

Aus der Chirurgischen Veterinärklinik
- Kleintierchirurgie -
der Justus-Liebig-Universität Giessen
Betreuer: Prof. Dr. E. Schimke

Das Wobbler-Syndrom (zervikale Spondylomyelopathie)
beim Dobermann im Vergleich mit ausgewählten Rassen

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Giessen

Eingereicht von
OLIVER LAUTERSACK
Tierarzt aus Karlsruhe

Giessen 2002

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Giessen

Dekan:

Prof. Dr. Dr. h.c. B. Hoffmann

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. E. Schimke

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. G. Erhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 17.09.2002

Meiner Familie gewidmet

1	Einleitung.....	1
2	Literaturübersicht.....	4
2.1	Betroffene Rassen.....	4
2.2	Einteilung.....	6
2.2.1	Die chronisch degenerative Diskopathie	7
2.2.2	Das Vertebral Tipping.....	7
2.2.3	Missbildungen der Wirbelkörper	8
2.2.4	Hypertrophie und Malformation	9
2.2.5	Die Uhrglaskompression.....	9
2.3	Anatomische Grundlagen	11
2.3.1	Die Knochen der Halswirbelsäule.....	11
2.3.2	Die Gelenke der Halswirbelsäule.....	11
2.3.3	Die Bandscheiben	11
2.3.3.1	Der Anulus fibrosus	12
2.3.3.2	Der Nucleus pulosus.....	13
2.3.3.3	Die Wirbelkörperendplatten.....	15
2.3.3.4	Die biomechanische Funktion der Bandscheibe.....	15
2.4	Ätiologie und Pathogenese.....	18
2.4.1	Ernährung.....	18
2.4.1.1	Zur Pathophysiologie des Knochenumbaus	18
2.4.2	Anatomisch-pathologische Veränderungen.....	22
2.4.3	Anatomische Auffälligkeiten an der HWS beim Dobermann	22
2.4.4	Anatomische Auffälligkeiten an der HWS bei der Dt. Dogge.....	25
2.4.5	Anatomische Auffälligkeiten an der HWS bei anderen Rassen.....	26
2.4.6	Lokalisation des Wobbler-Syndroms	27

2.4.7	Veränderungen der Bandscheiben.....	28
2.4.8	Das Wobbler-Syndrom und Schmerzhaftigkeit	28
2.5	Das klinisch-neurologische Bild.....	29
2.5.1	Klinisch-orthopädische Untersuchung	30
2.5.2	Klinisch-neurologische Untersuchung	30
2.5.3	Klinisch-neurologische Besonderheiten	32
2.5.4	Begleiterkrankungen	33
2.6	Röntgenologische Diagnostik.....	33
2.6.1	Röntgenologische Untersuchung ohne Kontrastmittel	34
2.6.1.1	Auswertung der Nativröntgenaufnahmen.....	34
2.6.2	Röntgenologische Untersuchung mit Kontrastmittel.....	39
2.6.2.1	Auswertung der Myelographie.....	40
2.6.3	Nativröntgen und Myelographie.....	42
2.7	Computertomographie (CT)	43
2.8	Magnetresonanztomographie (MRT).....	45
2.9	Prognostische Bewertung	48
2.10	Therapie des Wobbler-Syndroms	49
2.10.1	Konservative Therapie	49
2.10.2	Operative Therapie.....	49
2.10.3	Dekomprimierende Operationsmethoden	50
2.10.3.1	Ventral Slot (Standardmethode)	50
2.10.3.2	Inverted Cone Decompression Technique (ICDT).....	51
2.10.3.3	Dorsale Laminektomie (Standardmethode).....	52
2.10.3.4	Continous Dorsal Laminectomy.....	52
2.10.4	Dekomprimierende und stabilisierende Operationsmethoden	53
2.10.4.1	Verplattung der Processus spinosi	54

2.10.4.2	Verschraubung der Procc. articulares mit Fenestration	54
2.10.4.3	Fixation mit Kortikalisschrauben	55
2.10.4.4	Ventrale Verplattung	55
2.10.4.5	Verdrahtung der Processus articulares nach Laminektomie.....	56
2.10.4.6	Distraktion ohne zusätzliche Dekompression	56
2.10.4.7	Stabilisation durch autogenes Knochentransplantat.....	57
2.10.4.8	Stabilisation mit Steinmannägeln und Polymethylmethacrylat.....	59
2.10.4.9	Screw and washer technique	60
2.10.4.10	Stabilisation mit Polymethylmethacrylat	60
2.10.4.11	Partieller Ventral Slot und Stabilisation durch Schrauben	62
2.10.5	Therapieergebnisse bei zervikaler Diskopathie anderer Rassen.....	62
3	Eigene Untersuchungen	64
3.1	Material und Methoden.....	64
3.1.1	Gerätebeschreibung	64
3.1.2	Untersuchte Tiere	65
3.1.3	Gruppeneinteilung	66
3.1.4	Röntgenbildmaterial.....	67
3.1.5	Röntgenuntersuchungen	68
3.1.5.1	Anästhesie	68
3.1.5.2	Standardaufnahmen der Halswirbelsäule.....	69
3.1.5.3	Gehaltene Aufnahmen der Halswirbelsäule	70
3.1.6	Auswertung.....	72
3.1.6.1	Die dorso-ventrale Wirbelkörperhöhe	72
3.1.6.2	Die dorso-ventrale Wirbelkanalhöhe	74
3.1.6.3	Die latero-laterale Wirbelkanalbreite	75
3.1.6.4	Die Wirbelkörperlänge	76

3.1.6.5	Gehaltene Aufnahmen der Halswirbelsäule	77
3.1.7	Vergleich von klinisch unauffälligen mit Wobbler-Patienten der Rasse Dobermann	78
3.1.8	Verifizierung der gemessenen Daten	79
3.1.9	Statistische Auswertung	81
3.2	Ergebnisse der eigenen Untersuchungen	82
3.2.1	Die Wirbelkörperlänge.....	82
3.2.1.1	Die dorsale Wirbelkörperlänge	82
3.2.1.2	Die ventrale Wirbelkörperlänge	85
3.2.1.3	Das Verhältnis der dorsalen zur ventralen Wirbelkörperlänge	87
3.2.2	Die Wirbelkörperhöhe	89
3.2.2.1	Das Verhältnis der kranialen Endplatten zu einander	89
3.2.2.2	Das Verhältnis der kaudalen Endplatten zu einander	91
3.2.2.3	Das Verhältnis der kranialen zur kaudalen Endplatte.....	91
3.2.2.4	Das Verhältnis der kaudalen Endplatte zur kranialen des folgenden Wirbels	94
3.2.3	Die Spinalkanalhöhe	95
3.2.3.1	Das Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalhöhe	96
3.2.3.2	Das Verhältnis der kaudalen Spinalkanalhöhe zur kranialen des folgenden Wirbels	98
3.2.4	Die Spinalkanalbreite	101
3.2.4.1	Das Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalbreite	102
3.2.4.2	Das Verhältnis der kaudalen Spinalkanalbreite zur kranialen des folgenden Wirbels	104
3.2.5	Die Winkel der Halswirbel zueinander bei gehaltenen Lagerungen	105
3.2.6	Beugungsänderung	109

3.3	Beweglichkeit.....	111
3.3.1	Vergleich klinisch unauffälliger Hunde mit Wobblers-Patienten der Rasse Dobermann	115
3.3.2	Wirbelkörperlänge	115
3.3.3	Wirbelkörperhöhe	119
3.3.4	Spinalkanalhöhe	119
3.3.5	Spinalkanalbreite	121
3.3.6	Die Winkel der Halswirbel zu einander bei gehaltenen Lagerungen	121
4	Diskussion	124
4.1	Methodik der Untersuchung.....	124
4.2	Übereinstimmung von Röntgenbild und anatomischen Strukturen der Halswirbelsäule.....	126
4.3	Anatomische Besonderheiten der HWS beim Dobermann	126
4.3.1	Die Wirbelkörperlänge	126
4.3.2	Die Wirbelkörperhöhe.....	128
4.3.3	Spinalkanalhöhe	129
4.3.4	Spinalkanalbreite	131
4.3.5	Die Biegefähigkeit der Halswirbelsäule.....	131
4.3.6	Die Änderung der Winkel bei Überbeugung und Überstreckung	133
4.3.7	Beweglichkeit.....	134
4.3.8	Vergleich der gemessenen Parameter mit den klinischen Befunden	136
5	Zusammenfassung	139
6	Summary	144
7	Literaturverzeichnis.....	149

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
Austr. Shepard	Australien Shepard
BSH	Berner Sennenhund
C	Halswirbel
C1-C7	Erster bis siebter Halswirbel
CT	Computertomographie
DSH	Deutscher Schäferhund
Dt. Dogge	Deutsche Dogge
Gr.	Gruppe
HWS	Halswirbelsäule
i.Tr.	in der Trockenmasse
iv.	intravenös
JRT	Jack Russel Terrier
kaud.	kaudal
kg	Kilogramm
KM	Körpermasse
kran.	kranial
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
M.	Musculus
mg	Milligramm
Mm.	Musculi
MRT	Magnetresonanztomographie
NRC	National Research Council's Nutrient Requirements For Dogs

OMN	Oberes Motorisches Neuron
OP	Operation
p	Statistische Signifikanz
p-Wert	Angabe der statistischen Signifikanz
PMM	Polymethylmethacrylat
Proc.	Processus (Singular)
Procc.	Processus (Plural)
s	Standardabweichung
T	Brustwirbel
T1	Erster Brustwirbel
Tab.	Tabelle
UMN	Unteres Motorisches Neuron
V.	Vena
Vv.	Venae
WK	Wirbelkörper

1 Einleitung

Das Wobbler-Syndrom ist eine seit 1967 bekannte Erkrankung, die in Großbritannien und Amerika häufig diagnostiziert wird, während sie in der Literatur des deutschen Sprachraums selten erwähnt ist. Vom Wobbler-Syndrom sind vor allem der Dobermann und die Dt. Dogge betroffen, wobei auch andere Rassen erkranken können. Die Definition des Wobbler-Syndroms wird sehr uneinheitlich gehandhabt, woraus sich Probleme im Umgang mit dieser Erkrankung ergeben.

Obwohl zahlreiche Untersuchungen angestellt wurden, ist die Ätiologie und Pathogenese bis heute weitestgehend unbekannt. Ebenso bereitet die Diagnose und Auswahl geeigneter Therapiemaßnahmen Schwierigkeiten und ist von zahlreichen Misserfolgen begleitet, was nicht zuletzt auf die Vermischung unterschiedlicher Krankheitsbilder unter dem Oberbegriff „Wobbler-Syndrom“ zurück zu führen ist.

Bislang konnte keine Ursache für das gehäufte Auftreten der Erkrankung bei der Rasse Dobermann gefunden werden. Auch die Vererblichkeit wurde bisher nicht nachgewiesen.

Ein Ziel dieser Arbeit ist es, das bestehende Wissen über die Ätiologie, Pathogenese und Pathophysiologie sowie zu therapeutischen Ansätzen zusammen zu fassen.

Neben der Problematik einer exakten Definition des Wobbler-Syndroms beim Dobermann bestehen große Schwierigkeiten bei der Durchführung und Interpretation der radiologischen Diagnostik. In keiner uns bekannten Publikation wurden bisher definierte Lagerungstechniken beschrieben, die als Schema für die Untersuchung herangezogen werden können und für die entsprechende Referenzwerte bestehen. Da keine objektiven Messdaten für die Röntgenbildinterpretation vorliegen, muss sich der Untersucher immer noch neben den klinisch-neurologischen Befunden bei der röntgenologischen Diagnose auf Erfahrungswerte und subjektive Eindrücke verlassen.

Die röntgenologische Untersuchung ist das bildgebende Verfahren, das am häufigsten zur Diagnosestellung beim Wobbler-Syndrom eingesetzt wurde und

durch die allgemeine Verfügbarkeit nach wie vor am meisten eingesetzt wird. Bisher wurde jedoch nur von Lewis (1991) die gute Korrelation der Röntgenbilder mit den tatsächlichen Gegebenheiten an der Halswirbelsäule am Sektionspräparat untersucht und bestätigt. Es stellt sich daher die Frage, ob die Ergebnisse von Lewis reproduzierbar sind und ob sich eine ähnlich hohe Übereinstimmung erzielen lässt. Dies ist von besonderem Interesse, weil die meisten Hunde mit dieser Erkrankung zuerst in der tierärztlichen Praxis vorgestellt werden. Erst die vorselektierten Patienten gelangen in der Regel an Einrichtungen, denen moderne bildgebende Verfahren wie CT oder MRT zur Verfügung stehen. Diese Methoden dienen daher häufig nur der exakten Eingrenzung der Erkrankung und sind ausgewählten Patienten vorbehalten.

Das Wobbler-Syndrom tritt vor allem beim Dobermann und der Dt. Dogge auf. Wir haben uns für den Dobermann die Frage gestellt, ob die Ursache für diese Krankheit ähnlich wie bei der Dt. Dogge in einer besonderen anatomischen Anlage der Halswirbel zu suchen ist. Es ist daher ein weiteres Ziel dieser Arbeit, mögliche anatomische Unterschiede zu anderen Hunderassen zu bestimmen, die das gehäufte Auftreten der Erkrankung beim Dobermann begründen könnten.

Es ist von besonderem Interesse, ob beim Dobermann primäre skelettale Veränderungen zu den bekannten degenerativen Prozessen an den Disci intervertebrales und dem „Vertebral Tipping“ führen. Im Vorfeld der Untersuchung mussten wir immer wieder feststellen, dass insbesondere die Diagnose der Instabilität und des „Vertebral Tipping“ der Halswirbel stark vom subjektiven Eindruck des Untersuchers abhängig ist. Wir haben uns deshalb zum Ziel gesetzt, die Diagnostik durch reproduzierbare Lagerungen und die Erarbeitung von definierten Quotienten, die mit ausgewählten anderen Rassen verglichen werden können, zu objektivieren. Darüber hinaus soll die häufig beschriebene Instabilität der Halswirbelsäule der Rasse Dobermann überprüft und verifiziert werden.

Hinter diesen Ansätzen steht nicht nur der Wunsch, die Ursachen für das Wobbler-Syndrom beim Dobermann zu finden, sondern auch durch geeignete Verfahren die allgemein zugängliche röntgenologische Diagnostik zu standardisieren. Wenn skelettale Veränderungen ein pathogenetisches Symptom für die Entstehung der Erkrankung darstellen und sich definierte Röntgenaufnahmen

der Halswirbelsäule als zuverlässige, aussagekräftige Diagnostikmethode bestätigen, soll mit dieser Arbeit eine Voraussetzung für die Erarbeitung geeigneter Werte in einem festgelegten Referenzbereich geschaffen werden. Damit würde eine Methode zur Verfügung stehen, durch die ein Screeningprogramm etabliert werden könnte, um das Wobbler-Syndrom ursächlich durch zuchthygienische Maßnahmen zu bekämpfen.

2 Literaturübersicht

Die zervikale Spondylomyelopathie ist eine Erkrankung, die erstmals von Palmer und Wallace (1967) beim Bassett beschrieben wurde und seither vor allem im anglo-amerikanischen Raum häufig diagnostiziert wird. Die betroffenen Tiere zeigen einen eigentümlich schwankenden Gang, der zu der allgemein verbreiteten Bezeichnung „Wobbler-Syndrom“ (Mayhew et al., 1978; Seim III, 1997; Queen et al., 1998) geführt hat. „Wobbler“ leitet sich vom altdeutschen Wort „wobbeln“ ab, das dem heutigen „wackeln“ entspricht. Auch das englische „to wobble“ bedeutet schwanken oder wackeln. Diese reine Gangbeschreibung hat dazu geführt, dass der Begriff „Wobbler-Syndrom“ für mehrere ätiologisch unterschiedliche Erkrankungen benutzt wird und bei vielen Tierarten (z.B. Pferd, Hund und Maus) beschrieben ist, deren Erkrankungsformen jedoch kaum Gemeinsamkeiten aufweisen. Zahlreiche Synonyme wurden bisher in der Literatur verwendet, um die einzelnen Krankheitsbilder besser abgrenzen zu können: Zervikale Spondylolisthesis (DeLahunta, 1971; Dueland et al., 1973; Gage und Hoerlein, 1973), vertebrale Subluxation (Gage und Hall, 1972), zervikale vertebrale Instabilität (Parker et al., 1973; Mason, 1979; Hurov, 1979), zervikale Spondylopathie (Selcer, 1975; Chambers et al., 1977; Betts, 1982; Jaggy und Lang, 1986; McKee et al., 1990), kaudale zervikale Spondylomyelopathie (Read et al., 1988; Ellison et al., 1988; Bruecker et al., 1989; Lewis, 1989; Wilson et al., 1994; Wheeler et al., 1998) oder zervikale vertebrale Malformation/Malartikulation (Trotter et al., 1976; Read et al., 1983; Shores, 1984; Meric, 1992).

2.1 Betroffene Rassen

Die zervikale Spondylomyelopathie scheint besonders oft beim Dobermann und bei der Dt. Dogge aufzutreten (Olsson et al., 1982; Betts et al., 1982; Seim III et al., 1982). Männliche Hunde sind etwa doppelt so häufig betroffen wie weibliche (Gage und Hoerlein, 1973; Chambers und Betts, 1977). Andere Rassen, bei denen das Wobbler-Syndrom diagnostiziert wurde, sind Deutscher Schäferhund, Barsoi, Riesenschнауzer, Berner Sennenhund, Neufundländer, Deut-

sche Vorstehhund, Irischer Wolfshund, Airedale Terrier, Kuvacz, Labrador, Weimaraner, Rottweiler, Alaskan Malamute, Dalmatiner, Australischer Schäferhund, Pointer, Cocker Spaniel, Beagle, Dackel, Pudel, Lhasa Apso, Shi-Tsu, Boston Terrier und Bassett (Chambers, et al., 1982; Seim III und Prata, 1982; Read et al., 1983; Clark, 1986; Jaggy und Lang, 1986; Ellison et al., 1988). Abgesehen von Untersuchungen aus Großbritannien sind europäische Publikationen über diese Erkrankung selten. Im schweizer Patientengut von Jaggy und Lang (1986) waren der Dobermann und die Dt. Dogge wesentlich seltener vertreten als bei vergleichbaren Studien englischer und amerikanischer Autoren. 62% der Patienten mit Wobbler-Syndrom waren Hunde anderer großer Rassen, wobei diese Diskrepanz zur übrigen Literatur nicht erklärt werden konnte. Ob eine abweichende Verteilung für andere europäische Länder ebenfalls zutrifft, oder die Prädisposition von Dobermann und Dt. Dogge bestätigt werden kann, ist bisher nicht ausreichend untersucht.

Eine genetische Ätiologie konnte bisher nicht bewiesen werden (Selcer et al., 1975; Lewis, 1989). Lewis (1989) vermutet einen multifaktoriellen Erbgang, der ähnlich wie bei der Hüftgelenksdysplasie von mehreren, gleichzeitig zusammentreffenden Faktoren bestimmt wird.

2.2 Einteilung

Die zervikale Spondylomyelopathie bei Dobermann und Deutscher Dogge wurde von Lewis et al. (1989) sowie Seim III und Withrow (1982) nach den pathologischen Veränderungen der HWS in 5 Gruppen unterteilt (Tabelle 1). Hunde anderer Rassen weisen entsprechende Befunde auf.

Art der Veränderung	Alter/ Rasse	Lokalisation	Ursache	Prognose
chronisch degenerative Bandscheibenerkrankung	adulter, häufig männlicher <i>Dobermann</i>	Kompression von ventral zwischen C5 und C7	Bandscheibendegeneration und Hypertrophie des ventralen Anulus fibrosus	günstig
„Vertebral Tipping“	adulter, häufig männlicher <i>Dobermann</i>	Kompression von ventral zwischen C5 und C7	Fehlstellung des Wirbelkörpers durch dorsale Rotation	günstig
kongenitale Malformation des Wirbelkörpers	junge <i>Dt. Dogge</i> und junger <i>Dobermann</i>	Kompression von ventral zwischen C3 und C7	angeborene Malformation eines Wirbelkörpers	ungünstig
Malformation des Arcus vertebralis oder der Procc. articulares und Hypertrophie des Lig. flavum	junge <i>Dt. Dogge</i>	Kompression von dorsal oder lateral zwischen C4 und C7	Hypertrophie und/oder Hyperplasie des Lig. flavum; Missbildung des Arcus vertebralis oder der Procc. articulares	günstig bis vorsichtig
Uhrglaskompression	junge <i>Dt. Dogge</i>	Kompression von allen Seiten zwischen C2 und C7	Hypertrophie des Lig. flavum und Anulus fibrosus; Malformation der WK, der Arcus vertebrales oder der Gelenkfortsätze; degenerative Bandscheibenerkrankung	vorsichtig bis ungünstig

Tabelle 1:

Einteilung der zervikalen Spondylomyelopathie (nach Seim III und Withrow, 1982)

2.2.1 Die chronisch degenerative Diskopathie

Die chronische Diskopathie ist primär degenerativ oder entsteht sekundär durch Überlastung infolge Instabilität. Ob dem Umbau der Bandscheibe die Instabilität vorausgeht oder die Instabilität zur Bandscheibendegeneration führt, ist nicht geklärt (Seim III, 1997). Vermehrte Beweglichkeit bewirkt unphysiologische Belastung der Bandscheiben, wodurch der Nucleus pulposus degeneriert und der Anulus fibrosus hypertrophiert. Sobald die einwirkenden Kräfte die Elastizität der Fasern des Anulus fibrosus übersteigen und er dorso-lateral einreißt, kollabiert der Intervertebralspalt und Bandscheibenmaterial wölbt sich oder fällt in den Canalis spinalis vor. Lokal hypertrophierte Bandstrukturen können im betroffenen Bereich die Myelonkompression zusätzlich erhöhen.

Bei chronisch degenerativer Diskopathie wird zwischen dynamischer und statischer Kompression unterschieden. Die dynamische Einengung wird unter Zug oder ventraler Flexion des Halses vermindert, während dorsale Extension den Druck auf das Myelon verstärkt. Statische Kompression ist konstant vorhanden und wird in ihrer Stärke durch verschiedene Haltungen nicht beeinflusst. Beide Arten der chronisch degenerativen Diskopathie können durch die Myelographie auf orthograd gelagerten Röntgenbildern unter Zug sowie dorsal und ventral gehaltenen Aufnahmen unterschieden werden (Seim III und Withrow, 1982; VanGundy, 1989; Lewis et al., 1991; Sharp et al., 1992; Queen et al., 1998).

Die Prognose dieser Erkrankungsform wird von Seim III (1997) als gut beurteilt.

2.2.2 Das Vertebral Tipping

Beim Dobermann ist oft eine Fehlstellung der kaudalen Halswirbel zu beobachten, die als „Vertebral Tipping“ bezeichnet wird. Bei vielen Hunden dieser Rasse flacht sich der ventrale Bereich der betroffenen Extremitas cranialis nach kaudo-ventral ab und weist keine Parallelität zur kranial gelegenen Extremitas caudalis auf (Lewis et al., 1989). Der veränderte oder anliegende Wirbel ist meist vermehrt dorso-ventral beweglich, wobei sich das kraniale Ende bereits in Ruhe pathologisch in den Wirbelkanal vorwölbt. Durch Ventroflexion der Halswirbelsäule wird der Druck auf das Rückenmark

zusätzlich verstärkt. Zwischen der Spondylolisthesis des Menschen und der zervikalen Spondylomyelopathie besteht jedoch kein Zusammenhang (Seim III und Withrow, 1982).

„Vertebral Tipping“ beschreibt eine dynamische Kompression, die hauptsächlich bei Flexion der Halswirbelsäule Bedeutung hat. Durch den chronischen, sich allmählich verstärkenden Druck von Wirbelkörper und Anulus fibrosus auf das Rückenmark kommt es zur Atrophie von Neuronen mit zunehmend neurologischen Ausfällen. Die Meningen können durch die progressive Kompression gereizt werden, wodurch Entzündungen und Schmerzen entstehen (Olsson, 1982).

Seim III (1997) beurteilt diese Form der zervikalen Spondylomyelopathie als prognostisch gut.

2.2.3 Missbildungen der Wirbelkörper

Hunde mit Wirbelmissbildungen werden meist als Jungtiere klinisch auffällig. Die Veränderungen können sich dabei auf einen Wirbel beschränken oder multipel auftreten. Typische Merkmale können sich in Form eines pflugscharähnlichen Aussehens, einem ungewöhnlich großen Unterschied zwischen kranialer und kaudaler Endplatte oder als Asymmetrie darstellen. Missgebildete Wirbel können das Rückenmark als knöcherne Engstellen bereits bei physiologischer Bewegung komprimieren, wodurch es progressiv degeneriert oder atrophiert.

Es ist nicht geklärt, ob diese Veränderungen angeboren, vererbt (Mason, 1979) oder durch Überbelastung, Fehlernährung und andere Faktoren erworben sind (Lewis, 1989; Hedhammer et al., 1974; Hazewinkel et al., 1984; Goedegebuure et al., 1986).

Missbildungen der Halswirbel bewirken statische und dynamische Kompression, wobei die dynamische Komponente der Einengung wesentlich für die Progression von Myelonatrophie und -degeneration verantwortlich sein dürfte. Untersuchungen über die unterschiedliche pathogenetische Bedeutung der statischen und dynamischen Kompression liegen bisher nicht vor.

Seim III (1997) bewertet diese Form der zervikalen Spondylomyelopathie als ungünstig, wobei multiple Veränderungen die Prognose im Vergleich zu singulären Missbildungen verschlechtern.

2.2.4 Hypertrophie und Malformation

Hypertrophie des Ligamentum flavum und Malformation des Arcus vertebralis treten vor allem bei der Dt. Dogge auf und führen zu dorsaler Kompression des Rückenmarks. Beim Dobermann ist diese Form selten.

Bandhypertrophie entsteht durch erhöhte Belastung infolge unphysiologischer Beweglichkeit. Allein führt sie selten zu klinischen Ausfällen, wobei sie in Kombination mit der Missbildung des betreffenden Wirbels oder lokalen Bandscheibenveränderungen die Kompression zusätzlich verstärkt.

Malformationen sind häufig bei der Dt. Dogge zu beobachten, wobei die Ätiologie bisher nicht geklärt ist. Klinisch bedeutende Fehlbildungen sind Wirbelbögen, die nach kranial zu lang angelegt, asymmetrisch ausgebildet oder zu flach sind sowie Fehlstellungen der Pedikel oder der Processus articulares, deren Gelenkaussackungen sich bei Flexion der HWS in den Rückenmarkskanal vorwölben. Der Arcus vertebralis und die Processus articulares erscheinen bei Malformationen plump, deformiert und häufig asymmetrisch.

Fehlbildungen der Wirbelbögen, der Pedikel oder der Gelenkfortsätze schädigen das Rückenmark durch die Kombination von statischer und dynamischer Kompression (Olsson et al., 1982; Seim III, 1997). Lyman (1991) geht davon aus, dass die Malformation der beschriebenen Strukturen hauptsächlich zu statischem Druck auf das Myelon führt.

Prognostisch werden beide Veränderungen als günstig bis vorsichtig beurteilt (Seim III, 1997).

2.2.5 Die Uhrglaskompression

Die Kombination der beschriebenen Veränderungen äußert sich in der „Uhrglaskompression“. Diese komplexe Verengung des Canalis spinalis wird fast

ausschließlich bei jungen Dt. Doggen gesehen und kann an jeder Stelle der Halswirbelsäule von C2 bis C7 auftreten (Olsson et al., 1982).

Das Rückenmark wird ventral durch den hypertrophen/ hyperplastischen Anulus fibrosus oder vorgewölbten, beziehungsweise vorgefallenen Nucleus pulposus komprimiert, während dorsal das hypertrophe/ hyperplastische Ligamentum flavum auf das Rückenmark drückt. Zusätzliche knöcherne Veränderungen des Arcus vertebralis können hinzukommen. Seitlich engen missgebildete oder schlecht artikulierende Processus articulares, deren arthrotische Zubildungen oder vermehrt gefüllte und nach medial ausgebuchtete Gelenkkapseln das Myelon ein (Olsson et al., 1982).

Das Rückenmark wird bei der Uhrglaskompression durch knöcherne Veränderungen statisch und durch sekundäre Weichteilhypertrophie dynamisch komprimiert.

Bei dorsaler Überstreckung der Halswirbelsäule nähert sich der Arcus vertebralis des kaudalen Wirbels der Extremitas caudalis des kranialen Wirbels, das Ligamentum flavum wird verkürzt und wölbt sich nach ventral. Die Gelenkkapseln dehnen sich nach medial aus und die ventralen Faserstrukturen werden nach dorsal gedrückt. Im Gegensatz dazu wird durch ventrale Flexion der Arcus vertebralis nach dorsal verlagert, die Gelenke und Gelenkkapseln werden gestreckt und das Ligamentum flavum gedehnt, wodurch das Rückenmark entlastet wird (Olsson et al., 1982; Lewis et al., 1989; Sharp et al., 1992; Seim III, 1997).

Die Prognose der zirkulären Einengung des Wirbelkanals ist vorsichtig (Seim III und Withrow, 1982).

2.3 Anatomische Grundlagen

Es soll an dieser Stelle nur auf Strukturen eingegangen werden, die von besonderem Interesse für das Wobbler-Syndrom sind.

2.3.1 Die Knochen der Halswirbelsäule

Die knöchernen Grundlage des Halses bilden sieben Halswirbel. Der erste und zweite Wirbel unterscheiden sich anatomisch und funktionell von den übrigen fünf, weil diese beiden Wirbel in ihrer Kombination eine Kopfbewegung in alle Richtungen ermöglichen. Die Wirbelkörperlänge nimmt von kranial nach kaudal ab (Nickel et al., 1992).

2.3.2 Die Gelenke der Halswirbelsäule

Die *Articulatio atlanto-occipitalis* setzt sich aus zwei Ellipsoidgelenken zusammen, die funktionell eine Einheit bilden. Sie wird durch die *Ligamenta lateralia* sowie die *Membrana atlanto-occipitalis dorsalis* und *ventralis* gefestigt. Das Atlantookzipitalgelenk dient fast ausschließlich der dorso-ventralen Bewegung, während Seitwärts- oder Drehbewegungen kaum möglich sind.

Die Verbindung zwischen Atlas und Axis wird durch Gelenke zwischen dem *Dens axis* und der *Fovea dentis* sowie den *Facies articulares craniales* und *caudales* hergestellt. In seiner Funktion ergänzt das atlantoaxiale Gelenk das Atlantookzipitalgelenk, indem es als Zapfengelenk die Drehbewegungen des Kopfes ermöglicht.

Die übrigen Zervikalwirbel weisen auf Grund der nahezu horizontal gestellten Schiebegelenke und der weiten Gelenkkapseln große laterale Beweglichkeit auf. Die Stabilität der Wirbelsäule wird dabei vor allem von den Bandstrukturen (kurze und lange Bänder) gewährleistet (Nickel et al, 1992).

2.3.3 Die Bandscheiben

Mit Ausnahme der *Articulatio atlanto-occipitalis* und *atlanto-axialis* ist zwischen

jedem Wirbelkörperpaar eine Bandscheibe ausgebildet. Sie haben einerseits die Aufgabe, Kompressionen der Wirbelsäule zu dämpfen, andererseits dienen sie als Abstandhalter und Gleitlager.

Der Discus intervertebralis ist aus zwei Anteilen zusammengesetzt, die relativ fließend in einander übergehen. Der Anulus fibrosus bildet den peripheren Anteil, während zentral der Nucleus pulposus liegt.

2.3.3.1 Der Anulus fibrosus

Der Anulus fibrosus ist relativ zellarm und besteht zu etwa 70% aus kollagenem Bindegewebe. Das Kollagen wird von Fibrozyten gebildet, die vor allem in den zentralen Anteilen zwischen den Bindegewebssträngen liegen. Im gesunden Anulus produzieren diese Zellen hauptsächlich Kollagen Typ 1, das in der Peripherie fast ausschließlich vorkommt. In Richtung des Nucleus pulposus nimmt der Gehalt an Kollagen Typ 3 langsam zu und die Anzahl an Fibrozyten steigt, wobei diese ihre charakteristisch langgezogene Form in ein leicht rundes und vergrößertes Erscheinungsbild wandeln (Coventry, 1969; Gosh et al., 1977).

Der Anulus fibrosus setzt sich aus vielen konzentrischen Ringen fibrösen Bindegewebes zusammen, die wiederum aus zahlreichen einzelnen Bündeln bestehen (Inoune, 1981). Zwischen diesen einzelnen Lamellen besteht eine lockere Verbindung, so dass sie sich bei auftretenden Scherkräften gegeneinander verschieben können (Inoune, 1981; Marchand und Ahmed, 1990). Die einzelnen Fasern entspringen an den Endplatten und verlaufen in nahezu parallelen Bögen zu den beiden Wirbelkörpern.

Beim Menschen können an den Bandscheiben der Lendenwirbelsäule zwischen 15 und 38 getrennte Bindegewebslagen differenziert werden, wobei etwa 50% der Faserbahnen keine kompletten Ringe ausbilden, sondern in ihrem Verlauf unterbrochen sind. Diese Diskontinuität nimmt mit fortschreitendem Alter zu, wobei die Unterbrechung der Bindegewebslamellen am häufigsten im dorsolateralen Bereich der Bandscheiben auftritt. Für den Hund wurden an der Lendenwirbelsäule 25 bis 35, selten bis 40 (King und Smith, 1955), 22-30 (Scholtysik, 1962) und 27-35 getrennte Lamellen des Anulus fibrosus (Schnapper und Waibl, 1998) ermittelt. Nach Schnapper und

Waibl (1998) ist die Gesamtzahl an der Brust- und Lendenwirbelsäule beim Hund relativ konstant. Sie konnten für den Hund bestätigen, dass die Lamellen wie beim Menschen nur teilweise geschlossene Ringe ausbilden und der Rest ventrolateral, dorsolateral oder als Ausläufer in das Ligamentum longitudinale dorsale endet. Marchand und Ahmed (1990) gehen davon aus, dass diese Stellen mit diskontinuierlichen Lamellen beim Menschen einen Schwachpunkt für die Ruptur des Anulus fibrosus darstellen.

Im Übergangsbereich zum Nucleus pulposus erscheint der Faserverlauf der Lamellen dreidimensional ungeordnet. Zwischen den Lamellen ist deutlich mehr Matrixsubstanz eingebettet als in den peripheren Bereichen, so dass die einzelnen Faserzüge hier weiter getrennt liegen (Hansen, 1952; Coventry, 1969). Damit besteht in einem engen Bereich ein relativ fließender Übergang zum Nucleus pulposus, der sich an die inneren Lagen anschließt.

Beim Menschen verlaufen zwischen den konzentrischen Ringen aus fibrösem Bindegewebe in geringer Anzahl elastische Fasern, die vor allem am Übergang zwischen Wirbelendplatte und Bandscheibe ausgebildet sind. Ihre Ausrichtung ist dreidimensional (longitudinal, zirkulär und schräg) und scheint für die dynamisch-flexible Verbindung zwischen Wirbel und Bandscheibe verantwortlich zu sein (Buckwalter et al., 1976; Johnson et al., 1982). Beim Hund wurden elastische Fasern bisher nicht nachgewiesen (Bray und Burbridge, 1998).

2.3.3.2 Der Nucleus pulposus

Der Nucleus pulposus ist als Pufferkissen in den Anulus fibrosus eingebettet, der ihn von lateral, dorsal und ventral umschließt. Kranial und kaudal liegt er den Wirbelkörperendplatten an. Während er in der Brustwirbelsäule im Zentrum der Bandscheiben liegt, ist er in der Hals- und Lendenwirbelsäule exzentrisch außerhalb der Bandscheibenmitte gelegen, wobei der Anulus fibrosus ventral des Nucleus im Durchschnitt 2,5 mal so dick ist wie dorsal (Smith, 1966; Schnapper und Waibl, 1998).

Der Nucleus pulposus besteht beim jungen Hund und jungen Menschen zu 80 bis 88% aus Wasser, das durch Proteoglykane im Gallertkern gebunden ist (Hansen, 1952; Hoerlein, 1978; Shores, 1981). Diese Grundsubstanz wird vor

allein von Chondrozyten produziert, die in kleinen Nestern in die Matrix eingebettet sind. Je älter die Bandscheibe wird, desto mehr Fibrozyten befinden sich im Nucleus pulposus. Da im „alternden“ Gallertkern zahlreiche Übergangsformen zwischen Chondro- und Fibrozyten vorkommen, gehen Bray und Burbidge (1998) davon aus, dass der Übergang zum Anulus fibrosus Teil eines Alterungsprozesses des Bandscheibenkerns darstellt. Johnson et al. (1986) fanden eine weitere Zellart im Nucleus pulposus des Menschen, die bisher beim Hund nicht beschrieben wurde. Diese Zellen liegen an der Grenze der Matrix des Nucleus zur Wirbelkörperendplatte und ähneln durch ihre spindelförmige Gestalt Fibrozyten, besitzen jedoch weite Zytoplasmfortsätze, die tief im Gallertkern in aufgetriebenen Ausläufern enden. Möglicherweise liegt ihre Aufgabe in der Ernährung des avaskulären Kerns des Nucleus. Der Zellkörper dieser Zellen liegt an der nährstoffreichen Grenze zu den Wirbelkörperendplatten, während die Nährstoffe über Fortsätze in das Zentrum des Gallertkerns gelangen können.

Proteoglykane stellen als sehr große Moleküle das Rückgrad der Matrix dar. Von ihnen zweigen sich Glykosaminoglykane ab, die hauptsächlich aus Chondroitin-6-sulfat, Keratansulfat und Hyaluronsäure bestehen. Diese Zucker sind negativ geladen, so dass sie sich gegenseitig abstoßen und wie Borsten einer Flaschenbürste senkrecht zueinander stehen. In die Zwischenräume wird durch die negative Ladung der Moleküle Wasser angezogen und gebunden.

Die einzelnen Proteoglykane sind zum Teil durch Hyaluronsäure an spezifischen Bindungsstellen verbunden, wodurch sich ihre Länge deutlich erhöht. Die entstehende Molekülgröße scheint zu verhindern, dass Proteoglykane unter Druck aus der Matrix des Nucleus pulposus herausgedrückt werden und so dessen Wasserbindungskapazität vermindert wird (Hardingham und Muir, 1972; Hascall und Heinegard, 1974; Hardingham und Muir, 1975; Pedrini und Pedrini-Mille, 1977; Donohue et al., 1988).

Die Fibrozyten des Nucleus pulposus produzieren deutlich weniger Kollagen als die des Anulus fibrosus. Während bei letzterem Kollagen Typ 1 deutlich überwiegt und nur zum Nucleus pulposus der Gehalt an Kollagen Typ 3 etwas zunimmt, besteht die Bindegewebsmatrix des Gallertkerns überwiegend aus Kollagen Typ 2. Die Verteilung und der relativ fließende Übergang der

verschiedenen Kollagenarten sind von biomechanischer Bedeutung. Typ 1-Fasern können starke Zugkräfte kompensieren, während Typ 2-Fasern auf Druckkräfte ausgerichtet sind. Durch einen neunfach höheren Gehalt an der Aminosäure Hydroxylysin als in Typ 1-Fasern kann Kollagen Typ 2 durch kovalente Bindungen in starke Wechselwirkung zu den Glykosaminoglykanen der Proteoglykane treten und das hydrophile Netz verfestigen (Kapandji, 1974; Evans und Barbenel, 1975; Scott, 1988).

2.3.3.3 Die Wirbelkörperendplatten

Die Wirbelkörperendplatten haben beim Menschen eine wichtige Funktion für die Ernährung des Nucleus pulposus. Sie sind in der Peripherie der Intervertebralspalten mit einer 1-2 mm dicken Schicht hyalinen Knorpels überzogen, die im Zentrum der Endplatten sehr dünn wird. An dieser Stelle ist die Knorpelschicht permeabel, so dass Nährstoffe zu den Fibrozyten am Rand der Matrix des Nucleus pulposus diffundieren können. Am osteochondralen Übergang wurden beim Menschen zahlreiche Gefäße gefunden, die teilweise sinusähnlich ausgebildet sind (Crock und Goldwasser, 1984; Humzah und Soames, 1988).

Neben der nutritiven Funktion dienen die Wirbelkörperendplatten der Verankerung der Bandscheiben an den Wirbelkörpern. Fasern des Anulus fibrosus und Nucleus pulposus verbinden sich mit solchen der Endplatten und des trabekulären, subchondralen Knochens zu einem stabilen Geflecht. Zusätzlich strahlen Bindegewebszüge des peripheren Anulus fibrosus in das Ligamentum longitudinale dorsale und ventrale, sowie in das Periost der Wirbel ein.

2.3.3.4 Die biomechanische Funktion der Bandscheibe

Unter Druck auf die Bandscheibe wird der gallertige Nucleus pulposus zusammengedrückt und überträgt durch seine biomechanischen Eigenschaften die entstehenden Kräfte auf den peripher anliegenden Anulus fibrosus, auf den durch die Verankerung seiner Fasern an den Wirbelkörperendplatten Zugkräfte wirken (Abb. 1). Zwischen diesen beiden Kraftkomponenten besteht ein fließender Übergang, wobei sich an einer Stelle Zug- und Druckkräfte

kompensieren. Dieser Punkt wird die Bewegungsachse genannt (Slijper, 1946; Townsend und Leach, 1984). Untersuchungen bei Mensch und Pferd haben ergeben, dass die Bewegungsachse immer durch das Zentrum des Nucleus pulposus verläuft, wodurch sich die exzentrische und unterschiedliche Lage des Gallertkerns in der Hals- und Lendenwirbelsäule erklärt. Durch diesen Verlauf werden Druckkräfte vom Nucleus optimal in Zugkräfte auf den Anulus fibrosus umgewandelt (Virgin, 1951; Townsend und Leach, 1984; Nickel et al., 1992; Schnapper und Waibl, 1998).

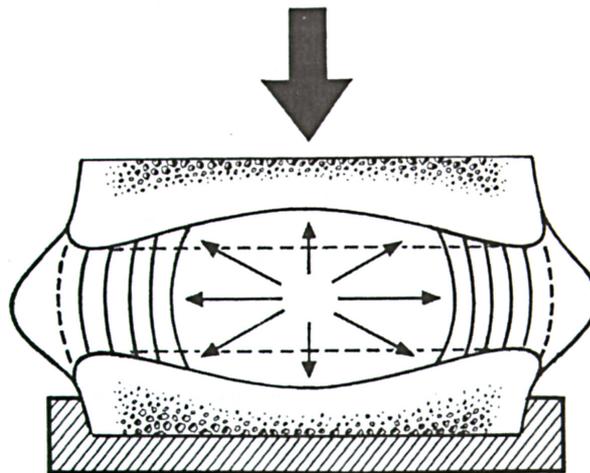


Abb. 1:
Biomechanische Kraftübertragung der Bandscheibe (Bray und Burbidge, 1998)

Unter physiologischer Belastung wirken Kompressions-, Zug-, Scher- und Torsionskräfte auf die Bandscheibe. *In vivo* treten sie in der Regel als Mischformen auf (White und Panjabi, 1978). Der Aufbau der Disci intervertebrales ist für diese Art der Belastung jedoch deutlich weniger geeignet, als für reine Druckkräfte. Die Wirbelsäule kompensiert diese Schwäche durch vermehrte Beanspruchung der kurzen und langen Bänder sowie der Gelenkfortsätze. Nach Brown et al. (1957) bewirken diese Kräfte, dass die Lamellen des Anulus fibrosus deutlich schneller einreißen als unter Einwirkung reiner Druckkräfte.

Bei einfacher Druckbelastung zeigt sich eine typische Eigenschaft semielastischer Gewebe: Auf zunehmende Belastung reagiert die Bandscheibe mit flexibler Deformation, indem sich die peripheren Schichten verformen. Je mehr die Belastung steigt, desto steifer wird die Bandscheibe, bis ein nahezu

konstanter Zustand erreicht wird. Weitere Verformung erfolgt dann lediglich durch geringen Efflux von Wasser aus dem Nucleus pulposus. Die Eigenschaft der Bandscheibe, auf Belastung zu reagieren, gleicht damit einer sigmoiden Kurve (Horton, 1958; Farfan et al., 1970; Alexander und Goldspink, 1977; Koreska et al., 1977; Keller et al. 1987).

Unter Belastung wird der Druck vom Nucleus pulposus auf die Lamellen des Anulus fibrosus übertragen, die sich in sehr dichter Form anordnen und durch zunehmende Steifheit die Form der Bandscheibe erhalten sowie den Intervertebralspalt vor dem Kollabieren bewahren. Die auf die Lamellen einwirkende Zugkraft beträgt etwa das 4 bis 5 fache der einwirkenden Druckkraft. Gertzbein et al. (1984) konnten zeigen, dass die Lamellen des Anulus fibrosus bis zu drei mal stärkere Kräfte aushalten, wenn sie entlag ihrer Ausrichtung belastet werden. Daher ist der alternierende Faserverlauf im Anulus fibrosus zu erklären, der so auf einwirkende Kräfte in optimaler Weise reagieren kann (Hirsch und Nachemson, 1960; White und Panjabi, 1978).

2.4 Ätiologie und Pathogenese

2.4.1 Ernährung

Hedhammer et al. (1974), Hazewinkel et al. (1985) sowie Goedegebuure und Hazewinkel (1986) führten Fütterungsstudien an jungen Dt. Doggen durch, um den ätiologischen Zusammenhang zwischen Wirbelkörpermissbildungen und Fehlernährung in der Wachstumsphase zu untersuchen. Dabei fand besonders der absolute Kalziumgehalt der Nahrung Beachtung.

Den Hunden wurden unterschiedliche Kalziummengen mit verschiedenen Kalzium-Phosphor-Relationen verfüttert, wobei zusätzlich die aufgenommene Gesamtenergie in die Bewertung einfluss. Im Gegensatz zu Hedhammer et al. (1974) gehen Hazewinkel et al. (1985) davon aus, dass nicht die Gesamtheit der unbalanzierten und im Überschuss verfütterten Elemente Kalzium und Phosphor sowie von Vitamin D und Protein zu den Skelettveränderungen führen, sondern dass vor allem Kalzium der eigentliche Pathogenitätsfaktor ist.

2.4.1.1 Zur Pathophysiologie des Knochenumbaus

Kalzium wird bei gesteigertem Angebot proportional zur erhöhten Futteraufnahme vermehrt resorbiert, wodurch eine Hyperkalzämie entsteht, die durch die gesteigerte Sekretion von Kalzitinin entgegengesteuert wird. Hyperkalzitonismus verursacht verzögerte Knorpelreifung (Goedegebuure und Hazewinkel, 1986), so dass der metaphysär-trabekuläre Knochen weiter diaphyseal als bei gesunden Hunden reicht. Die Wachstumsfugen sind verbreitert und vereinzelt treten Knorpelzapfen als Zeichen unzureichender Knorpelreifung auf. Die mit Osteoblasten ausgekleidete Fläche wird größer und deren Gesamtzahl erhöht sich. Andererseits sind bei diesen Hunden die Osteoklasten und deren Aktivität durch direkten Kalzitonineinfluss vermindert, so dass der in der Wachstumsphase verstärkt stattfindende Knochenumbau beeinträchtigt ist (Hazewinkel et al., 1985; Goedegebuure und Hazewinkel, 1986). Die Osteoblasten lagern im äußeren Drittel des Kortex ständig neues Osteoid an, während die Osteoklasten endostal vorhandenes Knochengewebe nicht ausreichend abbauen. Somit bildet sich sowohl eine verdichtete

trabekuläre Knochenstruktur, als auch eine insgesamt dickere Kortikalis als bei Vergleichstieren (Goedegebuure und Hazewinkel, 1986), die den lokalen Gegebenheiten nicht optimal angepasst ist. Dieser gestörte Umbaumechanismus wird als eine Ursache für Fehlbildungen der Halswirbel mit Myelonkompression bei der zervikalen Spondylomyelopathie vermutet (Hedhammer et al., 1974; Hazewinkel et al., 1985; Goedegebuure und Hazewinkel, 1986).

Hedhammer et al. (1974) konnten an wachsenden Doggen zeigen, dass ad libitum-Fütterung zu enchondraler Ossifikationsstörung führt. Auf Grund ihrer Ergebnisse hatten sie erstmals die Hypothese aufgestellt, dass die Verengung des Canalis spinalis bei Dt. Doggen durch verminderten Knochenumbau während der Wachstumsphase entstehen könnte. Dies war jedoch auch in zwei vergleichbaren Studien statistisch nicht belegbar (Hazewinkel et al., 1985; Goedegebuure und Hazewinkel, 1986).

Hazewinkel et al. (1985) führten einen modifizierten Versuch mit 5-10 Wochen alten Doggen beider Geschlechter durch, die über einen Zeitraum von 28 bis 179 Tagen mit unterschiedlichen Diäten aufgezogen wurden. Zwischen den Hunden bestanden keine Verwandtschaftsbeziehungen, so dass genetische Einflüsse weitestgehend ausgeschlossen werden konnten. Das Tierkollektiv wurde in 2 Versuchsgruppen geteilt, wobei 5 Tiere nach den Empfehlungen des National Research Council's Nutrient Requirements for Dogs (NRC) ernährt wurden (1,1% Kalzium i.Tr.), während 6 Doggen der Versuchsgruppe die dreifache Menge Kalzium zugeteilt bekamen (3,3% Kalzium i.Tr.). Mit der erhöhten Kalziumration war verminderte Futteraufnahme verbunden, so dass die effektiv aufgenommene Kalziummenge nur etwa 2,5 fach über den empfohlenen Werten lag.

Typische klinische Symptome der zervikalen Spondylomyelopathie traten im Alter von 4 Monaten auf. Zwei Hunde der Versuchsgruppe mit 2,5 fachem Kalziumüberschuss und zwei Tiere der Kontrollgruppe (1,1% Kalziumzufuhr i.Tr.) wurden nach 28 und 60 Tagen (Versuchsgruppe 3,3% Kalziumzufuhr i.Tr.), beziehungsweise 28 und 46 Tagen (Kontrollgruppe 1,1% Kalziumzufuhr i.Tr.) euthanasiert, wiesen aber zu diesem Zeitpunkt keine pathologischen Befunde auf. Zwei der fünf Kontrolltiere mit 1,1% Kalziumzufuhr i.Tr. (40%) und

vier der sechs Hunde aus der Versuchsgruppe mit 3,3% Kalziumzufuhr i.Tr. (66%) entwickelten mit 4 Monaten Anzeichen von herabgesetzter Propriozeption an den Hintergliedmaßen sowie auffällige Gangveränderungen, die allerdings nicht näher beschrieben werden. Vier Tiere der Versuchsgruppe mit 2,5fach erhöhter Kalziumration i.Tr. äußerten Schmerzhaftigkeit bei Hyperextension des Halses. Nativröntgen und Kontrastmitteldarstellung des Rückenmarks zeigten bei allen betroffenen Tieren kraniale Wirbelkanalstenosen durch Asymmetrie des Foramen vertebrale, oder des zu weit nach kranial reichenden Arcus vertebralis. Beide Doggen der Kontroll- (1,1% Kalziumzufuhr i.Tr.) und zwei der Versuchsgruppe (3,3% Kalziumzufuhr i.Tr.) wiesen Veränderungen an mehreren Stellen der HWS auf.

