und 45°-Kalibrierprojektion gleichzeitig erkennbar. Die Häufigkeit steigt bis L5 auf 36,8% (7 von 18 Hunden) stark an und nimmt bis L6 wieder auf 21,1% (4 von 19 Hunden) ab. Dieser Anstieg der Darstellbarkeit der kleinen Raumforderungen ist auch schon bei Gruppe 1 und 2 zu sehen.

Mittelgroße Raumforderungen sind in der Befundkombination 5 in der Gruppe 3 unregelmäßig häufig, zwischen L1 in 42,1% (8 von 19 Hunden) und L5 in 52,6% (9 von 18 Hunden) erkennbar. In dieser Befundkombination sind die mittelgroßen Raumforderungen bei L3 in 66,7% (14 von 21 Hunden) am häufigsten, bei L6 mit 15,8% (3 von 19 Hunden) am seltensten sichtbar. Die großen Raumforderungen sind bei L1 mit 36,8% (7 von 19 Hunden) weniger häufig erkennbar als bei L1 der Gruppe 2. Von L2 bis L6 können sie in dieser Befundkombination deutlich häufiger dargestellt werden als bei Gruppe 2 und 1. Von L2 nimmt die Häufigkeit von 71,4% (15 von 21 Hunden) bis L3 auf 81% (17 von 21 Hunden) zu und bis L6 wieder auf 15,8% (3 von 19 Hunden) ab (Abb. 4.6 c).

Abbildung 4.6 a: Gruppe 1, Befundkombination 5:
Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD Vergleichsprojektion und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen nicht oder nicht eindeutig sichtbar.

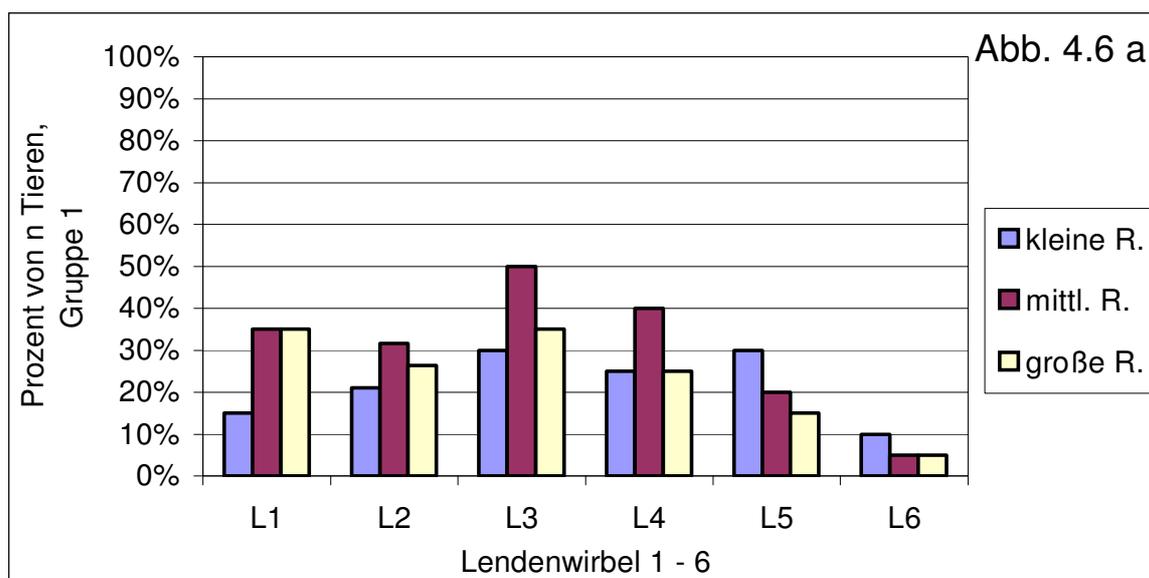


Abbildung 4.6 b: Gruppe 2, Befundkombination 5:

Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD Vergleichsprojektion und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen nicht oder nicht eindeutig sichtbar.

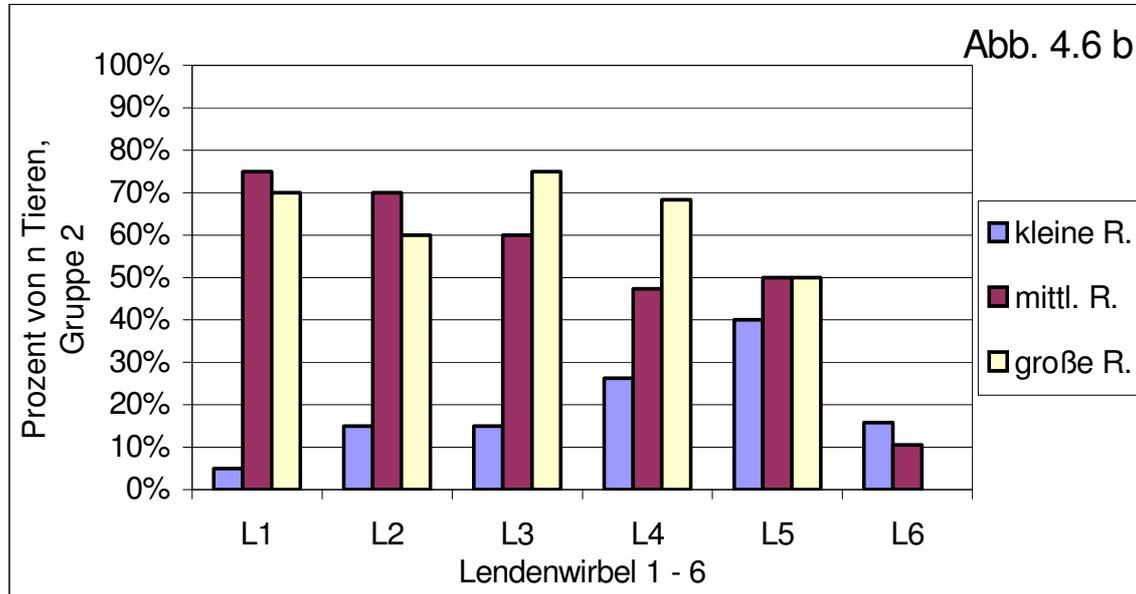
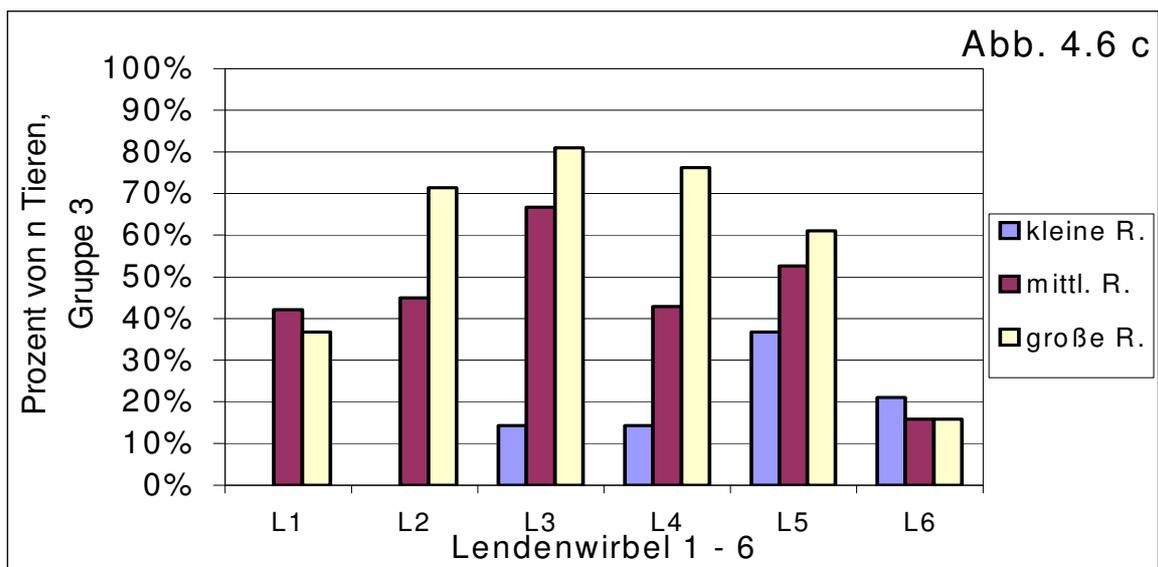


Abbildung 4.6 c: Gruppe 3, Befundkombination 5:

Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD Vergleichsprojektion und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen nicht oder nicht eindeutig sichtbar.



4.2.6 Auswertung Befundkombination 6: „Raumforderung eindeutig gleichzeitig in den VD und Si-DeL Vergleichsprojektionen und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in der kontralateralen 45°-Schrägprojektion nicht oder nicht eindeutig erkennbar.“ (Tab. 8.8 Anhang)

Gruppe 1 (kleine Hunde)

Die Befundkombination 6 ist insgesamt bei der Gruppe 1 deutlich häufiger erkennbar als bei Gruppe 2 und Gruppe 3. Kleine Raumforderungen sind in der Gruppe 1 am seltensten, bei L1 nur in 20% (4 von 20 Hunden), abnehmend bis L3 in nur 5% (1 von 20 Hunden) und bis L5 wieder in 45% (9 von 20 Hunden) darstellbar. Bei L6 beträgt die Häufigkeit 35% (7 von 20 Hunden). Mittelgroße Raumforderungen sind häufiger erkennbar. Die Tendenz ist jedoch nicht wie bei den kleinen Raumforderungen bis L3 abnehmend, sondern schwankt zwischen 30 % (6 von 20 Hunden) bei L1 und L3, sowie 52% (10 von 19 Hunden) bei L2. Sie sind bei L4 und L5 am häufigsten (55%) und bei L6 in 45% der Fälle zu erkennen.

Die großen Raumforderungen sind insgesamt häufiger gleichzeitig in allen drei Projektionen (45°-Kalibrierprojektion, VD, Si-DeL) darstellbar, die Unterschiede zwischen den Lendensegmenten sind jedoch ähnlich groß wie die bei mittelgroßen Raumforderungen.

Hier variiert die Häufigkeit in den ersten drei Lendenwirbeln zwischen 45% (L1 und L3) und 57% (L2). Die meisten großen Raumforderungen werden in dieser Befundkombination bei L4 (70%) dargestellt, bei L5 und L6 wieder weniger (55% und 45%) (Abb. 4.7 a).

Gruppe 2 (mittelgroße Hunde)

Hier sind die kleinen Raumforderungen seltener als in Gruppe 1 in allen drei Projektionen (45°-Kalibrierprojektion, VD, Si-DeL) gleichzeitig erkennbar. Die Befundkombination 6 tritt bei den kleinen Raumforderungen nur zwischen L4 und L6 zu maximal 10% (2 von 20 Hunden) auf. Mittelgroße Raumforderungen treten in der Befundkombination 6 bei L1 und L2 nur in je 1 von 20 Tieren und bei L3 gar nicht auf. Bei L4 können die Raumforderungen in den drei Projektionen gleichzeitig in 10,5%, bei L5 in 25% und bei L6 wieder nur in 15,8% (3 von 19 Hunden) eruiert werden. Die großen Raumforderungen stellen sich in den Projektionen: 45°-Kalibrierprojektion, VD und Si-DeL gleichzeitig in jedem Lendensegment dar. Am häufigsten können sie bei L2 zu 35% (7 von 19 Hunden) und am seltensten bei L4 zu 15,8% (3 von 20 Hunden) in allen drei Projektionen erkannt werden. Insgesamt werden die

simulierten Raumforderungen seltener gleichzeitig in den drei Projektionen (45°-Kalibrierprojektion, VD, Si-DeL) eruiert als bei den kleinen Hunden (Abb. 4.7 b).

Gruppe 3 (große Hunde)

Die kleinen Raumforderungen sind in der Befundkombination 6 bei der Gruppe 3 nur im kaudalen Abschnitt der Lendenwirbelsäule (L5 und L6) in jeweils 10,5% (2 von 19 Hunden) zu sehen.

Mittelgroße Raumforderungen sind im kranialen Lendenwirbelsäulenbereich (L1-L3) auch nur bei L2 in 4,8% (1 von 21 Hunden), bei L4 in 4,8% (1 von 21 Hunden), bei L5 in 15,8% (3 von 19 Hunden) und bei L6 am häufigsten mit 21,1% (4 von 19 Hunden) darstellbar.

Große Raumforderungen sind in jedem Lendensegment gleichzeitig in den drei Projektionen (45°-Kalibrierprojektion, VD, Si-DeL) eruiert. Hier können sie bei L1 mit 26% (5 von 19 Hunden) am häufigsten dargestellt werden und dann bis L4 abnehmend bis auf 4,8% (1 von 21 Hunden). Bei L5 tritt die Befundkombination 6 in 22,2% (4 von 19 Hunden) und bei L6 in 15,8% (3 von 19 Hunden) auf (Abb. 4.7. c).

Abbildung 4.7 a: Gruppe 1, Befundkombination 6:

Raumforderung eindeutig gleichzeitig in den VD und Si-DeL Vergleichsprojektionen und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in der kontralateralen 45°-Schrägprojektion nicht oder nicht eindeutig erkennbar.

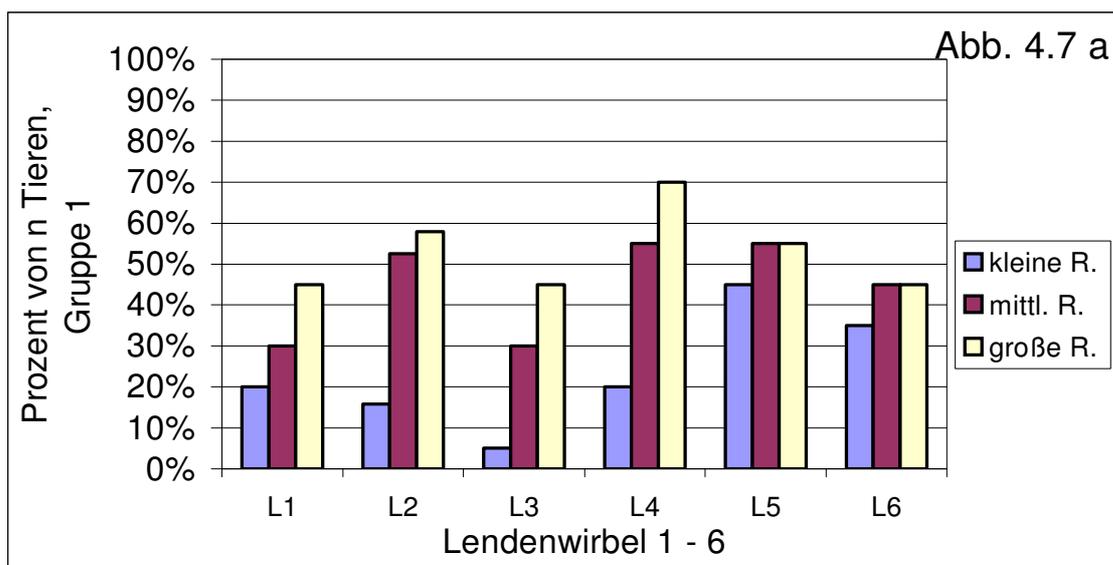


Abbildung 4.7 b: Gruppe 2, Befundkombination 6:

Raumforderung eindeutig gleichzeitig in den VD und Si-DeL Vergleichsprojektionen und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in der kontralateralen 45°-Schrägprojektion nicht oder nicht eindeutig erkennbar.

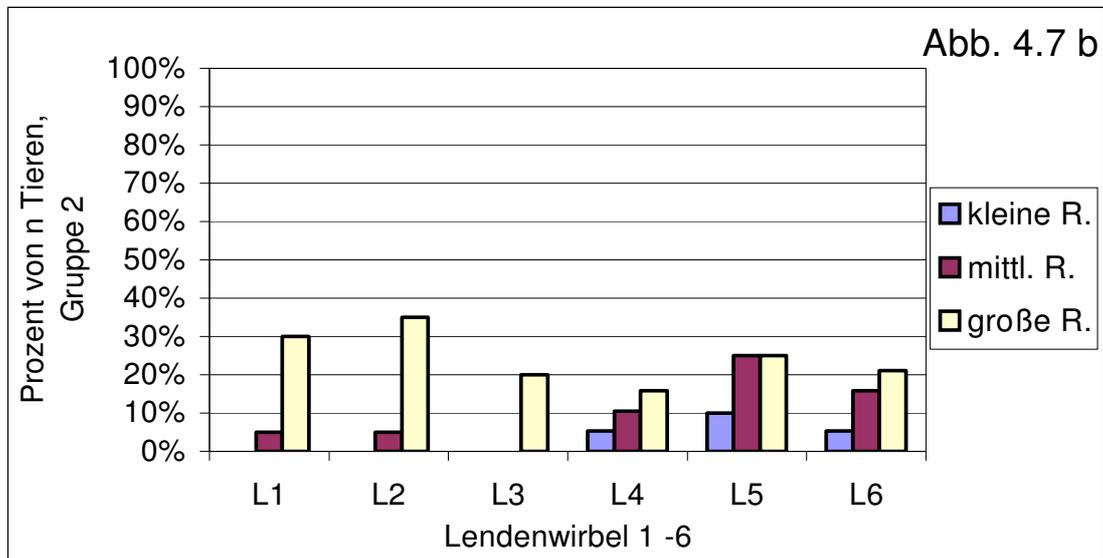
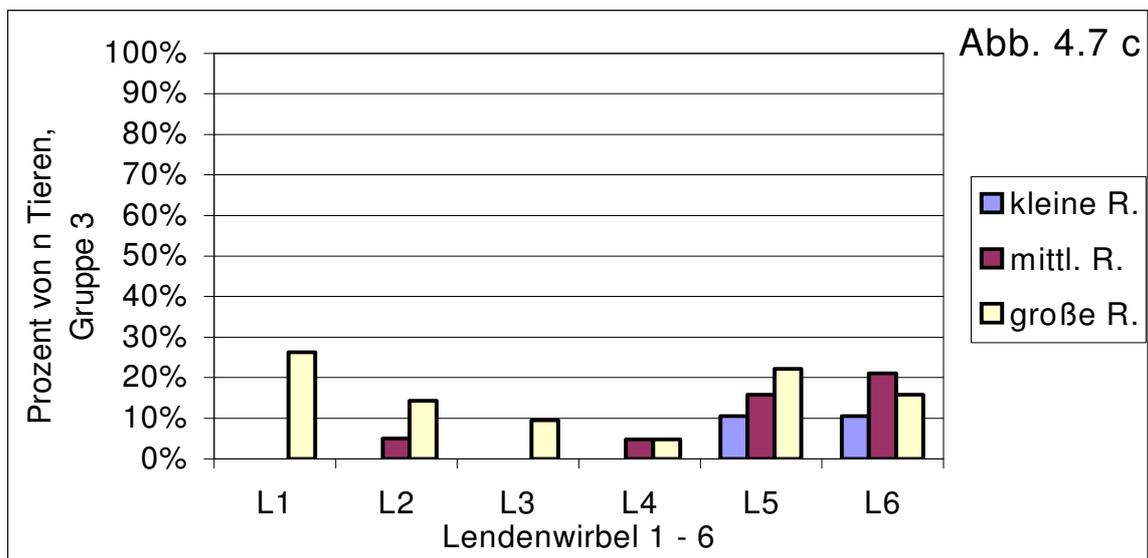


Abbildung 4.7. c: Gruppe 3, Befundkombination 6:

Raumforderung eindeutig in den VD und Si-DeL Vergleichsprojektionen und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in der kontralateralen 45°-Schrägprojektion nicht oder nicht eindeutig erkennbar.



4.2.7 Auswertung Befundkombination 7:

„Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD und kontralateralen 45°-Schrägprojektion und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in der Si-DeL Projektion nicht oder nicht eindeutig erkennbar.“ (Tab. 4.1)

Diese Befundkombination wird nur im Bereich L5 und L6 beobachtet.

Bei kleinen Hunden werden kleine Raumforderungen gleichzeitig in den drei Projektionen (45°-Kalibrierprojektion, kontralateralen 45°-Schrägprojektion, Si-DeL) nur bei L6 an zwei Hunden (n= 20) und mittelgroße Raumforderungen an einem Hund dargestellt.

An mittelgroßen Hunden werden die kleinen Raumforderungen in der Befundkombination 7 wieder nur bei L6 in einem Hund, mittelgroße R. bei L5 und L6 je in einem Hund und große R. nur bei L5 in einem Hund eruiert.

Bei den großen Hunden sind es bei den kleinen Raumforderungen bei L6 zwei Hunde und bei mittelgroßen und großen R. bei L5 je 1 und bei L6 je zwei Hunde (Tab. 4.1).

Tabelle 4.1: Gruppe 1, 2 und 3, Befundkombination 7:

Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD, kontralateralen 45°-Schrägprojektion und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in der Si-DeL Projektion nicht oder nicht eindeutig erkennbar.

Gruppe 1	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,0%
mittl. R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
n Tiere	20	19	20	20	20	20
Gr. 2	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%
mittl. R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	5,3%
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	0,0%
n Tiere	20	20	20	19	20	19
Gruppe 3	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,5%
mittl. R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	10,5%
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,6%	10,5%
n Tiere	19	21	21	21	19	19

4.2. 8 Häufigkeit der Befundkombinationen zusammengefasst

Kleine Raumforderungen

Über die gesamten Lendenwirbelsäulen aller Hundegruppen (R.=357) zusammen betrachtet, wird etwa die Hälfte der kleinen Raumforderungen (49,8%; R.=178 von 357) allein in der 45°-Kalibrierprojektion dargestellt.

Die Befundkombination 2 (R. nur in 45°-Kalibrierprojektion eindeutig, in den anderen Vergleichsprojektionen nicht oder nicht eindeutig darstellbar) ist nur zu 5,8% (R.=21 von 357) zu sehen. Diese Kombination könnte auch noch zu der ersten dazu zählen, da in den Vergleichsprojektionen keine eindeutige Diagnose erstellt werden können. In der 45°-Kalibrierprojektion und VD gleichzeitig werden die kleinen Raumforderungen zu 18,4% (R.=66 von 357) dargestellt. Im Gegensatz hierzu sind die Raumforderungen eindeutig in der 45°-Kalibrierprojektion und Si-DeL gleichzeitig nur in 6,1% (R.=22 von 357) der Fälle erkennbar (Tab. 4.1, Tab. 4.2).

Mittelgroße Raumforderungen

Die mittelgroßen Raumforderungen werden mit 42,4% (R.=151 von 357) am häufigsten eindeutig in der 45°-Kalibrierprojektion und VD Projektion (Befundkombination 5) eruiert. In der 45°-Kalibrierprojektion allein (Befundkombination 1) sind sie in 15,4% (R.=55 von 357) darstellbar. In der Si-DeL Projektion gleichzeitig mit der 45°-Kalibrierprojektion (Befundkombination 4) werden sie nur in 3,3% (R.=12 von 357) erkannt (Tab. 4.1, Tab. 4.3).

Große Raumforderung

Diese sind ebenfalls am häufigsten in der Befundkombination 5 (eindeutig gleichzeitig in der 45°-Kalibrierprojektion und VD darstellbar) mit 45,2% (R.=161 von 357) erkennbar. Bei den großen Raumforderungen sind es jedoch immer noch 4,2% (R.=15 von 357), die nur in der 45°-Kalibrierprojektion allein eruiert werden können. Hierbei geben die anderen Projektionen keinen eindeutigen Aufschluss über die Raumforderungen. Die Si-DeL Projektion ist bei den Untersuchungen ventrolateraler Raumforderungen im Vergleich zu den VD und 45°-Kalibrierprojektion deutlich weniger aufschlussreich, da selbst bei großen Raumforderungen nur in 1,5% (R.=5 von 357) der Fälle in der Befundkombination 4 die pathologischen Prozesse dargestellt werden können (Tab. 4.1 ; 4.4).

Tabelle 4.2: Häufigkeit der Darstellbarkeit kleiner Raumforderungen, aufgeschlüsselt in 7 Befundkombinationen (BK) über alle Hundegruppen (Gruppe 1,2 und 3) betrachtet. Angaben in % von betrachteten Raumforderungen (R.) über L1 bis L6 gerechnet .

BK	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt Raumf.
BK 1	78% R.=46	68,3% R.=41	62,3% R.=38	58,3% R.=35	23,7 R.=14	6,9% R.=4	49,85% R.=178
BK2	5,1% R.=3	5% R.=3	8,2% R.=5	1,7% R.=1	6,8% R.=4	8,6% R.=5	5,88% R.=21
BK3	1,7% R.=1	3,3% R.=2	3,3% R.=2	0% R.=0	10,2% R.=6	31% R.=18	8,12% R.=29
BK4	1,7% R.=1	6,7% R.=4	4,9% R.=3	10% R.=6	1,7% R.=1	12,1% R.=7	6,16% R.=22
BK5	6,8% R.=4	11,7% R.=7	19,7% R.=12	21,7% R.=13	35,6% R.=21	15,5% R.=9	18,48% R.=66
BK6	6,8% R.=4	5% R.=3	1,6% R.=1	8,3% R.=5	22% R.=13	17,2% R.=10	10,08% R.=36
BK7	0% R.=0	0% R.=0	0% R.=0	0% R.=0	0% R.=0	8,6% R.=5	1,4% R.=5
Gesamt Anzahl Raumf.	100% R.=59	100% R.=60	100% R.=61	100% R.=60	100% R.=59	100% R.=58	100% R.=357

Tabelle 4.3: Häufigkeit der Darstellbarkeit mittelgroßer Raumforderungen, aufgeschlüsselt in 7 Befundkombinationen (BK) über alle Hundegruppen (Gruppe 1,2 und 3) betrachtet. Angaben in % von betrachteten Raumforderungen (R.) über L1 bis L6 gerechnet.

BK	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt Raumf.
BK 1	18,6% R.=11	23,7% R.=14	18% R.=11	26,7% R.=16	5,1% R.=3	0% R.=0	15,4% R.=55
BK2	5,1% R.=3	1,7% R.=1	3,3% R.=2	3,3% R.=2	0% R.=0	1,7% R.=1	2,5% R.=9
BK3	6,8% R.=4	3,4% R.=2	6,6% R.=4	1,7% R.=1	16,9% R.=10	48,3% R.=28	13,7% R.=49
BK4	6,8% R.=4	1,7% R.=1	3,3% R.=2	1,7% R.=1	1,7% R.=1	5,2% R.=3	3,3% R.=12
BK5	50,8% R.=30	49,2% R.=29	59% R.=36	43,3% R.=26	40,7% R.=24	10,3% R.=6	42,4% R.=151
BK6	11,9% R.=7	20,3% R.=12	9,8% R.=6	23,3% R.=14	32,2% R.=19	27,6% R.=16	20,7% R.=74
BK7	0% R.=0	0% R.=0	0% R.=0	0% R.=0	3,4% R.=2	6,9% R.=4	1,6% R.=6
Gesamt Anzahl Raumf.	100% R.=59	100% R.=59	100% R.=61	100% R.=60	100% R.=59	100% R.=58	100% R.=356

Tabelle 4.4: Häufigkeit der Darstellbarkeit großer Raumforderungen, aufgeschlüsselt in 7 Befundkombinationen (BK) über alle Hundegruppen (Gruppe 1,2 und 3) betrachtet. Angaben in % von betrachteten Raumforderungen (R.) über L1 bis L6 gerechnet.

BK	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt Raumf.
BK 1	8,5% R.=5	6,7% R.=4	3,3% R.=2	5% R.=3	1,7% R.=1	0% R.=0	4,2% R.=15
BK2	1,7% R.=1	0% R.=0	1,6% R.=1	5% R.=3	0% R.=0	1,7% R.=1	1,6% R.=6
BK3	6,8% R.=4	5% R.=3	6,6% R.=4	1,7% R.=1	19% R.=11	55,2% R.=32	15,5% R.=55
BK4	1,7% R.=1	0% R.=0	0% R.=0	1,7% R.=1	0% R.=0	5,2% R.=3	1,5% R.=5
BK5	47,5% R.=28	53,3% R.=32	63,9% R.=39	56,7% R.=34	41,4% R.=24	6,9% R.=4	45,2% R.=161
BK6	33,9% R.=20	35% R.=21	24,6% R.=15	30% R.=18	34,5% R.=20	27,6% R.=16	30,9% R.=110
BK7	0% R.=0	0% R.=5	0% R.=0	0% R.=5	3,4% R.=2	3,4% R.=2	1,1% R.=4
Gesamt Anzahl Raumf.	100% R.=59	100% R.=60	100% R.=61	100% R.=60	100% R.=58	100% R.=58	100% R.=356

4.3 Auswertung der Morphometrie

4.3.1 Canalis vertebralis: Höhe und Breite

Der Durchmesser des Wirbelkanals ist bei den kleinen Hunden signifikant kleiner als bei den mittelgroßen und großen Hunden. Von L1 bis L4 nimmt der Höhendurchmesser bei kleinen Hunden am stärksten, bei mittelgroßen Hunden am wenigsten zu. Bis S1 nimmt der Durchmesser bei kleinen Hunden jedoch am geringsten wieder ab. Bei den mittelgroßen und großen Hunden ist die Verringerung des Höhendurchmessers annähernd gleich stark (Abb. 4.8, Tab. 8.12 Anhang,).

Kleine Hunde

Bei den kleinen Hunden nimmt die mittlere Höhe des Canalis vertebralis von L1 kranial bis L4 zentral um 1,83 mm auf ein Maximum von 8,12 mm zu und allmählich, aber kontinuierlich bis S1 auf 3,14 mm wieder ab. Innerhalb eines Wirbelsegments ist von L1 bis L4 der Wirbelkanal kranial jeden Wirbels niedriger als kaudal. Ab L5 ist er kranial stets höher als kaudal.

Die mittlere Breite des Canalis vertebralis nimmt bei der Gruppe 1 von L1 bis S1 kranial von 9,52 mm auf 11,72 mm, zentral von 7,97 mm auf 11,03 mm und kaudal am stärksten von 9,98 mm auf 13,29 mm zu. Die Breite bleibt kranial von L4 bis L7 und zentral von L4 bis L6 annähernd konstant, wobei kranial bei L5 und zentral bei L4 ein etwas breiterer Durchmesser gemessen werden kann. Die kaudal gemessene Breite des Wirbellochs nimmt jedoch kontinuierlich bis S1 zu.

Mittelgroße Hunde

Bei den mittelgroßen Hunden steigt die mittlere Höhe des Canalis vertebralis von L1 kranial bis L4 zentral um 1,64 mm auf ein Maximum von 10,10 mm an. Anschließend nimmt der Durchmesser bis S1 kaudal auf ein Minimum von 3,84 mm ab. Bis L4 ist eine geringere Zunahme, bis S1 aber eine deutlich stärkere Abnahme des mittleren Durchmessers im Vergleich zu den Tieren der Gruppe 1 zu erkennen. Innerhalb der einzelnen Wirbelsegmente ist bis L3 von kranial nach kaudal eine kontinuierliche Zunahme der Höhe zu beobachten. Von L4 bis L7 ist jeweils der zentrale Durchmesser je Wirbel am größten. Ab S1 nimmt die Höhe von kranial nach kaudal stark ab.

Die mittlere Breite des Canalis vertebralis der Gruppe 2 nimmt von L1 bis S1 kranial um 1,82 mm, zentral um 2,84 mm und kaudal um 3,39 mm zu. Die intrasegmentalen Unterschiede der Wirbelkanalbreite sind größer als die der Gruppe 1.

Große Hunde

Der Durchmesser des Canalis vertebralis der großen Hunde gleicht in seinem Verlauf annähernd dem der Gruppe 2, ist jedoch durchgehend größer. Hier nimmt der mittlere Durchmesser von L1 kranial bis L4 kaudal auf 11,22 mm zu. Ab L5 nimmt der Durchmesser annähernd gleich stark wie bei Gruppe 2 bis S1 auf 4,93 mm ab. Bei L5 und L6 ist, wie bei den Tieren der Gruppe 2, der zentrale Durchmesser der höchste. Am Kreuzbein ist er wieder wie bei Gruppe 1 und 2 der Durchmesser von kranial nach kaudal stark abnehmend (Tab. 8.12 Anhang, Abb. 4.8).

Die mittlere Breite des Canalis vertebralis der Gruppe 3 nimmt von L1 kranial um 2,34 mm, zentral um 2,84 mm und kaudal um 4,04 mm deutlich mehr zu als die Breite in den Gruppen 1 und 2. Die Breite ist ab L4 bis S1 an den kranialen und zentralen Messpunkten annähernd konstant. Am kaudalen Messpunkt nimmt die Breite von L1 bis L7 kontinuierlich zu und verschmälert sich wieder bis S1 kaudal.

Die intrasegmentalen Unterschiede der absoluten Größe jeden Wirbels sind bei den Tieren der Gruppe 3 deutlich größer als bei den Tieren der Gruppe 2 und 1. Am geringsten sind die intrasegmentalen Unterschiede in der Gruppe 1.

Verhältnis: mittlere Höhe des Canalis vertebralis zu seiner mittleren Breite:

Die Form des Canalis vertebralis verändert sich bei allen drei Hundegruppen im Verlauf der Lendenwirbelsäule ähnlich. In seinem Verlauf verringert sich das Verhältnis zwischen der mittleren Höhe zur Breite bei den drei Gruppen durchschnittlich von 0,72 bei L1 auf 0,33 bei L7. Somit wird der querovale Wirbelkanal immer flacher und breiter. Bei L4 ist der Wirbelkanal bei kleinen Hunden im Verhältnis zur Breite relativ höher als der der mittelgroßen und dieser wiederum relativ höher als der der großen Tiere (Tab. 8.26 Anhang).

Abbildung 4.8: Mittlere Höhe des Canalis vertebralis, Vergleich der Gruppen 1, 2 und 3.

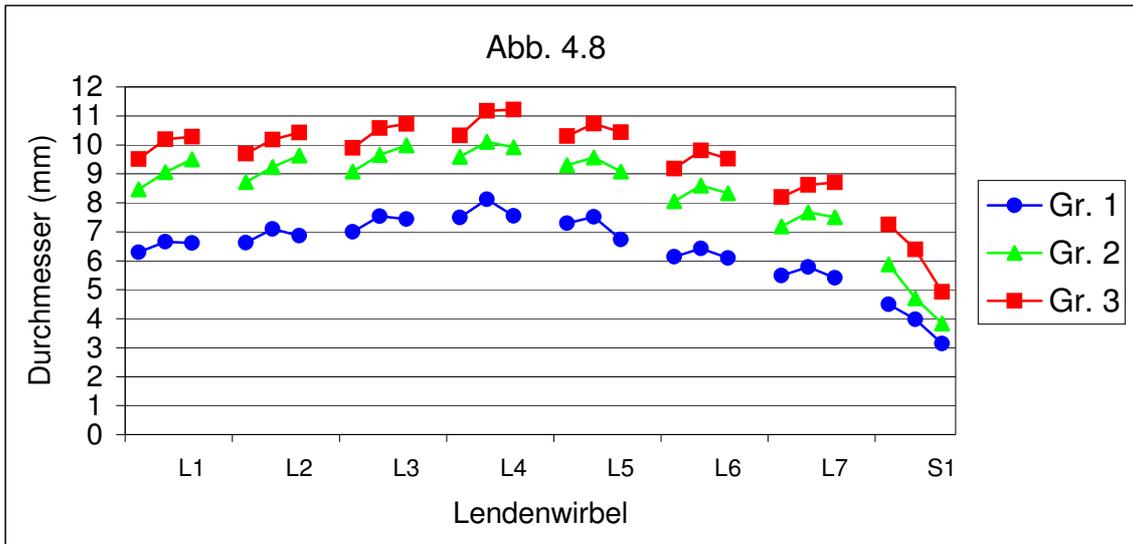
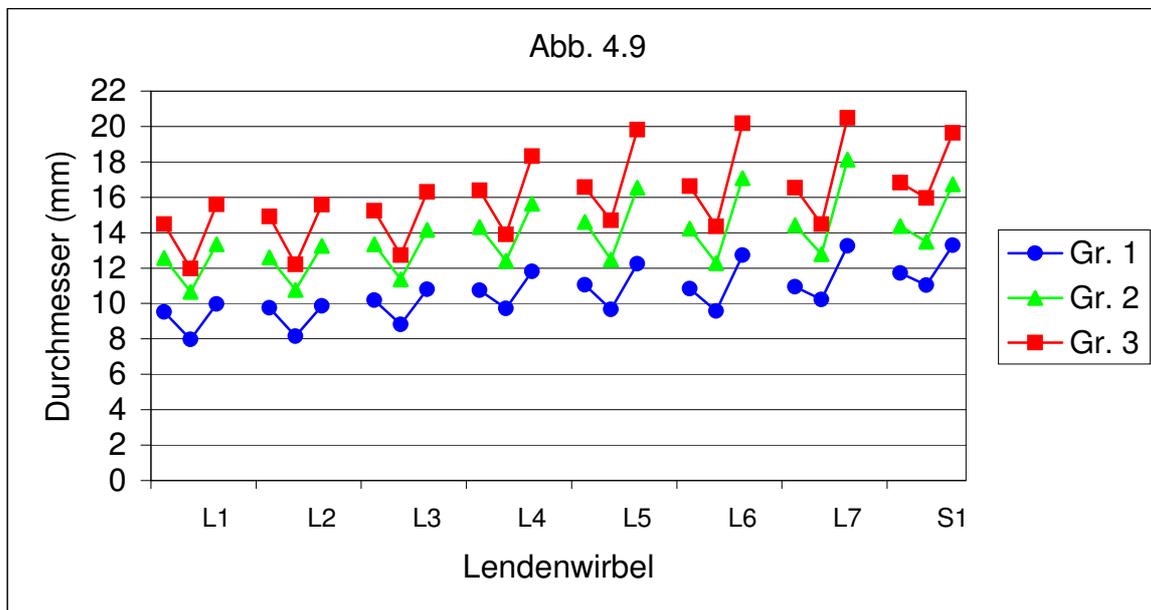


Abbildung 4.9: Mittlere Breite des Canalis vertebralis, Vergleich der Gruppen 1, 2 und 3.



4.3.2 Duralsack: Höhe und Breite

Höhe

Der Verlauf der mittleren Duralsackhöhe ähnelt bei allen drei Hundegruppen dem des Canalis vertebralis, zeigt jedoch nicht so starke intrasegmentale Schwankungen. Die mittlere Höhe nimmt bei kleinen Hunden von L1 kranial (5,73 mm) bis L4 zentral auf 7,24 mm leicht zu und von hier aus bis S1 kaudal auf 0,74 mm wieder allmählich ab.

Bei mittelgroßen Hunden nimmt die mittlere Höhe von L1 (6,91 mm) bis L4 zentral etwas stärker zu als bei kleinen Hunden. Am 4. Lendenwirbel ist sie von L4 zentral bis L4 kaudal konstant bei 8,86 mm und nimmt bis S1 kaudal deutlich schneller wieder auf 0,47 mm ab. Der Duralsack der mittelgroßen Tiere ist ab L7 kaudal bereits am kleinsten.

Die mittlere Höhe des Duralsacks der großen Hunde ähnelt dem der mittelgroßen Tiere, mit dem Unterschied, dass er von L1 (7,2 mm) bis L4 kaudal auf 9,59 mm stärker an Höhe zunimmt. Ab L4 kaudal verschmälert sich der Duralsack wieder bis auf durchschnittlich 0,78 mm bei S1 kaudal. An dieser Stelle ist der Duralsack im Gegensatz zu dem der Gruppe 2 durchschnittlich noch 0,04 mm höher als bei kleinen Hunden (Abb. 4.10, Anhang: Tab. 8.14). Der letzte bei allen Hunden messbare Punkt der Duralsackhöhe liegt bei der Gruppe 1 und Gruppe 2 bei S1 kranial und bei der Gruppe 3 bei L7 zentral.

Breite

Die mittlere Breite des Duralsacks nimmt bei den kleinen Hunden von L1 kranial (7,11 mm) bis L4 kaudal stark auf 9,49 mm an Breite zu. Der breiteste Bereich des Duralsackes reicht bei den kleinen Hunden von L3 kaudal bis L5 kranial über 5 Messpunkte. Ab hier verschmälert sich der Duralsack wieder durchschnittlich auf 1,06 mm bei S1 kaudal.

