

Aus der Klinik für kleine Haustiere  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

# **Kongenitale Wirbelkörpermalformationen bei Hunden brachycephaler Rassen**

**Inaugural-Dissertation**  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
**Felix Lackmann**  
Tierarzt aus Berlin

Berlin 2018  
Journal-Nr.: 4066







Aus der Klinik für kleine Haustiere  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

# **Kongenitale Wirbelkörpermalformationen bei Hunden brachycephaler Rassen**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
Felix Lackmann  
Tierarzt aus Berlin

Berlin 2018  
Journal-Nr.: 4066

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek  
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Leo Brunnberg  
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Johanna Plendl  
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Christa Thöne-Reineke

*Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):*

Dog, brachycephal, congenital abnormalities, bone diseases, radiography,  
spine, vertebral body, Cobb, neurological disorders

Tag der Promotion: 09.07.2018

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://dnb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-86387-915-0

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2018**

Dissertation, Freie Universität Berlin

**D188**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2018

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – [www.menschundbuch.de](http://www.menschundbuch.de)

Can Ilyas Lackmann





# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Literaturübersicht</b> .....	<b>2</b>
2.1 Die Wirbelsäule.....	2
2.1.1 Halswirbelsäule .....	2
2.1.2 Brustwirbelsäule.....	3
2.1.3 Lendenwirbelsäule .....	3
2.1.4 Kreuzwirbel .....	3
2.1.5 Schwanzwirbel .....	4
2.1.6 Wirbelverbindungen .....	4
2.2 Röntgenaufnahmetechnik: Wirbelsäule.....	4
2.3 Entwicklung der Wirbelsäule.....	9
2.4 Wirbelsäulenerkrankungen .....	10
2.4.1 Kongenitale Wirbelkörpermalformationen .....	10
2.4.1.1 Keilwirbel .....	12
2.4.1.2 Schmetterlingswirbel.....	19
2.4.1.3 Blockwirbel .....	20
2.4.1.4 Verkürzter Wirbel .....	21
2.4.1.5 Dorsaler Keilwirbel .....	21
<b>3 Material und Methodik</b> .....	<b>22</b>
3.1 Material.....	22
3.2 Methodik.....	22
3.2.1 Untersuchungsgang.....	22
3.2.1.1 Allgemeinuntersuchung .....	23
3.2.1.2 Orthopädisch orientierende und spezielle Lahmheitsuntersuchung.....	23
3.2.1.3 Neurologische Untersuchung .....	23
3.2.2 Röntgen.....	24
3.2.2.1 Erstellen der Röntgenaufnahmen.....	24
3.2.2.2 Beurteilung der Röntgenaufnahmen .....	28
3.2.3 Statistik.....	38
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>39</b>
4.1 Patientendaten .....	39
4.1.1 Hunderassen .....	39
4.1.2 Alter .....	40
4.1.3 Geschlecht .....	42
4.1.3.1 Geschlechter der Französischen Bulldoggen mit Malformation .....	43
4.1.3.2 Geschlechter der Möpse mit Malformation.....	44
4.1.3.3 Geschlechter der Englischen Bulldoggen mit Malformation .....	45
4.1.4 Körpergewicht.....	46
4.2 Malformationshäufigkeit bei den Rassekohorten der Studie .....	47
4.3 Wirbelsäulenmalformationen und lokale Häufigkeit .....	49
4.4 Häufigkeit der vertebrealen Malformationstypen.....	52

4.5	Vertebrale Malformation – neurologische Befunde .....	58
4.5.1	Vertebrale Malformation – neurologische Ausfälle bei Französischen Bulldoggen .	59
4.6	Korrelation vertebrale Malformation im Übergangsbereich BWS/LWS und neurologische Ausfälle bei Französischen Bulldoggen.....	61
4.7	Korrelation ventro-lateraler Keilwirbel und/oder dorso-lateraler Hemivertebra und neurologische Ausfälle bei Französischen Bulldoggen .....	63
4.8	Korrelation Wirbelsäulenwinkelung und neurologische Ausfälle bei vertebraler Malformation .....	65
4.9	Korrelation Wirbelsäulenstufung und neurologische Ausfälle bei vertebraler Malformation .....	67
4.10	Korrelation Wirbelsäulenmalformation und Rutenmalformation .....	69
4.11	Patellaluxation und Hüftgelenksdysplasie .....	72
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>74</b>
5.1	Methodik.....	74
5.2	Vertebrale Malformationen .....	79
5.3	Neurologische Korrelationen .....	84
5.4	Rutenmalformation.....	88
5.5	Handlungsempfehlung .....	89
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>90</b>
	Summary.....	91
<b>7</b>	<b>Anhang Datentabellen.....</b>	<b>92</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>96</b>

## Abkürzungsverzeichnis

3D = dreidimensional  
A. = Arteria  
Abb. = Abbildung  
ALARA = As Low As Reasonably Achievable  
BWS = Brustwirbelsäule  
bzw. = beziehungsweise  
C = Halswirbel  
CT = Computertomographie  
d. h. = das heißt  
et al. = et alii = und andere  
For. = Foramen  
Franz. = Französische  
FU = Freie Universität  
ggr. = geringgradig  
gkf = Gesellschaft für Förderung kynologischer Forschung  
ggf. = gegebenenfalls  
HD = Hüftgelenksdysplasie  
hgr. = hochgradig  
HWS = Halswirbelsäule  
IBM = International Business Machines Corporation  
ICRP = International Commission on Radiological Protection  
inkl. = inklusive  
kV = Kilovolt  
L = Lendenwirbel  
l/l = latero-lateral  
LH = Lahmheit  
LWS = Lendenwirbelsäule  
m = männlich  
mAs = Milliamperesekunde  
mgr. = mittelgradig  
min. = mindestens  
mk = männlich kastriert  
MRT = Magnetresonanztomographie  
n = Anzahl  
N = Gesamtzahl  
Nr. = Nummer  
o. = oder  
PL = Patellaluxation  
p. o. = per os  
Proc. = Processus  
Procc. = Processus  
Reg. = Registrierung  
RöV = Röntgenverordnung  
S = Kreuzbein  
sog. = so genannte

SPSS = Superior Performing Software System

StrlSchV = Strahlenschutzverordnung

T = Brustwirbel

Tab. = Tabelle

u. = und

v/d = ventro-dorsal

VDH = Verband für das Deutsche Hundewesen

w = weiblich

wk = weiblich kastriert

WS = Wirbelsäule

z. T. = zum Teil

# 1. Einleitung

Malformationen sind vor der Geburt angelegte Fehlgestaltungen einzelner Organe. In dieser Arbeit werden Wirbelkörpermalformationen, wie Hemivertebrae, keilförmige, Schmetterlings- oder Blockwirbel untersucht, da sie bei Hunden brachycephaler Rassen häufig diagnostiziert werden (Morgan 1968, Done et al. 1975, Wright 1979, Kramer et al. 1982, Dennis 1987, Volta et al. 2005, Jaggy et al. 2007, Tilley und Smith 2007, Westworth und Sturges 2010, Moissonnier et al. 2011, Schlensker und Distl 2012, White 2013, Aikawa et al. 2014, Gutierrez-Quintana et al. 2014, Dewey et al. 2016). Betroffene Tiere können Achsenabweichungen der Wirbelsäule (Kyphose, Skoliose, Torticollis), neurologische Ausfallserscheinungen (Parese, Plegie), meist solche der Hintergliedmaßen und/oder Bandscheibenvorfälle entwickeln (Wright 1979, Jeffery et al. 2007, Chan und Dormans 2009). Als eine Ursache von Wirbelkörpermalformationen bei brachycephalen Hunden wird die jahrhundertlange Züchtung auf Kringelung des Schwanzes vermutet, bei der sich die Fehlbildungen auch in den kranialen Abschnitten der Wirbelsäule mitselektiert haben (Wright 1979, Kramer et al. 1982, N. S. J. Sharp 2005, Schlensker und Distl 2012). Die Wirbelanomalien sind dabei nicht mehr auf die Schwanzwirbelsäule beschränkt (Done et al. 1975, Gutierrez-Quintana et al. 2014), sondern finden sich auch in anderen Lokalisationen, bevorzugt in der Brustwirbelsäule (Done et al. 1975, Jeffery et al. 2007, Moissonnier et al. 2011).

Die Entwicklung der Wirbelkörpermalformationen bei Hunden brachycephaler Rassen ist nicht geklärt. Kongenital defizitäre Wirbelvaskularisation, genetische Defekte und/oder teratogene Knorpelproliferation werden als Ursache angenommen (Westworth und Sturges 2010, Moissonnier et al. 2011).

Nicht selten stellen Wirbelsäulenmalformationen Zufallsbefunde ohne klinische Relevanz dar. Liegen neurologische Symptome vor, ist wohl ein Zusammenhang mit der Anzahl oder Ausprägung missgebildeter Wirbelkörper zu vermuten (Bollini et al. 2006, Moissonnier et al. 2011).

Eine genetische Prädisposition von Wirbelkörpermalformationen wird vermutet, und so könnten bei Korrelation zwischen neurologischen Ausfällen und Malformationen mit geeigneten Interventionsmaßnahmen der Zuchthygiene Schmerzen, Leiden oder Schäden der Hunde brachycephaler Rassen verhindert werden.

Mein Ziel ist es, die Wirbelkörpermalformationen bei Hunden der brachycephalen Rassen (Französische Bulldogge, Englische Bulldogge und Mops) im Hinblick auf Häufigkeit, Lokalisation und ggf. die davon verursachte Inzidenz und Qualität neurologischer Defizite zu analysieren.

## 2. Literaturübersicht

### 2.1 Die Wirbelsäule

Die Wirbelsäule (Columna vertebralis) besteht aus einzelnen Wirbeln, die das Rückenmark ummanteln und schützen, zudem setzen Muskeln und Bänder daran an. Sie besteht aus einer beim Hund rasseabhängigen unterschiedlichen Anzahl an Wirbelknochen, wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist. Die Wirbel in den einzelnen Säulenabschnitten folgen einer gleichen Bauart, weisen aber, je nach ihrer Lokalisation, anatomische Besonderheiten auf.

**Tabelle 1: Anzahl der Wirbel bei einem Hund je nach Wirbelsäulensegment**

Wirbelsegment	Wirbelanzahl (n)
Halswirbel	7
Brustwirbel	12–14
Lendenwirbel	6–7
Kreuzwirbel	3
Schwanzwirbel	20–23

Die Grundform eines Wirbels besteht aus dem Wirbelkörper (Corpus vertebrae) mit einer ventralen Leiste (Crista ventralis). Der Wirbelbogen (Arcus vertebrae) befindet sich auf der Dorsalseite des Wirbelkörpers und überbrückt das zentrale Wirbelloch (Foramen vertebrale). Der Wirbelkanal (Canalis vertebralis), durch den das Rückenmark zieht, wird von den aneinandergereihten Wirbellöchern gebildet. Ein Dornfortsatz (Processus spinosus) erhebt sich in der Mitte des Wirbelbogens. Querfortsätze (Processus transversi) entspringen beidseits an den Füßchen (Pediculi arcus vertebrae) des Wirbelbogens. Über Gelenkfortsätze (Processus articulares craniales et caudales) sind die Wirbelbögen aneinander angrenzender Wirbel gelenkig miteinander verbunden. Die einzelnen Wirbelkörper sind über die faserknorpeligen Bandscheiben miteinander verbunden, wodurch unechte Gelenke (Synarthrosen) ausgebildet werden (Nickel et al. 1992, Schunk 1997, Salomon 2008, König und Liebich 2012).

#### 2.1.1 Halswirbelsäule

Die ersten beiden Halswirbel (Vertebrae cervicales) sind besonders gestaltet, um die Bewegungen des Kopfes zu ermöglichen. Der 1. Halswirbel (Atlas) hat keinen Wirbelkörper. Er besteht aus lediglich 2 Querfortsätzen (Processus transversi, Alae atlantis), die durch einen dorsalen und ventralen Bogen (Arcus dorsalis und Arcus ventralis) miteinander verbunden sind. Der Wirbelkörper des 2. Halswirbels (Axis) trägt kranial einen Zahn (Dens) zur Artikulation mit der Fovea dentis am Arcus ventralis des Atlas. Der Processus spinosus hat eine Kammform und überragt kranial und kaudal jeweils den Zwischenwirbelspalt (Spatium interarcuale). Vom 3. – 7. Halswirbel nehmen die Wirbelkörper kaudal an Länge ab, und die Processus spinosi werden zunehmend länger. Die Gelenkflächen der Processus articulares

sind nahezu horizontal ausgerichtet und ermöglichen insbesondere Seitwärtsbewegungen des Halses. Die sieben Halswirbel besitzen an der Wurzel ihrer *Processus transversarii* jeweils ein *Foramen transversus*. Die Bandscheiben werden von C2 bis C7 breiter (Jaggy et al. 2007). Der 7. Halswirbel stellt den Übergang zu den Brustwirbeln her. In seiner *Fovea costalis caudalis* artikuliert er mit dem Kopf (*Caput costae*) der ersten Rippe (Nickel et al. 1992, Salomon 2008, König und Liebich 2012).

### 2.1.2 Brustwirbelsäule

Die Körper der Brustwirbel (*Vertebrae thoracicae*) sind kürzer als die der Hals- oder Lendenwirbel. Die Brustwirbel sind mit den Rippen gelenkig verbunden, wodurch die Brustwirbelsäule zwar weniger biegsam ist, doch gleichzeitig stabilisiert wird. Laterodorsal am Wirbelkörper ist kranial und kaudal je eine Gelenkfläche (*Fovea costalis cranialis et caudalis*) für das Rippenköpfchen (*Caput costae*) geformt. Diese Gelenkflächen werden kaudal kontinuierlich flacher, so dass sie für die Atmung vermehrt beweglich sind. Die *Processus transversi* sind rudimentär vorhanden und tragen die Gelenkfläche (*Fovea costalis processus transversus*) für das Rippenknöpfchen (*Tuberculum costae*). Die *Processus spinosi* sind dagegen besonders lang, werden aber kaudal sukzessiv kürzer. Sie neigen sich zunächst kaudal bis zur *Vertebra anticlinalis* (in der Regel 10. Brustwirbel), deren Dorn senkrecht steht und anschließend neigen sie sich kranial. Die *Processus articulares* sind an den kranialen Brustwirbeln horizontal und an den kaudalen annähernd vertikal ausgerichtet, sodass der kraniale Abschnitt für Rotations- und der kaudale für Beuge- und Streckbewegungen genutzt werden kann (Nickel et al. 1992, Salomon 2008, König und Liebich 2012). Die Bandscheibe zwischen T10 und T11 ist etwas schmaler als die anderen (Jaggy et al. 2007).

### 2.1.3 Lendenwirbelsäule

Die Lendenwirbel (*Vertebrae lumbales*) sind größer und einheitlicher aufgebaut als die anderen. Die *Processus spinosi* sind im mittleren Abschnitt der Lendenwirbelsäule am kräftigsten und längsten, aber niedriger als die der Brustwirbelsäule und ragen senkrecht vom Wirbelbogen vor. Die Querfortsätze sind lang und kranioventral geneigt. Die *Processus articulares* verschmelzen kranial zu den *Processus mamilloarticulares*. Ihre Gelenkflächen sind sagittal gerichtet. Sie verhindern auf diese Weise, dass sich die Lendenwirbelsäule seitlich biegen kann. Das erhöht die Stabilität, und die Schubkräfte der Hintergliedmaßen können verlustfrei in Vorwärtsbewegungen des Körpers umgesetzt werden (Evans 1993, Salomon 2008, König und Liebich 2012). Die Bandscheiben zwischen L4 und L6 erscheinen häufig schmaler (Jaggy et al. 2007).

### 2.1.4 Kreuzwirbel

Die Kreuzwirbel (*Vertebrae sacrales*) und Bandscheiben sind bei adulten Tieren zum Kreuzbein (*Os sacrum*) verwachsen. Sie fusionieren mit der Beendigung des Skelettwachstums ca. bis zum 6. Lebensmonat. Das 4-seitige Kreuzbein verjüngt sich kaudal zur Kreuzbeinspitze (*Apex ossis sacri*). Die *Facies dorsalis* wird von den verschmolzenen Wirbelbögen gebildet, die den Wirbelkanal (*Canalis sacralis*) des Kreuzbeins überspannen. Die Dornfortsätze können zu einer Leiste (*Crista sacralis mediana*) verschmolzen sein und sind am Ende verdickt. Die Seite (*Pars lateralis*) des 1., z. T. auch 2. Kreuzwirbels bildet

beidseits die weit lateral ragenden Kreuzbeinflügel (Alae sacrales). Ohrmuschelförmig sind die Gelenkflächen (Facies auriculares) und artikulieren straff mit den Darmbeinflügeln (Nickel et al. 1992, Salomon 2008, König und Liebich 2012).

### 2.1.5 Schwanzwirbel

Die Größe der Schwanzwirbel (Vertebrae caudales, coccygeae) reduziert sich schwanzspitzenwärts. Die ersten ähneln in Gestalt noch weitgehend dem Lendenwirbel, die letzten sind zu konischen Knochenzapfen reduziert. Ventral verschmelzen ab dem 3./4. Wirbelkörper die Hämalfortsätze (Processus hemales) zu den Hämalbögen (Arcus hemales), um so knöchern die Arteria caudalis zu schützen (Salomon 2008, König und Liebich 2012).

### 2.1.6 Wirbelverbindungen

Aufeinander folgende Wirbelkörper werden über die Symphysis intervertebralis verbunden. In ihnen liegen die Bandscheiben (Disci intervertebrales), deren Dicke in Richtung Lendenwirbelsäule zunimmt. Jede Bandscheibe besteht aus einem zentralen Gallertkern (Nucleus pulposus) und einem ihn umgebenden Faserring (Anulus fibrosus). Die Wirbelbögen sind gelenkig über die kranialen und kaudalen Gelenkfortsätze miteinander verbunden. Es handelt sich hierbei um ebene Gelenke, mit denen die Bewegungsrichtung bestimmt werden kann (Nickel et al. 1992, Evans 1993, Salomon 2008, König und Liebich 2012).

## 2.2 Röntgenaufnahmetechnik: Wirbelsäule

Die röntgenologische Abbildung der Wirbelsäule ist nach wie vor die wichtigste bildgebende Modalität, die knöchernen Strukturen bildlich darzustellen. Auf diese Weise können kongenitale Missbildungen und über dynamische Röntgenaufnahmetechniken auch Wirbelsäuleninstabilitäten (leicht) aufgedeckt werden. Röntgenverfahren mit traditioneller Film-Folien-Technik werden zunehmend durch die digitale Projektionsradiographie verdrängt. Die Verbesserung der technischen Möglichkeiten steigert die Bedeutung der Röntgendiagnostik am Skelett und somit auch an der Wirbelsäule.

Entsprechend der Fragestellung der vorliegenden Arbeit erscheint es deswegen zweckmäßig, sich dem Umgang mit Röntgenstrahlen und lagerungs- sowie belichtungstechnischen Fragen zu widmen. Dabei wird ganz allgemein auf die aktuelle Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 2001), die Röntgenverordnung (RöV 2015) sowie die einschlägigen Lehrbücher, Atlanten und Veröffentlichungen in der Radiologie verwiesen (Lee 1989, Witte et al. 1989, Nickel et al. 1992, Evans 1993, Morgan et al. 1998, Morgan und Wolvecamp 2004, Jaggy et al. 2007, Tilley und Smith 2007, König und Liebich 2012, Suter et al. 2012, Waibl et al. 2012).

Wird das Tier von Helfern gehalten, ist nach § 55 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 2001) darauf zu achten, dass die Grenzwerte der Organdosen für beruflich strahlenexponierte Personen nicht überschritten werden. Das heißt, dass auf entsprechende Schutzkleidung nicht verzichtet werden darf.



1. Strahlenschutzbrille (Organdosis für die Augenlinse: 150 Millisievert)
2. Strahlenschutzhandschuhe (Organdosis für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 500 Millisievert)
3. Strahlenschutzschürze (Organdosis für die Keimdrüsen, die Gebärmutter und das Knochenmark [rot]: jeweils 50 Millisievert)
4. Schilddrüsenschutz (Organdosis für die Schilddrüse und die Knochenoberfläche jeweils 300 Millisievert)

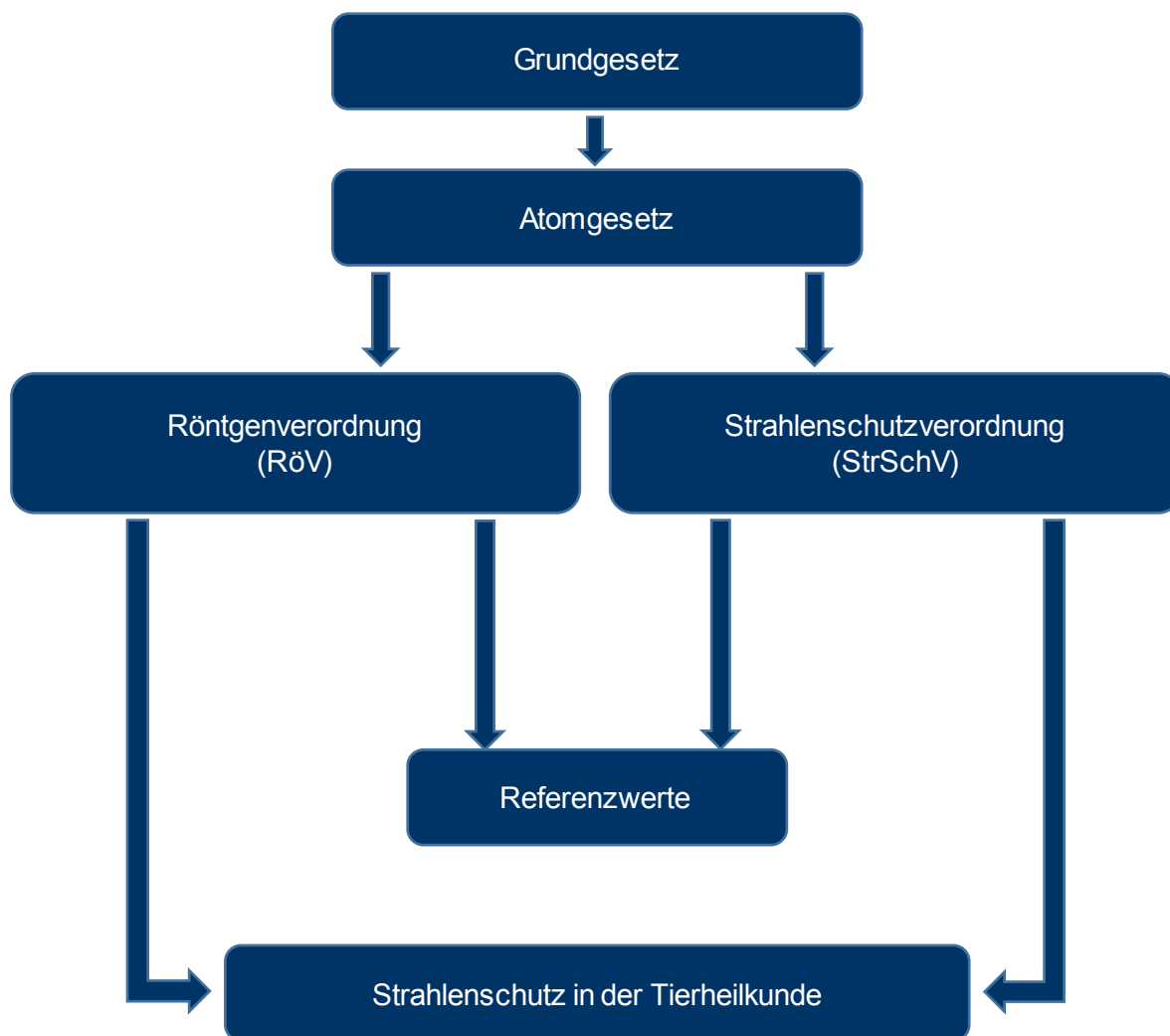
Außerdem benötigt die strahlenexponierte Person die nach § 30 (StrlSchV 2001) erforderliche Fachkunde und erforderlichen Kenntnisse im Strahlenschutz und ist verpflichtet, nach § 41 (StrlSchV 2001) ein Dosimeter zur Erfassung der Körperdosis an der Rumpfvorderseite zu tragen.

Sollte eine Sedation des Tieres geplant sein, ist zu prüfen, ob der Patient sedationsfähig ist. Dazu sollte orientierend eine Allgemeinuntersuchung erfolgen, das Herz-, Kreislauf- und Atemsystem geprüft und ggf. ein Blutbild mit -chemie durchgeführt werden, um etwaige maskierte Auffälligkeiten aufzuspüren, die eine Sedation als riskant erscheinen lassen. Wird das Tier sediert, um die Wirbelsäule zu röntgen, ist zu beachten, dass durch die Sedation der Muskeltonus herabgesetzt wird, wodurch ein etwaiger Stabilitätsverlust z. B. im Bereich der Halswirbelsäule, verursacht durch einen Plexus/brachialis-Abriss, so kaschiert wird, dass er röntgenologisch unentdeckt bleibt. Folglich sollte unter diesem Aspekt eine Sedation unterbleiben (Burk und Ackermann 1996, Morgan et al. 1998).

Die digitale Lumineszenzradiographie ist wegen der hohen Kontrastauflösung in der Lage, feinste Kontrastunterschiede sichtbar zu machen. Integrierte digitale Bearbeitungsprogramme erlauben es, Belichtungsunterschiede auszugleichen. So können bei der möglichen Bildnachbearbeitung, beispielsweise in Form der Kontrastanhebung von Details oder um den Kontrast zu harmonisieren, automatisch oder manuell noch mehr Informationen über das Aufnahmeobjekt gewonnen werden. In der Nachbearbeitung ist es zudem möglich, zum Informationsgewinn Ausschnitte des Objekts zu vergrößern. All diese Optionen der digitalen Radiographie erfordern keine neuen Röntgenaufnahmen, selbst wenn sie über- oder unterbelichtet sind.