Hazewinkel et al. (1985) folgern aus den Ergebnissen, dass im Falle eines ätiologischen Zusammenhangs zwischen Wobbler-Syndrom und Kalziumaufnahme Veränderungen sowohl bei einem Kalziumgehalt von 1,1% i.Tr. (entsprechend den Empfehlungen des NRC, National Academy of Sciences, 1974), als auch von 3,3% i.Tr. entstehen.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Goedebeuere und Hazewinkel (1986). In einem gleich aufgebauten Versuch mit fünf weiblichen und sechs männlichen 6 bis 10 Wochen alten Dt. Doggen konnten sie ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe ermitteln. Der fünfte Halswirbel der mit Kalziumüberschuss gefütterten Tiere wurde bei dieser Studie repräsentativ untersucht und wies eine erhöhte Dichte sowie stark ausgeprägte Knochen trabekel auf, was mit den pathophysiologischen Auswirkungen des Hyperkalzitonismus im Einklang steht. Die dorso-ventrale Kontur des Arcus vertebralis der Versuchsgruppe mit erhöhter Kalziumzufuhr war subjektiv deutlicher abgeflacht, ohne sich aber statistisch signifikant von der Kontrollgruppe zu unterscheiden. Der Canalis vertebralis war bei den Doggen der Versuchsgruppe im dorsalen und ventralen Bereich von unregelmäßiger Kontur.

Goedebeuere und Hazewinkel (1986) beschreiben bei allen mit Kalziumüberschuss gefütterten Hunden enchondrale Ossifikationsstörungen in Form von zungenförmigen, in den subchondralen Knochen ragenden Knorpelzonen des Gelenk- und Epiphysenknorpels, die auch an den Processus articulares der

Halswirbelsäule auffielen. Auswirkungen der Verknöcherungsstörungen auf Wachstum und Form der Gelenkfortsätze, Wirbelbögen und Wirbelkörper konnten sie jedoch nicht nachweisen, wobei bei fast allen Hunden der Studie Myelindegeneration unterschiedlicher Schwere auffiel. Eine signifikante Verteilung zwischen den Gruppen war nicht vorhanden.

Histologisch zeigte sich bei stark ausgeprägten Fällen multiple Myelindegeneration mit geschwollenem oder granuliertem axonalen Debris oder Lipid phagozytierenden Makrophagen. In keinem Fall konnten Nekrosen von Neuronen, intra- oder extradurale Blutungen oder Ödematisierung des Rückenmarks festgestellt werden. Sowohl ascendierende, als auch descendierende Fasern waren von der Degeneration betroffen. Die veränderten ascendierenden Fasern befanden sich vor allem in den oberen Zervikalsegmenten, während die geschädigten descendierenden Fasern hauptsächlich in den unteren Halswirbelsegmenten lokalisiert waren (Goedegebuure und Hazewinkel, 1986).

2.4.2 Anatomisch-pathologische Veränderungen

Obwohl die klinische Symptomatik bei den betroffenen Rassen ähnlich ist, stellt sich die Ätiologie des Wobbler-Syndroms sehr unterschiedlich dar. Es ist daher nicht möglich, eine einzige ätiologisch-anatomische Beschreibung der zervikalen Spondylomyelopathie vorzulegen.

Bei der Dt. Dogge stehen Missbildungen der Halswirbel im Vordergrund (Olsson et al., 1982; Lewis, 1989), während beim Dobermann in etwa 75% (Seim III und Withrow, 1982) bis 83,8% (Lewis, 1989) Veränderungen an Bandscheiben oder Bandstrukturen die Erkrankung verursachen. Ein Zusammenhang von Fütterung und Halswirbelveränderungen wurde von Hazewinkel et al. (1985) und Goedegebuure und Hazewinkel (1986) vermutet, während andere Ursachen bisher kaum bekannt sind (Olsson, 1982).

2.4.3 Anatomische Auffälligkeiten an der HWS beim Dobermann

Missbildungen der Halswirbel treten bei der zervikalen Spondylomyelopathie des Dobermanns viel seltener auf als bei der Dt. Dogge. Der Dobermann mit Wobbler-Syndrom zeigt lediglich in 16,2% (Lewis, 1989) bis 25% (Seim III und Withrow, 1982) Wirbelmissbildungen. Diese Tiere werden bereits im jugendlichen Alter mit ein bis zwei Jahren durch abnormen Gang auffällig (Seim III und Withrow, 1982). Die betroffenen Halswirbel sind häufig im ventralen Bereich nach kaudal abgeflacht, ohne die typische Wirbelform zu zeigen. In extremer Ausprägung stellt sich der betroffene Wirbel in Form eines dreieckigen Pflugschars dar (Abb. 2). Ventral können sich als Zeichen chronischer Instabilität Spondylosen ausbilden.

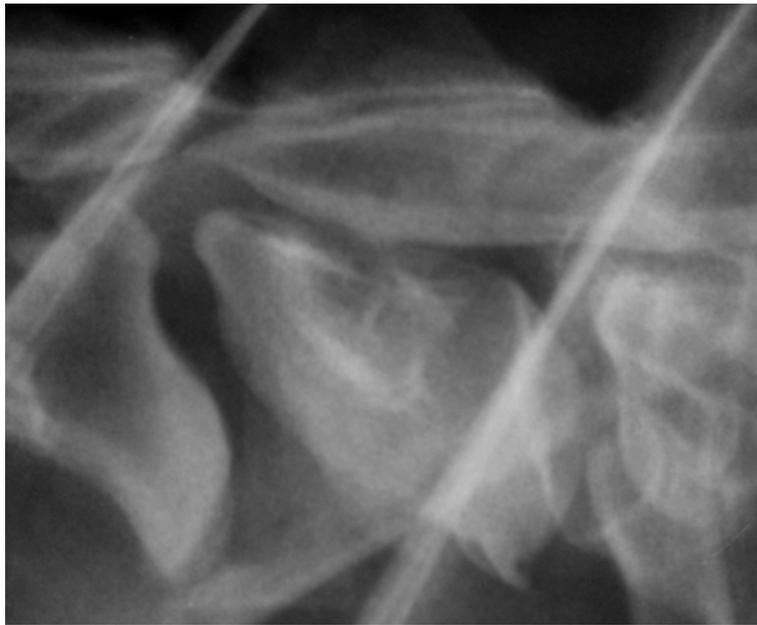


Abb. 2:
Röntgenbild, HWS, latero-lateral. Keil- oder pflug-
scharartiger Halswirbel (C7) bei einem Dobermann

Bislang konnte in keiner Untersuchung die Ursache für die morphologischen Veränderungen festgestellt werden. Es ist unklar, ob die Abrundung am kranio-ventralen Wirbelkörper eine primäre, angeborene Veränderung oder ein sekundärer Abnutzungs- beziehungsweise Umbauereffekt durch unphysiologische Belastung auf Grund von Instabilität oder chronisch degenerativen Bandscheibenveränderungen ist. Mason et al. (1978) beschreiben angeborene Fehlbildungen einzelner Wirbelkörper, die bei der Entstehung der Krankheit eine wichtige Rolle spielen könnten. Da viele Hunde mit einer seit langem bestehenden Missbildung klinische Symptome erst im mittleren oder höheren Alter entwickeln, vermuten Lewis et al. (1989), dass solche Fehlbildungen einen Locus minoris resistentiae darstellen. Durch ungünstige biomechanische Voraussetzungen auf Grund veränderter anatomischer Verhältnisse sollen Hypertrophien der umliegenden Bandstrukturen oder Abnutzungseffekte der Disci intervertebrales entstehen, die die eigentliche Kompression verursachen oder diese bei zusätzlichen Engstellen verstärken.

Nach einer Studie von Lewis et al. (1989) an 224 Hunden der Rasse Dobermann erkrankten 17% der Tiere als Jungtiere, darunter 8,3% unter einem Jahr. Sie zeigten außer neurologischen Ausfällen keine weiteren Auffälligkeiten. Die Kompression wurde in den meisten Fällen durch Hypertrophie des dorsalen

Anulus fibrosus und bei etwa 75% zusätzlich durch Hypertrophie des Ligamentum flavum verursacht. Bei 25% der Patienten war die Ursache der Kompression eine Malformation des siebten Halswirbels, der den Rückenmarkskanal von ventral einengte. Abgesehen von Missbildungen zeigten sich an mehreren Stellen Verengungen im Bereich der Intervertebralspalten, die am häufigsten zwischen dem sechsten und siebten Halswirbel, seltener zwischen C4/5 und C5/6 auftraten.

Die meisten Hunde (83%) zeigten in dieser Studie erst spät klinische Symptome, wobei der häufigste Zeitpunkt zwischen dem fünften und sechsten Lebensjahr lag. Der Grund für das späte Auftreten ist unbekannt.

Kranial und kaudal des veränderten und für die klinische Symptomatik verantwortlichen Intervertebralspaltes sind die Bandscheiben in vielen Fällen degenerativ verändert, wobei das typische klinisch-neurologische Bild eines Vorfalles des Nucleus pulposus meist nicht aufzutreten scheint (Seim III und Withrow, 1982).

Bisher wurde nicht geklärt, ob die Bandscheibendegeneration wie bei chondrodystrophen Rassen primär auftritt, oder die Folge von lange andauernder, unphysiologischer Belastung ist (Seim und Withrow, 1982). Lewis (1991) konnte feststellen, dass bei 28 untersuchten Hunden der Rasse Dobermann mit klinischer Symptomatik des Wobbler-Syndroms Veränderungen der Bandstrukturen nur in Verbindung mit Abweichungen von der physiologischen Wirbelkörperform auftraten.

Seim III und Withrow (1982) fanden bei 26 von 45 Hunden (57,8%) Veränderungen zwischen C6/7, bei 12 Tieren (26,7%) zwischen C5/6 und bei 7 Hunden (15,5%) zwischen C5/6 und C6/7. Die Gruppe der 45 Tiere mit zervikaler Spondylomyelopathie setzte sich aus 35 Hunden der Rasse Dobermann (78%), 3 Labrador Retrievern (6,7%), zwei Rhodesian Ridgebacks (4,5%) und je einem Weimaraner, Dalmatiner, Deutschen Schäferhund, Samojeden und einer Deutschen Dogge (je 2,3%) zusammen. 7 dieser Hunde (15,5%) zeigten ventrale Spondylosen, 13 (28,9%) wiesen kalzifiziertes Bandscheibenmaterial auf, bei 12 Hunden (26,7%) konnte das „Tipping“ eines Wirbels nachgewiesen werden und bei 28 Hunden (62,3%) war ein verengter Zwischenwirbelspalt auffällig. 26

Hunde (57,8%) hatten mehr als eine Veränderung, die auf Nativaufnahmen sichtbar war.

Die Ursache für das späte Auftreten klinischer Symptome beim Dobermann ist nicht geklärt. Olson et al. (1982) zitieren aus einer Veröffentlichung von Naylor (1979), der davon ausgeht, dass Einengungen des Canalis vertebralis oder der Foramina intervertebralia über lange Zeit symptomlos bestehen können und erst klinisch manifest werden, sobald weitere Faktoren wie zervikale Instabilität, Bandscheibenprotrusion oder -extrusion hinzukommen. Olson et al. (1982) fanden besonders bei chronischen Protrusionen, die stabil waren, hochgradige Kompressionen des Rückenmarks, wobei die Patienten lange klinisch unauffällig erschienen und Ausfälle erst nach zusätzlichen Komplikationen auftraten. Kleine, aber akute und dynamische Protrusionen waren dagegen häufig von Schmerzen und hochgradigen Ausfällen begleitet.

Der Zusammenhang zwischen primärer Degeneration des Nucleus pulposus und der beim Dobermann häufigen Hypothyreose wurde von Seim III und Withrow (1982) untersucht, ohne jedoch zu einem eindeutigen Ergebnis zu kommen. Besondere Beachtung galt dem Serumcholesterol als einfach zu bestimmendem Screeningparameter. Seim III und Withrow (1982) konnten keinen signifikanten Zusammenhang beobachten und erachten den Test zu diesem Zweck für nicht brauchbar. Greene et al. (1979) hatten das gleichzeitige Auftreten beider Erkrankungen ebenfalls untersucht und im Gegensatz zu Seim III und Withrow (1982) einen Zusammenhang beschrieben.

2.4.4 Anatomische Auffälligkeiten an der HWS bei der Dt. Dogge

Die meisten Dt. Doggen mit zervikaler Spondylomyelopathie zeigen Verengungen des Orificium craniale eines oder mehrerer Zervikalwirbel, die in Ruhe eine statische Myelonkompression bewirken und bei Bewegung durch dynamischen Druck verstärkt wird. Hedhammer et al. (1974) hatten als erste vermutet, dass eine Wachstumsstörung für diese anatomische Veränderung verantwortlich sein könnte. In der Folgezeit sind gezielte Forschungen über den Zusammenhang von Wachstum und Entstehung der zervikalen Spondylomyelopathie bei der Dt. Dogge angestellt worden, ohne dass die Hypothese bewiesen werden

konnte (Hedhammer et al., 1974; Hazewinkel et al., 1984; Goedegebuure et al., 1986). Die Veränderungen und Ergebnisse dieser Studien sind in Kapitel 2.4.1 (Ernährung) beschrieben.

2.4.5 Anatomische Auffälligkeiten an der HWS bei anderen Rassen

Die zervikale Spondylomyelopathie kann bei vielen Rassen vorkommen. In den meisten Fällen handelt es sich um großwüchsige Tiere, aber auch der Lhasa Apso, Shi-Tsu oder Boston Terrier können erkranken. Lewis (1989) gibt für einzelne Rassen eine gehäufte Lokalisation an der Halswirbelsäule an. Beim Beagle, Bassett, Irischen Wolfshund und Bernhardiner sollen vor allem die Abschnitte C2/3 und C3/4 betroffen sein, beim Pyrenäen Berghund, Rhodesian Ridgeback und einigen anderen C2/3 bis C4/5. Die Veränderungen beim Bassett stellen sich dabei als Kombination zwischen denen des Dobermanns und der Dt. Dogge dar. In der Regel erkranken die betroffenen Hunde im Alter unter 8 Monaten, wobei die vorherrschende Kompression durch Stenose des kranialen Wirbelkanalabschnitts zwischen C2/3, seltener zwischen C3/4 mit gleichzeitiger Protrusion des Anulus fibrosus verursacht wird. Sind ältere Hunde betroffen, ist die Stenose häufig geringer und wird durch Hypertrophie des Anulus fibrosus mit allmählichem Vorfall des Nucleus pulposus progressiv schlechter (Lewis, 1989). Lewis (1989) vermutet die Ursache für die chronische Degeneration der Bandscheiben in unphysiologischen biomechanischen Kräften, die auf diese Strukturen einwirken.

Jaggy und Lang (1986) veröffentlichten Untersuchungsergebnisse von 34 Hunden, die eine andere Verteilung zeigt. Bis auf einen Patienten (Cocker Spaniel, C4/5) waren alle Veränderungen im Bereich zwischen C5/6 und C6/7 lokalisiert (Deutscher Schäferhund, 5 Tiere: 3x C5/6, 2x C6/7; Barsoi, 3 Tiere: 1x C5/6, 2x C6/7; Riesenschnauzer, 2 Tiere: 2x C6/7; restliche Rassen je 1x vertreten: Airedale: C5/6; Belgischer Schäferhund: C5/6; Alaskan Malamute: C5/6; Saluki: C5/6; Kuvacz: C6/7; Berner Sennenhund: C6/7; Neufundländer: C6/7; Deutscher Vorstehhund: C6/7; Irischer Wolfshund: C6/7; Dalmatiner: C6/7). Diese unterschiedliche Verteilung in Bezug auf das betroffene Halswirbelsäulensegment, aber auch die unterschiedliche Verteilung bezüglich

der betroffenen Rassen (von 34 Tieren entfallen nur 38% auf die Rassen Dobermann und Dt. Dogge), können von den Autoren nicht erklärt werden.

Jaggy und Lang (1986) fanden bei 9 dieser Hunde Subluxationen von C5/6 oder C6/7 (26,5%), bei 22 Patienten (64,7%) einen verengten Intervertebralspalt, davon bei 19 Hunden (55,9%) zusätzliche Spondylosenbildung und 3 Tiere (8,8%) mit Wirbeldeformationen. Damit waren bei etwa 65% der erkrankten Tiere krankhafte Veränderungen der Bandscheiben für das klinische Bild des Wobbler-Syndroms verantwortlich, so dass eine ähnliche Verteilung wie bei den für den Dobermann typischen Ursachen zu bestehen scheint.

2.4.6 Lokalisation des Wobbler-Syndroms

Pathophysiologie und klinische Symptomatik sind stark von der Lokalisation, dem Ausmaß und der Geschwindigkeit des Auftretens der Kompression abhängig.

Bei Untersuchungen an Dt. Doggen mit zervikaler Spondylomyelopathie fanden Olsson et al. (1982) hauptsächlich Läsionen in der Columna dorsalis, und hier insbesondere im Fasciculus cuneatus und Fasciculus gracilis. Dabei war besonders in aufsteigenden Fasern Waller'sche Degeneration nachweisbar.

Im Gegensatz zur Dt. Dogge ist die angeborene oder erworbene Malformation der Halswirbel beim Dobermann seltener anzutreffen (25% der erkrankten Tiere; Lewis et al., 1989). Die Ätiologie ist für den Dobermann ungeklärt, wobei Untersuchungen wie an Dt. Doggen bisher nicht angestellt wurden. Beim Dobermann ist jedoch bei 75% der erkrankten Tiere (Lewis et al., 1989) die klinische Symptomatik auf Veränderungen der Bandscheibe zurückzuführen. Umfassende histologische Untersuchungen des Rückenmarks oder der Nuclei pulposi an den veränderten Stellen liegen für diese Rasse nicht vor. Allerdings ist auf Grund der häufig ventralen Kompression (Seim III, 1982) davon auszugehen, dass in erster Linie der Funiculus ventrolateralis mit deszendierenden Fasern betroffen ist.

2.4.7 Veränderungen der Bandscheiben

Burke et al. (1986) untersuchten die Zwischenwirbelscheiben der Halswirbelsäule (C3 bis C7) von 13 Hunden nicht-chondrodystropher Rassen auf ihren Gehalt an Glykosaminoglykanen. Besonderes Interesse galt dabei den altersabhängigen Umbauvorgängen. Dabei stellten sie fest, dass sich das Verhältnis von Chondroitinsulfat zu Keratansulfat mit fortschreitendem Alter zugunsten von letzterem verschiebt. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Caterson und Lowther (1978) bei Untersuchungen des Gehalts an Glykosaminoglykanen im Schultergelenk von Schafen, bei denen eine Vordergliedmaße durch Ausbinden immobilisiert worden war. Durch die Entlastung wurde der ernährende und diffusionsfördernde Pumpmechanismus des Knorpels außer Kraft gesetzt. Im belasteten Vorderbein konnten sie eine Zunahme des Chondroitinsulfats bei gleichbleibender Keratansulfatmenge messen, während im nicht belasteten Gelenk die Zunahme des Keratansulfats bei gleichzeitiger Abnahme des Chondroitinsulfats auffällig war. Sie vermuteten daher, dass die Produktion von Chondroitinsulfat bei guter Ernährung der Knorpelzellen in ausreichendem Maße stattfindet, während bei unzureichender Ernährung die Synthese von Keratansulfat die des Chondroitinsulfats überwiegt. Damit würde die Verschiebung des Verhältnisses der beiden Glykosaminoglykane zugunsten des Keratansulfats auf unzureichendes Angebot an Nährstoffen im Knorpel oder unzureichende Belastung schließen lassen.

Seim III und Withrow (1982) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass bei erkrankten Hunden nur in seltenen Fällen ein physiologisch ausgebildeter Nucleus pulposus vorhanden ist. Unabhängig davon, ob der Zwischenwirbelspalt deutlich verengt oder kollabiert war, fanden sie bei den untersuchten Tieren einen mehr organisierten und kollagen umgebildeten Nucleus.

2.4.8 Das Wobbler-Syndrom und Schmerzhaftigkeit

Olsson et al. (1982) verglichen die Umbildung des Nucleus pulposus bei am Wobbler-Syndrom erkrankten Dt. Doggen mit den Veränderungen bei Patienten mit gewöhnlicher Diskopathie nicht-chondrodystropher Rassen. Bei „gewöhnlichen“ Bandscheibenerkrankungen findet ein Umbau des Nucleus pulposus

statt, der beim Vorfall zu entzündlichen Reaktionen und zur Schmerzsymptomatik führt. Die von Olsson et al. (1982) in der Sektion untersuchten Dt. Doggen mit zervikaler Spondylomyelopathie wiesen fast keine Entzündungserscheinungen am Rückenmark und seinen Häuten auf. Halsbewegungen waren zuvor bei diesen Patienten nicht schmerzhaft. Die Autoren führen diese Ergebnisse auf die fehlende Kalzifizierung der Nuclei pulposi zurück, da sie diesem Material einen starken Entzündungsreiz zusprechen.

Lewis et al. (1989) beschreiben, dass zahlreiche Hunde zwar keine Schmerzen bei passiver Manipulation äußern, den Halsbereich aber nur unwillig bewegen. Diese Darstellung deckt sich mit der Mehrheit der veröffentlichten Berichte. Lediglich Betts et al. (1982), Seim III und Withrow (1982), Ellison et al. (1988) und Bruecker et al. (1989) fanden häufig die steife und abwärts gerichtete Haltung des Nackenbereichs mit Schmerzäußerungen bei passiver Bewegung. Seim III und Withrow (1982) kamen zu dem Ergebnis, dass 24 von 45 Hunden keine Schmerzäußerungen, sondern nur neurologische Ausfälle zeigten, 18 Patienten sowohl durch neurologische Ausfälle als auch durch Schmerzen auffielen und 3 Tiere als alleiniges Zeichen Schmerzen äußerten. Bruecker et al. (1989) fanden bei etwa 40% ihrer Patienten mit zervikaler Spondylomyelopathie Anzeichen für Schmerzhaftigkeit im Halswirbelsäulenbereich. Wodurch diese individuellen Unterschiede begründet sind, ist nicht geklärt.

2.5 Das klinisch-neurologische Bild

Die Pathogenese der zervikalen Spondylomyelopathie ist je nach betroffener Rasse unterschiedlich. Weil sich die klinische Symptomatik bis auf geringe Unterschiede einheitlich darstellt, werden ätiologisch verschiedene Erkrankungen unter dem Begriff „Wobbler-Syndrom“ oder zervikale Spondylomyelopathie zusammen gefasst.

Das auffälligste Zeichen, das die Tiere zeigen, ist die meist langsam fortschreitende Ataxie, die alle Gliedmaßen betrifft, an den Hintergliedmaßen aber früher und deutlicher auftritt (Seim III, 1994). Die schleichende Entwicklung bewirkt beim Besitzer häufig lange Zeit eine Akzeptanz der Symptome. Die Ataxie kann

von Schwierigkeiten beim Aufstehen begleitet sein, die an den Hintergliedmaßen stärker ausgeprägt ist. Seim III und Withrow (1982) fanden bei 45 untersuchten Hunden in 29 Fällen (64,5%) langsames Fortschreiten der Erkrankung, bei 9 Patienten (20%) langsame Progression mit akuter Verschlechterung und bei 7 Patienten (15,5%) akutes Einsetzen klinischer Symptome ohne vorherige Erkrankung.

2.5.1 Klinisch-orthopädische Untersuchung

Bisher konnte kein Zusammenhang zwischen orthopädischen Erkrankungen und der zervikalen Spondylomyelopathie festgestellt werden. Vorhandene Erkrankungen können sich jedoch zusätzlich negativ auswirken, indem sie die Bewegungsfreude durch schmerzhaft Zustände herabsetzen. Daher ist eine entsprechende Klärung für prognostische Aussagen essentiell.

2.5.2 Klinisch-neurologische Untersuchung

Betroffene Hunde fallen häufig durch breitbeinigen Stand auf, der eingenommen wird, um mangelnde Propriozeption kompensieren zu können. Die Bemuskulung der Hinter- und Vordergliedmaßen ist meist schwach ausgeprägt, wobei die Ursache des Muskelschwundes die Kombination von Inaktivitäts- und neurogener Atrophie zu sein scheint. Die Tiere bewegen sich unsicher und zeigen oft hörbares und sichtbares Zehenschleifen, wodurch die Krallen entsprechend abgenutzt sind. Im weiter fortgeschrittenen Stadium treten Probleme beim Aufstehen oder Einnehmen der typischen Haltung zum Urin- oder Kotabsatz auf. Die Fähigkeit zur Koordination der Gliedmaßenbewegung ist vermindert, so dass die Extremitäten während der Vorführphase überkreuzt werden. Den Hunden kann das Laufen im Kreis schwer fallen, oder sie haben Mühe bei Änderungen der Bewegungsrichtung.

Selten werden Hunde nach akutem, häufig nur geringgradigem Trauma mit Para- oder Tetraplegie vorgestellt. Bei diesen Patienten ist die Vorschädigung des Myelon oder umliegender Strukturen (z.B. der Disci intervertebrales) bereits so weit fortgeschritten, dass ein Bagatelltrauma ausreicht, um die Grenze der Kompensationsfähigkeit des Rückenmarks zu überschreiten.

Im Stand kann Spastizität der Vordergliedmaßen sichtbar sein, die durch Kompression der Zervikalschwellung im Sinne einer Läsion des „Oberen motorischen Neuronsystems“ ausgelöst werden kann. Aber auch Läsionen des „Unteren motorischen Neuronsystem“ können zur Spastizität der Vorderextremitäten führen (Seim III und Withrow, 1982; Read et al., 1983; Jaggy und Lang, 1986; vgl. Kapitel 2.4.2.8.: Pathophysiologische Besonderheiten der klinischen Symptomatik). An den Vordergliedmaßen kann ein hypermetrischer Gang auffallen, der aber teilweise erst im schnellen Schritt oder Trab sichtbar wird (Lewis et al., 1989).

Die Haltungs- und Stellreaktionen, wie sie nachfolgend im einzelnen beschrieben werden, sind bei den meisten Tieren herabgesetzt.

- **Schubkarrenprobe, visuell:** Häufig deutliche Propriozeptionsausfälle, kann aber auch physiologisch sein. Trippeln mit erhöhtem Extensorentonus fällt eventuell auf.
- **Schubkarrenprobe, taktil:** Wie visuell, Verstärkung vorhandener Ausfälle ist möglich.
- **Hüpfen auf einem Bein:** Vorne herabgesetzt oder physiologisch. Teilweise mangelnde Unterstützung des Körpergewichts.

Hinten beiderseits häufig verminderter Tonus, verlangsamte Initiation und in zu großen „Schritten“ durchgeführte Unterstützung der Körpergewichts.

- **Hüpfen auf dem ipsilateralen Beinpaar:** Ausfälle wie beim Hüpfen auf einem Bein. Dient zur Verdeutlichung vorhandener Seitenunterschiede.
- **Unterstützungsreaktion:** Verminderte Kraft beim Unterstützen des Körpergewichts, häufig fehlt der „Schritt zurück“.
- **Aufrichtreaktion:** In der Regel nicht durchführbar, weil die Tiere zu schwer sind. Verminderte Extension des Hals- und Kopfbereichs und ungenügende Streckung der Vordergliedmaßen kann auffallen.
- **Tischkantenprobe, optisch:** Bei Ausfällen an den Vorderextremitäten verzögert, sonst physiologisch.

- **Tischkantenprobe, taktil:** Wie optisch, eventuell Verstärkung von Symptomen.
- **Korrekturreaktion:** Vorne physiologisch oder verzögert, hinten häufig deutlich verzögert bis aufgehoben.

Die Kopfnervenreflexe sind bei der zervikalen Spondylomyelopathie nicht verändert.

Die spinalen Reflexe weisen je nach Lokalisation der Kompression Veränderungen an den Hinter-, oder Vorder- und Hintergliedmaßen auf. Bei Beteiligung der Intumescentia cervicalis kommt es an den Vordergliedmaßen zur Hypo- oder sogar Areflexie (Reflexe des Musculus triceps brachii, Musculus extensor carpi radialis und Flexorreflex). In Einzelfällen, bei denen der Extensorentonus gesteigert ist, kann aber auch Spastizität auftreten (Seim III und Withrow, 1982; Read et al., 1983; Jaggy und Lang, 1986). An den Hintergliedmaßen ist in der Regel Hyperreflexie auffällig (Reflexe des Musculus quadrizeps, Musculus tibialis cranialis und Flexorreflex), die aber durch Schwäche auf Grund von Muskelatrophie überlagert werden kann. Bei einer Läsion des „Oberen motorischen Neurons“ des zervikalen Myelons sind die spinalen Reflexe an den Vorder- und Hintergliedmaßen physiologisch bis gesteigert. Seim III und Withrow (1982) fanden bei vielen Hunden mit chronischer zervikaler Spondylomyelopathie einen gekreuzten Extensor-Flexorreflex an den Hintergliedmaßen. Der Pannikulusreflex ist physiologisch, der Vulva-/ Bulbourethralreflex sowie der Perianalreflex sind unauffällig. Der oberflächliche Tiefenschmerz ist, außer bei tetraplegischen Patienten, bei denen er im Einzelfall fehlen kann, erhalten.

2.5.3 Klinisch-neurologische Besonderheiten

Da die Veränderungen bei der zervikalen Spondylomyelopathie häufig langsam progressiv auftreten, wird das Rückenmark zunehmend von peripher nach zentral eingeeengt, so dass über längere Zeit in erster Linie die außen liegenden Fasern geschädigt werden. Dadurch sind insbesondere die Nervenbahnen betroffen, die von der Lumbalschwellung nach kranial ziehen, da sie sich von lateral den Faserbündeln der Zervikalschwellung anlegen (DeLahunta, 1977). Somit

beginnen die klinisch-neurologischen Symptome häufig an den Hintergliedmaßen und greifen erst bei weiterem Fortschreiten auf die Vordergliedmaßen über.

Beim Dobermann tritt die zervikale Spondylomyelopathie in den meisten Fällen zwischen C5/6 und C6/7 (Lewis, 1989 und 1991) auf. Daher müssten zusätzlich Symptome des „Unteren motorischen Neurons“ (UMN) an den Vordergliedmaßen (Zeichen einer schlaffen Lähmung) das klinische Bild kennzeichnen. Die erkrankten Tiere zeigen jedoch häufig Spastizität der Vorderextremitäten (Read et al., 1983; Jaggy und Lang, 1986). Read et al. (1983) sowie Seim III und Withrow (1982) vermuten, dass der gesteigerte Tonus bei diesen Tieren durch das Überwiegen der Extensoren zustande kommt. Der Nervus radialis soll demnach häufig nicht betroffen sein, während die Flexoren des Ellbogens und der Schulter in ihrer Funktion beeinträchtigt sind.

2.5.4 Begleiterkrankungen

Als begleitende Systemerkrankung tritt beim Dobermann häufig die „von Willebrand-Jørgensen-Disease“ und die Hypothyreose (Seim III, 1997; Seim III und Withrow, 1982) auf, wobei bisher keine Beweise für eine gemeinsame Ätiologie mit der zervikalen Spondylomyelopathie gefunden werden konnten.

Für die Dt. Dogge ist keine Erkrankung bekannt, die ätiologisch mit dem Wobbler-Syndrom zusammenhängt.

2.6 Röntgenologische Diagnostik

Die röntgenologische Untersuchung ist bis heute für die Diagnosestellung der zervikalen Spondylomyelopathie unverzichtbar. Von entscheidender Bedeutung ist die genaue Lagerung, wobei der Strahlengang exakt latero-lateral oder ventro-dorsal geführt werden muss. Diese Bedingungen erfordern die Untersuchung in Narkose, um notwendige Manipulationen an der Halswirbelsäule ohne Widerstand durchführen zu können. Röntgenaufnahmen in wachem Zustand bringen in den meisten Fällen Verkippungen in der Längs- und/ oder Querach-

se mit sich, die die sichere Interpretation der Bilder unmöglich machen (Kealy, 1991).

2.6.1 Röntgenologische Untersuchung ohne Kontrastmittel

Der Hund wird zur Anfertigung der Röntgenaufnahmen in die linke oder rechte Seitenlage gebracht und der kaudale Halsbereich mit einer röntgenstrahlendurchlässigen Unterlage unterstützt, um die parallele Lagerung der Wirbelsäule zum Tisch zu gewährleisten (Kealy, 1991).

Die korrekte Lagerung wird im vorderen Halsabschnitt durch exakte Überlagerung der beiden Atlasflügel und im hinteren Bereich durch Übereinstimmung der prominenten Laminae ventrales des 6. Halswirbels kontrolliert. Gleichzeitig müssen sich die Processus transversi der linken und rechten Seite decken und die Intervertebralspalten im zu beurteilenden Bereich überlagerungsfrei abgebildet sein (Kealy, 1991).

Zusätzlich zu diesen Standardaufnahmen werden „gehaltene“ Aufnahmen angefertigt. Während der Hals nach dorsal überstreckt wird, kann sich die Kompression vergrößern, so dass diese Lagerung vorsichtig vorgenommen werden muss. Die Hyperflexion erfolgt durch Abbeugen nach ventral, wobei möglichst der gesamte Hals gebeugt wird (Denny et al., 1977; Sharp et al., 1992).

Für die Röntgenaufnahmen im ventro-dorsalen Strahlengang wird der Patient auf den Rücken gedreht und eine Übersichtsaufnahme angefertigt. Um die kaudale HWS ausreichend zu belichten, muss die Strahlungs-dosis an das erhöhte Volumen des Thoraxeingangs angepasst werden. Der Patient wird unter Durchleuchtungskontrolle rotiert, bis sich die Processus spinosi genau in der Mitte der Wirbel abbilden (Kealy, 1991).

2.6.1.1 Auswertung der Nativröntgenaufnahmen

Nativröntgenbilder sind nur von begrenztem diagnostischem Wert. Auf orthograd gelagerten Aufnahmen ist es möglich, Malformationen in Form von Keilwirbeln, ungewöhnliche anatomische Verhältnisse oder degenerative Prozesse zu erkennen (Abb. 3).

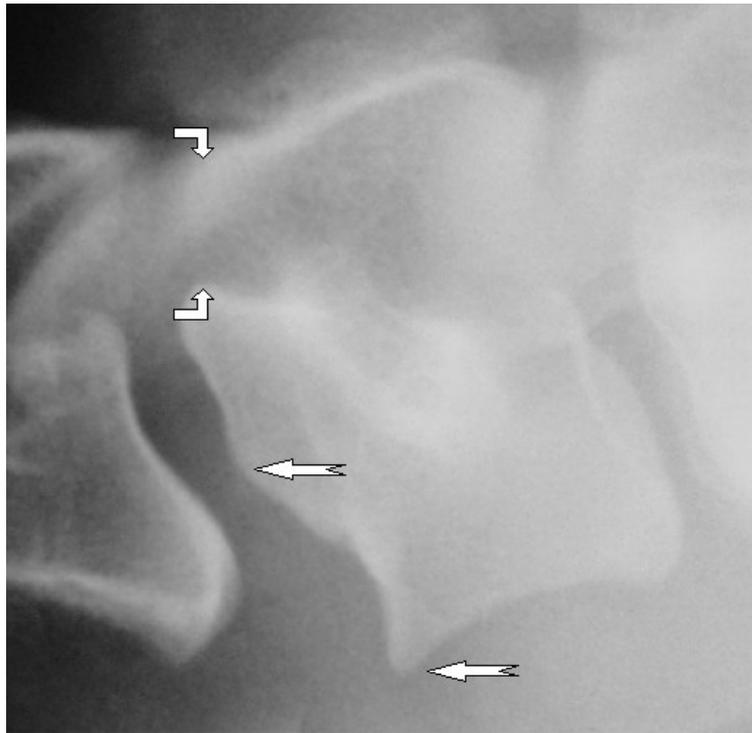


Abb. 3:
Röntgen, HWS (C7), Dobermann. Auffällige Veränderung der ventralen Kontur der kranialen Endplatte (\Leftarrow) und verengtes Orificium craniale (∇)

Der Verdacht einer kranio-kaudalen Einengung des Wirbelkanals kann ebenfalls ausgesprochen werden. Missbildungen wie Fehlstellungen der Processus articulares sind hingegen nicht oder nur bedingt sichtbar (Trotter et al., 1977; Seim III und Withrow, 1982; Lewis, 1989 und 1991; Sharp et al., 1992). Bei allen Fehlbildungen muss berücksichtigt werden, dass Kompressionen und deren Ausmaß durch Nativröntgenbilder nicht sicher diagnostiziert werden können. Ebenso ist keine Aussage über Kompressionsstellen im weiteren Verlauf des Rückenmarks der Halswirbelsäule möglich, die im Nativbild oft nicht sichtbar werden (Withrow und Seim III, 1983; Read et al., 1983; Lewis, 1989 und 1991). Trotter et al. (1976) beschreiben die Ausbildung von Einbuchtungen und deutlichen Abnutzungseffekten an der Facies terminalis cranialis als Folge der Instabilität im betroffenen Bereich. Vereinzelt finden sich auch knöcherne Veränderungen an den ventralen Anteilen der Wirbelkörper.

Da sich die Kompression des Rückenmarks bei bestehender Diskopathie oder Instabilität besonders durch eine gleichzeitig vorhandene Stenose des

Wirbelkanals erhöht, suchte Lewis (1991) nach anatomischen Unterschieden des Canalis spinalis zwischen klinisch auffälligen und symptomlosen Hunden. Dazu untersuchte er Nativröntgenbilder von 167 Hunden auf Anzeichen von zervikaler Spondylomyelopathie. In dieser Gruppe befanden sich 115 ausgewachsene Hunde der Rasse Dobermann ohne klinische Symptome (68,9%), 28 adulte Hunde der selben Rasse mit Symptomen des Wobbler-Syndroms (16,8%) und 24 gesunde Hunde anderer Rassen (14,4%), die zum Vergleich herangezogen wurden. Von den 115 symptomlosen Hunden der Rasse Dobermann fand Lewis (1991) bei 28 Tieren (24,3%) verschiedene Veränderungen auf den latero-lateralen Nativröntgenaufnahmen, wobei 20 dieser Hunde (71,4%) im Laufe von 5 Jahren an zervikaler Spondylomyelopathie erkrankten.

Er konnten feststellen, dass Dobermänner mit Wobbler-Syndrom einen engeren Wirbelkanal haben als vergleichbare, gesunde Hunde anderer Rassen. Die Differenz zwischen Wirbelkanalausgang und -eingang vergrößerte sich kontinuierlich zur distalen HWS. Zwischen männlichen und weiblichen Tieren bestand kein deutlicher Unterschied.

Die Weite des Orificium craniale männlicher erkrankter Dobermänner war im Vergleich zu gesunden Patienten anderer Rassen um 13% geringer, das weiblicher Tiere um 7,8%. Der Unterschied bei der Weite des Orificium caudale war weniger deutlich ausgeprägt. Zwischen C5/6 und C6/7 zeigte sich bei betroffenen Dobermännern im Vergleich zu gesunden Hunden anderer Rassen ein um 16,7% engeres Orificium craniale bei männlichen und ein um 14,3% engeres bei weiblichen Tieren, während das Orificium caudale beim männlichen Dobermann um 9,9% und beim weiblichen um 4,9% enger war.

Um eine bessere Prognose über die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Erkrankung stellen zu können, legte Lewis (1991) maximale Differenzen zwischen dem Orificium craniale und caudale des Wirbelkanals fest. Ein Unterschied des sagittalen Durchmessers von 3 mm oder mehr zwischen beiden Öffnungen stellt nach dieser Untersuchung ein Pathogenitätsmerkmal für die mögliche Entstehung der zervikalen Spondylomyelopathie dar.

Bei allen klinisch gesunden Hunden der Rasse Dobermann war die Differenz des sagittalen Durchmessers geringer als 3 mm. Der Mittelwert der kranio-

kaudalen Differenz von 13 erkrankten Dobermännern in der prädisponierten Region bei C6/7 lag dagegen über 3 mm. Weibliche Tiere wiesen einen noch größeren Unterschied auf.

Lewis (1991) versuchte zusätzlich, die Wahrscheinlichkeit der Entstehung des Wobbler-Syndroms zu bestimmen, indem er die Stufenbildung zwischen benachbarten Wirbelkörpern als Maßstab für die Beweglichkeit zwischen den Wirbeln heranzog.

Dazu wurden Nativröntgenaufnahmen der HWS in Standardlagerung sowie Extension und Flexion angefertigt. Anschließend wurde eine Verbindungslinie vom dorsalen Rand der Extremitas cranialis zum entsprechenden Rand der Extremitas caudalis gezogen. Die Höhendifferenz der Verbindungslinie des vorderen Wirbels zu der des hinteren wurde in den verschiedenen Lagerungen vermessen (Abb. 4).

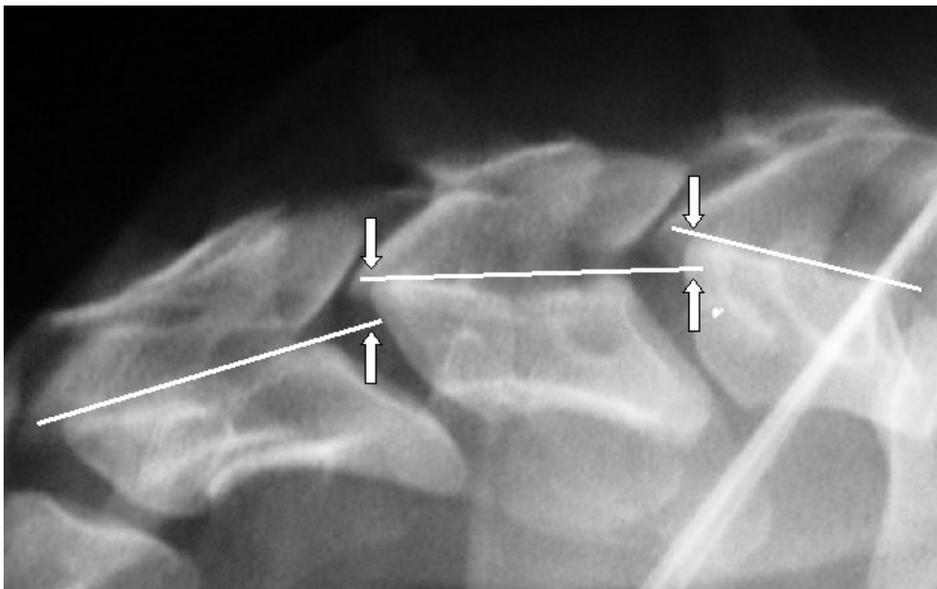


Abb. 4:
Messung der Stufenbildung. Pfeile markieren die Referenzpunkte
(nach Lewis, 1991)

Eine Stufenbildung von 3 mm oder mehr war bei 27 von 28 Patienten konstantes Merkmal für erhöhte Beweglichkeit und ein Hinweis auf zervikale Spondylomyelopathie. Sie zeigte sich bei gehaltenen überbeugten Aufnahmen. Im Gegensatz dazu war bei 87 von 115 (76,7%) klinisch unauffälligen Dobermännern bei ventral gebeugten, gehaltenen Lagerungen jeweils nur eine Stufe von 2 mm oder weniger feststellbar. Lediglich 28 Hunde (24,3%) dieser Gruppe zeigten

einen Abstand von über 3 mm, wobei diese als verdächtig für die Entwicklung des Wobbler-Syndroms eingestuft wurden.

Er unterteilte die Gruppe der Rasse Dobermann mit Wobbler-Syndrom in Patienten, deren Veränderungen nur durch das Myelogramm oder sowohl myelographisch als auch durch Nativröntgenaufnahmen erkennbar waren. Bei allen 28 betroffenen Tieren konnte durch Kontrastmitteldarstellung des Rückenmarks die Extrusion der Bandscheibe mit gleichzeitiger Hypertrophie des dorsalen Anulus fibrosus nachgewiesen werden. 24 Hunde (85,7%) zeigten diese Veränderung am Übergang zwischen C6/7 und nur 4 (14,3%) bei C5/6. Dabei war auffallend, dass der Anulus fibrosus an mehreren Stellen kaudal oder kranial der eigentlichen Läsion hervorgewölbt war, ohne das Kontrastmittel deutlich zu verdrängen. Bei 16 Tieren (57,1%) wurde durch Myelographie die Hypertrophie des Ligamentum flavum sichtbar, das bei 5 Patienten (17,9%) die Kompression verstärkte. An gehaltenen Kontrastmittelaufnahmen zeigte sich, dass bei den meisten Patienten (n=24; 85,7%) das Ausmaß der Kompression durch Flexion erhöht wurde, wobei dies besonders für jene Fälle zutrif, bei denen deutliche Instabilität zum Wirbel kaudal der Kompression vorhanden war.

Drost et al. (2002) beschreiben die Vermessung der Halswirbel bei 24 Hunden der Rasse Dobermann und 8 Dt. Doggen. Da sie die Auswertung absoluter Zahlen für problematisch halten, berechnen sie das Verhältnis des Wirbelkanaldurchmessers zur kranialen Wirbelkörperhöhe sowie zur Wirbelkörperlänge. Die Variabilität der einzelnen Parameter wurde nicht ausgewertet. Da die Autoren an dem dritten bis fünften Halswirbel keine auffälligen Veränderungen erkennen konnten, wurden diese Wirbel nicht in die Untersuchung eingeschlossen.

Als Messpunkte geben sie für den kranialen Wirbelkanaldurchmesser den engsten Punkt im kranialen Viertel des Spinalkanals an, auf den sie eine Senkrechte einzeichnen. Für die Wirbelkörperhöhe definieren sie die maximale Wirbelkörperhöhe in dem kranialen Viertel des Wirbelkörpers, sowie die Wirbelkörperlänge als parallele Linie zum Spinalkanalboden, die durch den Mittelpunkt der kranialen Endplatte gelegt wird. Bei arthrotischen Veränderungen im kranioventralen Wirbelkörperbereich wurde die Wirbelkörperhöhe nicht bestimmt.

Durch die gemessenen Werte wurde der Quotient aus Wirbelkanalhöhe zu Wirbelkörperhöhe sowie aus Wirbelkanalhöhe zu Wirbelkörperlänge errechnet. Dadurch sollen Fehlinterpretationen durch individuelle Größenunterschiede minimiert werden. Drost et al. (2002) konnten beim Dobermann für den sechsten und siebten Halswirbel Unterschiede zwischen gesunden Hunden und Patienten mit Wobbler-Syndrom im Quotienten aus Wirbelkanalhöhe zu Wirbelkörperhöhe feststellen. Das Verhältnis war bei gesunden Hunden größer als bei erkrankten. Dies war statistisch signifikant. Bei der Dt. Dogge war dieser Parameter nicht aussagekräftig, während der Quotient aus Wirbelkanalhöhe zu Wirbelkörperlänge signifikante Ergebnisse ergab. Die Autoren weisen aber auf das Problem hin, dass trotz physiologischer Wirbelkanalhöhe ein pathologischer Quotient errechnet werden kann, wenn Abweichungen von der vorausgesetzten Norm beim zweiten Parameter des Quotienten auftreten.

2.6.2 Röntgenologische Untersuchung mit Kontrastmittel

Die Kontrastmitteldarstellung des Rückenmarks ist ein invasiver Eingriff, dessen Durchführung in jedem Fall mit dem zu erwarteten Nutzen abgewogen werden muss. Durch die Applikation eines nicht-ionischen, iodhaltigen Kontrastmittels in den Subarachnoidalraum kann es in der Aufwachphase zu Nebenwirkungen wie Exzitationen und Krämpfen kommen, die zwar durch Injektion von Diazepam oder Barbituraten unterbrochen werden können, jedoch nach Metabolisierung dieser Substanzen erneut auftreten können. Cox und Jakovljevic (1986) geben die Häufigkeit von Krämpfen mit 7% an. Seim III und Withrow (1982) mussten bei 6 von 30 Hunden mit zervikaler Spondylomyelopathie nach der Myelographie eine Verschlechterung des klinischen Bildes feststellen, wobei sich die meisten Patienten im Laufe weniger Tage wieder bis zum Ausgangszustand besserten. Dabei konnten sie keinen Zusammenhang zwischen der Art der Manipulation und den Komplikationen herstellen.

Eine absolute Indikation zur Myelographie stellt der therapeutische Eingriff dar, da radiologisch nur auf diesem Weg das sichere Erkennen und die genaue Lokalisation aller Kompressionen möglich ist.

Die Prämedikation erfolgt durch intravenöse Injektion von Diazepam (Seim III und Withrow, 1982; Lewis, 1991; Sharp et al., 1992) und Atropin (Jaggy und Lang, 1986). Zur Einleitung verwenden Jaggy und Lang (1986) sowie Lewis (1991) Thiobarbiturate, deren Wirkung durch Inhalationsnarkotika erhalten wird.

Der Hund wird zur Punktion des Subarachnoidalraums in Seitenlage verbracht und der okzipitale Bereich unter aseptischen Kriterien zur Punktion vorbereitet. Die Myelographie wird in der Cisterna magna zwischen dem Os occipitale und Atlas durchgeführt. Okzipital besteht dabei die Möglichkeit, vor der Kontrastmittelinjektion Liquor in ausreichender Menge für die Untersuchung zu gewinnen und eine Druckentlastung des Spinalkanals vor der Injektion durchzuführen (Jaggy und Lang, 1982; Wheeler, 1994). Als Kontrastmittel werden iodhaltige, nicht-ionische, wässrige Lösungen verwendet (Iopamidol: Jaggy und Lang, 1986; Lewis, 1991 oder Iohexol: Seim III und Withrow, 1982; Sharp et al., 1992). Die Wahl des Kontrastmittels, dessen Konzentration sowie die applizierte Menge haben entscheidenden Einfluß auf mögliche Nebenwirkungen (Cox und Jakovljevic, 1986).

Nach ausreichender Kontrastmittelfüllung der zu untersuchenden Wirbelsäulenabschnitte werden Röntgenaufnahmen im latero-lateralen und ventrodorsalen Strahlengang angefertigt, die mindestens vom kaudalen Bereich des Os occipitale bis zum zweiten Brustwirbel reichen. Es muss darauf geachtet werden, dass der klinisch verdächtige Bereich im Zentralstrahl gelagert wird. Anschließend werden Aufnahmen bei maximaler dorsaler Überstreckung und ventraler Überbeugung der HWS angefertigt. Bei Ventroflexion ist wichtig, dass besonders die hintere HWS (C5-C7) gleichmäßig gebogen wird (Seim III und Withrow, 1982).

2.6.2.1 Auswertung der Myelographie

Das Myelogramm bei zervikaler Spondylomyelopathie zeigt extradurale Kompressionen von ventral, dorsal, lateral oder Kombinationen davon. Der häufigste Befund ist die Kompression durch Weichteile (Sharp et al., 1992). Dabei hebt sich der Kontrastmittelstreifen in Richtung der Kompression vom Wirbelkanal

ab und kann über der Engstelle unterbrochen sein (Kealy, 1991). Bei Kompression des Rückenmarks durch pflugscharartig deformierte, instabile oder rotierte Wirbel kommt es ebenfalls zur Kontrastmittelverdrängung von ventral, die bei entsprechendem Ausmaß auch den dorsalen Streifen unterbricht. In selteneren Fällen von einseitiger, lateraler oder ventro-lateraler Kompression teilt sich die Kontrastmittelsäule (Sharp et al., 1992). Die dorso-laterale Verengung kann durch Hypertrophie des Ligamentum flavum, durch medial ausgebuchtete Gelenkfortsätze oder durch Missbildung des Arcus vertebralis verursacht werden und ist besonders bei der Dt. Dogge zu sehen (Olsson et al., 1982). In diesen Fällen ist die Verengung des Rückenmarkkanals in latero-lateraler Projektion häufig nur an der schlechten Füllung des Subarachnoidalraums zu erkennen, während sie in ventro-dorsaler Projektion deutlicher werden kann (Sharp et al., 1992).