Bei mittelgroßen Hunden verbreitert sich der Duralsack von L1 kranial (7,67 mm) bis L4 zentral auf durchschnittlich 10,43 mm stärker als bei der Gruppe 1. Auch der breiteste Bereich des Duralsacks reicht bei den mittelgroßen Tieren von L4 kranial bis L5 kranial über 4 Messpunkte. Anschließend nimmt die Breite bis S1 kaudal auf 0,76 mm Durchmesser deutlich schneller wieder ab, als bei den kleinen Hunden. Ab L7 kranial ist die mittlere Breite bereits am kleinsten.

Bei großen Hunden verbreitert sich der Duralsack ebenfalls von L1 kranial (8,04 mm) bis L4 kaudal auf durchschnittlich 11,13 mm sehr schnell und am stärksten von den drei Gruppen.

Der breiteste Bereich des Duralsacks ist hier kürzer als bei den anderen Gruppen und reicht nur über 3 Messpunkte. Wie bei dem Mittel der Duralsackbreite der Gruppe 2 nimmt die mittlere Breite bis S1 kaudal deutlich schneller als bei kleinen Hunden auf durchschnittlich 0,89 mm Durchmesser ab. Bei den großen Hunden ist der Duralsack bereits ab L7 zentral schmaler als bei den kleinen Hunden.

Der letzte bei allen Hunden messbare Punkt der Duralsackbreite liegt bei der Gruppe 1 bei S1 zentral, bei Gruppe 2 und 3 bei L7 kaudal (Abb. 4.11, Anhang: Tab. 8.15).

Abbildung 4.10: Mittlere Höhe des Duralsacks, Vergleich der Gruppen 1, 2 und 3.

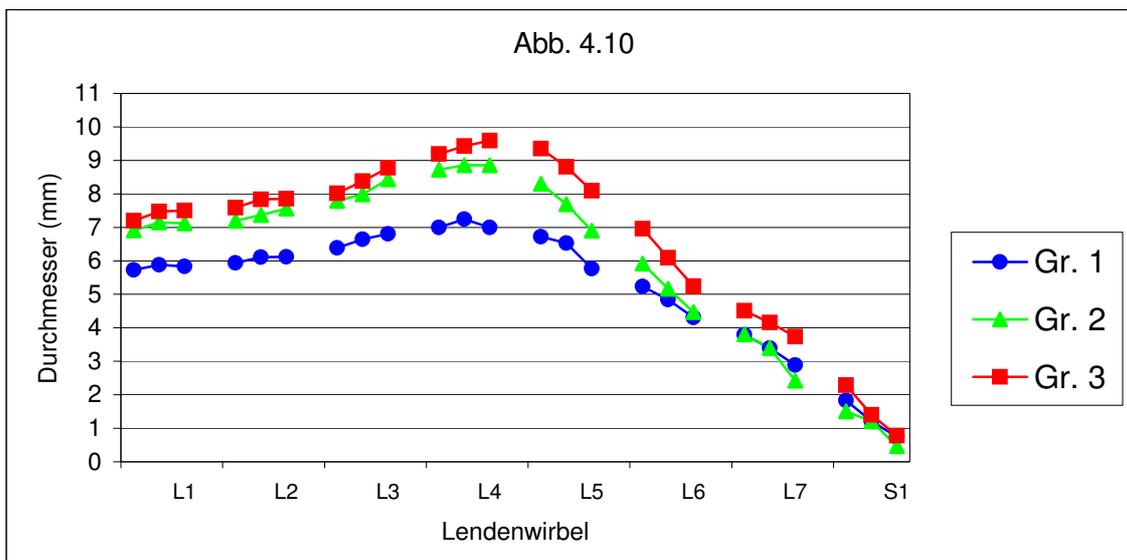
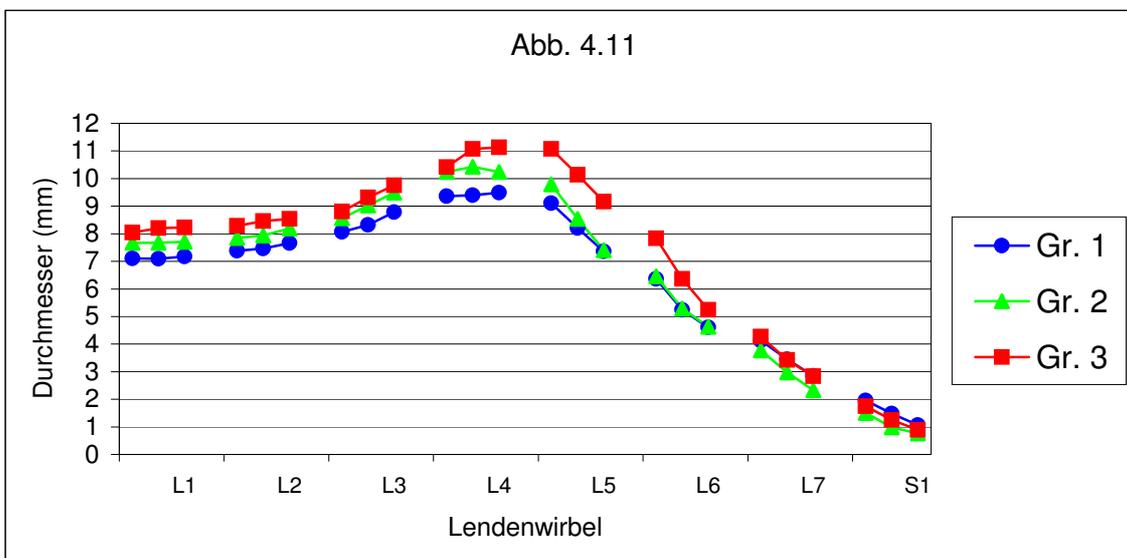


Abbildung 4.11: Mittlere Breite des Duralsacks, Vergleich der Gruppen 1,2 und 3.



Verhältnis: mittlere Duralsackhöhe zur Breite:

Die Form des Duralsacks verändert sich bei den kleinen und mittelgroßen Hunden von L1 bis L4, bei großen Hunden bis L5 von einer leicht querovalen, zu einer stärker querovalen Form (Gr. 1: $V=0,75$, Gr. 2: $V=0,85$, Gr. 3: $V=0,86$). Im Verlauf bis L7 wird der Duralsack bei Gruppe 2 und 3 verhältnismäßig höher als breit (Gr. 2: $V=1,13$, Gr. 3: $V=1,52$), während er bei den Tieren der Gruppe 1 annähernd rund wird ($V=0,98$). Bei S1 ist er bei allen Gruppen wieder breiter als hoch (Gr. 1: $V=0,86$, Gr. 2: $V=0,94$, Gr. 3: $V=0,88$). Im Vergleich der Gruppen 1 bis 3 ist zu erkennen, dass das Verhältnis ab L4 bis S1 (außer L7) bei den mittelgroßen Hunden durchschnittlich größer ist als bei den kleinen und großen Hunden und demnach der Duralsack im Verhältnis höher bleibt als bei den anderen beiden Gruppen. Diese Unterschiede zwischen den Gruppen sind außer bei L5 und S1 signifikant (Tab. 8.27 Anhang).

Verhältnis: mittlere Duralsackhöhe zur mittleren Höhe des Canalis vertebralis:

Das Verhältnis der mittleren Höhe des Duralsacks zur mittleren Höhe des Canalis vertebralis nimmt bei allen drei Hundegruppen von L1 bis L4 zu. Bis L4 weisen die kleinen Hunde den verhältnismäßig höchsten Duralsack ($V=0,92$), die großen Hunde die verhältnismäßig kleinsten Duralsackhöhen auf ($V=0,86$). Im Verlauf bis S1 nimmt das Verhältnis bei Gruppe 1 auf 0,29 bei Gruppe 2 auf 0,20 und bei der Gruppe 3 auf 0,23 wieder deutlich ab. Hier ist zu erkennen, dass das Verhältnis bei den mittelgroßen Hunden ab L5 bis S1 am kleinsten ist. Das bedeutet, dass bei den Tieren der Gruppe 2 der Duralsack im Verhältnis zum Canalis vertebralis flacher wird als bei den anderen beiden Gruppen (Tab. 8.28 Anhang). Die Unterschiede sind bis auf S1 signifikant.

Verhältnis: mittlere Duralsackbreite zur mittleren Breite des Canalis vertebralis:

Bei kleinen, mittelgroßen und großen Hunden ist das Verhältnis: mittlere Duralsackbreite zur mittleren Breite des Canalis vertebralis von L1 bis L4 umso kleiner je größer der Hund ist (L4: Gr. 1: $V=0,87$, Gr. 2: $V=0,73$, Gr. 3: $V=0,76$). D.h. der Duralsack ist bei großen Hunden verhältnismäßig kleiner als bei kleinen Hunden. Das Verhältnis bei den mittelgroßen Hunden ist ab L5 geringfügig kleiner als bei den großen Hunden, bleibt bei den kleinen

Hunden aber am größten (S1: Gr. 1: $V= 0,12$, Gr. 2: $V= 0,074$, Gr. 3: $V= 0,075$). Die Unterschiede sind bis auf S1 signifikant (Tab. 8.29 Anhang).

4.3.3 Medulla spinalis: Höhe und Breite

Höhe

Die mittlere Höhe der Medulla spinalis nimmt bei den kleinen Hunden von L1 kranial bis L4 zentral (5,53 mm) um 1,22 mm am wenigsten der drei Gruppen an Höhe zu. Bei der Gruppe 2 erhöht sich die Medulla um 1,35 mm auf 6,39 mm und bei Gruppe 3 um 1,51 mm auf 6,8 mm bis jeweils L4 zentral. Von L4 kaudal bis L7 verringert sich die mittlere Höhe der Medulla spinalis beim kleinen Hund langsamer als bei den mittelgroßen und großen Hunden. Bei den mittelgroßen Hunden ist sie bereits ab L6 zentral und bei großen Hunden ab L6 kaudal niedriger als bei kleinen Hunden. Der letzte überhaupt gemessene Punkt der Medulla spinalis Höhe liegt bei der Gruppe 1 bei S1 kranial ($n=2$, Basenji, Teckel), bei der Gruppe 2 u. 3 bei L7 kaudal (je $n=1$, Foxhound). Dort liegt der mittlere Durchmesser der Medulla bei kleinen Hunden bei 2,13 mm ($n=5$), bei mittelgroßen bei 1,27 mm ($n=1$) und bei großen Tieren bei 1,38 mm ($n=1$) (Abb. 4.12, Anhang: Tab. 8.16).

Der letzte bei allen Hunden messbare Punkt liegt bei der Gruppe 1 bei L5 zentral, bei der Gruppe 2 bei L4 kaudal und bei der Gruppe 3 bei L5 kaudal.

Breite

Die mittleren Breitenunterschiede der Medulla spinalis sind zwischen den Gruppen nicht so stark wie die Höhenunterschiede. Bei L1 zentral beträgt die Differenz der Breite bei der Gruppe 1 zu Gruppe 2 0,29 mm, und zur Gruppe 3 0,4 mm. Die maximale Breite bei der Gruppe 1 beträgt 8,05 mm, bei Gruppe 2 8,71 mm und bei Gruppe 3 8,54 mm. Auffallend ist, wie bereits bei dem Duralsackdurchmesser, dass die Breite der Medulla spinalis bei der Gruppe 2 bis L4 zentral stärker zu-, und kaudalwärts stärker abnimmt als bei der Gruppe 1 und 3. Bereits ab L5 zentral ist die mittlere Breite der Medulla der mittelgroßen Hunde, ab L5 kaudal die der großen Hunde, schmaler als bei den kleinen Tieren. Der letzte bei allen Tieren einer Gruppe messbare Punkt der Medulla spinalis Breite liegt bei Gruppe 1 bei L7 kaudal ($n=1$, Terrier Mix), bei der Gruppe 2 bei L7 kranial ($n=1$, Staffordshire- und Pitbull Terrier) und bei der Gruppe 3 bei L6 kaudal ($n=5$, Dobermann, Bouvier, Foxhound, 2 Rotweiler). (Abb. 4.13, Anhang: Tab. 8.17). Am häufigsten endet die Medulla spinalis bei der Gruppe 1

bei L7 kranial (Höhe, 9 von 25) bzw. L6 kranial (Breite, 10 von 25), bei der Gruppe 2 ebenfalls bei L7 kranial (Höhe, 7 von 25), bzw. L6 kranial (Breite, 12 von 25) und bei der Gruppe 3 bei L6 kaudal und L7 kranial (Höhe, je 12 von 25), bzw. bei L6 kranial (Breite, 11 von 25).

Der letzte bei allen Hunden messbare Punkt liegt bei der Gruppe 1 bei L4 kaudal, bei der Gruppe 2 bei L4 zentral und bei der Gruppe 3 bei L5 kranial.

Abbildung 4.12: Mittlere Höhe der Medulla spinalis Höhe, Vergleich der Gruppen 1, 2 und 3.

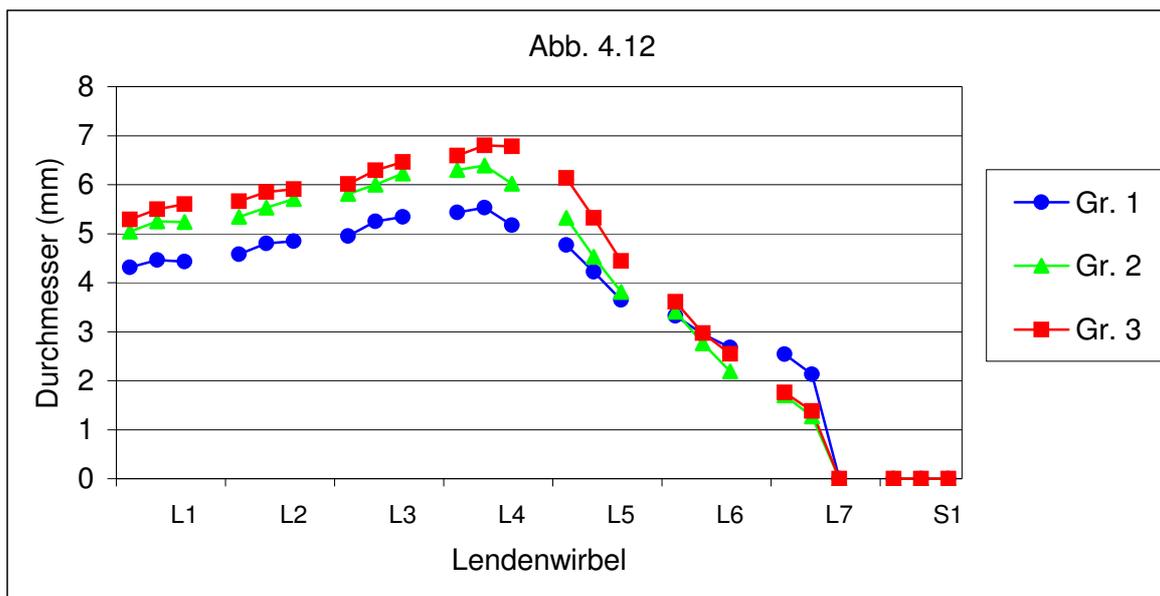
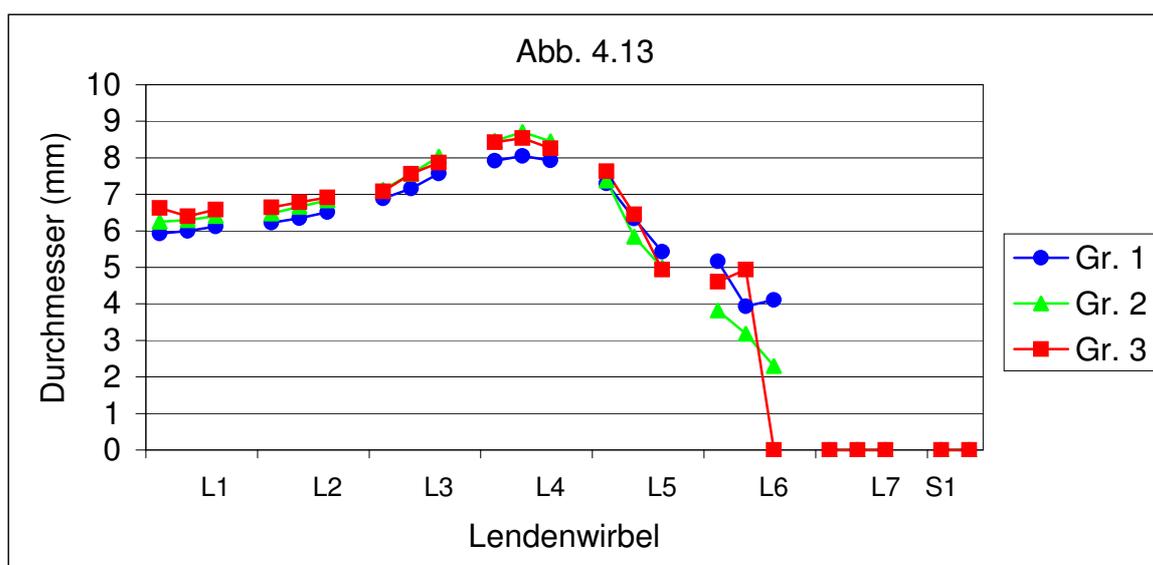


Abbildung 4.13: Mittlere Breite der Medulla spinalis, Vergleich der Gruppen 1, 2 und 3.



Verhältnis: mittlere Höhe der Medulla spinalis zu ihrer Breite:

Das Verhältnis der mittleren Höhe der Medulla spinalis zu ihrer mittleren Breite ist bei allen drei Hundegruppen nicht eindeutig zu- oder abnehmend. Es liegt bei der Gruppe 1 zwischen 0,73 bei L1 und 0,78 bei L6, bei Gruppe 2 zwischen 0,82 bei L1 und 0,73 bei L6 und bei der Gruppe 3 zwischen 0,84 bei L1 und 1,04 bei L5 (Tab. 8.30 Anhang).

4.3.4 Cavum epidurale: Höhe und Breite

Der Epiduralraum der kleinen Hunde ist deutlich niedriger als der bei mittelgroßen und großen Hunden. Auch können bei der Gruppe 1 deutlich geringere Höhenunterschiede des Epiduralraumes festgestellt werden.

Höhe

Die mittlere Höhe des Cavum epidurale der kleinen Hunde ist zwischen L1 und L4 annähernd konstant. Bei L1 kranial beträgt sie 0,56 mm, nimmt bis auf ein mittleres Minimum von 0,4 mm bei L4 kranial ab und bis L7 kaudal langsam um 2,12 mm wieder zu. Über den gesamten Bereich von L1 bis L7 beträgt der minimal messbare Epiduralraum bei einigen Hunden 0,0 mm. Jeweils kranial eines Wirbels sind am meisten Tiere mit 0,0 mm eruiert. Epiduralraumhöhen zu beobachten. Bei L1 sind es 4 Tiere, bei L2 und L3 je 2 Tiere, bei L4 sogar 6 Tiere und bei L6 und L7 jeweils nur noch 1 Hund.

Intrasegmental betrachtet ist der zentrale Messpunkt der durchschnittlichen epiduralen Höhe beim kleinen Hund bis L5 kaudal immer höher als der kraniale. Ab L6 ist der Durchmesser jeweils am kaudalen Messpunkt der größte.

Bei mittelgroßen Hunden wird eine deutlichere Abnahme der mittleren Epiduralraumhöhe von L1 bis L4 beobachtet. Der mittlere Durchmesser nimmt von L1 bis L4 kranial (0,87 mm) um insgesamt 0,69 mm ab, steigt dann wieder stark bis L7 kaudal um 4,18 mm an. Intrasegmentale Unterschiede nehmen wie bei Gruppe 1 nach kaudal hin stark zu. Auch bei den Tieren der Gruppe 2 kommt es bei L4 zentral (n=1), L5 kranial und L6 kranial (jeweils n=2) zu einer minimalen Epiduralraumhöhe von 0,0 mm.

Große Hunde weisen von L1 bis L4 einen etwas größeren Epiduralraum auf als die mittelgroßen, und einen deutlich größeren Epiduralraum als die kleinen Tiere. Es kann

ebenfalls eine Höhenabnahme von L1 kranial bis L5 kranial (0,94 mm) um 1,42 mm festgestellt werden. Ab hier nimmt die mittlere Epiduralraumhöhe wieder sprunghaft, jedoch geringer als bei Gruppe 2, um 3,97 mm bis L7 kaudal zu. Die intrasegmentalen Unterschiede sind ähnlich groß wie bei den mittelgroßen Hunden (Abb. 4.14, Anhang: Tab. 8.18).

Breite

Die mittlere Breite des Cavum epidurale der kleinen Hunde zeigt, wie bei der Höhe schon zu erkennen ist, zwischen den drei Gruppen die geringsten Schwankungen der Maße über die gesamte Lendenwirbelsäule betrachtet. Von L1 zentral bis L4 zentral (0,32 mm) verschmälert sich die mittlere Epiduralraumbreite um 0,52 mm (mehr als doppelt so viel, wie die Epiduralraumhöhe). Ab hier verbreitert sie sich wieder bis L7 kaudal um 10,1 mm. Intrasegmental kann beobachtet werden, dass der Epiduralraum durchschnittlich zentral jeden Wirbels der kleinste ist, jeweils kranial bis L4 größer als kaudal und ab L5 kaudal deutlich größer ist als kranial. Auch bei der Breite kann vor allem zentral zwischen L1 und L5 eine minimale messbare Epiduralraumbreite von 0,0 mm bei einigen Tieren festgestellt werden. Bei L1 und L2 sind es zentral jeweils 2 Hunde, bei denen der Epiduralraum 0,0 mm beträgt. Bei L3 zentral sind es 6 Tiere, L3 kaudal einer und L4 kranial und kaudal jeweils 3 und zentral sogar 9 Tiere, bei denen ein 0,0 mm breiter Epiduralraum ermittelt werden kann. Bei L5 sind es immer noch kranial 2 und zentral 5 Tiere.

Bei mittelgroßen Hunden verschmälert sich der mittlere Epiduralraum deutlich mehr als bei den kleinen Hunden, von L1 zentral (3,29 mm) bis L4 zentral um 1,31 mm auf 1,98 mm Breite. Von hier aus kann wieder eine deutliche Verbreiterung des mittleren Epiduralraums bis L7 kaudal um 13,82 mm auf 15,8 mm festgestellt werden. Intrasegmental verhält sich die Epiduralraumbreite wie bei den kleinen Hunden. Eine Verschmälerung des Epiduralraumes auf ein Minimum von 0,0 mm kann bei der Gruppe 2 nur bei 3 Hunden beobachtet werden (je einer L3 zentral, L4 zentral und L4 kaudal).

Der mittlere Durchmesser des Epiduralraums der großen Hunde ist insgesamt nur geringfügig breiter als der mittelgroßer Hunde. Der mittlere Durchmesser des Epiduralraums beträgt hier bei L1 zentral 3,77 mm, nimmt wieder bis L4 zentral um 0,95 mm auf 2,82 mm ab und verbreitert sich bis L7 kaudal wieder um 14,83 mm auf 17,65 mm. Bei L5 zentral kann bei einem Hund eine minimale Epiduralraumbreite von 0,0 mm eruiert werden (Abb. 4.15, Anhang: Tab. 8.19).

Abbildung 4.14: Mittlere Höhe des Cavum epidurale, Vergleich der Gruppen 1, 2 und 3.

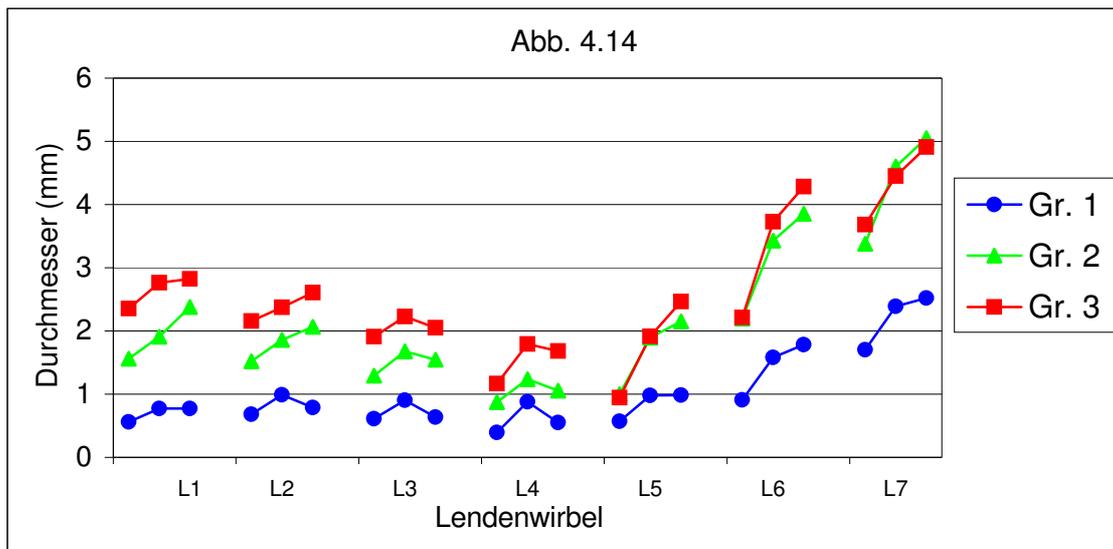
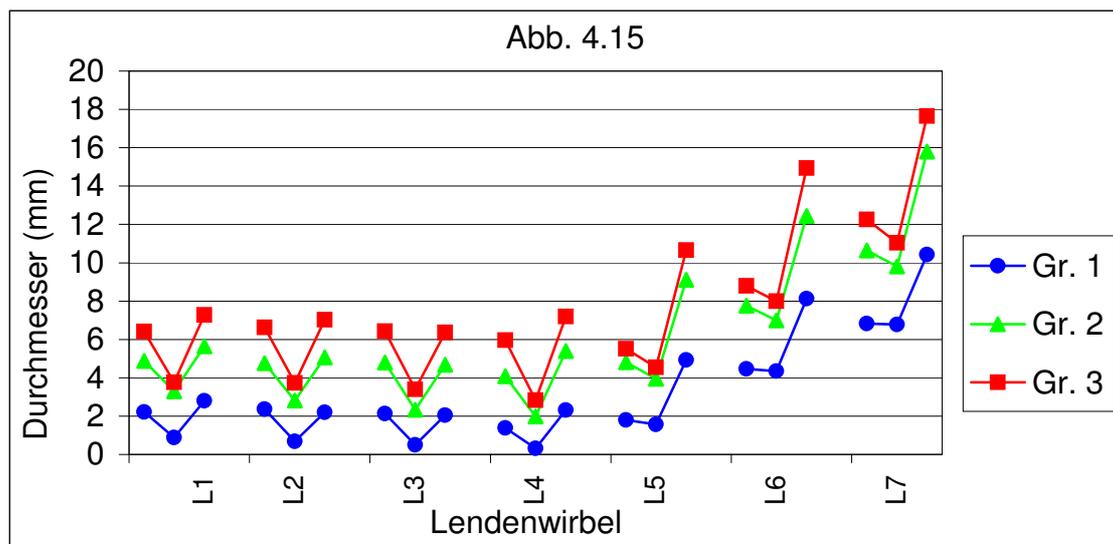


Abbildung 4.15: Mittlere Breite des Cavum epidurale, Vergleich der Gruppen 1, 2 und 3.



Verhältnis: mittlere Höhe des Cavum epidurale zu seiner mittleren Breite:

Bei den Tieren der Gruppe 1 verändert sich das Verhältnis zwischen der mittleren Höhe des Cavum epidurale zu seiner mittleren Breite am stärksten. Bei L1 (0,37) ist der Epiduralraum deutlich breiter als hoch. Bis L4 nimmt der Quotient aus Höhe zu Breite (0,8) stark zu und nimmt bis S1 wieder ab (0,24). Zwischen den Gruppen 2 und 3 variiert das Verhältnis weniger stark und der Quotient des Epiduralraums wird von L1 (Gr. 2: 0,43 u. Gr. 3: 0,44) bis S1 (Gr. 2: 0,27 u. Gr. 3: 0,28) kontinuierlich geringer, d.h. der Epiduralraum ist deutlich

breiter als hoch. Signifikante Unterschiede sind nur zwischen den gemittelten Verhältnissen im kaudalen Bereich der Lendenwirbelsäule (L4, L6 und L7) zu erkennen (Tab. 8.33 Anhang).

Verhältnis: mittlere Höhe des Cavum epidurale zur mittleren Höhe des Canalis vertebralis:

Die mittlere Höhe des Cavum epidurale nimmt im Verhältnis zur mittleren Höhe des Canalis vertebralis bis L4 bei allen drei Hundegruppen ab und bis S1 wieder deutlich zu. Von L1 bis L4 ist das Verhältnis in der Gruppe 1 mit 0,1 kleiner als in der Gruppe 2 ($V=0,21$) und der Gruppe 3 ($V=0,25$). Bei L4 beträgt es bei Gruppe 1 nur noch 0,07, bei Gruppe 2 0,10 und bei den Tieren der Gruppe 3 0,14. Dies zeigt, dass das Cavum epidurale bei kleinen Hunden relativ zum Canalis vertebralis kleiner ist als bei großen Hunden.

Von L4 bis S1 nimmt die mittlere Höhe des Epiduralraums im Verhältnis zur mittleren Höhe des Canalis vertebralis bei den mittelgroßen Hunden am stärksten zu (von 0,1 auf 0,78). Bei den kleinen Hunden nimmt die mittlere Höhe des Epiduralraums im Verhältnis zur mittleren Höhe des Canalis vertebralis von 0,07 bei L4 auf 0,7 bei S1 zu. Bei großen Hunden wächst der Quotient von 0,14 bei L4 auf 0,76 bei S1. Die Unterschiede sind zwischen den Gruppen bis auf S1 signifikant (Tab. 8.34 Anhang). Hieraus ist zu sehen, dass das Cavum epidurale beim kleinen Hund selbst im kaudalen Bereich weiterhin am kleinsten ist. Der Epiduralraum der großen Hunde ist jedoch nicht am größten, sondern das der mittelgroßen Hunde.

Verhältnis: mittlere Breite des Cavum epidurale zur mittleren Breite des Canalis vertebralis:

Das Verhältnis zwischen der mittleren Breite des Cavum epidurale und der mittleren Breite des Canalis vertebralis nimmt, wie bei der Höhe, bei allen drei Gruppen von L1 bis L4 geringfügig ab und bis S1 deutlich zu. Insgesamt ist das Verhältnis bis L4 etwa doppelt so groß wie bei der Höhe. Bis S1 ist es nur noch etwas größer als bei der Höhe. In der Gruppe 1 beträgt das Verhältnis bei L1 0,2, in der Gruppe 2 0,37 und in der Gruppe 3 0,41. Bei L4 ist das Verhältnis in Gruppe 1 0,12, in der Gruppe 2 0,26 und in der Gruppe 3 0,32. Bis S1 nimmt die mittlere Breite des Cavum epidurale im Verhältnis zur mittleren Breite des Canalis vertebralis in der Gruppe 1 wieder auf ein Verhältnis von 0,87, bei Gruppe 2 auf 0,92 und in der Gruppe 3 auf 0,91 zu. Die Unterschiede sind zwischen den Gruppen bis auf S1 signifikant (Tab. 8.35 Anhang).

4.4 Morphometrische Rasseunterschiede

Bei der Betrachtung einzelner Rassen (Teckel (n=7), Westhighland White- und Cairn Terrier (n=5), Cocker Spaniel (n=3), Staffordshire- und Pitbull Terrier (n=4), Foxhound (n=11), Deutscher Schäferhund (n=6) und Dobermann (n=4)), können die Teckel und Westhighland White- und Cairn Terrier zu der Gruppe 1 gezählt werden. Die Cocker Spaniel und Staffordshire- und Pitbull Terrier zu der Gruppe 2 und die Foxhounds als grenzwertig zwischen Gruppe 2 und 3. Zu der Gruppe 3 können der Deutsche Schäferhund und Dobermann eingeordnet werden, wobei sich auch hier ein Deutscher Schäferhund in der Gruppe 2 befindet (Tab. 3.8).

4.4.1 Unterschiede: Höhe des Canalis vertebralis

Im Vergleich der einzelnen Rassen untereinander können bei den Teckeln die insgesamt niedrigsten Wirbelkanalhöhen, beim Dobermann und Foxhound die größten Wirbelkanäle festgestellt werden.

Beim Vergleich der Wirbelkanalhöhen zwischen Teckeln und Westhighland White- und Cairn Terriern, haben die Westhighland White- und Cairn Terrier trotz durchschnittlich geringfügig kleinerer SSL von L1 bis L4 einen ca. 1 mm höheren Wirbelkanal. Bis S1 nimmt die Höhe bei den Westhighland White- und Cairn Terriern stärker ab, so dass sie bei S1 wieder genau so groß ist wie die der Teckel.

Im Vergleich zu den anderen betrachteten Rassen liegt der mittlere Höhendurchmesser bei den Cocker Spaniern etwa in der Mitte. Er ist über die gesamte Lendenwirbelsäule gesehen etwa 1 mm größer als der der Westhighland White- und Cairn Terrier. Der mittlere Höhendurchmesser des Wirbelkanals bei den Staffordshire- und Pitbull Terriern ist durchschnittlich um 1 bis 1,5 mm größer als bei den Westhighland White- und Cairn Terriern und ist somit annähernd so groß wie bei großen Hunden. Er ist in Relation zur SSL deutlich größer als bei den anderen Hunden. Im Verlauf der LWS kann bei den Staffordshire- und Pitbull Terriern die geringste Höhenzu- und Abnahme beobachtet werden. Auch die intrasegmentalen Höhenunterschiede sind bei diesen Rassen deutlich schwächer ausgeprägt.

Die mittlere Wirbelkanalhöhe beim Foxhound ist, obwohl die SSL eher grenzwertig zwischen der Gruppe 2 und 3 liegt, zusammen mit der Höhe beim Dobermann von L1 bis L4 am höchsten. Bis S1 verringert sich die mittlere Wirbelkanalhöhe des Foxhound so stark, dass sie

dort die gleiche Höhe aufweist, wie die des Deutschen Schäferhunds und Staffordshire- und Pitbull Terrier.

Ab L4 weist der Dobermann bis S1 den höchsten Wirbelkanal auf.

Die mittlere Höhe des Wirbelkanals beim Deutschen Schäferhund ist im Bereich L1 und L2 annähernd so groß wie bei den Staffordshire- und Pitbull Terriern, also in Relation zur SSL deutlich niedriger. Bis L4 nimmt die Höhe deutlich zu, so dass der Wirbelkanal dort ähnlich hoch ist wie beim Dobermann und Foxhound. Bis S1 nimmt der Durchmesser beim Schäferhund schneller als beim Foxhound ab. Bei S1 weisen die drei Rassen (Deutscher Schäferhund, Foxhound und Staffordshire- und Pitbull Terrier) annähernd die gleiche Wirbelkanalhöhe auf (Abb.4.16, Anhang: Tab. 8.20a/b).

4.4.2 Unterschiede: Breite des Canalis vertebralis

Bei der mittleren Breite des Wirbelkanals ähneln sich die Durchmesser der Teckel und Westhighland White- und Cairn Terrier, die insgesamt den schmalsten Wirbelkanal aufwiesen.

Der Wirbelkanal der Cocker Spaniel ist insgesamt geringfügig breiter (durchschnittlich 1 mm), der des Staffordshire- und Pitbull Terriers, Foxhounds und Deutschen Schäferhund ist durchschnittlich ca. 2-3 mm breiter. Insgesamt weist der Dobermann den durchschnittlich breitesten Wirbelkanal auf (Abb. 4.17, Anhang: Tab. 8.21a/b).

Abbildung 4.16: Rasseunterschiede der mittleren Höhe des Canalis vertebralis:

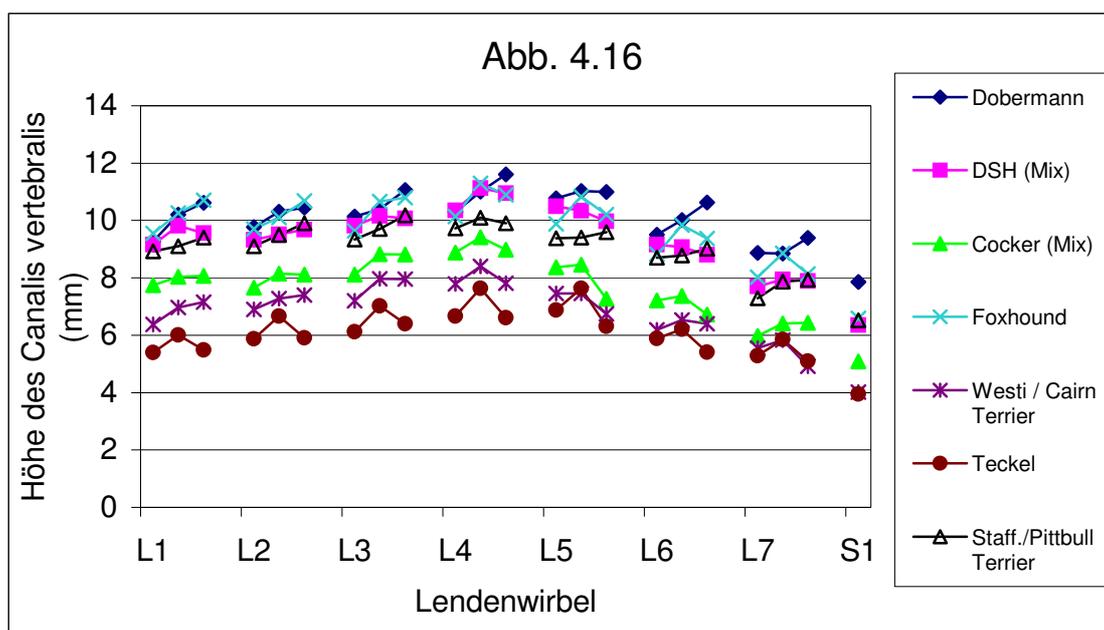
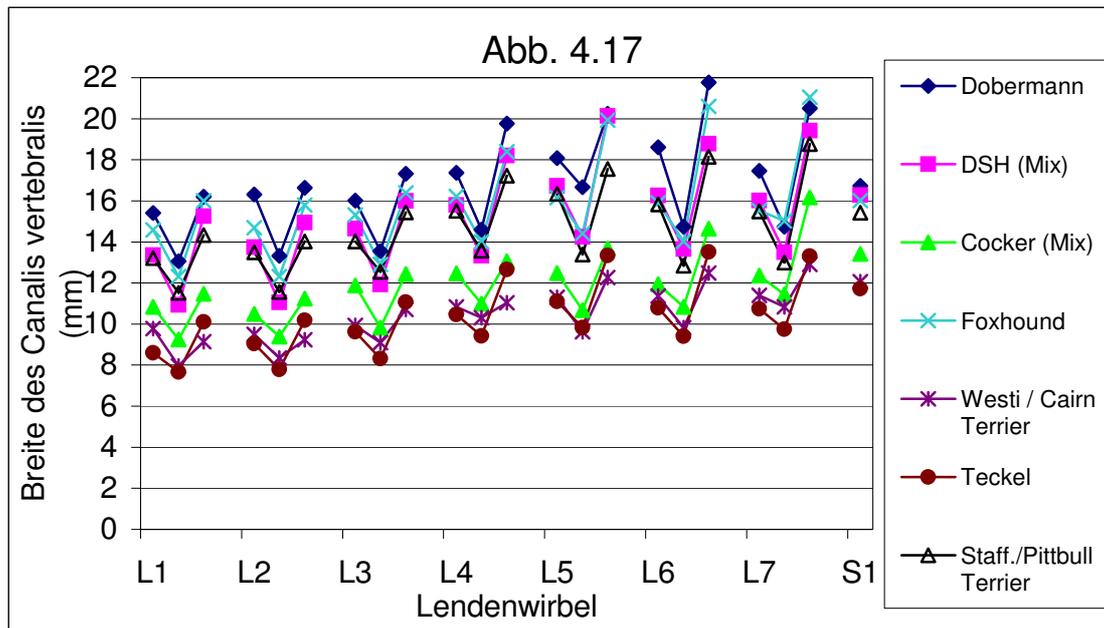


Abbildung 4.17: Rasseunterschiede der mittleren Breite des Canalis vertebralis:



4.4.3 Unterschiede: Höhe des Duralsacks

Von L1 bis L5 ist die SSL zu der mittleren Duralsackhöhe annähernd proportional, ab L5 kaudalwärts ist die Proportionalität aufgehoben und rassebedingt unterschiedlich.