In der Synopse ergeben sich für die digitale Radiographie im Vergleich zu der konventionellen analogen Film-Folien-Radiographie wichtige Vorteile:

- Fehlbelichtungen sind durch den großen Belichtungsspielraum nahezu auszuschließen.
- Die Patientendosis zu verringern ist möglich und üblich, ohne dass dabei die Qualität des Bildes gemindert wird.
- Das Röntgenbild kann zur Informationssteigerung in Form der Ausschnittsvergrößerung und/oder Kontrastharmonisierung digital nachbearbeitet werden.
- Die Röntgenbilder können digital archiviert und übertragen werden.
- Archivierte Bilder können ohne Qualitäts- und Informationsverlust verglichen mit dem Original kopiert werden.



**Abbildung 1: Der Strahlenschutz im Rechtsgerüst**

Die tierärztlichen Qualitätsanforderungen an den Informationsgehalt digital erstellter Röntgenaufnahmen werden erfüllt und der protektive Strahlenschutz insgesamt gestützt. Im Hinblick auf den Strahlenschutz sei in Abbildung 1 an die rechtliche Einordnung der Strahlenschutzbestimmungen erinnert.

Den rechtlichen Regelungen folgend, sollen Personen, Sachgüter und Umwelt nach international akzeptierten Empfehlungen der International Commission on Radiological Protection (ICRP) vor Strahlenwirkungen geschützt werden. Ein weiteres Ziel ist, Methoden zu entwickeln und anzuwenden, die die Strahlenwirkung bestmöglich vermindern. Es sind Dosisgrenzwerte festzulegen, die deterministische Strahlenwirkung (dosisbeeinflusst) und das Risiko nicht stochastischer Wirkungen (dosisunabhängig) ausschließen (Strahlenrisiko). Auf dieser Basis gelten folgende, von der ICRP 1990 formulierten Grundsätze des Strahlenschutzes (ALARA Prinzip):

- No practice shall be adopted unless its introduction produces a positive net benefit.
- All exposures should be kept **As Low As Reasonably Achievable**, economic and social factors taken into account (**ALARA**).

- The dose equivalent to individuals shall not exceed the limits recommended for appropriate circumstances by the Commission.

Für den praktischen Strahlenschutz in der Tiermedizin bedeutet dies:

- Körper oder Körperteile des Untersuchers und des Hilfspersonals dürfen niemals ins Nutz(-Primär)-Strahlbündel geraten,
- Schutzkleidung aus bleihaltigem Material: Bleischürze, Handschuhe, Schilddrüsen-Halsschild, Bleiglasbrille.
- Rechtfertigung (§ 2a RöV),
- Strahlenexposition, Dosisreduzierung (§ 2c RöV),
- genehmigungsbedürftiger Betrieb von Röntgeneinrichtungen (§ 3 RöV),
- Strahlenschutzbereich (§ 19 RöV),
- geschlossener Raum (§ 20 RöV),
- Kontrollbereich (§ 29 (1) RöV),
- Verantwortliche Personen: Strahlenschutzverantwortlicher (Betreiber), Strahlenschutzbeauftragter (§§ 13–15 RöV),
- Berechtigte Personen in der Tierheilkunde (§ 29 RöV),
- Dosimetrie (§ 35).

Um qualitativ aussagekräftige Röntgenaufnahmen anfertigen zu können, sollte das Fell sauber und trocken sein und äußerlich an ihm kein Fremdkörper wie z. B. Halsband, Brustgeschirr und anderes befestigt sein (Burk und Ackermann 1996, Morgan et al. 1998).

Um die Wirbelsäule röntgenologisch korrekt beurteilen zu können, sollte sie abschnittsweise im Röntgengrundbildpaar korrekt gelagert im latero-lateralen und ventro-dorsalen Strahlengang abgebildet werden. Dabei hat es sich als zweckmäßig erwiesen, beim röntgenologisch abzubildenden Bereich auch kranial und kaudal die benachbarten Strukturen partiell mit einzubeziehen. (Burk und Ackermann 1996, Morgan et al. 1998, Morgan und Wolvecamp 2004, Suter et al. 2012, Waibl et al. 2012).

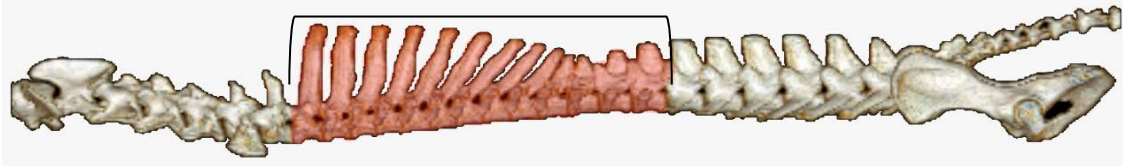
### Halswirbelsäule



- Für die Röntgenaufnahme bei latero-lateralem Strahlengang sollte der Hund rechts- oder linksanliegend in Seitenlage mit weit kaudal gezogenen Vordergliedmaßen gelagert werden. Die Hintergliedmaßen befinden sich in neutraler Position. Der Kopf wird kranial gezogen und der Bereich C4–C7 mit einem Schaumstoffkissen unterpolstert (Dennis 1987, Burk und Ackermann 1996, Morgan und Wolvecamp 2004, Waibl et al. 2012). Der Zentralstrahl ist auf C4 gerichtet (Burk und Ackermann 1996, Morgan et al. 1998, Waibl et al. 2012).
- Für die Aufnahme im ventro-dorsalen Strahlengang liegt der Hund in Rückenlage bei gestrecktem Kopf. Die Vordergliedmaßen werden mit gebeugtem Schultergelenk parallel zum Brustkorb kaudal gezogen. Dies gewährleistet die Parallelität mit der

Zentralität der HWS, des Sternums und der Unterkieferäste (Ticer 1975, Morgan et al. 1998).

### Brustwirbelsäule



- Für die Darstellung der Brustwirbelsäule im latero-lateralen Strahlengang sollte der Hund rechts- oder linksanliegend mit kranial gezogenen Vordergliedmaßen gelagert werden. Die Hintergliedmaßen und der Kopf verweilen in neutraler Position. Das Sternum und der Bereich zwischen den Kniegelenken wird mit einem Schaumstoffkeil unterpolstert (Dennis 1987, Morgan et al. 1998, Waibl et al. 2012). Der Zentralstrahl ist nach Waibl et al. (2012) auf den 10. Brustwirbel und nach Morgan et al. (1998) dorsal auf den Thorax gerichtet.
- Für die Aufnahme im ventro-dorsalen Strahlengang sollte sich der Hund in Rückenlage befinden, so dass das Sternum in der Medianen liegt (Ticer 1975, Morgan et al. 1998). Der Zentralstrahl ist auf T6–T7 (Ticer 1975) oder auf die mittlere Brustregion (Morgan et al. 1998) gerichtet. Nach Morgan et al. (1998) und Jaggy et al. (2007) ist es von Vorteil, wenn der Strahlengang etwas in kranio-kaudaler Richtung gewinkelt ist, um so die Zwischenwirbelräume orthograd treffen zu können, allerdings wird diese Technik in der Praxis nicht routinemäßig eingesetzt (Morgan 1968, Ticer 1975, Burk und Ackermann 1996).

### Lendenwirbelsäule, Kreuzbein, Rute



- Für die Röntgenaufnahme beim latero-lateralen Strahlengang liegt der Hund rechts- oder linksanliegend mit kranial gezogenen Vordergliedmaßen und weit kaudal gezogenen Hintergliedmaßen. Der Kopf liegt in neutraler Position. Der Bereich zwischen den Ellenbogen- und Kniegelenken wird mit einem Schaumstoffkissen unterpolstert (Ticer 1975, Dennis 1987, Morgan et al. 1998, Waibl et al. 2012). Der Zentralstrahl, der auf L4 fokussiert, erfasst im Sichtfeld die Lendenwirbelsäule, das Kreuzbein und die Rute (Ticer 1975, Morgan et al. 1998, Waibl et al. 2012).
- Für die Aufnahme im ventro-dorsalen Strahlengang liegt der Hund in Rückenlage, so dass das Sternum in der Medianen positioniert ist (Ticer 1975, Morgan et al. 1998, Waibl et al. 2012). Die Gliedmaßen werden vom Rumpf weggestreckt. Der Zentralstrahl auf L4 und das Sichtfeld beinhaltet die Lendenwirbelsäule, das Kreuzbein und die Rute (Ticer 1975, Morgan et al. 1998, Waibl et al. 2012).

## 2.3 Entwicklung der Wirbelsäule

Aus der Human- und Tiermedizin ist bekannt, dass das paraxiale Mesoderm für die Formation der Wirbel und der Dermis verantwortlich ist, während Urogenitaltrakt, Lunge und Herzsystem vom lateralen und intermediären Mesoderm ausgehen (Abb. 2). Defekte in der mesenchymalen Entwicklung, die zu kongenitalen Wirbelmalformationen führen, können sich folglich zusätzlich auch in diesen Organsystemen manifestieren (Jaskwlich et al. 2000, Moore et al. 2016)

Die Ossifikation der Wirbel erfolgt über 3 Hauptzentren, lokalisiert im Zentrum des Wirbelkörpers und beidseits im jeweiligen Wirbelbogen. Des Weiteren gibt es 5 Nebenossifikationszentren, an den Processus transversi, dem Processus spinosus und jeweils eines am dorsalen und ventralen Teil des Wirbelkörpers. Vor allem die Ossifikationszentren am Wirbelkörper können die Entwicklung der Wachstumsfugen wesentlich beeinflussen. Fehlt oder entwickelt sich eine Wachstumsfuge asymmetrisch und sind zudem die Chondrifikation und Blutzufuhr über die Segmentalgefäße gestört, entstehen meist kongenitale Wirbelsäulendefekte (Tanaka und Uhthoff 1981, Jaskwlich et al. 2000, Kaplan et al. 2005, McGeady et al. 2006, Schnorr und Kressin 2011, Moore et al. 2016).

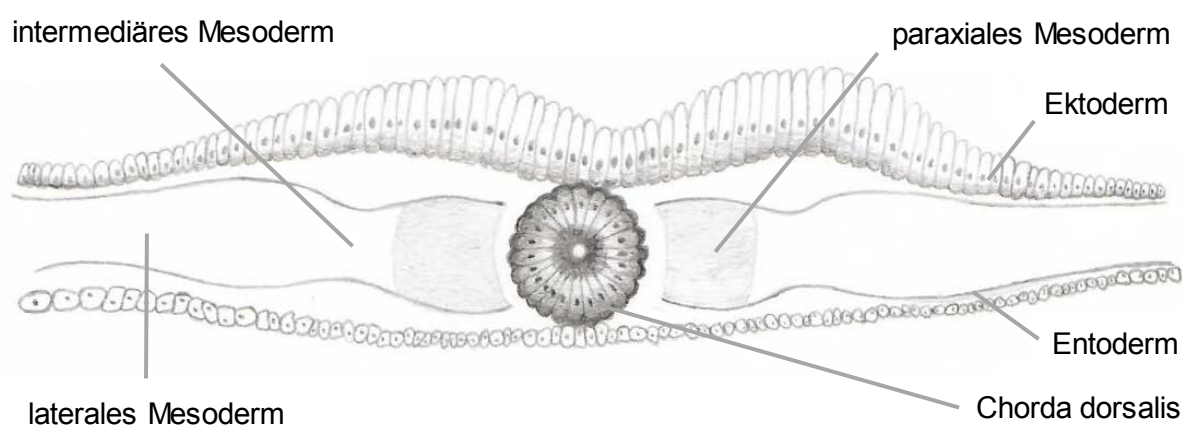


Abbildung 2: Das Mesoderm und die Chorda dorsalis

Miller (1979) beschreibt detailliert die Ossifikationszentren auf den zeitlichen Verlauf der Wirbelsäulenossifikation beim Beagle. Die Ossifikation beginnt demnach am 38. Trächtigkeitstag thorakal und lumbal. Am 39. Tag sind bereits die Zentren der Wirbelkörper C2 bis S1 und die der Wirbelbögen C1 bis S1 ossifiziert. Am 42. Trächtigkeitstag ossifiziert der Dens des Axis und am 43. Tag das Zentrum des Atlas. Nach 45 Tagen sind die Zentren im Kreuzbein und den ersten Schwanzwirbeln ossifiziert. Am 50. Trächtigkeitstag sind sämtliche Ossifikationszentren der Wirbelsäule knöchern durchbaut.

## 2.4 Wirbelsäulenerkrankungen

Erkrankungen der Wirbelsäule werden durch degenerative, metabolische, neoplastische, entzündliche, traumatische, toxische, vaskuläre und kongenitale Störungen verursacht. Im Folgenden wird auf die Malformationen, insbesondere auf die kongenitalen der Wirbelkörper, eingegangen (Platt und Olby 2013).

### 2.4.1 Kongenitale Wirbelkörpermalformationen

Kongenitale Wirbelkörpermalformationen treten häufig bei Hunden brachycephaler Rassen (Boston Terrier, Französische Bulldogge, Englische Bulldogge, Mops) mit gekringeltem Schwanz auf (Morgan 1968, Done et al. 1975, Wright 1979, Kramer et al. 1982, Dennis 1987, Volta et al. 2005, Jaggy et al. 2007, Tilley und Smith 2007, Westworth und Sturges 2010, Moissonnier et al. 2011, Schlensker und Distl 2012, Aikawa et al. 2014, Gutierrez-Quintana et al. 2014, Dewey et al. 2016). Die seit über tausend Jahren andauernde Zucht auf das phänotypisch gewünschte Merkmal „gekringelte Rute“ wird dafür verantwortlich gemacht, dass sich Malformationen auch in der Wirbelsäule mitselektiert haben (Kramer et al. 1982, Jaggy et al. 2007, Schlensker und Distl 2012). Schlensker und Distl konnten 2016 an 105 französischen Bulldoggen nachweisen, dass die Anzahl der Wirbel in der Rute negativ mit der Anzahl und Ausprägung von Keilwirbeln in der vorgeschalteten Wirbelsäule korreliert. So wiesen von 105 Tieren 89 Hemivertebra auf. Bei Moissonnier et al. (2011) waren 36 von 45 Tieren betroffen. Die Wirbelkörpermalformationen liegen vor allem im thorakalen Bereich, meistens zwischen T6 und T9 (Done et al. 1975, Done et al. 1975, Dennis 1987, Volta et al. 2005, Moissonnier et al. 2011, Schlensker und Distl 2012, Gutierrez-Quintana et al. 2014).

Die Entstehung kongenitaler Wirbelkörpermalformationen ist in der Tiermedizin noch nicht vollständig geklärt. In mehreren Studien (Parker und Park 1974, Done et al. 1975, Schlensker und Distl 2012) wird eine mangelhafte Fusion der Nebenossifikationszentren vermutet. Möglich ist aber auch eine Durchblutungsstörung während der Chondrifikation (Lewis 1974, Tanaka und Uthoff 1981, Moissonnier et al. 2011), wie auch Tanaka und Uthoff (1981) für den Menschen an 211 Embryos nachwiesen.

Eine genetische Prädisposition konnte beim Deutsch Kurzhaar als Ursache identifiziert werden (Kramer et al. 1982). In einer Studie an 439 Hovawarts wurden die Ruten röntgenologisch dargestellt. Dabei wurde ein familiärer Zusammenhang von Malformationsart und Ausprägung nachgewiesen (Schawalder et al. 2010). Auch bei Wirbelsäulenmalformationen von Französischen Bulldoggen werden häufig genetische Faktoren vermutet (Grebe 1984). Schlensker und Distl (2016) untermauern dies mit 105 Stammbäumen Französischer Bulldoggen, die Keilwirbel aufweisen. Lokalisation und Ausprägung der Keilwirbel stützen diese Annahme. Zuchtvereine wie der Deutsche Club für Französische Bulldoggen e. V. haben bereits reagiert und folgende Kriterien für einen Zuchtausschluss erarbeitet:

- ein ausgeprägter Keilwirbel am Übergang Brust-/Lendenwirbelsäule,
- mehr als 6 Keilwirbel.

Beim Norddeutschen Bulldoggen Club gilt ein Zuchtverbot ab 4 Keilwirbel.

Kongenitale Wirbelkörpermalformationen können aber auch als Folge metabolischer Erkrankungen, teratogen wirksamer Medikamente oder von Toxinen entstehen (Westworth und Sturges 2010).

Die Wirbelkörpermalformationen wurden in der Literatur im Hinblick auf Typen unterschiedlich definiert (Westworth und Sturges 2010, Dewey et al. 2016). Gutierrez-Quintana et al. (2014) klassifizierten auf der Basis von 28 Hunden brachycephaler Rassen die Wirbelkörperfehlbildungen. In Anlehnung an die Humanmedizin unterschieden sie Segmentations- und Formationsdefekte und katalogisierten folgende Malformationsformen (Tab. 2):

**Tabelle 2: Wirbelkörpermalformationen nach Gutierrez-Quintana et al. (2014)**

Gruppenzugehörigkeit	Wirbelkörpermalformation
Segmentationsdefekt	Blockvertebra
Formationsdefekt	Dorsale Hemivertebrä
	Laterale Hemivertebrä
	Dorso-laterale Hemivertebrä
	Ventraler Keilwirbel
	Lateraler Keilwirbel
	Schmetterlingswirbel

Ob und wie diese Wirbelveränderungen neurologische Probleme induzieren können, wird kontrovers diskutiert. Nach Done et al. (1975) sowie Jeffery et al. (2007) können sie neurologische Ausfälle verursachen, während Morgan et al. (1968) an 145 Tieren mit Wirbelkörpermalformationen pathologisch keine Korrelation zu neurologischen Ausfällen fanden. Zahlreiche Autoren (Wright 1979, Dennis 1987, Bailey und Morgan 1992, Jaggy et al. 2007, Tilley und Smith 2007, Westworth und Sturges 2010, Schlensker und Distl 2012, Suter et al. 2012, Dewey et al. 2016) sehen die Wirbelkörpermalformationen als röntgenologische Zufallsbefunde an, die aber auch eine klinische Symptomatik hervorrufen können. Nach Grenn und Lindo (1969), Done et al. (1975), Faller et al. (2014) und Gutierrez-Quintana et al. (2014) können Tiere mit einer kyphoskoliotischen Malformation neurologisch durchaus auffällig werden. Moissonnier et al. (2011) sowie Guevar et al. (2014) geben an, dass neurologische Folgen nicht nur von der Körpermissbildung, sondern auch von einer dadurch entstandenen Winklung oder Stufenbildung verursacht sein können.

Klinische Symptome entstehen bei Tieren zumeist schon im Alter von unter 12 Monaten (Done et al. 1975, Dennis 1987, Volta et al. 2005, Tilley und Smith 2007, Moissonnier et al. 2011, Schlensker und Distl 2016). Sind Wirbelkörpermalformationen hochgradig ausgeprägt, wird

das Rückenmark bereits während der fetalen Entwicklung geschädigt. Die Welpen fallen bei ersten Gehversuchen wegen neurologischer Ausfallerscheinungen auf und sterben frühzeitig (Drew 1974). Die embryologische Entwicklung der Wirbelsäule ist mit der Entstehung anderer Organe eng verbunden. So konnte beim Menschen nachgewiesen werden, dass bei Kindern mit kongenitalen Wirbelmalformationen zu 30–60 % auch andere Organfehlentwicklungen vorliegen (Jaskwisch et al. 2000). Eine ähnliche Korrelation beschrieben Drew (1974), Pearson und Gibbs (1974), Bailey und Morgan (1992) sowie Schlensker und Distl (2012) auch bei Tieren.

### 2.4.1.1 Keilwirbel

Eine exakte Differenzierung der einzelnen Keilwirbel anhand ihrer Form wurde von Gutierrez-Quintana et al. (2014) erstellt. Zuvor wurden ganz allgemein die Begriffe Keilwirbel oder Hemivertebrae verwendet. (Dewey et al. 2016), ohne die einzelnen Wirbelkörpermalformationen zu differenzieren. Allerdings korrelierten manche Autoren die dorsale Wirbelkörperfläche mit der ventralen. So konnten spitz zulaufende Keilwirbel von flachen Keilwirbeln unterschieden werden (Meyer 2011, Schlensker und Distl 2016). Im Folgenden werden die von Gutierrez-Quintana et al. (2014) beschriebenen dorsalen Hemivertebrae, lateralen Hemivertebrae, dorso-lateralen Hemivertebrae sowie die ventralen und lateralen Keilwirbel in Bezug auf ihre Pathogenese zusammengefasst und als Keilwirbel angesprochen. Was die Assoziation mit neurologischen Ausfällen, ihr Vorkommen und ihr röntgenologisches Erscheinungsbild betrifft, wird gesondert auf die einzelnen Ausprägungen eingegangen.

#### Pathogenese

Die Entstehung eines Keilwirbels wird als Folge einer embryonal fehlerhaften Fusion oder asymmetrischen Entwicklung der beiden Nebenossifikationszentren eines Wirbelkörpers angesehen (Formationsdefekt) (Parker und Park 1974, Done et al. 1975, Bailey und Morgan 1992) oder als Folge einer mangelhaften Durchblutung während der Chondrifikation (Lewis 1974, Tanaka und Uhthoff 1981, Moissonnier et al. 2011). Ausgelöst wird dies durch verschiedene endogene (kongenital) und exogene (Stoffwechselstörungen, Toxine) Faktoren. Betrifft die Störung nur den dorsalen oder ventralen Knochenkern, verkümmert der Wirbel, z. B. dorsal, in Form einer breiten Basis, aber ventral mit schmaler Spitze.

- Ist die Basis in der latero-lateralen Röntgenaufnahme dorsal und die Spitze ventral, wird der malformierte Wirbel als ventraler Keilwirbel oder dorsale Hemivertebra bezeichnet.
- Weist die Spitze in der ventro-dorsalen Röntgenaufnahme lateral und die Basis kontralateral, wird er als lateraler Keilwirbel oder lateraler Hemivertebra bezeichnet.
- Liegt die Basis in der latero-lateralen Röntgenaufnahme ventral und die Spitze dorsal, liegt ein dorsaler Keilwirbel vor (Parker und Park 1974).



## Vorkommen

Keilwirbel sind die häufigste kongenitale Wirbelkörpermalformation beim Hund (Wheeler 1991, Ruberte et al. 1995). Im Hinblick auf die einzelnen Formen geben Gutierrez-Quintana et al. (2014) auf der Basis von 28 Fällen mit zusammen 50 klassifikationsfähigen, malformierten Wirbeln folgende Häufigkeiten an (Tab. 3):

**Tabelle 3: Malformationstypen und Häufigkeiten nach Gutierrez-Quintana et al. (2014)**

<b>Malformationstyp</b>	<b>Häufigkeit (n)</b>
dorsaler Hemivertebra	3
lateral Hemivertebra	0
dorso-lateral Hemivertebra	2
ventraler Keilwirbel	20
lateral Keilwirbel	0
Schmetterlingswirbel	24
Blockwirbel	1

Die Keilwirbel waren zumeist in der Brustwirbelsäule zwischen T7 und T9 lokalisiert, wie auch Done et al. (1975), Wright (1979), Lee (1989), Schunk (1997), Volta et al. (2005) und Jeffery et al. (2007) angeben.

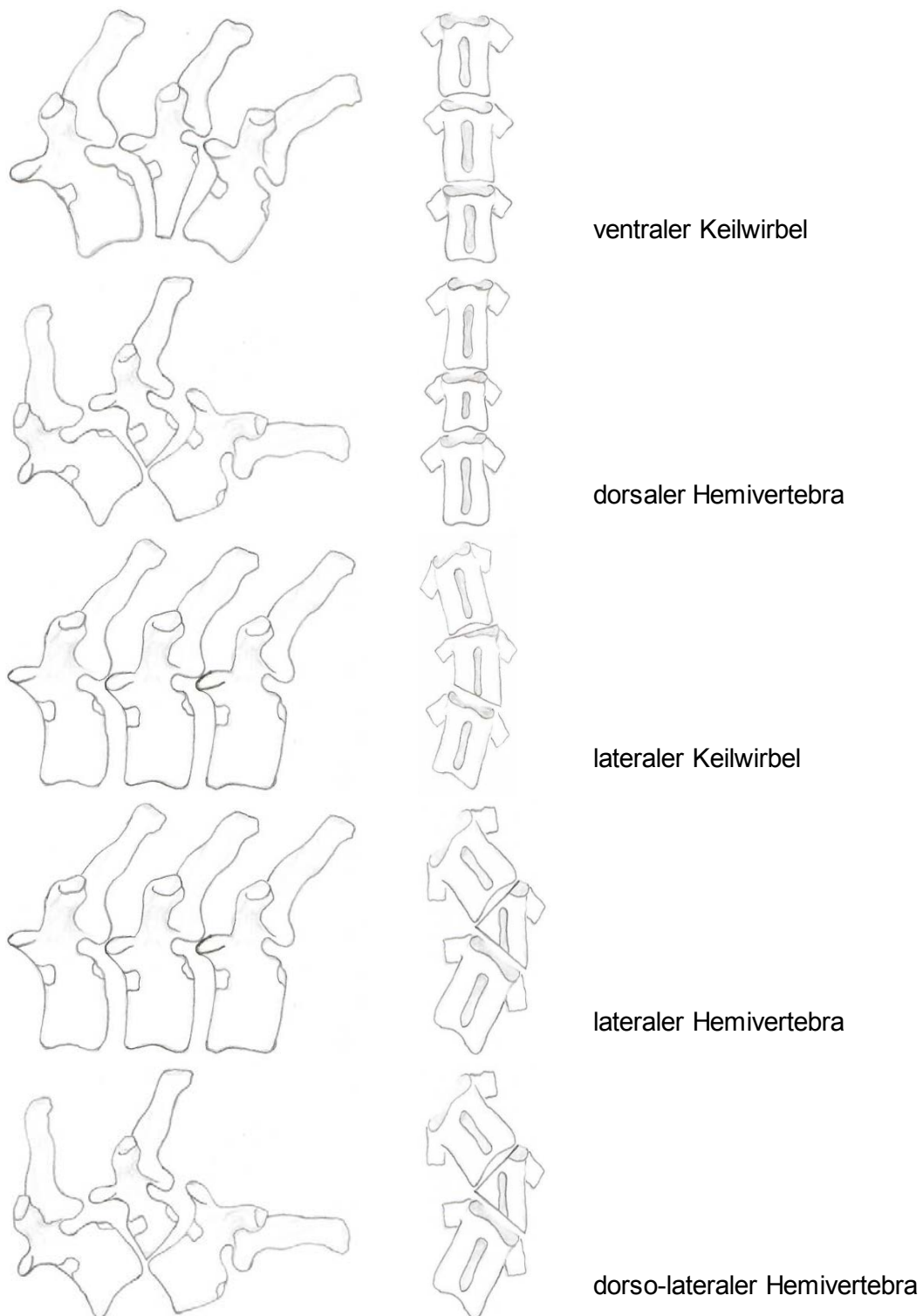
Prädisponiert für derartige Fehlbildungen sind Hunde der Rassen mit gekringeltem Schwanz, sog. „screw-tailed breeds“, wie Französische und Englische Bulldogge, Boston Terrier und Möpfe (Morgan 1968, S. H. Done 1975, Wright 1979, Dennis 1987, Jaggy 2007, Westworth und Sturges 2010, Moissonnier, Gossot et al. 2011, Schlensker und Distl 2012, Aikawa, Shibata et al. 2014, Gutierrez-Quintana, Guevar et al. 2014, Dewey, Davies et al. 2016). West Highland White Terrier, Pekinese, Yorkshire Terrier, Beagle, Dachshund, Dobermann Pinscher, Rottweiler, Kleinspitz, Schäferhund und Jagtterrier können ebenfalls betroffen sein (Parker und Park 1974, Done et al. 1975, Kirberger 1989, Ruberte et al. 1995, Breit 1998). Eine Geschlechtsdisposition konnte nicht nachgewiesen werden (Done et al. 1975, Gutierrez-Quintana et al. 2014). Die gewollte Rutenkringelung wird durch Keilwirbel im Schwanz erzeugt, und diese segmentale Malformation führt ganz offensichtlich dazu, dass auch in den vorgeschalteten Wirbelsäulensegmenten, insbesondere im thorakalen Bereich, Malformationen mitselektiert werden (Kramer et al. 1982, Jaggy et al. 2007, Schlensker und Distl 2012).