Um dynamische von statischer Kompression differenzieren zu können, wird nach der Standardmyelographie unter latero-lateralem Strahlengang Zug auf die HWS ausgeübt, indem der Nackenbereich nach kranial und die Vorderbeine mit mäßiger Kraft nach kaudal gezogen werden. Bei dynamischer Kompression vermindert sich die Einengung des Myelons und der Intervertebralspalt weitet sich (Sharp et al., 1992). Reproduzierbare und standardisierte Angaben über die ausgeübte Kraft sind in der Literatur jedoch nicht vorhanden. Eine weitere Methode der Differenzierung ist die in Kapitel 3.1.5.3. beschriebene Hyperflexion und Hyperextension (Seim und Withrow, 1982; Lewis, 1989). Bei ventraler, dynamischer Verengung durch degenerative Bandscheibenveränderungen wird das Rückenmark meist durch Ventroflexion entlastet und bei Dorsoflexion weiter eingeengt (Seim III und Withrow, 1982; Fossum, 1997; Abbildung 6). Das „Tipping“ eines Wirbels erhöht den Druck auf das Rückenmark bei Beugung des Halses nach ventral (Denny et al., 1977; Sharp et al., 1992). Die dorsale Kompression wird durch Ventroflexion vermindert, während sie bei Dorsoflexion gesteigert wird (Olsson et al., 1982).

Das weitere therapeutische Vorgehen wird maßgeblich von den Befunden der gehaltenen Aufnahmen beeinflusst. Sharp et al. (1992) weisen auf die Gefahr der Verschlechterung des neurologischen Status nach gehaltenen Aufnahmen hin. Dabei scheint eine Verschlechterung sowohl bei Tieren vorzukommen, die

in einer gehaltenen Lagerung geröntgt wurden, aber auch bei Hunden, bei denen nur eine Myelographie durchgeführt wurde. Bisher liegen jedoch keine Studien über einen Zusammenhang vor.

2.6.3 Nativröntgen und Myelographie

Seim III und Withrow (1982) stellten von 45 Hunden mit myelographisch diagnostizierter zervikaler Spondylomyelopathie bei 82% (n=37) an Hand von Nativröntgenaufnahmen pathologische Veränderungen fest, während sie bei 18% (n=8) keine Abweichungen erkennen konnten. Die myelographisch erkannte Kompression stimmte jedoch nur bei 14 Tieren (31,2%) mit den Veränderungen auf den Nativaufnahmen überein. Bei 17 Hunden (37,8%) wurde die klinisch wichtige Einengung falsch diagnostiziert und bei 4 Hunden (8,9%) konnte zwar eine klinisch relevante Verengung des Rückenmarkkanals lokalisiert werden, weitere wurden jedoch übersehen. Übereinstimmungen von Befunden auf Nativaufnahmen mit myelographisch diagnostizierten Veränderungen fanden sie bei 24 Hunden (53,3%).

Zu Veränderungen, die bereits ohne Myelographie erkennbar waren, zählen Lewis (1991) Malformationen von C7, vermehrte kraniale Stenose des Spinalkanals, Rotation der Wirbel in der Längsachse („Vertebral Tipping“), deutliche Abstands- oder Formveränderungen des Intervertebralspalts sowie ventrale Spondylosen zwischen Wirbeln mit Stufenbildung. Allerdings betont Lewis (1991) die Gefahr, primäre oder sekundäre Kompressionen zu übersehen oder falsch zu lokalisieren. Read et al. (1983) gehen davon aus, dass ein verengter Zwischenwirbelspalt nicht mit der Kompressionsstelle übereinstimmen muss und bei instabilen Wirbeln die Kompression häufig kaudal des vermehrt beweglichen Wirbels liegt. Lewis (1989) fand bei 20 von 28 erkrankten Dobermännern (71,4%) ein Aufwärtsrotieren der Halswirbel C4, C5 und C6, wobei die Rotation bei einem Hund (3,6%) auf C5 und bei 4 Tieren (14,3%) auf C6 beschränkt war. Bei den übrigen Hunden (n=23; 82,1%) war sowohl C5 als auch C6 nach dorsal vermehrt beweglich, wobei C6 stärker betroffen war. 5 Patienten (17,9%) zeigten zusätzlich Rotation des C4. Anhand der Myelographie konnte Lewis (1991) zeigen, dass die Kompressionsstelle am angrenzenden Intervertebralspalt und in 5 Fällen weiter kranial oder kaudal lag.

Drost et al. (2002) gehen davon aus, dass sie durch die Errechnung der beschriebenen Quotienten die Wahrscheinlichkeit der Erkrankung bestimmen können (Kap. 2.6.1.1). Allerdings machen sie die Einschränkung, dass diese Methode die Myelographie nicht ersetzen kann.

2.7 Computertomographie (CT)

Sharp et al. (1992) beschreibt die Computertomographie für die Diagnostik der zervikalen Spondylomyelopathie. Um die zu untersuchende Region einzugrenzen, empfehlen sie eine Myelographie voran zu stellen. Dabei ergibt sich das Problem, dass die geeignete Kontrastmittelmenge für die CT-Untersuchung nur 1/5 bis 1/3 der benötigten Menge der Myelographie beträgt (Yu et al., 1986; Sharp et al., 1992). Da die Myelographie vor der CT-Untersuchung durchgeführt wird, muss das applizierte Kontrastmittelvolumen daher an der unteren üblichen Grenze gewählt und die Reduktion des Kontrastmittels im Subarachnoidalraum durch Resorption und Abfluss in die kaudalen Bereiche durch Hochlagerung des vorderen Bereichs des Patienten erreicht werden. Die geeignete Kontrastmittelkonzentration ist dann erreicht, wenn röntgenologisch nur noch ein schmaler Streifen sichtbar ist (Sharp et al., 1992).

Das Tier wird zur Untersuchung in symmetrische Brust-Bauch- oder Seitenlage gebracht und die Vorderbeine werden nach kaudal gestreckt, um die Schulterblätter aus dem Untersuchungsbereich heraus zu lagern. Nach einem latero-lateralen Übersichtsschnitt wird die zu untersuchende Region bestimmt, die sich gewöhnlich von der oberen HWS bis zum ersten Brustwirbel erstrecken sollte. Als kaudale Orientierungspunkte dienen dabei Rippen und die hohen Processus spinosi der Brustwirbel, die kurzen Processus transversi des 7. Halswirbels und die breiten und ausladenden Processus transversi des 6. Halswirbels.

Die angefertigten Querschnitte erlauben die Beurteilung der knöchernen Strukturen, des Subarachnoidalraums und der Ausdehnung des Rückenmarks. Der Subarachnoidspalt und das Rückenmark sind besonders im CT-Myelogramm gut darstellbar. Der Liquorraum stellt sich durch das Kontrastmittel deutlich als unterschiedlich weit ausgeprägter Spalt dar, der an keiner Stelle durch umlie-

gende Strukturen eingeeengt sein darf (Abb. 5, 6). Protrusionen oder Extrusionen der Bandscheiben sind im CT-Myelogramm als schwarze Masse sichtbar, die das Kontrastmittel und das Rückenmark in der entsprechenden Richtung verdrängt (Sharp et al., 1992).

Die räumliche Begrenzung durch die Gantry (Scanöffnung) macht bei großen Hunden die Anfertigung gehaltener Aufnahmen unmöglich. Ein weiteres Problem stellt die temporäre Fixation der Patienten auf dem Untersuchungstisch während der CT-Aufnahmen dar. Wegen der hohen Strahlenbelastung verbietet sich ein Halten der Hunde in der gewünschten Position.

Charakteristisch für die zervikale Spondylomyelopathie des Menschen, die von Sharp et al. (1992) als Pendant zum Wobbler-Syndrom des Hundes angesehen wurde, ist die Zentralisierung des Rückenmarks und die Vergrößerung des mit Kontrastmittel gefüllten Subarachnoidalraums, da es durch die typische Chronizität der Erkrankung zur Myelonatrophie kommt (Yu et al., 1986).

Weitere Einsatzmöglichkeiten des CT sind die postoperative Kontrolle der vollständigen Entfernung komprimierender Strukturen oder der Nachweis für die erneute Ausdehnung des atrophierten Rückenmarks nach der Dekompression/Distraktion (Sharp et al., 1992).

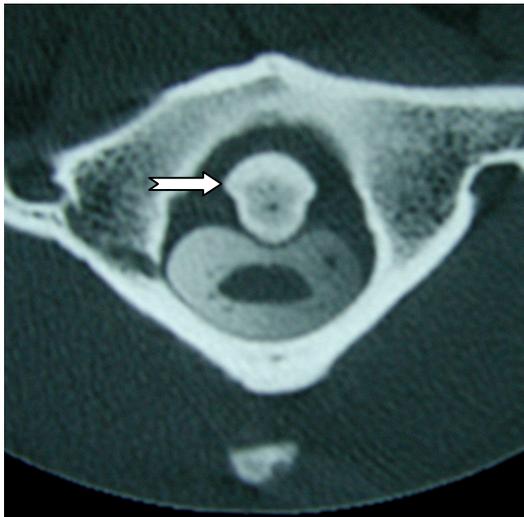


Abb. 5:
Dt. Dogge, 13 Monate, Wobbler-Symptomatik. Myelo-CT C1/2, axiale Schnittführung. Dens axis (⇒) zeigt viel Bewegungsspielraum



Abb. 6:
wie Abb. 5. Myelo-CT C2-3, sagittale Schnittführung. Umbauvorgänge an den Endplatten deuten auf Instabilität hin (⇔). Der kaudale Bereich von C2 wirkt bei Beugung wie ein Hypomochleon auf das Rückenmark

2.8 Magnetresonanztomographie (MRT)

Die Magnetresonanztomographie ist zur Zeit das geeignetste Verfahren zur Darstellung von Weichteilen, insbesondere des zentralen Nervensystems (Farrow und Tyron, 2000). Durch wechselnde Ausrichtung der Wasserstoffatome werden die Körperbestandteile entsprechend ihres Gehaltes an Wasserstoffatomen mit unterschiedlicher Signalintensität dargestellt. Seit einigen Jahren hat diese Diagnostikmethode auch in der Veterinärmedizin Einzug gehalten, der Einsatz und die Verfügbarkeit bleiben jedoch durch die hohen Kosten limitiert.

Bislang sind nur wenige veterinärmedizinische Publikationen über MRT-Untersuchungen der HWS beim Hund mit Wobbler-Syndrom erschienen (Levitski et al., 1999; Lipsitz et al., 2001). Alle Autoren betrachten dieses Verfahren als besonders geeignet zur Darstellung des zentralen Nervensystems und der umgebenden Weichteile. Das MRT erlaubt im Gegensatz zum Röntgen die ex-

akte Beurteilung des Rückenmarks, der Intaktheit der Bandscheiben sowie des Extra- und Subduralraumes (Abbildungen 7, 8 und 9).

Statische Kompressionen des Rückenmarks können durch das konventionelle MRT gut sichtbar gemacht werden, während dynamische Verengungen bislang nur anhand sekundärer Veränderungen erkannt werden können. Durch die Entwicklung größerer Spulen wird es jedoch bald auch in der Veterinärmedizin möglich sein, dynamische Untersuchungen, wie sie in der Röntgendiagnostik und mit Einschränkung bei der Computertomographie möglich sind, durchzuführen. Entsprechende humanmedizinische Untersuchungen hierzu wurden bereits veröffentlicht (Condon und Hadley, 1988; Epstein et al., 1988; Weng und Haynes, 1996; Muhle et al., 1998).

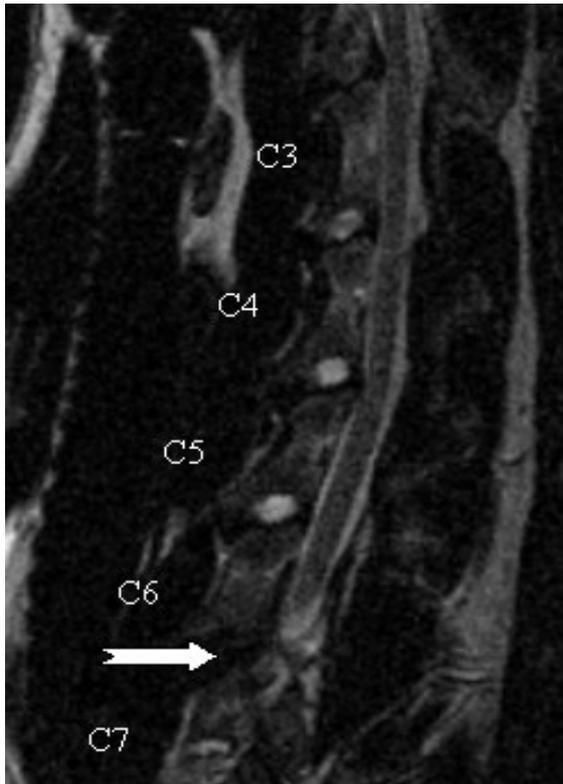


Abb. 7:
MRT, HWS, Dobermann (7 Jahre).
Pfeil: Dehydrierter Nucleus pulposus

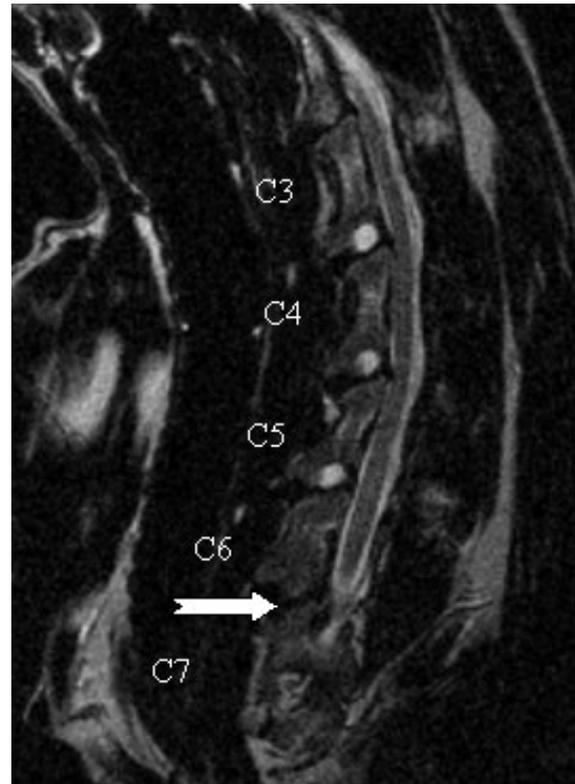


Abb. 8:
wie Abb. 7: In gebeugter Lagerung.
Pfeil: Dehydrierter Nucleus pulposus

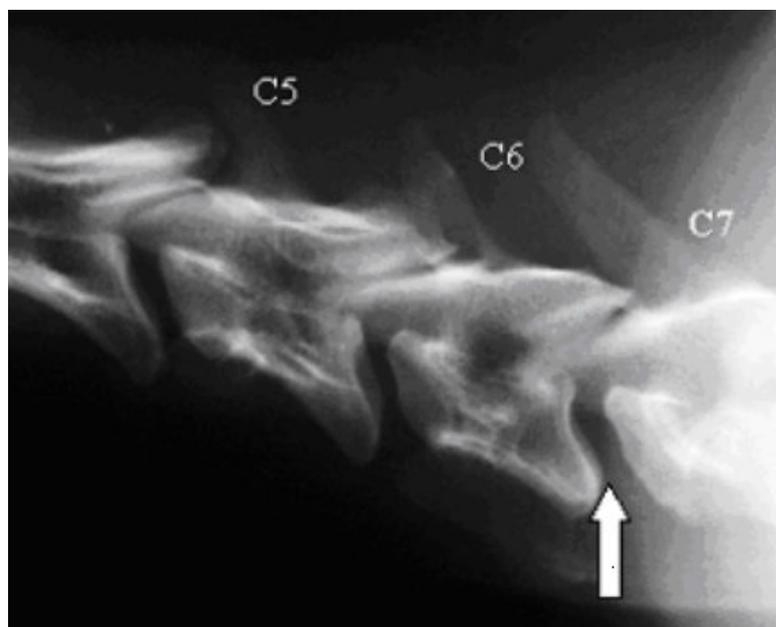


Abb. 9:
Selber Hund wie Abb. 7 und 8. Röntgen, HWS von
C4 bis C7, latero-lateraler Strahlengang; unauffälliger
Intervertebralspalt C6/7

2.9 Prognostische Bewertung

Für prognostische Aussagen ist das Nativröntgen nicht und die Myelographie nur bedingt ausreichend. Olsson et al. (1982) konnten durch den Vergleich klinischer Symptome, radiologischer Befunde sowie histologischer Untersuchungen des Rückenmarks zeigen, dass häufig eine unzureichende Korrelation zwischen der myelographisch sichtbaren Kompression und den tatsächlichen Schäden des Myelons besteht.

Obwohl vergleichbare Untersuchungen wie für das Röntgen über die prognostische Aussagekraft der Computertomographie und Magnetresonanztomographie für das Wobbler-Syndrom fehlen, kann man wahrscheinlich davon ausgehen, dass auch mit diesen Verfahren nur eine ungenügend sichere Prognosestellung möglich ist. Allerdings ermöglichen das CT und MRT eine genauere Abklärung der ursächlichen Veränderungen, wodurch die Operationsplanung deutlich verbessert werden kann.

2.10 Therapie des Wobbler-Syndroms

Die Therapie des Wobbler-Syndroms kann konservativ oder operativ durchgeführt werden. Dabei fällt die Entscheidung für die eine oder andere Methode angesichts von Risiken und Nutzen jeder Methode nicht leicht. Deshalb sollen hier die zu erwartenden Vorteile und die mit der jeweiligen Methode verbundenen Risiken beschrieben werden.

2.10.1 Konservative Therapie

Alle Autoren stimmen darin überein, dass das Wobbler-Syndrom eine primär chirurgisch zu therapierende Erkrankung ist. Betts (1982) empfiehlt die konservative Therapie nur bei sehr langsam progressiven Krankheitsbildern oder für Patienten mit konstanten klinischen Befunden, deren Status sich nur selten und vorübergehend verschlechtert. Rusbridge et al. (1998) sind der Ansicht, dass Tiere mit milden klinischen Ausfällen durch konservative Therapie erfolgreich behandelt werden können.

Die konservative Therapie sieht möglichst strikte Ruhigstellung des Patienten vor. Dies wird vor allem durch Einschränkung der Spaziergänge in Frequenz und Dauer sowie Leinenzwang erreicht. Spielen und Sprünge jeglicher Art müssen vermieden werden. Zug im Halsbereich wird durch das Anlegen eines Brustgeschirrs umgangen. Bei jungen, noch wachsenden Hunden steht die Kontrolle der korrekten Futterzusammensetzung im Vordergrund (vgl. Kapitel 2.4.1, „Ernährung“). Betts (1982) empfiehlt bei akuter Verschlechterung des neurologischen Zustandes zusätzlich nichtsteroidale Antiphlogistika oder schwache Analgetika.

2.10.2 Operative Therapie

Es bestehen zwei unterschiedliche Operationsmethoden: Dekomprimierende Verfahren und Distraction der betroffenen Wirbelsegmente. Diese beiden Grundprinzipien wurden in vielfacher Weise modifiziert oder kombiniert, da einerseits die große Vielfalt der Erscheinungsformen des Wobbler-Syndroms Modifikationen der bekannten Operationsmethoden erforderlich machen,

andererseits die erwünschten Erfolge oft ausbleiben. Unterschiedliche postoperative Beobachtungszeiträume erschweren jedoch in vielen Fällen den direkten Vergleich der verschiedenen Therapieansätze.

2.10.3 Dekomprimierende Operationsmethoden

Das Rückenmark kann im Halsbereich durch drei verschiedene Zugänge erreicht werden. In den meisten Fällen wird der ventrale Zugang gewählt, während die dorsale Laminektomie seltener zur Anwendung kommt (Lyman, 1991). Die Dekompression von lateral wird kaum durchgeführt, da sie mit Nachteilen beim Zugang zur HWS und mit erhöhtem Risiko iatrogenen Schädigung verbunden ist. Sie eignet sich für Fälle mit weit lateralisiertem Bandscheibenvorfall, der durch den ventralen Zugang nur schwer erreichbar ist.

2.10.3.1 Ventral Slot (Standardmethode)

Der Hund wird in exakter Rückenlage fixiert, der Hals nach kranial gestreckt und die Vorderbeine nach kaudal ausgebunden. Der Zugang erfolgt in der Medianen mit Retraktion der Mm. sternohyoidei sowie der Pars mastoidea des M. sternocephalicus. Trachea und Ösophagus werden nach links verlagert und der M. longus colli über dem entsprechenden Zwischenwirbelspalt von der ventralen Wirbelkörperfläche abgelöst (Piermattei und Greenly, 1979). Die kaudale Crista ventralis und der ventrale Anteil des Anulus fibrosus werden entfernt. Da die Endplatten der Halswirbel schräg von kaudo-ventral nach kranio-dorsal verlaufen, muss das Fräsloch zum kranialen Wirbelkörper ausgerichtet werden, um am Boden des Wirbelkanals genau auf den Intervertebralspalt und zwischen die lateralen, meanderförmigen Sinus venosi zu stoßen. Der Slot sollte nicht breiter als $\frac{1}{3}$ des Intervertebralspaltes und $\frac{1}{3}$ der Länge des Wirbelkörpers in jeden der beiden Wirbel gefräßt werden (Wheeler, 1994). Bei Verletzung des Sinus venosus kommt es zu starken Blutungen, die häufig den Abbruch der Operation erzwingen, wodurch das komprimierende Material nicht ausreichend entfernt werden kann. Der Slot wird beim Verschluss der Wunde durch Muskulatur bedeckt (Wheeler, 1994).

2.10.3.2 Inverted Cone Decompression Technique (ICDT)

Goring et al. (1991) beschreiben eine Modifikation des Ventral Slot, die bei ventraler Kompression mit gleichzeitiger Instabilität indiziert sein soll. Der Vorteil der ICDT gegenüber der Standardmethode beruht darauf, dass für maximale Dekomprimierung nur minimale Knochenentfernung nötig ist. Die Methode erlaubt flächenhaften Zugang zum Wirbelkanal und günstige Voraussetzungen für eine bessere und vollständigere Entfernung der oft mit der Dura mater verklebten Faserteile der Bandscheibe sowie von weit lateral liegendem Bandscheibenmaterial.

Bei vorrangig dorsaler (Ligamentum flavum und Ligamentum interarcuale) oder lateraler (Gelenkkapseln der Processus articulares oder die Gelenkfortsätze selbst, sowie periartikuläres Gewebe) Kompression eignet sich die Methode nicht (Goring et al., 1991). Es wurden nur Hunde mit statischer Kompression ausgewertet, während Tiere mit dynamischer Einengung nicht in die Untersuchung einbezogen wurden.

Der Patient wird in Rückenlage gebracht und die kaudale HWS durch eine Unterlage leicht dorsal gestreckt. Über den Standardzugang von ventral (Piermattei und Greenly, 1979) wird am betroffenen Intervertebralspalt das Dekompressionsfenster angelegt, das am hinteren Rand des betroffenen Intervertebralspaltendes beginnt und etwa 25% der Länge des kranialen Wirbelkörpers in diesen hineinragen soll. Die Breite des Lochs muss etwa 20% der Breite des Wirbelkörpers betragen. Durch seitliches Schwenken des Bohrkopfes wird unter Erhaltung der inneren Kortikalis weitere Spongiosa entfernt und ein runder, münzförmiger Hohlraum unter dem Boden des Rückenmarkskanals freigelegt. Die Gegenkortikalis darf dabei nicht durchbrochen werden. Der vorgefallene Anulus fibrosus wird an dem verbliebenen Fasermaterial in den geschaffenen Hohlraum zurückgezogen. Weiteres vorgefallenes Bandscheibenmaterial wird durch den Intervertebralspalt gegebenenfalls extrahiert. Zwischen Rückenmark und ventralem Rückenmarkskanal verbleibt ein kleiner Hohlraum, der als Sicherheitsabstand für die anschließende Erweiterung des Dekompressionsfensters ausgenutzt wird, die sich über die Fläche der verbliebenen Gegenkortikalis erstrecken sollte (Goring et al., 1991). Der Verschluss erfolgt routinemässig.

2.10.3.3 Dorsale Laminektomie (Standardmethode)

Für den dorsalen Zugang zur mittleren Halswirbelsäule von C2 bis C5 wird in der Medianen ein Hautschnitt von der Protuberantia occipitalis externa bis zum ersten Brustwirbel angelegt. Die Präparation wird durch die Raphe bis auf das Ligamentum nuchae erweitert, das zur Seite gehalten wird. Nach Lokalisation des betreffenden Wirbels werden die Halsmuskeln mit dem Raspatorium von den Dornfortsätzen der benachbarten und der Lamina des entsprechenden Wirbels getrennt (Piermattei und Greenly, 1979). Die Präparation soll lateral nicht über die Gelenkfortsätze hinausreichen und unter Schonung der Äste der Arteria vertebralis erfolgen.

Für Läsionen zwischen C5 und T3 wird der Zugang weiter kaudal gewählt. Der Patient wird in Brust-Bauchlage fixiert und die Vordergliedmaßen unter dem Hals gekreuzt nach kranial ausgebunden. Dadurch wird eine vermehrte Abduktion der Schulterblätter von der Brustwand erreicht. Der Hautschnitt verläuft zwischen dem 4. Hals- und 6. Brustwirbel. Nach Durchtrennung der Haut werden die Mm. trapezii und rhomboidei retrahiert und die Mm. subscapularis, splenius cervicis und serratus dorsalis freigelegt. Die Skapula wird nach lateral herausgezogen und die Ursprünge der Mm. splenius cervicis und serratus dorsalis cranialis werden an ihrem Ansatz am medianen Sehnenstreifen abgesetzt. Die tiefe Spinalmuskulatur wird unter Schonung der A. vertebralis mit dem Raspatorium von den Processus spinosi abgesetzt, bis die dorsale Lamina der Wirbel bis zu den Gelenkfortsätzen sichtbar ist.

Nach Entfernung des Proc. spinosus des betroffenen Wirbels wird eine Lamelle medial der Procc. articulares umfräst und mit Hilfe eines Rongeurs abgesetzt (Piermattei und Greenly, 1979).

2.10.3.4 Continous Dorsal Laminectomy

Lyman (1991) beschreibt für die zervikale Spondylomyelopathie eine modifizierte dorsale Laminektomie. Da die Einengung des Rückenmarks häufig an mehreren Stellen gleichzeitig besteht, oder durch vermehrte Belastung an den umliegenden Wirbeln auftreten kann („Dominoeffekt“), ist die komplette Entlastung des Rückenmarks in dem beim Dobermann am meisten betroffenen Bereich für

Lyman die Methode der Wahl. Er beschreibt die Laminektomie vom hinteren Ende des 4. Hals- bis zum kranialen Rand des ersten Brustwirbels. Über den kaudalen Zugang können die Gelenkfortsätze von medial auf mögliche Kompressionsursachen untersucht und gegebenenfalls mit einem Rongeur verkleinert werden.

Durch die Dekompression hat das Rückenmark die Möglichkeit, sich nach dorsal auszudehnen. Vorgefallenes Bandscheibenmaterial kann entfernt werden, wenn es seitlich des Rückenmarks hervortritt. Ventral gelegenes Bandscheibenmaterial ist jedoch nur schwer zu erreichen (Seim III, 1997). Die dorsale Entlastung kann mit einer fortlaufenden Durotomie kombiniert werden (Lyman, 1991).

Lyman (1991) bedeckt das freigelegte Rückenmark mit einem Fettpolster, während Seim III (1997) diese Abdeckung ausdrücklich ablehnt. Danach erfolgt der übliche Wundverschluss.

Komplikationen dieser Methode sind vor allem die Bildung einer starken Bindegewebsmembran zwischen den beiden blind endenden Bögen des entfernten Wirbeldachs, wodurch es wieder zu Kompressionen kommen kann sowie Instabilität durch den fehlenden Ansatz der dorsalen Halsmuskulatur an den Processus spinosi. Lyman (1991) konnte bei eigenen Fällen keine postoperativen Probleme beobachten.

2.10.4 Dekomprimierende und stabilisierende Operationsmethoden

Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Operationsmethoden beseitigen dekomprimierende und stabilisierende Operationsmethoden die in vielen Fällen vorhandene Instabilität der HWS. Bisher wurden zahlreiche Methoden zur dauerhaften Stabilisation bei möglichst geringen Risiken beschrieben. Sie lassen sich in Verfahren unterteilen, die Fremdmaterial in den distrahierten Zwischenwirbelspalt einbringen oder die durch interne Stabilisation mit Fremd- oder Eigenmaterial die Distraction erhalten. Die wichtigsten Methoden werden kurz besprochen.

2.10.4.1 Verplattung der Processus spinosi

Diese Methode wurde 1972 für die kaudale Halswirbelsäule (C6/7) von Gage und Hall beschrieben. Der Patient wird in Brust-Bauchlage fixiert und ein medianer Schnitt über der kaudalen Halswirbel- und kranialen Brustwirbelsäule angelegt. Durch einen medianen Zugang von dorsal werden die Wirbel freigelegt und über dem Intervertebralspalt C6/7 hemilaminektomiert. In die Processus spinosi von C5, C6 und C7 werden Löcher gebohrt, um eine „Auburn spinal plate“ (11,1 cm) an jeder Seite der Dornfortsätze anzubringen. Zuvor müssen die Wirbel in eine möglichst physiologische Position verbracht werden. Während der Fixation kam es im beschriebenen Fall bereits zur partiellen Fraktur eines Processus spinosus, so dass er mit einem Draht an die Platte fixiert werden musste. Durch anschließende Palpation und Röntgenkontrolle wurde die stabile Fixation der Wirbel jedoch bestätigt. Der Zugang wurde in üblicher Weise verschlossen.

Gage und Hall (1972) weisen auf die Schwierigkeiten mit dieser Methode bei kleineren Tieren hin, da bereits bei einem großen Hund (Dobermann) der Processus spinosus durch die Manipulation frakturiert ist. Für kleinere Hunde schlagen sie die konservative Therapie durch Immobilisation mit einem Halsverband vor.

2.10.4.2 Verschraubung der Procc. articulares mit Fenestration

Swaim (1975) beschreibt die Verschraubung der Procc. articulares mit gleichzeitiger ventraler Fenestration der Bandscheibe zwischen C4 und C5. Dazu werden die Tiere zuerst in Brust-Bauchlage ausgebunden und über den kaudalen Zugang zur HWS die Procc. articulares von C4 und C5 bis auf deren laterale Seite von der Muskulatur befreit. In kaudo-ventraler und leicht lateraler Richtung wird in den Gelenkfortsatz von C4 und C5 ein Loch gebohrt und eine Kortikalisschraube eingedreht. Der Bohrvorgang muss sofort nach durchbrechen der Gegenkortikalis des Gelenkfortsatzes von C5 beendet werden, um die ventralen Blutgefäße und die austretenden Nerven nicht zu verletzen. Danach werden auf die gleiche Weise die Procc. articulares der anderen Seite verschraubt. Nachdem die beiden Wirbel fixiert sind, werden die Procc. spinosi

von C4 und C5 entfernt und eine dorsale Laminektomie durchgeführt. Dabei muss genügend Knochen um die Gelenkfortsätze erhalten bleiben, um deren Fraktur zu vermeiden. Die Hunde werden in Rückenlage umgelagert und über einen ventralen Zugang wird die Bandscheibe zwischen C4 und C5 fenestriert. Der Wundverschluss erfolgt jeweils routinemäßig.

2.10.4.3 Fixation mit Kortikalisschrauben

Swaim (1975) fixiert bei Hunden mit Wobbler-Syndrom den vierten und fünften Halswirbelkörper durch Kortikalisschrauben. Die Patienten werden in Rückenlage ausgebunden und der Hals durch Zug gestreckt, wobei der Nackenbereich mit einem Sandsack unterlagert und der Kopf in dieser Lage fixiert wird. Nach Präparation der ventralen Wirbelkörperfläche von C4 und C5 wird ein Loch, beginnend in der Medianen am Übergang vom mittleren zum kaudalen Drittel des C4, in kaudo-dorsaler Richtung in C5 bis an die dorsale Kortikalis gebohrt. Danach wird die Bohrung in C4 als Gleitloch erweitert und die Bohrlochtiefe ausgemessen. Da beim Eindrehen der Schraube der Intervertebralspalt komprimiert wird, muss die Schraube etwas kürzer als die gemessene Länge gewählt werden. Dadurch soll nach Swaim (1975) das Durchbrechen des Schraubenendes durch die Gegenkortikalis in den Wirbelkanal vermieden werden. Nachdem die Schraube angezogen ist, wird die Wunde in üblicher Weise verschlossen.

Danach wird der Hund umgelagert und der dorsale Zugang zur HWS durchgeführt. Die Bandstrukturen an den Gelenkfortsätzen zwischen C4 und C5 werden gelöst und die beiden Gelenkkapseln entfernt.

Postoperativ sollte eine Röntgenaufnahme angefertigt werden, um den Sitz der Schraube zu überprüfen. Bei korrektem Sitz wird den Hunden ein Verband vom oberen Halsbereich bis zur Thoraxmitte angelegt.

2.10.4.4 Ventrale Verplattung

Swaim (1975) beschreibt für die operative Therapie des Wobbler-Syndroms die ventrale Verplattung der betroffenen Wirbelkörper. Vor der Operation werden

Röntgenbilder in latero-lateralem Strahlengang angefertigt, um den Durchmesser des vierten Wirbelkörpers an der schmalsten Stelle bestimmen zu können. Diese Distanz bestimmt die maximale Tiefe der Bohrlöcher. Die Tiere werden zur Operation in Rückenlage ausgebunden und der Hals in Streckstellung fixiert. Danach werden die Wirbelkörper von C4 und C5 freigelegt. Die Crista ventralis von C4 wird entfernt und die Unterseite von C4 und C5 geglättet. Die Bandscheibe wird fenestriert und danach der Ventralseite eine kleine 4-Loch-Platte angepasst. Mit einem 2mm Bohrer werden in jeden Wirbelkörper 2 Löcher in ventro-dorsaler Richtung gebohrt und 3,5 mm Kortikalisschrauben eingedreht, wobei zuerst die am weitesten kaudal liegende Schraube eingesetzt wird und danach die übrigen Löcher mit angelegter Platte gebohrt werden. Nachdem alle Schrauben fest angezogen sind, erfolgt der übliche Wundverschluss.

2.10.4.5 Verdrahtung der Processus articulares nach Laminektomie

Hurov (1979) beschreibt eine Modifikation der von Swaim (1975) veröffentlichten Technik der Verschraubung der Procc. articulares. Wegen des „Dominoeffekts“ versucht Hurov (1979), die Halswirbel nicht rigide zu stabilisieren, um so die übermäßige Kraftübertragung auf benachbarte Zwischenwirbelscheiben zu vermeiden. Durch Verdrahtung der Processus articulares vermindert er die Beweglichkeit und dekompriert durch die dorsale Laminektomie das Rückenmark.

Nach dem dorsalen Standardzugang wird eine Laminektomie durchgeführt. Danach werden die Processus articulares kranial und kaudal zum instabilen Wirbel freigelegt und an ihrer Basis durchbohrt. In diese Bohrlöcher wird orthopädischer Draht eingezogen und so die Gelenkfortsätze fixiert. Jeder instabile Zwischenwirbelspalt wird durch Verdrahtung der beiden kranialen und kaudalen Gelenke (insgesamt 4 Gelenke) stabilisiert. Danach erfolgt der routinemäßige Wundverschluss.

2.10.4.6 Distraction ohne zusätzliche Dekompression

Betts (1982) beschreibt die ventrale Dekompression ohne Eröffnung des Wir-

belkanals mit anschließender Distraction und Erhalt der erreichten Distanz durch Einsetzen von autologem Knochentransplantat. Diese Methode basiert auf den Veröffentlichungen von Chambers und Betts (1977) sowie Denny et al. (1977), die die alleinige Stabilisation ohne vorherige Dekompression durchgeführt hatten und über eine Erfolgsquote von etwa 50% berichten. Sie stabilisieren die betroffenen Wirbel durch ventrale Verschraubung der betroffenen Wirbelkörper.

Betts (1982) berichtet über zwei Hunde mit chronisch progressivem Krankheitsverlauf, bei denen sich der dorsale Anulus fibrosus und das Ligamentum longitudinale dorsale hyperplastisch verändert hatten. Bei der beschriebenen Operationsmethode wird in die betroffenen Wirbel längs zum Intervertebralspalt ein Schlitz gefräst, der nach dorsal bis knapp unter die Gegenkortikalis erweitert wird. Der Spinalkanal wird nicht eröffnet. Nach Distraction des Halses wird ein Knochenautotransplantat in den Slot eingebracht, das die Dehnung aufrecht erhält. Durch Anbringen einer schmalen Platte ventral am Wirbelkörper oder mit dem Einbringen einer Kortikalisschraube und Draht wird das Knochenstück in seiner Lokalisation fixiert.

Betts (1982) sieht den Vorteil dieser Methode in der sofortigen Stabilität bei gleichzeitiger Dehnung der Bandstrukturen. Durch die Immobilisation der betroffenen Wirbel kann es zur Atrophie hyperplastischer Bandstrukturen kommen.

2.10.4.7 Stabilisation durch autogenes Knochentransplantat

Ellison et al. (1988) beschreiben eine Operationsmethode aus der Humanmedizin, die sie modifiziert angewandt haben. Robinson und Smith (1955) sowie Cloward (1958) hatten in den 50er Jahren eine Therapie für Patienten mit degenerativer Bandscheibenerkrankung im Halswirbelsäulenbereich beschrieben, bei der sie aus dem Ileum entnommenes Knochenmaterial in den distrahierten HWS-Intervertebralspalt einsetzen, um ihn in dieser Lage primär zu fixieren und sekundär zu fusionieren. Auf Grund der Erfahrungen mit dieser Methode verwendeten Ellison et al. (1988) ein Transplantat, bestehend aus Kortikalis und Spongiosa, das sie der Crista iliaca entnommen hatten. Es wurden nur Patien-

ten ausgewählt, bei denen radiologisch eine dynamische Kompression nachgewiesen werden konnte. Bei statischer Einengungen ist dieses Verfahren nicht indiziert (Ellison et al., 1988).

Das Tier wird in lateraler Seitenlage fixiert und die dorsale Crista iliaca über einen etwa 5 cm langen Schnitt freigelegt. Mit einem Osteotom wird ein 2x1 cm langer und 1,5 cm tiefer Knochenblock aus der Darmbeinschaukel heraus getrennt. Der Wundverschluss erfolgt routinemäßig und das Transplantat wird bis zum Einsetzen in einem blutgetränkten Tupfer aufbewahrt. Danach wird der Patient in Rückenlage verbracht und mit den Vordergliedmaßen nach kaudal ausgebunden. Über den ventralen Zugang wird die Halswirbelsäule freipräpariert. Der ventrale Anulus fibrosus wird inzidiert und ein 12 mm langer und 8 mm breiter, rechteckigen Slot gefräst, der bis knapp unter den dorsalen Rand des Anulus fibrosus und die Gegenkortikalis erweitert wird. Durch Zug am Kopf wird das nötige Ausmaß der Distraction durch direkte Betrachtung der Operationsstelle oder unter Durchleuchtung mit Kontrastmitteldarstellung des Rückenmarks bestimmt, die nötig wird, um die Kompression durch die hypertrophen Bandstrukturen zu beseitigen. Sie beträgt in den meisten Fällen 3-4 mm (Ellison et al., 1988). Der zuvor herausgetrennte Transplantationsknochen wird in Länge, Breite und Tiefe dem distrahierten Fräsloch angepasst und mit nach ventral gerichteter Kortikalis eingesetzt. In die beiden angrenzenden Wirbelkörper werden mit einem 2,0 mm-Bohrer jeweils zwei divergierende Löcher gebohrt, die von der Medianen ausgehend in einem Winkel von 30° zur Senkrechten ausgerichtet sind. In diese werden 22-24 mm lange Spongiosaschrauben eingedreht und die exponierten Enden ausreichend freigelegt. 20 g Polymethylmethacrylat (PMM) werden angerührt und über den freien Schraubenenenden und dem Autotransplantat anmodelliert. Während der Polymerisationsphase muss das PMM gekühlt werden, um Knochen- und Weichteilnekrosen zu vermeiden. Nach dem Aushärten werden die tiefe Faszie und die darüber liegenden Weichteile in üblicher Weise adaptiert. Der paarige Musculus longus colli kann meist nicht mehr über die Operationsstelle gelegt werden.

Zur Ruhigstellung der HWS legen die Autoren den Tieren für 10 Tage einen Robert-Jones-Halsverband an und halten sie für die ersten 4 Wochen unter Boxenruhe.

2.10.4.8 Stabilisation mit Steinmannnägeln und Polymethylmethacrylat

Bruecker et al. (1989) veröffentlichten eine Studie an 41 Hunden, die nach einer modifizierten Methode von Blass und Seim III (1984) für die Fixation von Wirbelfrakturen mit Steinmann Nägeln und PMM operiert wurden.

Die Patienten werden in Rückenlage mit nach kaudal gezogenen Vordergliedmaßen ausgebunden. Der Kopf wird dabei am Tisch fixiert, um eine intraoperative Rotation der HWS zu verhindern. Über den ventralen Zugang wird der betroffene Intervertebralspalt freigelegt und fenestriert. Die beiden angrenzenden Zwischenwirbelscheiben werden ebenfalls fenestriert und ein Gelpiretraktor möglichst weit dorsal (zum Rückenmarkskanal) eingesetzt. Sitzt der Retraktor zu weit ventral im Wirbelkörper, wird einseitig Zug ausgeübt, der eine Verengung im dorsalen Bereich verursacht (Bruecker et al., 1989). Ein hyperplastisches Ligamentum flavum kann so das Rückenmark weiter komprimieren, wobei die pathologische Stellung durch die Stabilisation fixiert würde. Bruecker et al. (1989) fräsen wie Ellison et al. (1988) einen partiellen Ventral Slot und distrahieren den Intervertebralspalt um etwa 2 bis 4 mm. Der Slot soll nicht größer als $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ der Wirbelkörperbreite sein und weniger als $\frac{1}{4}$ der Länge im kranialen und kaudalen Wirbel liegen. Nach dorsal wird die innere Kortikalis nicht durchbrochen, wobei Bruecker et al. (1989) die exakte Größe des Slot als nicht entscheidend ansehen, da dieser bei ihrer Technik nicht für die weitere Stabilität der HWS verantwortlich ist, sondern lediglich die Fusion der Wirbel beschleunigen soll. Danach werden jeweils zwei divergierende Steinmannnägeln in den kranialen und kaudalen Wirbelkörper durch beide Kortikales gebohrt, die von der Medianen ausgehend in einem Winkel von 30-35° zur Wirbeloberfläche geneigt sein sollen und ventral etwa 2,5 bis 3 cm überstehen. In die Enden werden Kerben eingefügt, die dem PMM besseren Halt geben sollen. In das vorgefräste Bett wird Spongiosa aus dem Tuberculum majus des Humerus eingelegt und anschließend das PMM um die Pinenden modelliert. Die entstehende Hitze bei der Polymerisation wird durch Kühlung mit isotonischer NaCl-Lösung abgeleitet. Danach wird die tiefe Faszie und das oberflächliche Weichteilgewebe adaptiert, während der M. longus colli seitlich des PMM verbleibt.

Postoperativ werden die Patienten für 2 bis 3 Tage unter strenger Boxenruhe gehalten und danach das Training über 6 bis 8 Wochen in kleinen Schritten langsam erhöht.

2.10.4.9 Screw and washer technique

McKee et al. (1990) beschreiben eine Operationstechnik, die sie bei 17 Hunden der Rasse Dobermann und 3 Dt. Doggen angewendet haben.

Die Patienten werden in Rückenlage fixiert und der kaudale Halsbereich um etwa 15 cm angehoben, um eine parallele Ausrichtung der kaudalen Intervertebralspalten zum Tisch zu erreichen. Über den ventralen Standardzugang zur HWS werden der Anulus fibrosus und Nucleus pulposus entfernt. Der Intervertebralspalt wird durch einen Distraktor erweitert und mit zwei „Unterlegscheiben“, die aus einer 4,5er DCP-Platte gefertigt werden, in dieser Lage gehalten. Eine Schraube mit Teilgewinde wird vom kranialen Wirbelkörper durch die „Unterlegscheiben“ („washer“) in den kaudalen Wirbelkörper eingedreht. Bandscheiben mit Anzeichen von Kalzifikation werden fenestriert, aber nicht stabilisiert. Danach erfolgt ein routinemäßiger Wundverschluss.

2.10.4.10 Stabilisation mit Polymethylmethacrylat

Dixon et al. (1996) veröffentlichten die Ergebnisse einer Operationsmethode, die sie bei 22 Hunden mit zervikaler Spondylomyelopathie angewandt haben. Sie erhalten die Distraction der HWS ohne Schrauben oder Pins, wodurch das Risiko iatrogenen Schäden minimiert werden soll.

Da die Beseitigung der Kompression bei dieser Methode allein durch Dehnung hypertrophierter Bandstrukturen erreicht wird, ist die ausreichende Distraction des Intervertebralspaltens entscheidend. Die Tiere werden in Rückenlage ausgebunden. Über den Standardzugang zur ventralen HWS wird die Bandscheibe des betroffenen Intervertebralspaltens fenestriert. Die Distraction wird durch Einsetzen eines Gelpiretraktors in je ein in die Wirbelkörpermitte gefrästes Loch erhalten. Der Nucleus pulposus sowie der laterale und dorsale Anulus fibrosus werden soweit wie möglich entfernt. Dorsal sollten 3 bis 5 mm

des Anulus und der Wirbelkörperendplatten erhalten bleiben. Danach wird zusätzlich ein Laminektomiespreizer („baby inge bone spreader“) zwischen den Endplatten angebracht und soweit gespannt, bis maximale Distraction erreicht ist, oder das Aufkippen („Tipping“) eines der beiden Wirbel erkennbar wird. Dadurch kann der Gelpiretraktor in der Regel um 1 bis 2 weitere Rasterstellungen weiter geöffnet werden und der Laminektomiespreizer wird wieder entfernt.

Alternativ zu dieser Methode kann der ventrale Anulus fibrosus kranial und kaudal des betroffenen Intervertebralspalt fenestriert und in die Endplatten kleine Löcher gefräst werden, um die Haken eines „Scoville-Haverfield-Retraktors“ einzusetzen. Anschließend wird der betroffene Zwischenwirbelspalt so lange distrahiert, bis eine beginnende Dorsorotation der Wirbel eintritt. Wegen der Kräfte, die mit diesem Retraktor erzielt werden können, muss darauf geachtet werden, dass der Intervertebralspalt nicht überdehnt wird. Die erwünschte Distraction beträgt nach Dixon et al. (1996) 4 bis 5 mm. Zusätzlich wurden in einigen Fällen zwei bis drei 2 mm-Löcher in den ventralen Kortex nahe dem Intervertebralspalt gebohrt, um das Einwachsen von Gefäßen und damit die erwünschte Fusion der beiden betroffenen Wirbel zu beschleunigen.

In die kaudale Endplatte des kranialen und die kraniale Endplatte des kaudalen Wirbelkörpers wird mit einem Bohrer mit Winkelaufsatz ein Loch gefräst, um eine Verankerung für das PMM zu schaffen. Da die kaudale Endplatte des kranialen Wirbels meist nicht oder nicht ausreichend einsehbar ist, muss hier „blind“ gebohrt werden, was zu einem kleineren und flacheren Loch führen kann (Dixon et al., 1996). Nach Überprüfung des korrekten Sitzes und der optimalen Distraction wird das PMM angerührt, mit 1 Gramm Cephalothin gemischt und in halbfestem Zustand in eine Spritze mit aufgesetztem Katheter gefüllt. Es wird in den vorbereiteten Zwischenwirbelspalt eingebracht, bis die ventrale Grenze der beiden Wirbelkörper erreicht ist. Durch manuelles Modellieren soll die vollständige Füllung garantiert werden. Die bei der Aushärtung entstehende Wärme wird mit isotonischer NaCl-Lösung abgeleitet.

Der Retraktor wird entfernt und Spongiosa aus dem Tuberculum majus des Humerus auf die ventrale Wirbelfläche beider angrenzender Wirbel anmodelliert. Falls die Anuli fibrosi fenestriert wurden, werden diese ebenfalls bedeckt.

Anschließend wird der M. longus colli der rechten und linken Seite adaptiert, um das Knochenautotransplantat in seiner Lage zu fixieren. Der Wundverschluss erfolgt in üblicher Weise.

Postoperativ erhielten einige Tiere einen Halsverband, der durch Fieberglass unterstützt wird.

2.10.4.11 Partieller Ventral Slot und Stabilisation durch Schrauben

Queen et al. (1998) stellen eine neue Technik zur Stabilisation der Wirbelsäule bei zervikaler Spondylomyelopathie des Dobermanns vor.

McKee et al. (1989) vermuten auf Grund einer retrospektiven Betrachtung der Ergebnisse eigener Patienten, dass die postoperative Stabilität zur Atrophie der hypertrophen Weichteile führt. Queen et al. (1998) führen deshalb nur die Fixation ohne Distraction durch. Diese Technik wird vor allem bei Patienten mit geringen neurologischen Ausfällen angewandt, bei denen statt akuter Dekompression die Verbesserung des Zustandes auf lange Sicht beabsichtigt ist.

Zur Operation werden die Hunde in üblicher Weise auf dem Rücken ausgebunden. Über den ventralen Standardzugang zur kaudalen HWS wird der Anulus fibrosus des 6. und 7. Halswirbels fenestriert und ein partieller Ventral Slot über etwa $\frac{1}{3}$ der Wirbelkörperlänge nach kranial und kaudal und $\frac{1}{3}$ der Wirbelkörperbreite gefräst. Nach dorsal sollen etwa 50% des Wirbelkörpers entfernt werden. Sobald das Bett für das Spongiosatransplantat vorbereitet ist, werden zwei 2,7 mm Kortikalisschrauben in paralleler Ausrichtung jeweils lateral des Slot von kranio-ventral nach kaudo-dorsal in die Wirbelkörper eingeschraubt. Die Schraubenlänge wird anhand der präoperativen Röntgenbilder ausgemessen und betrug in den beschriebenen Fällen zwischen 24 und 28 mm. Aus dem Humerus wird Spongiosa gewonnen und in sowie um das gefräste Loch in den beiden Wirbeln anmodelliert. Danach erfolgt der übliche Wundverschluss.

2.10.5 Therapieergebnisse bei zervikaler Diskopathie anderer Rassen

Fitch et al. (2000) veröffentlichten die Ergebnisse über die chirurgische Behandlung von Bandscheibenerkrankungen nach Hansen Typ 1 und 2 der kau-

dalen HWS mit 112 Hunden kleiner Rassen (weniger als 17,5 kg KM). 32,7% der betroffenen Tiere (n=37) waren Dackel, 14,2% Mischlinge (n=16), 8,8% Pekinesen (n=10), 8,0% Pudeln (n=9), 6,2% Cocker Spaniels (n=7) und 5,3% Yorkshire Terrier (n=6). 27 Patienten (24,8%) waren Hunde anderer Rassen, wobei weniger als 3 Hunde pro Gruppe vertreten waren. Bei 57% (n=48) der Patienten trat die Diskopathie kaudal von C4 auf, wobei 19% (n=16) zwischen C4/5, 21% (n=18) zwischen C5/6 und 17% (n=14) zwischen C6/7 entstanden, während der Rest (43%, n=37) auf die kranial gelegenen Intervertebralspalten entfiel. Die Autoren berichten bei keinem dieser Tiere über auffällige Wirbelkörperformen. Bei Hunden mit Wobbler-Syndrom ist bekannt, dass bereits präoperativ bestehende, in der Myelographie kaum sichtbare, weitere Läsionen nach Stabilisation der klinisch bedeutsamen Veränderung den sogenannten „Dominoeffekt“ verursachen können (Bruecker et al., 1989; Wilson, 1994). Fitch et al. (2000) konnten bei ihren Patienten diese Art der Bandscheibenschädigung nicht beobachten. Ebenso waren Schäden der Disci intervertebrales an der kaudalen HWS radiologisch weniger offensichtlich, als an der kranialen HWS. Klinische Symptomatik und röntgenologische Diagnostik korrelierten in der Schwere der Ausfälle an der hinteren HWS weniger als kranial.