Bei der Betrachtung der mittleren Duralsackhöhe über die gesamte Lendenwirbelsäule, weisen die Teckel die geringsten Höhenzu- und Abnahmen auf. Etwas stärkere Variabilität der mittleren Duralsackhöhe weisen die Westhighland White- und Cairn Terrier und an 3. Stelle der Dobermann auf. Die Stärke der Verdickung und Verjüngung des Duralsackes ist bei den restlichen untersuchten Rassen untereinander (Cocker Spaniel, Foxhound, Deutscher Schäferhund und Staffordshire- und Pitbull Terrier) annähernd im gleichen Verhältnis, aber deutlich stärker ausgeprägt als beim Teckel.

Die absoluten Höhen der Duralsäcke sind unterschiedlich. So weisen die Teckel die niedrigste Duralsackhöhe auf. Im Verlauf von L4 bis S1 bleibt der Duralsack der Teckel im Vergleich zu den anderen größeren Rassen deutlich höher. Bei S1 weisen die Teckel noch einen annähernd so hohen Durchmesser auf wie die Deutschen Schäferhunde, Foxhounds und Staffordshire- und Pitbull Terrier.

Im Vergleich zu den Teckeln ist bei den Westhighland White- und Cairn Terriern, deren durchschnittliche SSL sogar geringfügig kürzer ist als bei den Teckeln, der Duralsack von L1 bis L5 durchschnittlich höher. Bis S1 nimmt die Höhe des Duralsackes stärker ab als bei

Teckeln, so dass er bei S1 niedriger ist. Insgesamt weisen die Westhighland White- und Cairn Terrier eine stärkere Zu- und Abnahme der mittleren Höhe des Duralsackes auf als die Teckel. Beim Cocker Spaniel, der bei L1 durchschnittlich einen ähnlich hohen Durchmesser aufweist wie der Westhighland White- und Cairn Terrier, nimmt die mittlere Duralsackhöhe bis L4 im Vergleich zu der des Teckels und Westhighland White- und Cairn Terrier, wie oben erwähnt, deutlich an Höhe zu und verjüngt sich nach kaudal stärker und schneller, so dass der Cocker Spaniel bis L7 kaudal von allen betrachteten Rassen die geringste mittlere Duralsackhöhe aufweist.

Die mittlere Duralsackhöhe des Staffordshire- und Pitbull Terriers, Foxhounds und Deutschen Schäferhunds ist im gesamten Verlauf ähnlich ausgeprägt. Schäferhunde und Foxhounds weisen die stärksten Höhenunterschiede von L1 bis S1 auf, so dass deren mittlere Duralsackdurchmesser bei L1 deutlich höher sind als der der Teckel, bei S1 jedoch, wie bereits oben erwähnt, der Durchmesser gleich hoch ist wie bei Teckeln.

Der Dobermann weist insgesamt den höchsten mittleren Duralsackdurchmesser auf, der sich im Verlauf der LWS bis S1 auch deutlich weniger stark verjüngte, und so bei S1 im Vergleich zu den Deutschen Schäferhunden, Foxhounds, Staffordshire- und Pitbull Terriern und Teckeln fast doppelt so groß, zu den Cocker Spaniern und Westhighland White- und Cairn Terriern etwa vier mal so groß ist (Abb. 4.18, Anhang: Tab. 8.22a/b).

4.4.4 Unterschiede: Breite des Duralsacks

Bei der Betrachtung der Breitenunterschiede des Duralsacks der untersuchten Rassen können ähnliche Zu- und Abnahmen beobachtet werden wie bei der Höhe. Insgesamt sind die Duralsäcke breiter als hoch und die Zu- und Abnahmen der mittleren Duralsackbreiten bei allen Tieren stärker ausgeprägt als in der Höhe. Die absoluten Größenunterschiede zwischen den Rassen schwankten nicht so stark wie bei der Höhe.

So ist die mittlere Duralsackbreite der Teckel von L1 bis L4 immer noch am schmalsten, der der Westhighland White- und Cairn Terrier annähernd so groß wie der der Staffordshire- und Pitbull Terrier, Cocker Spaniel und Foxhounds.

Der Duralsack des Deutschen Schäferhundes und Dobermanns ist von L1 bis L4 am breitesten.

Die größten mittleren Breitenzu- und abnahmen der Duralsäcke können beim Cocker Spaniel beobachtet werden. Bei dieser Rasse liegt die maximale Breite bereits bei L4 kranial, die der meisten anderen Rassen bei L4 zentral und die des Deutschen Schäferhundes und Dobermanns bei L5 kranial. Bis S1 kranial verschmälert sich der Duralsack des Cocker

Spaniels am schnellsten, so dass er bei L7 kaudal zuletzt messbar ist. Ähnlich, jedoch nicht ganz so schnell, nimmt der mittlere Breitendurchmesser des Duralsacks beim Westhighland White- und Cairn Terrier, Foxhound und Deutschen Schäferhund ab, so dass der Westhighland White- und Cairn Terrier und Foxhound bereits ab L5, der Deutsche Schäferhund ab L7 einen schmaleren Duralsack aufweist als der Teckel.

Die Duralsackbreite des Staffordshire- und Pitbull Terriers und Dobermanns bleibt über die gesamte Lendenwirbelsäule breiter als beim Teckel. Dies liegt an der relativ geringeren Duralsackverbreiterung bis L4 und geringeren Verschmälerung bis S1 (Abb. 4.19, Anhang: Tab. 8.23a/b).

Aufgrund der relativ stärkeren Abnahme der mittleren Höhen und Breiten der Duralsäcke ab L4 bei mittlegroßen und großen Hunden im Gegensatz zu einigen kleinen Hunden (Teckel), kommt es vor allem bei den mittelgroßen Hunden zur Überschneidung der Duralsackgrößen mit denen einiger kleiner Hunde. Bei den großen Hunden ist diese Überschneidung der Höhen und Breiten des Duralsacks nicht mehr zu erkennen, obwohl auch bei den meisten untersuchten großen Hunderassen eine relativ starke Duralsackverschmälerung ab L4 zu erkennen ist. Der Grund hierfür liegt in den insgesamt größeren Durchmessern des Duralsacks, so dass er nicht unter den Durchmesser der kleinen Hunde sinkt.

Abbildung 4.18: Rasseunterschiede der mittleren Duralsackhöhe:

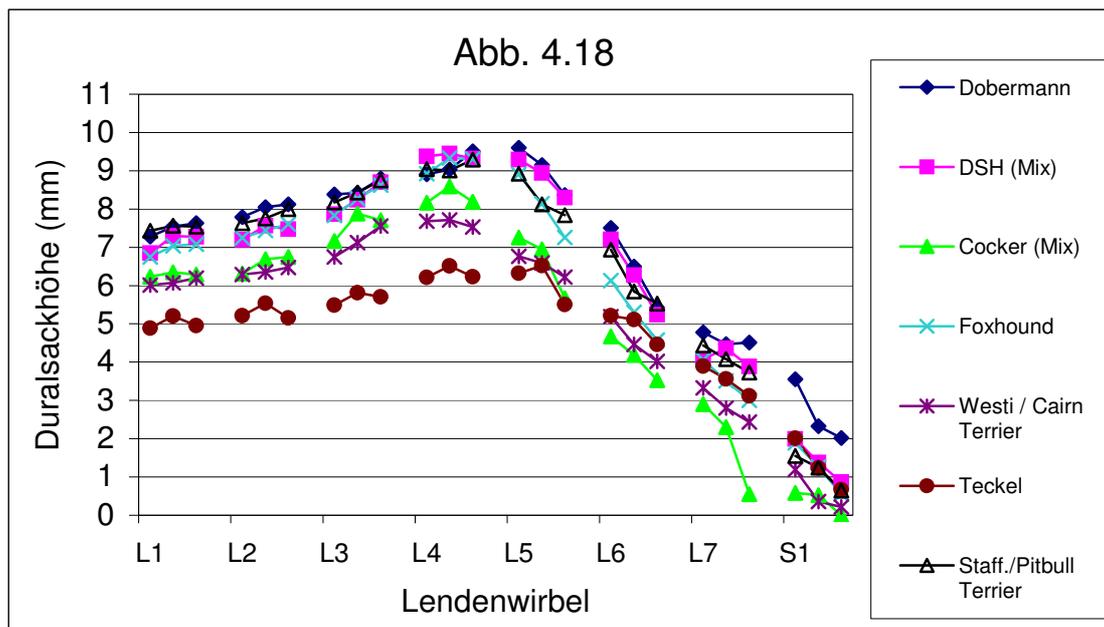
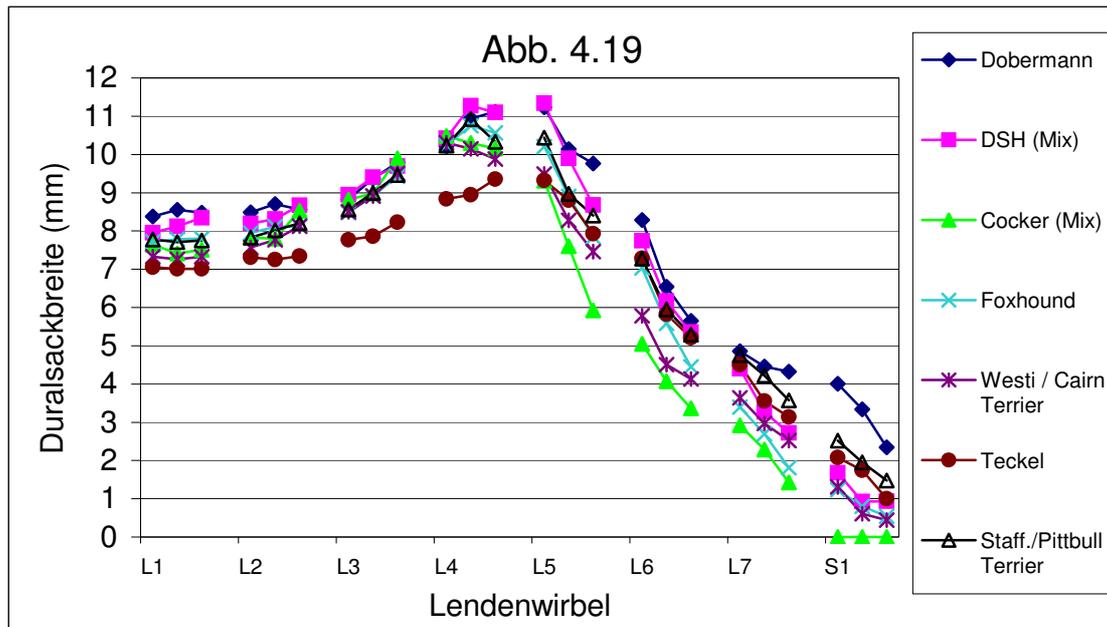


Abbildung 4.19: Rasseunterschiede der mittleren Duralsackbreite:



4.4.4.1 Korrelation: SSL, Rasse und Alter zum Duralsackende:

Es können keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Ende, bzw. der Länge des Duralsacks und der SSL, Rasse oder dem Alter festgestellt werden (Anhang: Tab. 8.44a/b).

4.4.5 Unterschiede: Höhe des Cavum epidurale

Die mittlere Höhe des Epiduralraums variiert zwischen den einzelnen Rassen sehr stark. Auch innerhalb der Lendenwirbelsäule können deutliche Höhenunterschiede innerhalb einzelner Rassen beobachtet werden. Die niedrigsten Epiduralräume weisen die Teckel und Westhighland White- und Cairn Terrier auf, wobei die Westhighland White- und Cairn Terrier von L1 bis L4 sogar einen zum Teil schmalere Epiduralraum haben als die Teckel. Ab L4 bis S1 nimmt die mittlere Höhe bei den Westhighland White- und Cairn Terriern jedoch stärker zu als bei den Teckeln.

Wie schon bei den Duralsackhöhen und -breiten zu sehen ist, zeigen die Cocker Spaniel, aber auch die Staffordshire- und Pitbull Terrier insgesamt starke Höhenveränderungen des Epiduralraums. Im Bereich von L1 lagen ihre mittleren Epiduralraumhöhen genau zwischen der Höhe der Teckel und Deutschen Schäferhunde. Bis L4 nehmen sie bis auf die Höhe von

den Teckeln ab und bis S1 wieder deutlich zu. Die Staffordshire- und Pitbull Terrier weisen bei S1 eine ähnliche Höhe des Epiduralraumes auf wie die Deutschen Schäferhunde.

Die Epiduralraumhöhe des Deutschen Schäferhunds ist insgesamt geringfügig niedriger als die des Dobermanns und diese wiederum geringfügig niedriger als die des Foxhounds. Somit sind bei den Foxhounds die höchsten Epiduralräume zu erkennen (Abb. 4.20, Anhang: Tab. 8.24a/b).

4.4.6 Unterschiede: Breite des Cavum epidurale

Die mittlere Breite des Cavum epidurale kann grob in drei Größen eingeteilt werden. Einen sehr schmalen Epiduralraum über die gesamte Lendenwirbelsäule haben die Teckel und Westhighland White- und Cairn Terrier, wobei die Breite bei den letzteren ab L6 mehr zunimmt als beim Teckel.

Relativ weite Epiduralräume sind beim Deutschen Schäferhund, Staffordshire- und Pitbull Terrier, Foxhound und Dobermann zu erkennen. Von diesen weist der Deutsche Schäferhund die geringste Breite, der Foxhound und Dobermann die größte mittlere Breite des Epiduralraumes auf.

Mittelbreite Epiduralräume, bzw. stark unterschiedlich breite Epiduralräume weisen die Cocker Spaniel auf. Im Bereich L1 liegt die mittlere Breite annähernd bei der der großen Hunde, nimmt bis L4 jedoch stark ab, so dass der Epiduralraum nur noch so breit ist wie beim Teckel. Bis S1 verbreitert er sich wieder so stark, dass er annähernd die Breite wie beim Deutschen Schäferhund erreicht (Abb. 4.21, Anhang: Tab. 8.25a/b).

Abbildung 4.20: Rasseunterschiede der mittleren Höhe des Cavum epidurale:

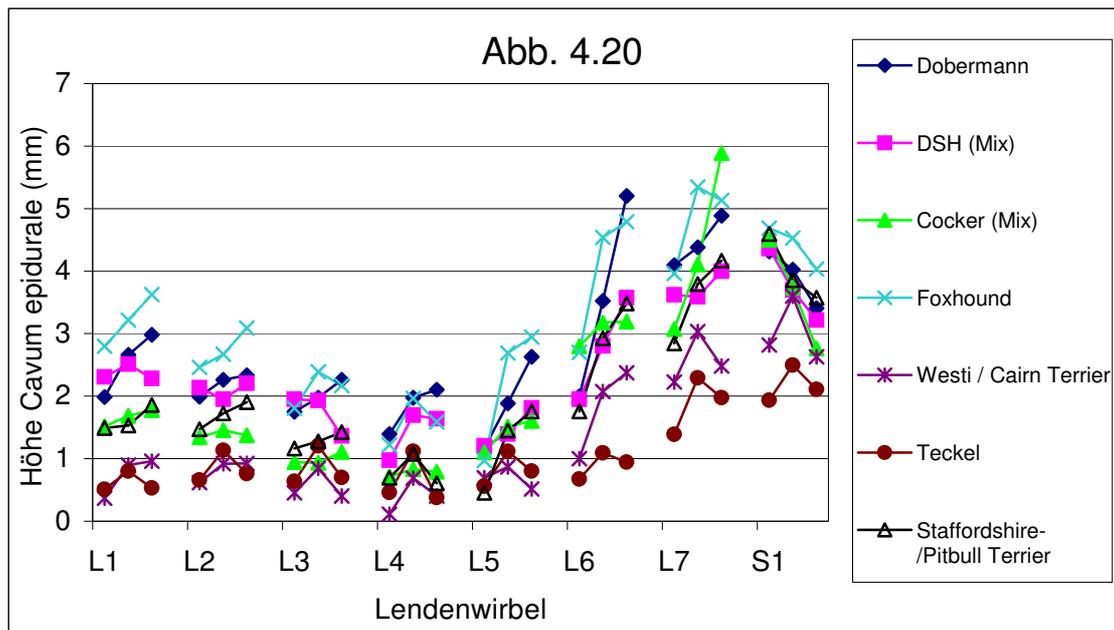
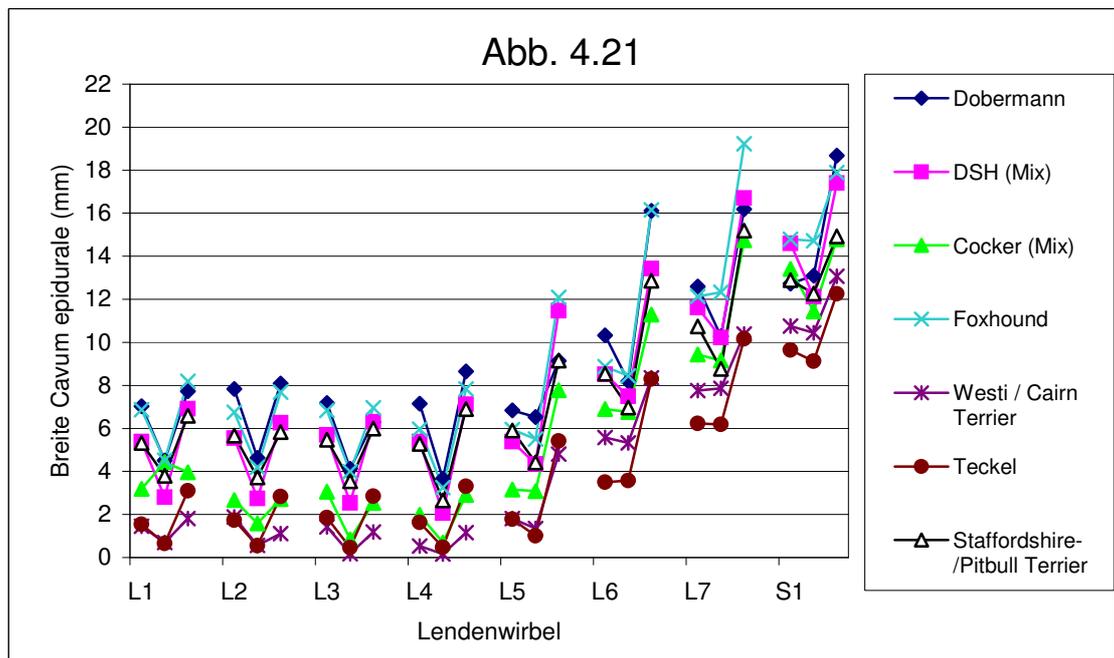


Abbildung 4.21: Rasseunterschiede der Breite des Cavum epidurale:



4.5 Korrelationen: Befundkombinationen 1, 4 und 5 zu morphometrischen Daten

Es können signifikante Zusammenhänge zwischen der Scheitel-Steiß-Länge und der Befundkombination 1 bei kleinen und mittelgroßen Raumforderungen im Bereich L1 bis L5 festgestellt werden. Bei den großen Raumforderungen können signifikante Zusammenhänge nur noch im vorderen Bereich der LWS (L1 und L2) beobachtet werden.

Hieraus ist ersichtlich, dass je länger die Scheitel-Steiß-Länge oder je größer (schwerer) das Tier ist, desto häufiger können kleine und mittelgroße Raumforderungen ventrolateral im Epiduralraum nur in der 45°-Kalibrierprojektion dargestellt werden.

Im Gegensatz hierzu sind die großen Raumforderungen umso häufiger in der Befundkombination 5 (45°-Kalibrierprojektion und VD) erkennbar, je größer die SSL ist. Kleine Raumforderungen sind in der Befundkombination 5 (45°-Kalibrierprojektion und VD Projektion) um so häufiger erkennbar, je kleiner die SSL ist.

Es sind keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der SSL und der Häufigkeit der Befundkombination 4 (Si-DeL Strahlengang) bei kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen zu sehen (Tab. 8.36a/b/c Anhang).

Annähernd gleiche Ergebnisse können zwischen dem Gewicht und der Häufigkeit der einzelnen Befundkombinationen beobachtet werden (Tab. 8.37a/b/c Anhang).

Hieraus ist ersichtlich, dass je länger die Scheitel-Steiß-Länge oder je schwerer (größer) das Tier ist, desto häufiger können kleine und mittelgroße Raumforderungen ventrolateral im Epiduralraum nur in der kontralateralen 45°-Schrägprojektion dargestellt werden. Im Gegensatz hierzu sind die großen Raumforderungen eher in der Befundkombination 5 (45°-Kalibrierprojektion und VD) erkennbar.

Zwischen der mittleren Höhe des Cavum epidurale (kaudaler Messpunkt jeden Wirbels) und der Häufigkeit der Befundkombination 1 bei kleinen Raumforderungen können bei sechs Lendensegmenten signifikante Zusammenhänge festgestellt werden. Zu den Befundkombinationen 4 und 5 gibt es keine signifikanten Zusammenhänge.

Bei mittelgroßen Raumforderungen zeigt sich nur bei L4 ein signifikanter Zusammenhang zur Befundkombination 1 und keiner zur Befundkombination 4 und 5.

Zusammenhänge zwischen der Erkennbarkeit großer Raumforderungen in der Befundkombination 1 und der mittleren Höhe des Cavum epidurale sind nur bei L3, in der Befundkombination 4 nicht und in der Befundkombination 5 zwischen L3 und L4 signifikant.

Zwischen der mittleren Breite des Cavum epidurale und der Befundkombination 1 bei kleinen und mittelgroßen Raumforderungen sind signifikante Zusammenhänge von L1 bis L4 erkennbar, nicht jedoch bei großen Raumforderungen.

Zwischen der Häufigkeit der Befundkombination 4 und der mittleren Breite des Cavum epidurale können in keiner der drei Raumforderungsgrößen signifikante Zusammenhänge festgestellt werden.

Zu der Befundkombination 5 sind bei kleinen Raumforderungen nur bei L1 und L2, bei mittelgroßen keine und bei großen Raumforderungen zwischen L2 und L4 signifikante Zusammenhänge zu sehen.

Dies zeigt, dass vor allem kleine, aber auch noch mittelgroße ventrolateral liegende Raumforderungen vor allem in der 45°-Kalibrierprojektion (Befundkombination 1) darzustellen sind, große jedoch auch in der VD Projektion (Tab. 8.38a/b/c und Tab. 8.39a/b/c Anhang).

Mit kleiner werdendem Epiduralraum nimmt somit auch die Häufigkeit des Auftretens der Befundkombination 1 bei kleinen und mittelgroßen Raumforderungen ab und die Häufigkeit des Auftretens der Befundkombination 5 bei großen Raumforderungen im Bereich von L1 bis L4 zu.

Es besteht ein signifikanter Zusammenhang sowohl zwischen der mittleren Höhe als auch der mittleren Breite des Duralsacks (kaudaler Messpunkt jeden Wirbels) und der Häufigkeit der Befundkombination 1 bei kleinen und mittelgroßen Raumforderungen von L1 bis L5. Bei großen Raumforderungen bestehen die signifikanten Zusammenhänge nur noch bei L1 und L2.

Es wird kein nennenswerter Zusammenhang zwischen den Duralsackmaßen und der Häufigkeit der Befundkombination 4 festgestellt.

In der Befundkombination 5 sind signifikante Zusammenhänge zwischen den Häufigkeiten und den Messparametern bei kleinen Raumforderungen bei L1, bei mittelgroßen bei L5 und L6 und bei großen Raumforderungen zwischen L3 und L5 zu sehen. Auch bei der mittleren Duralsackbreite können diese Zusammenhänge bei mittelgroßen Raumforderungen im Abschnitt L5 und L6 beobachtet werden. (Tab. 8.40a/b/c und Tab. 8.41a/b/c Anhang).

Hier ist der Zusammenhang genau umgekehrt, je breiter oder höher der Duralsack im Verlauf der LWS wird, desto weniger häufig tritt die Befundkombination 1 bei kleinen und mittelgroßen Raumforderungen auf. Auffällig ist jedoch, dass die Häufigkeit des Auftretens der Befundkombination 1 mit der Verjüngung des Duralsacks im Bereich der Cauda equina

nicht wieder zunimmt. Anders sind die Zusammenhänge zwischen der Verbreiterung des Duralsacks und der Häufigkeit der Befundkombination 5. Diese ist vor allem im Bezug zur Höhe des Conus medullaris bei großen Raumforderungen häufiger vertreten.

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der mittleren Höhe, bzw. der mittleren Breite des Canalis vertebralis (kaudaler Messpunkt jeden Wirbels) und der Häufigkeit der Befundkombination 1 bei kleinen Raumforderungen kann im Bereich L1 bis L5 und bei mittelgroßen Raumforderungen bis L4 festgestellt werden. Bei großen Raumforderungen besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der mittleren Breite des Canalis vertebralis und der Befundkombination 1 nur von L1 bis L2.

Zwischen den morphometrischen Daten des Canalis vertebralis und der Befundkombination 4 sind keine nennenswerten Zusammenhänge erkennbar.

Für die Befundkombination 5 bei kleinen Raumforderungen zu der mittleren Höhe des Canalis vertebralis können nur bei L1 und in der Breite bei L1 und L2 Signifikanzen dargestellt werden.

Der Zusammenhang zwischen der Erkennbarkeit der mittelgroßen Raumforderungen in der Befundkombination 5 und der mittleren Höhe bzw. Breite des Canalis vertebralis ist nur bei L5 und bei den großen Raumforderungen zwischen L3 und L5 bzw. L2 und L5 deutlich (Tab.8.42a/b/c und Tab.8.43a/b/c Anhang).

Hieraus ist erkennbar, dass je größer die Raumforderungen, desto weniger sind sie im kaudalen Bereich der Lendenwirbelsäule nur in der 45°-Kalibrierprojektion zu erkennen. Andersherum sind die Raumforderungen in der VD Projektion um so besser erkennbar, je größer sie sind. Auch nimmt die Darstellbarkeit der Raumforderung in mehreren Projektionsebenen ab L5 deutlich zu..

5. Diskussion

5.1 Motivation

Bei Verdacht auf pathologische Raumforderungen im Wirbelkanal (z.B. Bandscheibenvorfall) gehören Myelographien in Tierarztpraxen und Tierkliniken, im Gegensatz zur Humanmedizin, noch zu den diagnostischen Routineuntersuchungsmethoden. Vor allem um bei eventuell nachfolgenden operativen Eingriffen einen optimalen Zugang planen zu können, ist eine Segment- und Seitenlokalisierung des Vorfalls notwendig, jedoch nicht immer möglich (FELTS u. PRATA 1982; KIRBERGER 1992, 1994; MORGAN 1993). So können die Bandscheibenvorfälle in den Untersuchungen von SCHWARTAU (1996) in 6 % (n=16 von 214 Hunden), bei MC KEE (1992) in 5% und OLBY et al. (1994) in 14,3% (n=10 von 70 Hunden) der Fälle in den VD und l/l Röntgenprojektionen keinem Segment zugeordnet werden. Von den diagnostizierten Bandscheibenvorfällen, bei denen ein Segment lokalisiert wird, können bei SCHWARTAU (1996) in 12% (n=26 von 158 Hunden) der Fälle, bei OLBY et al. (1994) in 50% (n=30 von 60 Hunden) und bei MC KEE (1992) in 32% der Fälle keine Ergebnisse bezüglich der Seitenlokalisierung erbracht werden.

KIRBERGER et al. (1992) steigern durch zusätzliche 45°-Schrägaufnahmen aus beiden Projektionsrichtungen ihre Segmentlokalisierung der Vorfälle auf 97%. Die Seite, bzw. der genaue Umfang der Vorfälle wird in allen Fällen (100%) diagnostiziert.

Um die diagnostische Aussagekraft von 45°-Schrägaufnahmen genauer beurteilen zu können, werden in der vorliegenden Arbeit im Bereich der Lendenwirbelsäule drei unterschiedlich große, ventrolateral im Epiduralraum, unter den Nervenwurzeln liegende Raumforderungen simuliert und auf ihre Darstellbarkeit in den üblichen Si-DeL und VD Projektionen im Vergleich zu linken und rechten 45°-Schrägaufnahmen hin beurteilt. Es gilt herauszufinden, ob, bei welchem vermuteten Wirbelsegment und bei welcher Hundegröße 45°-Schrägaufnahmen zusätzlich zu den üblichen VD und lateralen Projektionen durchgeführt werden sollten.

Da die diagnostische Aussagekraft der 45°-Schrägaufnahmen bei thorakolumbalen Bandscheibenvorfällen bisher nur ausführlich für Teckel beschrieben wird (KIRBERGER et al. 1992), Bandscheibenvorfälle aber auch bei mittelgroßen und großen Hunden auftreten (Cocker Spaniel, Deutscher Schäferhund) (GYSLING 1984; GREVEL 1994; SCHWARTAU 1996), werden die Untersuchungen in dieser Arbeit an unterschiedlich großen Hunden durchgeführt.

In den Untersuchungen von SCHWARTAU (1996) setzen sich die von Bandscheibenvorfällen betroffenen Hundegrößen und Rassen zu 80% (162 von 203 Hunden) aus kleinen Rassen (davon alleine 68%, 139 von 162, Teckel), zu 15 % (30 von 203, vor allem Deutscher Schäferhund) aus großen Rassen und lediglich zu 5% (11 von 203, hiervon vor allem Cocker Spaniel) aus mittelgroßen Rassen zusammen. GREVEL (1994) beobachtet in 58% (47 von 80 Hunden) der kleinen Rassen, in 7,5% (6 von 80 Hunden) der mittelgroßen Rassen und in 33,8% (27 von 80 Hunden) der großen Rassen schmerzhaft Zustände oder neurologische Ausfälle mit Verdacht auf einen Bandscheibenvorfall.

Augenmerk ist vor allem darauf zu richten, dass bei beiden Untersuchern mittelgroße Hunde am wenigsten häufig betroffen sind.

GYSLING (1984) vertritt die Meinung, dass die Art der Degeneration der Bandscheiben für die Häufung der Vorfälle bei chondrodystrophischen Rassen verantwortlich sei. MORGAN et al. (1987) stellen deutliche morphometrische Rassenunterschiede bezüglich des Wirbelkanals und der Medulla spinalis bei Teckeln und Deutschen Schäferhunden fest, die zusätzlich für die unterschiedlich häufige klinische Symptomatik der Bandscheibenvorfälle zur Erklärung in Frage kommen. So ist beim Teckel der Duralsack im Verhältnis zum Wirbelkanal dicker und länger und dementsprechend der Epiduralraum schmäler als beim Deutschen Schäferhund.

Daher werden in dieser Arbeit morphometrisch Strukturen an den röntgenologisch dargestellten Wirbelsäulen der Hunde ermittelt, um die Darstellbarkeit der simulierten Raumforderungen im Bezug zur Hundgröße erklären zu können.

5.2 Untersuchungsmethoden und Bedingungen

Es handelte sich bei den aufgrund anderer Erkrankungen euthanasierten Tieren häufig um ältere Hunde (\bar{x} 9,7 Jahre), die vorberichtlich keine neurologischen Ausfallserscheinungen oder Rückenschmerzen aufweisen sollen. Trotzdem müssen 35 Tiere während der Untersuchungen aufgrund von Veränderungen an der Wirbelsäule ganz und 28 Tiere segmentweise ausgeschlossen werden. Eine Verkleinerung der Wirbelabstände, die im Laufe des Alterns bei chondrodystrophischen und nicht-chondrodystrophischen Rassen vorkommt, kann in den Messungen und Auswertungen nicht berücksichtigt werden (HANSEN 1952; RIST 1982; TOOMBS u. BAUER 1993).

Aus logistischen Gründen variiert der Beginn der Untersuchungen post mortem und auch der Kühlungszustand der Tiere. Es werden nur Hunde in die Untersuchungen aufgenommen, die bei den Präparationen keine sichtbaren autolytischen Veränderungen des Rückenmarks sowie

des epiduralen Fettgewebes zeigen, und deren Kontrastsäule sich in den Röntgenaufnahmen physiologisch darstellt.

Aufgrund zum Teil vorangegangener Röntgenkontrastuntersuchungen (Magen-Darm-Trakt, Urogenitaltrakt), starker Aufgasungen oder Magen- und Darmfüllungen, stellt sich der untersuchte Wirbelbereich oft schlechter dar, als an nüchternen narkotisierten Tieren, so dass die abdominalen Eingeweide zur Herstellung einheitlicher Untersuchungsbedingungen entfernt werden. Durch die Präparation kann außerdem die durch Streustrahlung bedingte Unschärfe auf den für die Morphometrie angefertigten Röntgenaufnahmen verringert werden. Die Vergleichbarkeit zu klinischen Untersuchungen ist dadurch nur eingeschränkt möglich.

Die Gruppen werden nach der Scheitel-Steiß-Länge eingeteilt, da das Gewicht zu stark durch Adipositas oder Kachexie variiert (MORGAN et al. 1987). Der Scheitel-Steiß-Längen-Bereich reicht von 41 cm bis 98 cm, der in drei gleich große Bereiche zu je 19 cm eingeteilt wird. Die ungleichmäßige Verteilung der Hundegrößen innerhalb der großen Hunde (schiefe Verteilung mit vielen relativ kleinen Hunden der Gruppe 3) kann eventuell Auswirkungen auf die Ergebnisse haben, die jedoch nicht berücksichtigt werden.

Die Qualität der Röntgendiagnostik wird durch Konstanzprüfungen des Direktradiographiegerätes, des Röntgen-Bildverstärkers sowie der Filmverarbeitung abgesichert (DU PONT WELLHÖFER 2001). Die Beurteilung der Darstellbarkeit der Raumforderungen in den einzelnen Projektionsebenen geschieht direkt am Monitor des Röntgen-Bildverstärkers. Die Untersuchungszeit soll möglichst kurz gehalten werden, da die Kontrastsäule bei längerer Untersuchung unscharf wird. Der Arbeitsablauf hätte bei der Erstellung von Rö-Aufnahmen für die einzelnen simulierten Raumforderungen länger gedauert und mehr Kosten verursacht. Schon mit dieser Technik dauert die gesamte myelographische Untersuchung eines Tieres bereits 1-2 h. Zur Dokumentation werden Ausdrücke der simulierten Raumforderungen erstellt (bis zu 72 Stück pro Hund), die qualitativ schlechter sind als normale Röntgen-Filme (Auflösung: BV-Monitor: 1,2 Lp/mm, Print: 1,0 Lp/mm, Rö-Film: 2,8 Lp/mm). Übersichtsschrägaufnahmen werden - wie auch die zu vermessenden Aufnahmen für die morphometrischen Untersuchungen - auf Röntgenfilmen angefertigt, um diese vergleichend zwischen den Hundegruppen zu beschreiben.

Die exakte gerade Lagerung der Tiere gestaltet sich teilweise, trotz einer Kontrolle per Durchleuchtung, aufgrund der unterschiedlich stark ausgeprägten Totenstarre schwierig. Deshalb werden die Tiere zur möglichst optimalen Geraderichtung der Wirbelsäule für die Morphometrie sternal gelagert und DV geröntgt. Diese Position ist auch für die Kontrastmittelinjektion im thorakalen freipräparierten Bereich, sowie für eventuelle Nachdosierungen durch den langen Untersuchungszeitraum (1-2 h) nötig.

Durch Vergleiche von Aufnahmen in VD und DV Projektion wird sichergestellt, dass die zu vermessenden Strukturen eindeutig erfasst werden. Die Möglichkeit der Diagnostik anhand DV Aufnahmen bestätigen auch HOERLEIN (1953b), BARTELS et al. (1978), LUTTGEN (1992), MORGAN (1993).

Die auf Röntgenfilmen angefertigten 45°-Schrägaufnahmen werden nur beschreibend ausgewertet, da leichte Rotationen der Wirbelsäule oder Winkelabweichungen nicht auszuschließen sind. Auch Untersuchungen von SIMONS (1951) zeigen, dass die Winkelangaben in der klinischen Diagnostik in der Regel nur „Näherungswerten“ entsprechen, da die Lagerung nicht immer genau 45° betrage oder Rotationen innerhalb der Wirbelsäule aufträten.

Zur Berechnung des Vergrößerungsfaktors der morphometrisch ermittelten Daten dient ein Kalibrierstab, der in Höhe der Lendenwirbelkörper positioniert wird (MORGAN et al. 1987; JONES et al. 1995b). Je weiter die Strukturen vom Zentralstrahl entfernt sind, desto stärker verzerrt werden sie dargestellt (KRESTEL 1988; DOUGLAS et al. 1991).

Unvermeidbare Rotationen oder Verkippungen der Wirbel durch die Totenstarre (vergleichbar den Problemen nicht narkotisierter Tiere) führen leicht zu Messungenauigkeiten (SCHÖNSTRÖM 1988).

Diese werden jedoch durch die Wahl der immer gleich definierten Messpunkte verringert (HURXTHAL 1968). Zusätzlich wird die individuelle Messungenauigkeit ermittelt, indem 10 mal die gleiche Röntgenaufnahme vermessen wird. Sie variiert bei den gemessenen Strukturen im Mittel zwischen 0,06 mm und 0,52 mm. Vermessungen der Interpedikularabstände ergeben bei HINCK et al. (1966) Messungenauigkeiten von bis zu 3,6 mm. Zusätzlich werden die Vermessungen in dieser Arbeit von nur einer Person durchgeführt, um die interindividuelle Messungenauigkeit zu vermeiden (JONES et al. 1995b).

Aus den beschriebenen Gründen müssen die Ungenauigkeiten bei der Beurteilung der Messwerte, der Quotienten und Korrelationen berücksichtigt werden.

Im Vergleich zu den in der Literatur beschriebenen anderen Verfahren künstlicher Raumforderungen oder Kompressionen des Rückenmarkes zeigen sich die Ballonkatheter als sehr geeignet, um an der gleichen Stelle unterschiedlich große Raumforderungen erzeugen zu können, ohne bleibend die untersuchte Stelle in ihrer Form zu beeinflussen. Raumforderungen aus Silikon (HATHCOOK et al. 1988), Paraffinwachs (FUNQUIST 1962a) oder Nylon-Kabelbindern (DELAMARTER et al. 1990) wären zu unpräzise in ihrer Lage und Form gewesen. TARLOV u. KLINGER (1954) führen wie in diesen Untersuchungen Simulationen von Raumforderungen mit Ballonkathetern durch. Sie untersuchen die Auswirkung auf das Rückenmark und die Rekonvaleszenzzeit, die die Hunde benötigen, um sich von den unterschiedlich großen Raumforderungen zu erholen. Leider können die Angaben der Volumina nicht mit denen der eigenen Untersuchung verglichen werden, da die Katheterart, Durchmesser und Form der Ballons (rund oder längsoval) nicht bekannt ist.

Während der in dieser Arbeit durchgeführten Simulation der Raumforderungen befinden sich die Tiere in der sternalen Position. Aufgrund des drehbaren C-Bogens können so die simulierten Raumforderungen in allen üblichen Standardprojektionen (VD und Si-DeL) und zusätzlich 45°-Schrägaufnahmen (dV45M-sDLO und sV45M-dDLO) an korrekt gelagerten Tieren durchgeführt werden, ohne diese rotieren zu müssen. Diese Lagerung ist außerdem für die durch das Foramen intervertebrale kontrollierte Einführung der Ballonkatheter in den Wirbelkanal notwendig.

Die Ballonkatheter wird möglichst präzise unter den Nervenwurzeln ventrolateral im Epiduralraum jeden Lendenwirbels vorgeschoben um Kompressionen der Nervenwurzeln zu simulieren. Die Gleichmäßigkeit der Lage des Katheters wird per Durchleuchtung kontrolliert, dennoch sind gewisse Lageunterschiede bei den einzelnen Tieren nicht vermeidbar. Diese können Auswirkungen auf die Darstellbarkeit in VD oder l/l Aufnahmen haben.

Es werden zu Beginn der Untersuchungen an insgesamt 14 Tieren 4F Embolektomie-Katheter verwendet, die sich jedoch für die kleinen Hunde als zu groß erweisen, da es bereits im Leerzustand der Katheter teilweise zu einer Darstellbarkeit in der 45°-Schrägaufnahme kommt. Außerdem kommt es bei diesen Ballons zu einer mehr länglichen Raumforderung im Gegensatz zu den 3F Kathetern (grün), die eine annähernd runde Ballonausdehnung zeigen. Diese Untersuchungen (4F Katheter) werden nicht in die Ergebnisse mit einbezogen.