### Röntgenologische Diagnose

Keilwirbel stellen sich auf Röntgenaufnahmen bei latero-lateralem (l/l) Strahlengang als ein in eine Richtung spitz zulaufender Wirbelkörper dar. Zeigt die Spitze ventral und hat Kontakt zur Grundfläche der Wirbelsäule, besteht eine ventrale Wirbelkörperhypoplasie mit einem ventralen Keilwirbel (Abb. 3). Eine Hemivertebra weist auf dieser Röntgenaufnahme (l/l) ebenfalls einen in eine Richtung spitz zulaufenden Wirbelkörper auf, der jedoch keinen Kontakt zur Grundfläche der Wirbelsäule hat. Es besteht folglich eine Wirbelkörperaplasie. Ist die Spitze ventral gerichtet, handelt es sich um eine dorsalen Hemivertebra (Gutierrez-Quintana et al. 2014).

Auf Röntgenaufnahmen im ventro-dorsalen (v/d) Strahlengang ist ein lateraler Keilwirbel durch einen nur einseitig spitz zulaufenden Wirbelkörper gekennzeichnet. Die spitze Seite endet mit den benachbarten Wirbelkörpern auf gleicher Höhe. Beim lateralen Hemivertebra endet dagegen röntgenologisch die spitze Seite bereits eher als die der benachbarten Wirbel (Gutierrez-Quintana et al. 2014).

Nach Gutierrez-Quintana et al. (2014) ist der dorso-laterale Hemivertebra eine Sonderform der Fehlbildung. Auf Röntgenbildern im l/l Strahlengang hat er die Merkmale eines dorsalen und auf denen im v/d- die eines lateralen Hemivertebra. Weitere Kombinationen wurden nicht beschrieben.



**Abbildung 3: Formationsdefekte nach Gutierrez-Quintana et al. 2014 im latero-lateralen (links) und ventro-dorsalen (rechts) Strahlengang**

### Klinische Relevanz

In der Literatur wurden über die Jahre die Begriffe Keilwirbel oder Hemivertebra benutzt, um sämtliche keilförmigen Wirbelkörpermalformationen zusammenzufassen. Die klinische Relevanz wurde dabei als eher gering eingeschätzt. So ist der Keilwirbel allgemein ein röntgenologischer Zufallsbefund, der selten klinisch relevante Probleme verursacht, aber im Falle neurologischer Ausfallerscheinungen ursächlich sein kann (Morgan 1968, Wright 1979, Dennis 1987, Bailey und Morgan 1992, Karriker et al. 2006, Jaggy et al. 2007, Westworth und Sturges 2010, Schlensker und Distl 2012, Suter et al. 2012, Dewey et al. 2016). Häufigste Lokalisation der Malformation ist die mittlere Brustwirbelsäule. Neurologische Symptome, wie Parese, Plegie, Ataxie, Muskelatrophie der Gliedmaßen, Palpationsschmerzen im entsprechenden Wirbelsäulenabschnitt und Dysurie/Harninkontinenz sind selten, gehen aber meist vom Rückenmarksegment T3–L3 aus (Parker und Park 1974, Pearson und Gibbs 1974, Done et al. 1975, Done et al. 1975, Wheeler 1991, Schunk 1997, Suter et al. 2012, Gutierrez-Quintana et al. 2014).

Keilwirbel können eine Wirbelkanalstenose verursachen, die bereits bei der Geburt vorhanden ist oder erst im Alter symptomatisch werden kann (Drew 1974, Parker und Park 1974, Done et al. 1975, Wright 1979, Schunk 1997, Suter et al. 2012), dann in der Regel bei Tieren mit einem Alter von unter 12 Monaten (Done et al. 1975, Kramer et al. 1982, Dennis 1987, Schlensker und Distl 2012). Infolge einer hochgradigen Wirbelkörpermalformation kann das Rückenmark bereits während der embryonalen Entwicklung so geschädigt werden, dass die Tiere bereits im frühen Welpenalter neurologische Ausfallerscheinungen haben oder aber, weil diese undiagnostiziert blieben, an ihnen sterben (Drew 1974). Ist der Wirbel nur wenig missgebildet, kann es zum Stabilitätsverlust der Wirbelsäule kommen, sodass sich Spondylosen bilden (Parker und Park 1974, Done et al. 1975, Bailey und Morgan 1992). Benachbarte Wirbel können aber auch kompensatorisch so deformieren, dass sich zum ventralen Keilwirbel z. B. ein dorsaler Keilwirbel ausbildet (Bailey und Morgan 1992). Das Risiko für ein Rückenmarkstrauma nach äußerer Gewalt ist aber erhöht (Braund 1994).

Durch die keilförmigen Wirbelkörper kann sich die Wirbelsäule auch komplex verkrümmen. Eine Kyphose kann von ventralen und eine Skoliose von lateralen Keilwirbeln ausgebildet werden (Grenn und Lindo 1969, Parker und Park 1974, Done et al. 1975, Wright 1979, Schunk 1997, Suter et al. 2012). Neurologische Probleme entstehen nach Moissonnier et al. (2011) und Guevar et al. (2014) ab einer bestimmten, durch die Wirbelkörperfehlbildungen verursachten Winkelung oder Stufung in der Wirbelsäule. Die Ausprägung der Symptomatik ist nach Done et al. (1975) von Anzahl und Grad der Wirbelkörpermalformationen abhängig. Nach Grenn und Lindo (1969) und Gutierrez-Quintana et al. (2014) führt eine keilwirbelbedingte Kyphose mit gleichzeitiger Skoliose zu neurologischen Ausfallerscheinungen. Faller et al. (2014) bestätigten dies in gewisser Weise an 14 Hunden mit Keilwirbeln und Kyphoskoliose. Bei ihnen waren die Bandscheiben in diesen Lokalisationen vermehrt degeneriert.

Bei Hunden mit Symptomen einer Rückenmarkskompression sollten weiterführende bildgebende Maßnahmen, wie Myelographie, CT, Myelo-CT oder MRT, vorgenommen werden, um sicher die Relevanz von Fehlbildung und Neurologie zu belegen (Parker und Park 1974, Wright 1979, Wheeler 1991, Bailey und Morgan 1992, Schunk 1997, Jeffery et al. 2007, Waibl et al. 2012).

## Behandlung

Bei milden neurologischen Defiziten ist meist ein nicht progressiver Verlauf zu erwarten (Done et al. 1975), so dass konservativ, (medikamentös mit Bewegungsrestriktion) behandelt werden kann (Tilley und Smith 2007, Dewey et al. 2016) (Tab. 4).

**Tabelle 4: Symptomatische Therapie nach Dewey et al. 2016**

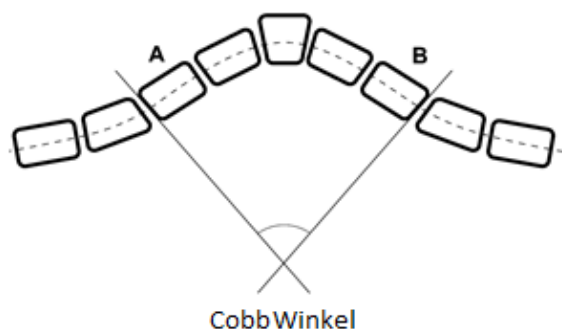
Medikamentöse Behandlung

<b>Medikament</b>	<b>Dosierung</b>
Nichtsteroidale Antiphlogistika	
z. B. Carprofen	2 mg/kg 1 x tägl. o. aufgeteilt in 2 Dosen p. o. 7 Tage
Prednisolon (antiinflammatorisch)	0,5 mg/kg 1–2 x tägl. p. o., ausschleichend
Gabapentin	10–60 mg/kg/Tag p. o., aufgeteilt in 2–3 Dosen (Start mit 10 mg/kg u. nach Effekt bis 60 mg/kg)
Pregabalin	2–4 mg/kg p. o. 3 x tägl. (Start mit 2 mg/kg u. nach Effekt bis 4 mg/kg)
Amantadine	3–5 mg/kg 1 x tägl. p. o.

Bei hochgradiger klinischer Symptomatik sollte operativ interveniert werden (Bailey und Morgan 1992, Braund 1994, Jeffery et al. 2007, Suter et al. 2012, Dewey et al. 2016). Dabei sollte die Wirbelsäule ggf. stabilisiert und/oder das Rückenmark dekomprimiert werden. Nach Aikawa et al. (2007) ist die Prognose gut.

### Winkelmessung/Stufung

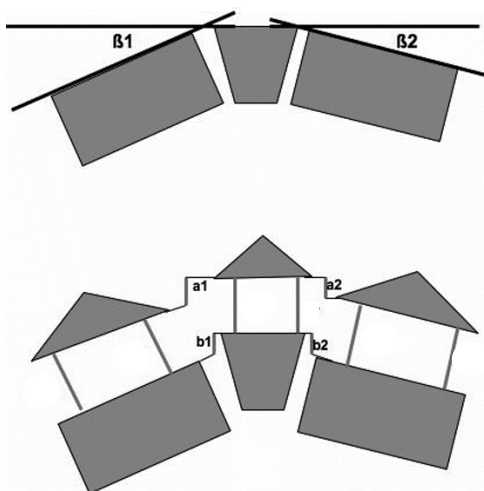
Kyphose und Kyphoskoliose können beim Menschen mit kongenitaler Wirbelsäulen-deformation eine Verletzung des Rückenmarks auslösen (Shapiro und Herring 1993, Zeller et al. 1996, Philips et al. 1997, McMaster und Singh 2001, Jeffery et al. 2007). Um das Risiko für eine derartige Wirbelsäulenkrümmung festzustellen, wird der Cobb-Winkel gemessen.



**Abbildung 4: Cobb-Winkel modifiziert nach Aikawa et al. 2007**

Um den Cobb-Winkel zu bestimmen, werden zunächst die beiden Neutralwirbel gesucht (A und B). Neutralwirbel sind der erste Wirbel kranial (A) und kaudal (B) des Scheitelpunktes am Wendepunkt der Wirbelsäulenkrümmung. An das kraniale Ende des vorderen Neutralwirbels (A) und an das kaudale des hinteren Neutralwirbels (B) wird je eine Tangente angelegt. Der Winkel, in dem sich beide Geraden schneiden, wird als Cobb-Winkel bezeichnet (Abb. 4) (Aikawa et al. 2007).

In der Tiermedizin suchten Moissonnier et al. (2011) vergleichbar zur Humanmedizin, an 41 Französischen Bulldoggen Wirbelveränderungen mit und ohne neurologischen Problemen nach Messwerten. Sie orientierten sich dabei an der ventralen Fläche (Abb. 5). Dort wurde eine Gerade angelegt, ebenso je eine auf dem Boden des kranialen wie auch kaudalen „Normalwirbels“ (erster normal geformter Wirbelkörper, der Malformation anliegend), und aus dem Schnittpunkt der Geraden wurde kranial der Winkel  $\beta_1$  sowie kaudal  $\beta_2$  gemessen. Im Ergebnis weisen sie nach, dass bei Hunden mit neurologischen Symptomen die Wirbelsäule mit durchschnittlich  $133,2^\circ$  stärker verkrümmt war als bei Hunden ohne neurologische Symptome (durchschnittliche Winkelung über  $169,4^\circ$ ). Verursacht die Malformation eine Stufung in der Wirbelsäule, konnten Moissonnier et al. (2011), ebenfalls bei Französischen Bulldoggen mit und ohne neurologische Auffälligkeiten, Messergebnisse korrelieren. Dazu maßen sie die Verlagerung des Wirbelsäulenbodens (Abb. 5). Französische Bulldoggen mit einer 1,75-mm-Stufung hatten neurologische Ausfälle, die mit einer 0,3-mm-Stufung hatten keine Probleme.

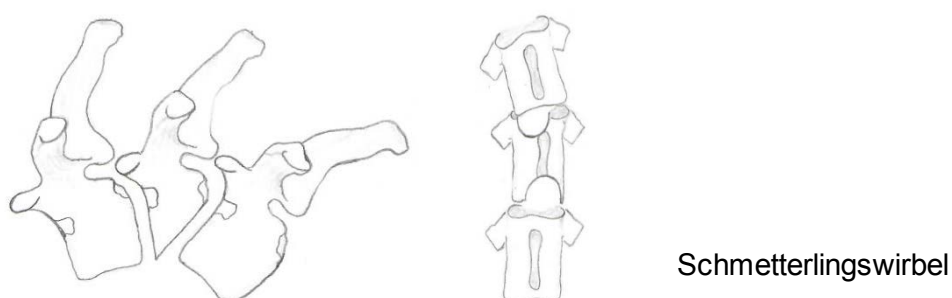


**Abbildung 5: Winkelmessung der Wirbelsäule 180°- ( $\beta_1$ – $\beta_2$ ) oben und Stufung des Wirbelsäulenbodens a 1, b 1 und a 2, b 2. (Moissonnier et al. 2011)**

Nach Gutierrez-Quintana et al. (2014) besteht eine Korrelation zwischen Kyphose/Kyphoskoliose und neurologischen Ausfällen. Guevar et al. (2014) wiesen am selben Tiergut nach, dass Hunde mit kyphotisch veränderter Wirbelsäule ab einem Cobb-Winkel von  $> 35^\circ$  ein 75%iges neurologisches Ausfallrisiko tragen. Dies bestätigten Faller et al. (2014) an 14 Hunden. Bei Tieren mit Kyphoskoliose waren die der Wirbelsäulenmalformation benachbarten Bandscheiben auffallend stärker degeneriert.

#### 2.4.1.2 Schmetterlingswirbel

Ein Schmetterlingswirbel stellt sich in der latero-lateralen Röntgenaufnahme häufig wie ein ventraler Keil- oder verkürzter Wirbel dar. Morgan (1968) und Parker und Park (1974) ordnen ihn deswegen in eine Untergruppe der Keilwirbel ein (Abb. 6). Nach vielen Autoren (Wright 1979, Bailey und Morgan 1992, Braund 1994, Burk und Ackermann 1996, Tilley und Smith



**Abbildung 6: Schmetterlingswirbel nach Gutierrez-Quintana et al. (2014) im latero-lateralen (links) und ventro-dorsalen (rechts) Strahlengang**

2007, Suter et al. 2012) ist dies eine eigene Wirbelkörpermalformation, da die Deformation auf der Röntgenaufnahme im ventro-dorsalen Strahlengang einem Schmetterling ähnelt.

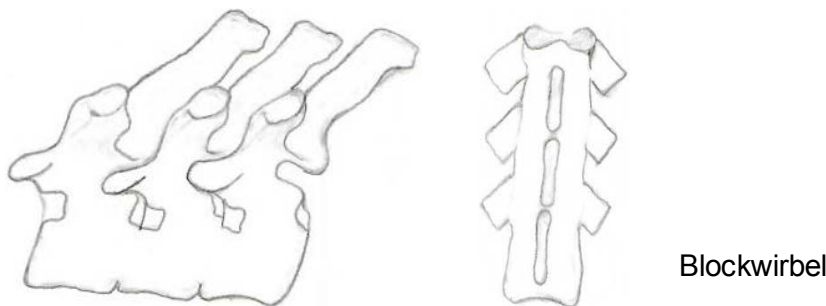
Sein typisches Aussehen bekommt der Schmetterlingswirbel aufgrund einer sagittalen Wirbelkörperspaltung (Wright 1979, Bailey und Morgan 1992, Braund 1994, Burk und Ackermann 1996). Vermutlich entwickelt er sich embryonal wie der Keilwirbel, wenn sich die Nebenossifikationszentren zentral im Wirbelkörper nicht vereinigen (Parker und Park 1974,

Lee 1989, Schlensker und Distl 2012), oder ausgelöst über eine Mangel durchblutung während der Chondrifikation (Lewis 1974, Tanaka und Uthoff 1981, Moissonnier et al. 2011). Zwei Ossifikationszentren bleiben zentral getrennt und bilden in Röntgenaufnahmen im ventrodorsalen Strahlengang eine Schmetterlingsform mit beidseits einem Schmetterlingsflügel.

Schmetterlingswirbel sind im Hinblick auf Rasseprädisposition, Lokalisation und Inzidenz mit denen von Keilwirbeln identisch. Nach Gutierrez-Quintana et al. (2014) und Guevar et al. (2014) sind Schmetterlingswirbel die häufigsten Wirbelkörpermalformationen. Ihre klinische Relevanz ist allerdings gering (Wright 1979, Bailey und Morgan 1992, Braund 1994).

### 2.4.1.3 Blockwirbel

Einen Blockwirbel charakterisiert, dass sich in seiner Entwicklung mindestens 2 Wirbel nicht voneinander absetzen, sondern einen Block bilden (Lee 1989, Burk und Ackermann 1996, Dewey 2008, Suter et al. 2012). Die Verblockung kann verschieden intensiv sein, d.h. mit fehlendem Intervertebralspalt und/oder fehlender Trennung der benachbarten Wirbelbögen (Morgan 1968, Wright 1979, Bailey und Morgan 1992, Braund 1994, Burk und Ackermann 1996) (Abb. 7).



**Abbildung 7: Blockwirbel nach Gutierrez-Quintana et al. (2014)**

Während der embryonalen Wirbelentwicklung werden die Somiten in ihrer Segmentierung gestört, sodass die Wirbelanlagen miteinander fusionieren können (Morgan 1968, Wright 1979, Bailey und Morgan 1992, Braund 1994). Die Ätiologie dürfte mit jener der anderen Wirbelkörpermalformationen identisch sein (Tanaka und Uthoff 1981, Bailey und Morgan 1992).

Blockwirbel betreffen, so wie Keil- und Schmetterlingswirbel, in der Regel Hunde brachycephaler Rassen (Burk und Ackermann 1996). Insbesondere ist der Hals- und Lendenwirbelsäulenbereich befallen. Zur Blockbildung kommt es aber auch im Bereich der Brustwirbel (Morgan 1968, Wright 1979, Lee 1989, Bailey und Morgan 1992, Burk und Ackermann 1996).

Die klinische Relevanz von Blockwirbeln ist zumeist gering, es sei denn, sie provozieren eine abnorme Winkelung der Wirbelsäule (Wright 1979, Bailey und Morgan 1992, Burk und Ackermann 1996, Malik et al. 2009, Westworth und Sturges 2010) und/oder erhöhen das Risiko einer atlantoaxialen Subluxation (Lin und Coolman 2009).

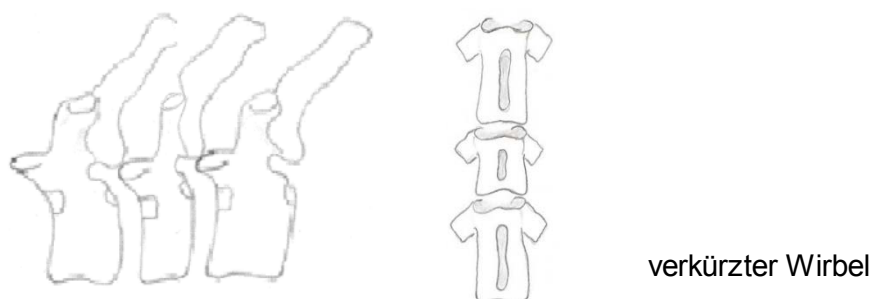
Die Diagnose beruht, so wie jene der Keilwirbel, auf einer röntgenologischen Darstellung im Grundbildpaar (Bailey und Morgan 1992).



Blockwirbel sollten nicht mit Wirbelkörperverschmelzungen nach Operationen, Wirbelfrakturen oder einer Diskospondylitis verwechselt werden (Morgan 1968, Bailey und Morgan 1992, Schunk 1997)

#### 2.4.1.4 Verkürzter Wirbel

Ein verkürzter Wirbelkörper besitzt keine spitz zulaufenden Grundflächen. Er stellt sich im röntgenologischen Grundbildpaar wie ein normaler Wirbelkörper mit verkürzter Dorsal- und Basalfläche dar (Abb. 8) (Gutierrez-Quintana et al. 2014).

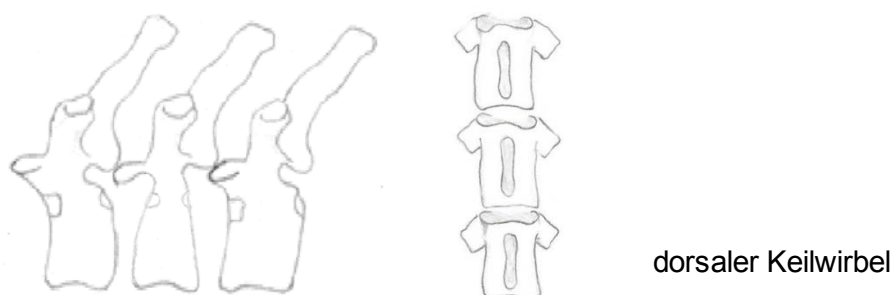


**Abbildung 8: Verkürzter Wirbel nach Gutierrez-Quintana et al. (2014) im latero-lateralen (links) und ventro-dorsalen (rechts) Strahlengang**

Gutierrez-Quintana et al. (2014) nahmen den verkürzten Wirbel nicht in ihr Schema auf. Er stellte für sie einen Zufallsbefund dar, der zwar mit 34 % (26/76) die häufigste Malformation darstellte, jedoch klinisch keine Relevanz zeigte, weshalb er statistisch nicht weiter untersucht wurde.

#### 2.4.1.5 Dorsaler Keilwirbel

Von vielen Autoren wurde ein weiterer Keilwirbel beschrieben werden, dessen Wirbelkörper Spitze nach dorsal verläuft und mit den benachbarten Wirbelkörpern auf selber Höhe endet. Es handelt sich um eine dorsale Hypoplasie, welche keine neurologischen Ausfälle verursacht und ggf. die durch nach ventral spitz zulaufende Wirbelkörper verursachte Kyphose auszugleichen vermag (Morgan 1968, Parker und Park 1974, Meyer 2011, Schlensker und Distl 2012). Im weiteren Verlauf der Arbeit wird diese Fehlbildung als dorsaler Keilwirbel bezeichnet (Abb. 9).



**Abbildung 9: Dorsaler Keilwirbel im latero-lateralen (links) und ventro-dorsalen (rechts) Strahlengang**

## **3. Material und Methodik**

### **3.1 Material**

In der vorliegenden prospektiven Studie wurden 265 Hunde brachycephaler Rassen, die 2014 bis 2016 in der Klinik für kleine Haustiere der Freien Universität Berlin vorgestellt wurden, neurologisch und röntgenologisch im Hinblick auf Missbildungen der Wirbelsäule untersucht. 81 Tiere wurden wegen nicht neurologischer Erkrankungen an Augen, Ohren, Haut, Atemwegen oder Verdauungstrakt oder aber z. B. im Rahmen von Vakzinationen in der Klinik vorgestellt. Sie wurden, wie auch weitere 184, die über Zuchtverbände gewonnen wurden, für die Studie genutzt.

In die Studie aufgenommen wurden nur Tiere, die mindestens 12 Monate alt waren. Sie waren wegen verschiedenster Erkrankungen Patienten der Klinik für Kleine Haustiere (n=81) oder konnten über Flyer-gestützte Werbung in Zuchtverbänden (n=184) angeworben werden. Genehmigt wurden die Untersuchungen im Tierversuchsantrag „Nr.: Reg. 0151/15 (Wirbelkörpermissbildung bei Hunden)“.

Für die Untersuchungen im Rahmen der Fragestellung dieser Arbeit musste das schriftliche Einverständnis des Tierhalters vorliegen (siehe den betreffenden Flyer im Anhang).

### **3.2 Methodik**

Von jedem Tier wurden, unabhängig davon, ob es Patient in der Klinik (n=81) war oder angeworben (n=184) wurde, dem propädeutischen Untersuchungsgang folgend, die Tierhalterdaten (Name, Anschrift) und das Signalement des Hundes mit Körpergewicht, Alter registriert und auch, ob er kastriert oder intakt war.

Bei den Patienten der Klinik für kleine Haustiere wurde im Rahmen dieser Studie den im weitesten Sinne internistischen (Dermatologie, Hals-Nasen-Ohren, Brachycephales Syndrom, Gastroenterologie, Urologie, Endokrinologie) und ophthalmologischen Problemkreisen keine weitere Aufmerksamkeit gewidmet, es sei denn, der Patient war deswegen in der Klinik bereits in Behandlung oder der Tierhalter hatte um eine Zweitmeinung oder eine weitere Klärung und Behandlung dieser Erkrankungen in der Klinik gebeten. Die betreffenden Hunde wurden dann, nachdem das Studienanliegen geklärt worden war, dem/r jeweiligen kompetenten Kollegen/-in übergeben. Der Haustierarzt wurde schriftlich über das Ergebnis und etwaige Empfehlungen informiert.