Bei Auswertung der Ergebnisse von 112 Hunden fanden Fitch et al. (2000), dass Patienten mit Läsionen kranial von C4 durch Ventral Slot-Operation mit sehr gutem Ergebnis behandelt werden konnten, während kaudal von C4 der Erfolg deutlich schlechter war. Dekompression und Distraction mit Stabilisation zeigte bei Hunden mit kaudaler zervikaler Diskopathie signifikant bessere Ergebnisse. Bei 5 Hunden entstand nach Ventral Slot-Operation an der kaudalen HWS eine Subluxation zwischen dem betroffenen Wirbelpaar. Die Autoren vermuten daher, dass auch bei Hunden kleiner Rassen (weniger als 17,5 kg KM) an der hinteren Halswirbelsäule unterschiedliche biomechanische Verhältnisse im Vergleich zu den kranialen Zervikalwirbeln bestehen. Nach ihrem subjektiven Eindruck hatten die Wirbel zwischen C4 und C7 eine lockerere Verbindung, als die kranial gelegenen Halswirbel. Dies konnte jedoch nicht statistisch signifikant belegt werden, würde jedoch in Einklang mit entsprechenden Beobachtungen verschiedener Autoren beim Dobermann stehen (Bruecker et al., 1989; Lewis, 1991).

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Gerätebeschreibung

Alle Röntgenbilder wurden mit dem Hochfrequenzgenerator Selector MD Typ 125-80 der Firma Hofmann auf dem Arbeitstisch Televix 1600 mit Obertischröhre und Durchleuchtungsfunktion der Firma CfR angefertigt. Der Film-Fokus-Abstand betrug bei allen Aufnahmen 1,05 m. Es wurden SE-Folien (Kassettengröße 24/30: Lanex Fine; Kassettengröße 30/40: Lanex Medium) und der Filmtyp T-MAT Plus DG der Firma Kodak verwendet. Die Strahlendosis wurde dem Körpergewicht des Tieres angepasst.

3.1.2 Untersuchte Tiere

Für unsere Untersuchungen wurden Röntgenbilder der Halswirbelsäule von 280 Patienten ausgewertet, die zwischen 1980 und 2001 wegen verschiedener Erkrankungen an der Chirurgischen Veterinärklinik, Kleintierchirurgie, der Justus-Liebig-Universität vorgestellt wurden. Bei diesen Tieren handelt es sich um nicht selektierte Patienten. Das Auswahlkriterium zur Aufnahme in die Untersuchung war, dass die HWS der Hunde in narkotisiertem Zustand geröntgt worden war. Das Geschlecht, Alter oder die Erkrankung blieben ohne Einfluss.

97 Patienten waren weiblich, 181 männlich. Bei 2 Hunden war das Geschlecht in den Patientenunterlagen nicht vermerkt (Abb. 10).

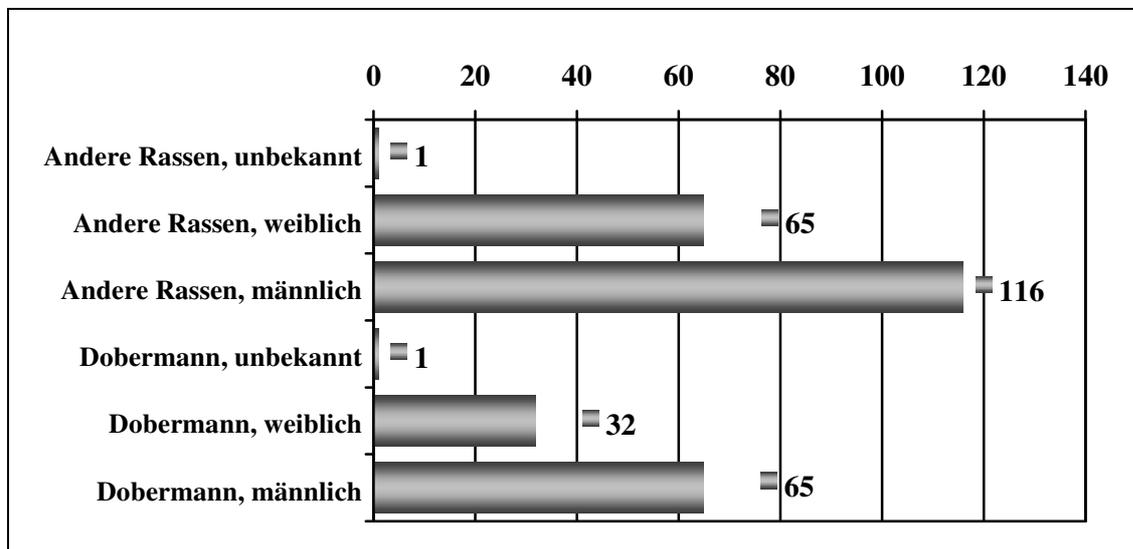


Abb. 10: Geschlechterverteilung der Hunde

71 Patienten zeigten Symptome eines HWS-Syndroms, darunter 19 Dobermänner und 52 Hunde anderer Rassen. 17 Patienten wurden wegen der klinischen Probleme an der Halswirbelsäule operiert, davon 6 Dobermänner und 11 Hunde anderer Rassen (Abb. 11).

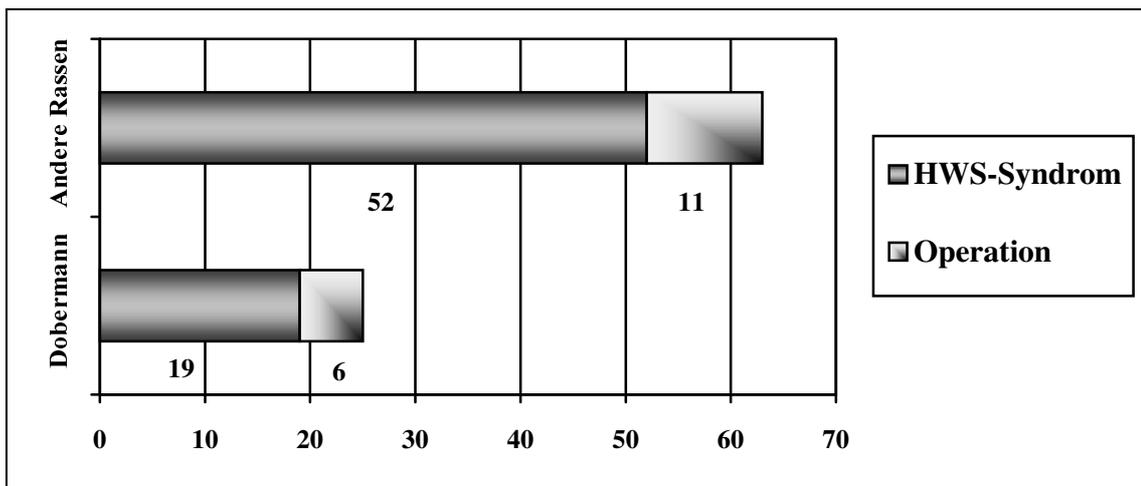


Abb. 11: Häufigkeit klinischer HWS-Symptomatik

3.1.3 Gruppeneinteilung

Die Tiere wurden in verschiedene Gruppen unterteilt. Die erste umfasst alle untersuchten Hunde der Rasse Dobermann (Gruppe 1), während in die zweite bis siebte Hunde anderer Rassen eingeteilt wurden (Gruppe 2-7). Die Unterteilung in Gruppe 2 bis 7 erfolgte nach vergleichbarer Körpermasse (Tabelle 2).

Gruppe	Rassen	n=280
1	Dobermann	98
2	Dt. Dogge	23
3	Bracke, Mittelschnauzer, Cocker, Beagle, Pudel,	26
3	Collie, Windhund, Bobtail, Austr. Shepard	
4	DSH, BSH, Hütehund, Riesenschnauzer	54
5	Dackel, Zwergschnauzer, JRT, Spitz, Shi-Tsu, Chihuahua	27
6	Stafford Terrier, Boxer, Rottweiler	18
7	Retriever, Münsterländer, Hovawart, Dalmatiner, Husky, Irish Setter, Picard	34

Tabelle 2: Rasseneinteilung in Gruppe 1 bis 7

3.1.4 Röntgenbildmaterial

Es wurden Röntgenbilder der HWS von 98 Hunden der Rasse Dobermann und 182 Hunden anderer Rassen ausgewertet. Dabei konnten in der Gruppe „Dobermann“ Röntgenaufnahmen von 34 Tieren bei normaler Lagerung und von 64 in zusätzlich überbeugter und überstreckter Position ausgewertet werden, während von anderen Rassen bei 64 Hunden normal gelagerte und bei 93 Patienten zusätzlich gehaltene Aufnahmen verwendet wurden.

37 Röntgenbilder der Halswirbelsäule von Hunden der Rasse Dobermann wurden dabei dem Archiv der Chirurgischen Veterinärklinik, Kleintierchirurgie, der Universität Gießen entnommen, davon 24 in normaler und 13 mit zusätzlich gehaltener Lagerung. Weiterhin wurden Röntgenaufnahmen der HWS von 50 Patienten anderer Rassen aus dem Archiv ausgewertet, davon 37 in normaler und 13 zusätzlich in gehaltener Lagerung.

3.1.5 Röntgenuntersuchungen

3.1.5.1 Anästhesie

Die Patienten wurden vor Anfertigung der Röntgenbilder anästhesiert. Dabei richtete sich die Medikamentenauswahl nach dem Grund der Narkose.

Folgende Narkosemittelkombinationen wurden zwischen 1998 und 2001 angewandt:

1: Prämedikation:

Diazepam¹ (0,5-1 mg/kg KM) und Atropinhydrochlorid² (0,05 mg/kg KM) iv

Einleitung:

Ketaminhydrochlorid³ (3mg/kg KM)/ Xylazinhydrochlorid⁴ (0,3mg/kg KM) iv

Erhaltung:

Ketaminhydrochlorid³ (3mg/kg KM)/ Xylazinhydrochlorid⁴ (0,3mg/kg KM) iv

oder Isofluran⁵ in Sauerstoff 1-2 %ig

2: Einleitung:

Diazepam¹ (0,5-1 mg/kg KM) und Levomethadon⁶ (0,3-0,5 mg/kg KM) iv

in Kombination mit Propofol⁷ (4 mg/kg KM nach Wirkung) iv

Erhaltung:

Isofluran⁵ in Sauerstoff 1-2 %ig

1: Diazepam ratiopharm[®], 10%ige Injektionslösung, Rapinonet GmbH, Ulm

2: Atropinsulfatlösung[®], 0,5mg/ml, Fresenius, Bad Homburg

3: Ketamin[®], 10%ige Injektionslösung, Medistar, Holzwickede

4: Xylazin[®], 2%ige Injektionslösung, Medistar, Holzwickede

5: IsoFlo[®], Essex GmbH, München

6: L-Polamivet[®], Intervet, Unterschleißheim

7: Rapinonet[®], Essex, München

Im Falle einer Intubation wurden Tuben mit zusätzlicher seitlicher Öffnung verwendet, die sich durch Anlegen der abgeschrägten Spitze an die Trachealwand während der gehaltenen Aufnahmen nicht vollständig verschließen können.

3.1.5.2 Standardaufnahmen der Halswirbelsäule

Ein Ziel der Untersuchungen lag darin, mögliche anatomische Unterschiede von Halswirbeln der Rasse Dobermann im Vergleich mit anderen Rassen zu erkennen, die für das Entstehen des Wobbler-Syndroms Bedeutung haben könnten.

Die Hunde werden für die Anfertigung der Röntgenaufnahmen auf der Seite gelagert. Die röntgenologische Darstellung der Halswirbelsäule erfolgt durch zwei unterschiedlich zentrierte latero-laterale und eine ventro-dorsale Projektion. Bei mittelgroßen und großen Hunden wird der distale Halsanteil mit einem Schaumstoffkeil unterlagert, um das Absenken im unteren und mittleren Bereich zu vermeiden. Durch leichten Zug am Kopf wird die Halswirbelsäule parallel zur Röntgenkassette ausgerichtet. Bei kleinen Patienten genügt geringer Zug zur orthograden Ausrichtung. Um Überlagerungen der kaudalen Halswirbelsäule mit den Vordergliedmaßen zu vermeiden, werden diese mit mäßiger Kraft nach kaudal gezogen, bis die Skapula möglichst weit aus dem eingeblendeten Bereich der hinteren Halswirbelsäule herausgelagert ist.

Der Zentralstrahl wird bei der ersten Aufnahme auf den zweiten und dritten und bei der zweiten auf den fünften und sechsten Halswirbel gerichtet. Bei paralleler Lagerung überdecken sich jeweils die Prozessus transversi des Atlas und die des sechsten Halswirbels. Die Intervertebralspalten im zu beurteilenden Bereich müssen überlagerungsfrei dargestellt sein. Die dritte Aufnahme wird in Rückenlage mit nach kranial gestrecktem Kopf angefertigt. Der Zentralstrahl wird auf den vierten und fünften Halswirbel gerichtet und die korrekte Lagerung durch die mediane Abbildung der Prozessus spinosi im Wirbelkanal überprüft.

3.1.5.3 Gehaltene Aufnahmen der Halswirbelsäule

Beim Dobermann treten bei 75 bis 84% der Patienten mit Wobbler-Syndrom Bandscheibenschäden an der kaudalen Halswirbelsäule auf (Seim III und Withrow, 1982; Lewis, 1989). Es ist nicht geklärt, ob hierfür primär degenerative Umbauprozesse im Nucleus pulposus oder Anulus fibrosus, oder sekundäre Veränderungen nach chronischer Überlastung durch Instabilität verantwortlich sind (Seim III, 1997). Nach der Untersuchung von Lewis (1991) kann bei diesen Patienten vermehrte Beweglichkeit der distalen Halswirbel zueinander festgestellt werden. Ziel der gehaltenen Aufnahmen in dorsaler Überstreckung und ventraler Überbeugung ist es, beim Dobermann die normale Winkelung der Halswirbel zueinander und die maximale ventro-dorsale Beweglichkeit der Halswirbelsäule im Vergleich zu anderen Rassen zu überprüfen.

Für die dorsal überstreckte Lagerung wird der Hund mit dem Beckenbereich möglichst Untersucher fern gelagert, so dass die Brust-Lendenwirbelsäule einen Winkel von etwa 50° zur Längsachse des Röntgentisches bildet. Bei mittelgroßen und großen Hunden wird das Durchhängen der Halsmitte durch Unterlagerung mit einem Schaumstoffkeil verhindert. Die Vorderbeine werden von einem Helfer nach kaudal gezogen, um eine überlagerungsfreie Darstellung der unteren Zervikalwirbel zu erreichen. Der Kopf-Halsbereich wird nun nach dorsal überstreckt, bis ein mäßiger bis deutlicher Widerstand zu spüren ist. Dabei ist auf parallele Lagerung zur Röntgenplatte zu achten (Abb. 12).



Abb. 12:

Lagerungstechnik bei dorsaler Überstreckung der Halswirbelsäule. Keil zur Unterlagerung der HWS (a)

Zur ventral überbeugten Lagerung wird das untere Vorderbein unter den Körper, das obere über die Lendenwirbelsäule gezogen und von einer Hilfsperson gehalten. Bei mittelgroßen und großen Hunden wird der untere Halsbereich mit einem Schaumstoffkeil unterlagert und der Patient so eingerollt, dass das Becken und der Kopf einen zum Untersucher hin offenen Kreis bilden. Dabei wird der Kopf am Oberkiefer fixiert und möglichst weit über das Sternum nach kaudal zwischen die Vorderbeine gezogen (Abb. 13). Bei dieser Lagerung wird darauf geachtet, dass nicht nur die einfach zu beugende kraniale Halswirbelsäule, sondern auch der kaudale Anteil mit ausreichend kaudo-ventralem Zug gebeugt wird. Durch entsprechende Manipulation muss verhindert werden, dass die HWS seitlich über das Sternum weggleitet und aus der plattenparallelen Lagerung gelangt. Unter Durchleuchtung wird die weitgehende Deckung der Processus transversi des sechsten Halswirbels und die überlagerungsfreie Darstellung der Intervertebralspalten kontrolliert.



Abb. 13: Lagerungstechnik bei ventraler Überbeugung der Halswirbelsäule. Keil zur Unterlagerung der HWS (a). Die Vordergliedmaßen werden nach kaudal herausgezogen

3.1.6 Auswertung

Um anatomische Unterschiede zwischen Hunden der Rasse Dobermann und anderen Rassen festzustellen zu können, wurden durch die Auswertung der Standardröntgenbilder Parameter ermittelt, die eine statische Kompression des Rückenmarks bewirken können. Dynamische Eigenschaften hinsichtlich der Beweglichkeit der Halswirbel wurden an gehaltenen Röntgenaufnahmen untersucht.

3.1.6.1 Die dorso-ventrale Wirbelkörperhöhe

Alle dynamischen und die meisten statischen Verengungen des Wirbelkanals bewirken eine Kompression des Myelons bei Bewegungen des Halses. Die

Hauptstabilität der Wirbelsäule wird durch Bandscheiben und die angrenzenden Wirbelkörperendplatten gewährleistet (Macy et al., 1999). Veränderungen der Endplattenform können dazu führen, dass sie ihre Abstützfunktion nicht ausreichend erfüllen und die Bandscheiben sekundär geschädigt werden. Zur Beurteilung der Endplatten ist die strenge latero-laterale Projektion geeignet.

Der dorso-ventrale Durchmesser der Wirbelkörper wurde von der kaudalen Endplatte des zweiten Hals- bis zur kaudalen Endplatte des ersten Brustwirbels gemessen. Als Messpunkte gelten der kraniale Endpunkt des Spinalkanals und der ventrale Übergang von Endplatte zur Ventralseite des Wirbelkörpers, sowie das kaudale Ende des Wirbelkanals und der ventrale Umschlagpunkt der Endplatte in den ventralen Wirbelkörper (Abb. 14).

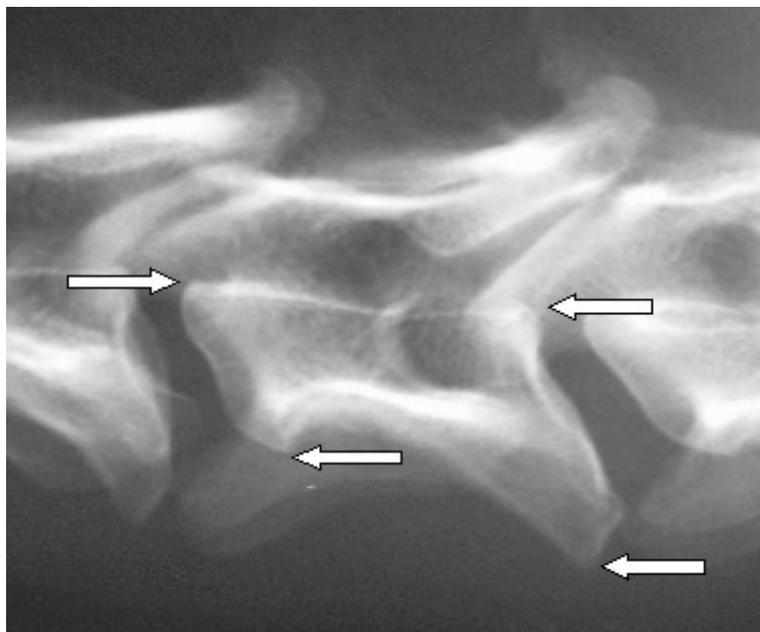


Abb. 14:
HWS, latero-lateraler Strahlengang. Messpunkte der dorso-ventralen Wirbelkörperhöhe (Pfeile)

Da sich die beurteilten Rassen deutlich in der Größe unterscheiden, wurden aus den gemessenen Parametern Quotienten gebildet, um sie miteinander vergleichen zu können.

Die Länge der kranialen Endplatten des dritten Hals- bis ersten Brustwirbels wurden miteinander verglichen, indem die des kranialen Wirbels durch die des jeweils kaudalen geteilt wurde. Das Verhältnis der kaudalen Endplatten zueinander wurde entsprechend dem der kranialen errechnet.

Um das Verhältnis der kranialen zur jeweils kaudalen Endplatte zu bestimmen, wurde die Länge der kranialen Endplatte durch die der kaudalen dividiert. Je kleiner der Wert ist, desto kürzer stellt sich die kraniale Endplatte im Vergleich zur kaudalen dar. Dabei können beide Varianten pathologisch verändert sein, indem ein großer Wert eine übermäßig lange, nach kaudo-ventral abfallende kraniale Endplatte beschreibt, oder ein kleiner Wert aus einer übermäßig langen, degenerativ veränderten kaudalen Endplatte resultiert.

Ein physiologisches Verhältnis der einen Intervertebralspalt begrenzenden Endplatten gewährleistet der Bandscheibe eine ausreichende Abstützfunktion und wird durch das Verhältnis zwischen der kaudalen zur nachfolgenden kranialen Endplatte beschrieben. Es ist anzunehmen, dass die Bandscheibe bei einer großen Differenz der beiden Begrenzungsstrukturen unphysiologisch belastet wird und damit frühzeitig Anzeichen von Degeneration zeigt. Um diesen Zusammenhang zu untersuchen, wurde die kaudale Endplattenlänge durch die kraniale des nachfolgenden Wirbels geteilt.

3.1.6.2 Die dorso-ventrale Wirbelkanalhöhe

Bei der Dt. Dogge wurde die kraniale Wirbelkanalstenose als eine Ursache des Wobbler-Syndroms beschrieben (Olsson et al., 1982). Dabei ist das Orificium craniale im Vergleich zum Orificium caudale deutlich enger angelegt und führt bei Bewegung dazu, dass das Rückenmark bei Beugung oder Streckung des Halses nicht ausreichend ausweichen kann und geschädigt wird. Für den Dobermann ist eine entsprechende Ursache in der Literatur nicht erwähnt.

Die Wirbelkanalhöhe wurde vom kaudalen Ende des zweiten Hals- bis zum kaudalen Ende des ersten Brustwirbels bestimmt. Als Messpunkte des dorso-ventralen Wirbelkanaldurchmessers wurden das kraniale Ende des Wirbeldaches und der ermittelte Punkt am Wirbelkanalboden, der im rechten Winkel zum Boden unter dem Ende des Daches steht, festgelegt. Die kaudalen Punkte wurden durch den Schnittpunkt vom kaudalen Ende des Spinalkanals mit einer zu diesem Punkt senkrechten Linie auf das Wirbeldach festgelegt (Abb. 15).

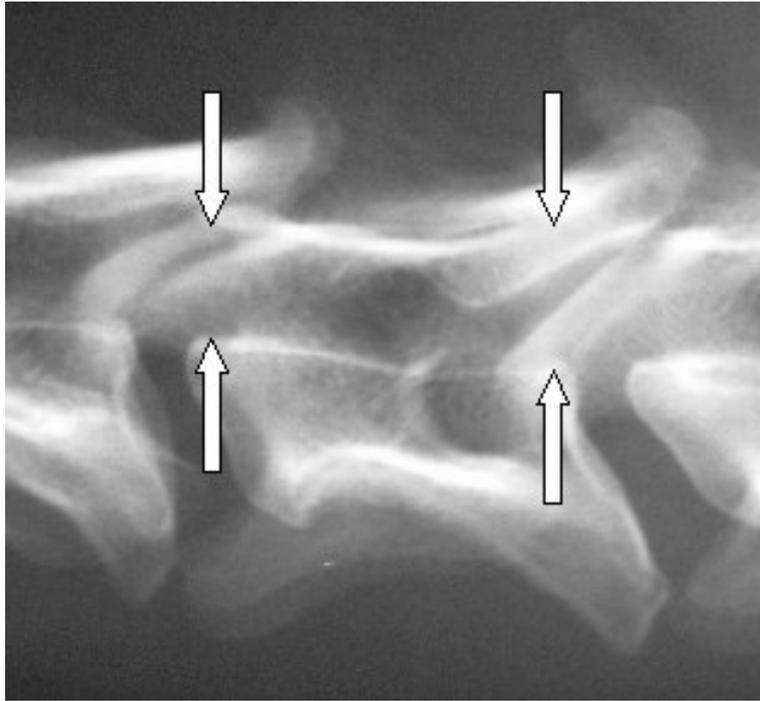


Abb. 15:
HWS, latero-lateraler Strahlengang. Messpunkte der dorso-ventralen Spinalkanalhöhe (Pfeile)

An Hand der ausgemessenen Daten wurde das Verhältnis zwischen kranialem Wirbelkanaleingang und kaudalem -ausgang für den Dobermann ermittelt und mit anderen Rassen verglichen, indem der kranial gemessene Wert durch den kaudalen geteilt wurde.

Durch das Verhältnis zwischen kaudalem Ausgang und kranialem Eingang des Wirbelkanals wird ebenfalls eine wichtige pathophysiologische Beziehung zwischen den Wirbeln beschrieben, die zu der erwähnten dorso-ventralen Kompression führt. Um dieses Verhältnis zu errechnen, wurde die kaudale durch die kraniale Spinalkanalhöhe des folgenden Wirbels geteilt.

3.1.6.3 Die latero-laterale Wirbelkanalbreite

Fehlbildungen des Arcus vertebralis oder der Processus articulares können eine seitliche Myelonkompression bewirken. Asymmetrie kann röntgenologisch erkannt werden, wenn der Ursprung des Arcus vertebralis am Wirbelkörper nach medial verlagert ist, oder die Gelenkfortsätze deutlich ins Wirbelkanallumen hineinragen.

Die Wirbelkanalbreite wurde vom zweiten Hals- bis ersten Brustwirbel auf dorso-ventralen Röntgenbildern kranial am Beginn und kaudal am Ende des parallelen inneren Kortikalisverlaufs gemessen (Abb. 16).

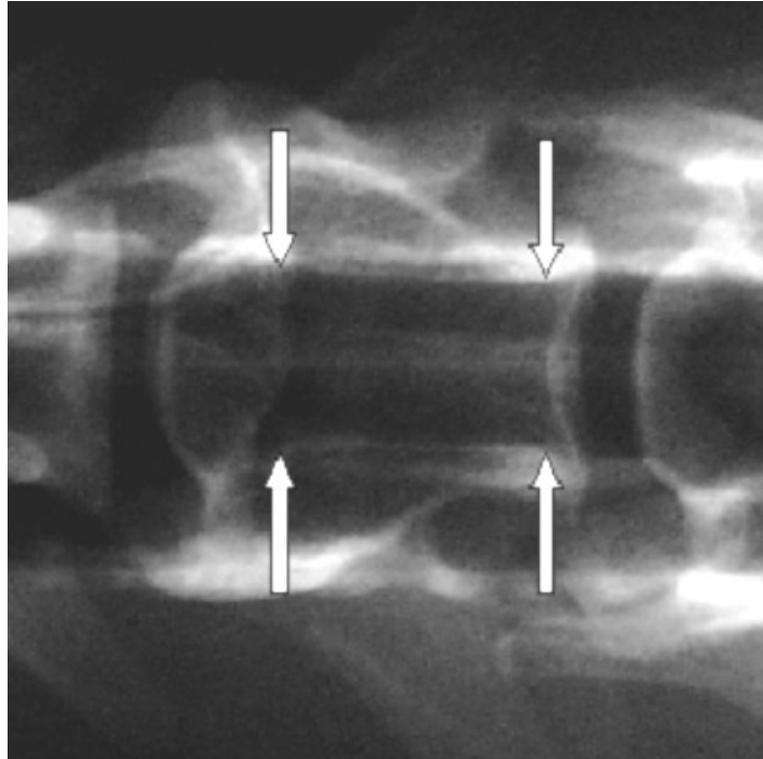


Abb. 16:
HWS, ventro-dorsaler Strahlengang. Messpunkte der latero-lateralen Spinalkanalbreite (Pfeile)

Die pathologische Verengung der Spinalkanalbreite innerhalb eines Wirbels, wie sie bei Fehlbildungen auftritt, wurde durch das Verhältnis der Breite des kranialen zum kaudalen Orifizium untersucht.

Da Einengungen zwischen kaudaler und kranialer Wirbelkanalbreite des nachfolgenden Wirbels klinisch relevant sein können, wurden diese durch den Quotienten der kaudalen durch die kraniale Spinalkanalöffnung ins Verhältnis gesetzt.

3.1.6.4 Die Wirbelkörperlänge

Die Länge der Wirbelkörper wurde dorsal und ventral vom dritten Hals- bis zum ersten Brustwirbel gemessen. Als Messpunkte dienten der dorsale kraniale und

kaudale Eckpunkt des Spinalkanals sowie der ventrale kraniale und kaudale Übergang zwischen der Endplatte und dem ventralen Wirbelkörper.

Die durchschnittliche Längenveränderung jedes Wirbelkörpers wurde durch die Bildung des Quotienten der dorsalen durch die ventrale Länge ermittelt. Die Änderung des Quotienten kann sowohl eine Verkürzung, als auch Verlängerung einer Größe als Ursache haben. So führt die Verkürzung der ventralen bei gleichbleibender dorsaler Wirbelkörperlänge, wie auch die Verlängerung der dorsalen bei gleichbleibender ventralen Länge zur Zunahme des Quotienten. Die Folge davon kann sein, dass sich der durchschnittliche Wert erhöht, obwohl sich der Wirbelkörper verkürzt.

Deshalb wurde zusätzlich die dorsale sowie ventrale Längenveränderung in Bezug zum kaudal folgenden Wirbelkörper gesetzt, indem die Länge des kranialen Wirbels durch die des kaudal folgenden geteilt wurde. Werte größer als eins beschreiben eine Verkürzung der dorsalen oder ventralen Länge des kaudalen Wirbels gegenüber dem kranialen, während Werte kleiner als eins bei einem entsprechend längeren Messwert des kaudalen Wirbels entstehen. Der errechnete Quotient entspricht dem Faktor, der den Längenunterschied zwischen beiden Variablen beschreibt.

3.1.6.5 Gehaltene Aufnahmen der Halswirbelsäule

Das Wobbler-Syndrom beim Dobermann ist unter anderem durch Instabilität charakterisiert (DeLahunta, 1971; Gage und Hall, 1972; Dueland et al., 1973; Gage und Hoerlein, 1973; Parker et al., 1973; Hurov, 1979; Mason, 1979). Anhand gehaltener Aufnahmen wurde in dieser Untersuchung versucht, Normwerte der nach ventral und dorsal gerichteten Biegefähigkeit und der dynamischen Beugungsänderung zu ermitteln. Die Biegefähigkeit wurde als der Winkel zwischen zwei aneinander grenzenden Wirbeln festgelegt.

Die Winkel zwischen dem dritten und vierten bis zum siebten Hals- und ersten Brustwirbel wurden bei überstreckter Lagerung bestimmt. Dazu wurde eine Folie auf die Röntgenbilder aufgeklebt und eine Linie vom kranialen zum kaudalen dorsalen Eckpunkt des Wirbelkanalbodens jedes gemessenen Wirbels gezogen, die nach kranial und kaudal verlängert wurde. Der spitze Winkel α zwischen den

sich schneidenden Linien wird durch Anlegen eines Winkelmessers bestimmt. Der ventrale Winkel β zwischen den beiden Linien muss größer als 180° sein. Ist β kleiner als 180° , erhält α einen negativen Wert.

In entsprechender Weise wurden die Winkel in überbeugter Lagerung ausgemessen. Dabei muss β kleiner als 180° sein, damit α einen positiven Wert erhält. Ist β größer als 180° , so ist der Wert von α negativ.

Durch Subtraktion jeweils zweier aufeinanderfolgender Winkelungen wurde untersucht, ob sich bei dorsaler Überstreckung oder ventraler Beugung des Halses Winkel ergeben, die auf Instabilität schließen lassen. Die errechneten Werte wurden als Winkeländerung definiert. Es wurde jeweils der kaudale vom kranialen Winkel subtrahiert. Dadurch ergaben sich für die Halswirbelsäule bei jedem Tier 4 Differenzwerte, sofern ein vollständiger Datensatz vorlag. Um die Zahlen für die Rasse Dobermann beurteilen zu können, wurden sie mit der Winkeländerung anderer Rassen verglichen.

Für jedes Wirbelpaar wurden die Winkel α und β bei dorsaler Überstreckung und ventraler Überbeugung addiert. Der errechnete Wert wurde als Beweglichkeit eines Wirbelpaares definiert. Die Beweglichkeit der Halswirbelsäule beschreibt die dynamische Fähigkeit zur Bewegung durch kombinierte Betrachtung der maximalen dorsalen und ventralen Biegefähigkeit. Entsprechend dieser Definition steht ein größerer Wert für größere Beweglichkeit.

3.1.7 Vergleich von klinisch unauffälligen mit Wobbler-Patienten der Rasse Dobermann

Die anatomischen und dynamischen Verhältnisse klinisch unauffälliger Hunde der Rasse Dobermann wurden mit Patienten der gleichen Rasse verglichen, die klinisch-neurologische und röntgenologische Symptome des Wobbler-Syndroms zeigten. Dabei ist speziell der arithmetische Mittelwert x und die Standardabweichung s von Bedeutung. Es wurden die gleichen Parameter ausgewertet, die beim Vergleich der Gruppe Dobermann und der Gruppen 2 bis 7 untersucht wurden.

Gruppe 1 umfasst die erkrankten, Gruppe 2 die klinisch unauffälligen Hunde der Rasse Dobermann. In Gruppe 3 wurde ein Patient eingeteilt, bei dem keine klinischen Untersuchungsbefunde vorlagen (Patienten-ID-Nummer 67). Dieser ist in der Auswertung nicht berücksichtigt.

3.1.8 Verifizierung der gemessenen Daten

Zur Überprüfung der gemessenen Daten wurde von 15 Hunden, die wegen nicht wirbelsäulenassoziierter Erkrankungen euthanasiert wurden, die Halswirbelsäule von C2 bis T1 präpariert und median aufgesägt (Abb. 17, 18). Diese Tiere wurden nicht in die Auswertung eingeschlossen.

Es wurde der dorso-ventrale Wirbelkörperdurchmesser, der dorso-ventrale Spinalkanaldurchmesser und die Wirbelkörperlänge am Röntgenbild und Sektionspräparat ausgemessen und die Korrelation durch den statistischen Vergleich nach Pearson verglichen. Die Spinalkanalbreite wurde auf Grund der notwendigen horizontalen Schnitfführung nicht überprüft.

Die ermittelten Daten der dorso-ventralen Wirbelkörperhöhe am Präparat und Röntgenbild zeigten eine sehr hohe Korrelation (median 0,988). Auch der Vergleich der Wirbelkörperlänge weist eine vergleichbar hohe Korrelation auf (median 0,995).

Beim Vergleich der Spinalkanalhöhe liegt der Korrelationswert von 0,602 meist unter dem statistischen Grenzwert. Dies ist durch etwa 25% fehlende Daten für die Wirbelkanalhöhe bei den präparierten Wirbelsäulen (27 von 110 Werten) zu erklären, die wegen deutlich paramedianer Schnitfführung nicht ausgemessen wurden. Aber auch bei den ausgewerteten Präparaten war in den meisten Fällen eine Abweichung von der Medianen festzustellen. Geringgradig paramediane Schnitfführung wirkt sich auf die Spinalkanalhöhe nur wenig aus, stärkere Abweichungen bewirken jedoch durch den konkaven Bau des Wirbeldachs bereits auf kurzer Distanz deutliche Unterschiede. Der Einfluss auf die Wirbelkörperlänge und -höhe ist hingegen gering.

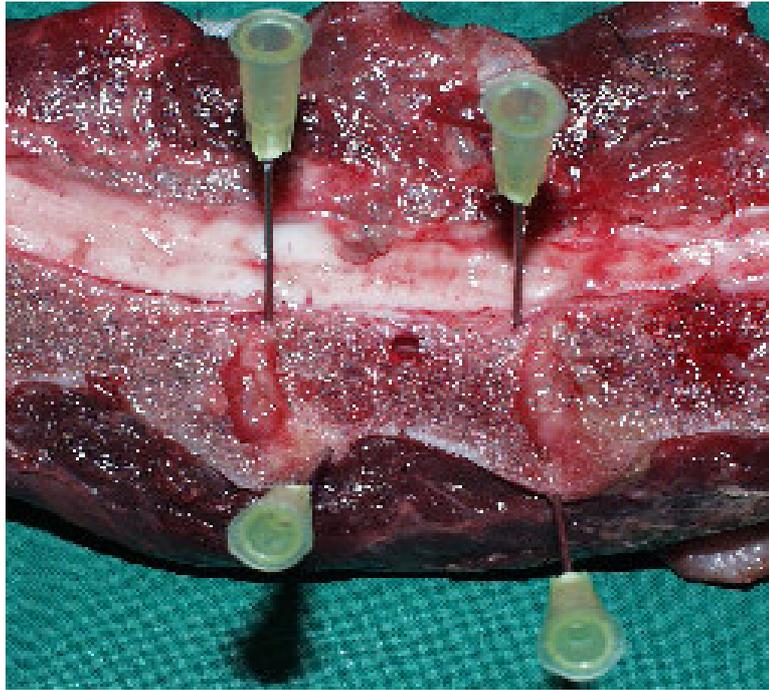


Abb. 17:
Sektionspräparat (HWS). Dorsale und ventrale Begrenzung der kranialen und kaudalen Endplatte (Kanülen). Die kraniale Endplatte ist im distalen Bereich nach kaudal abgeflacht

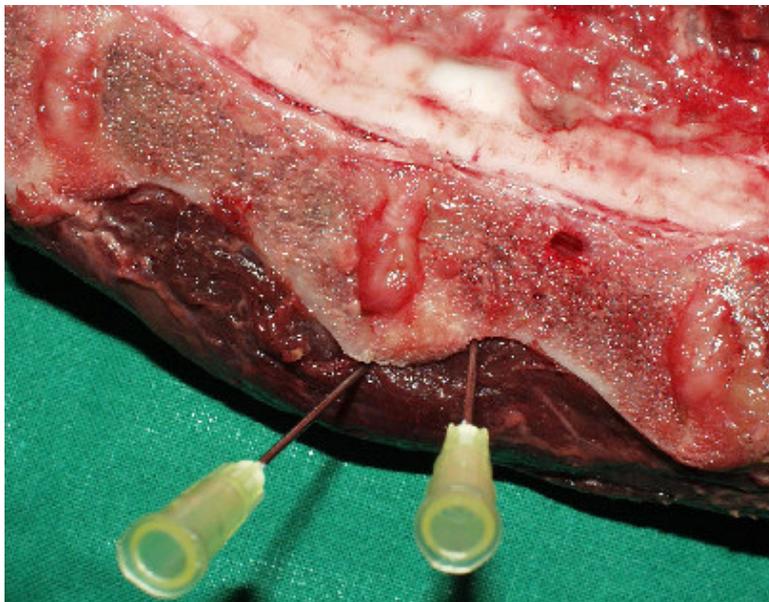


Abb. 18:
Wie Abb. 17. Ventrale Endpunkte der kranialen und kaudalen Endplatte. Der ventrale Anteil des Anulus fibrosus setzt an den markierten Punkten (Kanülen) an

3.1.9 Statistische Auswertung

Es wurden Parameter mit jeweils 108 bis 280 Tieren untersucht. Parameter mit kleineren Patientenzahlen wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

Die statistische Auswertung wurde in zwei Bereiche unterteilt. Zum einen wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse zum Vergleich aller Rassen untereinander in Bezug auf die einzelnen Parameter durchgeführt. Dabei wurde für jede Gruppe der Mittelwert \bar{x} , die Standardabweichung s , die Minimal- und Maximalwerte, sowie die statistische Signifikanz (p -Wert) errechnet.

Durch den Dunnett-Test („many-to-one-Vergleich“) wurde ein paarweiser Vergleich mit dem Dobermann angestellt.

Die Ergebnisse wurden in Exceldateien und Tabellen übertragen.

3.2 Ergebnisse der eigenen Untersuchungen

3.2.1 Die Wirbelkörperlänge

Es wurde untersucht, ob auffällige anatomische Längenunterschiede der Halswirbel zwischen Hunden der Gruppen 2 bis 6 und der Rasse Dobermann (Gruppe 1) bestehen.

3.2.1.1 Die dorsale Wirbelkörperlänge

Bei allen Gruppen nimmt das Verhältnis der dorsalen Halswirbelkörperlänge zwischen dem dritten und vierten, dem vierten und fünften und dem fünften und sechsten Wirbel nach kaudal zu. Dies beschreibt die zunehmende Verkürzung der dorsalen Länge der entsprechenden Wirbel nach kaudal.

Außer bei Gruppe 1 verringert sich ab dem fünften und sechsten Halswirbel das Verhältnis im Vergleich zum vorhergehenden Wirbelpaar (Tabelle 3). Alle Durchschnittswerte sind dabei größer als eins, so dass bei Gruppe 2 bis 7 die dorsale Länge des kaudalen Wirbelkörpers immer kürzer als die des kranialen ist.

Gruppe 1	C3-4		C4-5		C5-6	<	C6-7		C7-T1
Gruppe 2	C3-4		C4-5		C5-6		C6-7		C7-T1
Gruppe 3	C3-4		C4-5		C5-6		C6-7		C7-T1
Gruppe 4	C3-4	<	C4-5	<	C5-6	>	C6-7	>	C7-T1
Gruppe 5	C3-4		C4-5		C5-6		C6-7		C7-T1
Gruppe 6	C3-4		C4-5		C5-6		C6-7		C7-T1
Gruppe 7	C3-4		C4-5		C5-6		C6-7		C7-T1

Tabelle 3:

Verhältnis der dorsalen Wirbelkörperlänge des kranialen zum kaudal folgenden Halswirbel

Bei Gruppe 1 (Dobermann) ist das Verhältnis zwischen dem fünften und sechsten Halswirbel kleiner als zwischen dem sechsten und siebten. Damit nimmt das Verhältnis der dorsalen Länge zwischen C6 und C7 stärker ab als zwischen C5/6, was vor allem auf die im Vergleich zu anderen Rassen stärkere Verkürzung der dorsalen Länge des siebten Halswirbels beim Dobermann zurück zu führen ist.

Die Minimal- und Maximalwerte bei den untersuchten Gruppen weichen bei Gruppe 1 am deutlichsten auseinander (Abb. 19, 20 und 21). Diese Schwankungsbreite lässt in Verbindung mit einer relativ hohen Standardabweichung s einen Rückschluss auf eine hohe Varianz beim Dobermann zu (Abb.22).

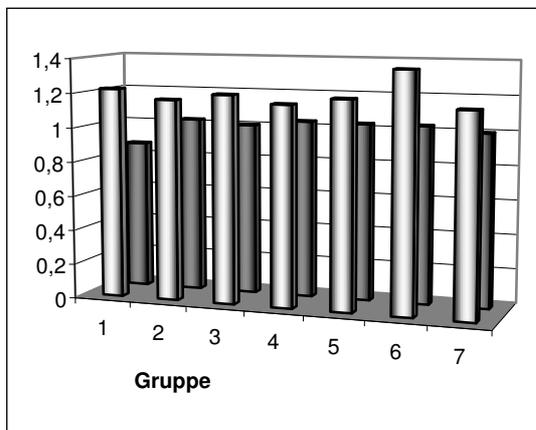


Abb. 19:
Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der dorsalen Wirbelkörperlänge von C4 zu C5

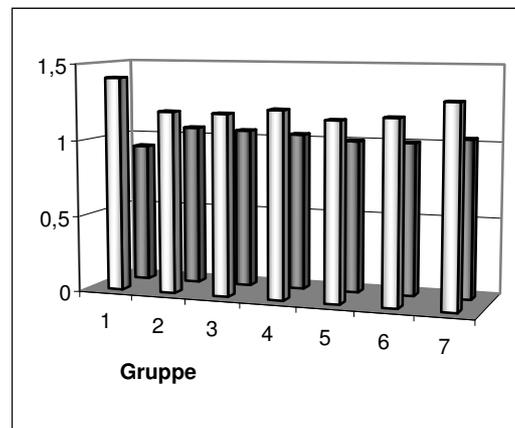
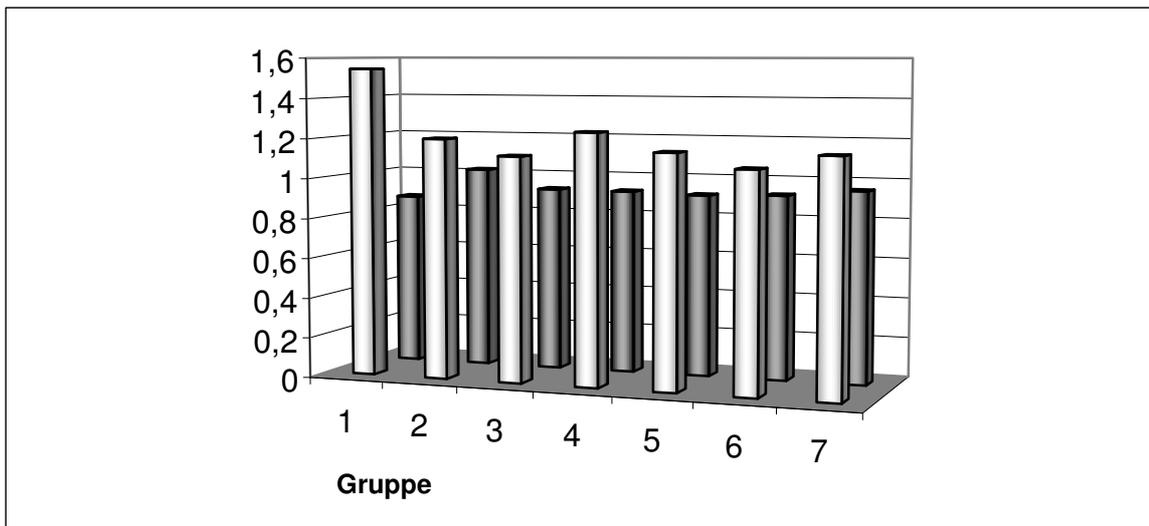
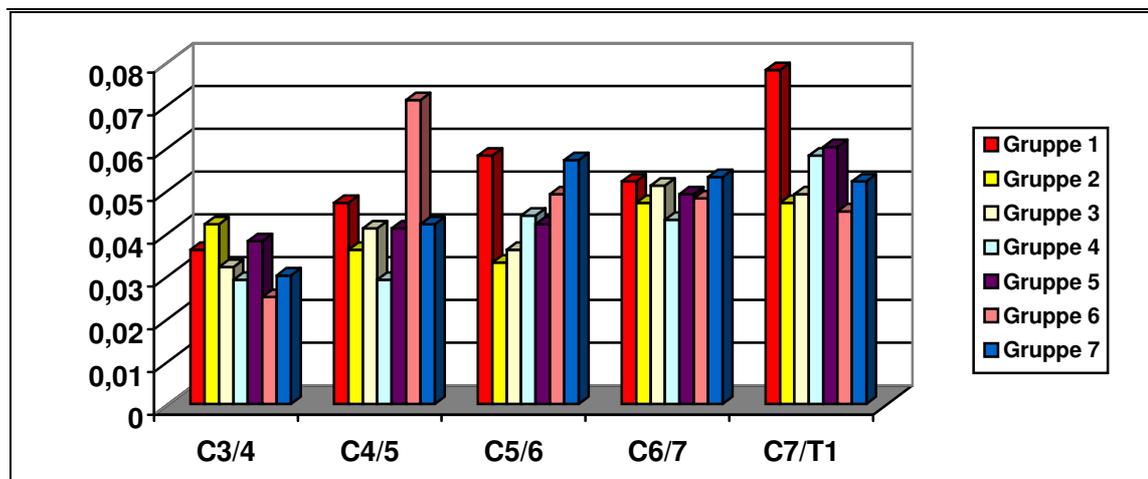


Abb. 20:
Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der dorsalen Wirbelkörperlänge von C5 zu C6

**Abb. 21:**

Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der dorsalen Wirbelkörperlänge von C7 zu T1

Die Signifikanz der allgemeinen Varianzanalyse (p-Wert) liegt an allen berechneten Wirbelkörpern unter $p=0,05$ (Tabelle 4).

**Abb. 22:**

Standardabweichung der dorsalen Wirbelkörperlänge

C3/4	C4/5	C5/6	C6/7	C7/T1
0,0060	0,0106	0,0013	0,0355	0,0018

Tabelle 4:

Signifikanz (p-Werte) der dorsalen Wirbelkörperlänge

3.2.1.2 Die ventrale Wirbelkörperlänge

Für die ventrale Halswirbelkörperlänge ergeben sich ähnliche Verhältnisse wie für die dorsale (Tabelle 5). Bei allen Gruppen nimmt das Verhältnis von C3/4 nach C5/6 zu. Damit verkürzt sich die ventrale Wirbelkörperlänge nach kaudal zunehmend.

Gruppe 1	C3/4		C4/5		C5/6	<	C6/7	>>	C7/T1
Gruppe 2	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7	>	C7/T1
Gruppe 3	C3/4		C4/5		C5/6	>	C6/7	>	C7/T1
Gruppe 4	C3/4	<	C4/5	<	C5/6		C6/7	>	C7/T1
Gruppe 5	C3/4		C4/5		C5/6	<	C6/7	>	C7/T1
Gruppe 6	C3/4		C4/5		C5/6	>	C6/7	>	C7/T1
Gruppe 7	C3/4		C4/5		C5/6	>	C6/7	>	C7/T1

Tabelle 5:
Verhältnis der ventralen Wirbelkörperlänge des kranialen zum kaudal folgenden Halswirbel

Das Verhältnis der ventralen Halswirbelkörperlänge verringert sich bei allen Gruppen von C5/6 (außer Gruppe 1 und 5) nach C7/T1. Auffällig ist dabei das Verhältnis von C3/4 (Gruppe 2 und 4) sowie von C7/T1 (Gruppe 1, 2, 3 und 5), das unter eins liegt. Bei diesen Wirbelpaaren ist die ventrale Wirbelkörperlänge des kaudalen Wirbels länger als die des kranialen.

Beim Dobermann (und Gruppe 5) ist das Verhältnis zwischen fünftem und sechstem Halswirbel kleiner als zwischen sechstem und siebtem. Die ventrale Länge nimmt bei dieser Rasse zwischen sechstem und siebtem Wirbel stärker ab als am vorangehenden Wirbelpaar. Der siebte Halswirbel ist demnach ventral überdurchschnittlich verkürzt. Dies spiegelt sich auch beim Vergleich des sechsten und siebten Halswirbels mit dem siebten Hals- und ersten Brustwirbel wider. Die Differenz zwischen diesen beiden Wirbelpaaren ist auffallend groß, während das Verhältnis von C7 zu T1 kleiner als eins ist (C6/7: 1,186 zu C7/T1: 0,922).

Die durchschnittliche ventrale Länge zwischen sechstem und siebtem Halswirbel erreicht beim Dobermann mit 1,186 den höchsten Wert im Vergleich zu den anderen Rassen, wobei sich besonders bei den Gruppen 1 bis 3 sehr hohe Standardabweichungen (Abb. 25) und stark divergierende Minimal-Maximalwerte ergeben (Abb. 23, 24). Besonders zwischen C5 und C6 sowie C6 und C7 fallen die großen Maximalwerte der Gruppe 1 (Dobermann) mit 1,5 (C5/6: $C6 \times 1,5 = C5$) und 1,939 ($C7 \times 1,939 = C6$) auf.