Um in den Schrägaufnahmen gerade eben erkennbare Raumforderungen zu simulieren, werden die Ballons unter Durchleuchtungskontrolle bis zu dem bestimmten Volumen gefüllt. So können die kleinen Raumforderungen genau auf die einzelnen Hunde abgestimmt werden.

Da die Raumforderungen künstlich durch Ballonkatheter gesetzt werden, müssen die vorliegenden Ergebnisse kritisch betrachtet und durch klinische Untersuchungen gefestigt werden.

5.3 Morphometrisch ermittelte Unterschiede der Hundegröße und Rasse

Da es, wie unten beschrieben, Unterschiede zwischen den drei Hundegruppen gibt, werden zusätzlich die Daten für einzelne Rassen ausgewertet. Die Mittelwerte der einzelnen Rassen können nur als Tendenzen betrachtet werden, da es zum Teil nur wenige Tiere pro Rasse gibt (3-11 pro Rasse), bzw. ähnliche Rassen zusammengefasst werden (Westhighland White- und Cairn Terrier, Staffordshire- und Pitbull Terrier).

Die Standardabweichungen der Mittelwerte bei den drei Hundegruppen sind größer als bei den Messungen von MORGAN et al. (1987), was auf die verschiedenen Rassen in den einzelnen Gruppen zurückzuführen ist. Dagegen werden bei ihnen nur Teckel und Deutsche Schäferhunde untersucht, wodurch die Werte einheitlicher bleiben. Außerdem stellen EICHELBERG et al. (1989) fest, dass je nach Geschlecht oder Alter bei Boxern bereits große Schwankungen der Maße innerhalb einer Rasse auftreten können.

5.3.1 Canalis vertebralis: Höhe und Breite

Der Wirbelkanal ist bei allen drei Hundegruppen bereits bei L1 leicht queroval und wird bis S1 etwa doppelt so breit wie hoch (Tab. 8.26 Anhang). Dies bestätigen MORGAN et al. (1987), die Messungen an Teckeln und Deutschen Schäferhunden durchführen. Dies widerspricht den Angaben von KUSCH (1983), die bei Teckeln bei L1 annähernd runde Wirbelkanalquerschnitte feststellt. Ob der Wirbelkanalquerschnitt, wie ihre Untersuchungen bei Teckeln ergeben, bei den eigenen untersuchten Hunden bei S1 annähernd dreieckig sind, lässt sich durch die Verhältnisberechnungen nicht klären.

Der Größenunterschied zwischen den mittelgroßen und großen Hunden ist vermutlich aufgrund der oben genannten Größenverschiebungen innerhalb der Gruppen geringer als zwischen den kleinen und mittelgroßen Hunden.

Bei kleinen Hunden ist die Höhenzunahme des Wirbelkanals von L1 bis L4 etwas größer als bei den mittelgroßen und großen Hunden, bis S1 bleibt er jedoch im Vergleich zu den größeren Gruppen relativ höher. Dies beobachten auch MORGAN et al. (1987) bei den untersuchten Rassen. Bei den eigenen Untersuchungen wird eine genauere Differenzierung innerhalb der Gruppen durchgeführt. So kann bei der Betrachtung der einzelnen Rassen festgestellt

werden, dass die Westhighland White- und Cairn Terrier, trotz minimal geringerer durchschnittlicher SSL, einen höheren und geringfügig breiteren Wirbelkanal besitzen als die Teckel, die den kleinsten von allen aufwiesen. Auch können bei den Westhighland White- und Cairn Terriern, verglichen mit den Teckeln, stärkere Höhenzu- und abnahmen im Verlauf des Wirbelkanals von L1 bis S1 festgestellt werden.

Nicht in das Schema der mittelgroßen Hunde fallen die Staffordshire- und Pitbull Terrier, die von der SSL her zu den mittelgroßen Hunden eingeordnet werden, jedoch einen den großen Hunden ähnlich hohen Wirbelkanal aufweisen, aber den Teckeln ähnlich geringe Höhenzu- und Abnahmen des Wirbelkanals zeigen (Abb. 4.16 Ergebnisse, Tab. 8.20a/b Anhang).

Die Höhe des Wirbelkanals der Cocker Spaniel liegt zwischen der der Westhighland White- und Cairn Terrier einerseits und der der Staffordshire- und Pittbull-Terrier andererseits und entspricht etwa dem Verlauf der Wirbelkanalhöhe der Gruppe 2. Die größten Wirbelkanalhöhen weisen Dobermann, Foxhound und Deutscher Schäferhund auf. Auffällig ist, dass der Foxhound, der aufgrund der mäßig langen SSL zum Teil zu den Hunden der Gruppe 2 und Gruppe 3 gezählt wird, nach dem Dobermann den höchsten Wirbelkanaldurchmesser aufweist. Dies zeigt, dass die Einteilung in drei Gruppen noch zu ungenau ist und die einzelnen Rasseunterschiede an deutlich größeren Hundezahlen überprüft werden müssten.

5.3.2 Duralsack: Höhe und Breite

Im Bereich von L1 bis L4 gleichen die mittleren Höhen und Breiten des Duralsacks im Verlauf denen des Canalis vertebralis.

Bis L4 kaudal ist die Lumbalschwellung bei der Gruppe 3 am stärksten, bei den kleinen Hunden bis L4 zentral (Höhe) bzw. kaudal (Breite) am schwächsten ausgeprägt. Die Lumbalschwellung der mittelgroßen Hunde hat ihr Maximum bei L4 zentral (Breite), bzw. L4 zentral und kaudal (Höhe). Von L4 bis S1 nimmt die mittlere Höhe und Breite des Duralsacks bei den großen Hunden wieder am stärksten, bei den kleinen Hunden am wenigsten ab. Der Kurvenverlauf der mittelgroßen Hunde verläuft parallel zu dem der großen Hunde. Dies hat zur Folge, dass der Duralsack der mittelgroßen Hunde durch die schnellere Größenabnahme bei gleichzeitig nur mäßig größerem mittleren Duralsackdurchmesser als bei kleinen Hunden, bereits ab L6 dem der kleinen Hunde gleich und ab L7 kranial kleiner ist. (Abb. 4.10, Abb. 4.11 Ergebnisse, Tab. 8.14, Tab. 8.15 Anhang).

Die signifikanten Unterschiede der mittleren Verhältnisse von Duralsackhöhe zu Canalis vertebralis Höhe und zwischen der Duralsackbreite zur Breite des Canalis vertebralis untermauern die Variabilität zwischen den Hundegruppen. Dass die Gruppe der kleinen Hunde bis L4

einen zum Wirbelkanal verhältnismäßig größeren Duralsack aufweisen als die Gruppe der großen Hunde bestätigen MORGAN et al. (1987), die ähnliche Ergebnisse aus den Messungen der Medulla spinalis erhalten. Grund hierfür ist der bei kleinen Hunden kleinere Wirbelbogen, wodurch der Wirbelkanal kleiner ausfällt als bei den großen Hunden. Diese Verkürzung des Wirbelbogens beruht auf einer frühzeitigen Verschmelzung der Ossifikationszentren der Wirbelkörper mit denen der Wirbelbögen, wodurch es zu kürzeren Pedikeln und Wirbelbögen kommt (MORGAN et al. 1987; NICKEL et al. 1992).

Von L4 bis S1 nimmt das Verhältnis: mittlere Höhe des Duralsacks zur mittleren Höhe des Canalis vertebralis bei der Gruppe der mittelgroßen Hunde am stärksten ab, so dass diese Hunde kaudalwärts im Verhältnis die kleinsten Duralsackdurchmesser zeigen (Anhang, Tab. 8.28).

Bei der Betrachtung der einzelnen Rassen wird deutlich, dass der Duralsack der größten untersuchten Rassen (Dobermann) und mancher mittelgroßer Hunde (Staffordshire- und Pitbull Terrier) bis L7 bzw. S1 auch am größten bleibt. Der Duralsack des Foxhounds jedoch, der zusammen mit dem Dobermann den größten Wirbelkanaldurchmesser aufweist, nimmt kaudalwärts ähnlich wie der Duralsack des Cocker Spaniel und Westhighland White- und Cairn Terrier deutlich schneller wieder an Höhe und Breite ab, so dass er bei diesen Rassen bereits ab L6 bzw. L7 kleiner ist als beim Teckel. Insgesamt den kürzesten Duralsack weisen die Cocker Spaniel auf. Bei Teckeln bleibt die absolute Duralsackhöhe bis S1 sogar größer als bei einigen großen Hunden (Abb. 4.18, Abb. 4.19 Ergebnisse, Anhang: Tab. 8.22a/b). Aus den hier erkennbaren Tendenzen der einzelnen Rassen kann vermutet werden, dass nicht nur die Zugehörigkeit zu chondrodystrophischen oder nicht-chondrodystrophischen Rassen ausschlaggebend für das Verhältnis zwischen dem Querschnitt des Wirbelkanals und dem Duralsack ist, da z. B. neben den Teckeln auch die Cocker Spaniel zu den chondrodystrophischen Rassen gezählt werden (SMITH 1959; HAGEN 1990; WEBER 1994), deren Duralsäcke jedoch am weitesten kranial stark an Umfang abnehmen (Tab. 8.22a).

Bei den Untersuchungen von RENTMEISTER (1995) reicht der Duralsack bei 70,7% der 27 untersuchten Hunden, bei LANG (1988) bei 88% (21 von 26) gesunder Hunde über das Lumbosakralgelenk hinweg. Diese Ergebnisse stimmen mit denen der eigenen Untersuchungen überein, wobei das Ende des Duralsackes von der Hundegröße bzw. Rasse abhängen könnte.

In den eigenen Untersuchungen reicht der Duralsack über alle untersuchten Hunde zusammen betrachtet ebenfalls in 70% (98 von 140 Aufnahmen) über S1 hinaus. Bei den kleinen Hunden allein betrug die Zahl der Tiere, bei denen das Ende des Duralsacks über S1 hinaus reicht,

80% (40 von 50), während dies bei den mittelgroßen Rassen nur in 60,4% (29 von 48) und bei den großen Hunden in 69% (29 von 42) der Fälle zu erkennen ist. Dieser Bereich ist vor allem für Untersuchungen von lumbosakralen Stenosen von diagnostischem Wert (LANG 1988; GREVEL 1994).

Der letzte bei allen kleinen Hunden erkennbare Punkt des Duralsacks liegt bei L7 kaudal (Si-DeL Projektion, Höhe) bzw. L7 zentral (VD Projektion, Breite), bei den mittelgroßen Hunden bei L6 kaudal (Höhe und Breite) und bei den großen Hunden bei L7 kaudal (Höhe) bzw. L7 kranial (Breite).

Die Vermutung, dass das Duralsackende auch von der Rasse, und nicht allein von der Größe der Tiere abhängig ist, kann nicht bestätigt werden. Es sind keine signifikanten Korrelationen zwischen dem Duralsackende und der SSL, der Rasse oder dem Alter der Tiere eruiert (Tab. 8.44a/b, Anhang). Der Grund liegt entweder, wie bereits NICKEL et al. (1992) beschreiben, an den bei Haussäugetieren insgesamt sehr unterschiedlich langen Duralsäcken oder an der niedrigen Untersuchungszahl.

5.3.3 Medulla spinalis: Höhe und Breite

Insgesamt ähneln die Durchmesser und Zu- bzw. Abnahmen der Lumbalschwellung denen der Duralsäcke, wobei die Maße der Medulla spinalis nicht so präzise sind wie die der Duralsäcke, da der Kontrastsäulenrand vor allem ab der Lumbalschwellung kaudalwärts häufig unterschiedlich gut abgrenzbar ist und so wahrscheinlich nicht dem eigentlichen Ende der Medulla entspricht. Deshalb müssen die Daten der Medulla spinalis aus den eigenen Untersuchungen mit Vorsicht gewertet werden. Diese Feststellung machten vermutlich auch MORGAN et al. (1987), da sie im kaudalen Bereich statt der Medulla spinalis den Duralsack vermessen haben. Eine gewisse Ungenauigkeit und schlechte Vergleichbarkeit kommt hiermit zustande, da nicht bekannt ist, wo bei ihrer Studie der letzte gemessene Medulla spinalis-Messpunkt liegt. In den eigenen Untersuchungen werden beide Strukturen über die gesamte Lendenwirbelsäule vermessen.

Die mittleren Höhen und Breiten der Medulla spinalis gleichen den Ergebnissen von MORGAN et al. (1987), bis auf die Ausnahme, dass bei allen drei Hundegruppen der höchste und breiteste Punkt der Intumescentia lumbalis bei L4 zentral und nicht wie bei MORGAN et al. (1987) bei den kleinen Hunden weiter kaudal (L4 und L5 zentral) liegt. Kaudal der Intumescentia lumbalis ist die Medulla der kleinen Hunde im Verhältnis zum Wirbelkanal größer als die der großen Hunde (Abb. 4.12, Abb. 4.13 Ergebnisse, Tab. 8.16, Tab. 8.17 Anhang).

Die Wahl des Punktionsortes bei lumbalen Myelographien allein von der Größe des Tieres abhängig zu machen und diesen bei großen Hunden weiter kranial (L4/5) zu wählen als bei kleinen Hunden (L5/6) (MORGAN et al. 1987; GREVEL 1994), kann bei einigen Rassen (z.B. Dobermann, Foxhound) dazu führen, dass es durch die Spinalkanüle zu stärkeren Verletzungen des Rückenmarks kommt als weiter kaudal (GREVEL 1994), da wie die eigenen Untersuchungen zeigen, das Ende der Medulla spinalis bei diesen auf den Röntgenbildern bis L7 kaudal reichen kann. Bereits SEIFERLE u. BÖHME (1992) erwähnen, dass die Variabilität der Rückenmarkslänge stark von Tierart und Rasse abhängig sei.

5.3.4 Cavum epidurale: Höhe und Breite

Der sich aus der Differenz der Maße des Canalis vertebralis und Duralsackes ergebende Epiduralraum variiert zwischen den Gruppen und Rassen entsprechend. So hat die Gruppe der kleinen Hunde einen deutlich kleineren Epiduralraum als die Gruppe der mittelgroßen und großen Hunde. Letztere haben den größten Epiduralraum, der ab L5 jedoch bei mittelgroßen Hunden annähernd gleich groß ist. Dies zeigt indirekt wieder, dass die Gruppe der mittelgroßen Hunde von allen Hundegruppen ab L5 den schmalsten Duralsack aufweisen. Für kleine und große Hunde erbringen die Untersuchungen von MORGAN et al. (1987) gleiche Ergebnisse. Bei der Betrachtung einzelner untersuchter Rassen ist jedoch zwischen diesen eine Variabilität festzustellen, woraus zu schließen ist, dass die Größe des Epiduralraumes nicht nur von der Größe des Tieres (SSL) abhängt, sondern vermutlich auch von der jeweiligen Rasse. Erkennbar ist dieses an dem relativ großen Wirbelkanal und Duralsack des Dobermanns und der Staffordshire- und Pitbull-Terrier, die rasseabhängig unterschiedlich hohe Epiduralräume zeigen. Während dieser beim Dobermann zu den größten der untersuchten Rassen gehört, unterliegt der Epiduralraum der Staffordshire- und Pitbull-Terrier deutlich stärkeren Schwankungen, so dass er zwar im kranialen und kaudalen Bereich der LWS mittelmäßig groß ist und auch den Ergebnissen der mittelgroßen Hundegruppe entspricht, bei L5 kranial sogar kleiner ist als bei den Teckeln und Westhighland White- und Cairn Terriern. Trotz annähernd gleich großer SSL ergeben sich Unterschiede zwischen den Teckeln und Westhighland White- und Cairn Terriern. Die Teckel weisen die kleinsten Wirbelkanäle und Duralsäcke auf, während die Epiduralräume der Westhighland White- und Cairn Terrier bis L5 kaudal (Höhe) bzw. L4 kaudal (Breite) kleiner sind (Abb. 4.20, Abb. 4.21 Ergebnisse, Tab. 8.24a/b, Tab. 8.25a/b Anhang). Obwohl die Westhighland White- und Cairn Terrier kleinere Epiduralräume haben, fallen die Teckel bei klinischen Studien durch Bandscheibenvorfälle auf (GAGE 1975a;

BROWN et al. 1977). Als Ursache wird angenommen, dass die Teckel statistisch zahlreicher vertreten sind (SCHWARTAU 1996).

5.4 Darstellbarkeit ventrolateraler Raumforderungen in den 45°-Schrägprojektionen

5.4.1 45°-Kalibrierprojektion

Bei der Betrachtung aller künstlich gesetzten ventrolateralen Raumforderungen von L1 bis L6 und über alle Hundegruppen, können 23% (246 von 1069 R.) nur in den 45°-Kalibrierprojektion diagnostiziert werden. Differenzierter betrachtet sind mit 49,1% (175 von 356 R.) fast die Hälfte aller kleinen ventrolateralen im Epiduralraum befindlichen Raumforderungen am häufigsten, mittelgroße mit 15,7% (56 von 356 R.) am zweithäufigsten und große mit 4,2% (15 von 356 R.) insgesamt selten nur in den 45°-Kalibrierprojektion darstellbar (Tab. 8.3 Anhang). Dies zeigt, dass je kleiner die Raumforderung ist, desto häufiger sind die VD und Si-DeL Aufnahmen nicht aussagekräftig und Schrägaufnahmen erforderlich. Der gleichen Meinung sind auch CIRIC et al. (1980), FELTS u. PRATA (1982), EBERHARDT et al. (1996). Der Grund hierfür ist der relativ schmale Epiduralraum und relativ zum Wirbelkanal große Duralsack. Dies untermauern auch die signifikanten Zusammenhänge zwischen der Darstellbarkeit der kleinen Raumforderungen allein in der 45°-Kalibrierprojektion und der mittleren Duralsackhöhe und -breite, aber auch der mittleren Epiduralraumhöhe und -breite. Diese signifikanten Zusammenhänge können noch für die mittelgroßen, aber nicht mehr für die großen Raumforderungen beobachtet werden (Tab. 8.40a-c, 8.41a-c, Anhang). Daraus ist zu schließen, dass je größer der Epiduralraum ist, desto häufiger sind die kleinen und zum Teil mittelgroßen Raumforderungen nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar. Ab der höchsten Stelle der Intumescentia lumbalis (kaudal von L4) können keine diesbezüglichen signifikanten Zusammenhänge (Cavum epidurale Höhe oder Breite zur Befundkombination 1) ermittelt werden (Tab. 8.38a-c, 8.39a-c, Anhang). Ab hier sind die Raumforderungen häufiger in einer oder mehreren Vergleichsprojektionen sichtbar, was wahrscheinlich auf die deutliche Abnahme des Duralsackquerschnitts zurückzuführen ist (Tab. 8.14, 8.15, 8.28, 8.29, Anhang). Die Häufigkeiten der Raumforderungen, die im Vergleich zu den VD und Si-DeL Projektionen nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar sind, hängen neben der Größe der Raumforderung stark von der Hundegröße ab. Dies zeigen auch die signifikanten Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit der nur in der 45°-Schrägaufnahmen darstellbaren Raumforderungen und der SSL bzw. dem Gewicht (Tab. 8.36a-c und Tab. 8.37a-c Anhang).

Kleine Hunde (Gruppe 1):

In der Gruppe 1 sind fast ausschließlich kleine ventrolaterale Raumforderungen insgesamt über L1-L6 zu 22,6% (27 von 119 R.) nur in der 45°-Kalibrierprojektion diagnostizierbar. In einzelnen Segmenten beträgt die Zahl der nur in dieser Projektion diagnostizierten kleinen Raumforderungen bis zu 50% (10 von 20 Tieren, bei L1), nimmt jedoch insgesamt von L1 bis L4 stark ab. Mittelgroße und große Raumforderungen sind bei den kleinen Hunden fast immer bereits ab L1 in einer oder gleichzeitig mehreren der Vergleichsprojektionen erkennbar (Abb. 4.2a, Ergebnisse; Tab. 8.3 Anhang).

Dass die Raumforderungen von kranial nach kaudal und mit zunehmender Größe weniger häufig nur in der 45°-Kalibrierprojektion, dafür umso häufiger vor allem in den VD, Si-DeL oder kontralateralen 45°-Schrägprojektion, bzw. nach kaudal zunehmend in allen vier Vergleichsprojektionen gleichzeitig darstellbar sind (Ergebnisse: Abb. 4.2a-c, 4.4a-c, 4.5a-c, 4.6a-c, Anhang: Tab. 8.5, 8.6, 8.7, 8.8) liegt vermutlich an dem extrem engen Epiduralraum. Obwohl die Raumforderungen bei kleinen Hunden, wie den Teckeln, sehr häufig in den üblichen VD und Si-DeL Projektionen erkennbar sind, kann es klinisch von Bedeutung sein, 45°-Schrägaufnahmen durchzuführen. Dies bestätigen die Arbeiten von KIRBERGER et al. (1992). Bei ihren Untersuchungen an Teckeln werden in 39% (14 von 36) ventrale bis ventrolaterale Bandscheibenvorfälle im Thorakolumbalbereich nur in den 45°-Schrägaufnahmen diagnostiziert.

Mittelgroße Hunde (Gruppe 2):

Bei Hunden der Gruppe 2 können im Gegensatz zu denen der Gruppe 1 (7,8%, 28 von 357 R.) insgesamt 25% (89 von 355 R.) der kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen nur in der 45°-Kalibrierprojektion dargestellt werden (Tab. 8.3 Anhang).

Bei den kleinen Raumforderungen allein sind es bei L1 sogar bis zu 90% (18 von 20 Tieren). Bis L6 sind die kleinen Raumforderungen immer häufiger neben der 45°-Kalibrierprojektion auch in anderen Projektionsebenen darstellbar (Abb. 4.2b, Ergebnisse). Dass sich diese kleinen Raumforderungen häufiger und weiter nach kaudal reichend als bei den Hunden der Gruppe 1 nur in der 45°-Schrägaufnahme diagnostizieren lassen, begründet sich vermutlich darin, dass die kleinen Raumforderungen bei dickerem Duralsack und gleichzeitig breiterem Epiduralraum, nicht so viel Kontrastmittel verdrängen.

Dies ist wahrscheinlich auch der Grund dafür, dass mittelgroße Raumforderungen häufiger als bei kleinen Hunden, bis zu 36,8 % (L4= 7 von 19 Tieren), allein in der 45°-Kalibrierprojektion erkennbar sind. Große Raumforderungen sind fast in jedem Lendensegment in mehreren oder allen Projektionsebenen darstellbar (Abb. 4.2b, Tab. 8.3 Anhang).

Große Hunde (Gruppe 3):

Bei den Hunden der Gruppe 3 können kleine, mittelgroße und große ventrolaterale Raumforderungen zusammen, im Vergleich zu den anderen Hundegruppen am häufigsten (36,1%, 129 von 357 R.) nur in der 45°-Kalibrierprojektion diagnostiziert werden. Die kleinen Raumforderungen sind zu 66,4% (79 von 119 R.) und bei L1 und L2 sogar über 90% nur in der 45°-Kalibrierprojektion diagnostizierbar. Es ist möglich, dass dies wie auch bei der Gruppe 2 einerseits auf den breiteren Epiduralraum zurückzuführen ist, andererseits können kleine Raumforderungen bei großem Duralsackdurchmesser vermutlich relativ weniger Kontrastmittel verdrängen, so dass sie nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar sind.

So sind auch mittelgroße Raumforderungen im Vergleich zu den kleineren Hundegruppen mit 32 % (38 von 119 R.) noch relativ häufig nur in der Schrägaufnahme zu sehen. Aus gleichem Grund können große Raumforderungen bei großen Hunden zu 10 % (12 von 119 R.) nur in den 45°-Kalibrierprojektionen diagnostiziert werden, während sie bei kleinen Hunden fast immer in einer der anderen Projektionen darstellbar sind (Abb. 4.2c, Ergebnisse; Tab. 8.3 Anhang).

5.4.2 Kontralaterale 45°-Schrägprojektion

Die der Raumforderung kontralaterale 45°-Schrägprojektion ist am wenigsten aussagekräftig, da die Raumforderung genau hinter der Kontrastsäule liegt. Dies erklärt die geringe Darstellbarkeit der gesetzten ventrolateralen Raumforderungen in der kontralateralen 45°-Schrägprojektion (15,6%, 167 von 1069 R.) (Tab. 8.9, 8.10, 8.11, Abb. 8.1b, 8.2b 8.3b Anhang). Dies zeigt, dass immer beide 45°-Schrägaufnahmen angefertigt werden sollten, da sich in der Regel nur auf einer der beiden die Raumforderung darstellt oder besser darstellen lässt und eine präzise Seitenlokalisation vorgenommen werden kann (KIRBERGER et al. 1992; MATIEUCCI et al. 1998).

5.5 Vergleich der Röntgenprojektionen

Die Reihenfolge der in röntgenologischen Untersuchungen angefertigten Myelogramme unterscheidet sich zwischen den einzelnen Autoren sehr stark (Tab. 2.1, Literatur).

FUNQUIST (1962a), BULLOCK u. ZOOK (1967), GREVEL (1994), SCHWARTAU (1996) und WOLVEKAMP (2001), sind der Auffassung, dass zuerst die VD Aufnahmen angefertigt werden sollten. Dies hat laut SCHWARTAU (1996) und FUNQUIST (1962a) den Vorteil, die kontrastreichste Aufnahme für die Seitenlokalisation zu nutzen, was in der VD Ebene besser gelingt. Auch die eigenen Untersuchungen zeigen, dass die ventrolateralen Raumforderungen in den VD Aufnahmen deutlich besser diagnostizierbar sind als in den Si-DeL. Allerdings können die ausschließlich ventrolateralen Simulationen nur bedingt die klinischen Lagevariationen der Raumforderungen wiedergeben.

FELTS u. PRATA (1982), MORGAN (1993), ROBERTS u. SELCER (1993), BILLER u. HAIDER (1994), KIRBERGER (1994), OLBY et al. (1994), YOVICH (1994) und MATIEUCCI (1998) führen zuerst die I/I Aufnahmen durch, danach die VD der gesamten Wirbelsäule oder des betroffenen Gebietes zur Seitenlokalisation. MATIEUCCI (1998) beschreibt jedoch einen Fall, in dem seitliche Aufnahmen in beiden Richtungen (Si-DeL und De-SiL), VD und 45°-Schrägaufnahmen angefertigt werden, anhand derer nur in einer der seitlichen und einer der 45°-schrägen der Bandscheibenvorfall diagnostiziert werden kann. Die beidseitige Anfertigung von seitlichen Aufnahmen scheint bei unklarem Befund eine weitere Möglichkeit der Diagnostik zu sein.

Si-DeL:

Aus den eigenen Untersuchungen ist zu erkennen, dass die ventrolateralen Raumforderungen in der Si-DeL Aufnahmeebene deutlich schlechter darstellbar sind (36%, 385 von 1069 R.) als in den VD (68%, 732 von 1069 R.) oder 45°-Schrägaufnahmen (100% von 1069 R.).

Im Vergleich der drei Hundegruppen zueinander können die ventrolateralen Raumforderungen in der Si-DeL Projektion bei kleinen Hunden in 62,7% (224 von 357 R.), bei mittelgroßen Hunden in 26% (93 von 355) und am wenigsten häufig bei großen Hunden (19%, 68 von 357 R.) dargestellt werden. Insgesamt sind sie bei allen Hunden von kranial nach kaudal zunehmend häufig darstellbar (Tab. 8.9, 8.10, 8.11, Abb. 8.1c, 8.2c, 8.3c, Anhang). Bei den kleinen Hunden wird vermutlich durch die breitere als hohe Kontrastsäule und breiteren als hohen Epiduralraum die Kontrastsäule nicht so stark in der Breite komprimiert, dass die Kontrastverdrängung schon bei kleinen Raumforderungen sichtbar ist. Bei großen Hunden sind sie am

seltensten sichtbar, da der Epiduralraum in Relation zu den anderen Hundegruppen noch breiter ist. Dies erklärt die insgesamt häufigere Darstellung der Raumforderungen bei kleinen Hunden.

VD:

Im Vergleich zu den Si-DeL Projektionen können die Raumforderungen in der VD Projektion bei allen Hundegruppen häufiger diagnostiziert werden.

Bei den kleinen Hunden sind die Raumforderungen wieder am besten darstellbar (85,4%, 305 von 357 R.). Hiervon können die kleinen Raumforderungen zu 58% (69 von 119 R.) und von L1 bis L6 zunehmend besser, die mittelgroßen und großen dagegen fast immer in der VD Projektion dargestellt werden (Abb. 8.1a, Tab. 8.9 Anhang). Dass sie im Vergleich zu den anderen Hundegruppen bei den kleinen Hunden am häufigsten dargestellt werden können, ist, wie oben bereits beschrieben, auf den kleineren Epiduralraum und dadurch stärkere Kompression der Kontrastsäule zurückzuführen (Tab. 8.27, Anhang). Dies führt vermutlich dazu, dass die Raumforderungen in der VD Projektion ventrolateral durch die Kontrastsäule hindurch leichter zu erkennen sind als bei den größeren Hunden.

Bei mittelgroßen Hunden können die Raumforderungen in der VD Projektion weniger häufig als bei kleinen Hunden diagnostiziert werden (63%, 223 von 355 R.) (Tab. 8.10, Abb. 8.2a). Die kleinen Raumforderungen sind im Vergleich zu den größeren am wenigsten, von L1 bis L6 zunehmend, in den VD Projektionen darstellbar. Der Grund hierfür ist wahrscheinlich die im kranialen Bereich bis L4 rundere Form des Rückenmarks und Duralsacks. Im Bereich der Intumescentia lumbalis stellen sich die kleinen Raumforderungen bereits etwas besser dar, da hier der Epiduralraum etwas schmaler ist. Kaudal der Intumescentia lumbalis (ab L5) sind die Raumforderungen noch besser erkennbar, da das Kontrastmittel bei zunehmend weniger Rückenmark konzentrierter sichtbar wird und gleichzeitig der ventrodorsale Duralsackdurchmesser insgesamt stark abnimmt. Dies bedeutet, dass je weniger Nervensubstanz vorhanden ist, desto besser kann das Kontrastmittel durch die künstlich gesetzte Raumforderung verdrängt werden. Mittelgroße Raumforderungen werden insgesamt häufiger als die kleinen, von L1 bis L4 jedoch zunehmend schlechter dargestellt. Eine Erklärung könnte sein, dass die Kontrastsäule im Bereich der Intumescentia lumbalis schwächer ausgebildet ist als kranial davon. Kaudal von L4 nimmt die Darstellbarkeit wie auch bei den kleinen Raumforderungen deutlich zu. Große Raumforderungen kann in der VD Projektion bei den Hunden der Gruppe 2 über die gesamte LWS betrachtet sehr häufig diagnostiziert werden (Tab. 8.10, Abb. 8.2a, Anhang).

Bei den großen Hunden ist die Anzahl der in den VD Projektionen diagnostizierten Raumforderungen im Vergleich zu den mittelgroßen und kleinen Hunden am geringsten (57,1%, 204 von 357 R.). Die mittelgroßen und großen Raumforderungen sind in dieser Projektion in allen Lumbalsegmenten gut darstellbar, die kleinen erst ab L3 kaudalwärts zunehmend. Bis L3 sind zu ihrer eindeutigen Segment- und Seitenlokalisation nur die 45°-Schrägaufnahmen aussagekräftig (Abb. 8.3a, Tab. 8.11, Anhang).

Dass über alle Hunde betrachtet sogar 23% (246 von 1069 R.) der ventrolateralen Raumforderungen nur in den 45°-Schrägaufnahmen erkannt werden (Tab. 8.3 Anhang), zeigte, dass sie einen großen Beitrag für eine genaue Diagnose liefern könnten. Damit kann den Ansichten von FELTS u. PRATA (1982), KIRBERGER et al. (1992), MORGAN (1993), ROBERT u. SELCER (1993), BILLER u. HAIDER (1994), MATTEUCCI et al. (1998) und WOLVEKAMP (2001), zugestimmt werden. Mit zunehmender Hundegröße scheinen die 45°-Schrägaufnahmen immer wichtiger für die Diagnostik der Lokalisation zu sein, wenn in den anderen Projektionen keine Befunde oder nicht eindeutige Befunde erhoben werden können. Nach den Angaben von SLOCUM et al. (1998) können durch einen Diskusprolaps verursachte Nervenwurzelkompressionen nur durch Schmerzen in Verbindung mit ventralen Kontrastsäulenverdrängungen diagnostiziert werden. Auch fibrocartilaginöse Embolien oder Thrombosen lassen sich, wenn diese klein und lokalisiert sind, myelographisch nicht oder nur schwer darstellen, obwohl sie neurologische Ausfälle verursachen. Vermutlich können, wie die eigenen Studien zeigen, gerade diese von SLOCUM et al. (1998) beschriebenen kleinen Veränderungen durch 45°-Schrägaufnahmen besser diagnostiziert werden.

Die Winkelangaben für Schrägaufnahmen variieren je nach Autor. So führen KIRBERGER (1994), MATTEUCCI (1998) und WOLVEKAMP (2001) diese ebenfalls im 45°-Winkel durch. FELTS u. PRATA (1982) verwenden 45-60°-Winkel, um klinisch auftretende Radikulopathien, intraforaminale Bandscheibenvorfälle oder laterale Vorfälle, die laut der Autoren häufiger übersehen werden, besser darstellen zu können. FEHR u. THIET (1990) führen 30°-Schrägaufnahmen zur Diagnostik der Foramina intervertebralia vor allem im Lumbosakralbereich durch. Wie aus den eigenen Beobachtungen hervorgeht, sind diese Strukturen jedoch im weiter kranialen Bereich der LWS im Myelogramm nicht gut zu beurteilen, da die Kontrastsäule je nach Hundegröße die Foramina intervertebralia unterschiedlich stark überlagert.

YOVICH et al. (1994) führen Schrägaufnahmen im 15°-Winkel aus der l/l Ebene durch. Es kommt bei ihnen jedoch in 7 Fällen zur Fehlinterpretation der Seitenlokalisation. Erstaunlich

ist, dass die klinischen Symptome bei 12 von 49 Hunden auf der kontralateralen Seite der myelographisch diagnostizierten Vorfälle auftreten.

Dies zeigt, dass es für die Auswertung von 45°-Schrägaufnahmen von großer Bedeutung ist die Aufnahmen korrekt zu bezeichnen, um Verwirrungen und falsche Seitenlokalisationen zu vermeiden (SIMONS 1951; GALANSKI 1986; PARK u. LEBEL 1989; SANDE 1992; YOVICH et al. 1994).

Zur Interpretation der 45°-Schrägaufnahmen sollten immer beide (rechts 45°- und links 45°-Schrägaufnahmen) zum Vergleich miteinander angefertigt werden (FELTS u. PRATA 1982; KIRBERGER 1994; WOLVEKAMP 2001). Eine dV45M-sDLO = linke 45°-Schrägaufnahme wird zum Beispiel mit der linken Körperseite filmnah erstellt. Interpretiert werden kann auf dieser Aufnahme vor allem der linke ventrolaterale Bereich im Wirbelkanal und hiermit der linke ventrolaterale Bereich der Kontrastsäule, der Epiduralraum und eventuell Nervenwurzelsätze (Abb. 4.1a u. Abb. 4.1b, Ergebnisse). Nach der Meinung von FELTS u. PRATA (1982) können klinisch auftretende Radikulopathien trotz der kaum dargestellten Nervenwurzeln durch 45° bis 60°-Schrägaufnahmen dargestellt werden.

Auch SLOCUM et al. (1998) stellen in den Myelogrammen der untersuchten Hunde fest, dass sich die Nervenwurzeln beim Hund nicht immer genau erkennen lassen, da der Subarachnoidalraum und so das Kontrastmittel nicht den Nervenwurzeln bis zum Foramen intervertebrale folgt wie beim Menschen. CIRIC et al. (1980) und EBERHARDT et al. (1996) geben an, dass sich Veränderungen in der Kontrastsäule in den zwei Standardaufnahmen (VD und l/l) um so kleiner darstellen, je weiter ventrolateral die pathologischen Prozesse liegen. Die durch verengte laterale Recesses verursachten Radikulopathien stellen sich im Myelogramm als abgeflachte, fehlende, konturunterbrochene oder asymmetrische Nervenwurzelsäcke dar.

Wie sich aus den eigenen Untersuchungen und der Literatur zeigt, empfiehlt es sich, als erste myelographische Röntgenaufnahme die VD Projektion zu wählen, da in dieser bereits ein sehr großer Teil der Raumforderungen bezüglich des Segments und der Seite lokalisiert werden kann (GREVEL 1994; SCHWARTAU 1996; WOLVEKAMP 2001). Die zweite Projektionsebene sollte einerseits von der Hundegröße, andererseits von der Stärke und Symptomatik der neurologischen Ausfälle abhängig gemacht werden.

Bei kleinen Hunden empfiehlt es sich wie bisher üblich zu erst die VD, dann die Si-DeL und eventuell anschließend noch beide 45°-Schrägaufnahmen anzufertigen, falls die ersten beiden noch keine exakte Diagnose oder Seitenlokalisation zulassen.

Bei mittelgroßen bis großen Hunden könnte es, wie die eigenen Ergebnisse zeigen vorteilhafter sein, als erste die VD- und dann die 45°-Schrägaufnahmen in beiden Richtungen anzufertigen. Geben diese noch keinen Aufschluss über die Lokalisation sollte noch die Si-DeL Aufnahme angefertigt werden.

KIRBERGER (1994) fertigt die 45°-Schrägaufnahmen ebenfalls als zweite und dritte Aufnahmen an. Die erste Projektion ist jedoch nicht die VD sondern die Si-DeL.

Vor allem wenn die Raumforderung aufgrund der neurologischen Symptome vermutlich paramedian bis lateral liegt oder nicht sehr groß ist, empfiehlt es sich die 45°-Schrägaufnahmen nach der VD Aufnahme bei jeder Hundegröße anzufertigen.

Wird die Raumforderung im kaudalen Bereich der Lendenwirbelsäule vermutet, sind die 45°-Schrägaufnahmen weniger Aussagekräftig als die VD und Si-DeL.

5.6 Ausblick

Hinsichtlich der Sensitivität sind der Myelographie bei konventioneller Röntgentechnik auch bei optimaler Aufnahmetechnik Grenzen gesetzt, die sich wie in der Humanmedizin nur unter Verwendung tomographischer Techniken überschreiten lassen.

Die Computertomographie (CT) ermöglicht die Erstellung überlagerungsfreier transversaler Schnittbilder sowie die Rekonstruktion in anderen Schnittebenen.

Durch die schlechte Darstellung von Weichteilkontrasten lassen sich Myelon und Nervenwurzeln kaum wiedergeben. Eine CT-Myelographie erlaubt hier die Liquor umflossenen Strukturen des Nervensystems abzugrenzen.

Die Magnetresonanztomographie (MRT) stellt das heute aufschlussreichste diagnostische Verfahren zur Untersuchung der Wirbelsäule dar. Hinsichtlich der Möglichkeit der Darstellung von hohen Weichteilkontrasten und der individuellen Wahl der Schnittrichtung wird es durch kein anderes Verfahren übertroffen. Dieses Verfahren ermöglicht neben der rein morphologischen Beschreibung von Veränderungen auch die Beschreibung von pathophysiologischen Auswirkungen wie veränderter Blutzirkulation und Ödemen. Da klinische Erfahrungen zeigen, dass auch bereits kleine raumfordernde Prozesse durch Störungen der Mikrozirkulation neurologische Schädigungen hervorrufen (FELTS u. PRATA 1982, SLOCUM 1998), ist die Beurteilung der eingetretenen sekundären Schädigungen für Prognose und Wahl der Therapie vorteilhaft.

Die tomographischen Verfahren können im Rahmen klinischer Untersuchungen helfen, genaueren Aufschluss über Zahl und Variabilität ventrolateraler gelegener Raumforderungen zu geben. Es muß beachtet werden, dass die klinisch anzutreffenden Variabilitäten deutlich größer sind, als es eine Simulation im Rahmen dieser oder ähnlicher Untersuchungen zulässt.

Der direkte Vergleich tomographischer Untersuchungen zur Myelographie bei konventioneller Röntgentechnik wäre von besonderem Interesse.