#### **3.2.1 Untersuchungsgang**

Dem Ziel der Studie folgend, wurden die Hunde klinisch allgemein, orthopädisch orientierend und speziell in Anlehnung an Brunberg et al. (2014) sowie neurologisch untersucht.

### 3.2.1.1 Allgemeinuntersuchung

Bei der Allgemeinuntersuchung wurde Folgendes untersucht:

- Atmung,  
insbesondere im Hinblick auf das Brachycephale Syndrom:
  - Nasenlöcher,
  - Atemfrequenz,
  - Atemgeräusche,
- Puls,
- Körpertemperatur,
- Haut,
- Schleimhäute und
- Lymphknoten.

### 3.2.1.2 Orthopädisch orientierende und spezielle Lahmheitsuntersuchung

In der orthopädisch orientierenden und speziellen Lahmheitsuntersuchung wurde das Tier allseitig sowie von vorn und hinten in Ruhe und in verschiedenen Gangarten (Schritt, Trab, Galopp) auf stumpfen Ebenen wie auch schrägem Laufweg sowie treppauf und treppab geführt und das Stand-/Gangbild analysiert.

Befundet und dokumentiert wurden Abweichungen vom Standard, Asymmetrie, Entlastung und Fehlstellung (Varus, Valgus, Torsion, Exo-/Endorotation, Supination, Pronation, Ab-/Adduktion, Hyperextension). Zusätzlich wurden Knie- und Hüftgelenke im Hinblick auf kongenitale Missbildungen wie Patellaluxation und/oder Hüftgelenksdysplasie mit untersucht.

### 3.2.1.3 Neurologische Untersuchung

Nach der Anamneseerhebung sowie der Allgemein- und orthopädischen Untersuchung wurde jedes Tier neurologisch untersucht. Die neurologische Untersuchung erfolgte nach einem für diese Studie standardisierten neurologischen Protokoll. Folgende Parameter wurden beachtet:

- Ganganalyse,
- Kopfnerven,
- Propriozeption (Hüpfprobe, Pfotenkorrektur),
- Reflexe (Flexor-, Bizepssehnen- und Patellarsehnenreflex),
- Pannikulusreflex,
- Anal- und Schwanztonus sowie
- Schmerzhaftigkeit der Wirbelsäule (Halsbiegeschmerz, Druckdolenz BWS, LWS).

Die Tiere wurden auf Grundlage der neurologischen Untersuchung mit Hilfe des modifizierten Frankel Score kategorisiert (Tab. 5)

**Tabelle 5: Modifizierter Frankel Score**

Neurologie	Symptom
0	Unauffällig
1	Schmerzhaft
2	Gehfähige Parese
3	Nicht gehfähige Parese
4	Plegie mit Tiefenschmerz
5	Plegie ohne Tiefenschmerz

Eine gehfähige Paraparese der Hintergliedmaßen wurde diagnostiziert, sobald sich die Propriozeptionsreaktion in den Hintergliedmaßen deutlich von der in den Vordergliedmaßen unterschied.

### 3.2.2 Röntgen

Die Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule wurden an wachen, nicht an sedierten Hunden erstellt. Jeder Wirbelsäulenabschnitt wurde im Röntgengrundbildpaar abgebildet, d.h. in zwei senkrecht zueinander stehenden Ebenen. Bei der segmentalen röntgenologischen Darstellung der Wirbelsäule beachtet wurde, dass die Aufnahmen im latero-lateralen Strahlengang immer in linker Seitenlage des Hundes angefertigt wurden. Das Nutzstrahlbündel wurde auf die erforderliche Feldform und Feldgröße ausgeblendet, so dass der benachbarte kraniale und kaudale Bereich der Wirbelsäule mit abgebildet war, d.h. für die

- Halswirbelsäule: Hinterhaupt – T1/2,
- Brustwirbelsäule: C6/7 – L1/2,
- Lendenwirbelsäule: T12/13 – Schwanzspitze.

#### 3.2.2.1 Erstellen der Röntgenaufnahmen

Die Röntgenabbildungen wurden nach der neurologischen Untersuchung in der Klinik für kleine Haustiere der FU Berlin unter Einhaltung der aktuellen Röntgenverordnung und Strahlenschutzbestimmung angefertigt (RöV 2015).

Von jedem Hund wurde die HWS, BWS und LWS inkl. der Rute jeweils in zwei Ebenen geröntgt. Eine optimale Positionierung wurde durch die Verwendung von Lagerungshilfen und die Fixation der Hunde durch Halten an den Vorder- und Hintergliedmaßen gewährleistet.

### Röntgenaufnahme Halswirbelsäule

- Latero-lateraler Strahlengang: Der Hund befindet sich in linker Seitenlage, die Vordergliedmaßen werden kaudal gezogen und die Hintergliedmaßen verweilen in neutraler Position. Der Kopf wird kranial gezogen. Um eine mittige Position der HWS zu gewährleisten, wird ein Schaumstoffkissen unter C4–C7 platziert. Der Zentralstrahl verläuft auf den Mittelpunkt des Halses, und das Sichtfeld beinhaltet die vollständige Halswirbelsäule (Abb. 10)



**Abbildung 10: Lagerung zur latero-lateralen Röntgenaufnahme der HWS**

- Ventro-dorsaler Strahlengang: Der Hund wird auf den Rücken gelegt, so dass das Sternum in der Medianen liegt. Die Vordergliedmaßen werden kaudal gezogen und manuell fixiert. Der Kopf sollte so weit gestreckt werden, bis die Ränder des Unterkiefers parallel zum Röntgentisch liegen. Der Zentralstrahl ist auf den Mittelpunkt des Halses (3. Halswirbel) gerichtet. Das Sichtfeld beinhaltet die komplette Halswirbelsäule inklusive den Kondylen des Os occipitale (Abb. 11).



**Abbildung 11: Lagerung zur ventro-dorsalen Röntgenaufnahme der HWS**

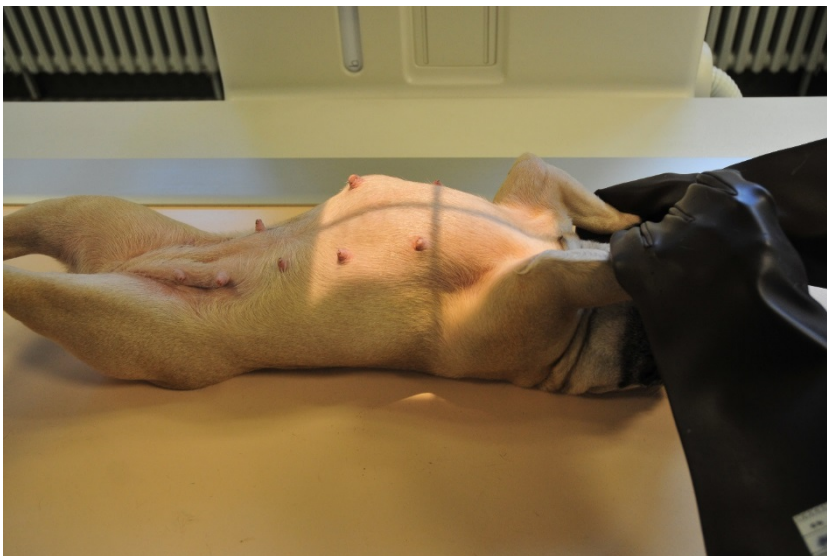
### Brustwirbelsäule

- Latero-lateraler Strahlengang: Der Hund befindet sich in linker Seitenlage, die Vordergliedmaßen werden kranial gezogen, die Hintergliedmaßen und der Kopf werden in neutraler oder gestreckter Position manuell fixiert. Der Zentralstrahl ist mittig der BWS auf den dorsalen Bereich des Thorax gerichtet. Das Sichtfeld umfasst komplett die Brustwirbelsäule (Abb. 12).



**Abbildung 12: Lagerung zur latero-lateralen Röntgenaufnahme der BWS**

- Ventro-dorsaler Strahlengang: Der Hund wird auf den Rücken gelegt, so dass das Sternum in der Medianen liegt. Die Vordergliedmaßen werden zur besseren Fixation bei gebeugten Ellenbogengelenken kranial gezogen und dabei der Kopf möglichst zwischen den Karpalgelenken des Untersuchers fixiert. Die Hintergliedmaßen werden in kaudal gesteckter Position gehalten. Der Zentralstrahl liegt in der Medianen auf der mittleren Brustregion und ist etwas in kranio-kaudaler Richtung gewinkelt. Das Sichtfeld umfasst die gesamte Brustwirbelsäule (Abb. 13).



**Abbildung 13: Lagerung zur ventro-dorsalen Röntgenaufnahme der BWS**

Lendenwirbelsäule, Kreuzbein, Rute

- Latero-lateraler Strahlengang: Der Hund befindet sich in Seitenlage, die Vordergliedmaßen werden kranial gezogen und die Hintergliedmaßen verweilen in kaudal gestreckter Position. Der Zentralstrahl wird auf die Lendenwirbelsäule L3–L4 gerichtet, und das Sichtfeld umfasst Lendenwirbelsäule, Kreuzbein und Rute (Abb. 14).



**Abbildung 14: Lagerung zur latero-lateralen Röntgenaufnahme der LWS**

- Ventro-dorsaler Strahlengang: Der Hund wird auf den Rücken gelegt, so dass das Sternum in der Medianen liegt. Die Vordergliedmaßen werden vom Rumpf weggestreckt. Der Zentralstrahl ist auf das Zentrum der Lendenwirbelsäule gerichtet und das Sichtfeld umfasst Lendenwirbelsäule, Kreuzbein und Rute (Abb.15).



**Abbildung 15: Lagerung zur ventro-dorsalen Röntgenaufnahme der LWS**

### 3.2.2.2 Beurteilung der Röntgenaufnahmen

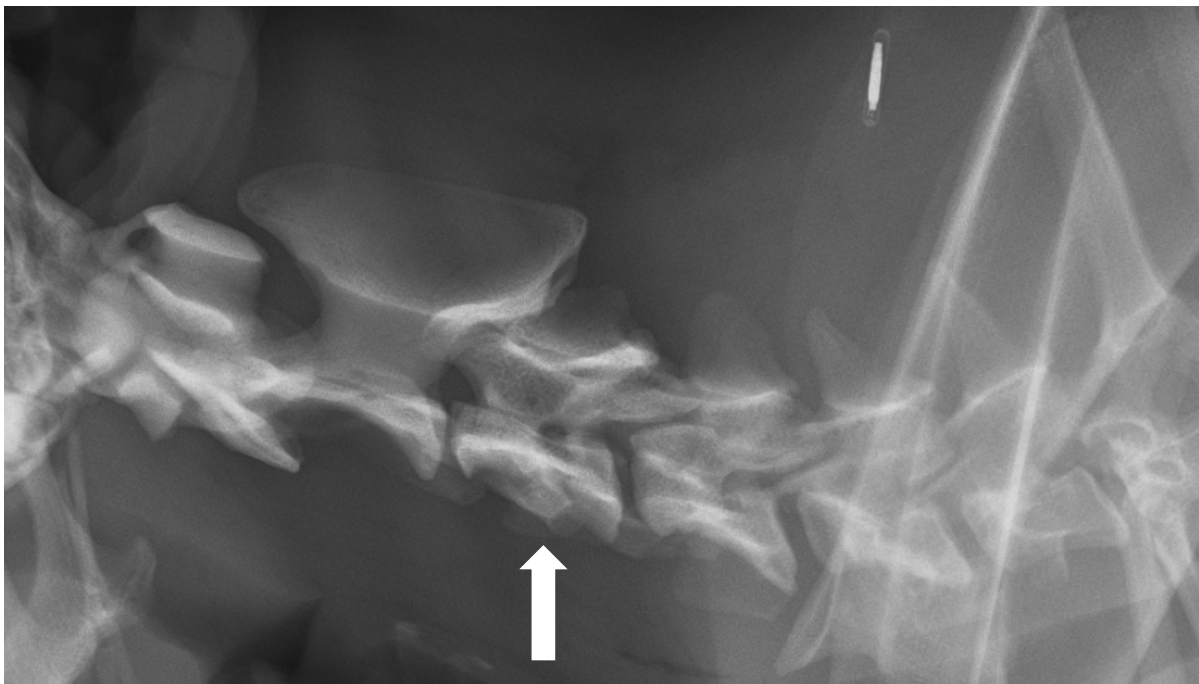
Jeder Wirbel im Röntgengrundbildpaar wurde nach einer kongenitalen Wirbelkörpermalformation abgesucht. Lokalisation und Deformationstyp wurden gemäß den Kriterien von Gutierrez-Quintana et al. (2014) charakterisiert und beurteilt. Die Anzahl der Wirbel der einzelnen Segmente wurden notiert. An der stärksten Wirbelsäulenkrümmung wurde der Cobb-Winkel und bei einer etwaigen Stufung dessen Höhe gemessen.

Die deformierten Wirbel:

#### Blockvertebra



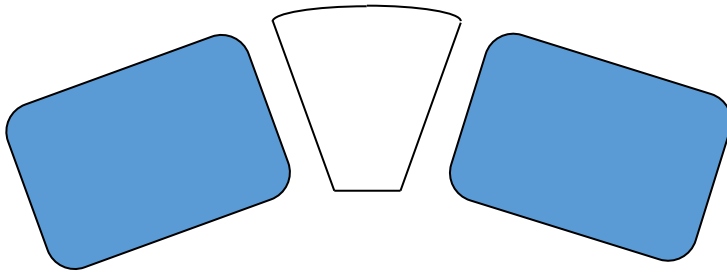
**Abbildung 16: Blockvertebra aus 3 Wirbeln, schematisch einem Röntgenbild im latero-lateralen Strahlengang nachgezeichnet**



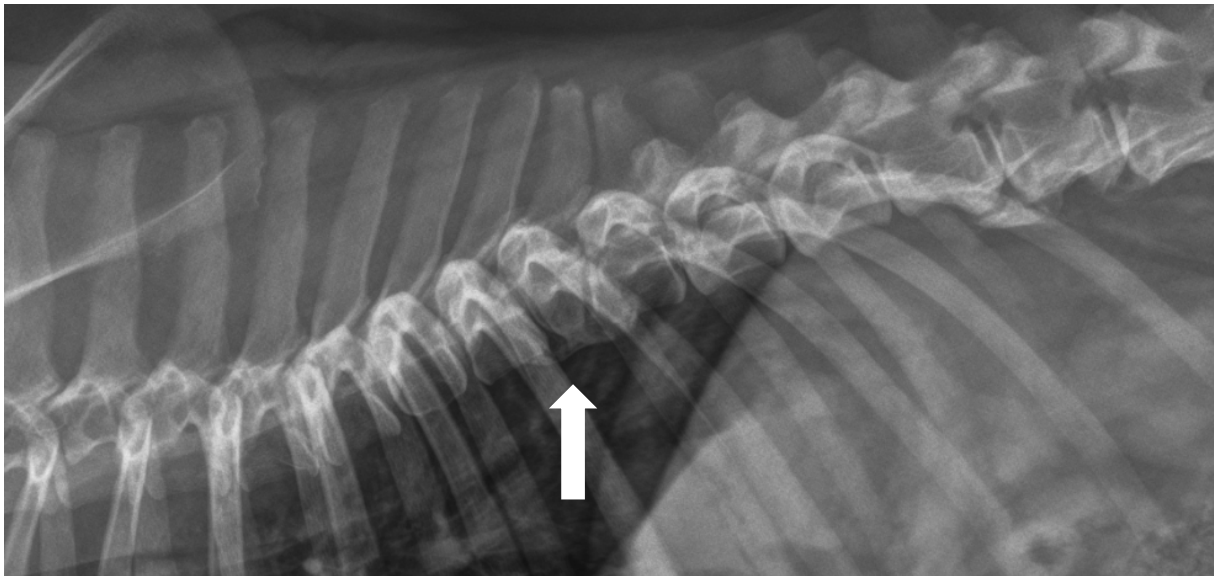
**Abbildung 17: Halswirbelsäule latero-lateral, Blockwirbel mit 2 Vertebrae (Pfeil); Französische Bulldogge, männlich, 2 Jahre alt**



Ventraler Keilwirbel

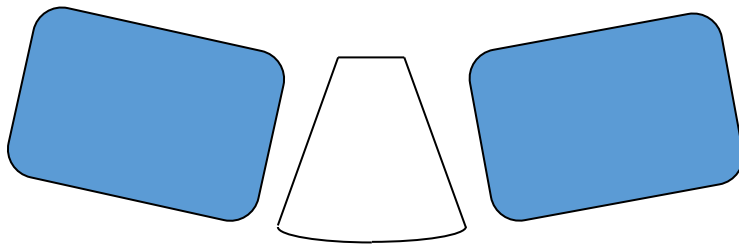


**Abbildung 18: Ventraler Keilwirbel (weiß), schematisch einem Röntgenbild im latero-lateralen Strahlengang nachgezeichnet**

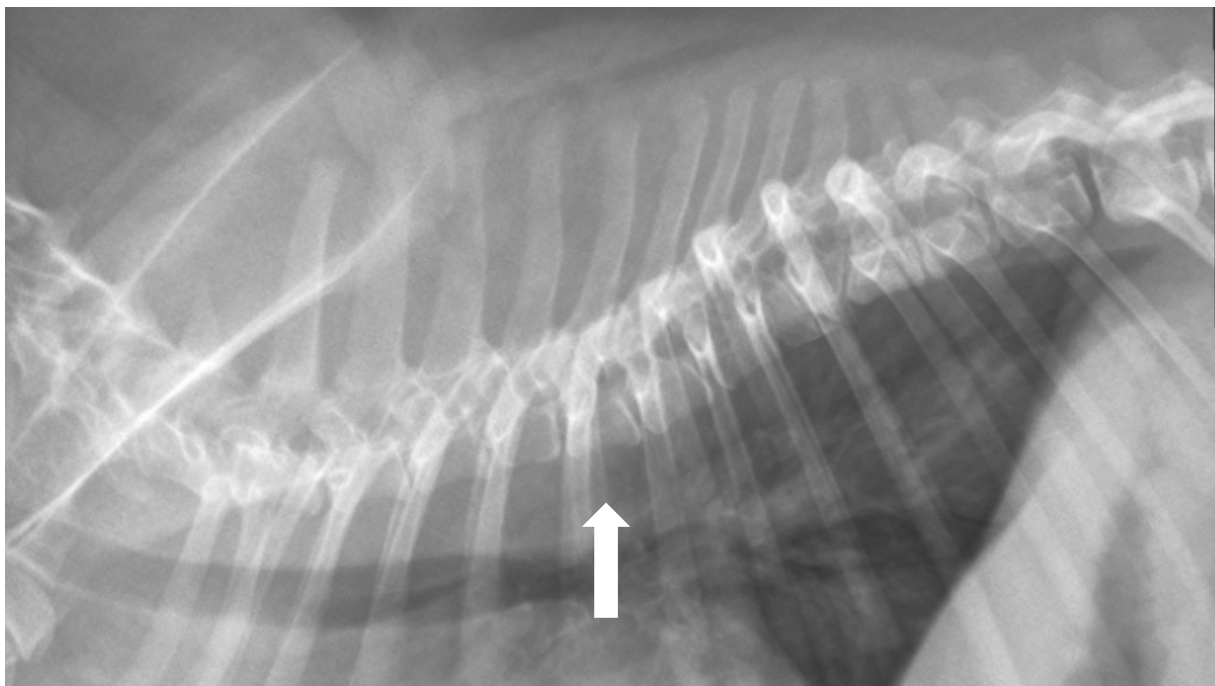


**Abbildung 19: Brustwirbelsäule latero-lateral, ventraler Keilwirbel (Pfeil); Französische Bulldogge, weiblich, 1 Jahr alt**

Dorsaler Keilwirbel

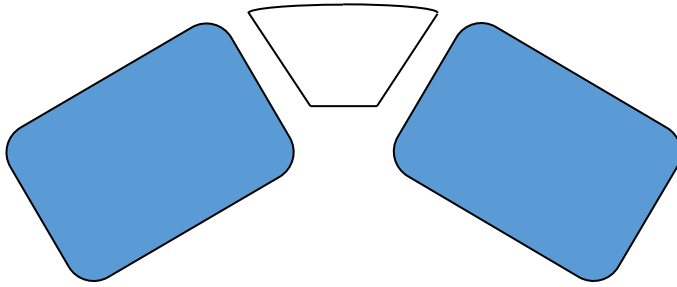


**Abbildung 20: Dorsaler Keilwirbel (weiß), schematisch einem Röntgenbild im latero-lateralen Strahlengang nachgezeichnet**

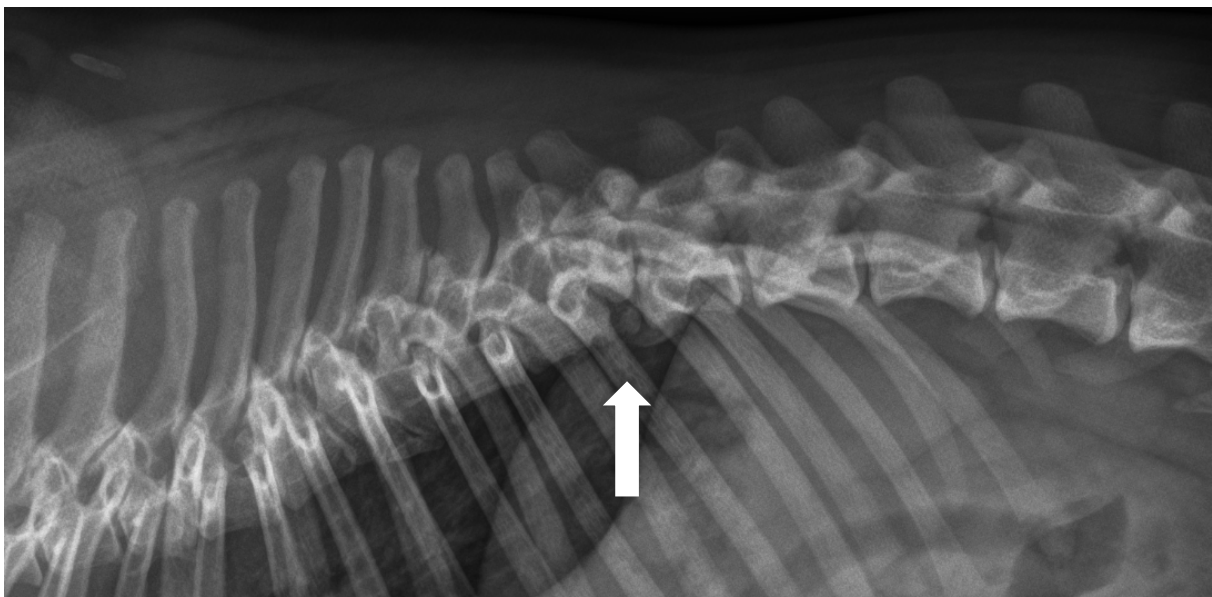


**Abbildung 21: Brustwirbelsäule latero-lateral, dorsaler Keilwirbel (Pfeil); Französische Bulldogge, weiblich, 1,5 Jahr alt**

Dorsaler Hemivertebra

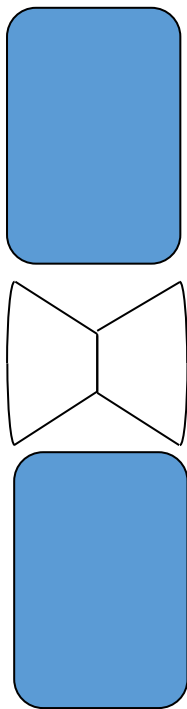


**Abbildung 22: Dorsaler Hemivertebra (weiß), schematisch einem Röntgenbild im latero-lateralen Strahlengang nachgezeichnet**

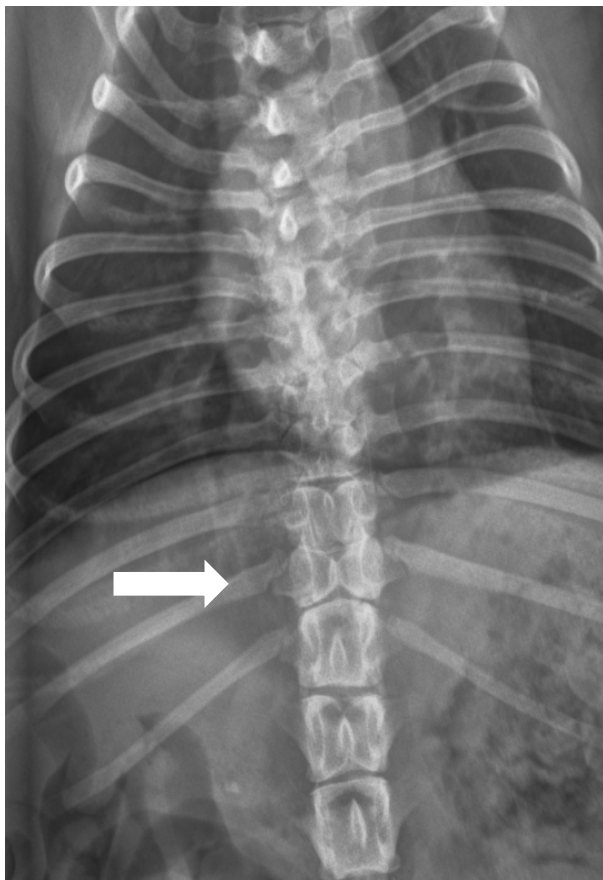


**Abbildung 23: Brustwirbelsäule latero-lateral, dorsaler Hemivertebra (Pfeil); Französische Bulldogge, weiblich, 1,5 Jahre alt**