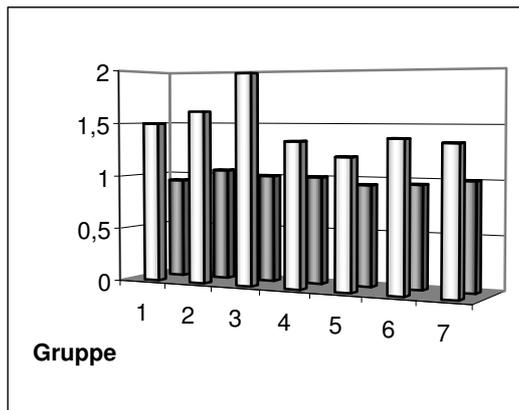


Abb. 23:
Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der ventralen Wirbelkörperlänge von C 5/6

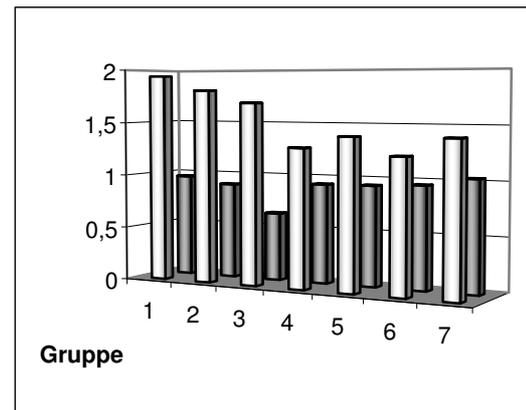


Abb. 24:
Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der ventralen Wirbelkörperlänge von C 6/7

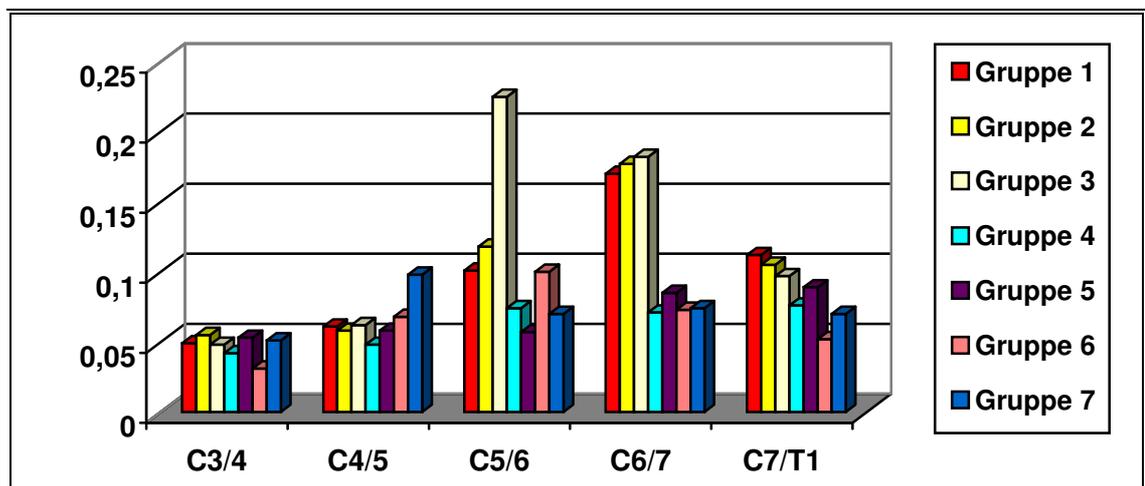


Abb. 25:
Standardabweichung der ventralen Wirbelkörperlänge

Die statistische Signifikanz liegt außer bei C6/7 unter $p=0,05$ (Tabelle 6).

C3/4	C4/5	C5/6	C6/7	C7/T1
0,0368	0,0001	0,0002	0,1039	0,0000

Tabelle 6:
Signifikanz (p-Werte) der ventralen Wirbelkörperlänge

Aus diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass der siebte Halswirbel beim Dobermann im Vergleich zu den angrenzenden Wirbeln kürzer angelegt ist als bei den Vergleichsrassen und eine hohe Variabilität aufweist. Insbesondere im ventralen Bereich kommt es bei dieser Rasse zu einer auffälligen Verkürzung. Bei einzelnen Tieren erreicht der sechste Halswirbel annähernd die doppelte Länge im Vergleich zu C7, während bei anderen C7 länger angelegt ist als C6.

3.2.1.3 Das Verhältnis der dorsalen zur ventralen Wirbelkörperlänge

Bei den Gruppen 2 bis 7 verkürzt sich die durchschnittliche Wirbelkörperlänge von C3 zu C5. Lediglich bei Gruppe 1 (Dobermann) ist die durchschnittliche Länge des fünften Halswirbels größer als die des vierten.

Bei allen Gruppen (außer Gruppe 5) zeigt sich von C5 zu C7 wieder eine Zunahme der durchschnittlichen Wirbellänge, während der erste Brustwirbel bei allen Gruppen kürzer ist als der siebte Halswirbel (Tabelle 7).

Gruppe 1	C3		C4	<	C5		C6		C7		T1
Gruppe 2	C3		C4		C5		C6		C7		T1
Gruppe 3	C3		C4		C5		C6		C7		T1
Gruppe 4	C3	>	C4	>	C5	<	C6	<	C7	>	T1
Gruppe 5	C3		C4		C5	>	C6		C7		T1
Gruppe 6	C3		C4		C5	<	C6		C7		T1
Gruppe 7	C3		C4		C5	<	C6		C7		T1

Tabelle 7:
Durchschnittliche Halswirbelkörperlänge bei den Gruppen 1 bis 7

Der Vergleich der Minimal- und Maximalwerte zeigt vor allem bei Gruppe 1 deutliche Schwankungen. Insbesondere am siebten Halswirbel fällt bei dieser Gruppe das maximale Verhältnis von 1,781 facher dorsaler zur ventralen Länge auf (Abb. 26, 27 und 28).

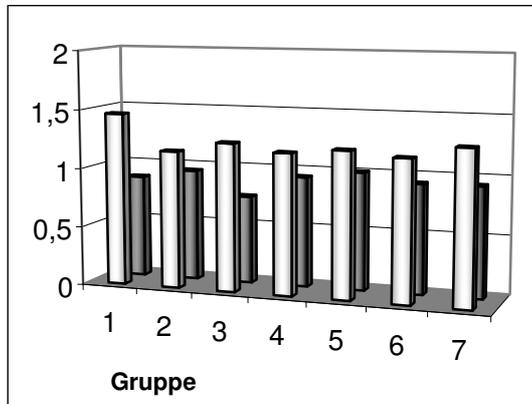


Abb. 26:
C5: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der Wirbelkörperlänge. Hohe Standardabweichung bei Gr. 1 ($s=0,071$) und Gr. 3 ($s=0,086$)

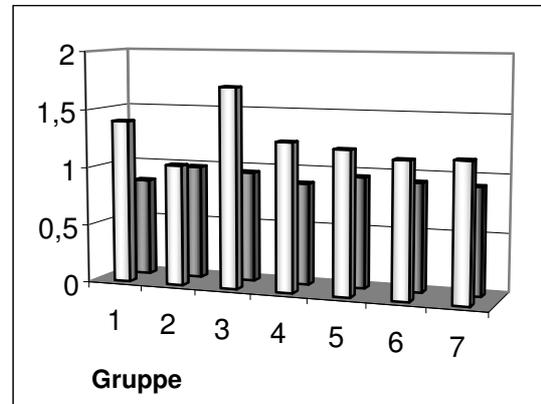


Abb. 27:
C6: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der Wirbelkörperlänge. Hohe Standardabweichung bei Gr. 1 ($s=0,097$) und Gr. 3 ($s=0,153$)

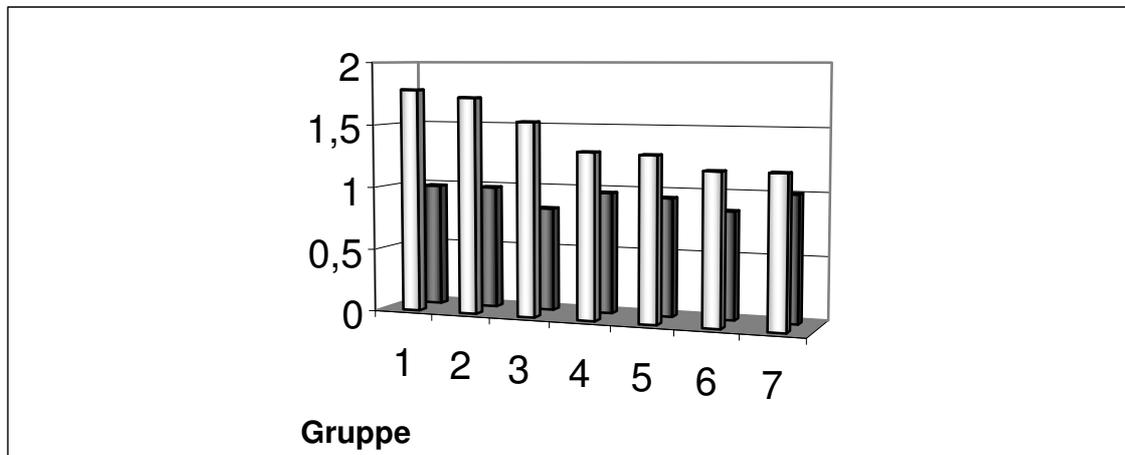


Abb. 28:
C7: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der Wirbelkörperlänge. Hohe Standardabweichung bei Gr. 1 ($s=0,161$) und Gr. 2 ($s=0,154$)

Die Standardabweichung s nimmt ab dem fünften Halswirbel nach kaudal zu. Während sie bei Gruppe 1 für C3 bis C6 durchschnittliche Werte zeigt, liegt sie für C7 und T1 deutlich über den Werten der Vergleichsgruppen (Abb. 29). Die p -Werte liegen außer bei C5 deutlich unter 0,05 (Tabelle 8).

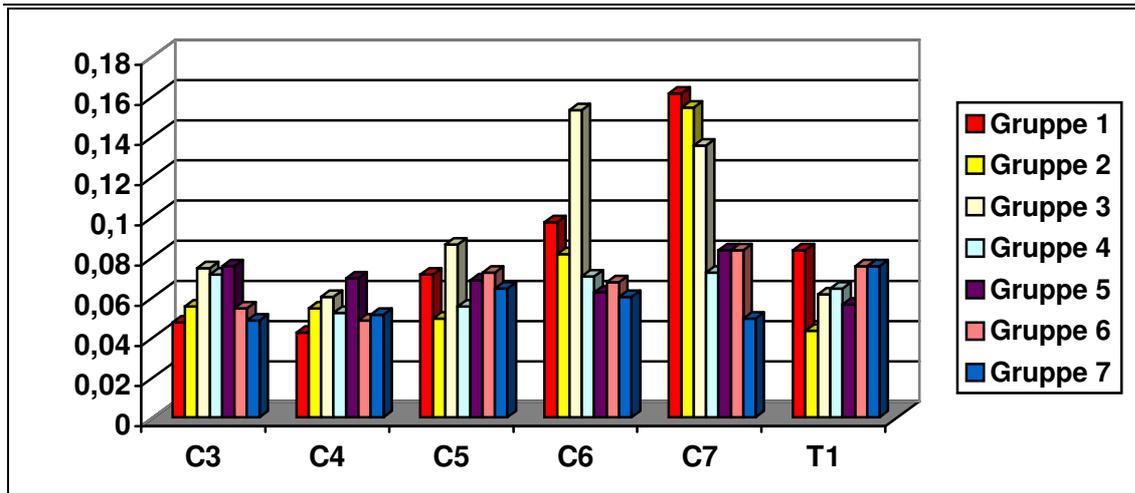


Abb. 29:
Standardabweichung der durchschnittlichen HWS-Wirbelkörperlänge

C3	C4	C5	C6	C7	T1
0,0000	0,0000	0,1011	0,0007	0,0000	0,083

Tabelle 8:
Signifikanz (p-Werte) der durchschnittlichen HWS-Wirbelkörperlänge

3.2.2 Die Wirbelkörperhöhe

Da sich die beurteilten Hunderassen stark in ihrer Größe unterscheiden und die Wirbel im Verhältnis zur Größe der Tiere stehen, wurden die am Röntgenbild gemessenen Daten zueinander ins Verhältnis gesetzt. Dadurch wird der Vergleich der Wirbelkörperhöhe zwischen den verschiedenen Rassen möglich.

3.2.2.1 Das Verhältnis der kranialen Endplatten zu einander

Die durchschnittliche Höhe der kranialen Endplatten nimmt von C3 bis T1 bei allen Gruppen zu. Bei Gruppe 1 (Dobermann) fällt das niedrige Verhältnis (<1) der Endplatten von C4 zu C5 bis C6 zu C7 auf. Die Wirbelkörperhöhe vergrößert sich bei dieser Rasse daher an der kaudalen HWS mehr als bei den meisten Vergleichsrassen.

Im Gegensatz dazu verkürzt sich die Endplatte des ersten Brustwirbels bei allen Rassen gegenüber der des siebten Halswirbels. Beim Dobermann ist dies mit dem vergleichsweise großen Verhältnis C7:T1 von 1,21 besonders ausgeprägt. Der Wechsel von nach kaudal länger werdenden kranialen Endplatten, insbesondere auch der von C7, zur kurzen Endplatte des T1 ist besonders beim Dobermann stark ausgeprägt. Dies unterstreicht die besondere Form der kranialen Endplatte des siebten Halswirbels bei Hunden der Gruppe 1 (Abb. 30, 31, 32 und 33).

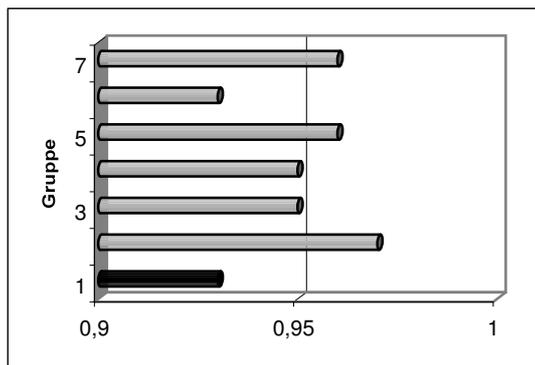


Abb. 30:
Verhältnis der kranialen Endplatten von C4 zu C5

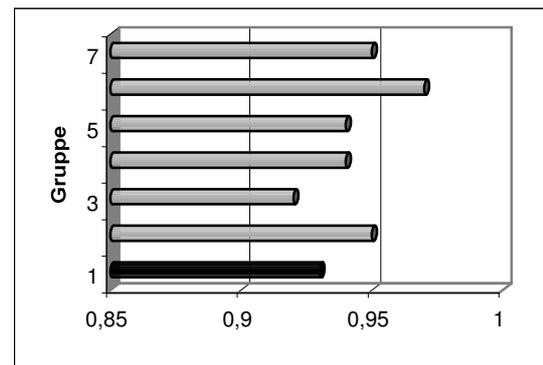


Abb. 31:
Verhältnis der kranialen Endplatten von C5 zu C6

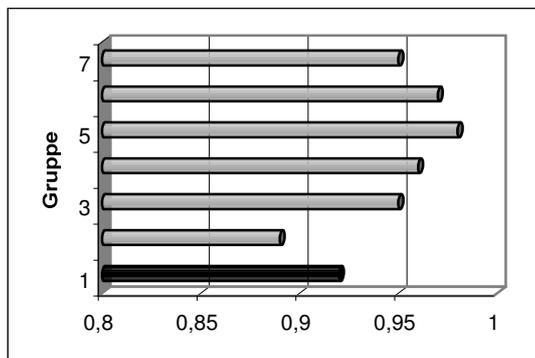


Abb. 32:
Verhältnis der kranialen Endplatten von C6 zu C7

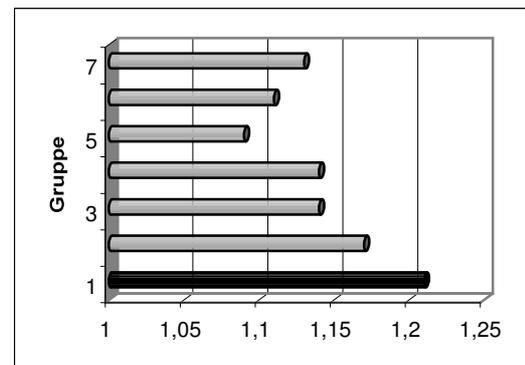


Abb. 33:
Verhältnis der kranialen Endplatten von C7 zu T1

Diese Ergebnisse zeigen, dass beim Dobermann die kraniale Endplatte des siebten Halswirbels im Vergleich zu den entsprechenden Endplatten der beiden angrenzenden Wirbel C6 und T1 länger angelegt ist als bei den Vergleichsrassen.

3.2.2.2 Das Verhältnis der kaudalen Endplatten zu einander

Vom zweiten bis zum vierten Halswirbel verlängert sich die kaudale Endplatte des jeweils folgenden Wirbels. Das Verhältnis ändert sich ab dem vierten zum fünften Halswirbel, von wo ab sich die Endplatten wieder verkürzen. Ausnahmen bilden die Gruppen 3 und 4, bei denen die Verkürzung der kaudalen Endplatte gegenüber der des vorangehenden Wirbels erst ab dem fünften zum sechsten Halswirbel eintritt.

Bei Gruppe 1 (Dobermann) fällt ab dem vierten zum fünften Halswirbel ein durchgehend großes Verhältnis zwischen den Endplatten auf. Dies ist besonders zwischen dem sechsten und siebten Wirbel auffällig, wo die Endplatte von C6 um das 1,13 fache länger ist als die von C7 (Abb. 34, 35).

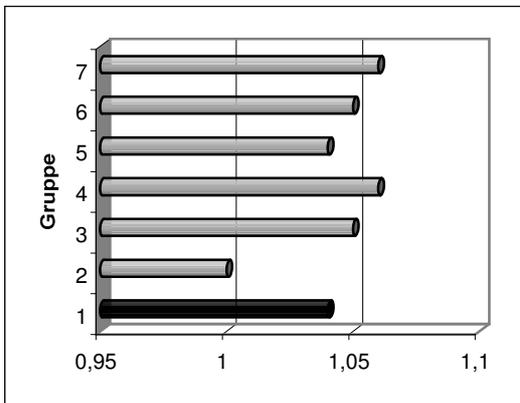


Abb. 34:
Verhältnis der kaudalen Endplatten
von C5 zu C6

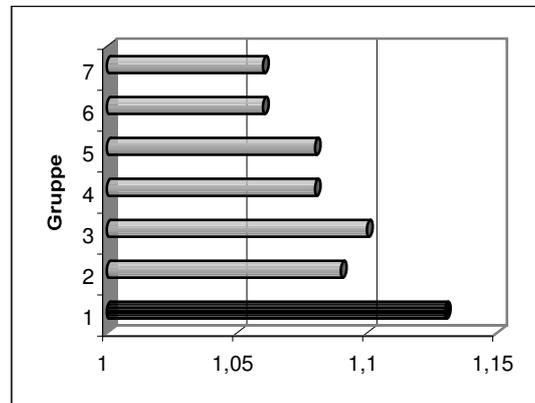


Abb. 35:
Verhältnis der kaudalen Endplatten
von C6 zu C7

3.2.2.3 Das Verhältnis der kranialen zur kaudalen Endplatte

Bei allen Rassen besteht am dritten bis fünften Halswirbel ein sehr niedriges Verhältnis zwischen den Wirbelkörperdurchmessern mit Werten deutlich kleiner als eins. Die Länge der kaudalen Endplatte übertrifft dabei die der kranialen deutlich. Am siebten Halswirbel kehrt sich bei allen Gruppen, ausser bei Gruppe 5, das Verhältnis um, da ab hier der kraniale Durchmesser den kaudalen übertrifft (Tabelle 9).

	Minimal	Gruppe		Maximal	Gruppe
C3	0,773	7		0,85	2
C4	0,734	1		0,809	2
C5	0,797	3		0,878	6
C6	0,889	2		0,945	6
C7	0,999	5		1,096	1
T1	1	6		1,036	2

Tabelle 9:

Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses von kranialer zu kaudaler Endplatte

Bei Gruppe 1 (Dobermann) ist der geringe Mittelwert des Längenverhältnisses von kranialer zu kaudaler Endplatte zwischen C3 und C5 auffällig. Die Endplatten der Halswirbel der kranialen HWS zeichnen sich bis C5 durch eine geringe kraniale und im Verhältnis dazu große kaudale Länge aus, was besonders für den vierten und fünften Wirbel zutrifft (Signifikanz C4 $p=0,0000$, C5 $p=0,0001$). Im Gegensatz dazu ist der Mittelwert für den siebten Halswirbel sehr groß, da die kraniale Wirbelkörperlänge die kaudale deutlich übersteigt (Abb. 36, 37, 38 und 39). Der schnelle Übergang zwischen der kurzen vorderen Endplatte von C6 zur sehr langen von C7 ist besonders bei Gruppe 1 deutlich ausgeprägt. Die Signifikanz für C7 liegt bei $p=0,0000$.

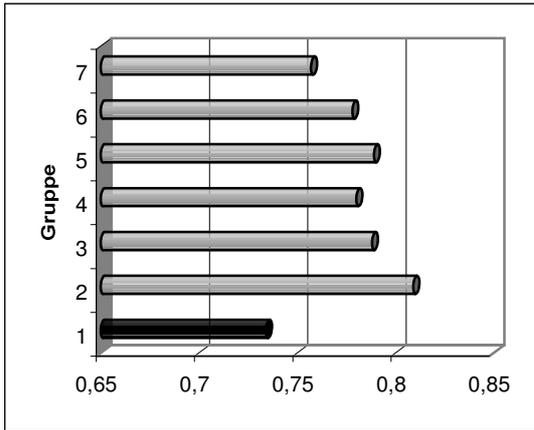


Abb. 36:
Durchschnittlicher Wirbelkörperdurchmesser C4

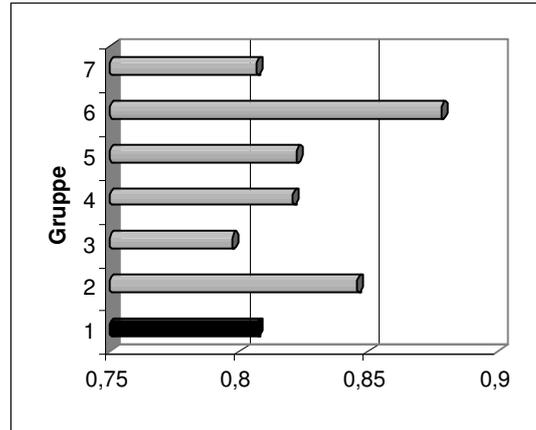


Abb. 37:
Durchschnittlicher Wirbelkörperdurchmesser C5

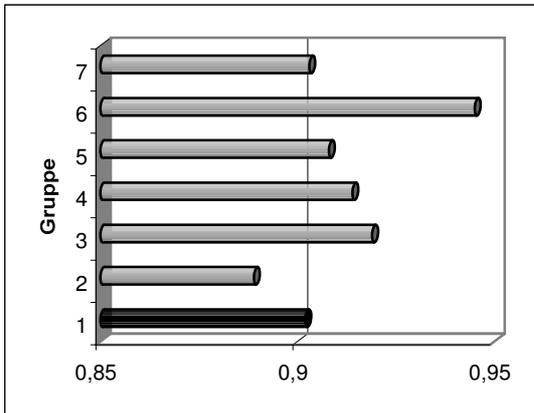


Abb. 38:
Durchschnittlicher Wirbelkörperdurchmesser C6

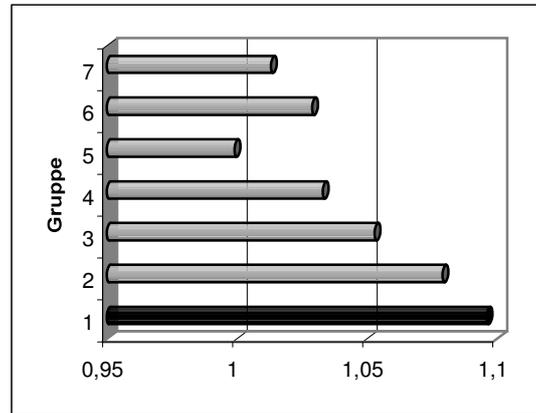


Abb. 39:
Durchschnittlicher Wirbelkörperdurchmesser C7

Gleichzeitig ist der siebte Halswirbel beim Dobermann auffällig variabel angelegt (Standardabweichung $s=0,139$). Die grösste Differenz bei Gruppe 1 entspricht der 1,8 fachen Länge der kranialen Endplatte im Verhältnis zur kaudalen (Abb. 40). Dieser Längenunterschied ist besonders bei Tieren mit deutlichen degenerativen und arthrotischen Veränderungen im ventralen Wirbelkörperbereich fest zu stellen. Im Gegensatz dazu liegt das niedrigste Verhältnis zwischen kranialer zu kaudaler Endplatte von C7 (Gruppe 1) bei 0,733, so dass die kaudale Endplatte wieder deutlich länger ist als die kraniale. Dieser Wert entspricht dem durchschnittlichen Verhältnis an der kranialen HWS.

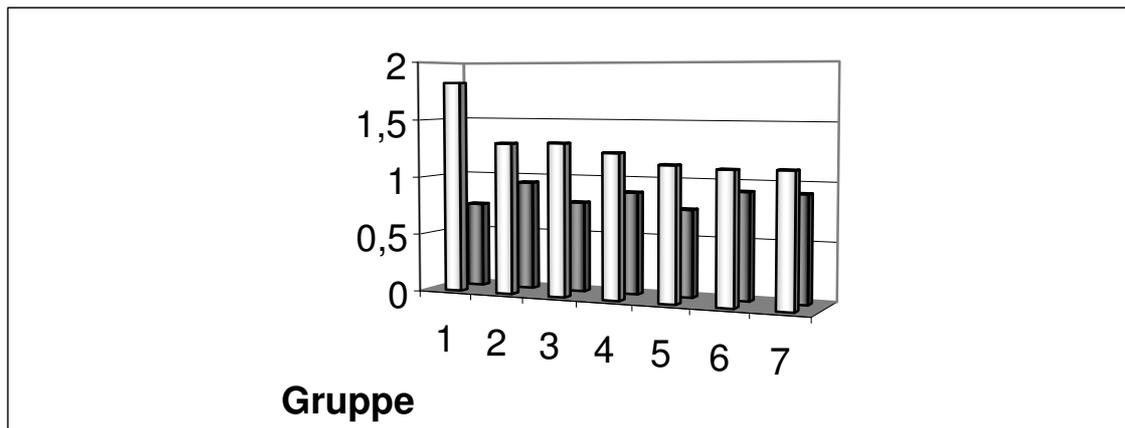


Abb. 40:

Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses von kranialem zu kaudalem Wirbelkörperdurchmesser bei C7

3.2.2.4 Das Verhältnis der kaudalen Endplatte zur kranialen des folgenden Wirbels

Während das Verhältnis der kaudalen Endplatte zur nachfolgenden kranialen für den zweiten und dritten sowie den dritten und vierten Wirbelkörper für alle untersuchten Rassen ähnlich ist, weicht die Länge zwischen dem vierten und fünften Wirbel besonders bei den Gruppen 1 (Dobermann) und 7 auseinander. Hier vergrößert sich die Länge der kaudalen Wirbelkörperendplatte deutlich im Vergleich zur kranialen (Abb. 41, 42). Die Standardabweichung ist an dieser Lokalisation bei allen Gruppen hoch ($s=0,71$ bis $0,112$), wobei die Minimal-Maximalwerte gleichmäßig zwischen den verschiedenen Rassen verteilt sind. Die Signifikanz der unterschiedlichen Verhältnisse beträgt für C4/5 $p=0,0000$.

Zwischen dem sechsten und siebten Wirbel erreicht die kraniale Endplatte bei allen Gruppen (außer Gruppe 5) annähernd die Länge der kaudalen Endplatte. Die Gruppen 1, 2 und 6 zeichnen sich dabei durch die niedrigsten Werte aus.

Das Endplattenpaar von C6 und C7 stellt die Ausnahme bei den sonst annähernd gleichmäßig verteilten Minimal- und Maximalmittelwerten dar (Abb. 43). Hier fallen die Gruppen 1 (Dobermann) und 5 durch stark divergierende Werte auf. Dies spiegelt sich in der Standardabweichung s wieder, die bei den Gruppen 1 und 5 mit überdurchschnittlichen Werten auffällt (Gruppe 5: $s=0,18$, Gruppe 1: $s=0,118$). Die Signifikanz ist für diese Lokalisation mit $p=0,059$ nur gering.

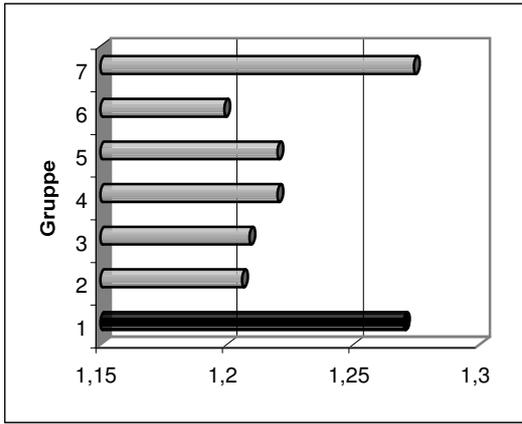


Abb. 41: Verhältnis des kaudalen Endplattendurchmessers von C4 zum kranialen von C5

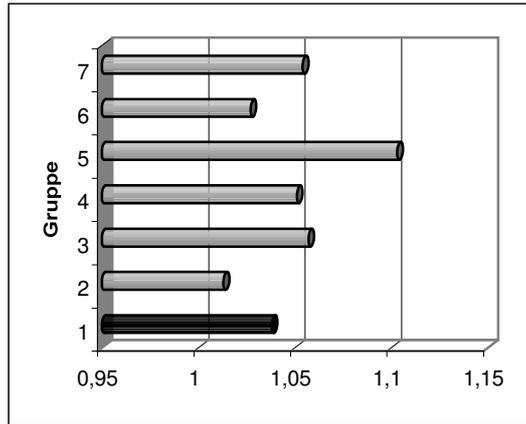


Abb. 42: Verhältnis des kaudalen Endplattendurchmessers von C6 zum kranialen von C7

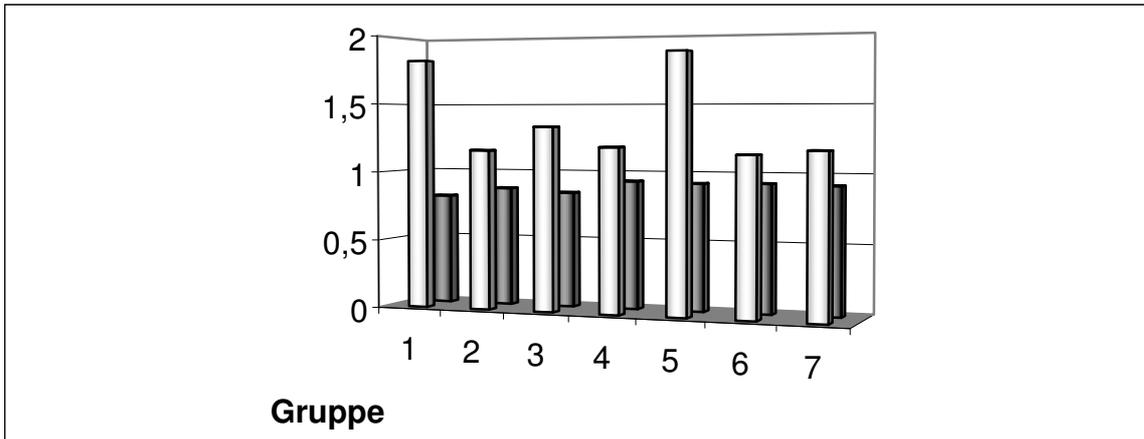


Abb. 43: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses des kaudalen zum kranialen Endplattendurchmessers von C6/7

3.2.3 Die Spinalkanalhöhe

In der Literatur wird die pathologische dorso-ventrale Spinalkanalverengung vor allem im Zusammenhang mit dem Wobbler-Syndrom der Deutschen Dogge beschrieben. Diese Pathogenese soll für den Dobermann kein vorrangiges Problem darstellen. Durch den Vergleich der Spinalkanalhöhe von Hunden der Rasse Dobermann mit den Vergleichsrassen wurde untersucht, ob durch die eigenen Ergebnisse diese Abgrenzung bestätigt werden kann.

3.2.3.1 Das Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalhöhe

Der mittlere Durchmesser des Orificium kaudale ist von C3 bis T1 größer als der des Orificium kraniale. Die kraniale Wirbelkanalhöhe des zweiten Halswirbels ist dagegen bei allen Gruppen größer als die kaudale.

Das Verhältnis von vorderem zu hinterem Spinalkanaldurchmesser weicht bei allen Gruppen von C2 zu C5 zunehmend auseinander, um sich dann bei den Gruppen 2 bis 7 ab C5 zu T1 wieder anzunähern. Eine Ausnahme stellen die Gruppen 1 und 2 dar, bei denen die Höhendifferenz zwischen kranialem und kaudalem Orifizium bis zum siebten Halswirbel größer wird. Erst am ersten Brustwirbel nähert sich bei diesen beiden Gruppen die Höhe der kranialen und kaudalen Wirbelkanalöffnung wieder an (Tabelle 10).

Gruppe	C2		C3		C4		C5		C6		C7		T1
1	1,135		0,902		0,804		0,778	>	0,769	>	0,763		0,895
2	1,173		0,792		0,744		0,737		0,762	>	0,719		0,869
3	1,165		0,952		0,873		0,847		0,864		0,873		0,895
4	1,169	>	0,845	>	0,802	>	0,799	<	0,82	<	0,824	<	0,897
5	1,208		0,959		0,902		0,874		0,885		0,925		0,942
6	1,18		0,83		0,811		0,791		0,808		0,83		0,914
7	1,181		0,866		0,83		0,775		0,816		0,838		0,924

Tabelle 10:

Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalhöhe von C2 bis T1, Gruppe 1 bis 7

Die statistische Signifikanz für den Vergleich von Gruppe 1 zu den Vergleichsgruppen 2 bis 7 liegt bei allen berechneten Wirbeln (außer T1) deutlich unter $p=0,05$ (Tabelle 11).

C2	C3	C4	C5	C6	C7	T1
0,0378	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0589

Tabelle 11:

Signifikanz (p-Werte) des Verhältnisses der kranialen zur kaudalen Spinalkanalhöhe

Auffällig ist das Verhältnis von Wirbelkanaleingang zum Ausgang bei Gruppe 2 (Dt. Dogge). Diese Gruppe weist im Vergleich zu den anderen Gruppen von C3 bis T1 jeweils das niedrigste Verhältnis der beiden Messpunkte zueinander und damit die größte Differenz zwischen kranial und kaudal auf (Abb. 44, 45, 46, 47, 48 und 49).

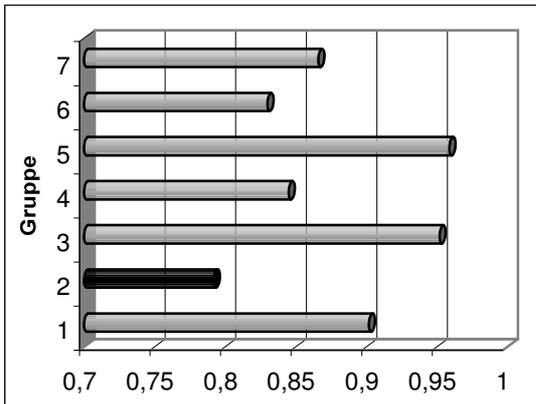


Abb. 44: Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalhöhe von C3

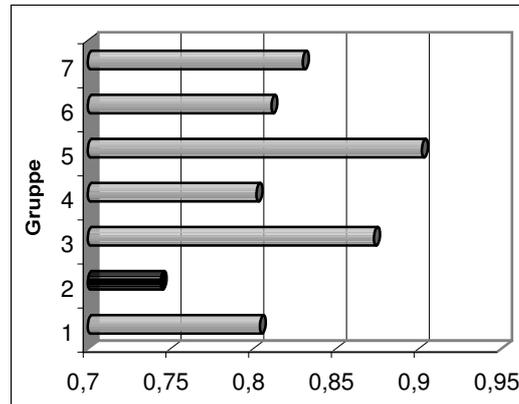


Abb. 45: Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalhöhe von C4

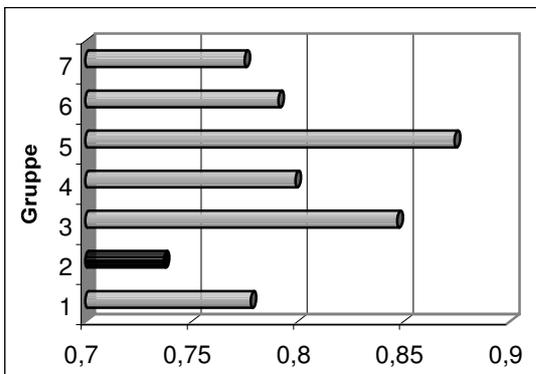


Abb. 46: Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalhöhe von C5

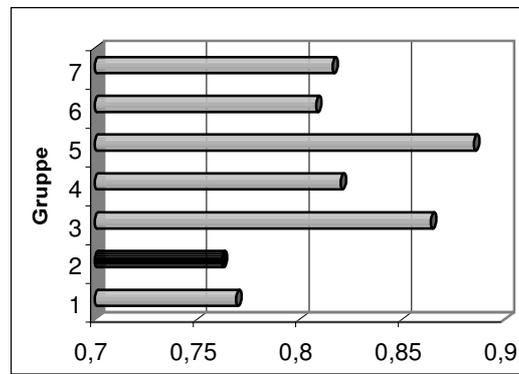


Abb. 47: Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalhöhe von C6

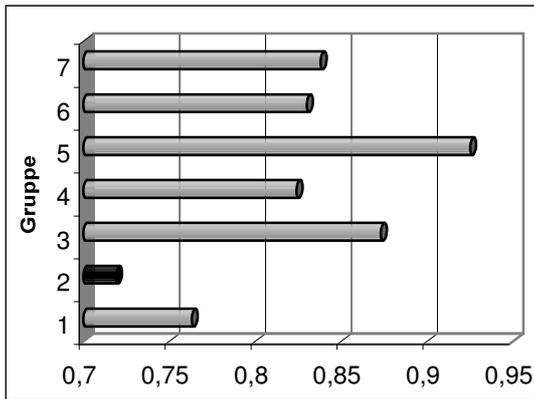


Abb. 48:
Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalhöhe von C7

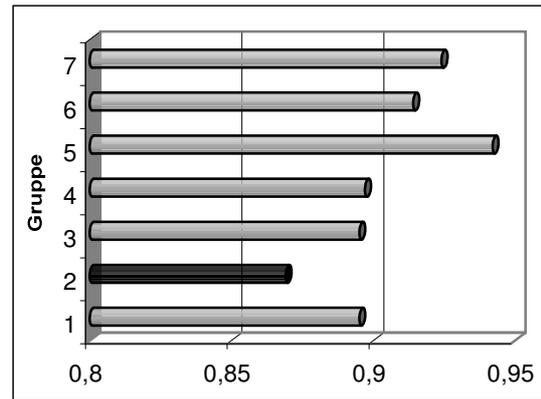


Abb. 49:
Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalhöhe von T1

Die Minimalwerte des Verhältnisses von kranialer zu kaudaler Spinalkanalöffnung sind bei der Gruppe 2 auffällig niedrig. Dies trifft insbesondere für C4 zu, wo der kraniale Wirbelkanaleingang nur etwa die Hälfte der Höhe des Ausgangs aufweist (Verhältnis kranial zu kaudal: 0,576).

3.2.3.2 Das Verhältnis der kaudalen Spinalkanalhöhe zur kranialen des folgenden Wirbels

Bei allen Gruppen ist der kaudale Spinalkanaldurchmesser größer als der kraniale des folgenden Wirbels. Das Verhältnis zwischen Aus- und Eingang des Wirbelkanals ist innerhalb der Gruppen relativ konstant und insbesondere bei Gruppe 2 auffallend weit (Abb. 50, 51, 52, 53, 54 und 55).

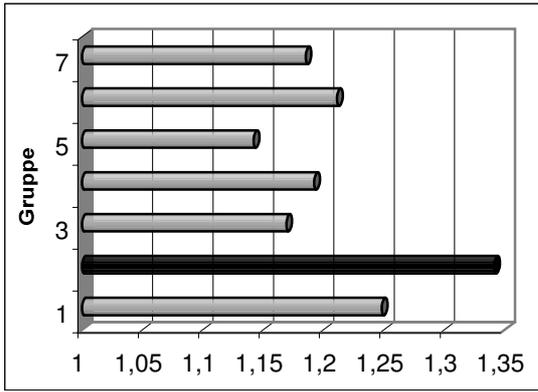


Abb. 50:
Verhältnis zwischen kaudaler Spinalkanalhöhe von C2 zur kranialen von C3

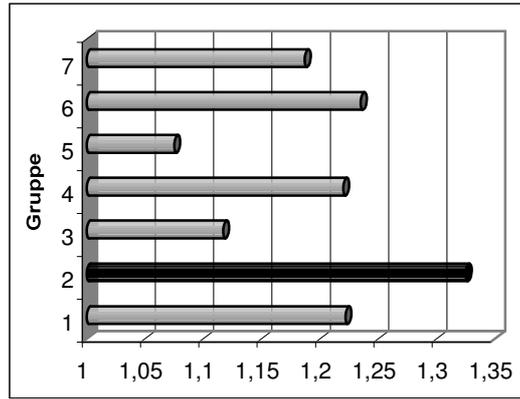


Abb. 51:
Verhältnis zwischen kaudaler Spinalkanalhöhe von C3 zur kranialen von C4

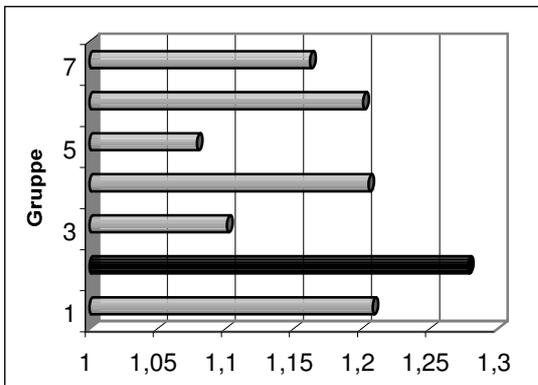


Abb. 52:
Verhältnis zwischen kaudaler Spinalkanalhöhe von C4 zur kranialen von C5

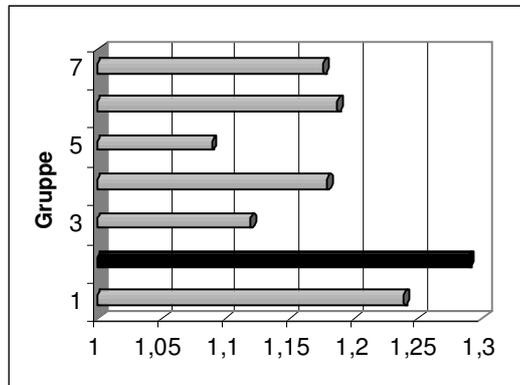


Abb. 53:
Verhältnis zwischen kaudaler Spinalkanalhöhe von C5 zur kranialen von C6

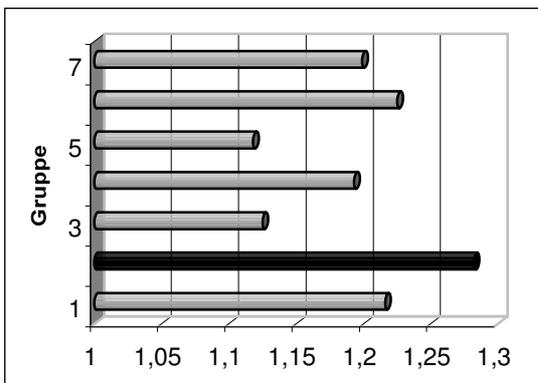


Abb. 54:
Verhältnis zwischen kaudaler Spinalkanalhöhe von C6 zur kranialen von C7

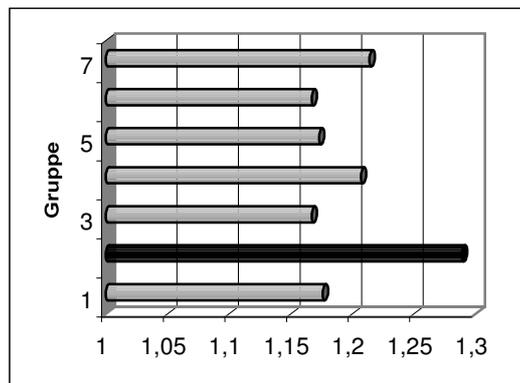


Abb. 55:
Verhältnis zwischen kaudaler Spinalkanalhöhe von C7 zur kranialen von T1

Die Minimal- und Maximalwerte weichen vor allem bei Gruppe 2 stark auseinander (Abb. 56, 57 und 58). Dies zeigt sich insbesondere zwischen C2/3, C3/4 sowie C5/6 und der hohen Standardabweichung s zwischen C2/3 und C3/4 (Abb. 59).

Ähnlich wie beim Vergleich des kranialen mit dem kaudalen Orifizium zeigt sich bei Gruppe 2 ein teilweise starker Unterschied zwischen kaudalem und kranialem Spinalkanaldurchmesser. So weist die maximale Weite des Wirbelkanalausgangs von C3 die 1,68 fache Höhe des kranialen Eingangs von C4 auf, die von C4 die 1,47 fache Höhe des Eingangs von C5 und die von C5 die 1,5 fache Höhe vom Eingang in den Spinalkanal von C6.

Auch bei Gruppe 1 bestehen ähnliche Verhältnisse bei den entsprechenden Quotienten. Der Spinalkanalausgang von C3 hat die 1,5 fache Höhe des Eingangs von C4, der Ausgang von C4 die 1,67 fache Höhe des Eingangs von C5 und der Ausgang von C5 die 1,61 fache Höhe des Eingangs von C6.

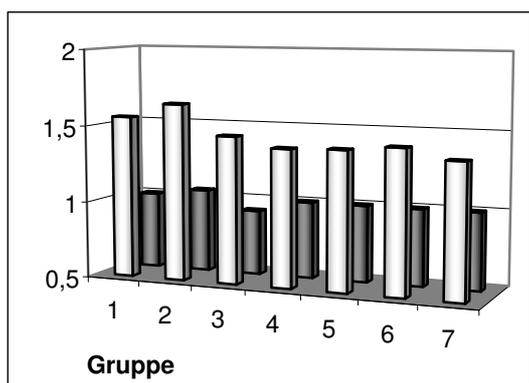


Abb. 56: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der kaudalen Spinalkanalhöhe von C2 zur kranialen von C3

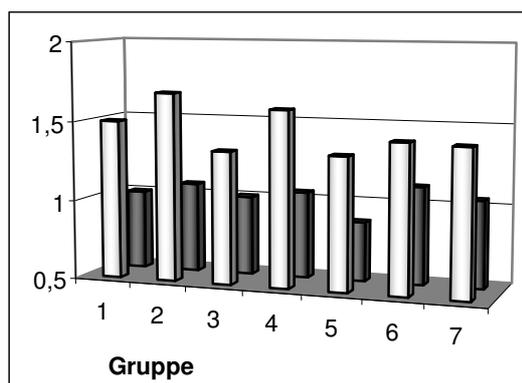


Abb. 57: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der kaudalen Spinalkanalhöhe von C3 zur kranialen von C4

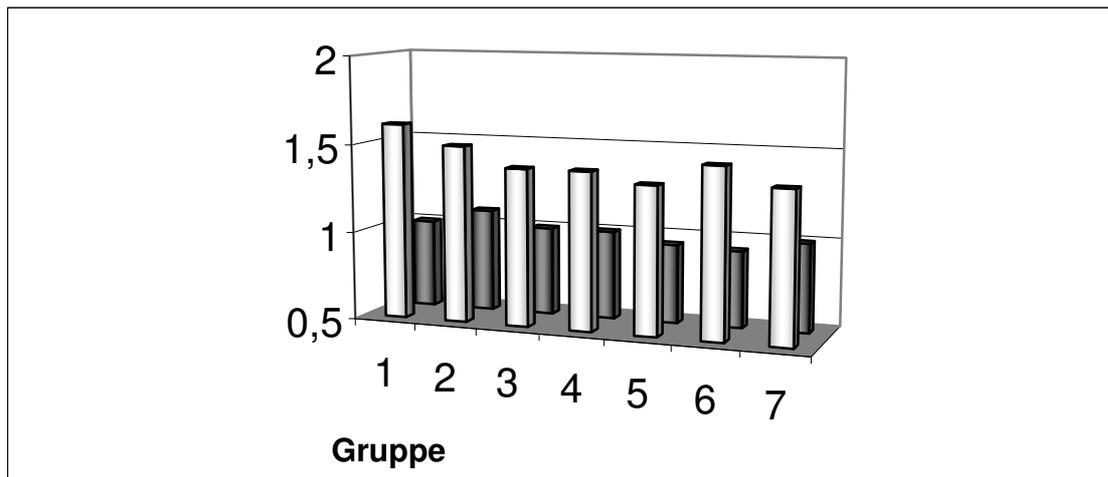


Abb. 58:
Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der kaudalen Spinalkanalhöhe von C5 zur kranialen von C6

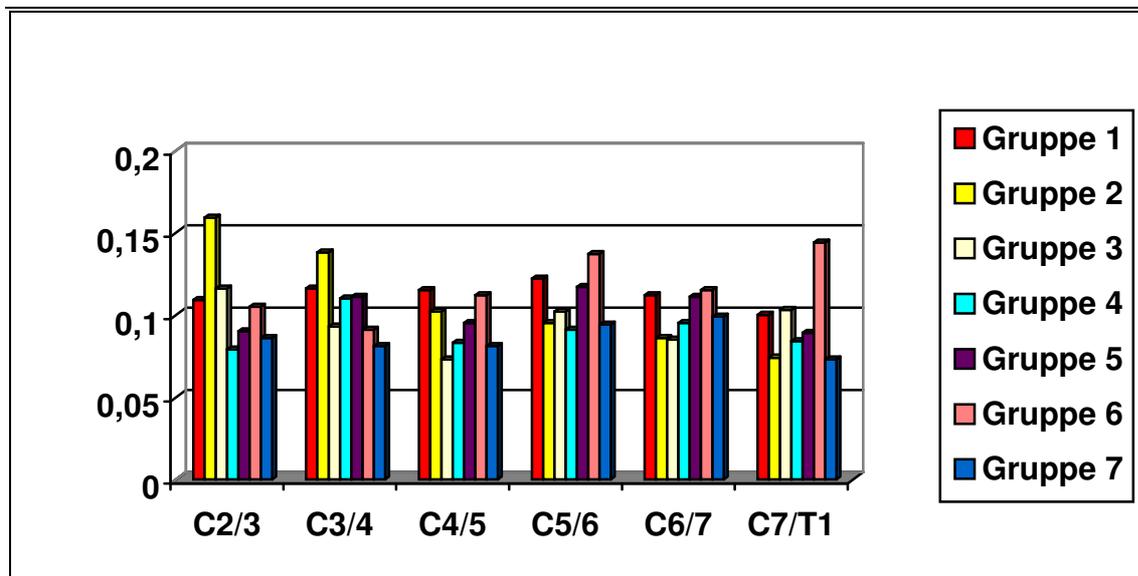


Abb. 59:
Standardabweichung des Quotienten der Spinalkanalhöhe bei Gruppe 1 bis 7

Die statistische Signifikanz p liegt bei allen Lokalisationen deutlich unter 0,05 (C2/3 bis C6/7: $p=0,0000$, C7/T1: $p=0,0007$).