Mehr Kenntnisse der rassespezifischen Unterschiede von Größe und Ausdehnung des Dural-sackes wären für die Diagnostik und die Punktion des Subarachnoidal- oder Epiduralraumes nützlich. Der Einschluss möglichst vieler Hunderassen mit großer Stichprobenzahl wäre notwendig. Auch bei der Sammlung von diesen morphometrischen Daten sind die tomographischen Techniken der Myelographie überlegen (EBERHARDT et al. 2002)

6. Zusammenfassung

Bei neurologisch auffälligem Befund und Verdacht auf eine Raumforderung im Wirbelkanal ist die myelographische Lokalisation anhand der Standard-Röntgenprojektionen (VD u. Si-DeL) nicht immer möglich. In solchen Fällen sind, wie aus der Literatur und den eigenen Untersuchungen hervorgeht, 45°-Schrägaufnahmen für eine Segment- und Seitenlokalisierung hilfreich.

Die Untersuchungen werden an 20 kleinen (Gruppe 1), 20 mittelgroßen (Gruppe 2) und 21 großen (Gruppe 3), aus unterschiedlichen Indikationen euthanasierten Hunden, durchgeführt.

Die insgesamt 1069 durch drei verschieden große Ballonfüllvolumina simulierten ventrolateralen epiduralen Raumforderungen (R.) können in 23% (246 von 1069 R.) nicht in den üblichen VD und Si-DeL Projektionen, sondern nur in den 45°-Schrägaufnahmen dargestellt werden. Bei der Hundegruppe 1 können vor allem die kleinen ventrolateralen Raumforderungen (22,6%, R.= 119), bei der Hundegruppe 2 kleine (58%, R.= 118) und mittelgroße Raumforderungen (14,4%, R. = 118) und bei der Hundegruppe 3 kleine (66,4%, R.= 119), mittelgroße (32%, R.= 119) und große Raumforderungen (10%, R.= 119) nur in den 45°-Kalibrierprojektionen diagnostiziert werden. Im Vergleich zu den zu 100% in den 45°-Schrägaufnahmen darstellbaren Raumforderungen können sie in den üblichen VD Projektionen insgesamt in 68,5 % (R.= 1069) und in den Si-DeL Projektionen in 36% (R.= 1069) diagnostiziert werden.

Die Häufigkeit der ausschliesslich in den 45°-Schrägaufnahmen darstellbaren ventrolateralen Raumforderungen nimmt signifikant mit der Scheitel-Steiss-Länge und dem Gewicht zu. Vor allem der Duralsackdurchmesser, sowie die Epiduralraumgröße beeinflussen dessen Darstellbarkeit.

Für die drei Hundegruppen werden vergleichend morphometrisch folgende Daten ermittelt: Canalis vertebralis Höhe u. Breite, Medulla spinalis Höhe u. Breite, Duralsack Höhe u. Breite, Cavum epidurale Höhe u. Breite. Nicht erwartete Unterschiede zwischen den Gruppen sind vor allem bei den mittelgroßen Hunden zu erkennen. Diese zeigen ab L4 kaudalwärts eine stärkere Abnahme des Verhältnisses zwischen dem mittleren Durchmesser des Canalis vertebralis und dem mittleren Duralsackdurchmesser, so dass sie ab L7 die absolut kleinsten Duralsäcke aufweisen, die dementsprechend auch eher als bei den kleinen und großen Hunden enden. Bei der Betrachtung der einzelnen Rassen ist eine signifikante Variabilität der Größe des Duralsacks (signifikant bis L7) und Epiduralraumes (signifikant bis S1) festzustellen, woraus zu schließen ist, dass die Maße nicht nur von der Größe des Tieres abhängen, sondern

auch von der jeweiligen Rasse (z.B. Dobermann, Foxhound, Staffordshire- und Pitbull Terrier und Teckel).

Signifikante Zusammenhänge zwischen dem Duralsackende und der SSL, Rasse, bzw. dem Alter der Hunde werden nicht festgestellt.

7. Summary

Radiographic morphometry and myelography of the canine lumbar spine with regard to the diagnosis of defined ventrolateral epidural space occupying lesions.

Neurologic disorders with suspicion of space occupying lesions in the vertebral canal are not always visible in myelographic standard projections (VD and Si-DeL). For these indications it might be helpful to include 45°-oblique myelograms in the radiologic procedure for a precise localisation of the involved segment or side, as verified by own results and references.

For the investigation 20 euthanized small-breed (group 1), 20 middle-size-breed (group 2) and 21 large-breed dogs (group 3) were needed.

The 1069 simulated ventrolateral epidural space occupying lesions in three different balloonvolume-sizes (l.) were not visible in 23% (246 of 1069 l.) of the routine VD and Si-DeL views, but in the 45°-oblique projections.

In group 1 22.6% (l.= 119) of the small lesions, in group 2 58% (l.= 118) of the small and 14.4% (l.= 118) of the middle-size-lesions and in group 3 66.4% (l.= 119) of the small, 32% (l.= 119) of the middle-size-, and 10% (l.= 119) of the large lesions became diagnosed only in 45°-oblique myelograms. In comparison to the 45°-oblique myelograms in which the lesions were visible in 100% (l.= 1069), they became depicted in 68% (l.= 1069) in the VD and only in 36% (l. = 1069) in the Si-DeL view.

The possibility to evaluate ventrolateral masses in 45°-oblique views and in no other projections increases significantly with the weight and body length. The most important factors are the diameter of the dural sac, the medulla spinalis and the epidural space.

In all three groups of dogs measurements were made on: the vertebral canal height and width, spinal cord height and width, dural sac height and width and the epidural space height and width. Not expected morphometric differences were seen especially in group 2. In these, the ratio between the vertebral canal to the dural sac decreased from L4 to S1 faster than in the other two groups. This leads to absolutely smaller dural sacs caudal L7. The dural sacs in group 2 also end earlier in comparison to the other groups. By the examination of different breeds a significant variability of the measured diameters was observed. In conclusion the diameter of the dural sac and epidural space depends not only on the size of the dog, but also on the breed (eg. Dobermann pinsher, Foxhound, Staffordshire- and Pitbull-Terrier and Dachshound).

Signifikant correlations between the end of the dural sac and the crown-rump length, the breed or the age of the dogs could not be proved.

8. Anhang

8.1 Tabellen und Abbildungen

8.1.1 Material und Methoden:

Tabelle 8.1: Ballonausdehnung eines 3F (grünen) Embolektomiekatheters (mm) je 0,01 ml Füllvolumen.

(ml) Ballonvolumen	Durchmesser (mm) 3F Katheter
0	1,41
0,01	1,60
0,02	1,76
0,03	1,87
0,04	2,15
0,05	2,49
0,06	3,07
0,07	3,37
0,08	3,80
0,09	4,38
0,1	4,82
0,11	5,22
0,12	5,50
0,13	5,74
0,14	5,95
0,15	6,08
0,16	6,47
0,17	6,74
0,18	6,82
0,19	6,92
0,2	7,02

Tabelle 8.2: Scheitel-Steiß-Längen Verteilung über alle Hunde.

a)	Scheitel- Steiß Länge (cm)	Häufigkeit (n)	Prozent (%)	b)	Scheitel- Steiß Länge (cm)	Häufigkeit (n)	Prozent (%)
	42,0	2	2,7		73,0	1	1,3
	44,0	1	1,3		74,0	4	5,3
	46,0	2	2,7		75,0	1	1,3
	47,0	2	2,7		76,0	3	4,0
	48,0	3	4,0		77,0	1	1,3
	50,0	2	2,7		78,0	1	1,3
	51,0	1	1,3		80,0	2	2,7
	52,0	1	1,3		81,0	5	6,7
	53,0	2	2,7		82,0	2	2,7
	54,0	1	1,3		84,0	4	5,3
	57,0	3	4,0		85,0	1	1,3
	58,0	2	2,7		86,0	1	1,3
	60,0	3	4,0		87,0	1	1,3
	63,0	1	1,3		88,0	3	4,0
	64,0	1	1,3		90,0	1	1,3
	65,0	3	4,0		94,0	2	2,7
	66,0	2	2,7		96,0	1	1,3
	68,0	2	2,7		97,0	1	1,3
	69,0	3	4,0		98,0	1	1,3
	71,0	2	2,7				
	73,0	1	1,3		Gesamt	75	100,0

8.1.2 Auswertung der künstlichen Raumforderungen

Tabelle 8.3: Vergleich Befundkombination 1:

Raumforderung eindeutig nur in der 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, nicht in den Vergleichsprojektionen.

Gruppe 1	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt Gr. 1
kleine R.	50,0%	31,6%	30,0%	25,0%	0,0%	0,0%	22,6% (27 R.)	7,8% (28 R.)
mittl. R.	0,0%	5,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,84% (1 R.)	
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%	
n Tiere	20	19	20	20	20	20	100% (119 R.)	100% (357 R.)
Gruppe 2	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt Gr. 2
kleine R.	90,0%	75,0%	80,0%	68,4%	20,0%	15,8%	58,5% (69 R.)	25% (89 R.)
mittl. R.	10,0%	15,0%	25,0%	36,8%	0,0%	0,0%	14,4% (17 R.)	
große R.	0,0%	5,0%	0,0%	10,5%	0,0%	0,0%	2,5% (3 R.)	
n Tiere	20	20	20	19	20	19	100% (118 R. +1)	100% (355 R.)
Gruppe 3	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt Gr. 3
kleine R.	94,7%	95,0%	76,0%	81,0%	52,0%	5,3%	66,4% (79 R.)	36,1% (129 R.)
mittl. R.	47,4%	50,0%	28,6%	42,9%	15,8%	0,0%	32% (38 R.)	
große R.	26,3%	14,3%	9,5%	4,8%	5,6%	0,0%	10% (12 R.)	
n Tiere	19	21	21	21	18	19	100% (119 R.)	100% (357 R.)
Gruppe 1,2 und 3 zusam.	kleine R.						49,1% (175 R.)	23% (246 R.) 100% (1069R.)
	mittl. R.						15,7% (56 R.)	
	große R.						4,2% (15 R.)	

Tabelle 8.4: Vergleich Befundkombination 2:

Raumforderung nicht oder nicht eindeutig in den VD, kontralateralen 45°-schrägen oder Si-DeL Vergleichsprojektionen darstellbar.

Gruppe 1	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	10,0%	5,3%	10,0%	5,0%	5,0%	5,0%
mittl. R.	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
n Tiere	20	19	20	20	20	20
Gruppe 2	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	5,0%	5,0%	5,0%	0,0%	15,0%	5,3%
mittl. R.	0,0%	5,0%	10,0%	5,3%	0,0%	5,3%
große R.	0,0%	0,0%	5,0%	5,3%	0,0%	5,3%
n Tiere	20	20	20	19	20	19
Gruppe 3	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	0,0%	4,8%	9,5%	0,0%	0,0%	15,8%
mittl. R.	5,3%	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	0,0%
große R.	5,3%	0,0%	0,0%	9,5%	0,0%	0,0%
n Tiere	19	21	21	21	18	19

Tabelle 8.5: Vergleich Befundkombination 3:
Raumforderung in allen Vergleichsprojektionen darstellbar.

Gruppe 1	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt Gr. 1
kleine R.	5,0%	10,5%	10,0%	0,0%	15,0%	35,0%	12,6% (15 R.)	19% (68 R.)
mittl. R.	20,0%	10,5%	20,0%	5,0%	25,0%	45,0%	21% (25 R.)	
große R.	20,0%	15,8%	20,0%	5,0%	30,0%	50,0%	23,5% (28 R.)	
n Tiere	20	19	20	20	20	20	100% (119 R.)	
Gruppe 2	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt Gr. 2
kleine R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,0%	36,8%	8,4% (10 R.)	11,3% (40 R.)
mittl. R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%	52,6%	11,8% (14 R.)	
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%	63,2%	13,5% (16 R.)	
n Tiere	20	20	20	19	20	19	(118 R.+1)	
Gruppe 3	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt Gr. 3
kleine R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	21,1%	3,3% (4 R.)	7% (25 R.)
mittl. R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	47,4%	8,4% (10 R.)	
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,6%	52,6%	9,2% (11 R.)	
n Tiere	19	21	21	21	18	19	100% (119 R.)	
Gruppe 1,2,3								12,4% (133 R.) 100% (1069R.)

Tabelle 8.6: Vergleich Befundkombination 4:
Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der Si-DeL Vergleichsprojektion und 45°
Kalibrierprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen nicht oder nicht
eindeutig darstellbar.

Gruppe 1	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	0,0%	15,8%	15,0%	25,0%	5,0%	5,0%
mittl. R.	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Tiere (n)	20	19	20	20	20	20
Gruppe 2	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	0,0%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,8%
mittl. R.	10,0%	5,0%	5,0%	0,0%	0,0%	10,5%
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,5%
Tiere (n)	20	20	20	19	20	19
Gruppe 3	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	5,3%	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	15,8%
mittl. R.	5,3%	0,0%	4,8%	4,8%	5,3%	5,3%
große R.	5,3%	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	5,3%
Tiere (n)	19	21	21	21	18	19

Tabelle 8.7: Vergleich Befundkombination 5:

Raumforderung eindeutig gleichzeitig in der VD Vergleichsprojektion und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in den anderen beiden Vergleichsprojektionen nicht oder nicht eindeutig darstellbar.

Gruppe 1	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	15,0%	21,1%	30,0%	25,0%	30,0%	10,0%
mittl. R.	35,0%	31,6%	50,0%	40,0%	20,0%	5,0%
große R.	35,0%	26,3%	35,0%	25,0%	15,0%	5,0%
Tiere (n)	20	19	20	20	20	20
Gruppe 2	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	5,0%	15,0%	15,0%	26,3%	40,0%	15,8%
mittl. R.	75,0%	70,0%	60,0%	47,4%	50,0%	10,5%
große R.	70,0%	60,0%	75,0%	68,4%	50,0%	0,0%
Tiere (n)	20	20	20	19	20	19
Gruppe 3	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	0,0%	0,0%	14,3%	14,3%	36,8%	21,1%
mittl. R.	42,1%	45,0%	66,7%	42,9%	52,6%	15,8%
große R.	36,8%	71,4%	81,0%	76,2%	61,1%	15,8%
Tiere (n)	19	21	21	21	18	19

Tabelle 8.8: Vergleich Befundkombination 6:

Raumforderung eindeutig gleichzeitig in den VD und Si-DeL Vergleichsprojektionen und 45°-Kalibrierprojektion darstellbar, in der kontralateralen 45°-Schrägprojektion nicht oder nicht eindeutig erkennbar.

Gruppe 1	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	20,0%	15,8%	5,0%	20,0%	45,0%	35,0%
mittl. R.	30,0%	52,6%	30,0%	55,0%	55,0%	45,0%
große R.	45,0%	57,9%	45,0%	70,0%	55,0%	45,0%
Tiere (n)	20	19	20	20	20	20
Gr. 2	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	10,0%	5,3%
mittl. R.	5,0%	5,0%	0,0%	10,5%	25,0%	15,8%
große R.	30,0%	35,0%	20,0%	15,8%	25,0%	21,1%
Tiere (n)	20	20	20	19	20	19
Gruppe 3	L1	L2	L3	L4	L5	L6
kleine R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,5%	10,5%
mittl. R.	0,0%	5,0%	0,0%	4,8%	15,8%	21,1%
große R.	26,3%	14,3%	9,5%	4,8%	22,2%	15,8%
Tiere (n)	19	21	21	21	18	19

8.1.3 Darstellbarkeit ventrolateraler Raumforderungen in verschiedenen Röntgenprojektionen

Tabelle 8.9: Gruppe 1 (kleine Hunde): Vergleich der Darstellbarkeit der Raumforderungen in den Vergleichsröntgenprojektionen (P2 = VD, P3= kontralaterale 45°-Projektion, P4=Si-DeL) bei gleichzeitiger 100%iger Darstellbarkeit in der 45°-Kalibrierprojektion

P2	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt, Gr.1
kleine R.	40%,	47,4%	40,0%	45,0%	85,0%	90,0%	58% (69 R.)	85,4% (305 R.)
mittl. R.	90,0%	94,7%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	98,3% (117 R.)	
große R.	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100% (119 R.)	
n Tiere	20	19	20	20	20	20	100% (119 R.)	100% (357 R.)
P3	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt, Gr.1
kleine R.	50,0%	10,6%	15,0%	5,0%	20,0%	45,0%	15,9% (19 R.)	22,7% (81 R.)
mittl. R.	20,0%	15,9%	25,0%	5,0%	25,0%	50,0%	27% (33 R.)	
große R.	20,0%	15,9%	25,0%	5,0%	30,0%	50,0%	24% (29 R.)	
n Tiere	20	19	20	20	20	20	100% (119 R.)	100% (357 R.)
P4	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt, Gr.1
kleine R.	25,0%	42,5%	30,0%	45,0%	65,0%	70,0%	46,2% (55 R.)	62,7% (224 R.)
mittl. R.	55,0%	57,5%	50,0%	60,0%	80,0%	90,0%	65,5% (78 R.)	
große R.	65,0%	68,1%	65,0%	75,0%	85,0%	95,0%	76,4% (91 R.)	
n Tiere	20	19	20	20	20	20	100% (119 R.)	100% (357 R.)

Abbildung 8.1a: Gruppe 1, Darstellbarkeit der kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen in der VD-Projektion bei gleichzeitiger 100%iger Darstellbarkeit in der 45°-Kalibrierprojektion .

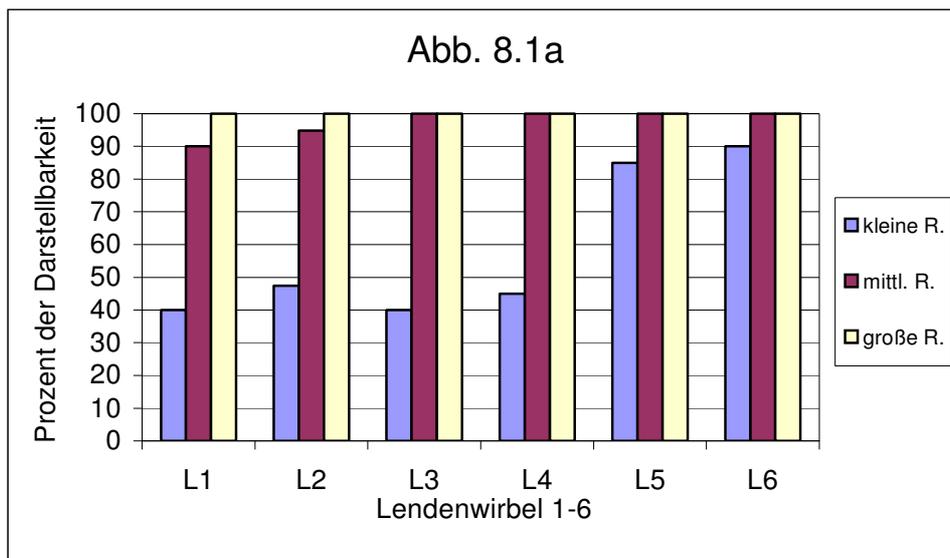


Abbildung 8.1b: Gruppe 1, Darstellbarkeit der kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen in der kontralateralen 45°-Schrägprojektion bei gleichzeitiger 100%iger Darstellbarkeit in der 45°-Kalibrierprojektion .

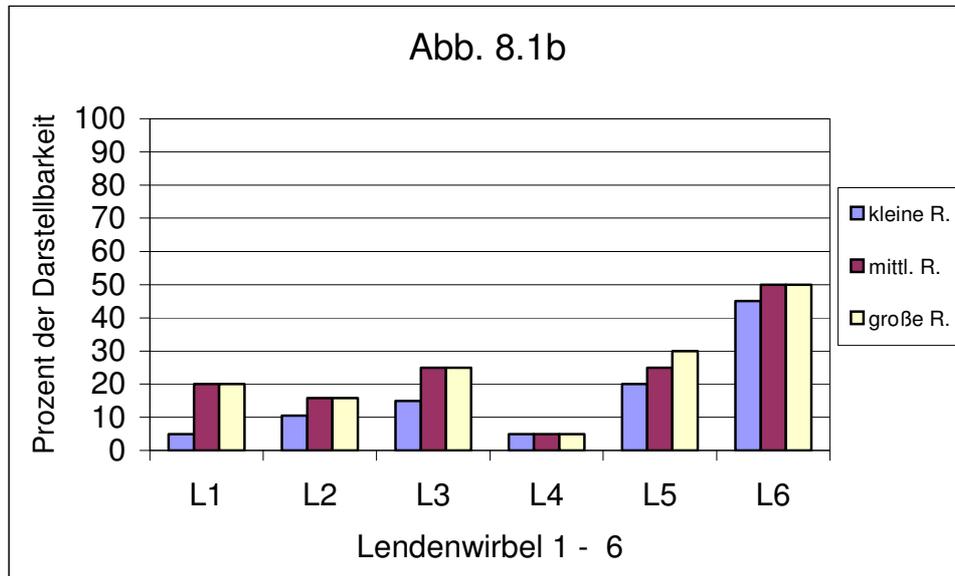


Abbildung 8.1c: Gruppe 1, Darstellbarkeit der kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen in der Si-DeL Projektion bei gleichzeitiger 100%iger Darstellbarkeit in der 45°-Kalibrierprojektion.

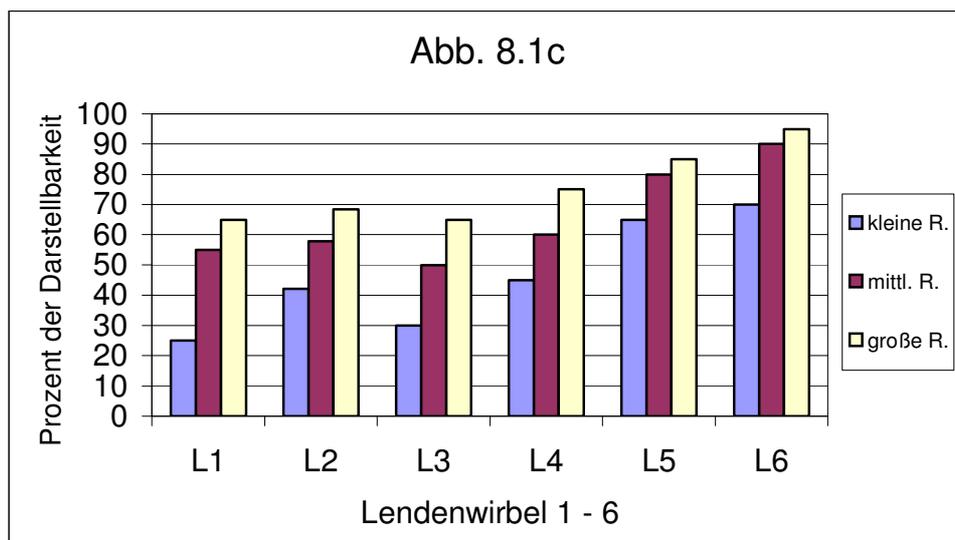


Tabelle 8.10: Gruppe 2 (mittelgroße Hunde): Vergleich der Darstellbarkeit der Raumforderungen in den Vergleichsprojektionen (P2= VD, P3= kontralaterale 45°-schräge, P4= Si-DeL Projektion) bei gleichzeitiger 100%iger Darstellbarkeit in der 45°-Kalibrierprojektion

P2	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt, Gr.2
kleine R.	10,0%	20,0%	15,0%	31,9%	65,0%	63,8%	28,8% (34 R.)	63% (223 R.)
mittl. R.	80,0%	70,0%	60,0%	57,5%	100,0%	84,1%	66,9% (75 R.)	
große R.	100,0%	95,0%	95,0%	84,1%	100,0%	84,1%	93,2% (110 R.)	
n Tiere	20	20	20	19	20	19	100% (118 R.)	100% (355 R.)
P3	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt, Gr.2
kleine R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,0%	47,8%	10% (12 R.)	12,6% (45 R.)
mittl. R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	57,5%	13,4% (16 R.)	
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	63,8%	14,2% (17 R.)	
n Tiere	20	20	20	20	19	20	100% (119 R.)	100% (355 R.)
P4	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt, Gr.2
kleine R.	0,0%	5,0%	0,0%	10,6%	25,0%	57,5%	10% (12 R.)	26% (93 R.)
mittl. R.	15,0%	20,0%	5,0%	10,6%	45,0%	78,7%	29,6% (35 R.)	
große R.	30,0%	30,0%	20,0%	15,9%	45,0%	84,1%	38,1% (45 R.)	
n Tiere	20	20	20	19	20	19	100% (118 R.)	100% (355 R.)

Abbildung 8.2a: Gruppe 2, Darstellbarkeit der kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen in der VD Projektion.

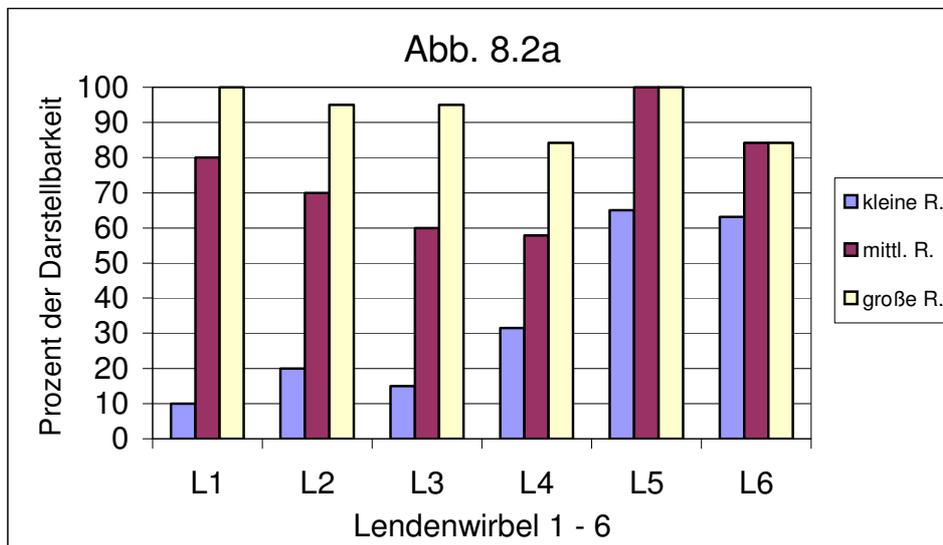


Abbildung 8.2b: Gruppe 2, Darstellbarkeit der kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen in der kontralateralen 45°-Schrägprojektion.

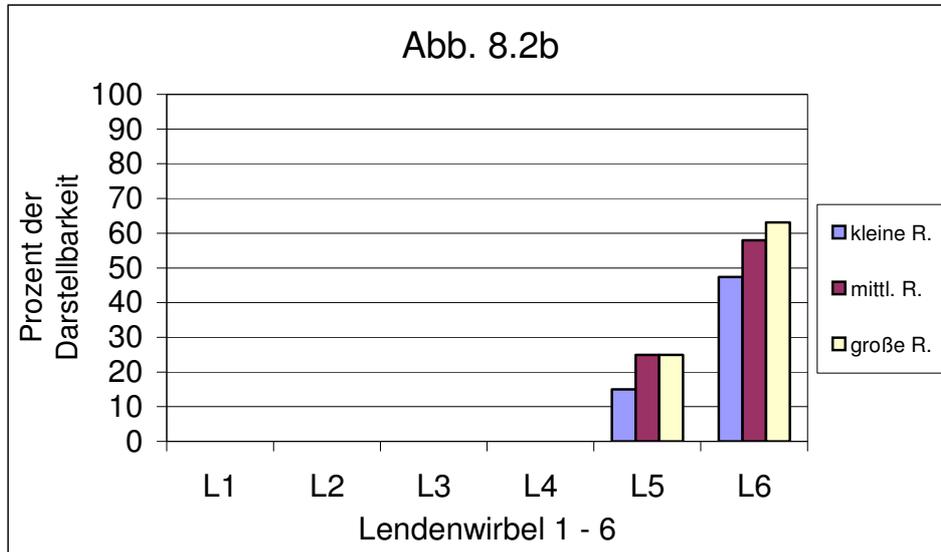


Abbildung 8.2c: Gruppe 2, Darstellbarkeit der kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen in der Si-DeL Projektion.

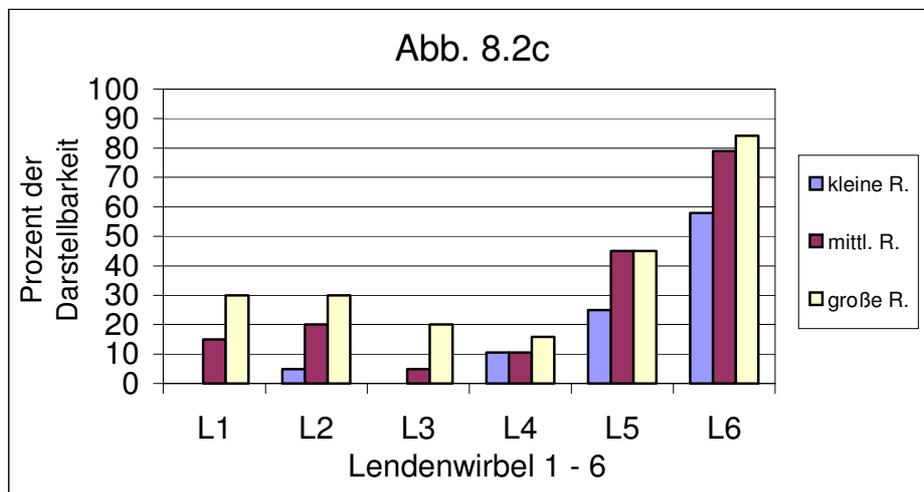


Tabelle 8.11: Gruppe 3 (große Hunde): Vergleich der Darstellbarkeit der Raumforderungen in den Vergleichsprojektionen (P2= VD, P3= kontralaterale 45°-schräge, P4= Si-DeL Projektion) bei gleichzeitiger 100%iger Darstellbarkeit in der 45°-Kalibrierprojektion

P2	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt, Gr.3
kleine R.	0,0%	0,0%	14,6%	14,6%	47,8%	63,8%	22,6% (27 R.)	57,1% (204 R.)
mittl. R.	42,5%	47,9%	66,7%	47,9%	78,7%	94,7%	63% (75 R.)	
große R.	63,8%	85,4%	90,6%	80,2%	94,4%	94,7%	85,7% (102 R.)	
n Tiere	19	21	21	21	19	19	100% (119 R.)	100% (357 R.)
P3	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt, Gr.3
kleine R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	42,5%	6,7% (8 R.)	9,8% (35 R.)
mittl. R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,6%	57,5%	10,9% (13 R.)	
große R.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	11,1%	63,8%	11,7% (14 R.)	
n Tiere	19	21	21	21	19	19	100% (119 R.)	100% (357 R.)
P4	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Gesamt R. (L1-L6)	Gesamt, Gr.3
kleine R.	5,3%	4,2%	0,0%	4,2%	10,6%	47,8%	11,7% (14 R.)	19% (68 R.)
mittl. R.	5,3%	4,2%	4,2%	9,4%	26,6%	73,4%	20,1% (24 R.)	
große R.	31,9%	14,6%	9,4%	14,6%	27,8%	73,4%	27,7% (33 R.)	
n Tiere	19	21	21	21	19	19	100% (119 R.)	100% (357 R.)

Abbildung 8.3a: Gruppe 3, Darstellbarkeit der kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen in der VD Projektion.

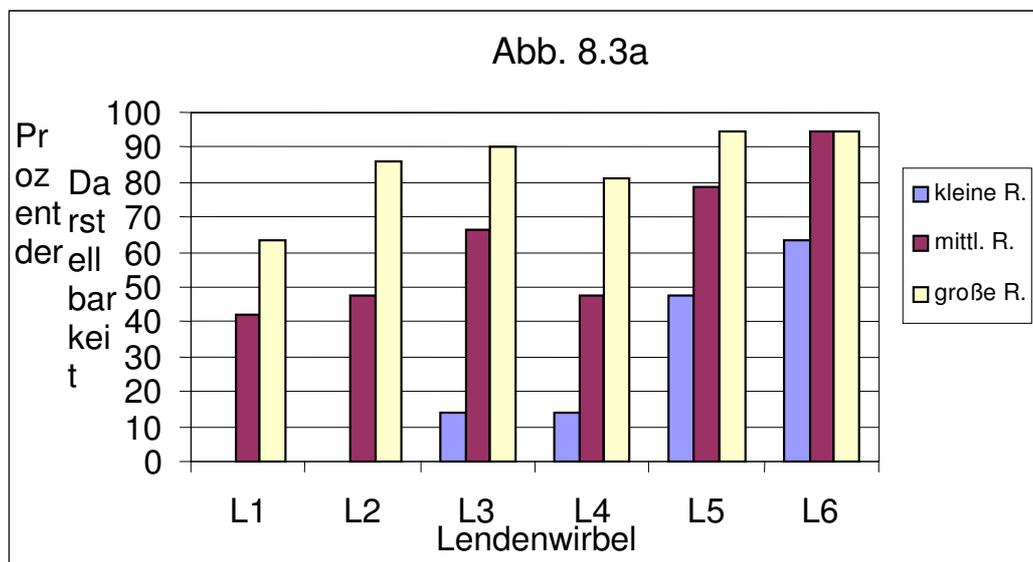


Abbildung 8.3b: Gruppe 3, Darstellbarkeit der kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen in der kontralateralen 45°-Schrägprojektion.

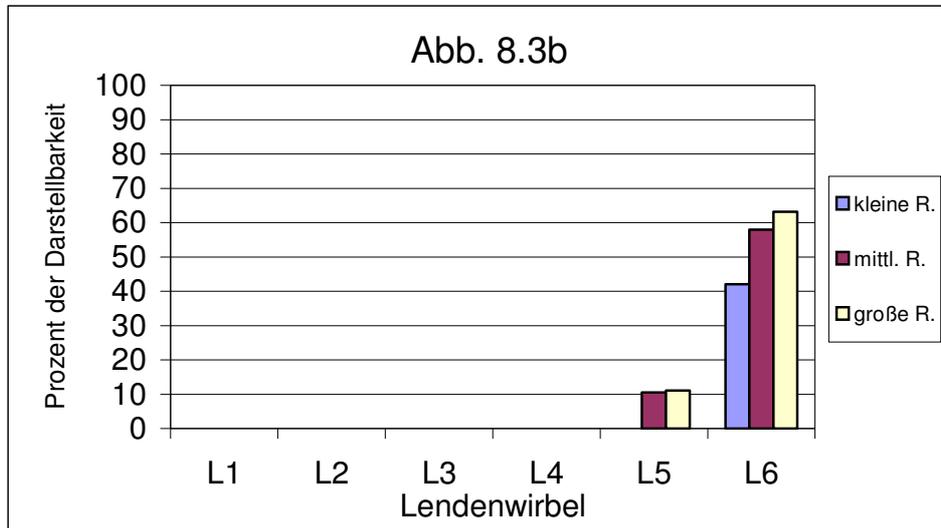
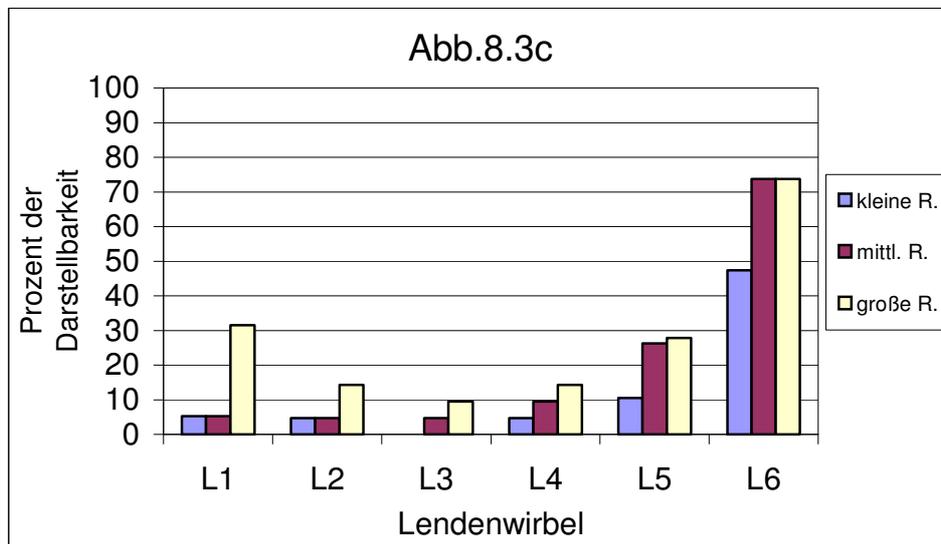


Abbildung 8.3c: Gruppe 3, Darstellbarkeit der kleinen, mittelgroßen und großen Raumforderungen in der Si-DeL Projektion.