Schmetterlingswirbel

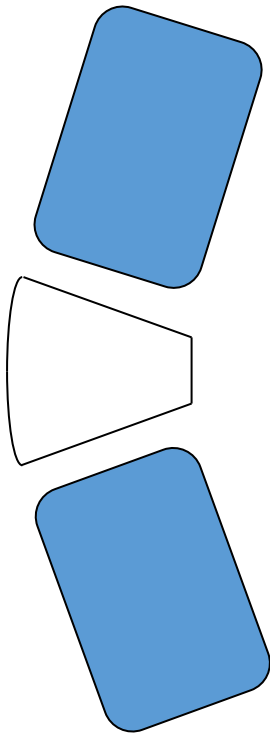


**Abbildung 24: Schmetterlingswirbel (weiß), schematisch einem Röntgenbild im ventro-dorsalen Strahlengang nachgezeichnet**

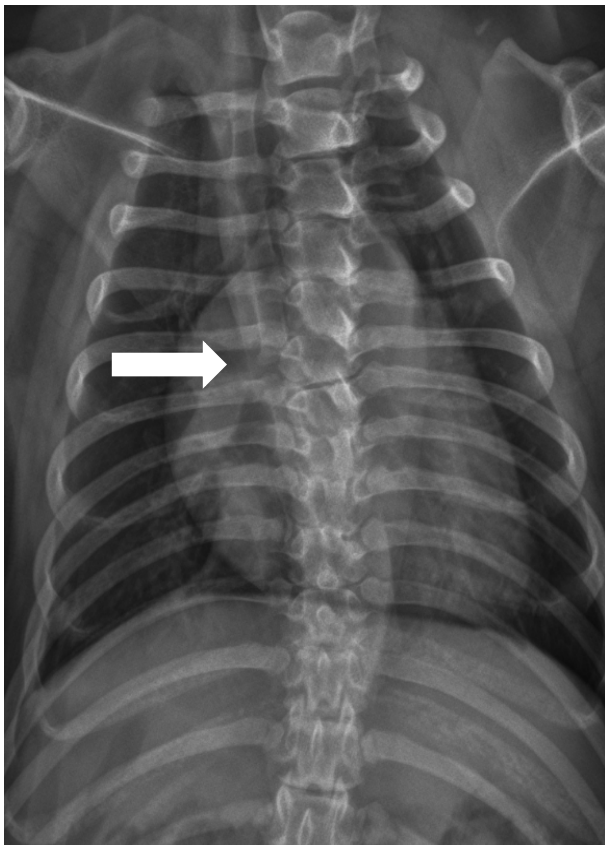


**Abbildung 25: Brustwirbelsäule ventro-dorsal, Schmetterlingswirbel (Pfeil); Französische Bulldogge, männlich, 1 Jahr alt**

Lateraler Keilwirbel

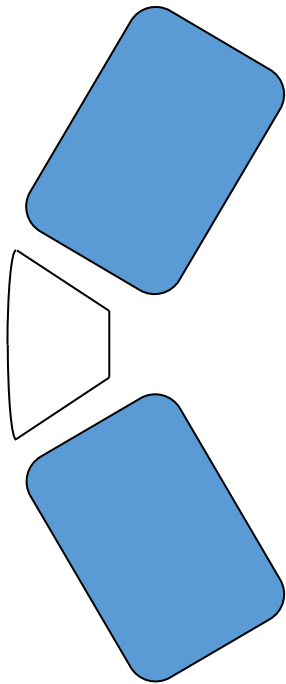


**Abbildung 26: Lateraler Keilwirbel (weiß), schematisch einem Röntgenbild im ventro-dorsalen Strahlengang nachgezeichnet**

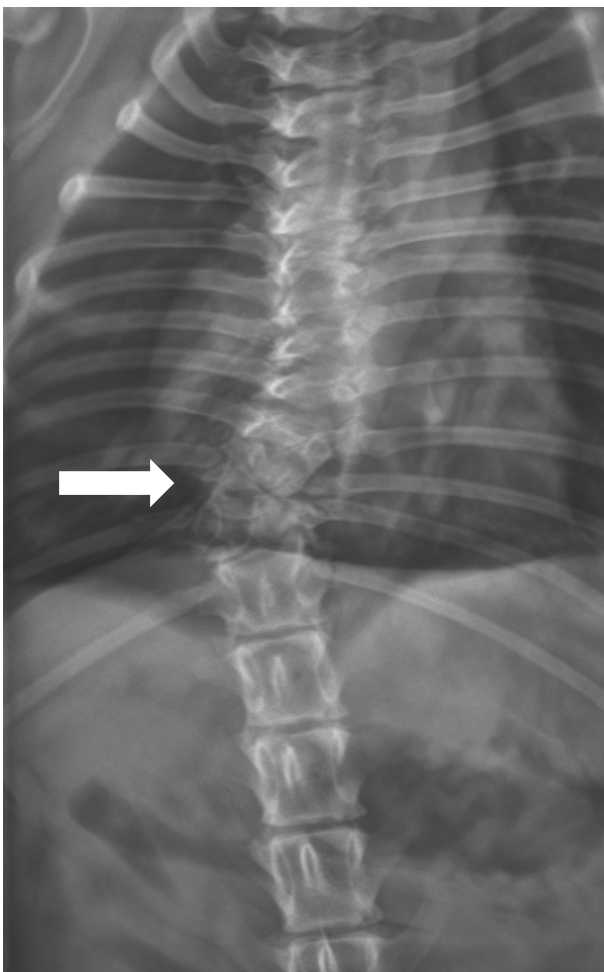


**Abbildung 27: Brustwirbelsäule ventro-dorsal, lateraler Keilwirbel (Pfeil); Französische Bulldogge, männlich, 1 Jahr alt**

Lateraler Hemivertebra



**Abbildung 28: Lateraler Hemivertebra (weiß), schematisch einem Röntgenbild im ventro-dorsalen Strahlengang nachgezeichnet**

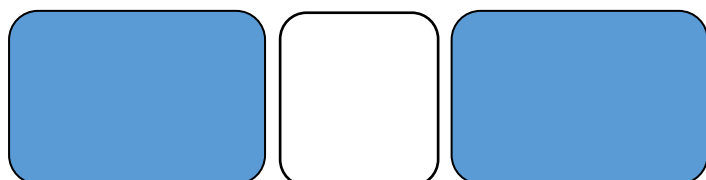


**Abbildung 29: Brustwirbelsäule ventro-dorsal, lateraler Hemivertebra (Pfeil); Französische Bulldogge, männlich, 1 Jahr alt**

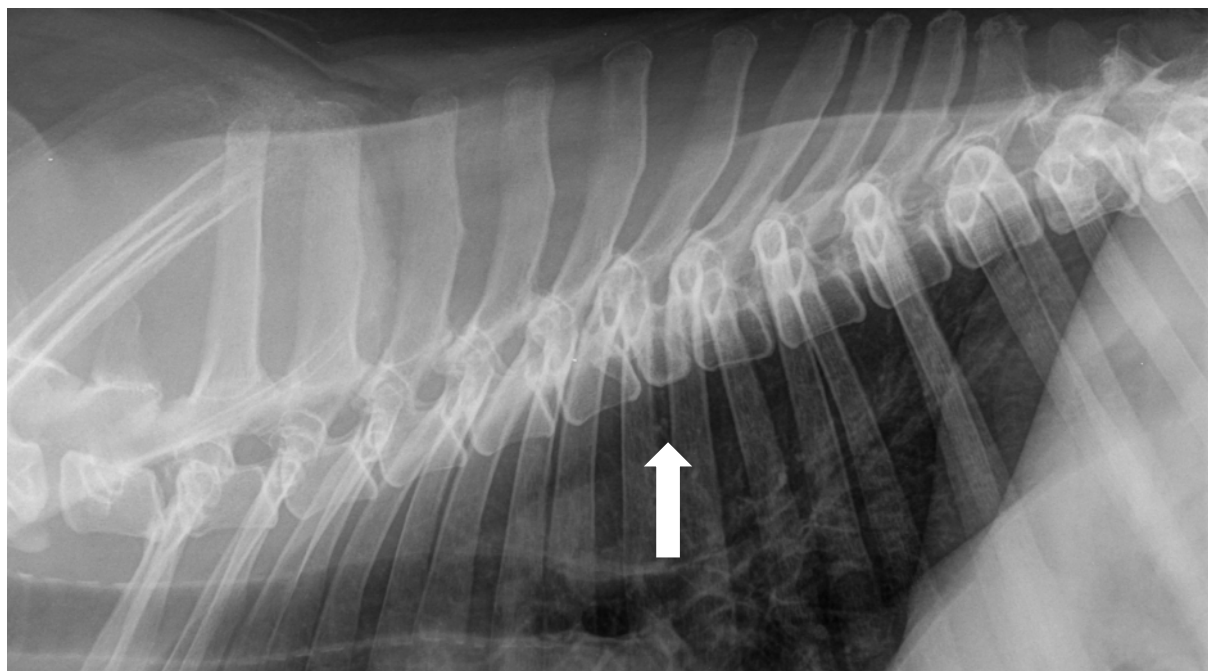
### Dorso-lateraler Hemivertebr

Eine dorso-laterale Hemivertebr liegt vor, wenn der identische Wirbelkörper in der I/I Röntgenaufnahme eine dorsale Hemivertebr und in der v/d Röntgenaufnahme eine laterale Hemivertebr aufzeigt (Schemata: dorsale Hemivertebr [Abb. 22, 23, S. 37] und laterale Hemivertebr [Abb. 28, 29, S. 40]).

### Verkürzter Wirbel

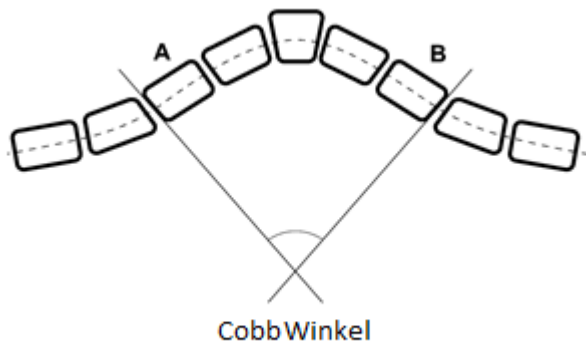


**Abbildung 30: Verkürzter Wirbel (weiß), schematisch einem Röntgenbild im latero-lateralen Strahlengang nachgezeichnet**



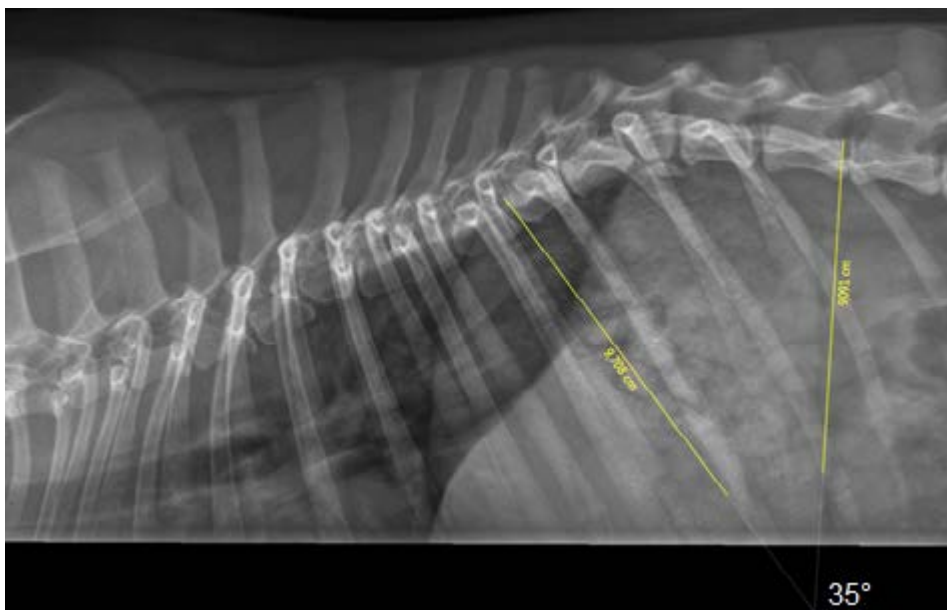
**Abbildung 31: Brustwirbelsäule latero-lateral, verkürzter Wirbel (Pfeil); Französische Bulldogge, weiblich, 2 Jahre alt**

Wirbelsäulenwinkelung



**Abbildung 32: Cobb-Winkel-Messung, schematisch (Aikawa et al. 2007)**

Entsprechend den Angaben von Aikawa et al. (2007) wurde an verkrümmten Wirbelsäulen der Cobb-Winkel gemessen. Dazu wurde kranial (A) und kaudal (B) zur Krümmung jeweils der Wirbel aufgesucht, der sicher nicht von der Deformation bzw. Verkrümmung betroffen ist. An diese Wirbel wurde kranial eine Tangente entlang der kranialen Terminalplatte von A und kaudal eine entlang der kaudalen Terminalplatte von B gelegt. Der Schnittpunkt der beiden Tangenten ventral entspricht dem Cobb-Winkel.

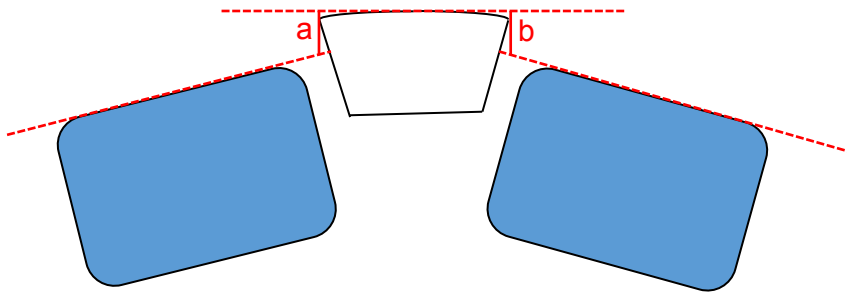


**Abbildung 33: Brustwirbelsäule im latero-lateralen Strahlengang einer Französischen Bulldogge, weiblich 2,5 Jahre alt, Cobb-Winkelmessung (dieser beträgt 35°)**

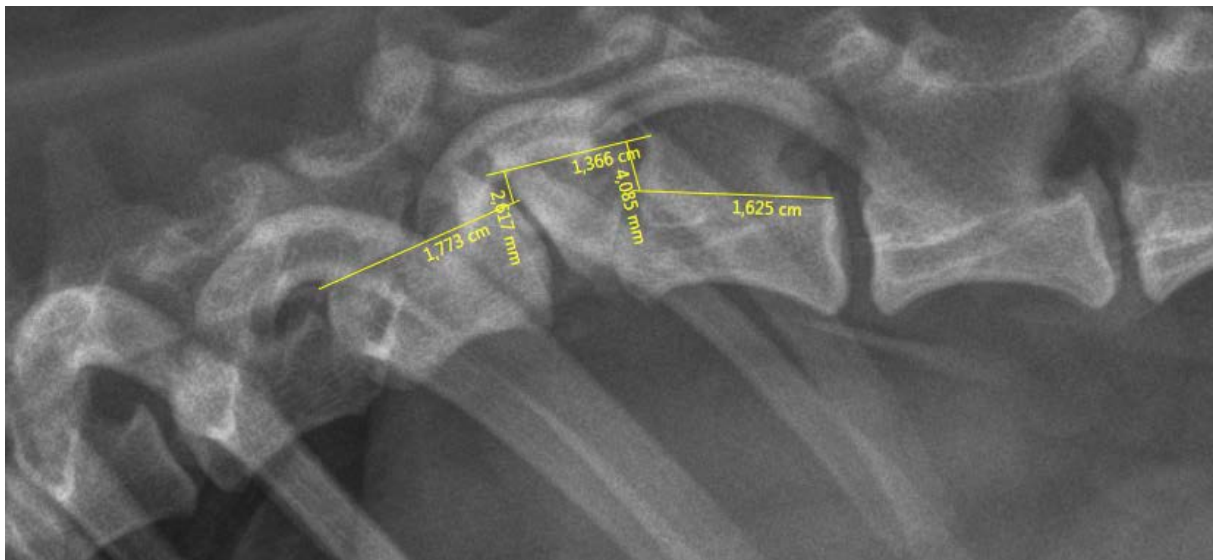


### Wirbelsäulenstufung

War im Röntgenbild eine Stufung infolge der Deformation abgebildet, wurde ihre Höhe gemessen. Dazu wurden dorsal am fehlgebildeten Wirbel eine Tangente und je eine Tangente am ersten Wirbel vor und nach der Malformation angelegt (Abb. 34, gestrichelte Linien). Die sich dabei ergebenden Höhen a (kranial) und b (kaudal) bilden das Ausmaß der Stufenbildung (Abb. 34).



**Abbildung 34: Dorsaler Hemivertebra (weiß) mit Stufenbildung; schematische Darstellung der Messung der Stufung, einem Röntgenbild im latero-lateralen Strahlengang nachgezeichnet**



**Abbildung 35: Brustwirbelsäule vergrößert im kaudalen Bereich, latero-laterales Röntgenbild: Messung der Stufenbildung, Französische Bulldogge, weiblich, 3 Jahre alt**

Die Wirbelkörper der Rute wurden ebenfalls auf eine kongenitale Wirbelkörpermalformation hin untersucht und die Anzahl normgeformter Wirbel notiert. Je nach Ausprägung wurden die Rutenmalformationen in nicht-, gering-, mittel- und hochgradig malformiert gelistet (Tab. 6). Dabei wird der Schweregrad proportional zur Anzahl physiologisch geformter Wirbelkörper abgebildet (Schlensker und Distl 2012) (Tab. 6).

**Tabelle 6: Einteilung Wirbelmalformationen der Rute**

Rutenmalformation	
nicht malformiert	alle Wirbel normgeformt
ggr.* malformiert	> 4 normgeformte Wirbel
mgr.** malformiert	2–3 normgeformte Wirbel
hgr.*** malformiert	0–1 normgeformte Wirbel

\* geringgradig, \*\* mittelgradig, \*\*\* hochgradig

### 3.2.3 Statistik

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm „IBM SPSS Statistics 24“ vorgenommen. Es wurden der Chi-Quadrat-Test, die deskriptive Statistik oder Untersuchungen auf Häufigkeiten benutzt.

Die Nullhypothese wird verworfen, wenn der Wert kleiner als 0,05 ist.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Patientendaten

In die Studie eingeschlossen wurden 268 Hunde brachycephaler Rassen. Bei 3 Tieren musste die röntgenologische Untersuchung abgebrochen werden, da die Fixation auf dem Röntgentisch Hund und Tierhalter so sehr stressten, dass der Halter die Untersuchung abbrach. Ausgewertet wurden 265 Probanden.

#### 4.1.1 Hunderassen

Der Anteil der Studientiere ist je nach Rasse im Diagramm (Abb. 36) und tabellarisch (Tab. 7) dargestellt.

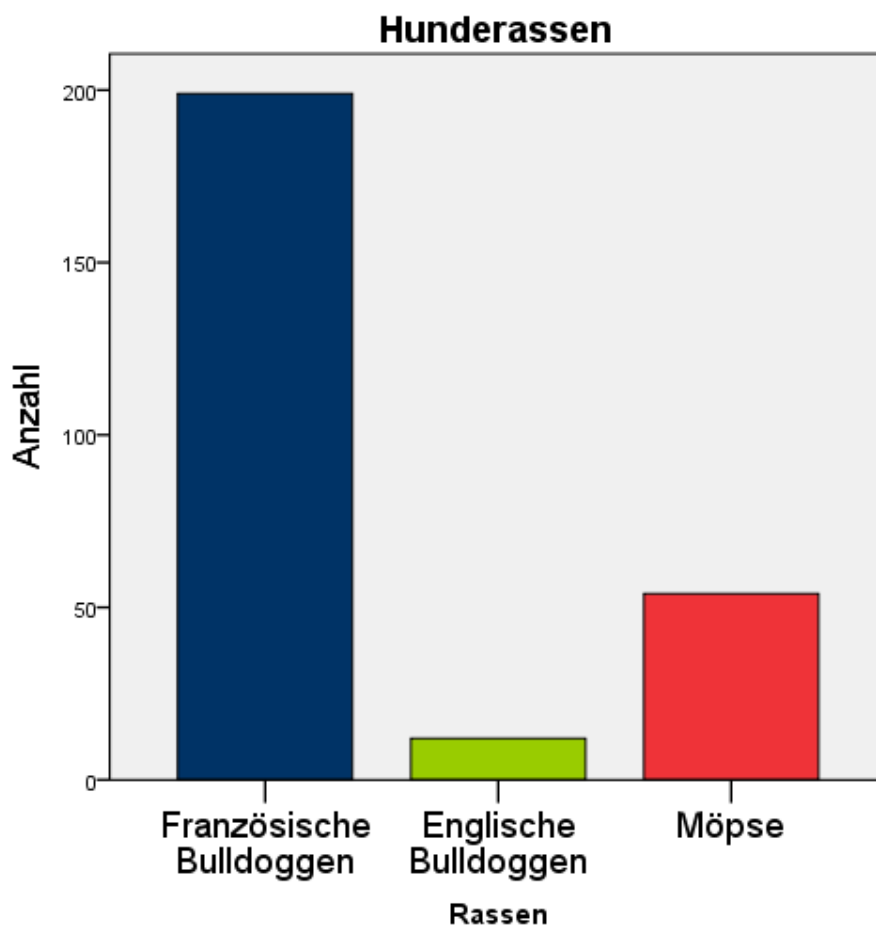


Abbildung 36: Säulendiagramm zur Inzidenz der Hunderassen der Studie

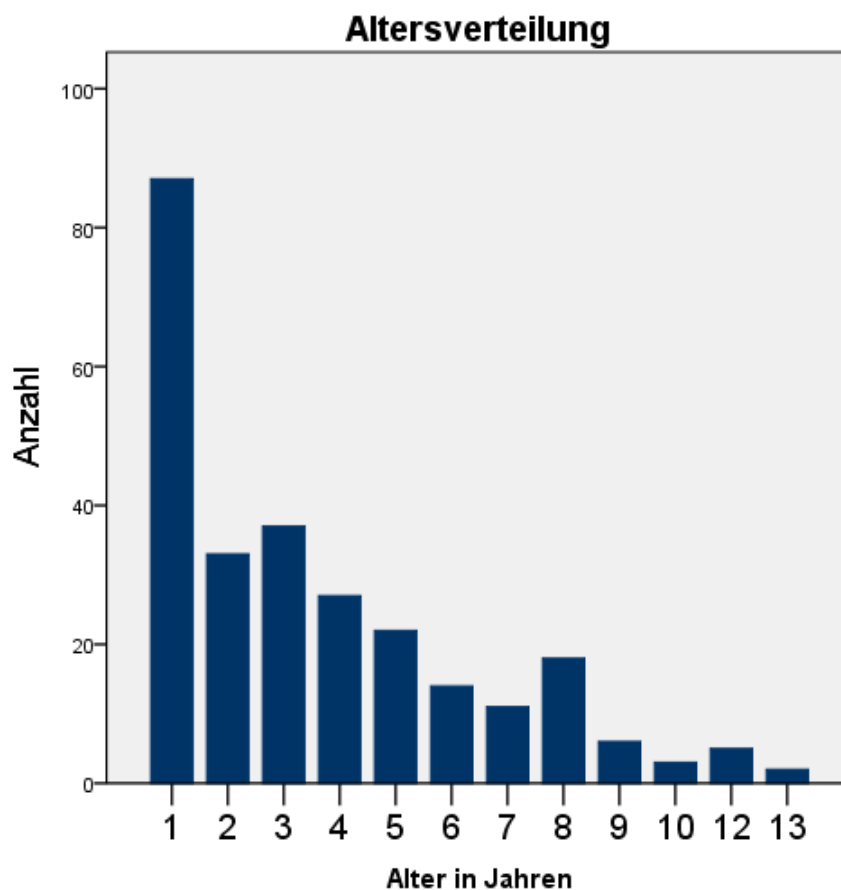
**Tabelle 7: Tabellarische Darstellung der Rassehäufigkeiten**

Rassen		
	Häufigkeit n	Prozent %
Französische Bulldogge	199	75,1
Englische Bulldogge	12	4,5
Mops	54	20,4
Gesamt	265	100

Wie aus Abbildung 36 und Tabelle 7 zu entnehmen ist, konnten Französische Bulldoggen mit gut 75% (199/265) überdurchschnittlich häufig für die Studie gewonnen werden.

#### 4.1.2 Alter

Das Alter der Hunde ist im Diagramm (Abb. 37) und tabellarisch (Tab. 8) dargestellt.



**Abbildung 37: Säulendiagramm zum Alter der Tiere**

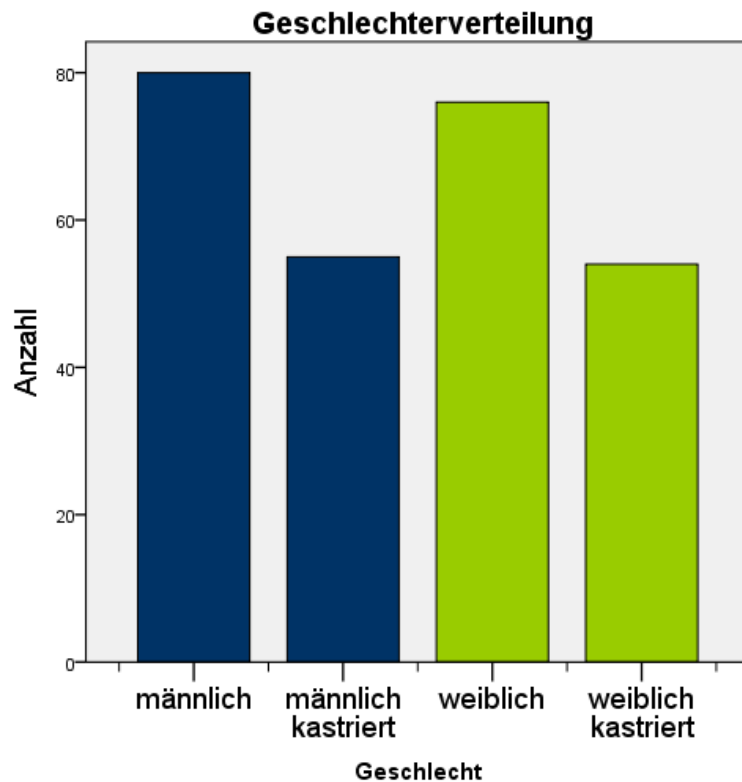
Tabelle 8: Das Alter in Jahren

Alter in Jahren			
		Häufigkeit n	Prozent %
Alter in Jahren	1	87	33
	2	33	13
	3	37	14
	4	27	10
	5	22	8,3
	6	14	5,3
	7	11	4,2
	8	18	6,8
	9	6	2,3
	10	3	1,1
	12	5	1,9
	13	2	0,8
	Gesamt	265	100

Wie aus Abbildung 37 und Tabelle 8 zu entnehmen ist, waren 33 % der Hunde der Studie zum Zeitpunkt der Untersuchung 1 Jahr, 37 % 2–4 Jahre und 30 % 5-13 Jahre alt.