3.2.4 Die Spinalkanalbreite

Wie die Spinalkanalhöhe gilt auch die pathologische Spinalkanalbreite als ein spezielles Merkmal des Wobbler-Syndroms der Dt. Dogge. In der Literatur wird ihr keine besondere Bedeutung für das Wobbler-Syndrom des Dobermanns

beigemessen. Durch den Vergleich der Spinalkanalbreite von Hunden der Rasse Dobermann mit den Vergleichsgruppen 2 bis 7 wurde dieser pathogenetische Unterschied überprüft.

3.2.4.1 Das Verhältnis der kranialen zur kaudalen Spinalkanalbreite

Bei den meisten Gruppen zeigt sich, dass das Orificium craniale zwischen dem zweiten und vierten Halswirbel breiter als das Orificium caudale ist. Ab dem fünften Hals- bis zum ersten Brustwirbel ist dagegen der Wirbelkanalausgang breiter als der Eingang. Die Ausnahme hiervon bildet die Gruppe 5, bei der der arithmetische Mittelwert der kaudalen Spinalkanalbreite immer größer ist als der des Eingangs.

Die Standardabweichung s zeigt sowohl zwischen den Gruppen, als auch zwischen den Wirbeln deutliche Unterschiede (Tabelle 12). Das Orificium craniale kann im Bereich der gesamten HWS breiter oder schmaler sein als das Orificium caudale.

Wirbel	Minimal	Maximal	Wirbel	Minimal	Maximal
C2	$s=0,058$ (5)	$s=0,090$ (1)	C5	$s=0,043$ (5,7)	$s=0,065$ (2)
C3	$s=0,049$ (2)	$s=0,069$ (7)	C6	$s=0,034$ (5)	$s=0,069$ (2)
C4	$s=0,044$ (4)	$s=0,090$ (2)	C7	$s=0,029$ (6)	$s=0,085$ (2)

Tabelle 12:

Standardabweichung des Verhältnisses von kranialer zu kaudaler Spinalkanalbreite für C1 bis C7 bei Gruppe 1 bis 7. Die entsprechende Patientengruppe ist in Klammern vermerkt

Die Standardabweichung des Verhältnisses von kranialer zu kaudaler Spinalkanalbreite zeigt bei Gruppe 1 (Dobermann) keinen deutlichen Unterschied im Vergleich zu den anderen Gruppen. Das Verhältnis bei der Dt. Dogge (Gruppe 2) weist zwar ab dem vierten Halswirbel die höchste Standardabweichung auf, der Unterschied zu denen der anderen Gruppen bleibt jedoch gering.

Bei Gruppe 1 besteht beim zweiten, dritten und fünften und bei Gruppe 2 beim vierten Halswirbel eine auffällige Schwankungsbreite der Minimal- und Maximalwerte bei hoher Standardabweichung s (Abb. 60, 61, 62, 63, 64 und 65).

Die Signifikanz in diesen Bereichen liegt zwischen $p=0,002$ (C2) und $p=0,029$ (C5).

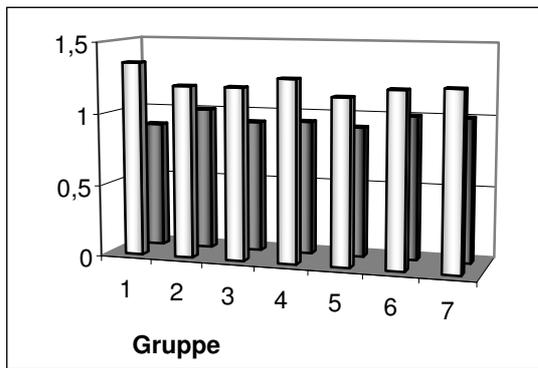


Abb. 60: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der Spinalkanalbreite von C2

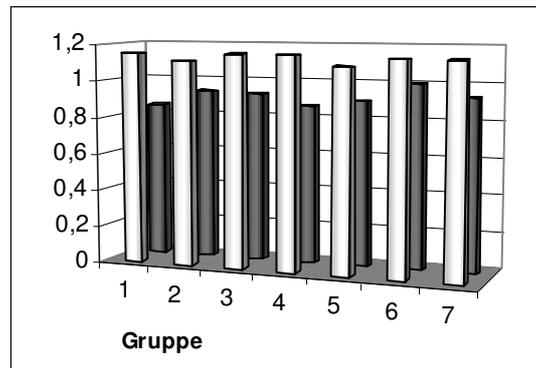


Abb. 61: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der Spinalkanalbreite von C3

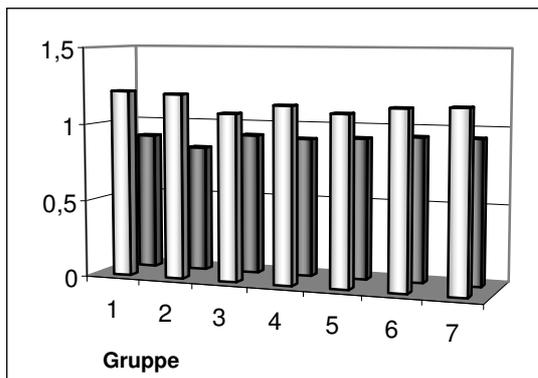


Abb. 62: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der Spinalkanalbreite von C4

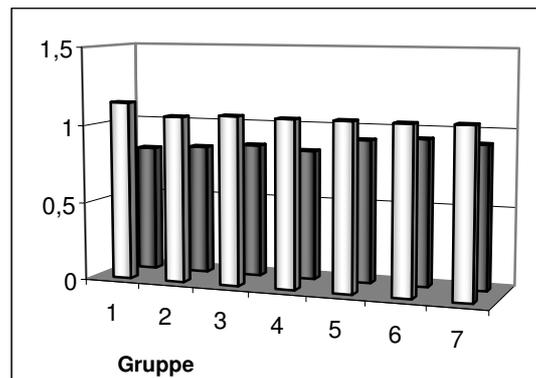


Abb. 63: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der Spinalkanalbreite von C5

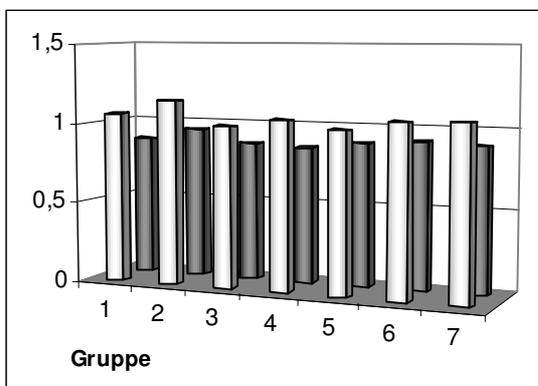


Abb. 64: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der Spinalkanalbreite von C6

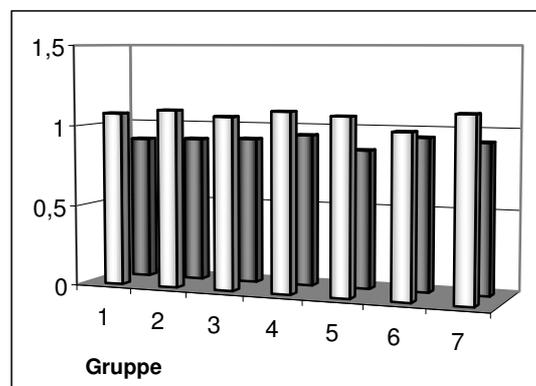


Abb. 65: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der Spinalkanalbreite von C7

3.2.4.2 Das Verhältnis der kaudalen Spinalkanalbreite zur kranialen des folgenden Wirbels

Durch die Beziehung der kaudalen zur kranialen Spinalkanalbreite des folgenden Wirbels soll untersucht werden, ob bei den Gruppen eine Stufe des Breitedurchmessers zwischen den Wirbeln auftritt, die einen Hinweis auf Stenodierung des Wirbelkanals geben könnte.

Bei fast allen Gruppen ist zwischen jedem Wirbelpaar der kraniale Spinalkanalengang weiter als der kaudale Ausgang. Ausnahmen bilden die Gruppen 2 und 5 zwischen dem zweiten und dritten Halswirbel sowie die Gruppe 5 zwischen C3 und C4. An diesen Stellen ist das arithmetische Mittel des Orificium caudale grösser als das Orificium craniale.

Bei der Gruppe 1 fallen die grosse Varianz der Minimal- und Maximalwerte sowie die hohe Standardabweichungen ($s=0,082$) zwischen dem vierten und fünften Halswirbel auf (Abb. 66). Die statistische Signifikanz p liegt für dieses Wirbelpaar bei $p=0,3338$.

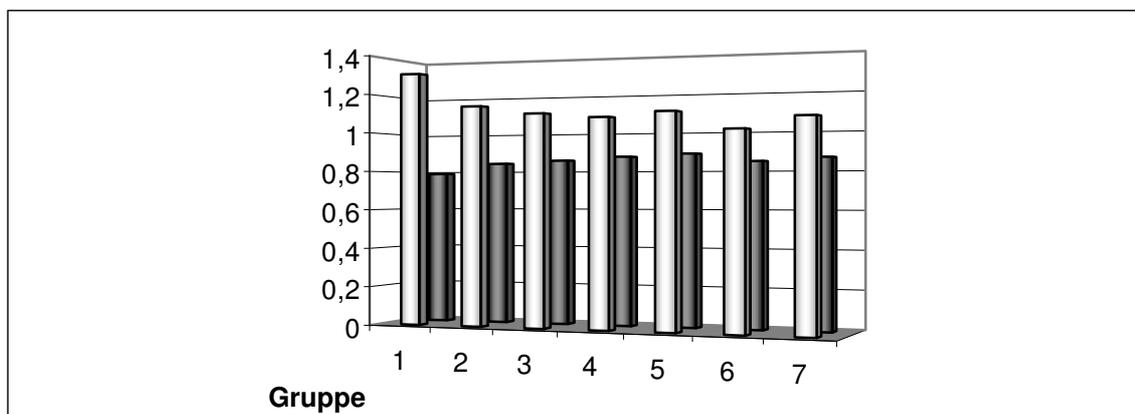


Abb. 66: Minimal-Maximalwerte des Verhältnisses der Spinalkanalbreite des Orificium caudale von C4 zum Orificium craniale von C5

3.2.5 Die Winkel der Halswirbel zueinander bei gehaltenen Lagerungen

Die arithmetischen Mittelwerte bei dorsal überstreckter Lagerung zeigen bei allen Gruppen, dass die dorsal gerichtete Biegefähigkeit im kranialen Halswirbelsäulenbereich gering ist und nach kaudal deutlich zunimmt. Bei den Gruppen 4 bis 7 ist lediglich der Winkel zwischen dem siebten Hals- und ersten Brustwirbel kleiner als der vorangehende zwischen C6 und C7 (Tabelle 13).

Gruppe	Wirbel								
1	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7	<<	C7/T1
2	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7	<	C7/T1
3	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7	=	C7/T1
4	C3/4	<	C4/5	<	C5/6	<	C6/7		C7/T1
5	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7	>	C7/T1
6	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7		C7/T1
7	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7		C7/T1

Tabelle 13:

Winkelverhältnisse bei dorsal überstreckter Lagerung

Die Mittelwerte bei Gruppe 1 (Dobermann) sind zwischen C3/C4 bis C6/C7 im Vergleich zu den übrigen Gruppen niedrig, weichen jedoch nicht signifikant von ihnen ab. Ebenso entspricht die Standardabweichung der Winkel bei dorsal überstreckter Lagerung der der Vergleichsgruppen.

Zwischen dem siebten Hals- und ersten Brustwirbel fällt bei Gruppe 1 eine deutlich erhöhte dorsale Biegefähigkeit im Verhältnis zu den vorangehenden Wirbeln und im Vergleich zu den Gruppen 2 bis 7 auf. Während die dorsale Überstreckbarkeit beim Dobermann vergleichsweise gering ist und zwischen dem sechsten und siebten Halswirbel sogar den niedrigsten Mittelwert aller Gruppen aufweist, liegt der arithmetische Mittelwert des Winkels zwischen C7/T1 bei dieser Gruppe am höchsten (Abb. 67, 68). Die statistische Signifikanz beträgt in diesem Bereich $p=0,0000$ (C6/7) und $p=0,0221$ (C7/T1).

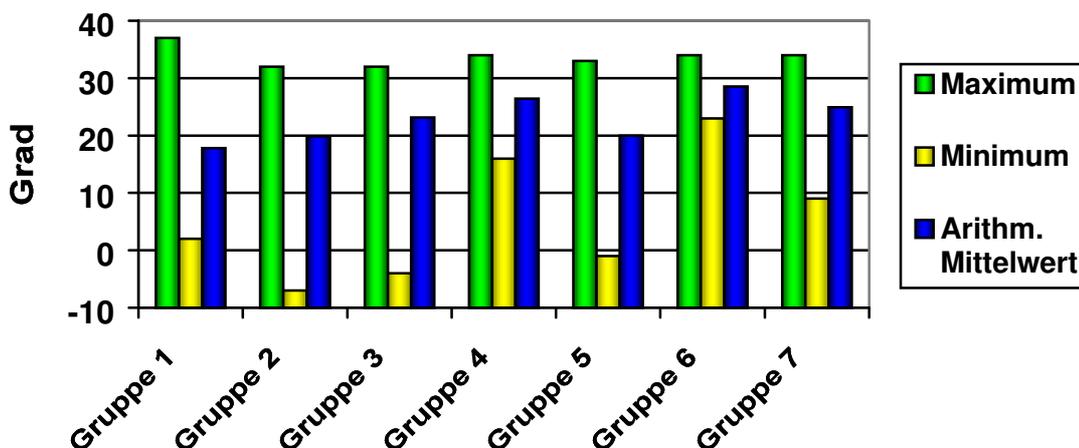


Abb. 67:
Biegefähigkeit C6/7 (arithmetisches Mittel, minimale und maximale Winkelung bei Gruppe 1 bis 7)

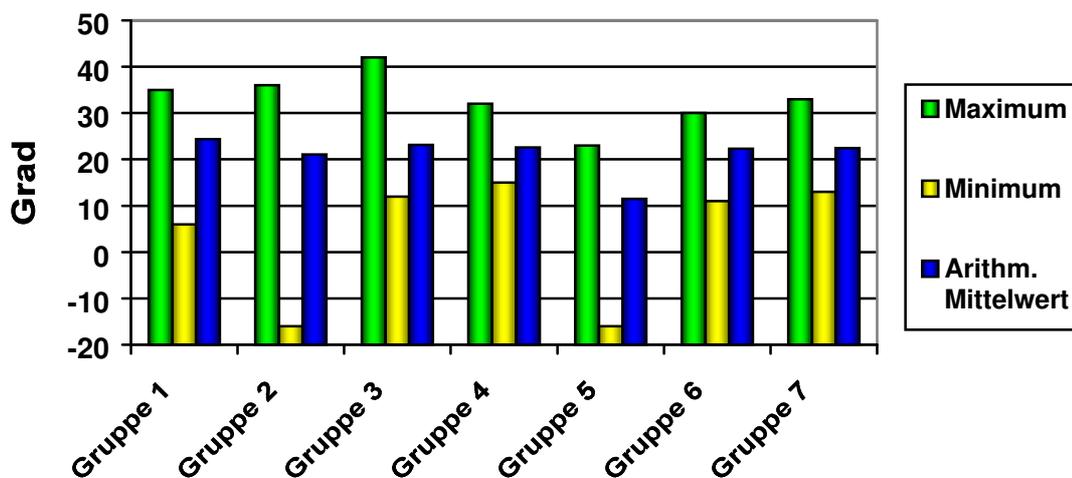


Abb. 68:
Biegefähigkeit C7/T1 (arithmetisches Mittel, minimale und maximale Winkelung) bei Gruppe 1 bis 7

Die Möglichkeit zur ventralen Überbeugung verhält sich an der Halswirbelsäule umgekehrt wie die zur dorsalen Überstreckung. Während die Fähigkeit zur dorsalen Überstreckung von kranial nach kaudal zunimmt, lässt sich die HWS im kranialen Bereich am stärksten nach ventral überbeugen und wird nach kaudal bei allen Gruppen zunehmend steifer (Tabelle 14).

Gruppe	Wirbel								
1	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7		C7/T1
2	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7		C7/T1
3	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7		C7/T1
4	C3/4	>	C4/5	>	C5/6	>	C6/7	>	C7/T1
5	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7		C7/T1
6	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7		C7/T1
7	C3/4		C4/5		C5/6		C6/7		C7/T1

Tabelle 14:
Winkelverhältnisse bei ventral gebeugter Lagerung

Die ventrale Biegefähigkeit der Halswirbelsäule des Dobermanns entspricht bei C3/C4 dem Durchschnitt der übrigen Gruppen und liegt bei C4/C5 im oberen Vergleichsbereich. Ab C5/6 übertrifft sie jedoch die Mittelwerte der Winkel der Gruppen 2 bis 7 deutlich (Abb. 69, 70, 71 und 72).

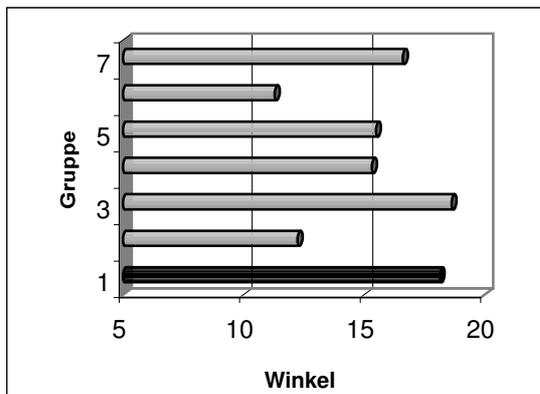


Abb. 69:
Winkel (in Grad) bei ventraler Überbeugung von C4/5

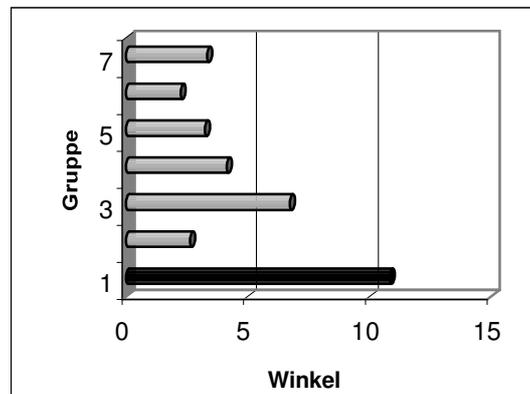


Abb. 70:
Winkel (in Grad) bei ventraler Überbeugung von C5/6

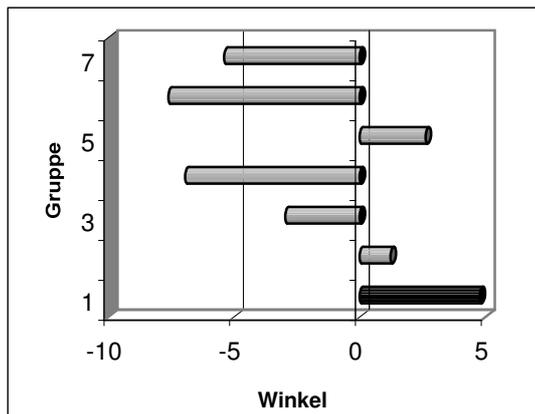


Abb. 71:
Winkel (in Grad) bei ventraler Überbeugung von C6/7

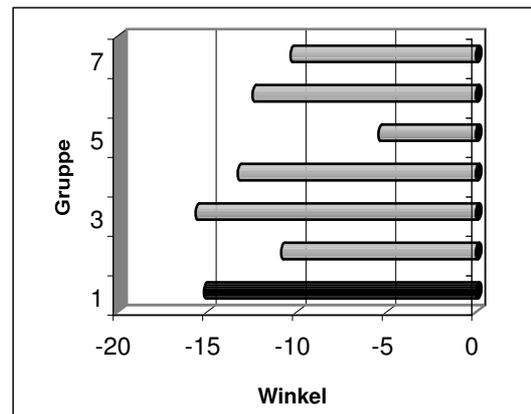


Abb. 72:
Winkel (in Grad) bei ventraler Überbeugung von C7/T1

Die Winkelung zwischen dem fünften und sechsten Halswirbel ist bei Tieren der Rasse Dobermann besonders auffällig und bei allen Rassen höchst signifikant ($p=0,0000$). Der Winkel bei ventraler Überbeugung der Halswirbelsäule ist hier um das 1,6 fache größer als der nächst größte (Gruppe 3), und um das 2,9 fache größer als der Durchschnittswinkel aller anderen Gruppen. Die Standardabweichung ist im Vergleich zu den übrigen Gruppen niedrig ($s=4,989$).

Zwischen dem sechsten und siebten Halswirbel ist die Biegefähigkeit bei Gruppe 1 ebenfalls am größten. Bei den Minimal- und Maximalwerten fällt besonders für den Dobermann eine hohe Schwankungsbreite auf, die sich auch in einer hohen Standardabweichung ($s=11,91$) wieder spiegelt (Abb. 73, 74). Die Signifikanz liegt ebenfalls bei $p=0,0000$.

Zwischen C7 und T1 ist bei allen Gruppen ein negativer Winkelmittelwert messbar (Kap. 3.1.6.5). Die negativen Winkel, wie auch die breite Varianz möglicher Winkel sind bei den Gruppen 1 und 3 auffällig. Die statistische Signifikanz für C7/T1 liegt jedoch über 0,05 ($p=0,1522$).

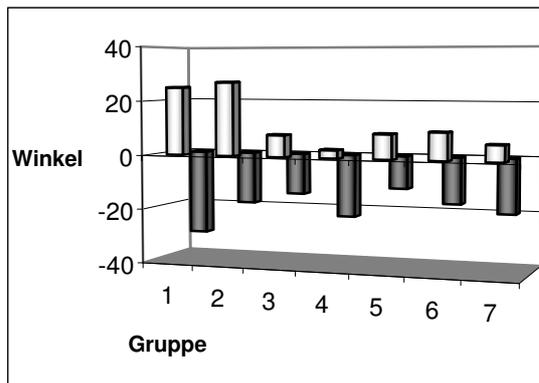


Abb. 73:
Minimal-Maximalwinkel C6/7 bei
gebeugter Lagerung

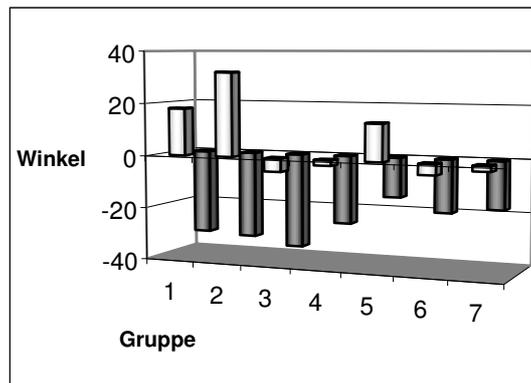


Abb. 74:
Minimal-Maximalwinkel C7/T1 bei
gebeugter Lagerung

3.2.6 Beugungsänderung

Die Beugungsänderung der Winkel benachbarter Wirbel bei dorsal überstreckter Lagerung ist bei Hunden der Rasse Dobermann im kranialen und mittleren Halswirbelsäulenbereich im Vergleich zu den übrigen Gruppen gering. Die Winkel werden nach kaudal nur geringgradig größer.

Bei Gruppe 1 fällt auf, dass die Beugungsänderung zwischen C3/4-C4/5 und C5/6-C6/7 sehr niedrige Werte ergibt, während die Differenz der Winkel zwischen C4/5-C5/6 deutlich höher ist. Demnach entspricht die Beweglichkeit zwischen C3/4 und C4/5 der zwischen C5/6 und C6/7, während C5/6 im Vergleich zu C4/5 deutlich beweglicher angelegt ist. Zwischen C6/7 und C7/T1 ist lediglich bei den Gruppen 1 und 2 der Winkel zwischen C7/T1 größer ist als zwischen C6/7. Dabei ist die Differenz zwischen den Winkeln bei Gruppe 1 mehr als doppelt so groß wie bei Gruppe 2 (Abb. 75).

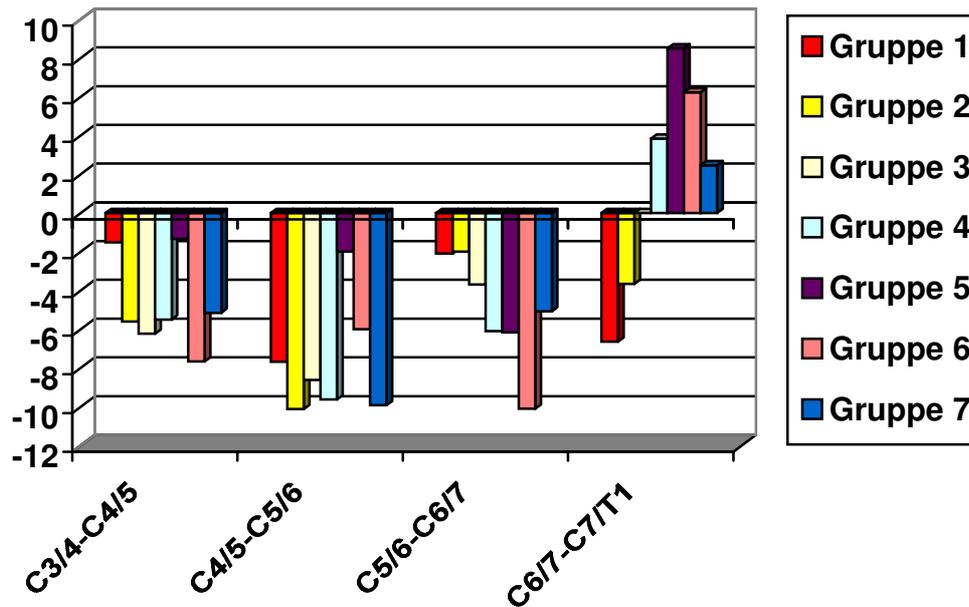


Abb. 75:

Mittelwerte der dorsal überstreckten Beugungsänderung der HWS bei Gruppe 1 bis 7

Die Standardabweichung s der Beugungsänderung liegt bei Gruppe 1 für alle berechneten Stellen im unteren Durchschnittsbereich, die statistische Signifikanz p ist außer zwischen C4/5 zu C5/6 kleiner als 0,05.

Die Änderung der Winkel benachbarter Wirbel bei ventraler Überbeugung der Halswirbelsäule schwankt stark innerhalb und zwischen den Gruppen, so dass keine deutliche Tendenz zu erkennen ist.

Die Winkel zwischen C3/4 und C4/5 ändern sich bei der Gruppe 1 vergleichsweise wenig. In Verbindung mit den Ergebnissen der Einzelwinkel (Kap. 3.2.6) kann auf eine relativ gleichmäßige, große ventrale Beugungsfähigkeit der Halswirbelsäule bei Hunden der Rasse Dobermann geschlossen werden.

Bei C6/7-C7/T1 steigen die Werte für die Gruppe 1 stark an, so dass der Mittelwert der Winkeldifferenz den aller Gruppen übersteigt. Die Schwankungsbreite der Minimal- und Maximalwinkeldifferenzen übertrifft bei Hunden der Rasse Dobermann die der übrigen Rassen ebenfalls (Abb. 76). Die statistische Signifikanz liegt für C6/7-C7/T1 deutlich unter 0,05 ($p=0,0002$).

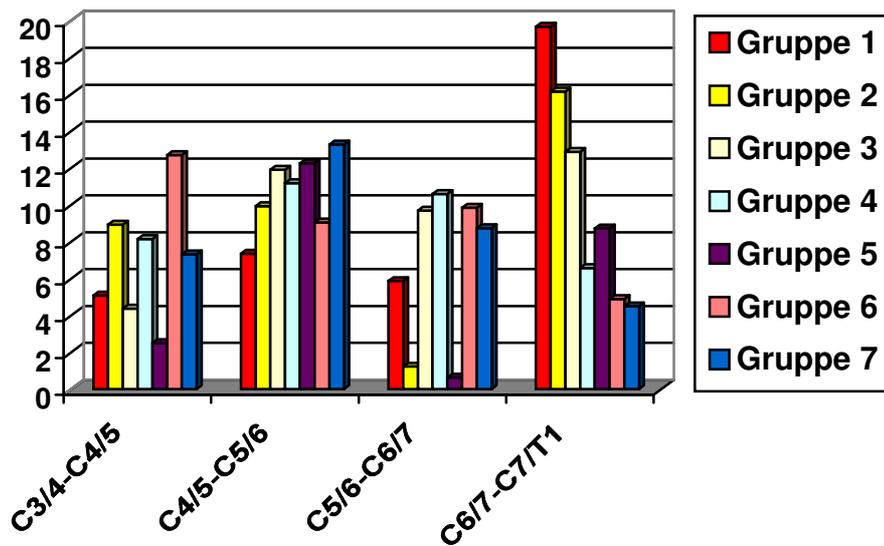


Abb. 76:

Mittelwerte der ventral überbeugten Beugungsänderung der HWS bei Gruppe 1 bis 7

Die Standardabweichung s bei Gruppe 1 zeigt für keine Stelle der HWS ab C3/4 eine deutliche Abweichung von denen der Vergleichsgruppen, während die statistische Signifikanz nur zwischen C3/4-C4/5 und C6/7-C7/T1 unter $p=0,05$ liegt.

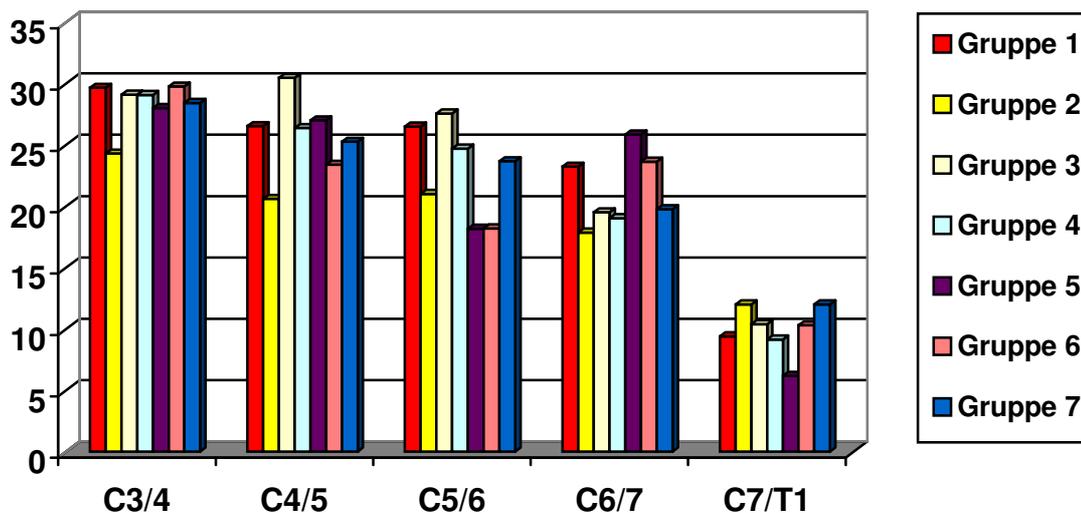
3.3 Beweglichkeit

Die Beweglichkeit der Halswirbelsäule nimmt bei allen Gruppen von kranial nach kaudal ab (Tabelle 15, Abb. 77). Dabei bestehen zwischen den Rassen nur geringe Differenzen, die jedoch tendenzielle Unterschiede erkennen lassen. Während die Halswirbelsäule der Dt. Dogge vergleichsweise starr ist, zeigt die des Dobermann eine hohe Beweglichkeit.

Gruppe	Wirbel								
1	C3/4	>	C4/5	>	C5/6	>	C6/7	>	C7/T1
2	C3/4	>	C4/5	<	C5/6	>	C6/7		C7/T1
3	C3/4	<	C4/5	>	C5/6	>	C6/7		C7/T1
4	C3/4	>	C4/5	>	C5/6	>	C6/7		C7/T1
5	C3/4	>	C4/5	>	C5/6	<	C6/7		C7/T1
6	C3/4	>	C4/5	>	C5/6	<	C6/7		C7/T1
7	C3/4	>	C4/5	>	C5/6	>	C6/7		C7/T1

Tabelle 15:

Beweglichkeit der Halswirbelsäule von C3/4 bis C7/T1 bei Gruppe 1 bis 7

**Abb. 77:**

Beweglichkeit der HWS bei Gruppe 1 bis 7

Zwischen C3/C4 und C5/C6 entspricht die Beweglichkeit der HWS bei Tieren der Gruppe 1 denen aller Gruppen, wobei die Winkel im oberen Durchschnittsbereich liegen (Abb. 78, 79 und 80). Die Varianz der möglichen Minimal- und Maximalwinkel ist dagegen zwischen C3 und C5 ebenso wie die Standardabweichung zwischen C3 und C6 vergleichsweise niedrig (Abb. 83, 84 und 85).

An der kaudalen HWS ist der arithmetische Mittelwert bei Hunden der Gruppe 1 insbesondere zwischen C6 und C7 im oberen Durchschnittsbereich und die Streubreite der Winkel steigt deutlich an (Abb. 81, 82, 86 und 87). Die Differenz zwischen minimalen und maximalen Winkeln beträgt bei C6/C7 45° und bei C7/T1 39°. Sie übertrifft damit an beiden Stellen die Beweglichkeit der HWS bei den Gruppen 2 bis 7. Dies spiegelt sich auch an der Standardabweichung wieder, die von vergleichsweise niedrigen Werten im kranialen und mittleren Bereich an der kaudalen HWS stark ansteigt (Abb. 86, 87).

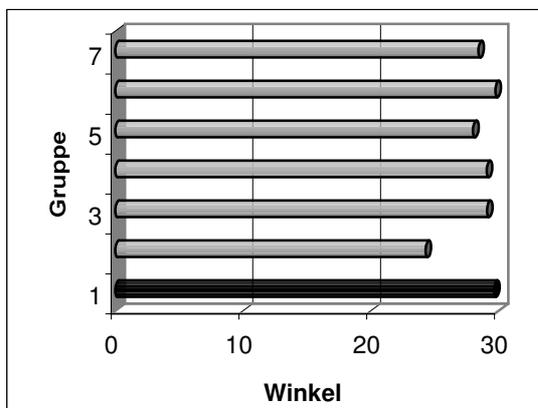


Abb. 78:
Beweglichkeit des Wirbelpaares C3/4 (in Grad)

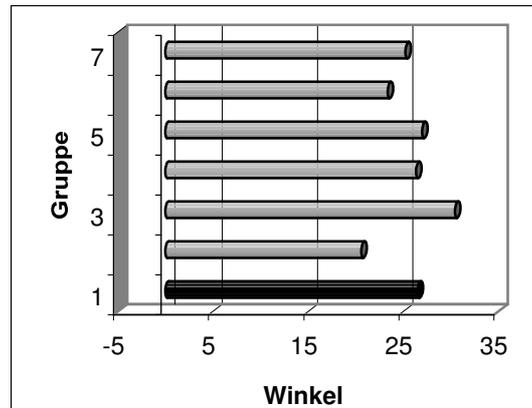


Abb. 79:
Beweglichkeit des Wirbelpaares C4/5 (in Grad)

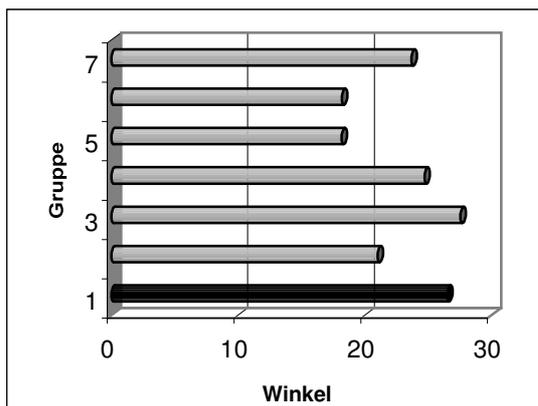


Abb. 80:
Beweglichkeit des Wirbelpaares C5/6 (in Grad)

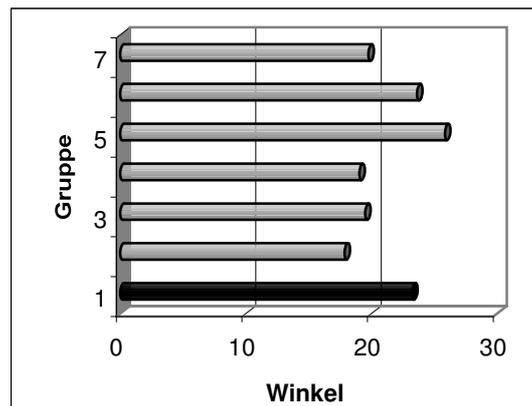


Abb. 81:
Beweglichkeit des Wirbelpaares C6/7 (in Grad)

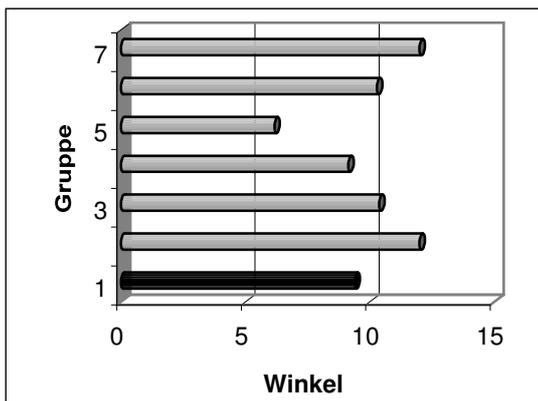


Abb. 82:
Beweglichkeit des Wirbelpaares C7/T1

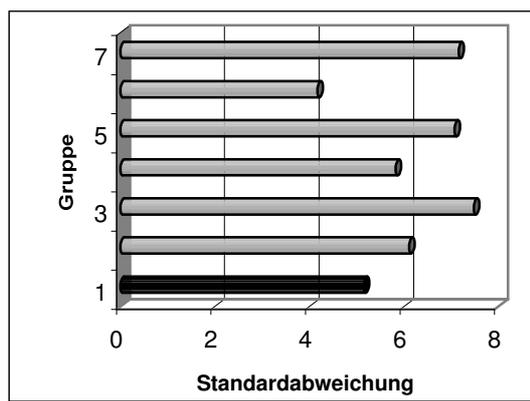


Abb. 83:
Standardabweichung der Beweglichkeit des Wirbelpaares C3/4

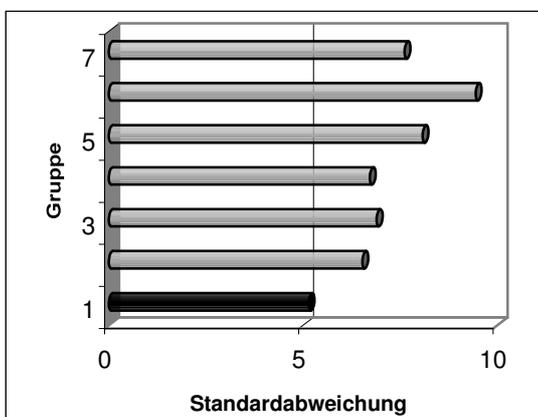


Abb. 84:
Standardabweichung der Beweglichkeit des Wirbelpaares C4/5

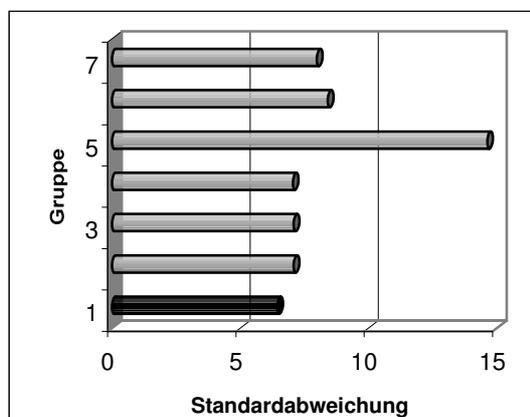


Abb. 85:
Standardabweichung der Beweglichkeit des Wirbelpaares C5/6

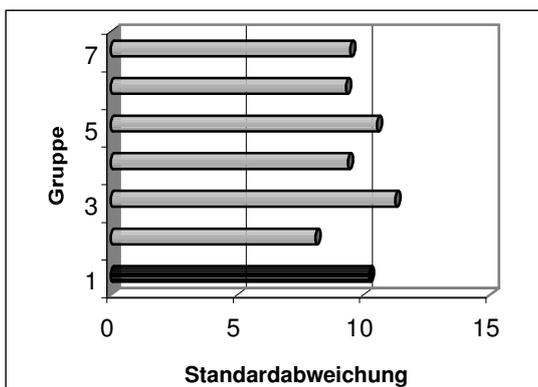


Abb. 86:
Standardabweichung der Beweglichkeit des Wirbelpaares C6/7

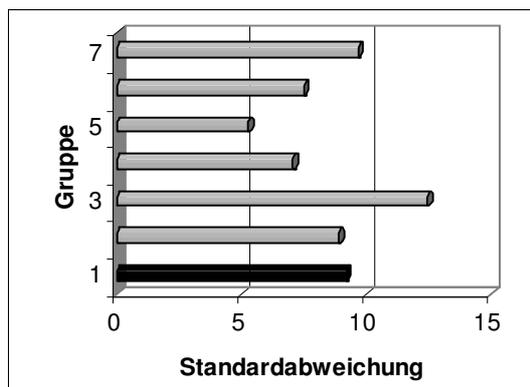


Abb. 87:
Standardabweichung der Beweglichkeit des Wirbelpaares C7/T1

Die statistische Signifikanz für die Beweglichkeit liegt nur für die Wirbelpaare C4/5 und C5/6 unter 0,05. An den übrigen Stellen übersteigt sie diesen Grenzwert deutlich (Tabelle 16).

C3/4	p=0,1368	C6/7	p=0,3497
C4/5	p=0,0093	C7/T1	p=0,8853
C5/6	p=0,0064		

Tabelle 16:

Statisitische Signifikanz der Beweglichkeit zwischen C3/4 bis C7/T1

3.3.1 Vergleich klinisch unauffälliger Hunde mit Wobblers-Patienten der Rasse Dobermann

Um festzustellen, ob Unterschiede innerhalb der Rasse Dobermann zwischen Tieren mit und ohne klinisch-neurologische Symptome des Wobblers-Syndroms bestehen, wurden die Hunde aus Gruppe 1 nach diesen Kriterien in Untergruppen eingeteilt. Die Gruppe 1 umfasst die erkrankten (n=20) und Gruppe 2 die klinisch unauffälligen Hunde (n=77) der Rasse Dobermann. In Gruppe 3 wurden Tiere eingeteilt, bei denen keine klinisch-neurologischen Befunde in den Patientenakten vermerkt waren, so dass eine Zuteilung in Gruppe 1 oder 2 nicht möglich war. Diese Gruppe umfasste einen Patienten, der im folgenden nicht berücksichtigt wurde.

3.3.2 Wirbelkörperlänge

Der arithmetische Mittelwert x der dorsalen und ventralen Wirbelkörperlänge unterscheidet sich nicht signifikant zwischen Hunden der Gruppe 1 und 2 (Signifikanz dorsal: $p=0,3638$ {C5} bis $0,7343$ {C4}; Signifikanz ventral: $p=0,1145$ {C7} bis $0,7344$ {C4}). Lediglich die Minimal- und Maximallängen der dorsalen Wirbelkörper des dritten, vierten und fünften Hals-, sowie ersten Brustwirbels zeigen eine Differenz zwischen klinisch auffälligen und unauffälligen Hunden der Rasse Dobermann. Die Varianz zwischen den größten und kleinsten ge-

messenen Längen ist bei gesunden Hunden größer als bei erkrankten Patienten (Abb. 88).

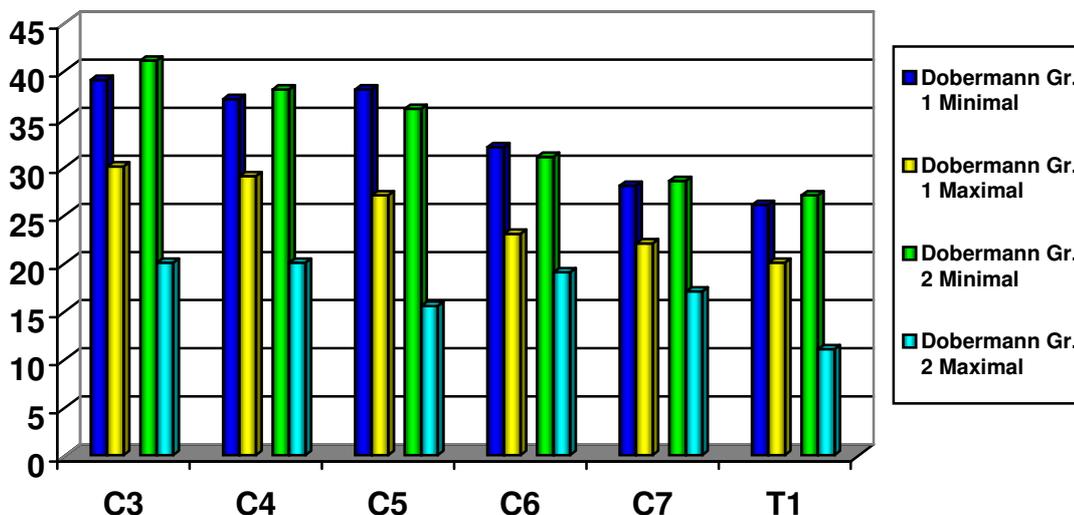


Abb. 88:
Minimal-Maximalwerte der dorsalen Wirbelkörperlänge (mm)

Auch beim Verhältnis von dorsaler zu ventraler Wirbelkörperlänge zeigen sich keine deutlichen Unterschiede zwischen Gruppe 1 und 2. Außer einem signifikant größeren arithmetischen Mittelwert x für den dritten Halswirbel der erkrankten Hunde der Rasse Dobermann ($p=0,0024$) besteht keine statistische Differenz (Abb. 89).

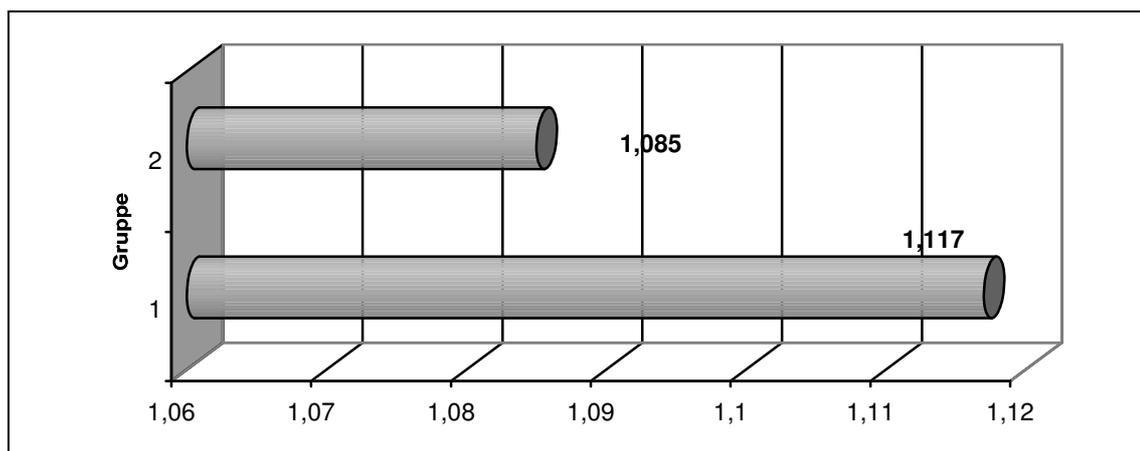


Abb. 89:
C3: Arithmetischer Mittelwert des Verhältnisses von dorsaler zu ventraler Halswirbelkörperlänge zwischen Gruppe 1 und 2

Das Verhältnis zwischen der dorsalen Wirbelkörperlänge des vorausgehenden zum kaudal folgenden Wirbel zeigt lediglich einen leicht signifikanten Unterschied zwischen dem fünften und sechsten Halswirbel (Signifikanz $p=0,0438$) (Abb. 90, 91).

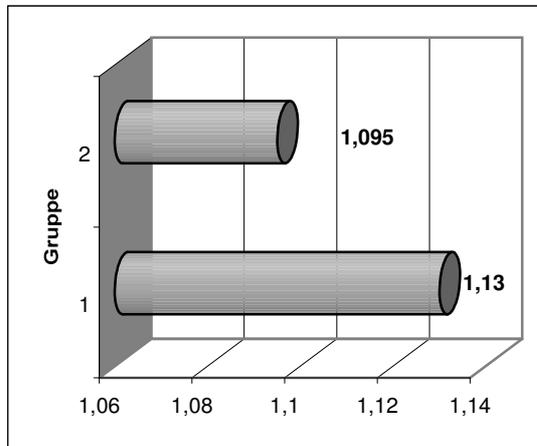


Abb. 90:
Verhältnis der dorsalen Wirbelkörperlänge von C5 zu C6 zwischen Gruppe 1 und 2; $p=0,0438$

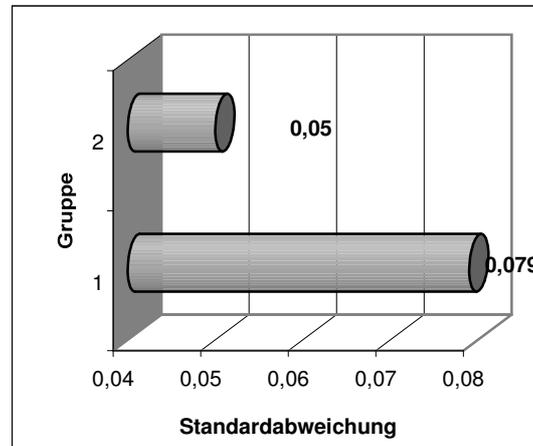


Abb. 91:
Standardabweichung der dorsalen WK-Länge von C5 zu C6 zwischen Gruppe 1 und 2

Das Verhältnis der ventralen Wirbelkörperlängen zwischen dem dritten und vierten Halswirbel ist bei klinisch unauffälligen Hunden signifikant größer als bei Tieren der Gruppe 1 ($p=0,0151$). Im Gegensatz dazu weist die Standardabweichung bei Gruppe 2 einen deutlich größeren Wert auf (Gruppe 1: $s=0,067$; Gruppe 2: $s=0,042$) auf. Weitere statistische Unterschiede bezüglich der ventralen Wirbellänge bestehen zwischen den klinisch-neurologisch unauffälligen und auffälligen Hunden der Rasse Dobermann nicht (Abb. 92, 93).