8.1.4 Auswertung der Morphometrie

Tabelle 8.12: Höhelendurchmesser (mm) des Canalis vertebralis im Vergleich zwischen den drei Hundegruppe:

Segm.	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe 3		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
	X (mm)	X (mm)	X (mm)						
	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)						
	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)						
	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)						
	n	n	n	n	n	n	n	n	n
L1	6,29 1,05 3,42 8,63 25	6,66 0,84 5,47 8,6 25	6,61 1,20 3,87 9,23 25	8,46 0,99 6,72 10,75 25	9,06 0,92 7,37 10,81 25	9,50 1,34 7,03 12,35 25	9,51 1,44 6,08 13,44 25	10,19 1,16 8,36 12,22 25	10,28 1,45 8,02 12,57 25
L2	6,62 0,91 4,5 8,72 25	7,10 0,81 5,91 9,26 25	6,87 1,08 3,87 9,05 25	8,72 0,98 7,04 10,73 25	9,23 1,00 7,57 11,24 25	9,63 1,29 7,69 12,01 25	9,70 1,08 7,17 11,52 25	10,18 1,17 7,68 12,22 25	10,42 1,30 8,44 13 25
L3	7,00 0,96 4,95 8,99 25	7,54 0,75 6,03 9,14 25	7,44 0,95 5,49 9,17 25	9,08 0,98 7,51 11,41 25	9,65 0,92 7,92 11,14 25	9,98 0,87 8,29 11,98 25	9,89 1,23 7,17 13,09 25	10,58 1,13 8,1 12,76 25	10,72 1,32 8,78 13,18 24
L4	7,49 0,89 5,67 9,34 25	8,12 0,77 6,87 10,33 25	7,55 1,07 4,95 10,15 25	9,59 0,76 7,75 11,28 25	10,10 0,87 8,1 11,43 25	9,92 0,88 8,1 11,47 25	10,33 0,98 8,02 13 25	11,17 1,01 8,69 12,59 25	11,22 1,25 8,79 13,1 25
L5	7,30 1,07 5,52 10,15 25	7,51 1,07 5,33 10,06 25	6,73 1,14 4,79 9,7 25	9,30 0,91 7,83 11,24 25	9,56 1,07 7,76 11,38 25	9,08 1,24 6,35 11,01 23	10,30 1,15 7,85 12,39 25	10,73 1,40 7,51 12,99 25	10,43 1,40 7,51 13,44 24
L6	6,14 1,17 4,16 9,34 25	6,42 1,15 4,52 9,34 25	6,09 1,01 4,43 8,54 25	8,06 1,03 6,6 10,22 25	8,60 1,08 5,95 10,98 25	8,33 0,99 6,28 9,98 25	9,18 1,29 6,24 12,48 25	9,81 1,34 7,08 12,48 25	9,52 1,34 6,99 12,57 25
L7	5,49 0,77 3,98 7,82 25	5,78 1,00 3,8 7,39 25	5,41 1,12 3,34 7,46 25	7,18 1,01 5,87 9,15 25	7,67 1,10 5,64 9,68 25	7,50 1,04 5,91 10,14 25	8,20 1,19 5,65 10,82 25	8,62 1,25 5,91 11 25	8,71 1,58 5,82 12,13 24
S1	4,50 1,08 2,69 7,46 25	3,98 0,82 2,51 6,38 24	3,14 1,00 1,88 6,29 23	5,87 0,97 4,06 7,79 25	4,70 7,52 3,14 5,92 25	3,84 0,61 2,76 4,92 23	7,25 1,52 3,92 8,68 25	6,39 2,22 3,84 7,98 23	4,93 0,88 3,15 6,89 23
Signifikanz zwischen den Gruppen 1, 2 und 3 in jedem Lendenwirbel p = 0,000									

Tabelle 8.13: Breitendurchmesser (mm) des Canalis vertebralis im Vergleich zwischen den drei Hundegruppen:

Segm.	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe 3		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)
	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)
	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)
	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)
	n	n	n	n	n	n	n	n	n
L1	9,52 1,66 7,38 13,53 25	7,97 1,08 6,23 10,28 25	9,98 1,45 7,73 14,28 25	12,56 1,44 9,97 15,71 25	10,65 1,11 8,5 12,96 25	13,35 1,52 10,7 16,14 25	14,48 1,63 10,8 17,06 25	11,97 1,35 9,68 13,69 25	15,6 1,74 10,88 18,73 25
L2	9,75 1,63 6,81 13,72 25	8,15 0,97 6,06 10,49 25	9,87 1,46 7,89 13,65 25	12,61 1,38 10,07 14,84 25	10,76 1,04 8,57 12,63 25	13,25 1,43 10,52 16,57 25	14,91 1,72 11,2 18,19 25	12,2 1,23 10,3 14,33 25	15,58 1,92 12,47 20,11 25
L3	10,18 1,47 7,74 13,96 25	8,81 0,91 6,81 11,2 25	10,81 1,35 8,16 13,72 25	13,35 1,15 11,31 16,06 25	11,36 1,13 9,33 13,45 25	14,16 1,5 11,55 18,1 25	15,23 1,91 9,42 18,37 25	12,74 1,2 10,22 15,2 25	16,31 1,74 13,03 20,43 25
L4	10,75 1,49 7,82 14,75 25	9,72 0,96 7,4 11,77 25	11,81 1,57 8,82 14,51 25	14,32 1,25 11,93 16,71 25	12,4 1,12 10,38 14,27 25	15,64 1,91 11,39 19,32 25	16,39 1,71 11,6 19,33 25	13,91 1,15 11,68 16,33 25	18,32 2,11 13,11 22,01 25
L5	11,06 1,67 8,16 15,3 25	9,67 1,06 7,73 12,07 25	12,25 1,62 9,12 15,33 25	14,6 1,67 10,93 17,2 25	12,48 1,25 8,83 14,42 25	16,53 2,13 11,16 20,02 25	16,58 1,9 10,4 19,48 25	14,69 2,22 10,32 23,13 25	19,81 2,44 13,03 23,71 25
L6	10,83 1,68 8,07 16,01 25	9,58 0,94 7,63 11,75 25	12,73 1,51 9,12 15,48 25	14,22 1,5 11,39 16,6 25	12,28 0,97 10,38 14,09 25	17,08 2,23 12,93 20,77 25	16,62 1,98 11,12 20,9 25	14,36 1,94 10,8 21,83 25	20,17 3,1 13,5 25,7 25
L7	10,95 1,51 8,16 14,43 25	10,22 1,12 8,51 12,42 25	13,26 1,51 10,09 16,96 25	14,42 1,56 11,07 17,08 25	12,78 1,12 10,54 14,9 25	18,13 1,63 15,19 20,9 25	16,53 1,97 12,95 21,14 25	14,48 2,22 12,33 23,93 25	20,49 2,74 13,36 23,63 25
S1	11,72 1,76 8,42 16,55 25	11,03 1,41 8,16 15,02 25	13,29 1,51 10,53 16,07 22	14,38 1,68 11,46 18,1 24	13,49 1,72 11,08 17,81 24	16,74 1,48 13,84 19,46 22	16,82 1,7 13,66 21,83 23	15,96 1,18 13,26 18,29 23	19,64 2,21 14,06 23,61 22
Signifikanz zwischen den Gruppen 1, 2 und 3 in jedem Lendenwirbel p = 0,000									

Tabelle 8.14: Höhendurchmesser (mm) des Duralsacks im Vergleich zwischen den drei Gruppen:

Segm.	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe 3		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)				
	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)				
	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)				
	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)
	n	n	n	n	n	n	n	n	n
L1	5,73 0,78 3,33 6,76 25	5,88 0,64 4,59 6,91 25	5,83 0,84 3,87 7,17 25	6,91 0,64 5,75 8,14 25	7,15 0,7 5,75 8,17 25	7,12 0,72 5,9 8,23 25	7,2 0,84 5,42 9,34 25	7,47 0,76 5,86 9,34 25	7,5 0,74 6,13 9,34 25
L2	5,94 0,71 4,5 7,17 25	6,11 0,65 4,82 7,17 25	6,12 0,89 3,87 7,17 24	7,2 0,74 5,48 8,41 25	7,37 0,68 6,36 8,76 25	7,56 0,75 6,36 8,76 25	7,59 0,7 6,16 9,25 25	7,84 0,61 6,75 9,25 25	7,85 0,74 6,41 9,51 25
L3	6,39 0,81 4,95 7,95 25	6,64 0,76 5,22 8,16 25	6,81 0,98 4,59 9,14 25	7,79 0,63 6,79 9 25	7,99 0,97 4,2 9,26 25	8,44 0,62 7,22 9,95 25	8,02 0,78 6,41 9,86 25	8,38 0,67 7,17 10,12 25	8,78 0,75 7,34 10,73 24
L4	7 0,84 5,58 9,23 25	7,24 0,73 5,85 8,96 25	7 0,97 4,95 9,17 24	8,72 0,55 7,66 9,77 25	8,86 0,58 7,57 10,13 25	8,86 0,79 7,38 10,04 25	9,19 0,87 7,17 11,43 24	9,43 0,72 8,25 10,82 25	9,59 0,88 8,02 10,93 25
L5	6,72 1,13 5,02 9,43 25	6,53 1,13 4,61 8,99 25	5,77 1,08 3,94 7,67 24	8,3 0,96 6,44 9,95 25	7,69 1,02 5,91 9,96 25	6,9 1,35 4,58 10,26 23	9,35 1,01 7,42 10,72 25	8,81 1,05 6,58 10,45 25	8,09 1,31 4,85 10,26 23
L6	5,23 1,1 3,58 7,28 25	4,84 1,04 3,22 6,65 25	4,31 1,02 2,51 6,33 25	5,92 1,29 3,7 8,77 24	5,17 1,23 2,73 7,2 25	4,47 1,2 2,2 6,52 25	6,96 1,34 3,9 9,53 25	6,09 1,21 3,12 8,54 25	5,24 0,96 2,77 7,43 25
L7	3,79 1,06 1,07 5,48 25	3,39 1,15 0,98 5,55 25	2,89 1,17 0 4,76 25	3,8 1,36 0 5,73 25	3,39 1,15 0 5,57 25	2,42 1,69 0 5,57 24	4,51 1,17 1,39 6,26 25	4,16 1,04 0,86 5,72 25	3,74 1,19 0,43 5,51 24
S1	1,83 1,19 0 3,95 25	1,21 1,23 0 3,32 24	0,74 0,91 0 2,42 23	1,51 1,57 0 4,89 25	1,21 1,23 0 4,02 24	0,47 0,91 0 3,04 23	2,29 1,45 0 4,57 23	1,4 1,41 0 3,99 23	0,78 1,13 0 3,73 23
Signifikanz zwischen den Gruppen 1, 2 und 3 je Lendenwirbel									
Segment	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1	
kranial	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,059	0,166	
zentral	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,007	0,508	
kaudal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,005	0,515	

Tabelle 8.15: Breitendurchmesser (mm) des Duralsacks im Vergleich zwischen den drei Gruppen:

Segm.	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe 3		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)
	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)
	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)
	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)
	n	n	n	n	n	n	n	n	n
L1	7,11 0,63 5,89 8,23 25	7,09 7,31 5,81 8,34 25	7,18 0,7 5,89 8,32 25	7,67 0,62 6,68 9,12 25	7,67 0,69 6,68 9,12 25	7,71 0,67 6,61 9,12 25	8,04 0,62 7,19 9,58 25	8,2 0,55 7,19 9,38 25	8,23 0,48 7,46 9,38 25
L2	7,38 0,63 6,08 8,5 25	7,46 0,7 5,8 8,52 25	7,66 0,7 6,14 8,99 25	7,85 0,68 6,68 9,04 25	7,94 0,57 6,76 9,04 25	8,19 0,75 6,76 9,54 25	8,28 0,45 7,51 9,33 25	8,46 0,55 7,67 9,86 25	8,54 0,51 7,94 10,01 25
L3	8,06 0,7 6,23 9,27 25	8,32 0,72 6,39 9,64 25	8,78 0,82 6,81 10,16 25	8,56 0,75 6,92 9,88 25	9,03 0,82 7,47 10,87 25	9,49 0,96 7,63 10,85 25	8,81 0,55 7,99 10,31 25	9,32 0,73 8,23 11,2 25	9,75 0,71 8,81 11,52 25
L4	9,36 0,92 7,15 11,49 25	9,4 0,91 7,4 11,3 25	9,49 1,12 7,31 11,49 25	10,24 0,86 8,57 11,97 25	10,43 0,91 8,73 12,29 25	10,24 1,01 7,72 12,13 25	10,42 0,8 9,08 12,49 25	11,08 0,69 9,76 12,49 25	11,13 0,74 9,77 13,32 25
L5	9,11 1,43 6,42 11,4 25	8,2 1,52 5,35 10,92 25	7,36 1,59 4,43 9,96 25	9,79 1,13 7,35 12,05 25	8,54 1,48 6,1 11,33 25	7,41 1,74 3,82 10,32 25	11,07 1,01 9,21 12,89 25	10,14 1,19 7,55 12,22 25	9,16 2,01 5,3 15,86 25
L6	6,37 1,77 3,43 9,64 25	5,24 1,5 2,91 7,85 25	4,61 1,29 2,78 8,11 25	6,46 1,72 3,45 9,98 25	5,29 1,58 1,87 8,38 25	4,63 1,45 1,12 7,07 25	7,83 1,45 4,31 10,12 25	6,37 1,36 3,39 8,59 25	5,24 1,31 2,46 8,12 25
L7	4,13 1,21 1,51 6,99 25	3,45 1,34 1,07 6,7 25	2,85 1,45 0 5,81 25	3,77 1,58 0 6,5 25	2,97 1,6 0 5,69 25	2,33 1,52 0 4,89 25	4,27 1,34 1,07 6,37 25	3,43 1,84 0 6,28 25	2,84 1,96 0 5,66 25
S1	1,96 1,51 0 4,73 25	1,48 1,32 0 3,62 25	1,06 1,11 0 3,06 22	1,5 1,62 0 5,26 24	0,98 1,62 0 5,12 24	0,76 1,47 0 4,87 21	1,75 1,74 0 4,66 23	1,25 1,4 0 4,28 23	0,89 1,19 0 4,04 22
Signifikanz zwischen den Gruppen 1, 2 und 3 je Lendenwirbel									
Segment	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1	
kranial	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,004	0,431	0,61	
zentral	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,498	0,498	
kaudal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,189	0,459	0,741	

Tabelle 8.16: Höhendurchmesser (mm) der Medulla spinalis im Vergleich zwischen den drei Hundegruppen:

	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe 3		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
	X (mm)								
	SD (mm)								
	Min (mm)								
	Max(mm)								
	n	n	n	n	n	n	n	n	n
L1	4,31 0,52 2,88 5,44 25	4,46 0,52 3,73 5,55 25	4,43 0,58 3,15 5,52 25	5,04 0,59 3,88 6,2 25	5,25 0,52 3,79 6,12 25	5,24 0,51 3,88 6,12 25	5,29 0,54 4,08 6,19 25	5,5 0,48 4,44 6,45 25	5,6 0,46 4,53 6,45 25
L2	4,58 0,54 3,76 5,55 25	4,8 0,6 3,78 5,7 25	4,85 0,7 3,51 6,18 25	5,34 0,51 3,97 6,29 25	5,53 0,53 4,05 6,55 25	5,71 0,47 4,41 6,64 25	5,66 0,53 4,56 6,53 25	5,85 0,56 4,56 7,01 25	5,91 0,54 4,64 6,93 25
L3	4,95 0,62 4 6,28 25	5,25 0,59 4,23 6,45 25	5,34 0,62 4,14 6,67 25	5,81 0,55 4,05 6,99 25	6 0,55 4,5 7,25 25	6,23 0,55 5,29 7,6 25	6,01 0,5 5,06 6,89 25	6,29 0,55 5,24 7,93 25	6,46 0,67 5,06 7,84 25
L4	5,43 0,57 4,57 6,79 25	5,53 0,62 3,94 6,88 25	5,17 0,84 2,87 6,44 24	6,3 0,73 3,97 7,69 25	6,39 0,94 3,7 8,04 25	6,02 1,37 2,74 8,61 25	6,59 0,83 4,98 8,01 24	6,8 1,01 4,44 9,18 25	6,78 0,98 4,35 8,49 25
L5	4,77 1,18 2,15 6,71 25	4,22 1,52 0 6,7 25	3,65 1,54 0 6,61 23	5,32 1,14 3,37 7,13 24	4,53 1,19 2,89 6,52 24	3,81 1,19 2,11 6,17 22	6,14 1,16 3,88 8,19 25	5,32 1,28 2,61 7,51 25	4,44 1,13 2,02 6,36 25
L6	3,32 1,38 1,38 6,4 21	2,95 1,44 1,07 5,71 17	2,68 1,34 1,05 5,09 14	3,41 1,06 1,39 5,22 17	2,76 0,9 1,29 4,52 14	2,19 0,57 1,46 2,95 11	3,61 1,1 1,12 5,6 22	2,97 0,74 1,7 4,58 17	2,55 0,66 1,95 3,79 11
L7	2,54 0,749 1,41 3,42 5	2,13 0,78 0,88 3,06 5	0 0 0 0 0	1,7 0,6 1,08 2,29 3	1,27 0 1,27 1,27 1	0 0 0 0 0	1,76 0,57 1,13 2,6 5	1,38 0 1,38 1,38 1	0 0 0 0 0
Signifikanz zwischen den Gruppen 1, 2 und 3 je Lendenwirbel									
Segment	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1	
kranial	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,720	0,15		,
zentral	0,000	0,000	0,000	0,000	0,15	0,841	0,530		,
kaudal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,091	0,455			,

Tabelle 8.17: Breitendurchmesser (mm) der Medulla spinalis im Vergleich zwischen den drei Hundegruppen:

Segm.	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe 3		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)
	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)	SD (mm)
	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)	Min (mm)
	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)	Max(mm)
	n	n	n	n	n	n	n	n	n
L1	5,93 0,61 4,71 6,87 25	6 0,65 4,79 6,87 25	6,12 0,65 4,91 7,51 25	6,25 0,53 4,78 7,2 25	6,29 0,55 4,7 7,2 25	6,41 0,58 4,78 7,44 25	6,63 1,73 4,09 14,12 25	6,4 0,75 4,09 7,53 25	6,58 0,66 4,88 7,83 25
L2	6,22 0,66 4,99 7,51 25	6,35 0,67 4,79 7,55 25	6,51 0,69 5,3 7,6 25	6,48 0,59 4,95 7,54 25	6,66 0,6 5,03 7,6 25	6,84 0,74 5,54 8,33 25	6,64 0,68 4,55 7,83 25	6,78 0,71 4,88 8,09 25	6,91 0,69 4,66 8,05 25
L3	6,89 0,73 5,64 8,15 25	7,16 0,69 5,64 8,43 25	7,57 0,83 5,8 9,08 25	7,12 0,72 5,54 8,25 25	7,56 0,76 6,22 9,37 25	8,03 0,76 6,45 9,22 25	7,08 0,72 4,66 8,07 25	7,56 0,83 5,16 9,28 25	7,87 0,88 5,02 9,4 25
L4	7,92 0,89 6,14 9,68 25	8,05 0,98 6,31 10,01 25	7,93 1,38 4,45 10,59 25	8,46 0,74 7,24 9,71 25	8,71 0,93 5,77 10,05 25	8,45 0,69 6,3 9,89 24	8,43 1,03 4,8 9,53 25	8,54 1,18 4,88 10,13 25	8,26 1,54 2,6 9,98 25
L5	7,3 1,61 4,55 10,77 24	6,34 1,77 3,52 9,8 24	5,43 1,73 2,81 8,5 19	7,38 1,4 4,36 9,34 23	5,84 1,51 3,5 9,5 23	4,99 1,53 2,31 8,22 17	7,63 1,87 1,68 10,01 25	6,45 1,95 0,84 8,55 24	4,94 1,9 0,73 8,64 20
L6	5,17 1,95 2,46 8,19 10	3,93 1,53 1,35 6,33 7	4,11 0,65 3,4 4,7 3	3,82 1,4 2,36 6,14 5	3,18 0,77 2,43 3,99 3	2,3 0 2,3 2,3 1	4,61 2,42 0,65 8,05 9	4,94 1,5 2,65 6,64 5	0 0
Signifikanz zwischen den Gruppen 1, 2 und 3 je Lendenwirbel									
Segment	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1	
kranial	0,088	0,076	0,487	0,064	0,771	0,499	,	,	
zentral	0,096	0,075	0,118	0,078	0,455	0,255	,	,	
kaudal	0,044	0,108	0,151	0,381	0,639	0,512	,	,	

8.1.5 Morphometrische Rasseunterschiede:

Tab. 8.20a: Rasseunterschiede der Höhe des Canalis vertebralis von Dobermann, Deutscher Schäferhund (DSH) und dessen Mischlinge und Cocker Spaniel und dessen Mischlinge.

Rasse	Dobermann			DSH u. DSH-Mix			Cocker Spaniel u. Cocker-Mix		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mm	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
mm	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
mm	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
Tiere (N)	4	4	4	6	6	6	3	3	3
L1	9,27	10,20	10,61	9,16	9,81	9,55	7,75	8,03	8,07
	0,62	0,37	1,25	1,49	1,14	1,19	0,84	0,52	0,95
	8,65	9,86	9,38	7,10	8,45	8,06	7,11	7,44	7,03
	9,83	10,64	11,73	11,37	11,54	11,04	8,71	8,45	8,88
L2	9,78	10,31	10,46	9,33	9,51	9,68	7,66	8,15	8,12
	0,79	0,44	1,19	1,31	0,86	1,28	0,48	0,55	0,47
	9,26	9,78	9,17	7,64	8,19	8,45	7,26	7,61	7,69
	10,95	10,73	11,47	10,62	10,36	12,08	8,19	8,71	8,62
L3	10,13	10,40	11,06	9,81	10,16	10,07	8,11	8,82	8,81
	0,65	0,67	0,89	0,90	0,71	1,17	0,60	0,21	0,57
	9,42	9,69	9,80	8,36	9,29	8,87	7,52	8,64	8,29
	10,95	11,21	11,81	10,96	11,02	11,99	8,71	9,06	9,43
L4	10,30	11,01	11,61	10,35	11,13	10,95	8,88	9,42	8,98
	0,83	1,10	1,04	0,68	1,02	1,23	0,32	0,54	0,45
	9,38	10,05	10,54	9,63	9,55	9,29	8,68	8,97	8,53
	11,38	12,59	12,72	11,22	12,16	12,74	9,24	10,02	9,43
L5	10,77	11,03	10,99	10,50	10,34	9,98	8,36	8,46	7,27
	0,59	0,72	0,76	1,04	0,67	1,14	0,07	0,56	0,84
	10,04	10,04	9,95	9,04	9,55	9,02	8,29	7,86	6,36
	11,46	11,62	11,77	11,88	11,46	11,46	8,44	8,97	8,02
L6	9,50	10,02	10,62	9,15	9,07	8,81	7,21	7,36	6,72
	0,86	0,81	0,52	1,10	0,94	0,66	0,57	1,34	0,44
	8,62	9,15	10,04	7,39	7,98	8,11	6,62	5,96	6,29
	10,54	10,88	11,29	10,27	10,36	9,93	7,75	8,62	7,17
L7	8,87	8,85	9,40	7,70	7,95	7,89	5,98	6,41	6,44
	1,24	1,28	1,57	0,94	1,09	1,49	0,11	0,51	0,38
	7,73	7,55	7,46	6,67	6,76	6,24	5,87	5,87	6,04
	10,05	10,13	11,29	8,83	9,42	9,68	6,10	6,88	6,79
S1	7,86			6,35			5,09		
	0,96			1,23			0,89		
	6,49			5,24			4,06		
	8,63			8,31			5,62		

Tab. 8.20b: Rasseunterschiede der Höhe des Canalis vertebralis von Foxhound, Gruppe der Westhighland White- u. Cairn Terrier, Teckel und Gruppe der Staffordshire- u. Pitbull Terrier.

Rasse	Foxhound			Westis u. Cairn Terrier			Teckel			Staffordshire-u. Pitbull Terrier		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
iere (N)	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
L1	9,55	10,26	10,71	6,38	6,97	7,16	5,40	6,01	5,48	8,93	9,10	9,40
	1,05	0,87	1,02	0,75	1,01	1,24	1,00	0,48	0,92	0,62	0,71	0,40
	7,91	9,09	9,09	5,64	5,88	6,25	3,42	5,47	3,87	8,48	8,22	9,00
	11,10	11,53	12,57	7,53	8,61	9,24	6,47	6,75	6,47	9,84	9,76	9,93
L2	9,71	10,10	10,69	6,90	7,28	7,40	5,88	6,66	5,91	9,10	9,49	9,90
	0,89	0,84	0,66	0,95	0,97	1,05	0,75	0,65	0,99	0,53	0,79	0,55
	8,65	9,27	9,76	6,08	6,61	6,61	4,50	5,92	3,87	8,48	8,65	9,35
	11,29	11,96	11,55	8,43	8,97	9,06	6,91	7,78	6,73	9,76	10,36	10,62
L3	9,64	10,66	10,80	7,20	7,97	7,96	6,12	7,02	6,40	9,34	9,70	10,18
	0,64	0,66	0,92	0,75	0,82	0,84	0,68	0,66	0,52	0,52	0,41	0,24
	9,08	9,51	9,76	6,52	6,97	7,15	4,95	6,03	5,49	8,98	9,15	9,97
	11,12	11,88	12,31	8,25	9,15	9,15	7,00	7,87	7,17	10,12	10,03	10,53
L4	10,14	11,29	10,90	7,79	8,40	7,82	6,67	7,63	6,61	9,73	10,09	9,90
	0,67	0,63	0,68	0,90	0,74	0,92	0,70	0,46	0,85	0,37	0,46	0,31
	9,08	10,48	9,90	6,87	7,42	7,22	5,67	7,06	4,95	9,24	9,58	9,53
	11,55	12,31	12,06	9,24	9,51	9,42	7,87	8,22	7,70	10,14	10,72	10,20
L5	9,88	10,83	10,20	7,46	7,45	6,74	6,88	7,64	6,31	9,38	9,40	9,59
	0,55	0,65	0,65	0,87	1,00	0,98	0,77	0,86	0,86	0,81	0,67	0,22
	9,10	9,73	9,06	6,78	6,52	5,64	5,85	6,37	5,38	8,57	8,48	9,43
	11,04	12,14	11,46	8,97	9,15	8,16	8,13	8,92	7,96	10,38	10,02	9,84
L6	8,83	9,84	9,37	6,19	6,54	6,39	5,89	6,21	5,41	8,70	8,78	9,01
	0,70	0,84	0,75	1,26	1,19	0,94	0,87	1,01	0,56	0,16	0,49	0,20
	7,72	8,41	8,24	5,07	5,51	5,34	5,10	5,00	4,68	8,57	8,15	8,72
	9,76	10,98	10,53	8,34	8,43	7,71	7,52	7,46	6,30	8,89	9,35	9,17
L7	8,02	8,86	8,13	5,56	5,83	4,92	5,28	5,85	5,09	7,29	7,87	7,93
	0,67	0,54	0,66	0,62	1,04	1,31	0,57	1,02	0,52	0,75	0,36	0,23
	7,14	7,98	7,30	4,93	4,76	3,35	4,50	4,46	4,29	6,73	7,51	7,60
	9,42	9,71	9,06	6,55	7,35	6,37	6,12	7,17	5,86	8,30	8,22	8,15
S1	6,58			4,01			3,95			6,52		
	1,23			0,88			0,63			0,33		
	4,99			2,91			2,69			6,13		
	8,66			5,22			4,59			6,95		
Signifikanz zwischen den sieben Gruppen je Lendenwirbel:												
Segment	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1				
kranial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
zentral	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
kaudal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				

Tab. 8.21a: Rasseunterschiede der Breite des Canalis vertebralis von Dobermann, Deutscher Schäferhund (DSH) und dessen Mischlinge und Cocker Spaniel und dessen Mischlinge.

Rasse	Dobermann			DSH u. DSH-Mix			Cocker Spaniel u. Cocker-Mix		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mm	SD								
mm	Min.								
mm	Max.								
N	4	4	4	6	6	6	3	3	3
L1	15,41 1,07 13,85 16,16	13,07 0,76 11,99 13,62	16,21 0,99 15,29 17,42	13,35 1,09 11,90 14,89	10,92 1,09 9,93 12,66	15,25 1,76 12,39 17,11	10,83 0,74 9,98 11,35	9,26 0,49 8,96 9,82	11,47 0,97 10,70 12,56
L2	16,32 1,05 15,22 17,50	13,33 0,83 12,42 14,34	16,64 2,36 15,04 20,12	13,74 1,49 11,90 15,73	11,06 1,03 9,78 12,59	14,93 1,57 12,84 17,19	10,49 0,43 10,08 10,94	9,38 0,20 9,15 9,51	11,25 0,62 10,53 11,63
L3	16,01 0,89 15,14 17,19	13,55 0,66 12,99 14,49	17,32 2,09 16,01 20,43	14,65 1,32 13,66 17,19	11,93 0,95 10,75 13,20	16,01 1,13 14,43 17,34	11,88 0,63 11,31 12,55	9,83 0,35 9,54 10,22	12,44 0,77 11,55 12,96
L4	17,36 1,41 15,58 18,61	14,60 1,24 13,13 16,16	19,77 2,15 17,37 22,02	15,80 1,19 14,63 17,88	13,33 0,91 12,17 14,37	18,21 1,59 15,75 20,45	12,46 0,65 11,94 13,20	10,99 0,52 10,39 11,35	13,05 1,63 11,40 14,65
L5	18,08 0,96 17,44 19,48	16,67 4,58 12,40 23,13	20,24 2,32 17,02 22,57	16,72 1,02 15,70 18,42	14,25 0,99 12,62 15,50	20,14 1,84 17,25 21,75	12,48 1,67 10,93 14,24	10,68 1,60 8,84 11,63	13,69 2,21 11,16 15,29
L6	18,61 1,71 16,86 20,91	14,74 0,76 14,13 15,84	21,76 2,49 19,34 24,95	16,26 1,19 14,63 17,88	13,66 1,02 12,02 14,73	18,77 4,99 13,51 25,71	11,94 0,88 11,40 12,96	10,83 0,53 10,39 11,43	14,65 1,07 13,49 15,61
L7	17,45 2,62 15,29 21,15	14,74 0,54 14,07 15,36	20,50 2,90 16,65 23,52	16,01 1,01 14,22 17,11	13,49 1,38 11,42 14,83	19,42 3,41 13,37 22,52	12,36 1,17 11,08 13,36	11,44 0,78 10,54 11,94	16,18 1,16 15,20 17,46
S1	16,73 1,83 15,29 19,40			16,28 2,09 12,77 18,03			13,41 1,97 12,02 14,81		

Tab. 8.22a: Rasseunterschiede der Duralsackhöhe von Dobermann, Deutscher Schäferhund (DSH) und dessen Mischlinge und Cocker Spaniel und dessen Mischlinge.

Rasse	Dobermann			DSH u. DSH-Mix			Cocker Spaniel u. Cocker-Mix		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
	N	N	N	N	N	N	N	N	N
mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mm	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
mm	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
mm	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
L1	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	7,28	7,54	7,63	6,85	7,30	7,27	6,23	6,35	6,29
	1,28	1,14	1,05	0,58	0,68	0,83	0,59	0,50	0,47
	5,42	5,87	6,13	6,17	6,45	5,94	5,83	5,96	5,96
	8,36	8,36	8,54	7,61	7,96	8,06	6,91	6,91	6,82
L2	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	7,79	8,05	8,12	7,20	7,56	7,47	6,31	6,69	6,74
	0,83	0,63	0,65	0,65	0,75	0,71	0,77	0,28	0,22
	6,67	7,38	7,47	6,28	6,37	6,37	5,49	6,45	6,62
	8,62	8,80	8,74	7,88	8,34	8,34	7,00	7,00	7,00
L3	4	4	4	6	6	5	3	3	3
	8,38	8,42	8,80	7,86	8,24	8,70	7,17	7,88	7,70
	0,67	0,25	0,93	0,68	0,57	0,70	0,10	0,30	0,44
	7,47	8,05	7,47	7,10	7,52	7,52	7,08	7,61	7,23
	9,05	8,62	9,57	8,80	8,98	9,25	7,28	8,21	8,11
L4	4	4	4	5	6	6	3	3	3
	8,91	9,03	9,51	9,37	9,45	9,31	8,16	8,59	8,19
	0,82	0,57	0,54	0,48	0,64	1,16	0,21	0,35	0,26
	7,72	8,30	8,72	8,70	8,36	7,39	7,92	8,19	7,92
	9,57	9,69	9,95	9,88	10,08	10,36	8,29	8,81	8,44
L5	4	4	4	6	6	5	3	3	3
	9,60	9,15	8,36	9,29	8,94	8,30	7,26	6,95	5,67
	0,30	0,53	0,98	1,41	1,18	1,70	0,28	0,41	0,65
	9,17	8,48	7,18	7,30	7,05	5,60	7,03	6,62	5,13
	9,83	9,63	9,55	10,73	10,45	10,27	7,58	7,40	6,39
L6	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	7,50	6,50	5,42	7,21	6,27	5,23	4,67	4,19	3,53
	0,92	0,98	0,55	1,62	1,28	1,01	0,54	0,39	0,25
	6,40	5,63	4,67	4,75	4,50	3,65	4,22	3,80	3,31
	8,63	7,56	5,87	9,53	8,07	6,33	5,27	4,58	3,80
L7	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	4,78	4,47	4,51	4,08	4,36	3,89	2,90	2,31	0,55
	0,65	0,64	1,16	1,50	0,81	0,85	0,47	0,10	0,96
	3,98	3,81	2,94	1,40	3,06	2,46	2,44	2,23	0,00
	5,52	5,31	5,52	5,55	5,55	4,85	3,37	2,42	1,65
S1	4	3	3	5	5	5	3	3	1
	3,55	2,33	2,02	1,99	1,38	0,87	0,58	0,52	0,00
	0,92	2,08	1,88	1,35	1,21	0,88	1,01	0,91	,
	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4,57	4,00	3,73	3,48	2,75	1,92	1,74	1,57	0,00

Tab. 8.22b: Rasseunterschiede der Duralsackhöhe von Foxhound, Gruppe der Westhighland White- u. Cairn Terrier, Teckel und Gruppe der Staffordshire- u. Pitbull Terrier.

Rasse	Foxhound			Westi / Cairn Terrier			Teckel			Staffordshire-/ Pitbull Terrie		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mm	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
mm	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
mm	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
L1	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
	6,75	7,04	7,08	6,01	6,07	6,20	4,88	5,21	4,95	7,43	7,56	7,54
	0,44	0,57	0,47	0,39	0,57	0,76	0,79	0,45	0,75	0,32	0,22	0,23
	5,75	5,75	6,19	5,64	5,43	5,43	3,33	4,59	3,87	7,17	7,42	7,42
	7,39	7,73	7,73	6,64	6,82	7,17	5,60	5,69	5,87	7,89	7,89	7,89
L2	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
	7,25	7,43	7,60	6,29	6,36	6,47	5,22	5,53	5,15	7,63	7,76	8,00
	0,45	0,45	0,50	0,61	0,61	0,62	0,67	0,63	0,81	0,15	0,11	0,15
	6,27	6,45	6,54	5,79	5,70	5,79	4,50	4,82	3,87	7,42	7,60	7,77
	7,98	8,07	8,21	7,17	7,17	7,17	6,38	6,47	6,21	7,80	7,81	8,15
L3	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
	7,83	8,27	8,63	6,74	7,12	7,56	5,48	5,82	5,70	8,17	8,43	8,75
	0,54	0,59	0,50	0,62	0,72	1,04	0,58	0,39	0,63	0,15	0,24	0,17
	6,80	7,32	7,98	5,90	6,33	6,52	4,95	5,22	4,59	8,03	8,20	8,57
	8,66	9,10	9,36	7,44	8,07	9,15	6,65	6,56	6,56	8,39	8,65	8,92
L4	11	11	11	5	5	4	7	7	7	4	4	4
	8,92	9,33	9,31	7,68	7,72	7,53	6,21	6,51	6,23	9,04	9,01	9,29
	0,53	0,65	0,68	0,93	0,79	0,92	0,53	0,45	0,80	0,17	0,19	0,32
	8,24	8,25	8,34	6,87	6,96	6,69	5,58	5,85	4,95	8,89	8,81	8,98
	9,85	10,27	10,61	9,24	8,97	8,79	7,26	7,17	7,20	9,27	9,27	9,69
L5	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	3
	8,91	8,14	7,26	6,76	6,59	6,22	6,32	6,52	5,51	8,92	8,12	7,84
	0,75	0,79	1,09	1,01	0,80	0,90	0,91	1,03	1,18	0,78	0,73	0,91
	7,85	6,68	4,85	5,79	5,79	5,34	5,02	5,20	3,95	8,04	7,51	6,91
	10,53	9,76	9,17	8,43	7,89	7,62	7,87	8,05	7,52	9,95	9,00	8,75
L6	11	11	11	5	5	5	7	7	7	3	4	4
	6,13	5,30	4,58	5,19	4,46	4,02	5,22	5,11	4,46	6,94	5,85	5,53
	0,91	0,93	0,85	0,81	0,45	0,42	1,16	1,04	1,04	1,13	1,01	0,76
	3,90	3,12	2,77	4,34	3,89	3,48	3,95	3,68	3,05	5,78	4,92	4,75
	7,64	7,05	6,28	6,37	5,09	4,65	7,00	6,30	6,03	8,06	7,20	6,52
L7	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	3
	4,06	3,51	3,00	3,33	2,80	2,44	3,89	3,56	3,12	4,44	4,08	3,73
	1,03	1,17	1,20	0,81	0,99	0,80	0,74	0,91	0,99	1,08	1,22	1,90
	1,47	0,87	0,43	2,11	1,32	1,23	2,87	2,37	2,06	3,23	2,62	1,74
	5,26	5,26	4,84	4,29	3,84	3,14	4,81	4,59	4,68	5,74	5,57	5,57
S1	11			5			7			4	4	4
	1,90			1,19			2,01			1,55		
	1,46			0,77			1,12			2,31		
	0,00			0,00			0,00			0,00		
	4,42			1,83			3,18			4,89		

Signifikanz zwischen den sieben Rassen je Lendenwirbel:								
Segment	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1
kranial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,174	0,052
zentral	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,006	0,018	0,392
kaudal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,025	0,00	0,256

Tab. 8.23a: Rasseunterschiede der Duralsackbreite von Dobermann, Deutscher Schäferhund (DSH) und dessen Mischlinge und Cocker Spaniel und dessen Mischlinge.

Rasse	Dobermann			DSH u. DSH-Mix			Cocker Spaniel u. Cocker-Mix		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
mm	n	n	n	n	n	n	n	n	n
mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mm	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
mm	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
mm	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
L1	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	8,38	8,56	8,48	7,96	8,12	8,34	7,65	7,41	7,51
	0,86	0,57	0,28	0,62	0,35	0,33	0,19	0,28	0,57
	7,75	7,76	8,09	6,87	7,71	7,92	7,48	7,08	6,92
	9,58	9,11	8,76	8,67	8,67	8,90	7,86	7,60	8,06
L2	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	8,49	8,71	8,56	8,20	8,31	8,67	7,82	7,80	8,53
	0,56	0,75	0,49	0,35	0,44	0,53	0,88	0,48	0,87
	7,85	7,68	8,01	7,71	7,78	8,13	6,84	7,24	7,97
	9,19	9,34	9,09	8,67	8,84	9,52	8,53	8,09	9,54
L3	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	8,83	9,37	9,79	8,95	9,40	9,69	8,82	8,98	9,90
	0,46	0,45	0,34	0,56	0,93	0,63	0,63	0,56	0,96
	8,33	8,98	9,46	8,27	8,70	8,81	8,21	8,37	8,93
	9,27	9,92	10,16	9,59	11,20	10,36	9,46	9,46	10,85
L4	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	10,21	10,94	11,11	10,42	11,27	11,10	10,48	10,30	10,15
	0,64	0,96	0,10	0,65	0,49	0,81	0,48	0,36	0,76
	9,55	9,76	11,00	9,33	10,68	9,93	10,06	9,90	9,69
	10,77	12,07	11,24	11,13	11,84	12,05	11,01	10,61	11,02
L5	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	11,24	10,14	9,76	11,34	9,90	8,68	9,31	7,60	5,92
	0,42	0,69	3,40	1,36	1,82	2,08	0,93	0,74	1,03
	10,77	9,19	7,92	9,71	6,87	5,60	8,64	6,74	4,95
	11,77	10,69	12,07	12,89	12,04	10,67	10,38	8,05	7,00
L6	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	8,29	6,54	5,65	7,74	6,17	5,36	5,05	4,07	3,37
	1,43	1,37	0,79	1,48	1,44	1,16	1,18	0,96	0,67
	6,86	5,21	4,91	5,97	4,40	3,81	3,69	2,99	2,59
	10,12	8,40	6,47	9,77	8,59	6,83	5,87	4,81	3,78
L7	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	4,86	4,46	4,33	4,40	3,27	2,72	2,92	2,29	1,42
	0,85	1,01	0,99	1,25	2,24	2,35	1,04	0,91	1,26
	4,12	3,59	3,39	3,00	0,00	0,00	1,73	1,26	0,00
	6,07	5,90	5,66	6,37	6,22	5,60	3,62	2,98	2,41
S1	4	4	4	5	5	4	2	2	1
	4,01	3,34	2,35	1,68	0,93	0,93	0,00	0,00	0,00
	0,92	0,97	1,69	1,86	1,28	1,11	0,00	0,00	,
	2,64	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4,67	4,29	4,04	4,04	2,57	2,20	0,00	0,00	0,00

Tab. 8.23b: Rasseunterschiede der Duralsackbreite von Foxhound, Gruppe der Westhighland White- u. Cairn Terrier, Teckel und Gruppe der Staffordshire- u. Pitbull Terrier.