### 4.1.3 Geschlecht

Das Geschlecht der Hunde ist im Diagramm (Abb. 38) und tabellarisch (Tab. 9) dargestellt.



**Abbildung 38: Säulendiagramm zum Geschlecht der Hunde und ob intakt oder kastriert**

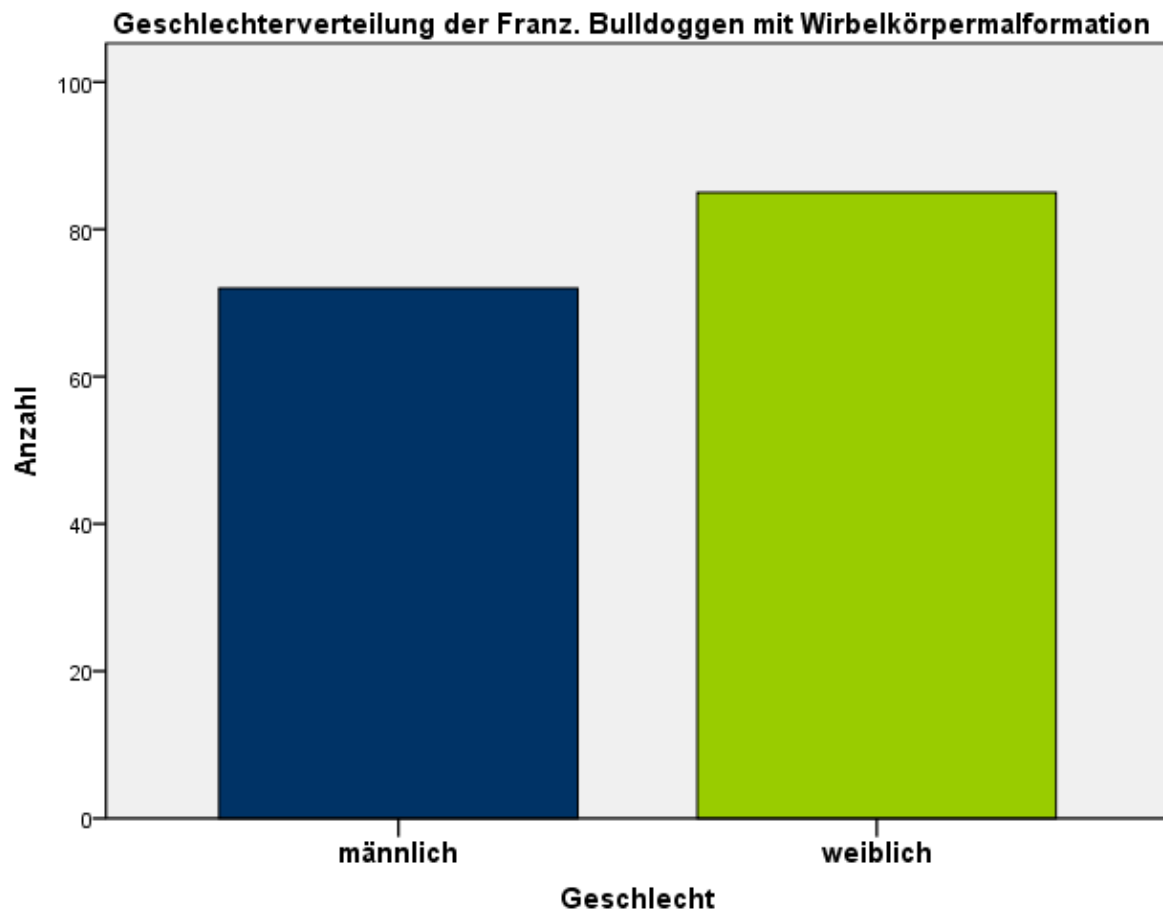
**Tabelle 9: Tabellarische Darstellung des Geschlechts der Hunde der Studie und ob intakt oder kastriert**

Geschlechterverteilung		
	Häufigkeit n	Prozent %
Männlich	80	30,2
Männlich kastriert	55	20,8
Weiblich	76	28,7
Weiblich kastriert	54	20,3
Gesamt	265	100

Wie aus Abbildung 38 und Tabelle 9 zu ersehen ist, waren geringfügig mehr Rüden als Hündinnen in die Studie eingebunden. Dies trifft auch für „intakt“ oder „kastriert“ zu.

#### 4.1.3.1 Geschlechter der Französischen Bulldoggen mit Malformation

Das Geschlechterverhältnis der Französischen Bulldoggen mit Wirbelkörpermalformationen ist separat im Diagramm (Abb. 39) und tabellarisch (Tab. 10) dargestellt.



**Abbildung 39: Säulendiagramm zum Geschlecht der Französischen Bulldoggen mit Malformationen**

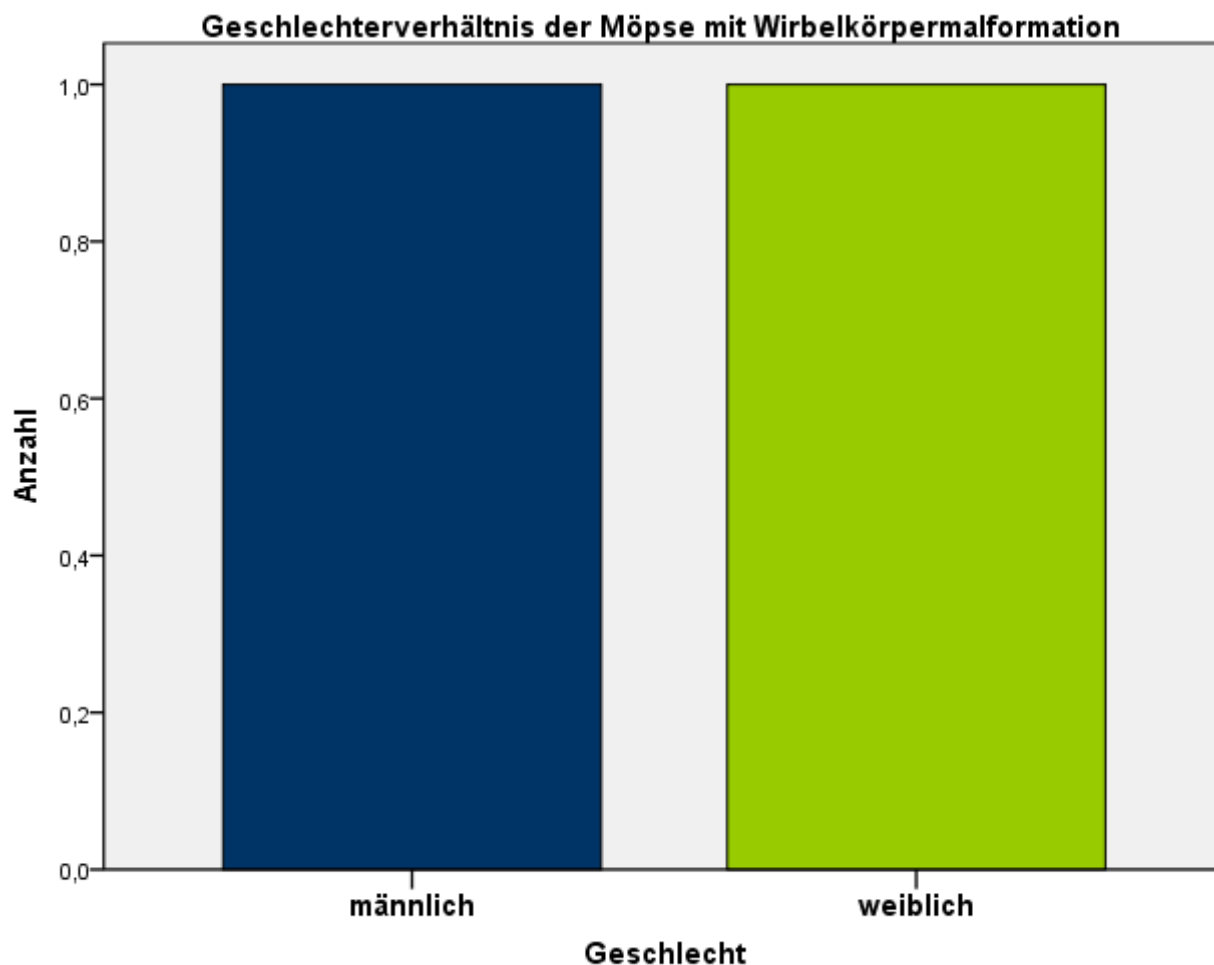
**Tabelle 10: Geschlechter der Französischen Bulldoggen mit Malformationen**

	Häufigkeit Wirbelmalformation (n)	Prozent %
weiblich	85	54
männlich	72	46
Gesamt	157	100

Wie aus Abbildung 39 und Tabelle 10 zu ersehen ist, hatten geringfügig mehr Hündinnen als Rüden Wirbelkörpermalformationen. „Intakt“ oder „kastriert“ wurde nicht unterschieden.

#### 4.1.3.2 Geschlechter der Möpfe mit Malformation

Das Geschlechterverhältnis der Möpfe mit Wirbelkörpermalformationen ist separat im Diagramm (Abb. 40) und tabellarisch (Tab. 11) dargestellt.



**Abbildung 40: Säulendiagramm zum Geschlecht der Möpfe mit Malformationen**

**Tabelle 11: Geschlechter der Möpfe mit Malformationen**

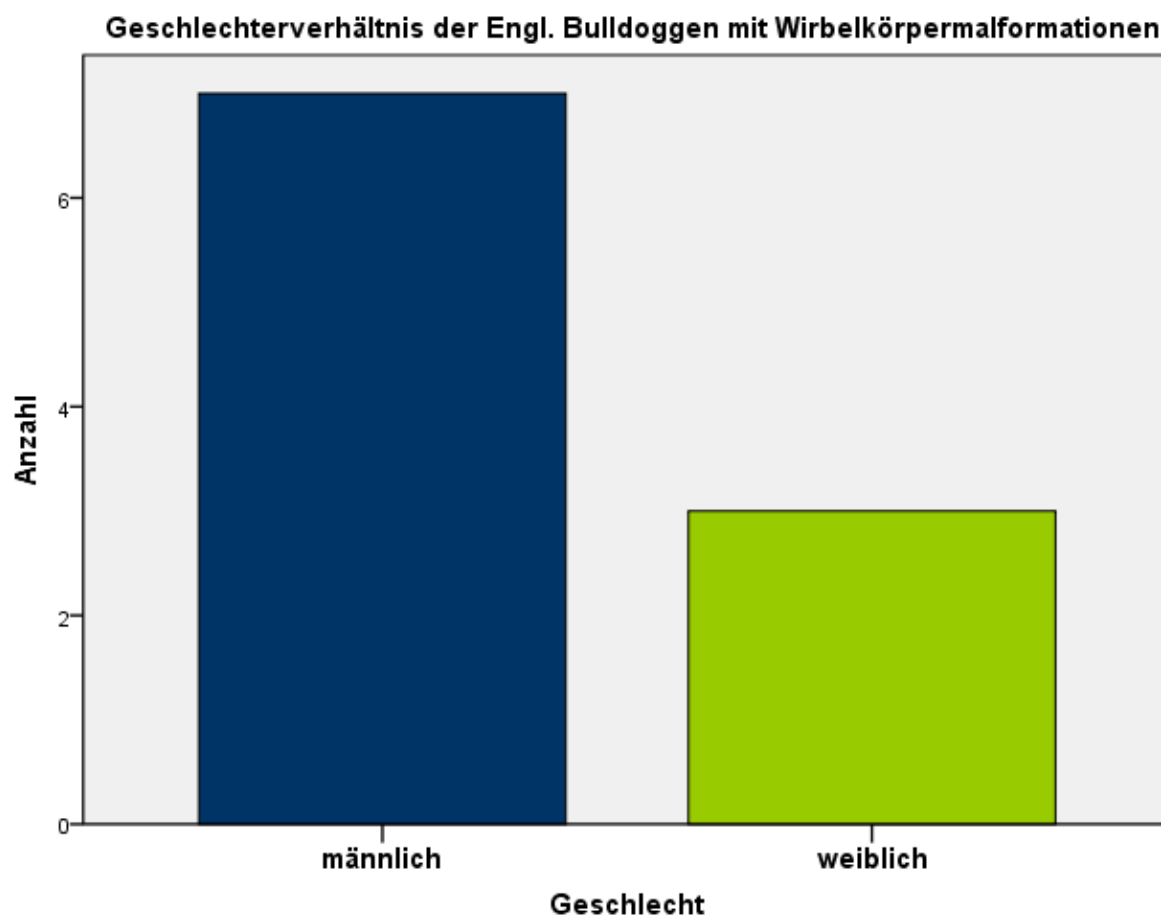
	Häufigkeit Wirbelmalformation (n)	Prozent %
weiblich	1	50
männlich	1	50
Gesamt	2	100

Wie aus Abbildung 40 und Tabelle 11 zu ersehen ist, war das Geschlechterverhältnis zwischen Hündinnen und Rüden mit Wirbelkörpermalformationen ausgeglichen. „Intakt“ oder „kastriert“ wurde nicht differenziert.



#### 4.1.3.3 Geschlechter der Englischen Bulldoggen mit Malformation

Das Geschlechterverhältnis der Englischen Bulldoggen mit Wirbelkörpermalformationen ist separat nochmal im Diagramm (Abb. 41) und tabellarisch (Tab. 12) dargestellt.



**Abbildung 41: Säulendiagramm zum Geschlecht der Englischen Bulldoggen mit Malformationen**

**Tabelle 12: Geschlechter der Englischen Bulldoggen mit Malformationen**

	Häufigkeit Wirbelmalformation (n)	Prozent %
weiblich	3	30
männlich	7	70
Gesamt	10	100

Wie aus Abbildung 41 und Tabelle 12 zu ersehen ist, hatten mehr Hündinnen als Rüden Wirbelkörpermalformationen. „Intakt“ oder „kastriert“ wurde nicht differenziert.

#### 4.1.4 Körpergewicht

Das Körpergewicht von 109 Hunden wurde gewogen. Die Mini-/Maxima sowie die Mittelwerte sind unter Angabe der Rassen in Tabelle 12 zusammengestellt.

**Tabelle 13: Körpergewicht und Rasse**

<b>Französische Bulldoggen</b>				
	n	Minimum	Maximum	Mittelwert
Gewicht in kg	60	7,4	18,0	12,4

<b>Englische Bulldoggen</b>				
	n	Minimum	Maximum	Mittelwert
Gewicht in kg	9	19	39,4	29,2

<b>Möpse</b>				
	n	Minimum	Maximum	Mittelwert
Gewicht in kg	40	5	11,5	8,6

Wie der Tabelle zu entnehmen ist, waren große Gewichtsunterschiede zwischen den Rassen und innerhalb der Rassen festzustellen. Bei den Französischen Bulldoggen betrug die Spanne zwischen 7,4 und 18 kg, bei den Englischen Bulldoggen zwischen 19 und 34,4 kg und bei den Möpsen zwischen 5 und 11,5 kg.

## 4.2 Malformationshäufigkeit bei den Rassekohorten der Studie

Die Anzahl der Tiere mit und ohne Malformation sind unter dem Aspekt Rasse im Säulendiagramm (Abb. 42) und numerisch in einer Tabelle (Tab. 14) detailliert dargestellt.

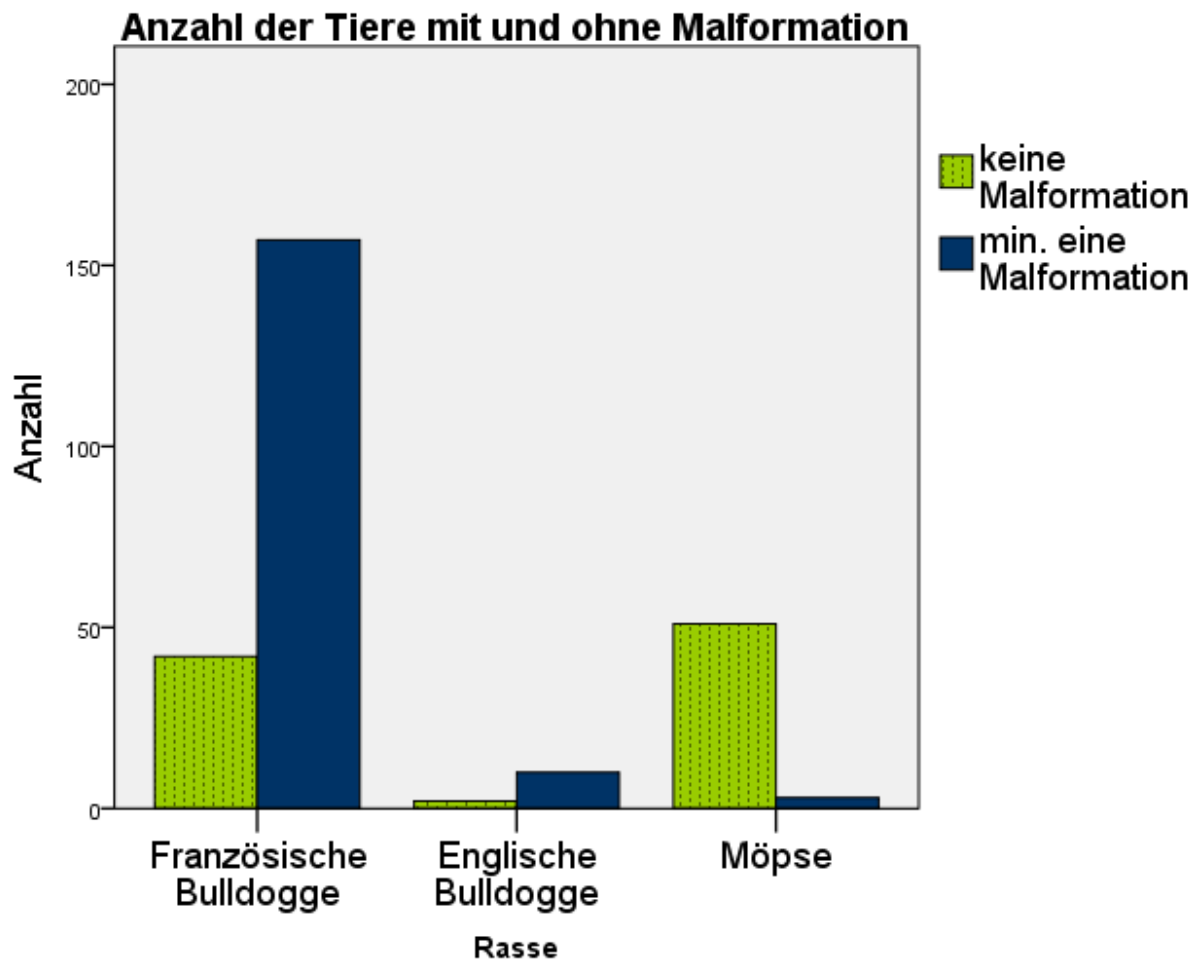


Abbildung 42: Säulendiagramm zur Anzahl der Hunde der verschiedenen Rassen mit und ohne Malformationen

**Tabelle 14: Die Anzahl der Tiere mit und ohne Malformation**

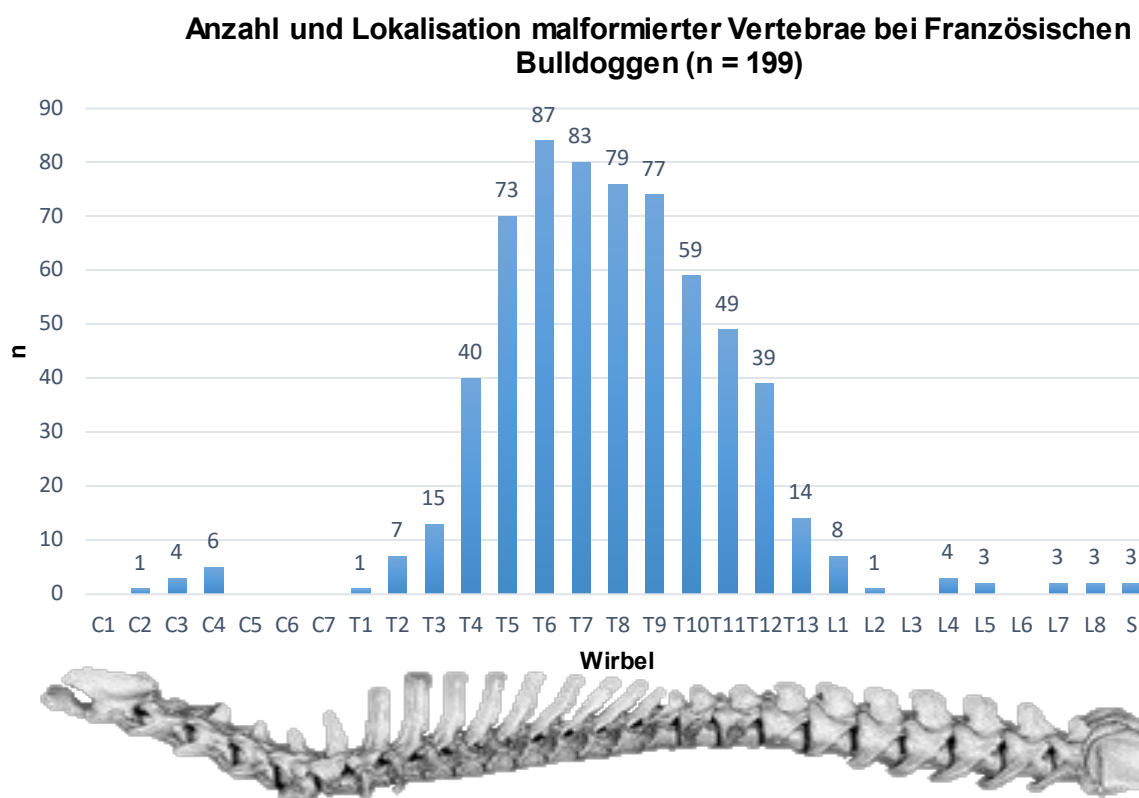
<b>Anzahl der Tiere mit und ohne Malformation</b>						
		Malformation				Gesamt n
		ohne Malformation		min. eine Malformation		
Rasse		n	(%)	n	(%)	
	Französische Bulldoggen	42	(21,1)	157	(78,9)	199
	Englische Bulldoggen	2	(16,6)	10	(83,4)	12
	Möpse	52	(96,3)	2	(3,7)	54
n Gesamt		96		169		265

Wie im Diagramm anschaulich und der Tabelle im Detail zu entnehmen ist, hatten 157 von 199 (79 %) Französischen Bulldoggen mindestens eine Malformation der Wirbelsäule. Bei den Englischen Bulldoggen wiesen 10 von 12 (83 %) und bei den Möpsen 2 von 54 (6 %) min. eine vertebrale Malformation auf.

Bulldoggen haben dieser Studie nach besonders häufig eine kongenitale Wirbelkörpermalformation, während sie bei Möpsen mit 4 % eher selten ist.

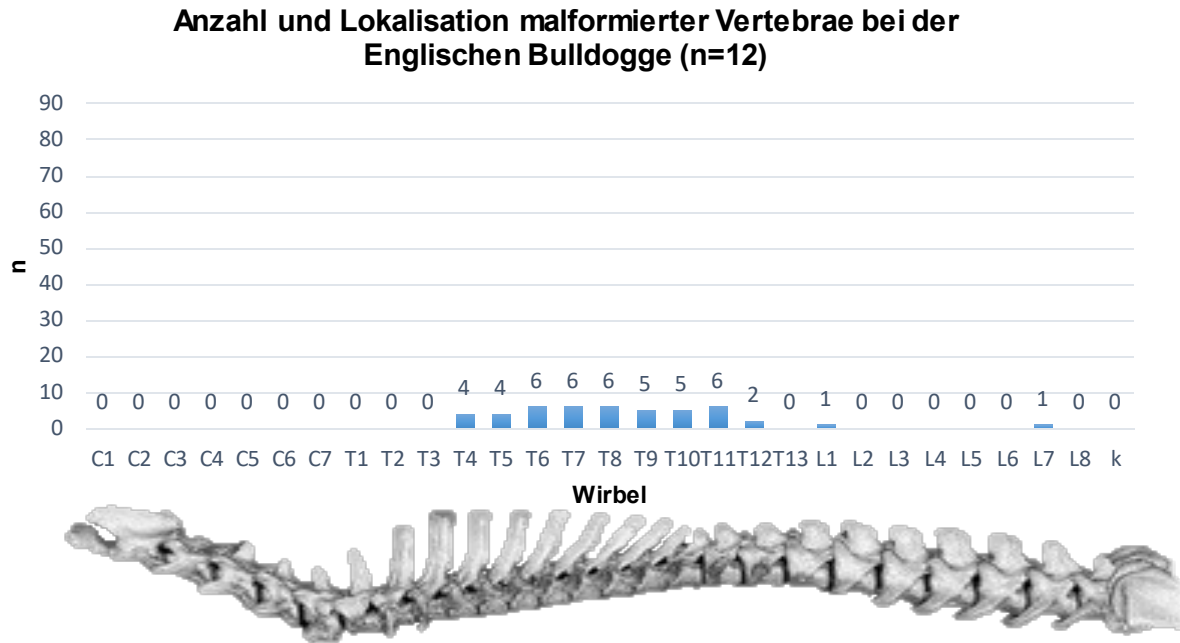
### 4.3 Wirbelsäulenmalformationen und lokale Häufigkeit

Die Lokalisation der vertebralen Malformationen entlang der Wirbelsäule bei den Hunden der drei Rassen der Arbeit ist in den Abbildungen 43, 44 und 45 graphisch dargestellt und im Anhang in den Abbildungen 61–63 nochmals auf die einzelnen Malformationstypen hin detaillierter abgebildet.