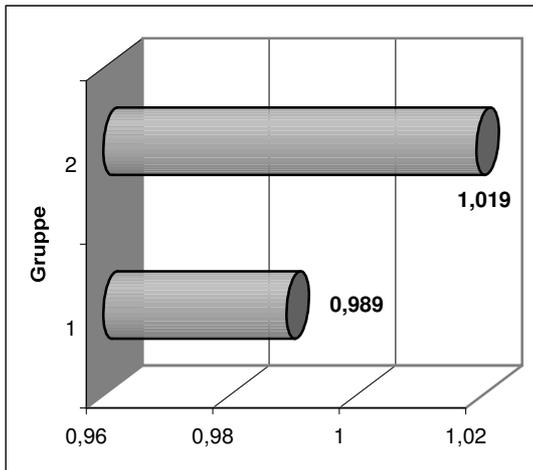


Abb. 92:
Verhältnis der ventralen Wirbelkörperlänge von C3 zu C4 zwischen Gruppe 1 und 2; $p=0,0151$

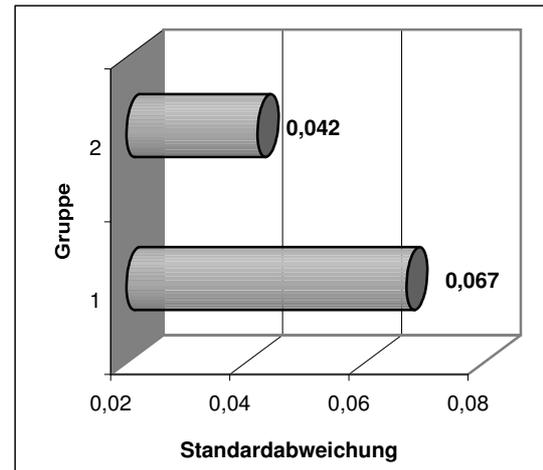


Abb. 93:
Standardabweichung der ventralen WK-Länge von C3 zu C4 zwischen Gruppe 1 und 2

Der Vergleich der durchschnittlichen Wirbelkörperlänge (Quotient aus dorsaler zu ventraler Länge) jedes ausgewerteten Wirbels zum kaudal folgenden zeigt, dass der dritte Wirbelkörper der Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2 eine signifikant größere Wirbelkörperlänge als der vierte Wirbel besitzt ($p=0,0186$). Ebenso weist die Standardabweichung mit 0,08 einen annähernd doppelt so großen Wert auf wie die der Gruppe 2 (Abb. 94, 95). Weitere statistische Unterschiede bestehen jedoch nicht ($p=0,2287$ {C7-T1} bis 0,7501 {C5-6}).

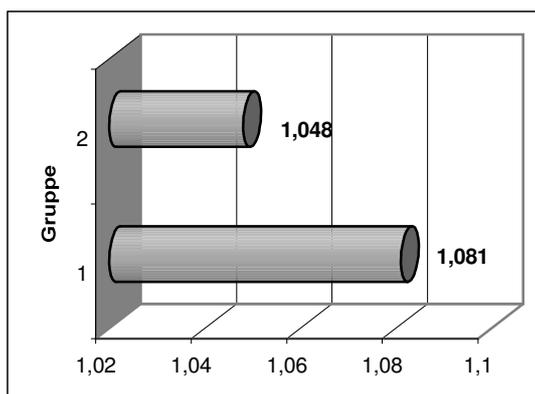


Abb. 94:
Verhältnis der durchschnittlichen Wirbelkörperlänge zwischen C3 und C4 zwischen Gruppe 1 und 2; $p=0,0186$

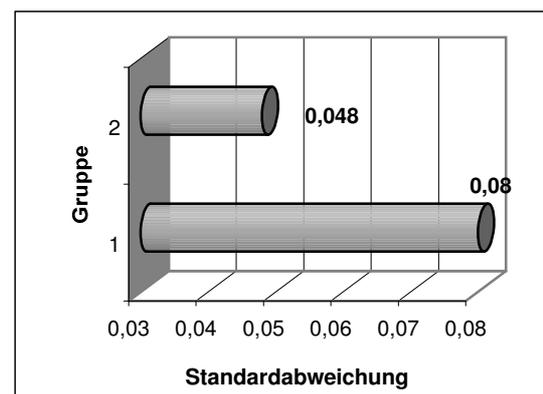


Abb. 95:
Standardabweichung der durchschnittlichen Wirbelkörperlängen zwischen C3 und C4

3.3.3 Wirbelkörperhöhe

Der Vergleich der Wirbelkörperhöhe zwischen Hunden der Gruppen 1 und 2 ergab keinen signifikanten Unterschied. Es wurde einerseits die kraniale, andererseits die kaudale Wirbelkörperhöhe der Wirbel C2 bis T1 beider Gruppen verglichen und ausgewertet. Lediglich die kraniale Wirbelkörperhöhe des dritten Halswirbels ist bei Gruppe 1 geringgradig größer und zeigt damit einen leicht signifikanten Unterschied ($p=0,0514$) bei großer Standardabweichung s ($s=1,786$ {Gruppe 1} und $1,572$ {Gruppe 2}). Die Minimal- und Maximalwerte liegen bei beiden Gruppen für alle Wirbellokalisationen eng beieinander.

Um das Verhältnis der kranialen zu den kaudalen Endplatten, sowie das der aneinandergrenzenden kaudalen und nachfolgenden kranialen Wirbelenden bewerten zu können, wurden diese Lokalisationen zwischen beiden Gruppen verglichen (Abb. 96). Dabei zeigte der arithmetische Mittelwert zwischen klinisch-neurologisch unauffälligen und auffälligen Dobermännern an keiner Stelle eine statistisch signifikante Differenz.

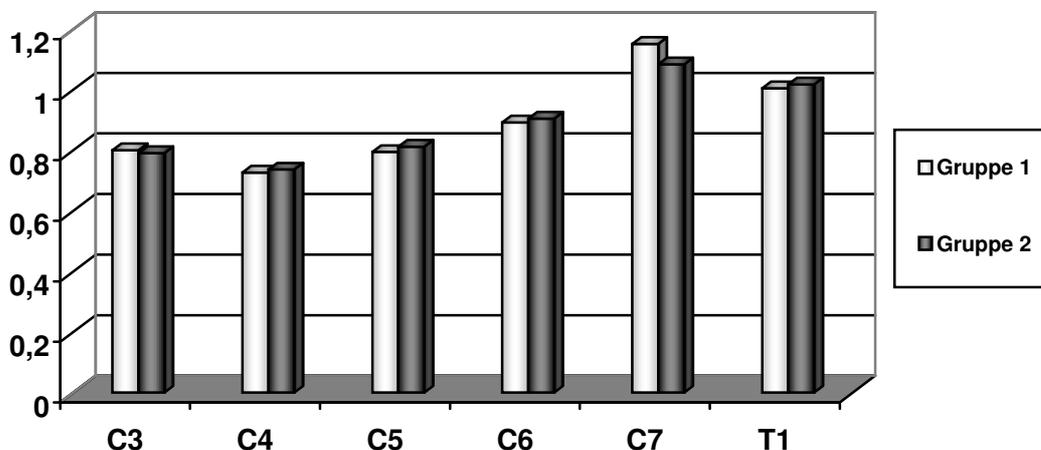


Abb. 96:

Verhältnis der kranialen zur kaudalen Wirbelkörperhöhe bei Gruppe 1 bis 3

3.3.4 Spinalkanalhöhe

Die kraniale Wirbelkanalhöhe zeigt zwischen Gruppe 1 und 2 keinen signifikanten Unterschied des Mittelwerts x ($p=0,0694$ {C6} bis $p=0,6141$ {C3}).

Beim Vergleich der kaudalen Spinalkanalhöhe fällt hingegen die Differenz der Mittelwerte bei C2 ($p=0,0232$) und C5 ($p=0,0381$) zwischen Gruppe 1 und 2 auf (Abb. 97, 98, 99 und 100). Eine weitere Signifikanz jedoch besteht nicht.

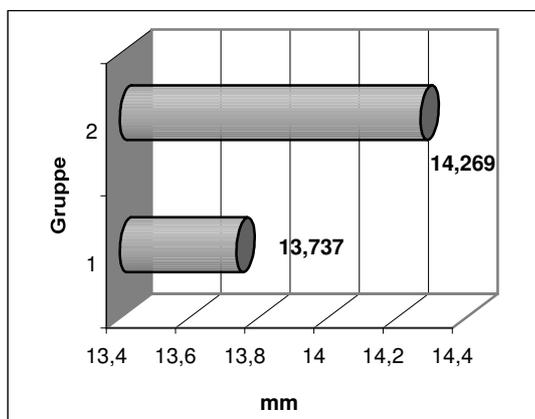


Abb. 97:
Kaudale Spinalhöhe bei C2 zwischen Gruppe 1 und 2; $p=0,0232$

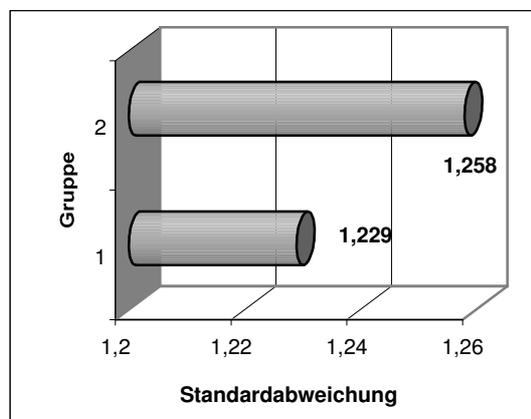


Abb. 98:
Standardabweichung der kaudalen Spinalkanalhöhe bei C2

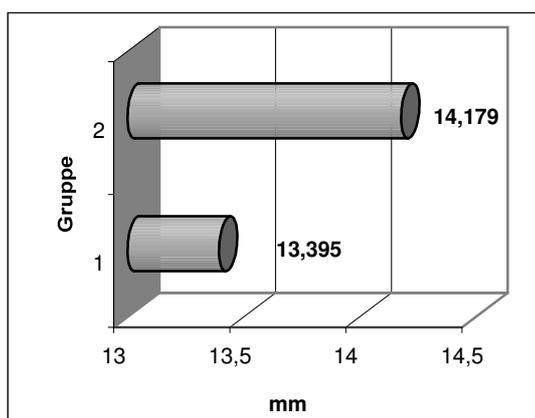


Abb. 99:
Kaudale Spinalhöhe bei C5 zwischen Gruppe 1 und 2; $p=0,0381$

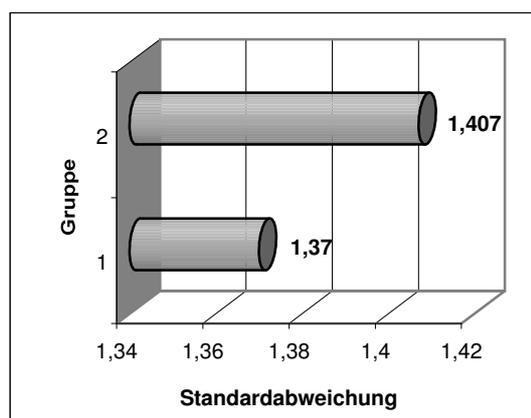


Abb. 100:
Standardabweichung der kaudalen Spinalkanalhöhe bei C2

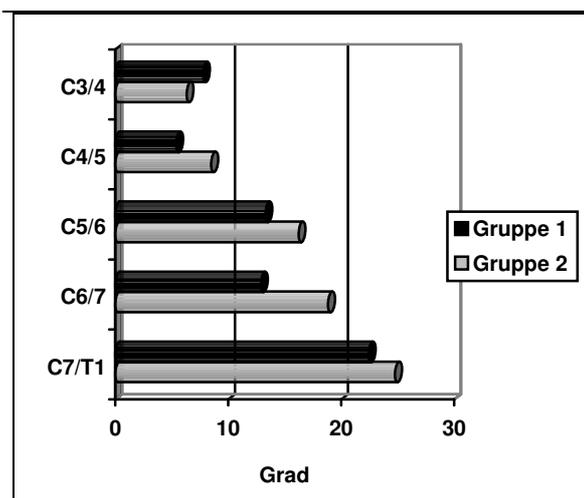
Der Vergleich des Verhältnisses von kranialer zu kaudaler und kaudaler zur nachfolgenden kranialen Spinalkanalhöhe zeigt an keiner Stelle einen signifikanten Unterschied zwischen klinisch unauffälligen und an Wobbler-Syndrom erkrankten Tieren der Rasse Dobermann.

3.3.5 Spinalkanalbreite

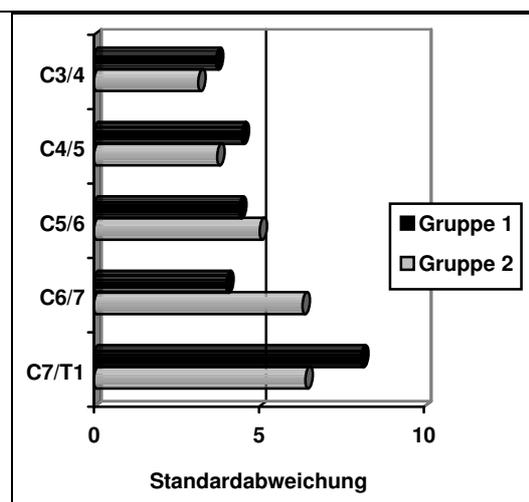
Es wurde jeweils die kraniale und kaudale Spinalkanalbreite beider Gruppen miteinander verglichen. An keinem Wirbel zeigt sich ein signifikanter Unterschied der Breite zwischen Gruppe 1 und 2. Auch der Vergleich des Verhältnisses von kranialer zu kaudaler und kaudaler zur nachfolgenden kranialen Spinalkanalbreite zeigte keine statistisch signifikanten Differenzen.

3.3.6 Die Winkel der Halswirbel zu einander bei gehaltenen Lagerungen

Der Vergleich der Winkel der Halswirbel zueinander bei dorsal überstreckter Lagerung ergab an 2 Stellen signifikante Unterschiede beim arithmetischen Mittelwert \bar{x} . Der Winkel zwischen viertem und fünftem sowie sechstem und siebtem Halswirbel ist bei klinisch unauffälligen Hunden der Rasse Dobermann signifikant größer als bei Patienten mit Wobbler-Syndrom. Die Signifikanz beträgt beim Winkel zwischen viertem und fünftem Halswirbel $p=0,0255$ bei einer Standardabweichung von $s=4,477$ (Gruppe 1) und $s=3,734$ (Gruppe 2), während sie zwischen dem sechsten und siebten Wirbel bei $p=0,0062$ und $s=4,012$ (Gruppe 1), sowie $s=6,321$ (Gruppe 2) liegt (Abb. 101, 102).

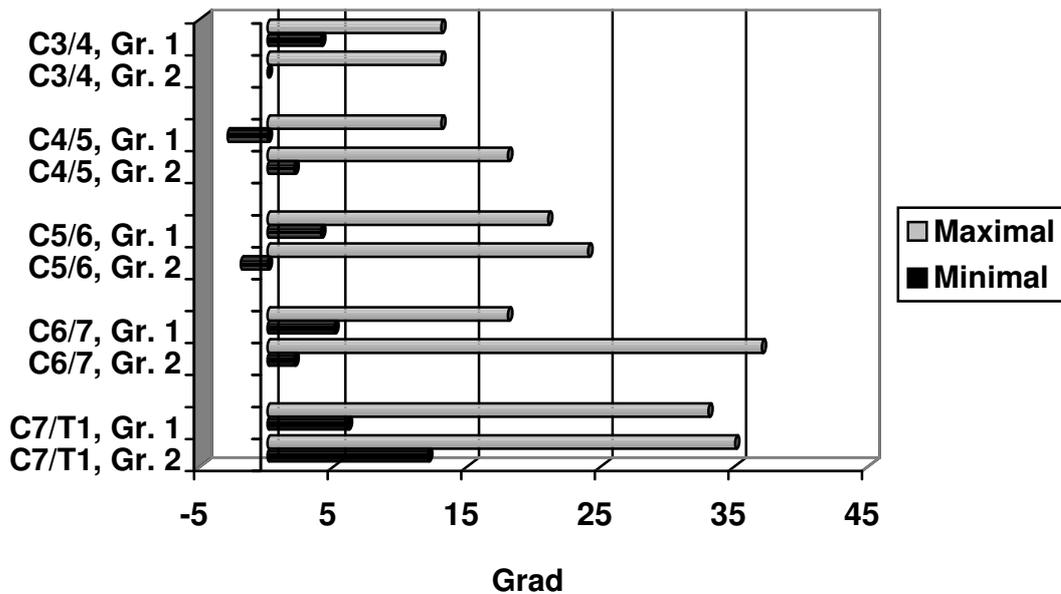
**Abb. 101:**

Arithmetischer Mittelwert des Winkels bei maximaler Überstreckung der HWS bei Gruppe Dobermann 1 und 2

**Abb. 102:**

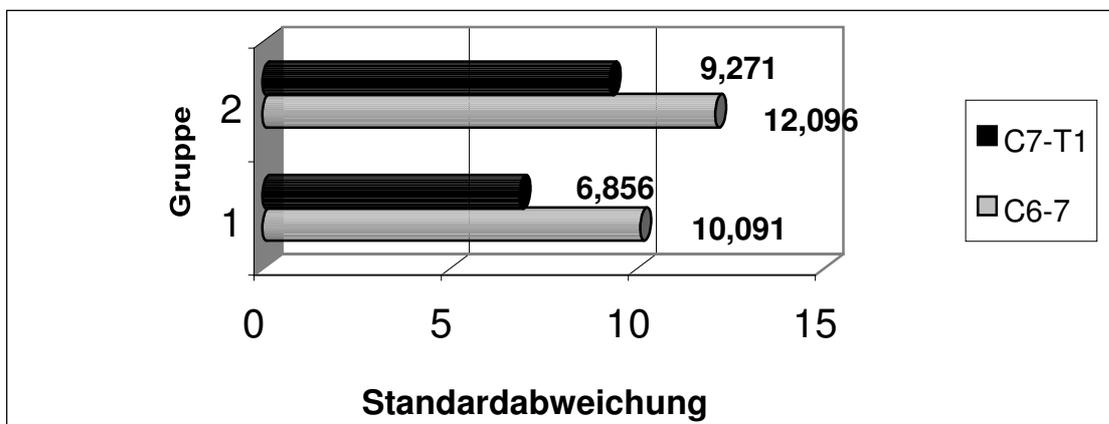
Standardabweichung des arithmetischen Mittelwerts bei maximaler Überstreckung der HWS bei Gruppe Dobermann 1 und 2

Der Vergleich der Minimal- und Maximalwerte zeigt beim Winkel zwischen dem sechsten und siebten Halswirbel einen deutlichen Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 2. Während der größte maximal überstreckbare Winkel bei klinisch unauffälligen Hunden bei 37° liegt, ließ sich der entsprechende Patient aus Gruppe 1 nur bis zu 18° überstrecken (Abb. 103). Der Patient mit geringster Überstreckbarkeit weist bei beiden Gruppen eine ähnliche Winkelung auf.

**Abb. 103:**

Minimal- und Maximalwinkel bei maximaler Überstreckung der HWS für Gruppe Dobermann 1 und 2

Im Gegensatz zur überstreckten Lagerung finden sich bei Überbeugung der Halswirbelsäule keine signifikanten Unterschiede zwischen klinisch-neurologisch auffälligen (Gruppe 1) und unauffälligen (Gruppe 2) Hunden der Rasse Dobermann. Die entsprechende Signifikanz liegt zwischen $p=0,1792$ (C3-4) und $0,8704$ (C5-6). Alle Winkel zeichnen sich zudem durch eine hohe Standardabweichung aus, die besonders zwischen C6-7 bei $s=6,856$ und C7-T1 bei $s=12,096$ beträgt (Abb. 104).

**Abb. 104:**

Standardabweichung der arithmetischen Mittelwerte der Winkel bei dorsaler Überbeugung von C6-7 und C7-T1

4 Diskussion

4.1 Methodik der Untersuchung

Veränderungen anatomischer Strukturen der Halswirbelsäule können durch das konventionelle Röntgen, die Computertomographie (CT) und die Magnetresonanztomographie (MRT) untersucht werden. Für die vorliegenden Untersuchungen wurde die röntgenologische Diagnostik angewandt, weil diese Technik einfach verfügbar und anwendbar ist und mit einer hohen Genauigkeit die knöchernen Strukturen an der Halswirbelsäule wiedergibt. Sie eignet sich am besten für die Anfertigung gehaltener Aufnahmen der Halswirbelsäule (Queen et al., 1998) und hat den größten praktischen Nutzen durch breite Verfügbarkeit und niedrigere Kosten.

Die röntgenologische Untersuchung muss in Vollnarkose durchgeführt werden, weil sonst durch Eigen- oder Abwehrbewegungen des Patienten auf Grund der Lagerungstechnik Abweichungen der Halswirbelsäule aus der plattenparallelen Achse auftreten, die eine exakte Beurteilung der Wirbel nicht mehr erlauben. In der Literatur wird die röntgenologische Diagnostik am narkotisierten Patienten ebenfalls beschrieben (Seim und Withrow, 1982; Lewis, 1991; Sharp et al., 1992).

Es hat sich gezeigt, dass die Halswirbelsäule insbesondere des Dobermanns in bestimmten Bereichen sehr variabel angelegt ist. Wir haben deshalb die absoluten Werte der verschiedenen Messpunkte durch die Bildung definierter Quotienten relativiert. Dadurch ist jedoch ein Vergleich mit der röntgenologischen Studie von Lewis (1991) nicht möglich, weil die Ergebnisse dieser Untersuchung auf absoluten Angaben beruhen. Ein Vergleich mit der Studie von Drost et al. (2002) bereitet wegen der unterschiedlichen Definition der Messpunkte Probleme. Während wir den Messungen festgelegte Punkte zu Grunde legen, geben Drost et al. (2002) jeweils einen Bereich der Wirbel an, in dem die größte Strecke zur Messung herangezogen wird. Weiterhin werden die berechneten Verhältnisse der verwendeten Messgrößen (Endplattenlänge, Wirbelkörperlänge) nicht in Bezug auf Ihre Variabilität überprüft. Wir konnten

jedoch zeigen, dass gerade im untersuchten Bereich C6 und C7 beim Dobermann stärkere Schwankungen auftreten, als dies bei anderen Rassen der Fall ist. Signifikante und pathogenetisch bedeutende Unterschiede zwischen klinisch unauffälligen Hunden und Tieren mit Wobbler-Syndrom, wie sie in dieser Studie festgestellt wurden, konnten wir für den Dobermann nicht nachweisen.

Gehaltene Lagerungstechniken werden angewandt, um pathologische Beweglichkeit durch entsprechende Winkel zwischen den Halswirbeln nach zu weisen („Tipping“). Sie dienen in Verbindung mit dem Myelogramm aber auch der Differenzierung statischer und dynamischer Bandscheibenläsionen (Seim III und Withrow, 1982; Ellison et al., 1988; Lewis, 1989 und 1991; McKee et al., 1990). Die angewandte Lagerungstechnik musste für unsere Untersuchungen erarbeitet werden, weil reproduzierbare und standardisierte Beschreibungen in der Literatur fehlen.

Während Sharp et al. (1992) den Nutzen gehaltener Lagerungen wegen fehlenden Referenzwerten und der daraus folgenden schwierigen Interpretation der Befunde in Frage stellt, wird diese Untersuchungstechnik von den meisten Autoren zur Differenzierung der statischen von der dynamischen Kompression angewandt (Seim III und Withrow, 1982; Ellison et al., 1988; Lewis, 1989 und 1991; McKee et al., 1990).

Neben den dorsal und ventral gehaltenen Aufnahmen wird von einzelnen Autoren beschrieben, dass zusätzlich Röntgenbilder unter geradem Zug an der Halswirbelsäule angefertigt werden können (Seim III und Withrow, 1982; Ellison et al., 1988; McKee et al., 1990; Sharp et al., 1992). Obwohl diese Technik zusätzliche Informationen über die Intaktheit der Bandscheiben und das Ausmaß der Rigidität der Wirbelverbindungen bieten kann, wurde sie nicht untersucht. Da keine entsprechenden Referenzwerte vorliegen, bestehen ähnliche Schwierigkeiten wie bei der Interpretation der dorsal und ventral gehaltenen Röntgenaufnahmen.

4.2 Übereinstimmung von Röntgenbild und anatomischen Strukturen der Halswirbelsäule

Die am Röntgenbild gemessenen Parameter wurden mit den anatomischen Strukturen bei 15 Hunden verglichen, die nicht in die statistische Auswertung aufgenommen wurden. Dabei wurden die in Kapitel 3 beschriebenen Längen am Röntgenbild ausgemessen, mit dem Sektionspräparat verglichen und die hoch signifikante Übereinstimmung statistisch belegt. Die sehr gute Korrelation der Werte wurde auch von Lewis (1991) festgestellt.

4.3 Anatomische Besonderheiten der HWS beim Dobermann

4.3.1 Die Wirbelkörperlänge

Die Länge eines Hebels bestimmt zum Teil die bei der Bewegung entstehende Kraft, die auf den Drehpunkt einwirkt. An der Wirbelsäule stellen die aneinander grenzenden Wirbel entsprechende Hebel dar, deren Bewegungszentrum in der Mitte des Nucleus pulposus liegt (Nickel et al., 1992; Schnapper und Waibl, 1998). Ändern sich die Hebelkräfte, weil die Wirbel länger oder kürzer als die physiologische Norm sind, könnte das zu Veränderungen im Bandscheibenstoffwechsel und letztlich zur Diskopathie führen. Diese Theorie wird durch die Untersuchungen von Caterson und Lowther (1978) gestützt, die durch Gelenkimmobilisation eine Stoffwechselstörung des Knorpels mit Abnahme des Chondroitinsulfats und Zunahme des Keratansulfats herbeiführen konnten. Ein Umbau der Bandscheibe, der die elastischen Eigenschaften beeinträchtigt, wurde auch von Burke et al. (1986) für den alten Hund nachgewiesen.

Die durchschnittliche Länge der Halswirbel verkürzt sich bei den Hunden der Gruppen 2 bis 7 von C3 zu C5. Vom fünften zum siebten Halswirbel steigt die Länge wieder an, während der erste Brustwirbel wieder kürzer angelegt ist als der letzte Halswirbel. Die Halswirbelsäule des Dobermanns (im arithmetischen Mittel) unterscheidet sich darin von den übrigen untersuchten Gruppen. Bei dieser Rasse ist der Quotient aus dorsaler zu ventraler Länge des fünften

Halswirbels bereits größer als der des vierten, woraus sich veränderte Hebelkräfte für die Bandscheiben ergeben. Ob die Lage des Nucleus pulposus an diese abweichende Biomechanik angepasst ist (Marchand und Ahmed, 1990), wurde bislang nicht untersucht (Kap. 2.3.3.1).

Die Schwankungsbreite der berechneten Quotienten aus dorsaler und ventraler Wirbelkörperlänge ist beim Dobermann auffällig groß. Bei einzelnen Patienten erreicht der sechste Halswirbel annähernd die doppelte Länge im Vergleich zu C7, während bei anderen der siebte Halswirbel länger ist als der sechste. Auch beim Verhältnis von dorsaler zu ventraler Länge besteht eine hohe Variabilität. Bei einem Patienten der Rasse Dobermann wurde für den siebten Halswirbel die 1,8 fache dorsale Länge im Vergleich zur ventralen ermittelt. Dies wird auch durch die hohe Standardabweichung bei dieser Rasse deutlich, die besonders im kaudalen HWS-Bereich signifikant über der der Vergleichsgruppen liegt.

Beim direkten Vergleich der jeweils dorsalen sowie ventralen Wirbelkörperlänge zu der des kaudal folgenden Wirbels weicht die HWS beim Dobermann ebenfalls von den Vergleichsgruppen 2 bis 7 ab. Während das Verhältnis bei allen anderen untersuchten Rassen von C3/4 nach C5/6 zunimmt, um sich ab C5/6 bis C6/7 wieder zu verkleinern, vergrößert sich beim Dobermann das Verhältnis der dorsalen und ventralen Längen bis zum sechsten und siebten Halswirbel, um sich erst von C7 zu T1 wieder zu verkleinern. Diese Besonderheit im Verhältnis der einzelnen Längen zu denen des kaudal folgenden Wirbels erklärt sich damit, dass beim Dobermann der siebte Halswirbel sowohl dorsal als auch ventral kürzer angelegt ist als bei den Hunden der Gruppen 2 bis 7. Insbesondere die ventrale Wirbelkörperlänge weist diese Verkürzung auf, was an dem deutlich größeren Verhältnis von C6/7 im Vergleich zu dem von C7/T1 erkennbar ist.

Durch den ungewöhnlich langen fünften und kurzen siebten Halswirbel bei Hunden der Rasse Dobermann ist eine biomechanische Fehlbelastung, insbesondere der Bandscheiben zwischen C5 bis T1 denkbar, wobei Auswirkungen auf weiter kranial gelegene Disci intervertebrales durch veränderte Hebelkräfte ebenfalls möglich sind. Von besonderem Interesse ist hierbei, ob bei diesen Tieren eine Anpassung der Bandscheiben an die knöchernen Besonderheiten durch Verlagerung ihres Zentrums, insbesondere

des Nucleus pulposus, stattgefunden hat (Nickel et al., 1992). Die hohe Variabilität zwischen der dorsalen und ventralen Wirbelkörperlänge, aber auch des Quotienten aus beiden Längen können jedoch nicht nur zu weiteren Fehlbelastungen führen, sondern setzen ebenso eine individuelle biomechanische Anpassung der Bandscheiben voraus.

4.3.2 Die Wirbelkörperhöhe

Die Wirbelkörperhöhe stellt sich bei allen Rassen an der kranialen und kaudalen Halswirbelsäule unterschiedlich dar. Die Länge der kranialen Endplatten nimmt bei allen Gruppen von C3 bis T1 zu, während die der kaudalen Endplatten nur vom zweiten bis zum vierten Halswirbel größer wird. Vom vierten zum fünften Halswirbel verkürzt sich die kaudale Begrenzung der Halswirbel wieder.

Das Verhältnis zwischen den jeweils kranialen Endplatten benachbarter Wirbel ergibt für den Dobermann im Vergleich zu den übrigen untersuchten Gruppen niedrige Werte (<1), da sich die kranialen Endplatten bei dieser Rasse stärker als bei den Vergleichsgruppen verlängern. Um so auffälliger ist das besonders große Verhältnis zwischen dem siebten Hals- und ersten Brustwirbel. Dies bestätigt auch in Bezug auf die kraniale Wirbelkörperhöhe die Sonderstellung des siebten Halswirbels bei der Rasse Dobermann. Die kraniale Endplatte des siebten Halswirbels ist bei diesen Hunden im Vergleich zu der des sechsten Hals- und ersten Brustwirbels deutlich länger angelegt als bei den Vergleichsgruppen.

Das Verhältnis der kaudalen Endplatten untereinander zeigt bei Tieren der Gruppe 1 zwischen allen Wirbelpaaren große Werte. Besonders zwischen den Endplatten des sechsten und siebten Halswirbels ist dies deutlich und stärker ausgeprägt als bei den Vergleichsrassen. Die kaudale Endplatte von C6 ist nicht nur im Vergleich zu der von C7, sondern auch gegenüber den Hunden der Gruppen 2 bis 7 deutlich länger angelegt. Dieser Befund steht im Einklang mit der auffällig langen kranialen Endplatte des siebten Halswirbels gegenüber denen des sechsten Hals- und ersten Brustwirbels.

Damit weist der Intervertebralspalt zwischen C6 und C7 insbesondere beim Dobermann eine ungewöhnlich lange, aber auch variable knöcherne

Begrenzung auf. Bei den häufig bestehenden Formveränderungen ist nicht immer erkennbar, ob es sich um sekundäre, degenerative Umbau- oder Anpassungsprozesse, oder um anlagebedingte Veränderungen handelt.

Die Endplatten des siebten Halswirbels sind beim Dobermann auffällig variabel angelegt (Standardabweichung $s=0,139$). Die ermittelte Schwankungsbreite reicht bei dieser Rasse von der 0,733 bis 1,8 fachen Länge der kranialen Endplatte im Vergleich zur kaudalen. Besonders bei Tieren mit deutlichen degenerativen und arthrotischen Veränderungen im ventralen Wirbelkörperbereich verlängert sich die kraniale Endplatte des C7 im Verhältnis zur kaudalen, so dass der Quotient aus beiden ansteigt.

Diese Ergebnisse zeigen, dass der Intervertebralspalt zwischen C6/7 bei Hunden der Rasse Dobermann durch ungewöhnlich lange Endplatten beider Wirbel auffällt, die bei den Vergleichsrassen nicht festgestellt werden konnten. Auch der siebte Halswirbel fällt bei der Untersuchung der kaudalen Endplatten auf, indem die große Variabilität seiner Anlage belegt werden kann.

Die Wirbelkörperform beeinflusst die dynamischen Eigenschaften der Halswirbelsäule entscheidend. Starke Wirbelkörperanomalien wie pflugscharartige oder kranial deutlich nach kaudo-ventral abgeflachte Wirbelkörper, für die der Dobermann nach unseren Untersuchungsergebnissen eine Prädisposition hat, müssen aus biomechanischer Sicht durch daraus resultierende Fehlbelastung als entscheidender Faktor bei der Entstehung des Wobbler-Syndroms angesehen werden (Olsson et al., 1982). In diesen anatomischen Abweichungen im Vergleich mit den Gruppen 2 bis 7 ist unserer Meinung nach ein wichtiger Faktor für die Degeneration des Nucleus pulposus sowie die Entwicklung arthrotischer Veränderungen zu sehen.

4.3.3 Spinalkanalhöhe

Die Spinalkanalhöhe findet in der Literatur als Ursache für das Wobbler-Syndrom bei der Dt. Dogge Beachtung (Olsson et al., 1982), soll aber wenig pathogenetische Bedeutung für den Dobermann haben. In der vorliegenden Arbeit wurde dies durch den Vergleich der Messergebnisse bei Gruppe 1 mit denen der Vergleichsgruppen 2 bis 7 überprüft. Gleichzeitig wurden die Daten

der Gruppe 2 (Dt. Dogge) mit den übrigen Gruppen verglichen, wobei diese Ergebnisse nicht statistisch überprüft wurden.

Der Vergleich von kranialem zu kaudalem Spinalkanaldurchmesser ergab für den Dobermann eine Besonderheit im Vergleich zu den übrigen Gruppen. Das Orificium caudale nimmt im Vergleich zum Orificium craniale bis zum siebten Halswirbel an Größe zu, während sich bei den Gruppen 2 bis 6 beide Öffnungen ab dem sechsten Halswirbel in ihrer Größe annähern. Diesem Ergebnis konnten wir jedoch keine klinische Bedeutung für den Dobermann beimessen.

Der Vergleich der kranio-kaudalen Spinalkanalhöhe bei Dt. Doggen zeigt hingegen einige Auffälligkeiten im Vergleich mit den übrigen Patienten. Diese Rasse weist an allen Halswirbeln das niedrigste Verhältnis (<1) zwischen kranialer und kaudaler Wirbelkanalhöhe auf, was auf eine überdurchschnittlich große Differenz zwischen den beiden Messpunkten zurück zu führen ist.

Das Verhältnis von kaudalem Spinalkanalausgang zu kranialem Eingang des folgenden Wirbels ist das klinisch entscheidende Verhältnis in Bezug auf die Höhe. In unserer Untersuchung stellt sich eine statische Kompression zwischen benachbarten Wirbeln, die durch dorso-ventrale Abflachung des Wirbelkanals bedingt ist, in einem großen Verhältnis zwischen Orificium caudale und Orificium craniale des kaudal folgenden Wirbels dar.

Das Verhältnis zwischen Aus- und Eingang des Wirbelkanals ist bei allen untersuchten Gruppen annähernd konstant. Die Gruppe Dobermann weicht dabei nicht von den Gruppen 3 bis 7 ab. Bei Gruppe 2 (Dt. Dogge) ist das Verhältnis hingegen auffallend groß. Im Zusammenhang mit dem ebenfalls sehr niedrigen Verhältnis zwischen kranialem und kaudalem Spinalkanal der einzelnen Wirbel (Kapitel 3.2.4.1) ist dies ein deutlicher Hinweis auf das enge Lumen des Orificium craniale bei der Dt. Dogge. Die Ursache des auffälligen Quotienten aus kaudaler und kranialer Spinalkanalhöhe muss dabei nicht in jedem Fall einen pathologischen Zustand beschreiben. Ein großes Orificium caudale führt bei der Bewegung nicht zur Verengung des Wirbelkanals, während ein kleines Orificium craniale die Ursache für statische oder dynamische Kompression sein kann. In beiden Fällen ergibt der Quotient aus kaudaler zu kranialer Öffnung einen großen Wert. Die weitere statistische

Aufarbeitung zur Differenzierung der Ursache des auffällig großen Verhältnisses bei der Dt. Dogge wurde jedoch nicht angestellt.

4.3.4 Spinalkanalbreite

Der arithmetische Mittelwert der Spinalkanalbreite weist beim Dobermann keine auffälligen Abweichungen gegenüber den Vergleichsgruppen auf. Lediglich am zweiten, dritten und fünften Halswirbel bestehen stärkere Schwankungen zwischen den Minimal- und Maximalwerten als bei den Gruppen 2 bis 7, was sich auch in der hohen Standardabweichung wieder spiegelt.

Der arithmetische Mittelwert ist bei Gruppe 2 ohne Besonderheiten im Vergleich mit den übrigen untersuchten Rassen. Die Standardabweichung zeigt hingegen bei der Dt. Dogge ab dem zweiten Halswirbel die höchsten Werte, da die Verteilung der gemessenen Breite bei den einzelnen Tieren weiter gestreut ist als bei den übrigen Gruppen.

Bei den Gruppen 1 und 2 besteht kein signifikanter Unterschied des Verhältnisses von kranialer zu kaudaler Wirbelkanalbreite im Vergleich zu den Gruppen 3 bis 7. Die Werte einzelner Patienten können jedoch erheblich vom Mittelwert abweichen, wodurch eine potentielle Engstelle beschrieben sein kann. Die erhöhte Standardabweichung bei Dobermann und Dt. Dogge zeigt, dass bei diesen Rassen auch in Bezug auf die Spinalkanalbreite mehr Hunde vom Mittelwert abweichen, als bei den übrigen Gruppen. Allerdings sind die Abweichungen statistisch nicht signifikant und kommen im Mittelwert nicht zum Ausdruck. Deshalb kann keine signifikante Schlussfolgerung bezüglich des Wobbler-Syndroms belegt werden.

4.3.5 Die Biegefähigkeit der Halswirbelsäule

Der Dobermann weist im Vergleich zu den übrigen untersuchten Rassen eine nach dorsal relativ steife Halswirbelsäule im Bereich zwischen dem dritten und siebten Halswirbel auf. Dabei sind besonders die Winkelungen zwischen dem sechsten und siebten Halswirbel gegenüber allen anderen Gruppen am geringsten. Umso auffälliger ist daher die besonders große dorsale Überstreck-

barkeit zwischen dem letzten Hals- und ersten Brustwirbel bei dieser Rasse. Die erreichbare Winkelung stellt die größte aller 7 Gruppen dar. Diese Ergebnisse sind mit $p=0,0000$ (C6/7) und $p=0,0221$ (C7/T1) statistisch höchst signifikant.

Für die biomechanischen Eigenschaften der Halswirbelsäule des Dobermanns ist dies sehr bedeutsam. Der plötzliche Übergang zu dem sehr flexiblen Segment C7/T1 überträgt einen unverhältnismäßig großen Teil der dynamischen Hebelkräfte auf diesen Intervertebralspalt, dessen Bandscheibe die Belastungen aufnehmen muss. Die geringe Beweglichkeit im Intervertebralspalt C6/7 beim Dobermann wird möglicherweise durch die ungewöhnlich langen Endplatten verursacht, die eine adaequate Bewegung verhindern könnten. Ob die Bandscheiben der kaudalen HWS an diese ungewöhnlichen Krafteinwirkungen angepasst sind, wurde bislang nicht untersucht. Möglicherweise steht die veränderten Wirbelkörperlänge im Vergleich zu anderen Rassen, wie es in Kapitel 4.3.1 bereits besprochen wurde, in ähnlichem, ursächlichem Zusammenhang zur Bandscheibenüberlastung. Diese Befunde stehen in Einklang mit der typischen Lokalisation des Wobbler-Syndroms beim Dobermann an der kaudalen Halswirbelsäule.

Iatrogen kann bei dieser Rasse eine vergleichbare Schädigung der Bandscheibe verursacht werden. Beschriebene Stabilisationsmethoden verlängern durch Fusion zweier Wirbel die dynamischen Hebel der Halswirbelsäule. Dadurch kommt es bei einem Teil der Patienten zum sogenannten „Domino-Effekt“, wobei an einem angrenzenden Intervertebralspalt die Bandscheibe überlastet ist, degeneriert und letztlich vorfällt.

Die ventrale Biegefähigkeit der Halswirbelsäule ist beim Dobermann im Vergleich zur der nach dorsal gut ausgebildet. Während die erreichbaren Winkelungen bei C4/5 und C7/T1 im oberen Bereich der arithmetischen Mittelwerte liegen, übertreffen sie bei C5/6 und C6/7 die der übrigen Gruppen deutlich. Besonders in Bezug auf die überdurchschnittlich langen Endplatten von C6/7 beim Dobermann ist dies erstaunlich, da hier wie bei dorsaler Extension eine verminderte Beweglichkeit zu erwarten gewesen wäre. Die erhöhte ventrale Flexibilität kann durch den vergleichsweise schmalen Hals erklärt werden, der einen großen Bewegungsradius ermöglicht. Dabei sollte

jedoch auch die dorsale Beweglichkeit der HWS besser ausgeprägt sein. Andererseits ist eine relativ lockere Verbindung der Halswirbelkörper durch ligamentäre und muskuläre Strukturen denkbar, die vor allem die ventrale Bewegung im vermehrten Maße zulässt. In diesem Fall wäre eine auslösende Pathogenese für das Wobbler-Syndrom des Dobermanns vorstellbar, da bei dieser Rasse die Instabilität und das sogenannte „Tipping“ eines Halswirbelkörpers häufig im Zusammenhang mit klinisch-neurologisch auffälligen Patienten beschrieben wird.

Zwischen dem sechsten Hals- und ersten Brustwirbel ist bei Tieren der Gruppe 1 für die ventrale Überbeugung eine hohe Varianz der möglichen Winkel auffällig. Dies zeigt sich auch an der hohen Standardabweichung ($s=11,91$) bei hochgradiger Signifikanz ($p=0,0000$). Aus diesen Ergebnissen lässt sich folgern, dass einzelne Hunde der Rasse Dobermann eine besonders bewegliche Verbindungen zwischen den Wirbelkörpern der kaudalen HWS aufweisen, die in der starken Abweichung von den bereits hohen arithmetischen Mittelwerten zum Ausdruck kommt.

Eine Schlussfolgerung ist, dass Hunde der Rasse Dobermann wegen der Hebelkräfte auf die kaudalen Bandscheiben der HWS, deren Achse nicht durch das Zentrum des Nucleus pulposus verläuft, grundsätzlich für das Auftreten einer Diskopathie prädisponiert sind. Einzelne Tiere übertreffen jedoch nochmals diese überdurchschnittliche Bewegungsfähigkeit der letzten Halswirbel, so dass insbesondere bei diesen Hunden die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des Wobbler-Syndroms erhöht ist. Die Summation von Negativeinflüssen stützt die Theorie der multifaktoriellen Entstehungsweise der Erkrankung (Seim III und Withrow, 1982).

4.3.6 Die Änderung der Winkel bei Überbeugung und Überstreckung

Die Ergebnisse der Winkeländerung bei dorsaler Überstreckung der HWS spiegeln die Ergebnisse der Einzelwinkel bei dorsaler Überstreckung der Halswirbelsäule wieder. Während sich im kranialen und mittleren Bereich die Winkel zwischen den Wirbelpaaren nur wenig ändern und damit die jeweilige Differenz (Beugungsänderung) geringe Werte aufweist, steigt sie an der kaudalen HWS zwischen C6 und T1 auf die höchsten Werte an. Die

zwischen C6 und T1 auf die höchsten Werte an. Die statistische Signifikanz für den kaudalen Bereich liegt unter 0,05.

Die Beugungsänderung bei ventraler Überbeugung ergibt beim Dobermann zwischen C3/4 und C6/7 vergleichsweise geringe Werte. In diesem Bereich besteht eine relativ gleichmäßige, aber hohe Beugungsfähigkeit der Halswirbelsäule.

Der deutliche Anstieg der Werte zwischen den Winkeln C6/7 und C7/T1 resultiert aus der allgemein nur noch geringen Beugungsfähigkeit zwischen dem sechsten und siebten Halswirbel und der bei allen Gruppen vorhandenen und beim Dobermann am stärksten ausgeprägten „Rotation“ des ersten Brustwirbels gegen die Beugungsrichtung, wodurch der negative Winkel α zwischen C7 und T1 bei allen Gruppen entsteht (Kap. 3.4.2.2).

Die Untersuchung der Winkeländerung bei Überbeugung und Überstreckung der HWS bringt keine zusätzlichen Ergebnisse im Vergleich zur Bewertung der Einzelwinkel. Sie hat aber Bedeutung in der Bestätigung und der Vereinfachung ihrer Interpretation.

4.3.7 Beweglichkeit

Um die mögliche Gesamtbewegung der einzelnen Halswirbel beschreiben zu können, wurde jeweils der Winkel bei dorsaler Überstreckung und ventraler Überbeugung addiert. Der dadurch erhaltene Wert gibt die Flexibilität der intervertebralen Verbindung zwischen je zwei Halswirbeln wieder. Da die Messungen in Narkose durchgeführt wurden, bleibt der Einfluss der Muskulatur auf die Stabilität unberücksichtigt.

Bei allen Gruppen nimmt die Beweglichkeit in kranio-kaudaler Richtung zu. Obwohl sich die Werte zwischen den Rassen nicht signifikant unterscheiden, lassen sich doch deutliche Tendenzen erkennen.

Im Gegensatz zur Dt. Dogge besitzt der Dobermann eine flexible Halswirbelsäule. Dies steht auch in Einklang mit der rassetypischen Pathogenese des Wobbler-Syndroms. Während beim Dobermann Instabilität und Bandscheibenveränderungen im Vordergrund stehen (Lewis, 1989; 1991; Sharp, 1992), wird

die Erkrankung bei der Dogge durch statische Myelonkompression verursacht, bei der dynamische Aspekte eine untergeordnete Rolle spielen (Olsson, 1982).

Beim Dobermann sind die Minimal- und Maximalwerte sowie die Standardabweichungen an der kranialen und mittleren Halswirbelsäule vergleichsweise gering. An der kaudalen HWS besteht bei dieser Rasse jedoch die höchste Schwankungsbreite zwischen den größten und kleinsten gemessenen Winkeln im Vergleich mit den übrigen Gruppen. Dabei konnten Differenzen zwischen Minimal- und Maximalwerten von 45° (C6/7), bzw. 39° (C7/T1) ermittelt werden. Ebenso steigen die Standardabweichungen bei dieser Rasse von 6,443 (C5/6) auf 10,222 (C6/7) deutlich an.

Die Beweglichkeit der Halswirbelsäule ist ein geeigneter Parameter, um die Gesamtbelastung der Bandscheibe wieder zu geben. Die Addition der möglichen Winkelungen in beiden Richtungen entspricht am ehesten den tatsächlich auftretenden Kräften bei eindimensionaler Betrachtung. Rotationskräfte und Belastung durch seitliche Drehung der HWS bleiben jedoch unberücksichtigt. Ähnliche kinetische Untersuchungen für das Cauda equina-Kompressionssyndrom des DSH wurden von Bürger und Lang (1992) an der Bandscheibe L7/S1 durchgeführt. Hier wurden jedoch unter Berücksichtigung der Rotationsfähigkeit zusätzlich die Drehpunkte zwischen den entsprechenden Wirbeln bestimmt. Die Unterteilung der Beweglichkeit in dorsal und ventral gerichtete Beugungsfähigkeit brachte in dieser Untersuchung keinen zusätzlichen Nutzen. Eindeutige Ergebnisse in Bezug auf den pathogenetischen Zusammenhang zwischen dem Cauda equina-Kompressionssyndrom und der Gesamtbeweglichkeit konnten ebenfalls nicht ermittelt werden.

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass insbesondere bei der Rasse Dobermann gehäuft Hunde vorkommen, deren kaudale Halswirbelsäule deutlich flexibler ist als die bei Vergleichsrassen. Für die kaudale Lendenwirbelsäule konnte von Posner et al. (1982) gezeigt werden, dass die erhöhte Beweglichkeit durch dickere Bandscheiben und einen verlagerten Drehpunkt erreicht wird. Ähnliche statistische Untersuchungen wurden für die HWS des Dobermanns bisher nicht durchgeführt. Da der Dobermann jedoch eine Sonderstellung in Bezug auf die erhöhte Beweglichkeit, größere Winkel

bei dorsaler und ventraler Lagerung und veränderte Hebelwirkungen im Vergleich zu den übrigen untersuchten Gruppen einnimmt, ist diese anatomische Anpassung, wie sie von Posner et al. (1982) beschrieben werden, möglicherweise nicht gegeben. Daraus würde eine erhöhte Belastung der Bandscheiben folgen.

In Übereinstimmung zu den Untersuchungen am lumbo-sakralen Übergang des DSH (Bürger und Lang, 1992) ist beim Dobermann bei klinisch-neurologischen und entsprechenden radiologischen Befunden die Bezeichnung „Instabilität“ betreffender Halswirbel im Sinne einer Translation gerechtfertigt.

4.3.8 Vergleich der gemessenen Parameter mit den klinischen Befunden

Die Gruppe 1 (Dobermann) weist an mehreren Stellen der Halswirbelsäule Unterschiede zu den Vergleichsgruppen auf. Dabei wurden jedoch klinisch unauffällige Hunde und solche mit zervikaler Spondylomyelopathie gemeinsam ausgewertet. Um zu untersuchen, ob sich die Differenzen, die zu den Vergleichsrassen bestehen, zwischen klinisch-neurologisch auffälligen und symptomlosen Hunden der Rasse Dobermann ebenfalls herausbilden, wurden die Gruppe 1 nochmals getrennt ausgewertet.

Dabei konnte keine signifikante und für dieses Syndrom relevante Differenz zwischen erkrankten und klinisch unauffälligen Patienten nachgewiesen werden.

Die Gruppen unterscheiden sich lediglich in der dorsalen Winkelung bei überstreckter Lagerung. Dabei war der Winkel zwischen C4/5 und C6/7 bei klinisch symptomlosen Hunden signifikant größer als bei solchen mit Krankheitsanzeichen. Dies könnte damit erklärt werden, dass Patienten mit zervikaler Spondylomyelopathie meist über lange Zeit an der Erkrankung leiden und Wirbelinstabilitäten aufweisen, die sich durch bindegewebige und spondylootische Umbauprozesse im ventralen, subvertebralen Bereich oder neuromuskuläre Veränderungen bereits wieder stabilisieren.

Lewis (1991) konnte einen deutlichen Unterschied zwischen klinisch unauffälligen und erkrankten Hunden der Rasse Dobermann feststellen. Das Orificium craniale männlicher erkrankter Dobermänner war um 13%, das weiblicher er-

krankter Tiere um 7,8% geringer als das gesunder Hunde der gleichen Rasse. Durch Einbeziehen weiterer Kriterien wie Auffälligkeit der Form von C6 oder C7, ventraler Spondylosenbildung und Merkmale von Instabilität konnte er in 71,4% (20 von 28 Hunden) der Tiere mit entsprechenden Veränderungen die Entstehung des Wobbler-Syndroms innerhalb von 5 Jahren vorher sagen. Wir konnten entsprechende, signifikante Differenzen zwischen klinisch unauffälligen und an Wobbler-Syndrom erkrankten Hunden der Rasse Dobermann nicht feststellen. Der Vergleich zwischen den Ergebnissen von Lewis (1991) und eigenen Daten wird durch die absoluten Zahlenwerte seiner Studie erschwert. Es lässt sich jedoch insbesondere nicht zufriedenstellend klären, weshalb Lewis signifikante Differenzen der Wirbelkanalhöhe zwischen gesunden und erkrankten Dobermännern feststellt, die wir durch Quotientenbildung nicht nachgewiesen haben.