Rasse	Foxhound			Westi / Cairn Terrier			Teckel			Staffordshire-/ Pitbull Terrie		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mm	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
mm	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
mm	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
L1	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
	7,72	7,79	7,80	7,33	7,26	7,32	7,05	7,01	7,01	7,78	7,71	7,75
	0,43	0,47	0,50	0,43	0,83	0,73	0,69	0,82	0,81	0,46	0,30	0,37
	6,93	6,93	6,69	6,83	6,02	6,10	5,89	5,89	5,89	7,40	7,44	7,44
	8,25	8,36	8,32	7,97	8,34	8,06	7,79	8,20	8,28	8,40	8,07	8,23
L2	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
	7,94	8,11	8,12	7,57	7,77	8,13	7,31	7,25	7,34	7,80	8,02	8,20
	0,56	0,60	0,61	0,49	0,61	0,58	0,64	0,78	0,73	0,40	0,26	0,41
	6,69	6,77	6,77	6,83	6,92	7,57	6,23	5,81	6,15	7,44	7,81	7,85
	8,44	8,76	8,85	8,16	8,53	8,99	8,07	8,07	8,25	8,31	8,40	8,80
L3	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
	8,48	8,92	9,43	8,51	8,91	9,51	7,77	7,86	8,23	8,56	9,00	9,46
	0,62	0,68	0,91	0,68	0,46	0,47	0,77	0,76	0,73	0,54	0,74	0,89
	6,93	7,48	7,63	7,65	8,50	8,77	6,23	6,40	6,82	8,01	8,34	8,59
	9,05	9,61	10,87	9,27	9,64	10,01	8,52	8,56	8,84	9,29	10,03	10,68
L4	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
	10,25	10,75	10,56	10,31	10,15	9,88	8,84	8,95	9,36	10,23	10,92	10,33
	0,82	0,84	0,80	0,72	0,77	1,17	0,91	0,87	1,01	0,61	0,58	0,79
	8,58	8,74	9,21	9,76	9,19	7,89	7,16	7,41	7,91	9,57	10,22	9,35
	11,42	12,08	11,57	11,49	11,31	10,85	9,95	9,86	10,49	10,84	11,66	11,25
L5	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
	10,21	8,91	7,84	9,49	8,28	7,46	9,32	8,80	7,93	10,44	8,97	8,40
	1,11	1,15	1,43	1,47	1,09	1,08	1,39	1,60	1,63	0,90	1,27	1,09
	9,03	7,40	5,43	7,16	6,51	5,78	7,32	6,27	5,24	9,44	7,66	7,73
	12,29	11,06	9,83	11,22	9,46	8,53	11,12	10,93	9,96	11,57	10,68	10,01
L6	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
	7,04	5,58	4,45	5,78	4,51	4,13	7,29	5,83	5,21	7,28	5,95	5,29
	1,69	1,44	1,32	1,97	1,16	0,86	1,91	1,75	1,75	1,14	1,33	1,20
	4,28	3,39	2,47	3,43	2,92	2,92	4,29	3,34	2,78	6,19	4,48	3,91
	9,65	7,79	6,56	8,06	5,65	5,10	9,64	7,79	8,12	8,75	7,64	6,82
L7	11	11	11	5	5	5	7	7	7	4	4	4
	3,40	2,70	1,81	3,64	2,97	2,52	4,51	3,55	3,14	4,76	4,22	3,57
	1,26	1,51	1,47	0,73	0,61	0,64	1,31	1,00	0,93	1,18	0,97	0,99
	1,08	0,00	0,00	2,83	2,57	2,13	2,86	2,54	2,15	3,74	3,42	2,52
	5,82	5,08	4,26	4,56	4,06	3,65	6,99	5,30	4,58	6,30	5,49	4,89
S1	11			5			7			4		
	1,23			1,31			2,07			2,52		
	1,54			1,05			1,25			2,31		
	0,00			0,00			0,00			0,00		
	4,26			2,90			3,21			5,26		

Signifikanz zwischen den sieben Rassen je Lendenwirbel:								
Segment	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1
kranial	0,012	0,024	0,036	0,005	0,025	0,099	0,102	0,020
zentral	0,002	0,012	0,006	0,00	0,086	0,141	0,304	0,007
kaudal	0,001	0,010	0,006	0,009	0,017	0,118	0,060	0,096

Tab. 8.24a: Rasseunterschiede der Höhe des Cavum epidurale von Dobermann, Deutscher Schäferhund (DSH) und dessen Mischlinge und Cocker Spaniel und dessen Mischlinge.

Rasse Segment	Dobermann			DSH u. DSH-Mix			Cocker Spaniel u. Cocker-Mix		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
mm	n	n	n	n	n	n	n	n	n
mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mm	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
mm	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
mm	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
L1	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	1,98	2,66	2,98	2,31	2,51	2,28	1,52	1,68	1,78
	1,59	1,01	1,88	1,04	1,17	1,91	1,22	0,51	0,90
	0,95	1,55	1,56	0,93	1,30	0,00	0,52	1,30	1,08
	4,35	4,00	5,60	3,76	4,11	5,09	2,87	2,26	2,79
L2	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	1,99	2,26	2,34	2,13	1,95	2,21	1,34	1,46	1,37
	0,75	0,30	1,43	0,75	0,62	1,55	1,24	0,55	0,55
	1,13	1,81	0,43	1,36	1,18	0,83	0,26	1,12	1,04
	2,84	2,42	3,82	3,17	2,63	4,62	2,70	2,09	2,00
L3	4	4	4	6	6	5	3	3	3
	1,75	1,97	2,26	1,95	1,93	1,37	0,94	0,94	1,11
	0,80	0,60	0,04	0,53	0,44	0,83	0,58	0,44	0,52
	1,07	1,16	2,22	1,27	1,38	0,52	0,43	0,43	0,52
	2,82	2,59	2,32	2,65	2,57	2,74	1,57	1,22	1,48
L4	4	4	4	5	6	6	3	3	3
	1,39	1,97	2,11	0,98	1,69	1,64	0,72	0,83	0,79
	0,42	1,11	0,92	0,39	0,46	0,85	0,27	0,36	0,19
	0,89	0,89	0,98	0,51	1,18	0,59	0,41	0,50	0,61
	1,81	3,54	3,12	1,46	2,40	2,80	0,95	1,21	0,99
L5	4	4	4	6	6	5	3	3	3
	1,17	1,88	2,63	1,20	1,40	1,81	1,10	1,51	1,60
	0,67	1,03	1,50	0,78	0,82	1,26	0,31	0,25	1,12
	0,27	0,53	1,42	0,26	0,60	0,70	0,78	1,24	0,87
	1,83	3,03	4,59	2,46	2,97	3,48	1,41	1,73	2,89
L6	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	2,00	3,52	5,20	1,95	2,80	3,57	2,80	3,18	3,19
	0,74	1,17	0,71	0,87	1,38	1,21	1,07	1,16	0,33
	0,98	2,04	4,18	0,73	1,39	2,69	1,99	2,15	2,81
	2,60	4,83	5,80	3,00	4,97	5,40	4,01	4,44	3,40
L7	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	4,10	4,38	4,89	3,62	3,59	4,00	3,07	4,11	5,89
	0,82	0,79	1,52	2,15	1,35	1,57	0,58	0,49	0,68
	3,11	3,38	3,11	1,30	1,65	1,39	2,51	3,64	5,14
	5,06	5,17	6,23	7,43	5,31	5,82	3,66	4,62	6,48
S1	4	3	3	5	5	5	3	3	1
	4,31	4,02	3,41	4,36	3,70	3,22	4,50	3,74	2,76
	1,19	2,49	2,69	0,89	0,85	1,17	0,97	0,61	,
	2,93	1,60	0,44	3,30	2,84	1,92	3,83	3,14	2,76
	5,63	6,57	5,71	5,33	5,07	4,48	5,62	4,35	2,76

Tab. 8.25a: Rasseunterschiede der Breite des Cavum epidurale von Dobermann, Deutscher Schäferhund (DSH) und dessen Mischlinge und Cocker Spaniel und dessen Mischlinge.

Rasse Segment	Dobermann			DSH u. DSH-Mix			Cocker Spaniel u. Cocker-Mix		
	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal	kranial	zentral	kaudal
mm	n	n	n	n	n	n	n	n	n
mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mm	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
mm	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
mm	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
L1	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	7,03	4,51	7,73	5,39	2,80	6,91	3,18	4,43	3,96
	0,83	0,92	1,17	1,05	1,10	1,66	0,93	4,14	0,47
	6,10	3,23	6,53	3,89	1,53	3,96	2,12	1,41	3,61
	7,85	5,34	8,95	7,14	4,60	8,75	3,86	9,15	4,50
L2	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	7,83	4,63	8,08	5,54	2,75	6,26	2,67	1,58	2,72
	0,66	0,70	2,49	1,62	1,00	1,42	1,31	0,60	0,80
	6,89	3,80	6,53	3,53	1,61	4,03	1,55	1,09	2,09
	8,32	5,26	11,80	7,60	4,45	7,90	4,10	2,25	3,62
L3	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	7,18	4,13	6,29	5,70	2,53	6,31	3,06	0,85	2,54
	0,81	0,82	0,73	1,50	1,30	1,34	1,12	0,91	1,69
	6,36	3,45	5,46	4,48	0,38	4,63	2,33	0,08	0,70
	7,92	5,23	7,20	8,60	3,91	8,06	4,35	1,85	4,02
L4	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	7,15	3,66	8,65	5,38	2,06	7,11	1,98	0,69	2,90
	0,80	0,98	2,12	1,20	0,94	1,13	1,11	0,73	1,04
	6,03	2,64	6,24	3,81	0,61	5,82	0,93	0,00	1,71
	7,84	4,99	10,93	7,37	3,08	9,15	3,14	1,45	3,62
L5	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	6,85	6,53	9,14	5,38	4,35	11,46	3,16	3,08	7,77
	1,31	4,41	5,70	0,65	1,26	1,13	1,00	0,86	2,20
	5,67	2,31	1,16	4,53	2,20	9,55	2,02	2,09	5,35
	8,71	12,54	14,65	6,27	5,75	12,99	3,86	3,61	9,66
L6	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	10,32	8,20	16,11	8,52	7,48	13,42	6,89	6,76	11,28
	2,12	1,65	2,83	1,28	1,32	5,23	1,00	1,08	1,33
	8,61	6,03	13,83	6,02	4,99	6,83	5,81	5,58	9,77
	13,38	9,90	20,04	9,69	8,84	19,34	7,78	7,70	12,26
L7	4	4	4	6	6	6	3	3	3
	12,60	10,28	16,18	11,61	10,22	16,70	9,44	9,15	14,75
	3,25	1,10	3,10	1,21	2,44	3,17	0,27	1,41	1,29
	9,87	8,74	12,20	10,05	8,44	13,37	9,23	7,91	13,33
	17,03	11,33	19,72	13,79	14,83	22,52	9,74	10,69	15,87
S1	4	4	4	5	5	4	2	2	2
	12,72	13,11	18,68	14,60	12,12	17,41	13,41	11,44	14,79
	1,69	1,27	2,13	2,49	4,02	2,44	1,97	0,49	0,47
	11,49	11,73	15,69	11,65	5,30	14,93	12,02	11,09	14,46
	15,13	14,81	20,31	18,03	15,30	19,83	14,81	11,79	15,12

8.1.6 Verhältnisberechnungen:

Tabelle 8.26: Mittleres Verhältnis zwischen Canalis vertebralis Höhe und Breite im Vergleich zwischen den drei Hundegruppen:

Gruppe		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1
1	X	0,71	0,74	0,74	0,72	0,65	0,56	0,48	0,32
	SD	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07
	n	25	25	25	25	25	25	25	22
2	X	0,74	0,75	0,74	0,70	0,64	0,57	0,49	0,32
	SD	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
	n	25	25	25	25	23	24	25	21
3	X	0,71	0,71	0,70	0,67	0,62	0,56	0,49	0,34
	SD	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
	n	25	25	24	24	24	25	24	21
Signifi- kantz		0,294	0,060	0,121	0,031	0,218	0,612	0,914	0,423

Tabelle 8.27: Mittleres Verhältnis der Duralsack Höhe zu Breite für die drei Hundegruppen.

Gruppe		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1
1	X	0,81	0,80	0,78	0,75	0,78	0,90	0,98	0,86
	SD	0,09	0,08	0,06	0,06	0,10	0,14	0,19	0,44
	n	25	24	25	24	24	25	25	16
2	X	0,91	0,92	0,89	0,85	0,89	0,97	1,13	0,94
	SD	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,16	0,44	0,89
	n	25	25	25	25	23	24	23	14
3	X	0,90	0,92	0,91	0,86	0,86	0,94	1,52	0,88
	SD	0,06	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,82	0,45
	n	25	25	24	24	23	25	24	14
Signifi- kantz		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,249	0,003	0,929

Tabelle 8.28: Mittleres Verhältnis Duralsack Höhe zu Canalis vertebralis Höhe für die drei Hundegruppen.

Gruppe		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1
1	X	0,89	0,88	0,90	0,92	0,88	0,77	0,59	0,29
	SD	0,05	0,04	0,04	0,04	0,07	0,11	0,16	0,24
	n	25	24	25	24	24	25	25	23
2	X	0,78	0,80	0,84	0,89	0,81	0,62	0,41	0,20
	SD	0,08	0,07	0,06	0,04	0,08	0,13	0,19	0,23
	n	25	25	25	25	23	24	24	23
3	X	0,74	0,77	0,81	0,86	0,83	0,64	0,49	0,23
	SD	0,09	0,06	0,06	0,04	0,07	0,11	0,12	0,20
	n	25	25	24	24	23	25	24	22
Signifi- kantz		0,000	0,000	0,000	0,000	,017	0,000	0,001	,380

Tabelle 8.29: Mittleres Verhältnis Duralsack Breite zu Canalis vertebralis Breite für die drei Hundegruppen.

Gruppe		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1
1	X	0,78	0,81	0,84	0,87	0,74	0,49	0,30	0,12
	SD	0,08	0,08	0,07	0,07	0,11	0,12	0,10	0,10
	n	25	25	25	25	25	25	25	22
2	X	0,63	0,65	0,70	0,73	0,59	0,37	0,19	0,07
	SD	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,09	0,09
	n	25	25	25	25	25	25	25	21
3	X	0,58	0,59	0,63	0,67	0,60	0,38	0,20	0,07
	SD	0,04	0,05	0,06	0,06	0,10	0,08	0,09	0,07
	n	25	25	25	25	25	25	25	22
Signifi- kanz		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,132

Tabelle 8.30: Mittleres Verhältnis der Medulla spinalis Höhe zu Breite für die drei Hundegruppen.

Gruppe		L1	L2	L3	L4	L5	L6
1	X	0,73	0,74	0,72	0,67	0,68	0,78
	SD	0,07	0,08	0,06	0,07	0,12	0,06
	n	25	25	25	24	17	3
2	X	0,82	0,83	0,79	0,74	0,76	0,73
	SD	0,06	0,06	0,06	0,07	0,17	,
	n	25	25	25	24	16	1
3	X	0,84	0,86	0,84	0,82	1,04	
	SD	0,10	0,09	0,10	0,16	1,06	
	n	25	25	25	24	20	
Signifi- kanz		0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,909

Tabelle 8.31: Mittleres Verhältnis der Medulla spinalis Höhe zu Canalis vertebralis Höhe für die drei Hundegruppen.

Gruppe		L1	L2	L3	L4	L5	L6
1	X	0,68	0,69	0,71	0,69	0,59	0,51
	SD	0,08	0,08	0,06	0,08	0,17	0,18
	n	25	25	25	24	23	14
2	X	0,57	0,60	0,63	0,63	0,48	0,37
	SD	0,06	0,07	0,06	0,09	0,12	0,10
	n	25	25	25	25	21	10
3	X	0,55	0,57	0,60	0,61	0,51	0,34
	SD	0,06	0,05	0,06	0,06	0,09	0,05
	n	25	25	24	24	24	11
Signifikanz		0,000	0,000	0,000	0,002	0,031	0,008

Tabelle 8.32: Mittleres Verhältnis der Medulla spinalis Breite zu Canalis vertebralis Breite für die drei Hundegruppen.

Gruppe		L1	L2	L3	L4	L5	L6
1	X	0,66	0,69	0,73	0,74	0,59	0,47
	SD	0,08	0,07	0,07	0,07	0,12	0,08
	n	25	25	25	25	19	3
2	X	0,52	0,54	0,58	0,61	0,43	0,20
	SD	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	,
	n	25	25	25	24	17	1
3	X	0,46	0,47	0,51	0,52	0,38	
	SD	0,06	0,05	0,07	0,07	0,11	
	n	25	25	25	25	20	
Signifikanz		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,459

Tabelle 8.33: Mittleres Verhältnis Cavum epidurale Höhe zu Breite für die drei Hundegruppen.

Gruppe		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1
1	X	0,37	0,53	0,73	0,80	0,31	0,24	0,27	0,24
	SD	0,16	0,27	0,98	1,16	0,14	0,09	0,07	0,07
	n	25	24	25	24	24	25	25	22
2	X	0,43	0,44	0,40	0,29	0,28	0,34	0,35	0,27
	SD	0,19	0,16	0,19	0,14	0,11	0,10	0,10	0,08
	n	25	25	25	25	23	24	24	21
3	X	0,44	0,41	0,38	0,30	0,28	0,32	0,31	0,28
	SD	0,15	0,13	0,14	0,09	0,16	0,09	0,08	0,07
	n	25	25	24	24	23	25	24	21
Signifi- kanz		0,250	0,099	0,073	0,014	0,659	0,001	0,005	0,291

Tabelle 8.34: Mittleres Verhältnis zwischen Cavum epidurale Höhe und Canalis vertebralis Höhe für die drei Hundegruppen.

Gruppe		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	S1
1	X	0,10	0,12	0,09	0,07	0,11	0,22	0,40	0,70
	SD	0,05	0,04	0,04	0,04	0,07	0,11	0,16	0,24
	n	25	24	25	24	24	25	25	23
2	X	0,21	0,19	0,15	0,10	0,18	0,37	0,58	0,78
	SD	0,08	0,07	0,06	0,04	0,08	0,14	0,19	0,23
	n	25	25	25	25	23	24	24	22
3	X	0,25	0,23	0,19	0,14	0,16	0,35	0,50	0,76
	SD	0,08	0,06	0,06	0,03	0,07	0,11	0,12	0,20
	n	25	25	24	24	23	25	24	22
Signifi- kanz		0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	0,001	0,443

8.1.7 Korrelationen:

Tabelle 8.36a: Korrelationen: Scheitel-Steiß-Länge (SSL) zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei kleinen Raumforderungen.

kleine R.	SSL	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,357	0,606	0,380	0,477	0,397	0,185
	Signifikanz	0,005	0,000	0,003	0,000	0,002	0,153
	n	61	61	61	61	61	61
BK 4	Korrelation	-0,226	-0,113	0,031	-0,109	-0,108	0,138
	Signifikanz	0,085	0,390	0,810	0,408	0,413	0,301
	n	59	60	61	60	59	58
BK 5	Korrelation	-0,278	-0,291	-0,179	-0,201	0,063	0,101
	Signifikanz	0,033	0,024	0,168	0,124	0,635	0,451
	n	59	60	61	60	59	58

Tabelle 8.36b: Korrelationen: Scheitel-Steiß-Länge (SSL) zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei mittelgroßen Raumforderungen.

mittelgroße R.	SSL	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,497	0,416	0,335	0,449	0,289	,
	Signifikanz	0,000	0,001	0,008	0,000	0,027	,
	n	59	59	61	60	59	58
BK 4	Korrelation	0,096	-0,051	0,039	0,153	0,149	0,165
	Signifikanz	0,469	0,703	0,768	0,243	0,260	0,217
	n	59	59	61	60	59	58
BK 5	Korrelation	0,010	0,057	0,071	-0,054	0,257	0,120
	Signifikanz	0,942	0,668	0,586	0,680	0,049	0,370
	n	59	59	61	60	59	58

Tabelle 8.36c: Korrelationen: Scheitel-Steiß-Länge (SSL) zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei großen Raumforderungen.

große R.	SSL	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,364	0,279	0,231	0,106	0,224	,
	Signifikanz	0,005	0,031	0,073	0,421	0,091	,
	n	59	60	61	60	58	58
BK 4	Korrelation	0,246	,	,	0,153	,	0,165
	Signifikanz	0,060	,	,	0,243	,	0,217
	n	59	60	61	60	58	58
BK 5	Korrelation	-0,020	0,284	0,348	0,395	0,375	0,139
	Signifikanz	0,880	0,028	0,006	0,002	0,004	0,297
	n	59	60	61	60	58	58

Tabelle 8.37a: Korrelationen: Gewicht zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei kleinen Raumforderungen.

kleine R.	Gewicht	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,383	0,610	0,331	0,480	0,411	0,171
	Signifikanz	0,002	0,000	0,009	0,000	0,001	0,186
	n	61	61	61	61	61	61
BK 4	Korrelation	-0,187	-0,114	0,067	-0,152	-0,048	0,063
	Signifikanz	0,157	0,385	0,606	0,245	0,720	0,638
	n	59	60	61	60	59	58
BK 5	Korrelation	-0,264	-0,288	-0,143	-0,177	0,042	0,156
	Signifikanz	0,044	0,026	0,271	0,177	0,751	0,242
	n	59	60	61	60	59	58

Tabelle 8.37b: Korrelationen: Gewicht zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei mittelgroßen Raumforderungen.

mittelgroße R.	Gewicht	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,479	0,473	0,411	0,495	0,324	,
	Signifikanz	0,000	0,000	0,001	0,000	0,012	,
	n	59	59	61	60	59	58
BK 4	Korrelation	0,060	-0,106	-0,005	0,121	0,134	0,119
	Signifikanz	0,650	0,426	0,968	0,357	0,311	0,373
	n	59	59	61	60	59	58
BK 5	Korrelation	0,048	0,023	0,040	-0,051	0,269	0,106
	Signifikanz	0,716	0,865	0,760	0,699	0,040	0,428
	n	59	59	61	60	59	58

Tabelle 8.37c: Korrelationen: Gewicht zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei großen Raumforderungen.

große R.	Gewicht	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,451	0,289	0,300	0,121	0,168	,
	Signifikanz	0,000	0,025	0,019	0,356	0,207	,
	n	59	60	61	60	58	58
BK 4	Korrelation	0,213	,	,	0,121	,	0,119
	Signifikanz	0,105	,	,	0,357	,	0,373
	n	59	60	61	60	58	58
BK 5	Korrelation	-0,023	0,254	0,320	0,358	0,412	0,094
	Signifikanz	0,864	0,051	0,012	0,005	0,001	0,484
	n	59	60	61	60	58	58

Tabelle 8.38a: Korrelationen: Cavum epidurale Höhe kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei kleinen Raumforderungen.

kleine R.	Cav. epid. Höhe kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,284	0,455	0,330	0,336	0,061	0,298
	Signifikanz	0,027	0,000	0,010	0,009	0,658	0,020
	n	61	60	60	60	56	61
BK 4	Korrelation	-0,136	-0,055	0,032	-0,054	-0,044	0,168
	Signifikanz	0,305	0,676	0,810	0,684	0,751	0,207
	n	59	59	60	59	55	58
BK 5	Korrelation	-0,219	-0,214	-0,226	-0,046	-0,040	0,060
	Signifikanz	0,096	0,103	0,082	0,727	0,774	0,656
	n	59	59	60	59	55	58

Tabelle 8.38b: Korrelationen: Cavum epidurale Höhe kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei mittelgroße Raumforderungen.

mittelgroße R.	Cav. epid. Höhe kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,182	0,260	0,148	0,345	0,175	,
	Signifikanz	0,167	0,049	0,258	0,007	0,202	,
	n	59	58	60	59	55	58
BK 4	Korrelation	0,066	-0,133	-0,153	0,099	0,055	0,252
	Signifikanz	0,619	0,319	0,243	0,457	0,690	0,057
	n	59	58	60	59	55	58
BK 5	Korrelation	0,257	0,071	0,235	0,091	0,063	-0,044
	Signifikanz	0,049	0,596	0,070	0,494	0,649	0,745
	n	59	58	60	59	55	58

Tabelle 8.38c: Korrelationen: Cavum epidurale Höhe kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei großen Raumforderungen.

große R.	Cav. epid. Höhe kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,035	-0,022	0,322	0,142	-0,096	,
	Signifikanz	0,792	0,868	0,012	0,284	0,490	,
	n	59	59	60	59	54	58
BK 4	Korrelation	0,114	,	,	0,099	,	0,252
	Signifikanz	0,391	,	,	0,457	,	0,057
	n	59	59	60	59	54	58
BK 5	Korrelation	0,212	0,228	0,398	0,344	0,165	-0,034
	Signifikanz	0,107	0,083	0,002	0,008	0,233	0,798
	n	59	59	60	59	54	58

Tabelle 8.39a: Korrelationen: Cavum epidurale Breite kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei kleinen Raumforderungen.

kleine R.	Cav. epid. Breite kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,303	0,586	0,402	0,365	0,071	0,078
	Signifikanz	0,018	0,000	0,001	0,004	0,585	0,551
	n	61	61	61	61	61	61
BK 4	Korrelation	-0,152	-0,147	-0,098	-0,140	-0,058	0,211
	Signifikanz	0,250	0,262	0,453	0,286	0,664	0,111
	n	59	59	60	59	54	58
BK 5	Korrelation	-0,280	-0,310	-0,207	-0,168	0,080	0,051
	Signifikanz	0,032	0,016	0,110	0,201	0,549	0,705
	n	59	60	61	60	59	58

Tabelle 8.39b: Korrelationen: Cavum epidurale Breite kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei mittelgroßen Raumforderungen.

mittelgroße R.	Cav. epid. Breite kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,430	0,366	0,352	0,299	-0,105	,
	Signifikanz	0,001	0,004	0,005	0,020	0,427	,
	n	59	59	61	60	59	58
BK 4	Korrelation	0,066	-0,036	-0,028	0,181	0,155	0,182
	Signifikanz	0,621	0,789	0,828	0,167	0,240	0,171
	n	59	59	61	60	59	58
BK 5	Korrelation	0,057	0,047	0,020	0,062	0,172	-0,094
	Signifikanz	0,666	0,725	0,877	0,635	0,192	0,482
	n	59	59	61	60	59	58

Tabelle 8.39c: Korrelationen: Cavum epidurale Breite kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei großen Raumforderungen.

große R.	Cav. epid. Breite kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,324	0,233	0,114	0,031	0,125	,
	Signifikanz	0,012	0,073	0,381	0,816	0,352	,
	n	59	60	61	60	58	58
BK 4	Korrelation	0,148	,	,	0,181	,	0,182
	Signifikanz	0,262	,	,	0,167	,	0,171
	n	59	60	61	60	58	58
BK 5	Korrelation	0,028	0,279	0,417	0,463	0,188	-0,047
	Signifikanz	0,831	0,031	0,001	0,000	0,157	0,729
	n	59	60	61	60	58	58

Tabelle 8.40a: Korrelationen: Duralsackhöhe kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei kleinen Raumforderungen.

kleine R.	Duralsack Höhe kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,325	0,567	0,380	0,412	0,450	-0,036
	Signifikanz	0,011	0,000	0,003	0,001	0,000	0,781
	n	61	60	60	60	56	61
BK 4	Korrelation	-0,081	-0,232	0,032	-0,076	0,030	0,098
	Signifikanz	0,542	0,077	0,811	0,568	0,831	0,463
	n	59	59	60	59	55	58
BK 5	Korrelation	-0,285	-0,077	-0,117	-0,114	0,091	0,194
	Signifikanz	0,029	0,561	0,373	0,391	0,509	0,144
	n	59	59	60	59	55	58

Tabelle 8.40b: Korrelationen: Duralsackhöhe kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei mittelgroßen Raumforderungen.

mittelgroße R.	Duralsack Höhe kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,338	0,292	0,394	0,574	0,185	,
	Signifikanz	0,009	0,026	0,002	0,000	0,177	,
	n	59	58	60	59	55	58
BK 4	Korrelation	0,214	0,005	0,007	0,151	0,094	0,125
	Signifikanz	0,104	0,972	0,957	0,255	0,496	0,351
	n	59	58	60	59	55	58
BK 5	Korrelation	0,026	0,142	0,047	-0,156	0,444	0,303
	Signifikanz	0,845	0,287	0,722	0,237	0,001	0,021
	n	59	58	60	59	55	58

Tabelle 8.40c: Korrelationen: Duralsackhöhe kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei großen Raumforderungen.

große R.	Duralsack Höhe kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,343	0,265	0,079	0,212	0,102	,
	Signifikanz	0,008	0,042	0,550	0,107	0,464	,
	n	59	59	60	59	54	58
BK 4	Korrelation	0,308	,	,	0,151	,	0,125
	Signifikanz	0,017	,	,	0,255	,	0,351
	n	59	59	60	59	54	58
BK 5	Korrelation	0,029	0,185	0,352	0,314	0,547	0,243
	Signifikanz	0,828	0,161	0,006	0,015	0,000	0,066
	n	59	59	60	59	54	58

Tabelle 8.41a: Korrelationen: Duralsackbreite kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei kleinen Raumforderungen.

kleine R.	Duralsack Breite kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,335	0,352	0,273	0,264	0,445	0,102
	Signifikanz	0,008	0,005	0,033	0,040	0,000	0,434
	n	61	61	61	61	61	61
BK 4	Korrelation	-0,338	-0,166	0,089	0,027	0,045	0,023
	Signifikanz	0,009	0,204	0,495	0,838	0,735	0,863
	n	59	60	61	60	59	58
BK 5	Korrelation	-0,224	-0,133	-0,160	-0,098	0,005	0,126
	Signifikanz	0,089	0,310	0,218	0,456	0,972	0,348
	n	59	60	61	60	59	58

Tabelle 8.41b: Korrelationen: Duralsackbreite kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei mittelgroßen Raumforderungen.

mittelgroße R.	Duralsack Breite kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,358	0,302	0,171	0,357	0,434	,
	Signifikanz	0,005	0,020	0,186	0,005	0,001	,
	n	59	59	61	60	59	58
BK 4	Korrelation	0,232	0,062	0,114	0,124	0,019	0,101
	Signifikanz	0,077	0,641	0,381	0,347	0,887	0,453
	n	59	59	61	60	59	58
BK 5	Korrelation	0,024	-0,046	0,052	-0,106	0,304	0,283
	Signifikanz	0,856	0,731	0,690	0,418	0,019	0,031
	n	59	59	61	60	59	58

Tabelle 8.41c: Korrelationen: Duralsackbreite kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei großen Raumforderungen.

große R.	Duralsack Breite kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,317	0,269	0,085	0,152	0,136	,
	Signifikanz	0,014	0,038	0,517	0,245	0,307	,
	n	59	60	61	60	58	58
BK 4	Korrelation	0,303	,	,	0,124	,	0,101
	Signifikanz	0,020	,	,	0,347	,	0,453
	n	59	60	61	60	58	58
BK 5	Korrelation	-0,058	0,032	0,110	0,141	0,462	0,222
	Signifikanz	0,663	0,809	0,399	0,284	0,000	0,093
	n	59	60	61	60	58	58

Tabelle 8.42a: Korrelationen: Canalis vertebralis Höhe kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei kleinen Raumforderungen.

kleine R.	Can. vert. Höhe kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,354	0,599	0,413	0,441	0,371	0,241
	Signifikanz	0,005	0,000	0,001	0,000	0,004	0,061
	n	61	61	60	61	58	61
BK 4	Korrelation	-0,133	-0,147	0,036	-0,072	-0,005	0,202
	Signifikanz	0,314	0,262	0,782	0,584	0,973	0,128
	n	59	60	60	60	56	58
BK 5	Korrelation	-0,291	-0,234	-0,191	-0,131	0,035	0,166
	Signifikanz	0,025	0,071	0,144	0,317	0,799	0,214
	n	59	60	60	60	56	58

Tabelle 8.42b: Korrelationen: Canalis vertebralis Höhe kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei mittelgroßen Raumforderungen.

mittelgroße R.	Can. vert. Höhe kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,291	0,325	0,330	0,550	0,244	,
	Signifikanz	0,025	0,012	0,010	0,000	0,070	,
	n	59	59	60	60	56	58
BK 4	Korrelation	0,150	-0,076	-0,073	0,148	0,103	0,289
	Signifikanz	0,255	0,570	0,577	0,260	0,449	0,028
	n	59	59	60	60	56	58
BK 5	Korrelation	0,188	0,088	0,150	-0,095	0,353	0,141
	Signifikanz	0,154	0,507	0,252	0,472	0,008	0,291
	n	59	59	60	60	56	58

Tabelle 8.42c: Korrelationen: Canalis vertebralis Höhe kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei großen Raumforderungen.

große R.	Can. vert. Höhe kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,193	0,130	0,215	0,210	0,018	,
	Signifikanz	0,143	0,320	0,099	0,108	0,896	,
	n	59	60	60	60	55	58
BK 4	Korrelation	0,230	,	,	0,148	,	0,289
	Signifikanz	0,080	,	,	0,260	,	0,028
	n	59	60	60	60	55	58
BK 5	Korrelation	0,158	0,207	0,430	0,339	0,495	0,114
	Signifikanz	0,232	0,112	0,001	0,008	0,000	0,395
	n	59	60	60	60	55	58

Tabelle 8.43a: Korrelationen: Canalis vertebralis Breite kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei kleinen Raumforderungen.

kleine R.	Can. vert. Breite kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,345	0,603	0,377	0,391	0,303	0,118
	Signifikanz	0,006	0,000	0,003	0,002	0,018	0,367
	n	61	61	61	61	61	61
BK 4	Korrelation	-0,218	-0,169	0,045	-0,106	-0,031	0,222
	Signifikanz	0,096	0,197	0,733	0,418	0,815	0,095
	n	59	60	61	60	59	58
BK 5	Korrelation	-0,297	-0,306	-0,232	-0,172	0,078	0,096
	Signifikanz	0,022	0,017	0,071	0,190	0,555	0,472
	n	59	60	61	60	59	58

Tabelle 8.43b: Korrelationen: Canalis vertebralis Breite kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei mittelgroßen Raumforderungen.

mittelgroße R.	Can. vert. Breite kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,460	0,395	0,328	0,368	0,130	,
	Signifikanz	0,000	0,002	0,010	0,004	0,325	,
	n	59	59	61	60	59	58
BK 4	Korrelation	0,117	-0,017	0,008	0,191	0,158	0,220
	Signifikanz	0,377	0,896	0,954	0,144	0,231	0,097
	n	59	59	61	60	59	58
BK 5	Korrelation	0,055	0,031	0,057	0,016	0,326	0,006
	Signifikanz	0,678	0,815	0,660	0,906	0,012	0,962
	n	59	59	61	60	59	58

Tabelle 8.43c: Korrelationen: Canalis vertebralis Breite kaudal zu Befundkombination (BK) 1, 4 und 5 bei großen Raumforderungen.

große R.	Can. vert. Breite kaudal	L1	L2	L3	L4	L5	L6
BK 1	Korrelation	0,359	0,269	0,114	0,077	0,177	,
	Signifikanz	0,005	0,038	0,380	0,559	0,185	,
	n	59	60	61	60	58	58
BK 4	Korrelation	0,206	,	,	0,191	,	0,220
	Signifikanz	0,118	,	,	0,144	,	0,097
	n	59	60	61	60	58	58
BK 5	Korrelation	0,009	0,256	0,397	0,430	0,383	0,033
	Signifikanz	0,946	0,049	0,002	0,001	0,003	0,807
	n	59	60	61	60	58	58

Tabelle 8.44a: Korrelation: Duralsackende (Si-DeL) zu SSL, Rasse und Alter der Hunde.

Korrelation:		Duralsackende (Si-DeL)
SSL	Korrelation nach Pearson	-0,04
	Signifikanz (2-seitig)	0,77
	N	75
Rasse	Korrelation nach Pearson	-0,07
	Signifikanz (2-seitig)	0,55
	N	75
Alter	Korrelation nach Pearson	-0,06
	Signifikanz (2-seitig)	0,58
	N	75

Tabelle 8.44b: Korrelation: Duralsackende (VD) zu SSL, Rasse und Alter der Hunde.

Korrelation:		Duralsackende (DV)
SSL	Korrelation nach Pearson	-0,14
	Signifikanz (2-seitig)	0,23
	N	75
Rasse	Korrelation nach Pearson	-0,02
	Signifikanz (2-seitig)	0,84
	N	75
Alter	Korrelation nach Pearson	0,07
	Signifikanz (2-seitig)	0,56
	N	75

9. Literaturverzeichnis

- Adams W.H.; Daniel G.B.; Parlo A.D.; Selcer R.R. (1995):
Magnetic resonance imaging of the caudal lumbar and lumbosacral spine in 13 dogs (1990-1993). *Vet Radiol & Ultrasound*, 36:3, 3-13.
- Assheuer J.; Sager M.. (1997):
MRI and CT atlas of the dog. Spine. Blackwell Science, Düsseldorf, Köln, 83-87.
- Bailey C.S.; Morgan J.P. (1992):
Congenital spinal malformations. *Vet Clin North Am.: Small Anim Pract.*, 22:4, 985-1015.
- Baker R.A. (2000):
Extradural tumors of the spine and spinal cord. In: Taveras J.M.; Ferrucci J.T., *Radiology. Neuroradiology head and neck*, Williams & Wilkins, Lippincott Company, 3:111, 1-12.
- Balentine J.D. (1978a):
Pathology of experimental spinal cord trauma. I. The necrotic lesion as a function of vascular injury. *Lab Investig.*, 236, 236-253.
- Balentine J.D. (1978b):
Pathology of experimental spinal cord trauma. II. Ultrastructure of axons and myelin. *Lab Investig.*, 39, 254-266.
- Barber D.L.; Lewis R.E. (1982):
Guidelines for radiology service in veterinary medicine. *JAVMA*, März 1, 1-24.
- Bartels J.E. (1984):
Intervertebral disc disease. In: Thrall D.E. (ed.): *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. 2nd ed., W.B. Saunders, Philadelphia, London, 6, 56-65.
- Bartels J.E.; Hoerlein B.F.; Boring J.G. (1978):
Neuroradiography. In: Hoerlein B.F. (ed.): *Canine Neurology. Diagnosis and Treatment*. 3rd ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, 5, 103-133.
- Berg R. (1992):
Bewegungsapparat der Haussäugetiere. In: Koch T.; Berg R. (Hrsg.): *Lehrbuch der Veterinär-Anatomie*. 5. Auflg., Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, Bd. 1, 30-390.
- Biller D.S.; Haider P.R. (1994):
Radiographic and ultrasonographic techniques. In: Birchard S.J.; Sherding R.G. (ed.): *Saunders Manual of small animal practice*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, 4, 38-64.
- Bitterdorf H.; Kuhn H.; Knüpfer W.; Reinfelder H.E.; Ammann E.; Hofmann F.W.; Runge H.; Jann W.; Haendle J.; Nekowar A. (1988):
Röntgendiagnostik, Bilderzeugung. In: Krestel E. (Hrsg.): *Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik*. 2. Auflg., Siemens Aktiengesellschaft, 221-352.

- Blevins W.E. (1981):
Transosseous vertebral venography: a diagnostic aid in lumbosacral disease. *Vet. Rad.* 21, 50-54.
- Bojrab M.J. (1971):
Disc disease. *Vet Rec* 89:7, 37-41.
- Boss N.; Urban M.; Tutsch D.; Wangerin G.; Bertschinger B.; Parzhuber S.; Striebeck C.; Tiroch H. (1987):
Roche Lexikon Medizin. 2. Auflg., Urban & Schwarzenberg Verlag, München, Wien, 1186.
- Braund K.B.; Shores A.; Brawner W.R. (1990):
The etiology, pathology and pathophysiology of acute spinal cord trauma. *Vet. Med.*, 85, 684-691.
- Brawner W.R. (1993):
Neuroradiology. In: Slatter D. (ed.): *Textbook of small animal surgery*. 2nd ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Bd. 1, 70, 1008-1021.
- Brown G.H. (1957):
Automatic compensation in roentgenographic pelycephalometry. In: Reynolds L. (ed.): *The american journal of roentgenology*. Charles C. Thomas Verlag, Springfield, Illinois, 78:2, 1063-1066.
- Brown N.O.; Helphry M.L.; Prata R.G. (1977):
Thoracolumbal disc disease in the dog: a retrospective analysis of 187 cases. *JAAHA*, 13, 665-672.
- Brown R.C.; Evans E.T. (1973):
What causes the „eye in the scotty dog“ in the oblique projection of the lumbar spine. *Am J Roentgenology*, 118, 435.
- Budras K.D.; Fricke W. (1991):
Brust und Bauchhöhle. Gefäße des Aortenbogens resp. der Hohlvenen und autonomes Nervensystem. 3. Auflg., Schlütersche Verlag, Hannover, 16-23.
- Bullock L.P.; Zook B.C. (1967):
Myelography in dogs, using water-soluble contrast mediums. *JAVMA*; 151:3, 321-327.
- Burk R.L.; Ackermann N. (1996):
The spine. In: Burk R.L.; Ackermann N. (ed.): *Small animal radiology and ultrasonography. A diagnostic atlas and text*. 2nd ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, 581-622.
- Butterworth S.J.; Gibbs C. (1992):
A review of the usefulness of myelography in 50 dogs. *Vet Rec.*, 130, 461-465.
- Carlson W.D. (1961):
Radiographic principles. In: Carlson W.D. (Hrsg.): *Veterinary Radiology*. Lea & Febiger Verlag, Philadelphia, 9-155.