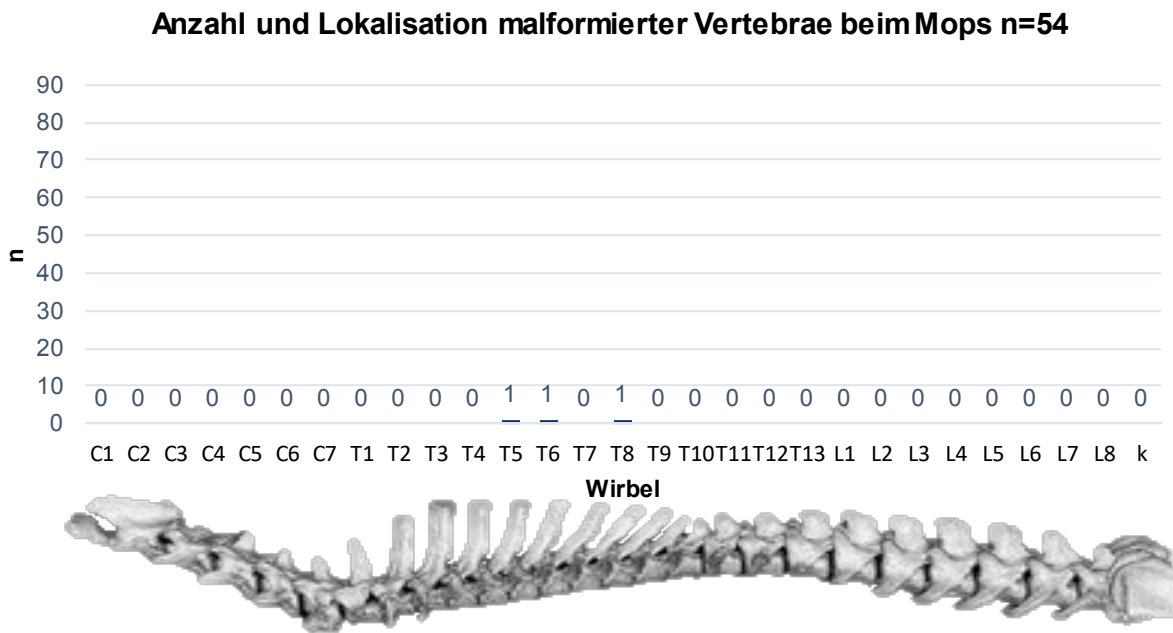
**Abbildung 43: Häufigkeiten der Wirbelsäulenmalformationen bei den Französischen Bulldoggen der Studie. In jeder Säule ist die Anzahl von Fehlbildungen dieses Wirbels dargestellt. (Eine detaillierte Abbildung mit einer Aufschlüsselung der einzelnen Malformationstypen befindet sich im Anhang).**

Wie im Säulendiagramm mit dem Verteilungsmuster der Wirbelsäulenmalformationen veranschaulicht, traten bei der Französischen Bulldogge die meisten Malformationen zwischen dem 5. und 9. Brustwirbel und am häufigsten am 6. Brustwirbel, vor denen des 10. und 11. sowie des 4. und 12. Brustwirbels auf. Andere Lokalisationen waren nur vereinzelt oder nicht malformiert.



**Abbildung 44: Häufigkeiten der Wirbelsäulenmalformationen bei den Englischen Bulldoggen der Studie. In jeder Säule ist die Anzahl von Fehlbildungen dieses Wirbels dargestellt. (Eine detaillierte Abbildung mit einer Aufschlüsselung der einzelnen Malformationstypen befindet sich im Anhang).**

Wie das Säulendiagramm veranschaulicht, liegen bei der Englischen Bulldogge die meisten Malformationen zwischen dem 6. und 11. Brustwirbel vor denen des 4. und 5. Brustwirbels. Bei wenigen Tieren der Studie war ein Übergangswirbel L8 zu sehen.

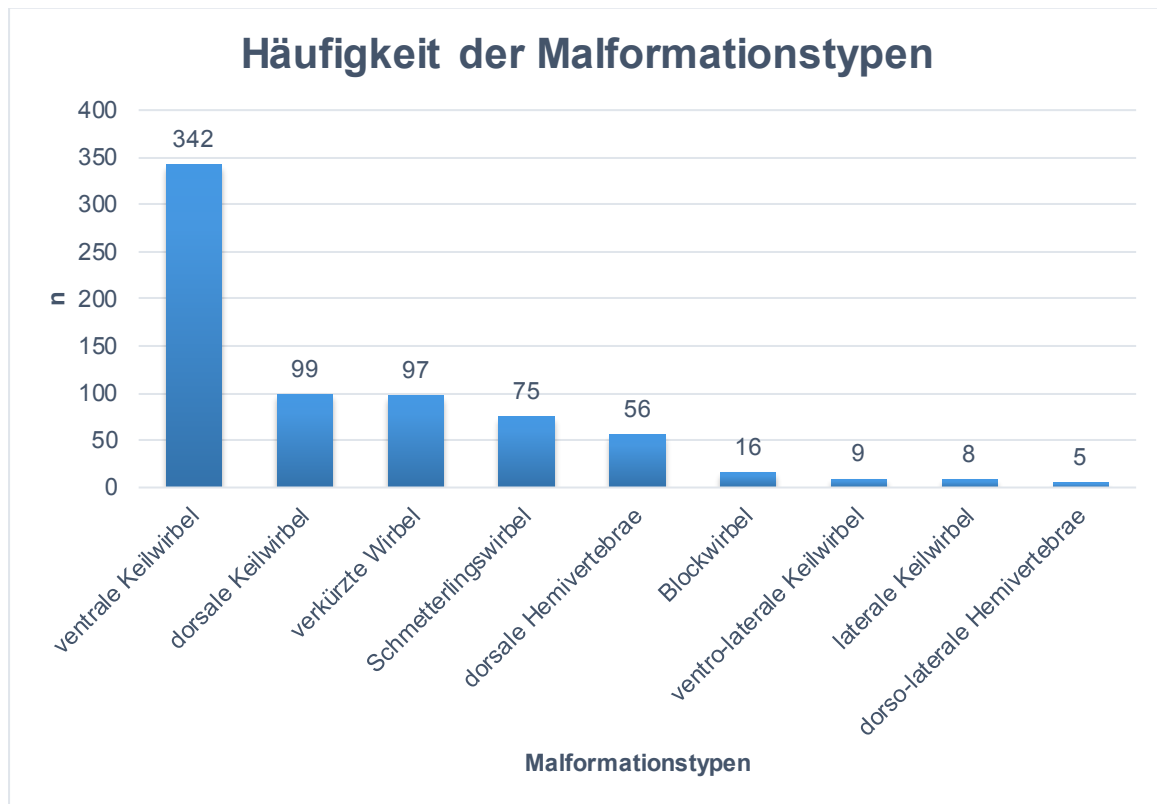


**Abbildung 45: Häufigkeiten der Wirbelsäulenmalformationen bei den Möpsen der Studie. In jeder Säule ist die Anzahl von Fehlbildungen dieses Wirbels dargestellt. (Eine detaillierte Abbildung mit einer Aufschlüsselung der einzelnen Malformationstypen befindet sich im Anhang).**

Wie das Säulendiagramm veranschaulicht, ist die Wirbelsäule bei Möpsen vergleichsweise selten deformiert. Die Deformationen betrafen den Abschnitt 5. bis 8. Brustwirbel.

#### 4.4 Häufigkeit der vertebrealen Malformationstypen

Die Inzidenz der verschiedenen Wirbelkörpermalformationen ist, ohne die Rasse zu berücksichtigen, in Abbildung 46 dargestellt.

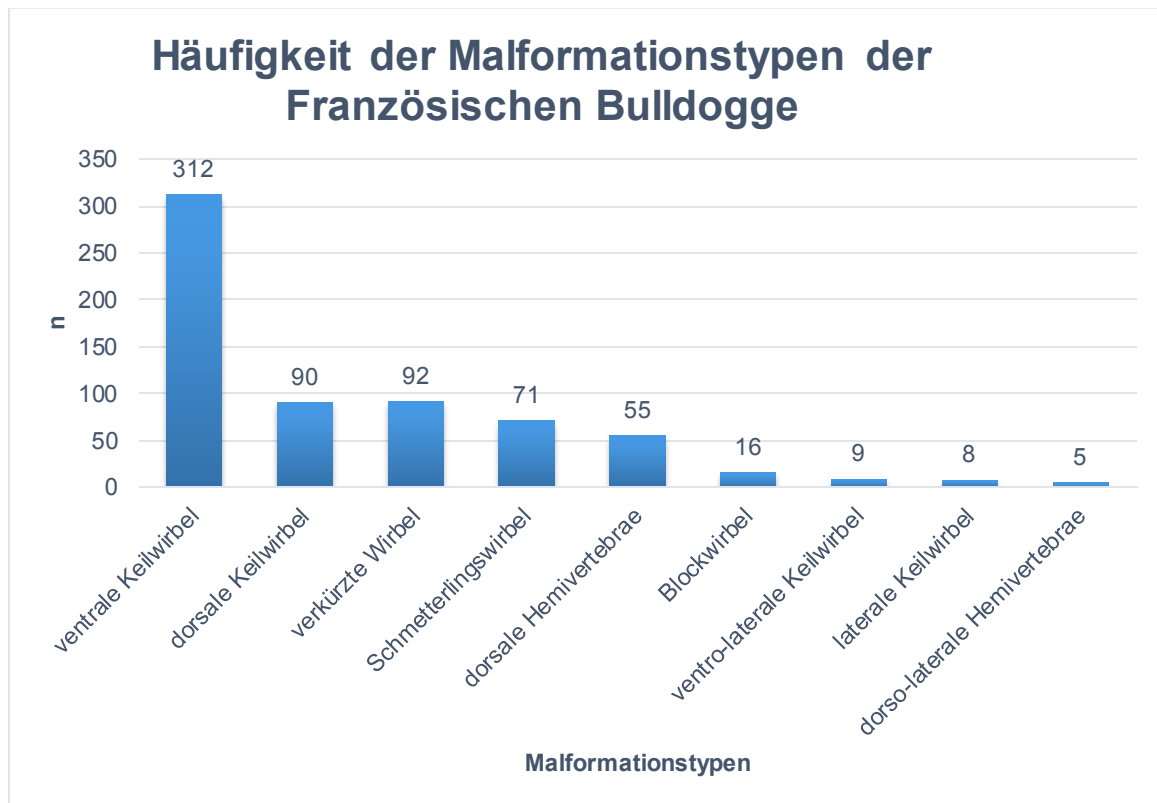


**Abbildung 46: Wirbelkörperfehlbildungstypen im Studienclientel**

Insgesamt wurden 707 Malformationen bei 170 der 265 Hunde entdeckt. In der Reihenfolge der Häufigkeit war die Deformation ventraler Keilwirbel mit 48 % (342/707), vor dem dorsalen Keilwirbel mit 14 % (99/707), vor dem verkürzten Wirbel mit 14 % (97/707), vor dem Schmetterlingswirbel mit 11 % (75/707), vor dem dorsalen Hemivertebra mit 7,9 % (56/707), dem Blockwirbel mit 2,3 % (16/707), dem ventro-lateralen Keilwirbel mit 1,3 % (9/707), dem lateralen Keilwirbel mit 1,1 % (8/707) und dem dorso-lateralen Hemivertebra mit 0,7 % (5/707) am häufigsten.



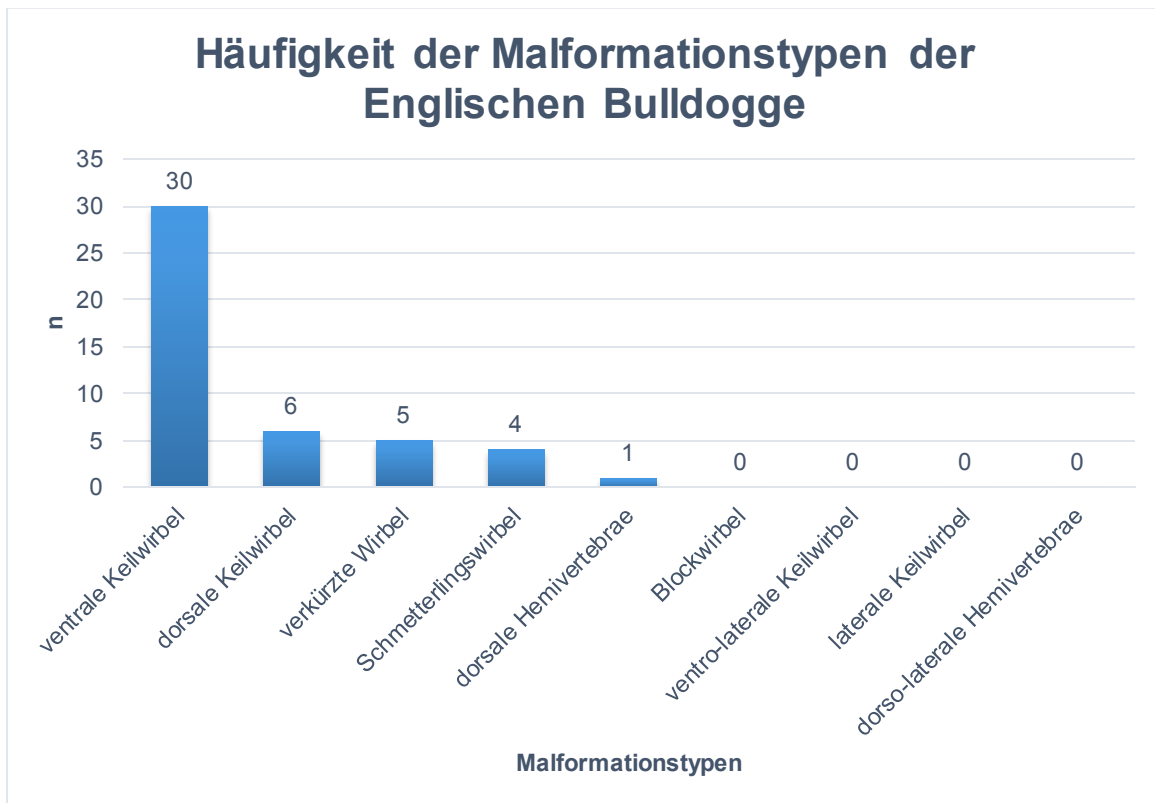
Die verschiedenen Wirbelkörpermalformationen der Französischen Bulldogge sind in Abbildung 47 dargestellt.



**Abbildung 47: Wirbelkörperfehlbildungstypen der Französischen Bulldogge**

Insgesamt wurden 658 Malformationen bei 157 Französischen Bulldoggen entdeckt. In der Reihenfolge der Häufigkeit war die Deformation ventraler Keilwirbel mit 47 % (312/658), vor dem verkürzten Wirbel mit 14 % (92/658), vor dem dorsalen Keilwirbel mit 14 % (90/658), vor dem Schmetterlingswirbel mit 11 % (71/658), vor dem dorsalen Hemivertebra mit 8,3 % (55/658), dem Blockwirbel mit 2,4 % (16/658), dem ventro-lateralen Keilwirbel mit 1,4 % (9/658), dem lateralen Keilwirbel mit 1,2 % (8/658) und dem dorso-lateralen Hemivertebra mit 0,8 % (5/658) am häufigsten. Details zur Inzidenz der verschiedenen Malformationen und ihrer jeweiligen Lokalisation sind aus Abb. 61, S. 92 zu ersehen.

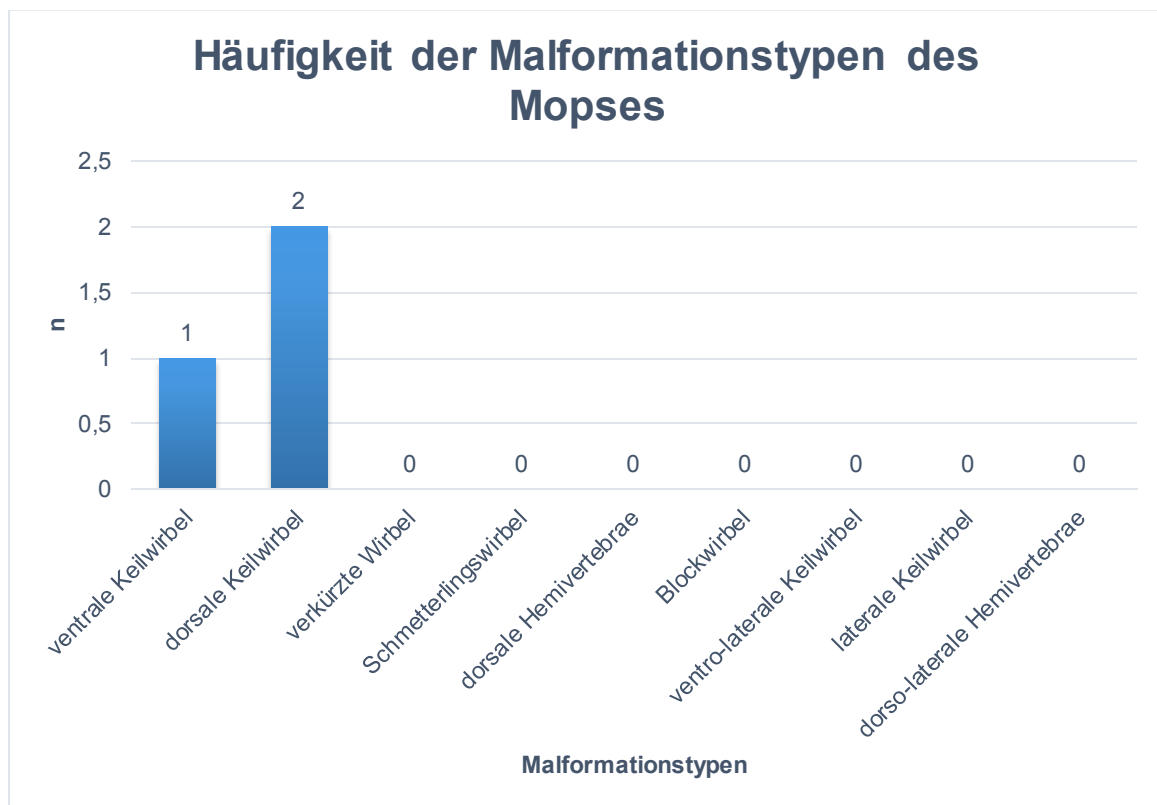
Die verschiedenen Wirbelkörpermalformationen der Französischen Bulldogge sind in Abbildung 48 dargestellt.



**Abbildung 48: Wirbelkörperfehlbildungstypen der Englischen Bulldogge**

Insgesamt wurden 46 Malformationen bei 10 Englischen Bulldoggen entdeckt. In der Reihenfolge der Häufigkeit war die Deformation ventraler Keilwirbel mit 65 % (30/46), vor dem dorsalen Keilwirbel mit 13 % (6/46), vor dem verkürzten Wirbel mit 11 % (5/46), vor dem Schmetterlingswirbel mit 8,7 % (4/46) und dem dorsalen Hemivertebra mit 2,2 % (1/46) am häufigsten. Details zur Inzidenz der verschiedenen Malformationen und ihrer jeweiligen Lokalisation sind aus Abb. 62, S. 93 zu ersehen.

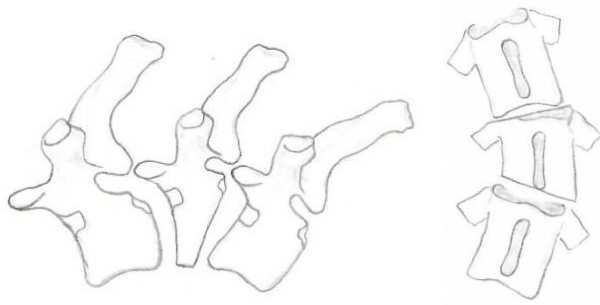
Die verschiedenen Wirbelkörpermalformationen des Mopses sind in Abbildung 49 dargestellt.



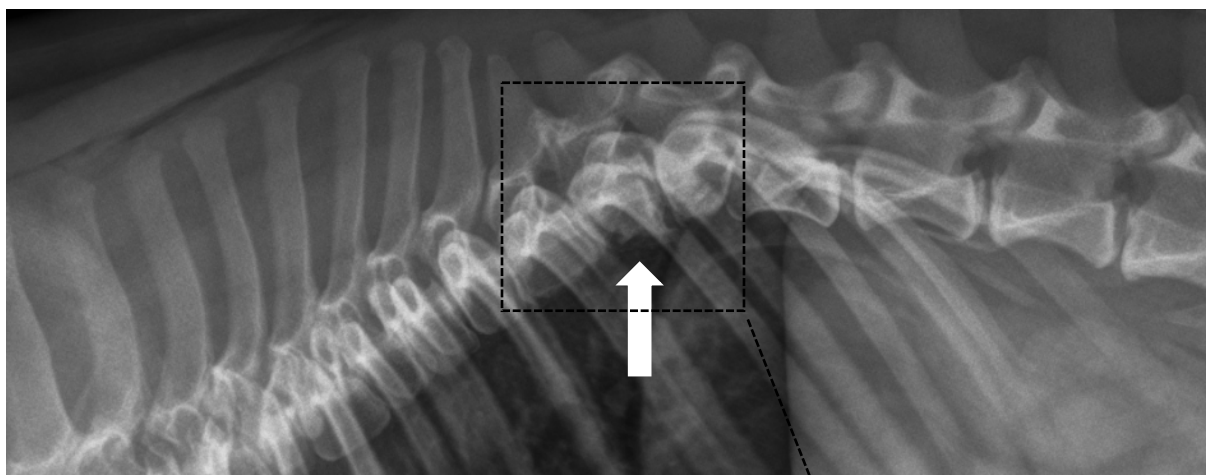
**Abbildung 49: Wirbelkörperfehlbildungstypen des Mopses**

Insgesamt wurden 3 Malformationen bei 2 Möpsen entdeckt. In der Reihenfolge der Häufigkeit war die Deformation dorsaler Keilwirbel mit 66 % (2/3) und vor dem ventralen Keilwirbel mit 33% (1/3) am häufigsten. Details zur Inzidenz der verschiedenen Malformationen und ihrer jeweiligen Lokalisation sind aus Abb. 63, S. 94 zu ersehen.

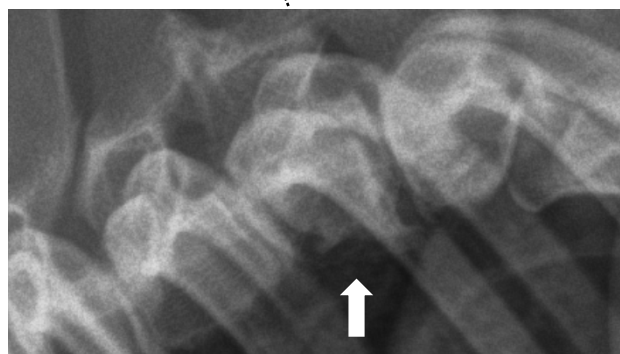
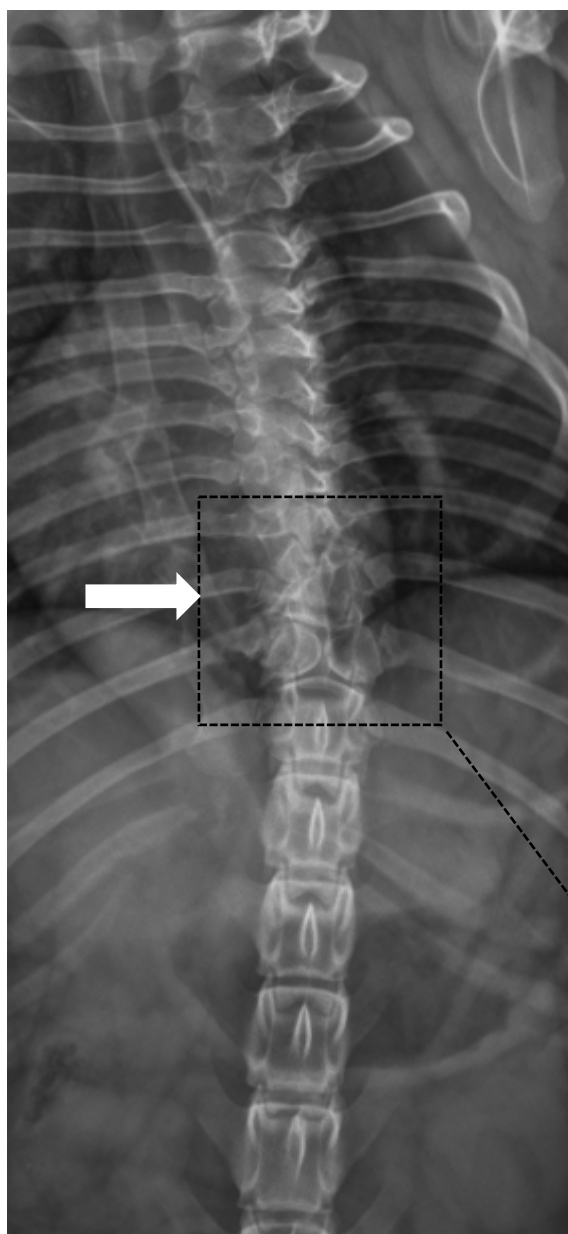
Ein ventro-lateraler Keilwirbel (Abb. 50 bis 52) wurde bisher beim Hund nicht nachgewiesen.