Wir konnten durch unsere Arbeit keine signifikanten morphologischen Unterschiede der HWS bei Patienten der Rasse Dobermann mit zervikaler Spondylomyelopathie gegenüber symptomfreien Hunden der selben Rasse feststellen. Das lässt darauf schließen, dass die Prädisposition für diese Erkrankung neben möglichen weiteren Faktoren durch die Dobermann typische Wirbelmorphologie bedingt ist und die gesamte Rasse betrifft. Extreme Veränderungen, wie sie in großen Minimal- Maximaldifferenzen verschiedener Parameter zum Ausdruck kommen, können das Risiko für klinische Anzeichen der Erkrankung deutlich erhöhen. Andererseits bedeutet dies, dass klinisch unauffällige Patienten durch ihr anatomisches Risiko über lange Zeit symptomfrei sein, aber später doch noch erkranken können. Darauf deutet auch das relativ hohen Durchschnittsalter von 6 bis 7 Jahren bis zum Auftreten klinisch-neurologischer Erscheinungen hin (Seim III und Withrow, 1982; Lewis, 1989).

Es ist nicht möglich, durch einzelne anatomische und biomechanisch-kinetische Abweichungen der HWS beim Dobermann im Vergleich zu anderen Rassen eine genaue Prognose für die Entstehung des Wobbler-Syndroms zu stellen. Man muss davon ausgehen, dass es sich um eine multifaktorielle Ätiologie handelt, wobei die Gewichtung einzelner Veränderungen für die Wahrscheinlichkeit der Erkrankung zur Zeit nicht möglich ist. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass es gelingt, bei Abweichung von der

Anatomie oder Kinetik die Prädisposition für die Entstehung des Wobbler-Syndroms zu erkennen. Neben der abweichenden Anatomie der Halswirbel im Vergleich zu den Kontrollgruppen sind die Haltungsbedingungen, Fütterung in Bezug auf den Energie- und Mineralstoffgehalt, die Ausbildung der Halsmuskulatur sowie die Festigkeit der Bandstrukturen der HWS mögliche weitere negative Faktoren. Diese Parameter sind bei den Tieren individuell unterschiedlich und einer objektiven Beurteilung nur sehr schwer zugänglich, beeinflussen unserer Meinung nach jedoch die Manifestation der Erkrankung bei vorhandener skelettaler Prädisposition entscheidend. Hierin sehen wir für die Zukunft das größte Hindernis für eine sichere und prognostisch orientierte Diagnostik des Wobbler-Syndroms beim Dobermann.

5 Zusammenfassung

Im Literaturteil wird ein Überblick über das derzeitige Wissen zum Wobbler-Syndrom beim Hund gegeben. Dabei finden ätiologische, pathogenetische und pathophysiologische sowie therapeutische Gesichtspunkte besondere Beachtung. Durch die eigenen Untersuchungen werden anhand von Messungen an Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule bei Hunden der Rasse Dobermann (n=98) bei physiologischer und gehaltener Lagerung reproduzierbare Werte für die Zervikalwirbel beim Dobermann erarbeitet. Diese werden mit Patienten aus 6 Vergleichsgruppen (n=182) in Beziehung gesetzt und statistisch durch eine einfaktorielle Varianzanalyse und den „many-to-one-Vergleich“ (Dunnett-Test) ausgewertet.

Durch unsere Untersuchungen konnten wir zeigen, dass das konventionelle Röntgen der Halswirbelsäule die anatomischen Strukturen in exaktem Verhältnis wiedergibt. Dies wurde durch den Vergleich von Röntgenbildern und entsprechend präparierten Halswirbelsäulen belegt. Die angewandte Röntgentechnik in physiologischer und definiert gehaltener Lagerung bietet bei der Auswertung umfassende Informationen über statische und dynamische Verhältnisse am Hals. Exakt gelagerte Röntgenaufnahmen haben sich für die meisten Patienten als ausreichend erwiesen. In Einzelfällen hat sich aber gezeigt, dass die Ergänzung durch weitere bildgebende Verfahren wie Computertomographie oder Magnetresonanztomographie die Diagnostik bei Patienten mit dem Verdacht auf Wobbler-Syndrom unterstützen kann. In jedem Fall muss die bildgebende Diagnostik am narkotisierten Patienten durchgeführt werden.

Wir konnten durch unsere Untersuchungen feststellen, dass beim Dobermann anatomische Unterschiede im Vergleich zu den Rassen Dt. Dogge (Gruppe 2), Bracke, Mittelschnauzer, Cocker, Beagle, Pudel, Collie, Windhund, Bobtail, Austr. Shepherd (Gruppe 3), DSH, BSH, Hütehund, Riesenschnauzer (Gruppe 4), Dackel, Zwergschnauzer, JRT, Spitz, Shi-Tsu, Chihuahua (Gruppe 5), Stafford Terrier, Boxer, Rottweiler (Gruppe 6), Retriever, Münsterländer, Hovawart, Dalmatiner, Husky, Irish Setter und Picard (Gruppe 7) bestehen.

Bei den Rassen der Gruppen 2 bis 7 konnten wir progressive Verkürzungen der Halswirbelkörperlänge vom dritten bis fünften Wirbelkörper feststellen. Danach

werden die Wirbel im untersuchten Bereich wieder länger. Beim Dobermann ist der fünfte Halswirbel bereits länger als der vierte. Zusätzlich besteht eine breite Variabilität der Wirbelkörperlänge. Besonders das Verhältnis der dorsalen zur ventralen Wirbelkörperlänge zwischen C6 und C7 ist auffallend unterschiedlich angelegt.

Eine besondere Rolle kommt dem siebten Halswirbel zu. Wir konnten für den Dobermann zeigen, dass dieser Wirbel kürzer angelegt ist als bei den untersuchten Vergleichsrassen. Dies wird beim Verhältnis der dorsalen zur ventralen Länge, besonders aber auch zwischen der ventralen Wirbelkörperlänge von C7 und der von C6 und T1 sowie beim Vergleich von C7 des Dobermanns und Hunden der Gruppen 2 bis 7 deutlich.

Bei der Auswertung der Ergebnisse der Wirbelkörperhöhe konnten wir ebenfalls signifikante Unterschiede zu den Vergleichsrassen feststellen. Die kraniale Wirbelkörperhöhe verkürzt sich in kranio-kaudaler Richtung beim Dobermann stärker als bei den Hunden der Gruppen 2 bis 7. Insbesondere der Bereich zwischen dem sechsten Hals- und ersten Brustwirbel fällt bei dieser Rasse auf. Durch den Vergleich der kranialen Endplatten von C6 bis T1 konnten wir zeigen, dass die kraniale Wirbelkörperhöhe des siebten Halswirbels eine ungewöhnliche Länge besitzt. Korrespondierend dazu ist beim Dobermann die kaudale Endplatte des C6 im Vergleich mit der entsprechenden von C7 auffallend lang, was sich auch gegenüber den Vergleichsrassen bestätigt.

Damit konnten wir für den Dobermann zeigen, dass der Intervertebralspalt zwischen sechstem und siebtem Halswirbel durch zwei ungewöhnlich lange Endplatten begrenzt wird.

Durch den Vergleich der langen kranialen Endplatte des siebten Halswirbels mit der deutlich kürzeren des ersten Brustwirbels wird auch hier die Sonderstellung von C7 beim Dobermann deutlich.

In der Literatur wird der Spinalkanalhöhe und -breite keine besondere pathogenetische Bedeutung für das Wobbler-Syndrom beim Dobermann beigemessen. Durch eigene Untersuchungen können wir das bestätigen. Bei Dt. Doggen wurden für beide Messparameter Besonderheiten gegenüber den anderen Rassen gefunden.

Die Instabilität („Tipping“) einzelner Wirbel der HWS beim Dobermann wird in Publikationen immer wieder beschrieben. In den zahlreichen therapeutischen Ansätzen wird versucht, dieser Besonderheit Rechnung zu tragen. Wir haben durch definierte Lagerungstechniken Standardwerte erarbeitet, die die dynamischen Eigenschaften der HWS bei den verschiedenen Rassen wiedergeben. Der Dobermann zeichnet sich durch eine nach dorsal steife Halswirbelsäule im Bereich zwischen C3 und C7 aus. Besonders der Intervertebralspalt C6/7 ist beim Vergleich mit den Ergebnissen der übrigen Gruppen auffallend unbeweglich. Im Gegensatz dazu ist der Übergang zwischen C7/T1 bei dieser Rasse flexibler angelegt als bei allen anderen untersuchten Rassen. Damit besteht ein äußerst abrupter Übergang von wenig beweglicher zu auffallend flexibler Wirbelverbindung an der kaudalen HWS.

Bei Betrachtung der ventralen Beugungsfähigkeit der HWS sind ebenfalls Auffälligkeiten erkennbar. Der Dobermann besitzt eine nach ventral sehr bewegliche Halswirbelsäule, wobei die möglichen Winkel bei den einzelnen Tieren sehr unterschiedlich sind. Die große Beweglichkeit nach ventral kann einerseits durch den schlanken Hals dieser Rasse erklärt werden, da große Muskelpartien eine Bewegung des Skeletts in dieser Richtung nicht behindern. Andererseits widerspricht dies der geringen dorsalen Überstreckbarkeit beim Dobermann. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass der Dobermann insbesondere für die ventrale Bewegung des Halses eine weniger stabile ligamentäre, beziehungsweise muskuläre Verbindung der Halswirbelkörper besitzt als die Vergleichsrassen. Die große Variabilität zeigt auch, dass einzelne Tiere dieses hohe Maß an Beweglichkeit noch übertreffen.

Wir haben die gemessenen Winkel bei dorsaler und ventraler Lagerung addiert, um die Gesamtbeweglichkeit, die als Kraft auf die Bandscheiben einwirkt, vergleichen zu können. Dabei konnten zwar keine signifikanten Unterschiede, aber doch deutliche Tendenzen festgestellt werden. Die Beweglichkeit der HWS beim anästhesierten Hund unterscheidet sich zwischen den Rassen. Während der Dobermann eine sehr flexible Wirbelsäule besitzt, ist die der Dt. Dogge viel unbeweglicher. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit der jeweiligen Pathogenese des Wobbler-Syndroms bei den beiden Rassen. Wir konnten neben der hohen Beweglichkeit der Halswirbelsäule beim Dobermann

auch die große Schwankungsbreite zwischen möglichen Winkelungen an der kaudalen HWS feststellen. Es wurde eine Differenz zwischen der kleinsten und größten ermittelten Beweglichkeit von 45° zwischen C6/7 und von 39° zwischen C7/T1 errechnet.

Bislang wurde nicht untersucht, ob die Bandscheiben des Dobermanns an die Besonderheiten angepasst sind, die sich durch die ungewöhnliche Länge und Beweglichkeit der Wirbel ergeben. Unter Berücksichtigung der hohen Variabilität der Anatomie der Halswirbel beim Dobermann kann dies jedoch grundsätzlich in Frage gestellt werden. In diesem Fall würde die chronische Fehlbelastung eine Prädisposition zur beschleunigten Degeneration des Nucleus pulposus und zur Diskopathie bedeuten. Durch die eingeschränkte Funktion der Bandscheiben ist eine sekundäre Instabilität erklärbar.

Bei dieser Annahme besteht eine Korrelation zwischen veränderten Parametern und klinisch-neurologischer Symptomatik. Um dies zu überprüfen, haben wir die Gruppe 1 in klinisch gesunde Hunde und Patienten mit Wobbler-Syndrom unterteilt und ausgewertet. Dabei fiel auf, dass die HWS klinisch gesunder Hunde der Rasse Dobermann bei C4/5 und C6/7 nach dorsal signifikant weiter überstreckbar ist als die erkrankter Tiere. Dieser Befund ist durch verstärkte bindegewebige und spondylotische Umbauprozesse an den ventralen Wirbelkörpern bei Tieren mit Wobbler-Syndrom zu erklären. Weitere Unterschiede wurden jedoch nicht gefunden.

Aus unseren Ergebnissen kann der Schluss gezogen werden, dass der Dobermann durch die typische Wirbelmorphologie und erhöhte Beweglichkeit der Halswirbelsäule eine Prädisposition zur Entwicklung des Wobbler-Syndroms besitzt. Die Prädisposition kann radiologisch dargestellt werden. Extreme Abweichungen von der „Norm“ der Vergleichsgruppen erhöhen die Wahrscheinlichkeit zur Entwicklung klinisch-neurologischer Ausfälle. Da kaum Unterschiede zwischen klinisch gesunden und erkrankten Hunden der Rasse Dobermann bestehen, muss davon ausgegangen werden, dass es sich um eine multifaktorielle Ätiologie handelt, wobei die Addition mehrerer ungünstiger Voraussetzungen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Wobbler-

Syndroms erhöht. Dies entspricht auch dem bevorzugten Erkrankungsalter von 6 bis 7 Jahren.

Es gelingt zur Zeit nicht, mit röntgenologischen Untersuchungen eine Prognose zu stellen. Nach der Erarbeitung reproduzierbarer Werte steht jedoch mit dem konventionellen Röntgen unter Beachtung definierter Lagerungstechniken eine Methode zur Verfügung, die allgemein zugänglich ist und damit nicht nur die Diagnostik, sondern auch die weitere Klärung genetischer Einflüsse und zuchthygienische Selektion röntgenologisch auffälliger Hunde ermöglicht.

Wir konnten außer bei dorsaler Überstreckung der HWS keinen signifikanten Unterschied zwischen klinisch gesunden und am Wobbler-Syndrom erkrankten Hunden der Rasse Dobermann feststellen. In Verbindung mit den Abweichungen von der anatomischen Normalform der Halswirbel bei Hunden der Vergleichsgruppen muss davon ausgegangen werden, dass nicht nur einzelne Tiere, sondern die Rasse Dobermann in ihrer Gesamtheit für die Entstehung des Wobbler-Syndroms prädisponiert ist. Ob der Dobermann am Wobbler-Syndrom erkrankt, ist demnach nur abhängig von zusätzlichen negativen Einflüssen und damit prinzipiell eine Frage der Zeit.

Wir halten breit angelegte und systematisch durchgeführte Untersuchungen vieler Hunde dieser Rasse mit Unterstützung der Dobermannzuchtverbände für zwingend erforderlich. Es erscheint uns dabei besonders wichtig, nicht auf ein beschränktes und selektiertes Patientengut zurück zu greifen, sondern möglichst die gesamte Rasse einschließlich der (bislang) klinisch gesunden Hunde in die Untersuchung mit ein zu beziehen. Neben einer großen Anzahl an Tieren ist die mehrfache Kontrolle bislang klinisch unauffälliger Hunde notwendig, um das Auftreten klinisch-neurologischer Ausfälle für alle Patienten sicher erfassen zu können. Dadurch würde erstmals ein wissenschaftlich fundierter Überblick über die tatsächliche Inzidenz geschaffen und die Dringlichkeit einer systematischen, zuchthygienischen Lösung des Problems „Wobbler-Syndrom“ für die Rasse Dobermann belegt.

6 Summary

The literature part of this paper shows a survey of the current literature of wobler syndrome in dogs, regarding etiology, pathogenesis, pathophysiology, and therapy. Normal sizes of cervical vertebrae in Doberman pinschers in normal and also in stretched position are collected by reproducible x-rays in the research data. These data were related and statistically analysed to patients of 6 comparative groups (= control groups).

We were able to show, that conventional x-ray of the cervical spinal column exactly expresses the anatomical structures. This was verified by comparing the x-ray pictures with prepared cervical vertebrae. The x-ray technology we used in physiological and defined stretched position provides a lot of informations about the statistic and dynamic situation of the cervical spinal column. It was sufficient for most clinical patients. Only single cases needed further diagnostics as computertomography or magnetic resonance imaging. In any case the diagnostic procedure has to be done with the patient anesthetised.

We found out anatomic differences between the Doberman pinscher and other breeds like the Great Dane (Group 2), Bracke, Mittelschnauzer, Cocker spaniel, Beagle, Pudel, Collie, Bobtail, Austr. Shepherd (Group 3), DSH, BSH, Sheep dog, Riesenschnauzer (Group 4), Teckel, Zwergschnauzer, JRT, Spitz, Shi-Tsu (Group 5), Staffordshire Terrier, Boxer, Rottweiler (Group 6), Retriever, Münsterländer, Hovawart, Dalmatiner, Husky, Irish setter and Picard (Group 7).

We found a progressive shortening of the length from the third to the fifth cervical vertebra in group 2 to 7. From the fifth cervical to the first thoracic vertebra they are getting longer again. In the Doberman pinscher the fifth cervical vertebra is already longer than the fourth. Additionally there is a high variation of the vertebral length. Especially the relationship between the dorsal and ventral vertebral length of C6 and C7 is striking variable.

The seventh cervical vertebra is of special importance in the spinal column of the Doberman pinscher. We were able to show that this vertebra is shorter in this breed than in the breeds of the control groups. This is remarkable when comparing the dorsal vertebral length with the ventral vertebral length, but also

in particular the relationship of the ventral vertebral length of C7 to the adjacent vertebra as well as the comparison of C7 of the Doberman pinscher with C7 of the dogs of group 2 to 7.

By evaluating the results of height of the vertebral bodies there were also remarkable differences between group 1 and group 2 to 7. The cranial endplate of vertebra body at the Doberman is getting shorter in the cranio-caudal direction than in other breeds of our study. Especially the part between the sixth cervical and first thoracic vertebra is strange in this breed. By comparing the endplates of C6, C7 and T1 we were able to demonstrate that the cranial endplate of C7 shows an abnormal length. The corresponding caudal endplate of C6 is also very long in the Doberman pinscher, this could be also demonstrated when we compared it to the corresponding endplates of group 2 to 7.

We were able to show that in the Doberman pinscher the intervertebral space between the sixth and seventh cervical vertebra is limited by two remarkable long end plates.

By comparing the long cranial end-plate of C7 with the marked shorter ones of T1 the special role of C7 in the Doberman pinscher is additionally emphasized.

In the published literature the height and width of the spinal canal do not play a special role in the pathogenesis of Wobbler-Syndrome in the Doberman pinscher. The results of our own studies are confirming this. For the Great Dane there were particularities of these two parameters compared to the other six groups.

The instability ("tipping") of vertebrae of the cervical spinal column in the Doberman pinscher is often mentioned in different studies. Many therapeutic approaches have been developed to take this aspect into account. We achieved standard data by exactly defined techniques of positioning to reproduce the dynamic characters of the cervical spinal column in the different breeds. The Doberman pinscher shows a rigid cervical spinal column between C3 and C7 when it is stretched in the dorsal direction. Especially the intervertebral space of C6/7 is remarkable rigid in comparison to the other groups. By way of contrast the intervertebral space of C7 and T1 is even more mobile than in all other examined breeds. This shows that the Doberman pinscher has a very gross

change between a rigid and a remarkable mobile intervertebral connection in the caudal cervical spinal column.

By focussing the ventral bending of the neck we found some distinctive features as well. The Doberman pinscher has a very movable cervical spinal column in the ventral direction with very variable angles in different dogs. The great ventral capability of bending may be explained by the slim neck of this breed, because no large muscle groups reduce the movement of the skeleton in this direction. By way of contrast there is poor capability of dorsal extension in this breed. The reason why is that especially for the ventral movement of the neck the Doberman pinscher has more weak ligamentous or muscular tissues between the cervical vertebrae than other breeds. Additionally the great variation in this breed shows that some dogs even exceed the standard of mobility.

The measured angles of dorsal and ventral stretched positionings were added in order to compare the total mobility of the neck, which has an energetic effect on the intervertebral discs. We were not able to establish significant differences, but clear trends were noted. The mobility of the neck is different among the breeds. Whereas the Doberman pinscher has a very mobile cervical spinal column, the neck of the Great Dane is less mobile. These results are in agreement with the specific pathogenesis of the Wobbler-Syndrome of both breeds. Besides the great mobility we found out a huge variation of potential angles at the caudal cervical spinal column. There was a difference among the angles of the smallest and largest mobility of 45° at C6/7 and of 39° at C7/T1.

Up to now it has not been investigated, whether the intervertebral discs of the Doberman pinscher are adapted to these distinctive features, that result from the exceptional length and mobility of the vertebrae. Taking into account the high variation of anatomy of the cervical spinal column in the Doberman pinscher, this can make it doubtful basically. That means the longlasting misload on the intervertebral discs is predisposed leading to increased degeneration of the nucleus pulposus and to discopathy. A secondary instability of the cervical spinal column can be explained by the reduced function of the discs.

By this assumption there is a relation between deviating parameters and neurological symptoms. In order to check this, group 1 was subdivided into healthy dogs and dogs with Wobbler-Syndrome, and they all were analysed. It was no-

ticed, that the neck of healthy dogs is significantly more overstretched in the dorsal direction at C4/5 and C6/7 than in dogs with cervical spondylomyelopathy. This result can be explained by increased transformation of connective tissue and spondylotic changes at the ventral part of the vertebral bodies in dogs with Wobbler-Syndrome. More differences are not to be found.

Finally the conclusions can be drawn, that the Doberman pinscher has a predisposition to the Wobbler-Syndrome by its typical vertebral anatomy and the increased mobility of the neck. This predisposition can be shown radiographically. Extreme deviations from what was found to be "normal" in the control groups increase the probability of neurological deficits. As there were only very few differences between healthy and sick Doberman pinschers, it must be a matter of multifactorial etiology. The addition of several harmful details increases the probability of clinical illness. This reflects the typical age of 6 to 7 years showing signs of Wobbler-Syndrome.

At the present time it is not possible to give a prognosis based on the radiological examinations. As we worked out reproducible data with the conventional x-ray-method in a defined mode of positioning, we have a method available not only for the diagnostic procedures, but also for the selection of radiologically very conspicuous dogs for breeding care.

Except the dorsal extension of the neck we did not find any significant differences between healthy dogs and Wobbler-patients of the Doberman pinscher breed. In conjunction with the deviations of normal anatomy of cervical vertebrae of the control breeds we assume that not only single dogs, but the whole breed of the Doberman pinscher is predisposed to Wobbler-syndrome. Whether the single Doberman pinscher gets sick it is only a question of time and depends on additional negative influences.

It is our opinion that systematic research with many patients of this breed and the support by the breeding associations is necessary. It must be emphasized that not only selected patients are included in the study, but almost all dogs of the breed should be controlled including also the (at the time) healthy animals. The repeated examination of clinically asymptomatic dogs is necessary for detecting reliably the appearance of neurological signs. By that mode a scientific overview about the real incidence would be produced for the first time. Based

on this it is of high importance to find an answer of the “Wobbler-Syndrome” problem in the Dobermann pinscher breed by the way of systemic and breeding related resolvings.

7 Literaturverzeichnis

ALEXANDER, R.M.; GOLDSPINK, G. (1977)

Mechanics and energetics of animal locomotion, 1-346.

London, Chapman and Hall

BETTS, C.W. (1982)

Eine Übersicht über die zervicale Spondylopathie.

Kleintierpraxis 27, 255-260

BICHSEL, P.; LANG, J.; VANDERVELDE, M.; HÄNI, H.J.; OETTLI, P. (1985)

Solitary cartilaginous exostoses associated with spinal cord compression in three large breed dogs.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 21, 619-621

BLASS, C.E.; SEIM, H.B. (1984)

Spinal fixation in dogs using Steinmann pins and methylmethacrylate.

Vet. Surg. 13, 203-210

BRAUND, K.G.; GOSH, P.; TAYLOR, T.F.K.; LARSON, L.H. (1977)

Spinal mobility in the dog. A study in chondrodystrophoid and nonchondrodystrophoid animals.

Res. Vet. Sci. 22, 78-82

BRAY, J.P.; BURBRIDGE, H.M. (1998)

The canine intervertebral disk, Part one: Structure and function.

J. Am. Anim.Hosp. Assoc. 34, 55-63

BROWN, T.; HANSEN, R.J.; YORRA, A.J. (1957)

Some mechanical tests on the lumbosacral spine.

J. Bone Joint Surg. 39, 1135-1164

BROWN, M.D.; MALININ, T.I.; DAVIS, P.B. (1976)

A radiographic evaluation of frozen allographs versus autographs in anterior cervical spine fusions.

Clin. Orthop. 119, 231-235

BRUECKER, K.A.; SEIM, H.B.; WITHROW, S.J. (1987)

Ventral decompression and tubular-plate stabilisation for the treatment of caudal cervical spondylomyelopathy; results of 37 cases.

Vet. Surg. 16, 84

BRUECKER, K.A.; SEIM, H.B.; BLASS, C.E. (1988)

Ventral decompression and stabilisation using Steinmann pins and polymethylmethacrylate for the treatment of caudal cervical spondylomyelopathy; results of 39 cases.

Vet. Surg. 17, 1

BRUECKER, K.A.; SEIM, H.B.; WITHROW, S.J. (1989)

Clinical evaluation of three surgical methods for treatment of caudal cervical spondylomyelopathy of dogs.

Vet. Surg. 18, 197-203

BRUECKER, K.A.; SEIM, H.B.; BLASS, C.E. (1989)

Caudal cervical spondylomyelopathy: decompression by linear traction and stabilization by Steinmann pins and polymethylmethacrylate.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 25, 677-683

BRUKE, M.J. (1986)

Histochemical study of the anulus fibrosus in normal canine caudal cervical intervertebral discs.

Res. Vet. Sci. 40, 18

BUCKWALTER, J.A. ; COOPER, R.R.; MAYNARD, J.A. (1976)

Elastic fibers in human intervertebral disks.

J. Bone Joint Surg. 58, 73-76

BÜRGER, R.; LANG, J. (1992)

Kinetische Studie über die Lendenwirbelsäule und den lumbosakralen Übergang bei Deutschen Schäferhund, Teil 2.

Schweiz. Arch. Tierheilk. 135, 35-43

BULLOCK, L.P.; ZOOCK, B.C. (1967)

Myelography in dogs, using water-soluble contrast mediums.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 151, 312-327

BUTTERWORTH, S.J. (1995)

Cervical spondylopathy in the Doberman pinscher.

Vet. Ann. 35, 107-117

BUTTERWORTH, SJ; MCKEE, WM (1993)

Results of distraction-fusion using 6mm and 7,5mm intervertebral washers in the treatment of cervical spondylopathie.

Proceedings of the British Veterinary Orthopaedic Association Meeting, Glasgow, 1993; 40-43

CHAFFEE, V.W. (1978)

The dorsal approach for cervical laminectomy in the dog.

Vet. Med. Sm. Anim. Clin. 73, 1033-1039

CALVERT, C.A.; JACOBS, G.J.; PICKUS, C.W. (1996)

Unfavorable influence of anaesthesia and surgery on Dobermann pinschers with occult cardiomyopathie.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 32, 57-62

CHAMBERS, J.N.; BELLS, W. (1977)

Caudal cervical spondylopathie in the dog. A review of 20 clinical cases and literature.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 13, 571-576

CHAMBERS, J.M.; BETTS, C.W. (1977)

Caudal cervical spondylopathie in the dog; a review of 20 clinical cases and the literature.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 13, 571-576

CHAMBERS, J.N.; OLIVER, J.E.; KORNEGAY, J.N.; MALNATI, G.A. (1982)

Ventral decompression for caudal cervical disc herniation in large and giant breed dogs.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 180, 410-414

CHAMBERS, J.N.; OLIVER, J.E.; BJORLING, D.E. (1986)

Update on ventral decompression for caudal cervical disk herniation in Dobermann pinschers.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 22, 775-778

CLARK, D.M. (1986)

An analysis of intraoperative and early postoperative mortality associated with cervical spinal cord decompressive surgery in the dog.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 22, 739-744

CLOWARD, R.B. (1958)

The anterior approach for removal of ruptured disc.

J. Neurosurg. 15, 602-617

CODON, B.R.; HADLEY, D.M. (1988)

Quantification of cord deformation and dynamics during flexion and extension of the cervical spine using MR imaging.

J. Comput. Assist. Tomog. 12, 947-955

COLE, T.C.; GOSH, P.; HANNAN, N.J.; TAYLOR, T.K.F.; BELLENGER, C.R. (1987)

The response of the canine intervertebral disc to immobilization produced by spinal arthrodesis is dependent on constitutional factors.

J. Orthop. Res., 533-547

COVENTRY, M.B. (1969)

Anatomy of the intervertebral disk.

Clinical orthopedics 67, 9-15

COX, F.H.; JAOVLJEVIC, S. (1986)

The use of iopamidol for myelographie in dogs; a study of 27 cases.

J. Small Anim. Pract. 27, 159-165

CROCK, H.V.; GOLDWASSER, M. (1984)

Anatomic studies of the circulation in the region of the vertebral endplate of adult greyhounds.

Spine 9, 702-706

DAEMMRICH, K. (1981)

Zur Pathologie der degenerativen Erkrankungen der Wirbelsäule bei Hunden.

Kleintierpraxis 26, 467-476

DE LAHUNTA, A. (1977)

"Vertebral malformation-Malarticulation".

in Veterinary neuroanatomy and clinical neurology, pp. 193-198.

W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA

DE LAHUNTA, A. (1983)

Veterinary neuroanatomy and clinical neurology, 2nd edition, pp. 199-214.

WB Saunders Company, Philadelphia, USA

DENNY, H.R.; GIBBS, C.; GASKELL, C.J. (1977)

Cervical spondylopathie in the dog; a review of 35 cases.

J. Small Anim. Pract. 18, 117-132

DIMOCK, W.W.; ERRINGTON, B.J. (1939)

Incoordination of equidae: Wobbles.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 95, 261

DIXON, B.C.; TOMLINSON, J.L.; KRAUS, K.H. (1995)

A modified distraction- stabilisation technique for canine caudal cervical spondylomyelopathie using an interbody polymethylmethacrylate plug.

Vet. Surg. 24, 425

DIXON, B.C.; TOMLINSON, J.L.; KRAUS, K.H. (1996)

Modified distraction-stabilisation technique using an interbody polymethylmethacrylate plug in dogs with caudal cervical spondylomyelopathie.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 208, 61

DONOHUE, P.J.; JAHNKE, M.R.; BLAHA, J.D.; CATERSON, B. (1988)

Characterization of link protein(s) from human intervertebral disks.

Biochem. J. 251, 739-747

DROST, W.T.; LEHENBAUER, T.W.; REEVES, J. (2002)

Mensuration of cervical vertebral ratios in Dobermann Pinschers and Great Danes.

Vet. Radiol. Ultrasound 43, 124-131

DUELAND, R.; FURNEAUX, R.W.; KAYS, M.M. (1973)

Spinal fusion and dorsal laminectomy for midcervical spondylolisthesis in a dog.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 162, 366

ELLISON, G.W.; SEIM, H.B.; CLEMMONS, R.M. (1988)

Distraction cervical spinal fusion for management of caudal cervical spondylomyelopathie in large breed dogs.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 193, 447-453

EPSTEIN, N.E.; HYMAN, R.A.; EPSTEIN, J.A.; ROSENTHAL, A.D. (1988)

"Dynamic" MRI scanning of the cervical spine.

Spine 13, 937-938

EVANS, J.M.; BARBENEL, J.C. (1975)

Structural and mechanical properties of tendon in relation to function.

Eq. Vet. J. 7, 1-8

FARFAN, H.F.; COSSETTE, J.W.; ROBERTSON, G.H.; WELLS, R.V.; KRAUS, H. (1970)

The effects of torsion on the lumbar intervertebral joints. The role of torsion in the production of disk degeneration.

J. Bone Joint Surg. 52, 468-497

FARROW, C.S. UND TYRON, K. (2000)

Fathoming the mysteries of magnetic resonance imaging.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 36,192-198

FELTS, F.; PRATA, G. (1983)

Cervical disc disease in the dog; intraforaminal and lateral extrusions.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 19, 755-760

FINGEROTH, J.M.; SMEAK, D.D. (1989)

Laminotomie of the axis for surgical access to the cervical spinal cord. A case report.

Vet. Surg. 18,123

FITCH, R.B.; KERWIN, S.C.; HOSGOOD, G. (2000)

Caudal cervical intervertebral disc disease in the small dog: Role of distraction and stabilisation in ventral slot decompression.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 36, 68-74

FRANK, G. (1984)

Operationstechnik der zentralen zervikalen Fusion beim Hund und ihre Ergebnisse.

Tierärztl. Prax. 84, 255-262

GAGE, E.D.; HOERLEIN, B.F. (1968)

Hemilaminectomy and dorsal laminectomy for relieving compressions of the spinal cord in the dog.

J. Am. Vet. Anim. Assoc. 15, 351-359

GAGE, E.D.; HALL, C.C. (1972)

Surgical repair of caudal cervical subluxation in a dog.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 160, 424-426

GAGE, E.D.; HOERLEIN, B.F. (1973)

Surgical repair of cervical subluxation and spondylolisthesis in a dog.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 9, 385-392

GAGE, E.D. (1975)

Incidence of clinical disc disease in the dog.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 11, 135

GEARY, J.C. (1968)

Canine spinal lesions not involving dogs.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 155, 2038-2044

GERTZBEIN, S.; HOLTBY, R.; TILE, M.; KAPSOURI, A.; CHAN, K.;
CRUICKSHAN, B. (1984)

Determination of a locus of instantaneous centers of rotation of the lumbar disk by moiré fringes. A new technique.

Spine 9, 409-413

GILPIN, G.N. (1976)

Evaluation of three techniques of ventral decompression of the cervical spinal cord in the dog.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 168, 325-328

GOEDEGEBUURE, S.A.; HAZEWINKEL, H.A. (1986)

Morphological findings in young dogs chronically fed a diet containing excess calcium.

Vet. Pathol. 23, 594-605

GORING, R.L.; BEALE, B.S.; FAULKNER, R.F. (1991)

The inverted cone depression technique: a surgical treatment for cervical vertebral instability "Wobbler syndrome" in Dobermann pinschers.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 27, 403

GOSH, P.; BUSHELL, G.R.; TAYLOR, T.K.; AKESON, W.H. (1977)

Collagens, elastin and non-collagenous protein of the intervertebral disk.

Clinical orthopedics 129, 124-129

GREENE, J.A.; KNECKT, C.D.; ROESEL, O.F. (1979)

Hypothyroidism as a possible cause of canine intervertebral disk disease.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 15, 199-202

HANSEN, H.J. (1952)

A pathologic-anatomical study on disk degeneration in the dog.

Acta Orthopädisca Scandinavia Suppl. 11, 1-5

HARDINGHAM, T.E.; MUIR, H. (1972)

The specific interaction of hyaluronic acid with cartilage proteoglycans.

Biochem. Acta 279, 401-405

HARDINGHAM, T.E.; MUIR, H. (1975)

Structure and stability of proteoglycan aggregation.

An. Rheum. Diseases 34, 26-28

HASCALL, V.C.; HEINEGARD, D. (1974)

Aggregation of of cartilage proteoglycans. I: The role of hyaluronic acid.

J. Biol. Chem. 249, 4232-4241

HAZEWINKEL, H.A.; GOEDEGEBUURE, S.A.; POLOUS, I.M.; WOLVEKAMP, W.TH.C. (1985)

Influences of chronical calcium excess on the skeletal developement of growing great danes.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 21, 377-391

HEDHAMMER, A.; WU, F.M.; KROOK, L.; SCHRYVER, H.F.; DE LAHUNTA, A.; WHALEN, J.P.; KALLFELZ, F.A.; NUNEZ, E.A.; HINTZ, H.F.; SHEFFY, B.E.; RYAN, G.D. (1974)

Overnutrition and skeletal disease. An experimental study in growing Great Dane dogs.

Cornell Vet. 64, Suppl. 5, 145-160

HOERLEIN, B.F. (1978)

Canine neurologie: Diagnosis and treatment, 3rd edition, pp. 439-460.

W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA

HORTON, W.G. (1958)

Further observations on the elastic mechanism of the intervertebral disk.

J. Bone Joint Surg. 40, 552-557

HUMZAH, M.D.; SOAMES, R.W. (1988)

Human intervertebral disk. Structure and function.

Anat. Rec. 220, 337-356

HUROV, L.I. (1979)

Dorsal decompressive cervical laminectomy in the dog. Surgical considerations and clinical cases.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 15, 301-309

HUROV, L.I. (1979)

Treatment of cervical vertebral instability in the dog.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 175, 278-285

INOUNE, H. (1981)

Three-dimensional architecture of lumbar intervertebral disks.

Spine 6, 139-146

JANNSENS, L.A. (1985)

The treatment of canine cervical disc disease by acupuncture; a review of 32 cases.

J. Small Anim. Pract. 26, 203-212

JEFFERY, N.D. (1995)

"The Wobbler-syndrome".

in Handbook of small animal spinal surgery, pp. 169-186.

W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA

JHO, H.D. (1997)

Decompression via microsurgical anterior foraminotomie for cervical spondylotic myelopathie.

J. Neurosurg. 86, 297-299

JOHNSON, E.F.; CHETTY, K.; MOORE, I.M.; STEWARD, A.; JONES, W.
(1982)

The distribution and arrangement of elastic fibers in the intervertebral disk of the adult human.

J. Anatomy 135, 301-309

JOHNSON, E.F.; MITCHELL, R.; BERRYMAN, H.; CARDASO, S.; UEAL, O.;
PATTERSON, D. (1986)

Secretory cells in the nucleus pulposus of the adult human intervertebral disk.

Acta Anatomica 125, 161-164

KAPANDJI, I.A. (1974)

The physiology of joints. Vol. 3. 2nd edition, pp. 564-591.

Edinburgh, Churchill-Livinston, GB

KEALY, J.K. (1991)

Röntgendiagnostik bei Hund und Katze. 2. Auflage, pp. 435-473.

Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

KELLER, T.S.; SPENGLER, D.M.; HANSSON, T.H. (1987)

Mechanical behaviour of the human lumbar spine. I: Creep analysis during static compressive loading.

J. Orthop. Res. 5, 467-478

KING, A.S.; SMITH, R.N. (1955)

A comparison of the anatomy of the intervertebral disc in dog and man.

Brit. Vet. J. 111, 135-149

KOESKA, J.; ROBERTSON, D.; MILLS, R.H.; GIBSON, D.A.; ALBISSER, A.M. (1977)

Biomechanics of the lumbar spine and its clinical significance. Orthop.

Clin. N. Am. 8, 121-133

LEE, R. (1984)

Discospondylitis in the dog.

Vet. Annal. 24, 281-285

LEWIS, G.D. (1989)

Cervical spondylomyelopathie (wobbler syndrome) in the dog. A study based on 224 cases.

J. Small Anim. Pract. 30, 657-665

LEWIS, G.D. (1991)

Radiological assessment of the cervical spine of the Dobermann with reference to cervical spondylomyelopathy.

J. Small Anim. Pract. 32, 75-82

LEVITSKI, R.E.; LIPSITZ, D.; CHAUVET, A.E. (1999)

Extradural synovial cyst in the cervical spine of four dogs.

J. Vet. Int. Med. 13, 181-186

LINCOLN, J.D.; PETTIT, G.D. (1985)

Evaluation of fenestration for treatment of degenerative disk disease in the caudal cervical region of large dogs.

Vet. Surg. 14, 240-246

LINCOLN, J.D. (1991)

Cervical vertebral malformation/ malarticulation syndrome in large dogs (Veterinary clinics of North America).

J. Small Anim. Pract. 22, 923-935

LIPSITZ, D.; LEVITSKI, R.E.; CHAUVET, A.E.; BERRY, W.L. (2001)

Magnetic resonance imaging features of cervical stenotic myelopathy in 21 dogs.

Vet. Radiol. Ultrasound 42, 20-27

LYMAN, R. (1991)

Wobbler syndrome: continuous dorsal laminectomy is the procedure of choice.

Prog. Vet. Neurol. 2, 143

MACY, N.B.; LES, C.M.; STOVER, S.M.; KASS, P.H. (1999)

Effect of Disk Fenestration on Sagittal Kinematics of the Canine C5-C6 Intervertebral Space.

Vet. Surg. 28, 171-179

MARCHAND, F.; AHMED, A.M. (1990)

Investigation of the laminate structure of lumbar disk annulus fibrosus.
Spine 15, 402-410

MASON, T.A. (1977)

Cervical vertebral instability (Wobbler syndrome) in the dobermann.
Aust. Vet. Journal 53, 440-445

MASON, T.A. (1978)

Cervical vertebral instability in dogs.
Vet. Annal. 18, 194-197

MASON, T.A. (1979)

Cervical vertebral instability (wobbler syndrome) in the dog.
Vet. Rec. 104, 142-145

MC KEE, W.M.; LAVELLE, R.B.; MASON, T.A. (1989)

Vertebral stabilisation for cervical spondylopathy using a screw and washer technique.
J. Small Anim. Pract. 30, 337-342

MC KEE, V.M.; LAVELLE, R.B.; RICHARDSON, J.L.; MASON, T.A. (1990)

Vertebral distraction-fusion for cervical spondylopathie using a screw and double washer technique.
J. Small Anim. Pract. 31, 22-27

MEYERS, K.M.; WARDROP, K.J.; MEINKOTH, J. (1992)

Canine vonWillebrand's disease. Pathophysiologie, diagnosis, and short term treatment.

Comp. Cont. Ed. Pract. Vet. 14, 82-91

MUHLE, C.; WEINERT, D.; FALLINER, A.; WISKIRCHEN, J.; METZNER, J.; BAUMER, M.; BRINKMANN, G.; HELLER, M. (1998)

Dynamic changes of the spinal canal in patients with cervical spondylosis at flexion and extension using magnetic resonance imaging.

Invest. Radiol. 33, 444-449

NACHEMSON, A. (1960)

Lumbar intradiskal pressure, Experimental studies on post mortem material.

Acta orthop. Scand. 43, 1-104

NICKEL, R.; SCHUMMER, A.; WILLE, K.H.; WILKENS, H. (1992)

Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem und

Gelenklehre, Arthrologia

In: R.Nickel, A. Schummer und E. Seiferle: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band 1, 6. Auflage.

Verlag Paul Parey, Berlin

OLIVER, J.E.; LORENZ, M.D. (1983)

Handbook of veterinary neurological diagnosis, pp. 188-222.

W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA

OLSSON, S.E.; STAVENBORN, M.; HOPPE, F. (1982)

Dynamic compression of the cervical spinal cord.

Acta vet. Scand. 23, 65-78

PALMER, A.C.; WALLACE, M.E. (1967)

Deformation of cervical vertebrae in Basset Hounds.

Vet. Rec. 80, 430-433

PALMER, A.C.; MEDD, R.K.; WILKINSON, G.T. (1984)

Spinal cord degeneration in hound ataxia.

J. Small Anim. Pract. 25, 139-148

PARKER, A.J.; PARK, R.D.; COSICK, P.K. (1973)

Cervical vertebral instability in the dog.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 103, 71-74

PARKER, A.J.; PARK, R.D.; GENDREAU, C. (1973)

Cervical disk prolapse in a Dobermann pinscher.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 163, 75-76

PARKER, A.J.; PARK, R.D.; HENRY, J.D. (1973)

Cervical vertebral instability associated with cervical disk disease in two dogs.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 163, 1369-1371

PEDRINI, V.A.; PEDRINI-MILLE, A. (1977)

Aggregation of proteoglycans of human intervertebral disk.

Orthopädic. Trans. 1, 201-204

PIERMATTEI, D.L.; GREENLY, R.G. (1979)

An atlas of surgical approaches to the bones of the dog and cat, 1st edition, pp. 38-41.

W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA

POSNER, I.; WHITE, A.A.; EDWARDS, W.T.; HAYES, W.C. (1982)

A biomechanical analyses of the clinical stability of the lumbar and lumbosacral spine.

Spine 7, 374-389

PRATA, R.G.; STOLL, S.G. (1976)

Ventral decompression and fusion for the treatment of cervical disk disease in the dog.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 9, 462-472

QUEEN, J.P.; COUGHLAN, A.R.; MAY, C.; BENNETT, D.; PENDERIS, J. (1998)

Management of disc associated Wobbler syndrome with a partial slot fenestration and position screw technique

J. Small Anim. Pract. 39, 131-136

RAFFE, M.R.; KNECHT, C.D. (1978)

Cervical vertebral malformation in bull mastiffs.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 14, 593-594

RAFFE, M.R.; KNECHT, C.D. (1980)

Cervical vertebral malformation- a review of 36 cases.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 16, 881-883

READ, R.A.; ROBINS, G.M.; CHARLISLE, C.H. (1983)

Caudal cervical spondylomyelopathie (wobbler syndrome) in the dog; a review of 30 cases.

J. Small Anim. Pract. 24, 605-621

ROBINSON, R.A.; SMITH, G.W. (1955)

Anterolateral cervical disc syndrome.

Bull. Johns Hopkins Hosp. 96, 223-224

ROUSE, G.P. (1979)

Cervical spinal stabilisation with methylmethacrylate.

Vet. Surg. 8, 1-6

SCHNAPPER, A.; WAIBL, H. (1998)

Morphometrische Untersuchungen an den thorakolumbalen Disci intervertebrales des Dackels.

Kleintierpraxis 43, 731-736

SCHOLTYSIK, G. (1962)

Die normale Zwischenwirbelscheibe des Hundes normaler und chondrodystropher Rassen.

Diss. vet.med., Freie Univ. Berlin

SCOTT, J.E. (1988)

Proteoglykan-fibrillar collagen interactions.

Biochem. J. 252, 313-323

SEIM III, H.B.; PRATA, R.G. (1982)

*Ventral decompression for the treatment of cervical disk disease in the dog.
A review of 54 cases.*

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 18, 233-240

SEIM III, H.B.; WITHROW, S.J. (1982)

*Pathophysiologie and diagnosis of caudal cervical spondylomyelopathie with
emphasis on the dobermann pinscher.*

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 18, 241

SEIM III, H.B. (1985)

*Ventral decompression and stabilisation for the treatment of caudal cervical
Spondylomyelopathie.*

Vet. Surg. 14, 64-65

SEIM III, H.B. (1991)

Wobbler syndrome: ventral decompression and stabilisation is indicated.

Prog. Vet. Neurol. 2, 143

SEIM III, H.B. (1994)

Wobbler syndrome in the Dobermann pinscher.

Canine Pract. 19, 23

SEIM III, H.B. (1997)

Surgery of the cervical spine.

In: Small Animal Surgery, Fossum, T.H. (ed.)

Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, USA

SELCER, R.R.; OLIVER, J.E. (1975)

Cervical spondylopathie; wobbler syndrome in dogs.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 11, 175-179

SHARP, N.J.; WHEELER, S.J.; COFONE, M. (1992)

Radiological evaluation of "Wobbler syndrome" - caudal cervical Spondylomyelopathie.

J. Small Anim. Pract. 33, 491-499

SHARP, N.J.H.; COFONE, M.; ROBERTSON, I.D.; DECARLO, A.; SMITH, G.K.; THRALL, D.E. (1995)

Computed tomography in the evaluation of caudal cervical spondylomyelopathie of the Dobermann.

Vet. Radiol. Ultrasound 36, 100-108

SHORES, A. (1981)

Intervertebral disk syndrom in the dog. Part 1; pathophysiology and management.

Comp. Con. Ed. Pract. Vet. 3, 639-647

SHORES, A. (1984)

Canine cervical vertebral malformation/ malarticulation syndrome.

Comp. Cont. Ed. 326-333

SLIJPER, E.J. (1946)

Comparative biologic- anatomical investigations on the vertebral column and the spinal musculature of mammals.

Proc. K. ned. Akad. Wet. Verh. 47, 1-128

SWAIM, S.F. (1974)

Ventral decompression of the cervical spinal cord in the dog.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 164, 491-495

SWAIM, S.F. (1975)

Evaluation of four surgical techniques of cervical spinal fixation in dogs.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 166, 1080-1086

SWAIM, S.F.; HYAMS, D. (1982)

Clinical observations of ventral decompression for cervical intervertebral protrusion.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 181, 259-261

TOWNSEND, H.G.; LEACH, D.H. (1984)

Relationship between intervertebral joint morphology and mobility in the equine thoracolumbar spine.

Eq. Vet. J. 16, 461-465

TROTTER, E.J.; DE LAHUNTA, A.; GEARY, J.C.; BRASMER, T.H. (1976)

Caudal cervical vertebral malformation-malarticulation in Great Danes and Dobermann pinschers.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 168, 917-930

VAN GUNDY, T.E. (1988)

Disc associated wobbler syndrome in the Dobermann pinscher.

J. Small Anim. Pract. 18, 667-696

VAN GUNDY, T.E. (1989)

Canine wobbler syndrome Part 1. Pathophysiology and diagnosis.

Comp. Cont. Ed. Pract. Vet. 11, 144-157

VAN GUNDY, T.E. (1989)

Canine wobblers syndrome Part 2. Treatment.

Comp. Cont. Ed. Pract. Vet. 11, 269-284

VIRGIN, W.J. (1951)

Experimental investigations into the physical properties of the intervertebral disk.

J. Bone Joint Surg. 33, 607-611

WALKER, T.L. (1985)

Diseases of the spinal column.

In Slatter, D.H., Textbook of small animal surgery, Vol 1, p. 1367.

W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA

WALKER, T.L. (1985)

The use of Harrington rods in canine cervical vertebral instability.

Vet. Surg. 14, 68-69

WENG, M.S.; HAYNES, R.J. (1996)

Flexion and extension cervical MRI in a pediatric population.

J. Pediatr. Orthop. 16, 359-363

WHEELER, S.J.; SHARP, J.H. (1994)

Kap. Cervical Disc Disease

in: Small Animal Spinal Disorders.

Mosby-Wolfe, London

WHITE, A.A.; PANJABI, M.M. (1978)

Clinical biomechanics of the spine, pp. 3-42.

Philadelphia, JB Lippincott

WILSON, E.R.; ARON, D.N.; ROBERTS, R.E. (1994)

Observation of a second compressive lesion after treatment of caudal cervical spondylomyelopathie in a dog.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 205, 1297

WITHROW, S.J.; SEIM, H.B. (1983)

Caudal cervical Spondylomyelopathie in large breed dogs.

In Bojrab (ed), Current Techniques in small animal surgery, 2nd edition, pp. 541-544.

W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA

WRIGHT, F.; REST, J.R.; PALMER, A.C. (1973)

Ataxie of the Great Dane caused by stenosis of the cervical vertebral canal; Comparison with similar conditions in the basset hound, Dobermann pinscher, ridgeback and thoroughbred horse.

Vet. Rec. 92, 1-6

WRIGHT, J.A. (1977)

A study of the radiographic anatomy of the cervical spine in the dog.

J. Small Anim. Pract. 18, 341-357

WRIGHT, J.A. (1979)

The use of saggital diameter measurement in the diagnosis of the cervical spinal stenosis.

J. Small Anim. Pract. 20, 331-344

DANKSAGUNG

Ich danke Herrn Prof. Dr. Ernst Schimke ganz herzlich für die jahrelange Förderung in der Kleintierchirurgie der Chirurgischen Veterinärklinik der Justus-Liebig-Universität Gießen und die Überlassung des Themas sowie die vielen Anregungen zu dieser Arbeit.

Bei allen Mitarbeitern der Chirurgischen Veterinärklinik Gießen bedanke ich mich für die freundliche Zusammenarbeit und stets gewährte Hilfe. Herrn Dr. Bernd Tellhelm möchte ich für die vielen Ratschläge und Anleitungen auf dem Gebiet der Röntgenologie und Frau Dr. Marie-Louise Nagel für die Korrektur der englischen Zusammenfassung danken. Herrn Flöck danke ich für die häufig in Anspruch genommene Hilfe am Computer.

Herrn Dr. Klaus Failing und Herrn Horst Heiter von der Arbeitsgruppe Biomathe-matik und Datenverarbeitung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Jus-tus-Liebig-Universität Gießen danke ich für die Beratung bei der statistischen Auswertung dieser Arbeit.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Frau, die mich immer unterstützt und Verständnis für zahllose Stunden zur Anfertigung dieser Arbeit aufgebracht hat.