- Chrisman C.L. (1982):
Paraplegia, paraparesis and ataxia of the rear limbs. In: Chrisman C.L. (ed.): Problems in small animal neurology. Lea & Febiger Verlag, Philadelphia, 365-394.
- Ciric I.; Mikhael M.A.; Tarkington J.A.; Vick N.A. (1980):
The lateral recess syndrome. A variant of spinal stenosis. *J. Neurosurg.*, 53:10, 433-443.
- Coughlan A.R. (1993):
Secondary injury mechanisms in acute spinal cord trauma. *J Small Anim Pract.*, 34, 117-122.
- Cox F.H.; Jakovljevic S. (1986):
The use of iopamidol for myelography in dogs: a study of twenty-seven cases. *J Small Anim Pract.* 27, 159-165.
- Dämmrich K. (1981):
Zur Pathologie der degenerativen Erkrankungen der Wirbelsäule bei Hunden. *Kleintierpraxis*, 26:3, 467-476.
- Dahme E.; Reinacher M. (1988):
Stütz- und Bewegungsapparat. Gelenke. In: Dahme E.; Weiss E. (Hrsg.): Grundriß der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. 4. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 314-338.
- De Clerck F.; Xhonneux B.; Van de Wiele R. (1985):
Biochemical mechanisms in 5-hydroxytryptamine-induced human platelet aggregation. *Agents and Actions*, 17, 220-228.
- De Lahunta A.; Alexander J.W. (1976):
Ischemic myelopathy secondary to presumed fibrocartilagenous embolism in nine dogs. *JAAHA*, 12, 37.
- Delamarter R.B.; Bohlmann H.H.; Dodge L.D.; Biro C. (1990):
Experimental lumbar spinal stenosis. *J Bone and Joint Surg.*, 72:1, 110-120.
- Del Corral Gros C.; Garcia P.M.; Soriano J.G.; Sainz P.M.; Veiga R.E. (1991):
Variations of the size of the spinal cord central canal with the age and the level. *Anat. Histol Embryol* 20, 282.
- Dennis R. (1987):
Radiographic examination of the canine spine. *Vet Rec.*, 121, 31-35.
- Denny H.R.; Butterworth S.J. (2000):
The skull and spine. In: Denny H.R.; Butterworth S.J. (eds.): A guide to canine and feline orthopaedic surgery. 4th ed., Blackwell Science Verlag, Oxford, London, 161-299.
- Denny H.R.; Gibbs C.; Holt P.E. (1982):
The diagnosis and treatment of cauda equina lesions in the dog. *J Small Anim Pract.*, 23, 425-443.

- De Vos N.R.; Simoens P.J. (1992):
Angiologia, Angiology. In: Schaller O. (ed.): Illustrated veterinary anatomical Nomenclature, 234-412.
- Dohrmann G.J.; Wick K.M.; Bucy P.C. (1973):
Spinal cord blood flow patterns in experimental traumatic paraplegia. J Neurosurg., 38, 52-58.
- Dorn N. (1998):
Diagnose, Therapie und Prognose neurogen bedingter Harn- und Kotabsatzstörungen bei Hund und Katze. München, Ludwig-Maximilians-Universität, Tierärztliche Fakultät, Dissertation.
- Dorwart R.H.; Genant H.K. (1983):
Anatomy of the lumbosacral spine. Rad Clin North Am., 21:2, 201-220.
- Douglas S.W.; Herrtage M.E.; Williamson H.D. (1991):
Grundlagen der Röntgenologie in der Veterinärmedizin. Entstehung des Röntgenbildes. 2. Aufl., Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 64-80.
- Du Pont Wellhöfer (2001):
Qualitätssicherung nach der neuen Röntgenverordnung. Leitfaden zur praktischen Durchführung nach § 16. Broschüre der Du Pont De Nemours (Deutschland) GmbH, Diagnostische Bildverfahren, Erkrath, Hamburg.
- Eberhardt K.E.W.; Hollenbach H.P.; Tomandl B.; Huk W.J. (1996):
Three-dimensional MR myelography of the lumbar spine: comparative case study to X-ray myelography. Europ Rad., 7, 737-742.
- Eberhardt K.E.W.; Tomandl B.F.; Rezk-Salama C.; Schindler R.; Huk W.; Lell M. (2002):
Funktionelle hochauflösende 3D-Untersuchungen der Lendenwirbelsäule mit Hilfe der Magnetresonanztomographie. Elektro Medica, 1:02, 74-81.
- Eichelberg H.; Veit C.; Brehm H. (1989):
Morphometrische Untersuchungen an Röntgenaufnahmen von Lendenwirbeln gesunder und spondylosebefallener Boxer. Tierärztl Praxis, 17, 403-406.
- Elsberg C.A.; Dyke C.G. (1933/34):
The diagnosis and localization of tumors of the spinal cord by means of measurements made on the x-ray films of the vertebrae, and the correlation of clinical and x-ray findings. In: Cooper C.P. Burns Craig C. Elsberg C.A. (eds.): Bulletin of the Neurological Institute of New York, 3, 350-393.
- Epstein B.S. (1976):
The normal vertebral column. Functional aspects of the architecture of the spine. In: Epstein B.S. (ed.): The spine, a radiological text and atlas. 4th ed., Lea & Febiger Verlag, Philadelphia, 24-41.
- Fehr M. (1983):
Untersuchungen zur Ultraschalltherapie der thorako-lumbalen Enchondrosis intervertebralis des Hundes. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Dissertation.

- Fehr M.; Thiet W. (1990):
Das Cauda-equina-Syndrom beim Deutschen Schäferhund. *Kleintierpraxis*, 35, 49-56.
- Felts J.F.; Prata R.G. (1982):
Cervical disc disease in the dog: intraforaminal and lateral extrusions. *JAAHA*, 19, 755-760.
- Fenzl G.; Hahn D. (1992):
Orthopädische Diagnostik; Computertomographie. In: Jäger M.; Wirth C. J. (Hrsg.): *Praxis der Orthopädie*. 2. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 39-44.
- Fletcher T.F.; Kitchell R.L. (1966):
Anatomical studies on the spinal cord segments of the dog. *Am J Vet Res.*, 27, 1759-1767.
- Forsythe W.B.; Ghoshal N.G. (1984):
Innervation of the canine thoracolumbar vertebral column. *Anat. Rec.*, 208, 57-63.
- Funquist B. (1962a):
Thoracolumbar myelography with water-soluble contrast medium in dogs. I. Technique of Myelography; Side effects and complications. *J Small Anim Pract.*, 3, 53-66.
- Funquist B. (1962b):
Thoracolumbar myelography with water-soluble contrast medium in dogs. II. Appearance of the myelogramm in disc protrusion and patho-anatomic changes in the epidural space. *J Small Anim Pract.*, 3, 67-73.
- Gage E.D. (1975a):
Incidence of clinical disc disease in the dog. *JAAHA*, 11, 407-411.
- Gage E.D. (1975b):
Treatment of discospondylitis in the dog. *JAVMA*, 166, 1146-1169.
- Galanski M. (1986):
Röntgenanatomie und Untersuchungstechnik der Wirbelsäule. In: Frommhold W.; Dihlmann W.; Stender H.St.; Thurn P. (Hrsg.): *Radiologische Diagnostik in Klinik und Praxis*. Band 5, Teil 2 Wirbelsäule- Rückenmark, 7. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1-41.
- Gierke K.D.W. (1973):
Die Gelenkflächengrößen der Articulationes intervertebrales des Hundes. Mainz, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Anatomisches Institut, Dissertation.
- Gilmore D.R. (1986):
Lumbosacral discospondylitis in 21 dogs. *JAAHA*, 1, 57-61.
- Gouzien P.; Cazalbou C.; Boyer B.; Darodes de Tailly P.; Guenec Y.; Senecail B. (1990):
Measurements of the normal lumbar spinal canal by computed tomography. *Surg Radiol Anat.*, 12, 143-148.
- Grevel V. (1994):
Liquorzytologie und bildgebende Verfahren zur Diagnostik neurologischer Erkrankungen bei Hund und Katze. Berlin, Freie Universität Berlin, Fachbereich Veterinärmedizin, Habilitation.

Grevel V.; Cop Z. (1992):

Ungewöhnliche Bandscheibenvorfälle beim Hund. Teil II: Vorgefallenes Bandscheibenmaterial aus klinischer Sicht. Kleintierpraxis, 37:6, 657-664.

Griffith I.R. (1972):

The extensive myelopathy of intervertebral disc protrusion in dogs („the ascending syndrome“). J Small Anim Pract., 13, 425-437.

Gudrun W. (2001):

Der lumbosakrale Übergang des Hundes in der Computertomographie. Wien, Veterinärmed. Universität Wien, Klinik für Röntgenologie, Dissertation.

Gysling C. (1984):

Der Alterungsprozess der Zwischenwirbelscheiben beim Deutschen Schäferhund. Zürich, Universität, Fachbereich Veterinärmedizin, Dissertation.

Hagen A.P. (1990):

Alterung der Zwischenwirbelscheiben bei großwüchsigen Hunderassen. Zürich, Institut für Veterinärpathologie der Universität Zürich, Dissertation.

Hall E.D.; Wolf D.L. (1986):

A pharmacological analysis of the pathophysiological mechanisms of post traumatic spinal cord ischemia. J Neurosurg., 64, 951-961.

Hansen H.J. (1951):

A pathologic-anatomical interpretation of disc degeneration in dogs. Acta Orthop Scand., 20, 280-293.

Hansen H.J. (1952):

A pathologic-anatomical study on disc degeneration in dogs with special reference to the so called enchondrosis intervertebralis. Acta Orthop Scand., Supplement, 11, 1-142.

Hansen H.J. (1959):

Diskusdegeneration bei Tieren. Neuere Aufgaben für die vergleichende Bandscheibenpathologie. In: Junghans H. (Hrsg.): Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Hippokrates Verlag, Stuttgart, 15, 60-68.

Hathcock J.T.; Pechman R.D.; Dillon A.R.; Knecht C.D.; Braund K.G. (1988):

Comparison of three radiographic contrast procedures in the evaluation of the canine lumbosacral spinal canal. Vet Rad., 29:1, 4-15.

Hart K. (1925):

Über die Weite des knöchernen Wirbelkanals bei verschiedenen Hunderassen mit dem Versuch einer entwicklungsgeschichtlichen Erklärung ihrer Ungleichheit. Wien, Lehrkanzel für Tierzucht und Geburtshilfe der Tierärztlichen Hochschule, Dissertation.

Heiligtag W. (1958):

Über die Hüllen des Rückenmarkes und deren Zwischenräume beim Hund. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Dissertation.

- Herrtage M.E.; Dennis R. (1989):
Contrast media and techniques. In: Lee R. (1989): Manual of radiography and radiology in small animal practice. KCO, Worthing West Sussex, 7, 217-231.
- Hinck V.C.; Hopkins C.E.; Clark W.M. (1965):
Sagittal diameter of the lumbar spinal canal in children and adults. *AJR*, 85, 929-937.
- Hinck V.C.; Clark W.M.; Hopkins C.E. (1966):
Normal interpediculate distances (minimum and maximum) in children and adults. *AJR*, 97:1, 141-153.
- Hoerlein B.F. (1953a):
Intervertebral disc protrusion in the dog. I. Incidence and pathological lesions symptomatology and clinical diagnosis. *Am J Vet Res.*, 14/15, 260-283.
- Hoerlein B.F. (1953b):
Intervertebral disc protrusion in the dog. III. Radiological diagnosis. *Am J Vet Res.*, 4, 275-283.
- Hoerlein B.F. (1978):
The status of the various intervertebral disc surgeries for the dog in 1978. *JAAHA*, 14, 563-570.
- Hoerlein B.F. (1979):
Comparative disc disease: Man and dog. *JAAHA*, 15, 535-545.
- Holland M. (1993):
Contrast agents. *Vet Clin North Am: Small Anim Pract.*, 23:2, 269-279.
- Hurxthal L.M. (1968):
Measurement of anterior vertebral compressions and biconcave vertebrae. *Am J Roentgenol.*, 103:3, 635-644.
- Indrieri R.J. (1988):
Lumbosacral stenosis and injury of the cauda equina. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, 18, 697-709.
- Ishihara H.; Tsuji H.; Hirano N.; Ohshima H.; Terahata N. (1992):
Effects of continuous quantitative vibration on rheologic and biological behaviors of the intervertebral disc. *Spine*, 17:3s, 7-12.
- Janssens L.A.A. (1991):
Mechanical and pathophysical aspects of acute spinal cord trauma. *J Small Anim Pract.*, 32:572-578.
- Joest E. (1968):
Zentrales Nervensystem. Physikalische Schädigungen des Zentralnervensystems. In: Joest E. (Hrsg.): Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. 3. Aufl, Bd. 3, Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 326-333.

- Jones J.C.; Cartee R.E.; Bartels J.E. (1995a):
Computed tomographic anatomy of the canine lumbosacral spine. *Vet Radiol & Ultrasound*, 36:2, 91-99.
- Jones J.C.; Wright J.C.; Bartels J.E. (1995b):
Computed tomographic morphometry of the lumbosacral spine of dogs. *Am J Vet Res.*, 56:9, 1125-1132.
- Joshua J.O. (1962):
The canine spine. *J Small Anim Pract.*, 4, 173-182.
- Kääpa E.; Gronblad M.; Holm S. (1994):
Neural elements in the normal and experimentally injured porcine intervertebral disc. *Eur. Spine*, 3, 137-142.
- Kelly W.M. (1987):
Image artefacts and technical limitations. In: Brant-Zawadzki, M. Norman D. (eds.): *Magnetic resonance imaging of the central nervous system*. Raven Press New York, 43-81.
- King A.S.; Smith R.N. (1955):
A comparison of the anatomy of the intervertebral disc in dog and man. With reference to the herniation of the nucleus pulposus. *Brit Vet J.*, 111, 135-149.
- Kirberger R.M.; Roos C.J.; Lubbe A.M. (1992):
The radiological diagnosis of thoracolumbar disc disease in the Dachshund. *Vet Radiol & Ultrasound*, 33, 255-261.
- Kirberger R.M.; Wrigley R.H. (1993):
Myelography in the dog: review of patients with contrast medium in the central canal. *Vet Radiol & Ultrasound* 34, 253-258.
- Kirberger R.M. (1994):
Recent Developments in canine lumbar myelography. *Comp Cont Educat Pract Vet.*, 16:7, 847-854.
- Klide A.M.; Steinberg S.A.; Pond M.J. (1967):
Epidurograms in the dog: the uses and advantages of the diagnostic procedure. *Vet Radiol.*, 8,39-43.
- Knüpfer W. (1988):
Verstärkerfolien, Filme, Speicherfolien. In: Krestel E. (Hrsg.): *Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik*. 2. Aufl., Siemens AG, 262-281.
- Kontinen Y.T.; Grönblad M.; Antti-Poika I.; Seitsalo S. (1990):
Neuroimmunohistochemical analysis of peridiscal nociceptive neural elements. *Spine*, 15, 383-386.
- Kornberg M.; Rehtine G.R. (1985):
Quantitative assessment of the fifth lumbar spinal canal by computer tomography in symptomatic L4-5 disc disease. *Spine*, 10, 328-330.

- Kornegay J.N.; Barber D.L. (1980):
Discospondylitis in dogs. *J AVMA*, 177, 337-341.
- Krestel E. (1988):
Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik. Technische Lösungen, Röntgendiagnostik. Siemens, 2. Aufl., 221-424.
- Künzel E. (1960):
Beitrag zur funktionellen Anatomie der Zwischenwirbelscheiben des Hundes mit Berücksichtigung der Diskopathien. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.*, 73, 101-120.
- Kusch H. (1983):
Das Achsenskelett des Dackels (Dachshundes, Teckels). München, Ludwig-Maximilians-Universität, Fachbereich Veterinärmedizin, Dissertation.
- Lamb C.R. (1994):
Common difficulties with myelographic diagnosis of acute intervertebral disc prolapse in the dog. *J Small Anim Pract.*, 35, 549-558.
- Lamb J.T.; Holland I.M. (1983):
Myelography with iopamidol. *Am J Neuroradiol.*, 4, 851-853.
- Lang J.(1987):
Spezielle Untersuchungsmethoden, Neuroradiologie. In: Vandavelde M.; Fankhauser R.; Lang J. (Hrsg.): Einführung in die veterinärmedizinische Neurologie. Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 68-110.
- Lang J. (1988):
Flexion-extension myelography of the canine cauda equina. *Vet Radiol.*, 29, 242-257.
- Lang J.; Schmid V. (1994):
Spezielle Radiologie. Neuroradiologie. Vorlesungsnotizen von G. Ueltschi, Version 2, 1-12.
- Le Couteur R.A.; Child G. (1989):
Diseases of the spinal cord. In: Ettinger S.J. (ed.): Textbook of veterinary internal medicine. 3rd ed, W.B. Saunders Verlag, Philadelphia, 650-654.
- Lee D.G. (1962):
The arterial supply of the intervertebral disc of the domestic cat (*Felis domestica*) from fetal life to old age. *Am J Vet Res.*, 23, 1072.
- Lee B.C.P.; Kazam E.; Newman A.D. (1978):
Computed tomography of the spine and spinal cord. *Radiology* 128:7, 95-102.
- Lee C.K.; Rauschnig W.; Glenn W. (1988):
Lateral lumbar spinal canal stenosis: classification, pathologic anatomy and surgical decompression. *Spine*, 13, 313-320.
- Lenahan T.M. (1983):
Canine cauda equina syndrome. *Comp Contin Educ Pract Vet.*, 5, 941-950.

- Lincoln J.D. (1992):
Cervical vertebral malformation / malarticulation syndrome in large dogs. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, 22:4, 923-935.
- Lindblom K. (1941):
Eine anatomische Studie über lumbale Zwischenwirbelscheibenprotrusionen und Zwischenwirbelscheibenbrüche in die Foramina intervertebralia hinein. *Acta Radiol.*, Copenhagen, 22, 711-721.
- Loeffler K. (1967):
Die Wirbesäule und ihre Erkrankungen beim Haustier. Teil II: Pathologische Veränderungen. *Der Praktische Tierarzt*, 48:8, 363-366.
- Luttgen, P. J. (1992):
Neoplasm of the Spine. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, July, 22:4:973-983.
- Luttgen P.J. (1994):
Spinal cord disorders. In: Birchard S.J.; Sherding R.G. (eds.): *Saunders`s Manual of small animal practice*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, 10:4, 1157-1164.
- Luttgen P.J.; Braund K.G.; Brawner W.R.; Vandevelde M. (1980):
A retrospective study of twenty-nine spinal tumors in the dog and cat. *J Small Anim Pract.*, 21, 213-226.
- Matteucci M.L.; Ramirez III O.; Thrall D.E. (1998):
Radiographic diagnosis: effect of right vs. left lateral recumbency on myelographic appearance of a lateralized extradural mass. *Dep. of Anatomy, Physiological Sciences and Radiology, College of Vet Med, North Carolina*, 351-352.
- Mattoon J.S.; Koblik P.D. (1993):
Quantitative survey radiographic evaluation of the lumbosacral spine of normal dogs and dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *Vet Radiol & Ultrasound*, 34:3, 194-206.
- McClanahan S. (1999):
Quality assurance, Quality control. In: Lavin L.M. (eds.): *Radiography in Veterinary Technology*. 2nd ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, 10, 103-122.
- McClure R.C.; Constantinescu G. (1992):
Systema nervosum, nervous system. In: Schaller O. (ed.): *Illustrated veterinary anatomical nomenclature*. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 414-509.
- McKee W.M. (1992):
A comparison of hemilaminectomy (with condominant disc fenestration) and dorsal laminectomy for the treatment of thoracolumbar disc protrusion in dogs. *Vet Rec.*, 130, 296-300.
- Melville G.E.; Taveras J.M. (2000):
Traumatic injuries of the spinal cord and nerve roots. In: Taveras J.M.; Ferrucci J.T., *Radiology. Neuroradiology head and neck*. Williams & Wilkins, Lippincott Company, 3:104, 1-12.

- Middleton D.L. (1993):
Radiographic positioning for the spine and skull. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, 3:2, 253-268.
- Mikhael M.A.; Ciric I.; Tarkington J.A.; Vick N.A. (1981):
Neuroradiological evaluation of lateral recess syndrome. *Radiology* 140:7, 97-107.
- Miller M.E. (1964):
The skeletal system. In: Miller M.E.; Christensen G.C.; Evans H.E. (Eds.): *Anatomy of the dog*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, 1-94.
- Mixter W.J.; Barr J.S. (1934):
Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *New England Surgical Society, New England Journal of Medicine*, 8, 210-215.
- Moiel R.H.; Ehni G.; Andersen M.S. (1967):
Approach to the patient with spinal disease. *J Neurosurg.*, 27, 456-458.
- Moore M.P. (1992a):
Discospindylitis. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, 22:4, 1027-1034.
- Moore M.P. (1992b):
Approach to the patient with spinal disease. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, 22:4, 751-780.
- Morgan J.P. (1968):
Congenital abnormalities of the vertebral column of the dog: A study of the incidence and significance based on a radiographic and morphologic study. *J Am Vet Rad Soc.*, 9, 21-29.
- Morgan J.P. (1993):
Radiography of the dog. Radiography of the spine. Neurological procedures in the dog and cat. In: *Techniques of veterinary radiography*. 5th ed., Ames Iowa State University Press, Ames Iowa, 5: 111-166 u. 239-245.
- Morgan J.P.; Atilola M.; Bailey C.S. (1987):
Vertebral canal and spinal cord mensuration: comparative study of its effect on lumbosacral myelography in the dachshund and german shepherd dog. *JAVMA*, 191:8, 951-957.
- Morgan J.P.; Bailey C.S. (1990):
Cauda equina syndrome in the dog: radiographic evaluation. *J Small Anim Pract.*, 31, 69-77.
- Morgan J.P.; Ljunggren G.; Read R. (1967):
Spondylosis deformans (vertebral osteophytosis) in the dog. *J Small Anim Pract.*, 8, 57-66.
- Morgan J.P.; Suter P.F.; Holliday T.A. (1972a):
Myelography with water soluble contrast medium. Radiographic interpretation of disc herniation in dogs. 2nd International Congress of Veterinary Radiologists: Proceedings, *Acta Radiol. (Suppl.)* 319, 217-230.

- Morgan J.P.; Suter P.F.; Holliday T.A. (1972b):
Myelography in the dog: diagnosis of tumors of the spinal cord and vertebrae. *J Am Vet Radiol Soc.*, 12, 29-44.
- Morgan J.P.; Silverman S. (1984):
Myelography. In: Morgan J.P.; Silverman S. (Hrsg.): *Techniques of veterinary radiography*. 4. Aufl., Iowa State University Press, Ames Iowa, 251-297.
- Mortensen V.A. (1979):
Diskusprolaps. *Dansk vet. Tidsk.*, 62, 105-110.
- Mühlebach R.; Freudiger U. (1973):
Röntgenologische Untersuchungen über die Erkrankungsform der Spondylose beim deutschen Boxer. *Schweiz. Arch. Tierheilk.*, 15, 539-558.
- Müller H. (1955):
Der Bandscheibenvorfall beim Hund. *Tierärztliche Umschau*, 10, 435-440.
- Müller H. (1959):
Röntgenologische Diagnostik und Chirurgie des Bandscheibenvorfalles beim Hund. Vortrag der Arbeitstagung über Kleintierkrankheiten der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, Berlin, 10./11. Oktober.
- Najera M.A. (1975):
Beitrag zur Ossovenographie und Fenestrierung bei der Diskopathie des Teckels. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Dissertation.
- Neer T.M. (1992):
Fibrocartilagenous emboli. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, 22:4, 1017-1026.
- Nickel R.; Schummer A.; Wille K.H.; Wilkens H. (1992):
Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem. Knochenlehre, Osteologia und Gelenke, Arthrologia. In: Nickel R.; Schummer A.; Seiferle E.; Frewein J.; Wille K.H.; Wilkens H. (Hrsg.): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bewegungsapparat*, Bd.1. 6. Aufl., Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 15-272.
- Nolte I. (1987):
Der akute Bandscheibenvorfall des Hundes. *Der Praktische Tierarzt*. 6, 13-16.
- Olby N.J.; Dyce J.; Houlton J.E.F. (1994):
Correlation of plain radiographic and lumbar myelographic findings with surgical findings in thoracolumbar disc disease. *J Small Anim Pract.*, 35, 345-357.
- Oliver J.E.; Selver M.S.; Simpson S. (1978):
Cauda equina compression from lumbosacral malarticulation and malformation in the dog. *JAVMA*, 173:2, 207-214.
- Olsen St.E. (1958):
The dynamic factor in spinal cord compression. A study on dogs with special reference of cervical disc protrusion. *J Neurosurgery*, 15,308-321.

- Olsson S.E.; Stavenborn M.; Hoppe F. (1982):
Dynamic compression of the cervical spinal cord. A myelographic and pathologic investigation in Great Dane dogs. *Acta Vet Scand.*, 23, 65.
- Osti O.L.; Vernon-Roberts B.; Fraser R.D. (1990):
Annulus tears and intervertebral disc degeneration. An experimental study using an animal model. *Spine*, 15:8, 762-767.
- Owens J.M. (1989):
Wirbelsäule. In: Owens J. M. (Hrsg.): Röntgenbildinterpretation für den Kleintierpraktiker. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, S.67-84.
- Palmer A.C. (1964):
The accident case. IV. The significance and estimation of damage to the central nervous system. *J Small Animal Pract.*, 5, 25-33.
- Park R.D.; Lebel J.L. (1989):
Radiologische Untersuchungen. In: Stashak T.S. (Hrsg.): Adam`s Lahmheit bei Pferden. 4. Auflage, M & H. Shaper Verlag, Alfeld, Hannover, 157-187.
- Parker A.J. (1973):
Distribution of spinal branches of the thoracolumbar segmental arteries in the dog. *Am J Vet Res.*, 34,1351.
- Penderis J.; Sullivan M.; Schwarz T.; Griffiths I.R. (1999):
Subdural injection of contrast medium as a complication of myelography. *J Small Anim Pract.*, 40, 173-176.
- Peyster R.G.; Reddy S.A. (2000):
Spinal stenosis. In: Taveras J.M.; Ferrucci J.T. Radiology. Neuroradiology head and neck. Williams & Wilkins, Lippincott Company, 3:106, 1-20.
- Pickuth D.; Frommhold H.; Müller-Gärtner H.W. (1998):
Neuroradiologie; Wirbelsäule. In: Pickuth D.; Frommhold H.; Müller-Gärtner H.W. (Hrsg.): Klinische Radiologie, systematisch. Diagnostische Radiologie, Nuklearmedizin, Strahlentherapie, Bd. 2, 3, 626-675.
- Poeck K. (1994):
Krankheiten des peripheren Nervensystems. Neurologie, 9. Auflg., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 409-448.
- Postaccini F.; Pezzeri G.; Montanaro A. (1980):
Computerized tomography in lumbar stenosis. *J Bone Joint Surg.*, 78-82.
- Prata R.G. (1977):
Diagnosis of spinal cord tumors in the dog. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, 7, 165-185.
- Prata R.G. (1981):
Neurosurgical treatment of thoracolumbar discs: The rationale and value of laminectomy with concomitant disc removal. *J Am Anim Hosp Assoc.*, 17, 17-26.

Prata R.G. (1993):

Cauda equina syndrome. In: Slatter D. (ed.): Textbook of small animal surgery. Bd. 1, 2nd ed., WB Saunders, Philadelphia, London, 1094-1110.

Quint D.J.; Tuite G.F.; Stern J.D.; Doran S.E.; Papadopoulos S.M.; McGillicuddy J.E.; Lundquist C.A. (1997): Computer-assisted measurement of lumbar spine radiographs. *Acad Radiol.* 4:11, 742-752.

Raw M.E. (1987):

The differential diagnosis of cervical pain in the dog. *Vet Annual*, 27, 235-246.

Rentmeister K. (1995):

Zur lumbosacralen Stenose des Hundes („Cauda Equina Kompressionssyndrom“). München, Ludwig-Maximilians-Universität, Tierärztliche Fakultät, Dissertation.

Rist R. (1982):

Über das Schicksal prolabierte Bandscheibengewebes beim Hund. München, Ludwig-Maximilians-Universität, Tierärztliche Fakultät, Dissertation.

Roberts R.E.; Selcer B.A. (1993):

Myelography and Epidurography. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, 23:2, 307-329.

Rothmann R.H.; Campbell R.E.; Menkowitz E. (1974):

Myelographic patterns in lumbar disc degeneration. *Clin Orthop Rel Res.*, 99:3, 18-29.

Von Salis-Soglio G.; Scholz R.; Thomas M. (2001):

Der lumbale Bandscheibenvorfall. Diagnostik und Behandlungsmöglichkeiten. *Ärzteblatt Sachsen*, Leipzig, Orthopädische Klinik und Poliklinik, Universität Leipzig, 412-414.

Salzmann S.K.; Hirofuji E.; Liados-Eckmann C.; Macewen G.D.; Becmann A.L. (1987):

Monoaminergic responses to spinal trauma. Participation of serotonin in post traumatic progression of neural damage. *J Neurosurg.*, 66, 431-439.

Sande R.D. (1992):

Radiography, myelography, computed tomography, and magnetic resonance imaging of the spine. *Vet Clin North Am.: Small Anim Pract.*, 22:4, 811-831.

Schaller O. (1992):

Arthrologia, Arthrology. Osteologia, Osteology. In: Schaller O. (ed.): *Illustrated veterinary anatomical nomenclature*. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 10-75, 76-97.

Schebitz H.; Wilkens H.: (1980):

Wirbelsäule. Myelographie. In: Schebitz H.; Wilkens H. (Hrsg.): *Atlas der Röntgenanatomie von Hund und Katze*. 3. Aufl., Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 34-51.

Schirmer K. (1913):

Vergleichende Anatomie der Rumpfwirbel von Hase, Kaninchen, Katze, Fuchs und Dachs. Bern, Fachbereich Veterinärmedizin, Universität Bern, Dissertation.

Schönström N.; Bolender N.; Spengler D.M. (1985):

The pathomorphology of spinal stenosis as seen on CT scans of the lumbar spine. *Spine*, 10, 806-811.

Schönström N. (1988):

The significance of oblique cuts on CT scans of the spinal canal in terms of anatomic measurements. *Spine*, 13:4, 435-436.

Schunk P. (1997):

Messungen an Wirbelkörpern und Bandscheiben von Teckeln (mit und ohne Bandscheibenvorfall), Deutschen Schäferhunden, Cocker-Spanieler und Katzen. Berlin, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin, Dissertation.

Schwartau K. (1996):

Thorakolumbale Bandscheibenvorfälle beim Hund. Klinische und röntgenologische Untersuchungen vor und nach einer Hemilaminektomie. Berlin, Freie Universität Berlin, Dissertation.

Seiferle E.; Böhme G.; (1992):

Nervensystem, Zentralnervensystem. In: Nickel R.; Schummer A.; Seiferle E.; Böhme G. (Hrsg.): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen*. Bd. 4, Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 2-221.

Seim H.B. (1995):

Thoracolumbar disc disease: diagnosis, treatment, and prognosis. *Can Pract.*, 20:1, 8-13.

Shores A. (1992):

Spinal trauma. Pathophysiology and management of traumatic spinal injuries. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, 22:4, 859-887.

Simons B. (1951):

Röntgendiagnostik der Wirbelsäule. *Allgemeine Röntgendiagnostik und Aufnahmetechnik der Wirbelsäule*. 2. Auflg., Gustav Fischer Verlag, Jena, 22-66.

Simpson S.T. (1992):

Intervertebral disc disease. *Vet Clin North Am. : J Small Anim Pract.*, 22:4, 889-897.

Slocum B.; Slocum T.D.; Biggart J.F. (1998):

Neurologic diagnosis. Myelography of disc disease. In: Bojrab M.J.; Ellison G.W.; Slocum B. (eds.): *Current techniques in small animal surgery*. 4th ed., Williams & Wilkins Verlag, Baltimore, Philadelphia, 803-809.

Smith R.N. (1959):

Protrusion of the intervertebral disc. In: *Proc Brit Small Anim Vet Assoc Congr.*, 44-51.

Starck D. (1979):

Skelett des Rumpfes. In: Starck D. (Hrsg.):

Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere auf evolutionsbiologischer Grundlage. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Bd. 2, B, 35-118.

- Suter P.F.; Morgan J.P.; Holliday T.A.; O'Brien T.R. (1972):
Myelography in the dog: diagnosis of tumors of the spinal cord and vertebrae. *J Am Vet Radiol Soc.*, 12, 29-44.
- Tarlov I.M.; Klinger H. (1954):
Spinal cord compression studies. II. Time limits for recovery after acute compression in dog. *AMA Arch Neurol and Psych.*, New York, 3, 271-290.
- Tarvin G.; Prata R.G. (1980):
Lumbosacral stenosis in dogs. *JAVMA*, 177:2, 154-159.
- Thompson R.E.; Percy M.J.; Downing J.W.; Manthey A.; Parkinson I.H.; Fazzalari N.L. (2000):
Disc lesions and the mechanics of the intervertebral joint complex. *Spine*, 25:23, 3026-3035.
- Thrall D.E. (1998):
Introduction to radiographic interpretation. Principles of interpretation. In: Thrall D.E. (ed.): *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. 3rd ed., W.B. Saunders, Philadelphia, London, 20-30.
- Thrall D.E.; Widmer W.R. (1998):
Radiation physics, radiation protection and darkroom theory. Principles of interpretation. In: Thrall D.E. (ed.): *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. 3rd ed., W.B. Saunders, Philadelphia, London, 1-20.
- Thron A.; Bockenheimer S. (1979):
Technik und diagnostischer Wert der lumbalen Funktionsmyelographie beim Bandscheibenprolaps. *Fortschr. Röntgenstr.* 130:1, 81-84.
- Töndury G. (1953):
Über die Diskushernie beim Dackel. *Z Orthop.*, 83, 184-201.
- Toombs J.P.; Bauer M.S. (1993):
Intervertebral disc disease. In: Slatter D. (ed.): *Textbook of small animal surgery*. W.B. Saunders, Philadelphia, London, 2nd ed., 1070-1086.
- Vandeveld M.; Wolf M. (1993):
Spinal cord compression. In: Bojrab M.J.; Smeak D.D.; Bloomberg M.S. (eds.): *Disease mechanisms in small animal surgery*. Lea & Febinger Verlag, Philadelphia, London, 1152-1157.
- Van Gundy T.E. (1988):
Disc-associated wobbler syndrome in the dobermann pinscher. *Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract.*, 18:3, 667.
- Vaughan L.C. (1958):
Studies on intervertebral disc protrusions in the dog: I. Etiology and pathogenesis. II. Diagnosis of disease. *Brit Vet J.*, 114, 105-209.

Verbiest H. (1990):

Lumbar spinal stenosis. In: Youmans J.R. (ed.): Neurological Surgery. 3rd ed., W.B. Saunders, Philadelphia, Bd. 4, 2805-2855.

Videmann T.; Malmivaara A.; Mooney V. (1987):

The value of the axial view in assessing discograms. An experimental study with cadavers. Spine 12, 299-304.

Walker M.A. (1998):

The vertebrae. In: Thrall D.E. (ed.): Textbook of veterinary diagnostic radiology. 3rd ed., W.B. Saunders, Philadelphia, London, 2:8, 81-89.

Watt P.R. (1991):

Degenerative lumbosacral stenosis in 18 dogs. J Small Anim Pract., 32:125-134.

Weber B. (1994):

Transformation der Zwischenwirbelscheiben des Hundes mit immunhistochemischer Darstellung verschiedener Kollagentypen in Abhängigkeit von Alter und funktioneller Belastung. Berlin, Institut für Veterinärpathologie, Freie Universität Berlin, Dissertation.

Weidl B. (1998):

Beitrag zur Spondylosis deformans beim Hund. Berlin, Fachbereich Veterinärmedizin, Chirurgische Klinik, Freie Universität Berlin, Dissertation.

Wheeler S.J. (1989):

Diagnosis of spinal disease in dogs. J Small Anim Pract., 30, 81-91.

Wheeler S.J. (1992):

Lumbosacral diseases. Vet Clin North Am.: J Small Anim Pract., 22:4, 937-950.

Widmer W.R.; Blevins W.E. (1991):

Veterinary myelography: a review of contrast media, adverse effects, technique. JAAHA, March/April, 27, 163-177.

Widmer W.R. (1998):

Intervertebral disc disease and myelography. Axial skeleton-companion animals. In: Thrall D.E. (ed.): Textbook of veterinary diagnostic radiology. 3rd ed., W.B. Saunders, Philadelphia, London, 89-105.

Wilmink J.T.; Korte J.H.; Penning L. (1988):

Dimensions of the spinal canal in individuals symptomatic for sciatica: a CT study. Neuroradiology, 30, 547-550.

Wolvekamp W.Th. C. (1981):

Röntgendiagnostik bei Hunden mit Rückenmarkskompression. Kleintierpraxis, 26, 479-490.

Wolvekamp P. (2001):

Spinal radiography in dogs and cats. Baden-Badener Fortbildungstage-Kleintierpraxis, Röntgenseminar, 12.2001, 1-17.

Wright J.A.; Bell D.A.; Cayton-Jones D.G. (1979):

The clinical and radiological features associated with spinal tumors in thirty dogs. *J Small Anim Pract.*, 20, 461-472.

Yovich J.C.; Read R.; Eger C. (1994):

Modified lateral spinal decompression in 61 dogs with thoracolumbar disc protrusion. *J Small Anim Pract.*, 35, 351-356.

Zimmer-Brossy M. (1992):

Lehrbuch der röntgendiagnostischen Einstelltechnik. Allgemeiner Teil. 4. Auflg., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1-43.

Zippel H. (1996):

Wirbelsäule. Formen der Degeneration. In: Zippel H. (Hrsg.): Orthopädie systematisch. 1. Auflg., UNI-MED Verlag AG, Lorch/Württemberg, 17, 348-414.

Danksagungen

Frau Univ. Prof. Dr. C. Poulsen Nautrup danke ich für die Übernahme der Thematik und Beurteilung der Ergebnisse.

Ganz besonders herzlich möchte ich mich bei Herrn Dr. med. vet. M. Sager für die intensive wissenschaftliche Betreuung der Dissertation, seine hilfreichen Anregungen und die Nutzung der Röntgenanlagen bedanken.

Bei Frau Dr. rer. nat. A. Treiber bedanke ich mich für die Möglichkeit, meine Dissertation in der Tierversuchsanlage des Universitätsklinikums Düsseldorf anfertigen zu können.

Ich möchte mich auch bei meinen Kolleginnen und Kollegen der Tierversuchsanlage des Universitätsklinikums Düsseldorf für die hilfreiche Unterstützung bei den Untersuchungen und das angenehme Arbeitsklima bedanken.

Ganz besonderer Dank gilt dem Personal der Tierarztpraxen und Tierkliniken, die mir bei der Beschaffung der euthanasierten Hunde sehr hilfreich waren.

Herzlichen Dank auch an Frau Zillmann der MTRA Schule des Universitätsklinikums Essen, die mich so liebenswürdig und ausgiebig bei der Röntgenqualitätskontrolle unterstützt hat.

Herrn Rogowsky der Firma Baxter danke ich für die Beschaffung der Artery-Embolektomie-Katheter.

Bernd Reiners gilt ein großes Lob für die hervorragende Zusammenarbeit und reichlichen Tips bei der Auswertung der Daten.

Der Tierarztpraxis Wolfgang Olschowy spreche ich einen großen Dank aus, ohne dessen Unterstützung ich diese Arbeit nur schwer hätte durchhalten können.

Bei meinen Eltern und Schwiegereltern möchte ich mich ganz besonders für die Hilfestellung bezüglich der Gestaltung und Korrekturlesen der Arbeit bedanken.

Meinem Mann Benedikt danke ich besonders für die unendliche Geduld und seine liebevolle Unterstützung.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Ursula Goth, geb. Quast
Geburtsdatum und Ort: 03.02.1971, Bochum
Familienstand: verheiratet, ein Kind
Eltern: Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Quast
Dr. med. Elke Quast, geb. Ander
Ehemann: Benedikt Goth, Dipl. Ing.
Wohnort: Am Webersbüschken 14, 40822 Mettmann, Deutschland

Ausbildungsdaten:

1977-1981 Grundschole in Bochum und Witten
1981-1990 Erich-Kästner-Gesamtschole in Bochum
Mai 1990 Abitur
1990-1993 Abgeschlossene Ausbildung zur Tierarzthelferin in der Groß- und Kleintierpraxis von Herrn W. Budde, Witten-Bommern
1992-1998 Studium der Veterinärmedizin an der Justus-Liebig-Universität in Gießen
August 1998 Approbation als Tierärztin
1998-2002 Weiterbildung, Fachbereich Akupunktur
April 2002 Zusatzbezeichnung Akupunktur
2000-2002 Anfertigung der vorliegenden Dissertation in der chirurgischen Abteilung des Universitätsklinikums Düsseldorf

Beruf:

Seit September 1998 Assistenz in der Groß- und Kleintierpraxis von Herrn Wolfgang Olschow, Mettmann