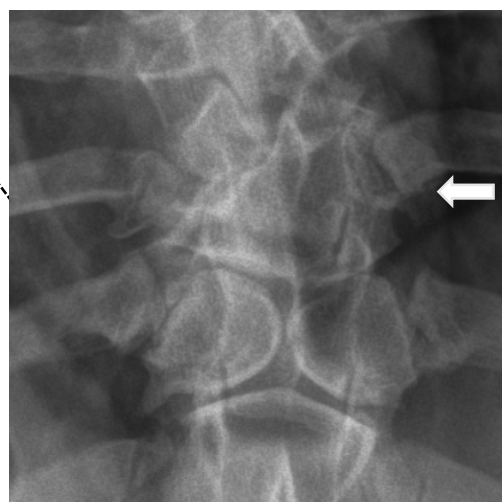
**Abbildung 50: Schematische Darstellung des ventro-lateralen Keilwirbels im latero-lateralen (links) und ventro-dorsalen (rechts) Strahlengang.**



**Abbildung 51 (oben):** Röntgenbild der Brustwirbelsäule einer Französischen Bulldogge, mk, 4 Jahre alt, im latero-lateralen Strahlengang. Detailvergrößerung: ventro-lateraler Keilwirbel (Pfeil)

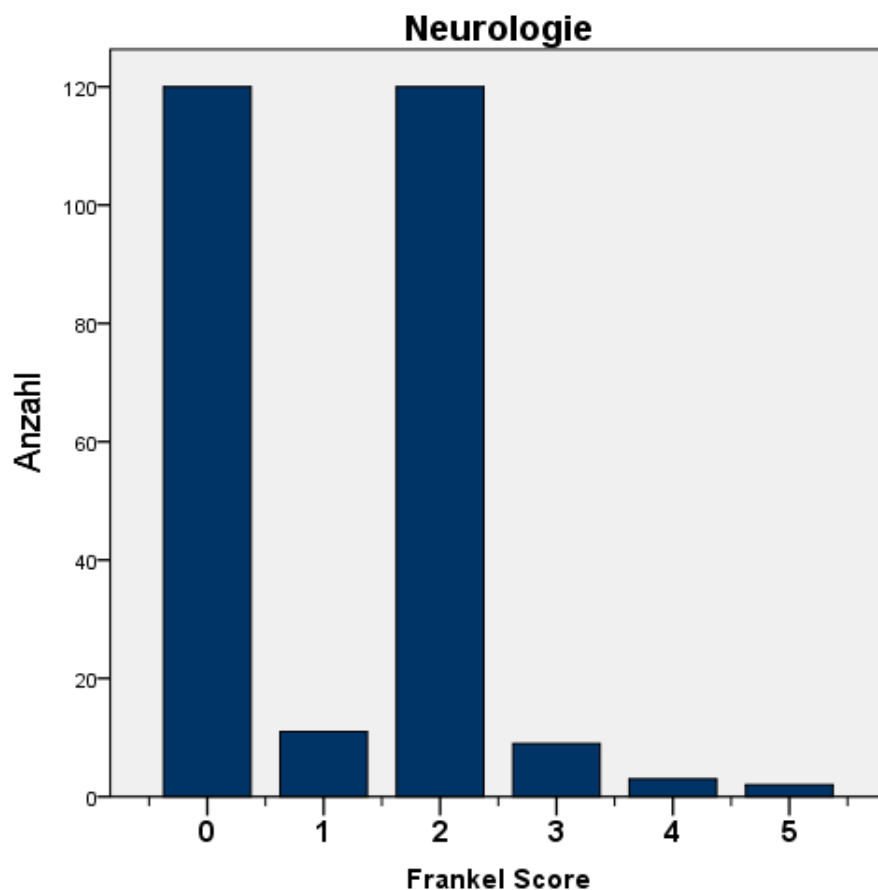


**Abbildung 52 (links):** Röntgenbild der Brustwirbelsäule einer Französischen Bulldogge, mk, 4 Jahre alt, im ventro-dorsalen Strahlengang. Detailvergrößerung: ventro-lateraler Keilwirbel (Pfeil)



## 4.5. Vertebrale Malformation – neurologische Befunde

Dem Ergebnis der neurologischen Untersuchung liegt der modifizierte Frankel Score zugrunde. Es ist in einem Säulendiagramm (Abb. 53) und numerisch in einer Tabelle (Tab. 15) zusammengefasst.



**Abbildung 53: Säulendiagramm zu den Ergebnissen der neurologischen Untersuchung, dem modifizierten Frankel Score entsprechend**

**Tabelle 15: Numerische Darstellung der Ergebnisse der neurologischen Untersuchung, dem modifizierten Frankel Score entsprechend**

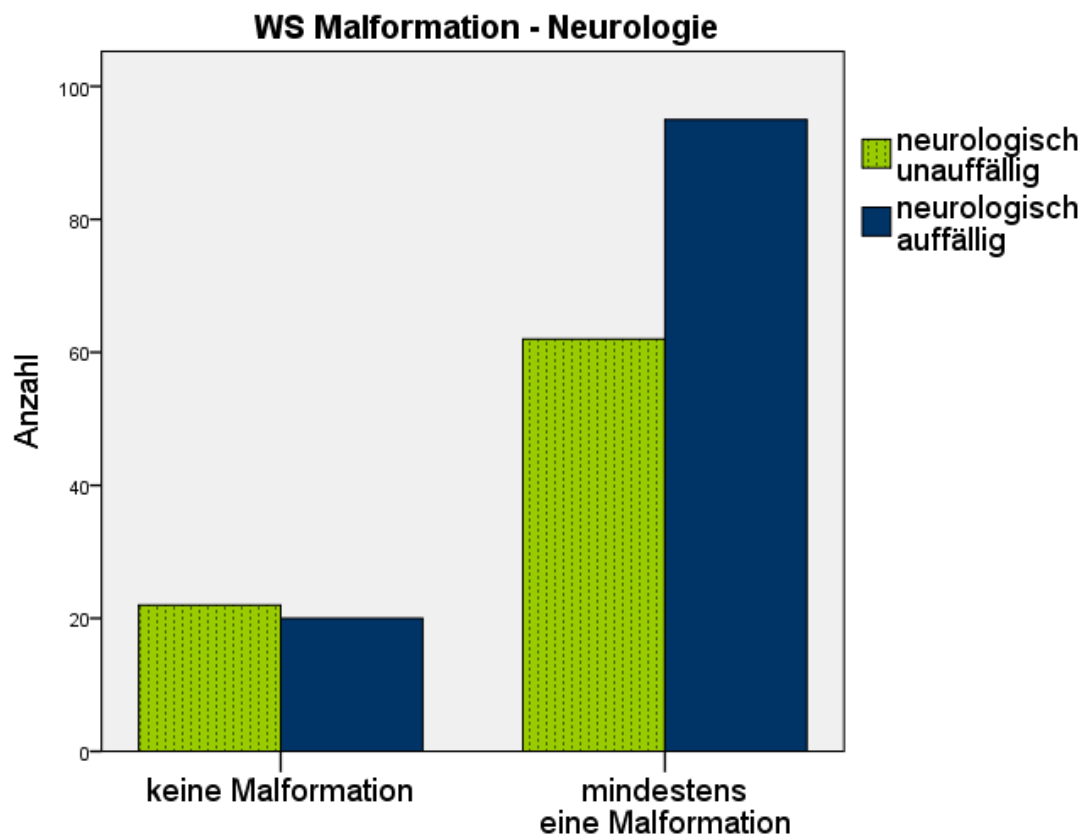
Neurologie			
		Häufigkeit n	Prozent %
Frankel Score	0: unauffällig	120	45,3
	1: schmerzhaft	11	4,2
	2: gehfähige Parese	120	45,3
	3: nicht gehfähige Parese	9	3,4
	4: Plegie mit Tiefenschmerz	3	1,1
	5: Plegie ohne Tiefenschmerz	2	0,8
	Gesamt	265	100

Im Ergebnis wiesen von den 265 Hunden der Studie 120 (45,3 %) keine und 145 (54,7 %) neurologische Defizite auf. Die neurologisch auffälligen Tiere waren zu 45,3 % gehfähig

paretisch (Frankel Score: 2), zu 4,2 % (Frankel Score: 1) nur schmerzhaft, zu 3,4 % nicht gehfähig paretisch (Frankel Score: 3), zu 1,1 % plegisch mit Tiefenschmerz (Frankel Score: 4) und zu 0,8 % plegisch ohne Tiefenschmerz (Frankel Score: 5).

#### 4.5.1 Vertebrale Malformation – neurologische Ausfälle bei Französischen Bulldoggen

Die Auswertung etwaiger Zusammenhänge einer Wirbelsäulenmalformation mit neurologischen Auf- bzw. Unauffälligkeiten bei den Französischen Bulldoggen der Studie ist in Abbildung 54 graphisch und in Tabelle 16 numerisch dargestellt.



**Abbildung 54: Säulendiagramm zur Korrelation – neurologische Ausfälle und vertebrale Malformation**

**Tabelle 16: Numerische Darstellung des Zusammenhangs zwischen neurologischen Ausfällen und mindestens einer vertebrealen Malformation**

Wirbelsäulenmalformation - Neurologie					
Kreuztabelle					
			Neurologie		Gesamt
			unauffällig	auffällig	
WS Malformation	keine Malformation	Anzahl n	22	20	42
		Prozentualer Anteil %	52,4	47,6	100
	min eine Malformation	Anzahl n	62	95	157
		Prozentualer Anteil %	39,5	60,5	100
Gesamt		Anzahl n	84	115	199
		Prozentualer Anteil %	42,2	57,8	100

**Tabelle 17: Statistische Auswertung des Zusammenhangs zwischen neurologischen Ausfällen und mindestens einer vertebrealen Malformation.**

Chi-Quadrat-Tests					
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	2,257	1	,133	,160	,093
Kontinuitätskorrektur	1,760	1	,185		
Likelihood-Quotient	2,235	1	,135	,160	,093
Anzahl der gültigen Fälle	199				

Wie insbesondere aus dem Säulendiagramm eindrücklich zu ersehen ist und die Zahlen (Tab. 16) im Detail belegen, waren 52,4 % (22/42) der Französischen Bulldoggen ohne Malformation neurologisch unauffällig und 47,6 % (20/42) neurologisch auffällig. Lag min. eine Malformation vor, waren 60,5 % (95/157) der Tiere neurologisch auffällig, während 39,5 % (62/157) unauffällig waren.

Eine statistische Signifikanz  $P=0,133$  (Tab. 17) zwischen Wirbelsäulenmalformation und neurologisch auffällig bzw. unauffällig konnte im Chi-Quadrat-Test für Französische Bulldoggen nicht festgestellt werden.



#### 4.6 Korrelation vertebrale Malformation im Übergangsbereich BWS/LWS und neurologische Ausfälle bei Französischen Bulldoggen

Die Analyse etwaiger Zusammenhänge einer Wirbelsäulenmalformation im Übergangsbereich zwischen der Brust- und Lendenwirbelsäule mit neurologischen Auf- bzw. Unauffälligkeiten bei Französischen Bulldoggen ist in Abbildung 55 graphisch und in Tabelle 18 numerisch dargestellt. Die Daten der statistischen Berechnung sind in Tabelle 19 zusammengefasst.

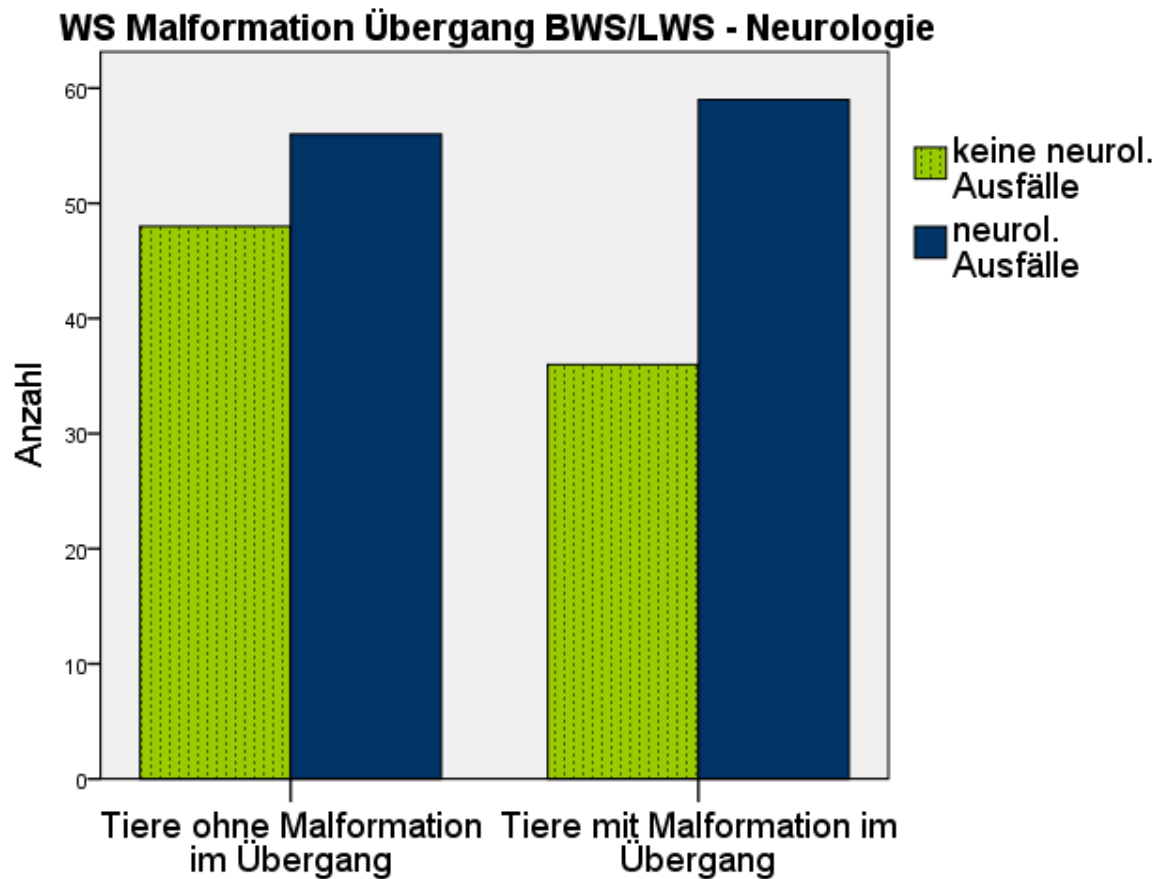


Abbildung 55: Säulendiagramm zur etwaigen Korrelation neurologischer Ausfälle und Malformationen im Übergangsbereich Brust-/Lendenwirbelsäule

**Tabelle 18: Numerische Darstellung zu etwaigen Korrelation neurologischer Ausfälle und Malformationen im Übergangsbereich Brust-/Lendenwirbelsäule**

<b>Wirbelsäulenmalformation Übergang BWS/LWS – Neurologie</b>				
<b>Kreuztabelle</b>				
		Neurologische Ausfälle		Gesamt
		Nein	Ja	
Malformation im Übergang	Nein	48	56	104
	Ja	36	59	95
Gesamt		84	115	199

**Tabelle 19: Statistische Auswertung etwaiger Korrelationen zwischen lokalen Häufigkeiten (Übergangsbereich Brust-/Lendenwirbelsäule) vertebralen Fehlbildungen und neurologischen Befunden bei Französischen Bulldoggen**

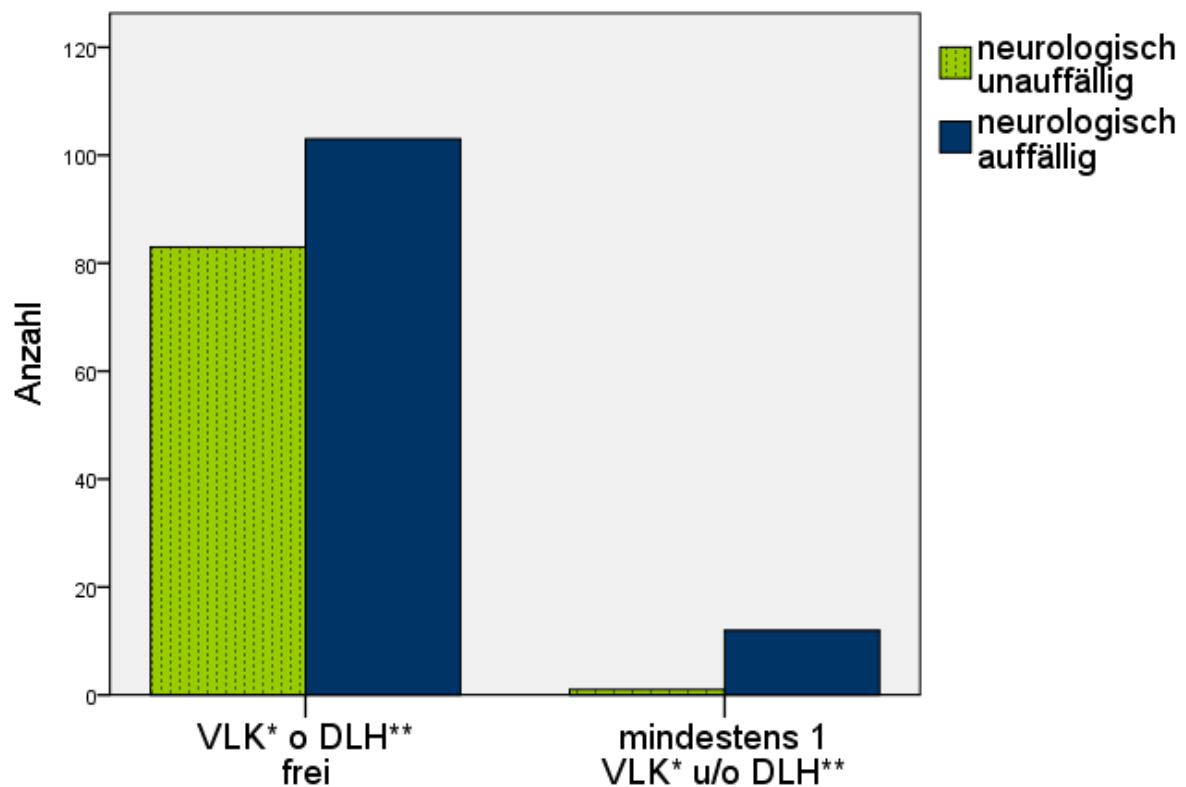
<b>Chi-Quadrat-Tests</b>					
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	1,388	1	,239	,253	,150
Kontinuitätskorrektur	1,070	1	,301		
Likelihood-Quotient	1,391	1	,238	,253	,150
Anzahl der gültigen Fälle	199				

95 von 199 Tieren wiesen mindestens eine Malformation im Übergang von der Brust- zur Lendenwirbelsäule auf. Diese Tiere waren statistisch nicht vermehrt von neurologischen Ausfällen betroffen. Es konnte im Chi-Quadrat-Test keine statistische Signifikanz ( $p=0,239$ ) zwischen Wirbelsäulenmalformationen im Übergangsbereich Brust-/Lendenwirbelsäule und neurologischen Ausfällen bei Französischen Bulldoggen festgestellt werden.

#### 4.7 Korrelation ventro-lateraler Keilwirbel und/oder dorso-lateraler Hemivertebra und neurologische Ausfälle bei Französischen Bulldoggen

Die Korrelation ventro-lateraler Keilwirbel u./o. dorso-lateraler Hemivertebrae zu neurologischen Ausfällen ist in Abbildung 56 anschaulich und in Tabelle 20 numerisch dargestellt. Die Daten der statistischen Berechnung sind in Tabelle 21 und 22 zusammengefasst.

##### Ventro-Lateraler Keilwirbel u./o. Dorso-Lateraler Hemivertebra - Neurologie



**Abbildung 56:** Korrelation neurologischer Ausfälle und bei mindestens einem ventro-lateralen Keilwirbel oder einem dorso-lateralen Hemivertebra im Säulendiagramm bei Französischen Bulldoggen (\* Ventro-lateraler Keilwirbel; \*\* Dorso-lateraler Hemivertebra)

**Tabelle 20: Numerische Darstellung der Korrelation zwischen neurologischen Ausfällen und mindestens einem ventro-lateralen Keilwirbel oder einer dorso-lateralen Hemivertebrä bei der Französischen Bulldogge.**

Ventro-lateraler Keilwirbel u./o. dorso-lateraler Hemivertebrä – Neurologie					
Kreuztabelle					
			Neurologie		Gesamt
			neurologisch unauffällig	neurologisch auffällig	
Malformation	nein	Anzahl n	83	103	186
		Prozentualer Anteil %	44,6	55,4	100
	ja	Anzahl n	1	12	13
		Prozentualer Anteil %	7,7	92,3	100
Gesamt		Anzahl n	84	115	199
		Prozentualer Anteil %	42,2	57,8	100

**Tabelle 21: Statistische Auswertung etwaiger Korrelationen zwischen neurologischen Ausfällen und mindestens einem ventro-lateralen Keilwirbel bzw. einem dorso-lateralen Hemivertebrä bei der Französischen Bulldogge.**

Chi-Quadrat-Tests					
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	6,794	1	,009	,017	,007
Kontinuitätskorrektur	5,364	1	,021		
Likelihood-Quotient	8,277	1	,004	,009	,007
Anzahl der gültigen Fälle	199				

**Tabelle 22: Risikoanalyse: mindestens ein ventro-lateraler Keilwirbel oder dorso-lateraler Hemivertebrä und neurologische Ausfälle**

Risikoschätzer			
	Wert	95%-Konfidenzintervall	
		Untere	Obere
Quotenverhältnis	9,670	1,232	75,898

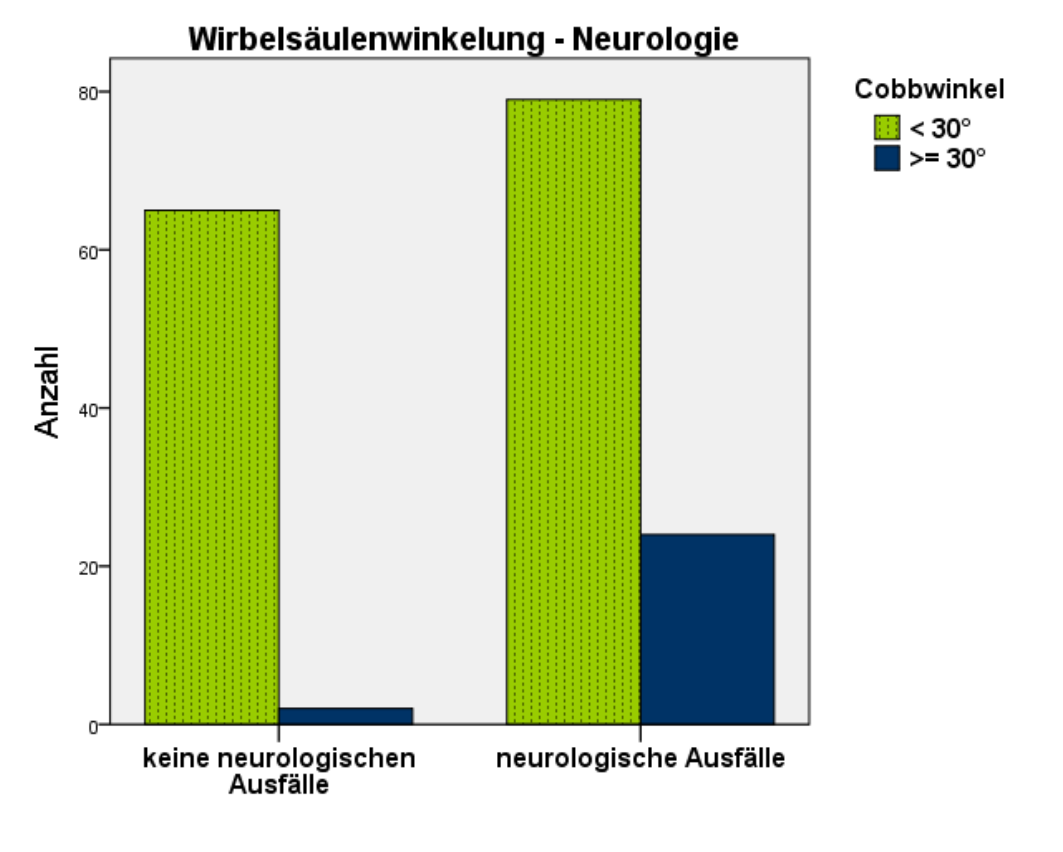
13 der 199 Tiere wiesen mindestens einen ventro-lateralen Keilwirbel oder dorso-lateralen Hemivertebrä auf. 92 % (12/13) hatten neurologische Ausfälle. Statistisch war dies mit  $p=0,009$  signifikant. Das heißt, liegt eine Malformation in Form eines ventro-lateralen Keilwirbels und/oder dorso-lateralen Hemivertebrä vor, ist das Risiko hoch, neurologisch gestört zu sein/werden.

Nach dem Quotenverhältnis (Tab. 22) von 9,7 ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Tier mit ventro-lateralem Keilwirbel u./o. dorso-lateralem Hemivertebra neurologische Ausfälle bekommt, um 9,7 höher als bei einem Tier ohne eine solche Malformation.

Bei den anderen Malformationstypen konnte kein erhöhtes Risiko für Ausfälle festgestellt werden.

#### 4.8 Korrelation Wirbelsäulenwinkelung und neurologische Ausfälle bei vertebraler Malformation

170 von 265 Tieren wiesen mindestens eine Wirbelkörpermalformation auf. Untersucht wurde, ob die daraus folgende, von der Norm abweichende Winkelung der Wirbelsäule mit etwaigen neurologischen Ausfällen korreliert. Das Ergebnis ist in Abbildung 57 anschaulich und in Tabelle 23 numerisch dargestellt. Die Daten der statistischen Berechnung sind in Tabelle 24 und 25 zusammengefasst



**Abbildung 57: Korrelation zwischen neurologischen Ausfällen und der Winkelung der Wirbelsäule im vertebralen Malformationsgebiet im Säulendiagramm**

**Tabelle 23: Numerische Darstellung der Korrelation zwischen neurologischen Ausfällen und der Winkelung der Wirbelsäule im vertebrale Malformationsgebiet**

Wirbelsäulenwinkelung – Neurologie, Kreuztabelle				
		Wirbelsäulenwinkelung		Gesamt
		Cobb-Winkel < 30°	Cobb-Winkel ≥ 30°	
Neurologische Ausfälle	Nein	65	2	67
	Ja	79	24	103
Gesamt		144	26	170

**Tabelle 24: Statistische Auswertung etwaiger Korrelationen zwischen neurologischen Ausfällen und der Winkelung der Wirbelsäule im vertebrale Malformationsgebiet**

Chi-Quadrat-Tests					
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	12,933 <sup>a</sup>	1	,000	,000	,000
Kontinuitätskorrektur	11,412	1	,001		
Likelihood-Quotient	15,624	1	,000	,000	,000
Anzahl der gültigen Fälle	170				

**Tabelle 25: Risikoanalyse: Vertebrale Winkelung ≥ 30° im Malformationsbereich und neurologische Ausfälle**

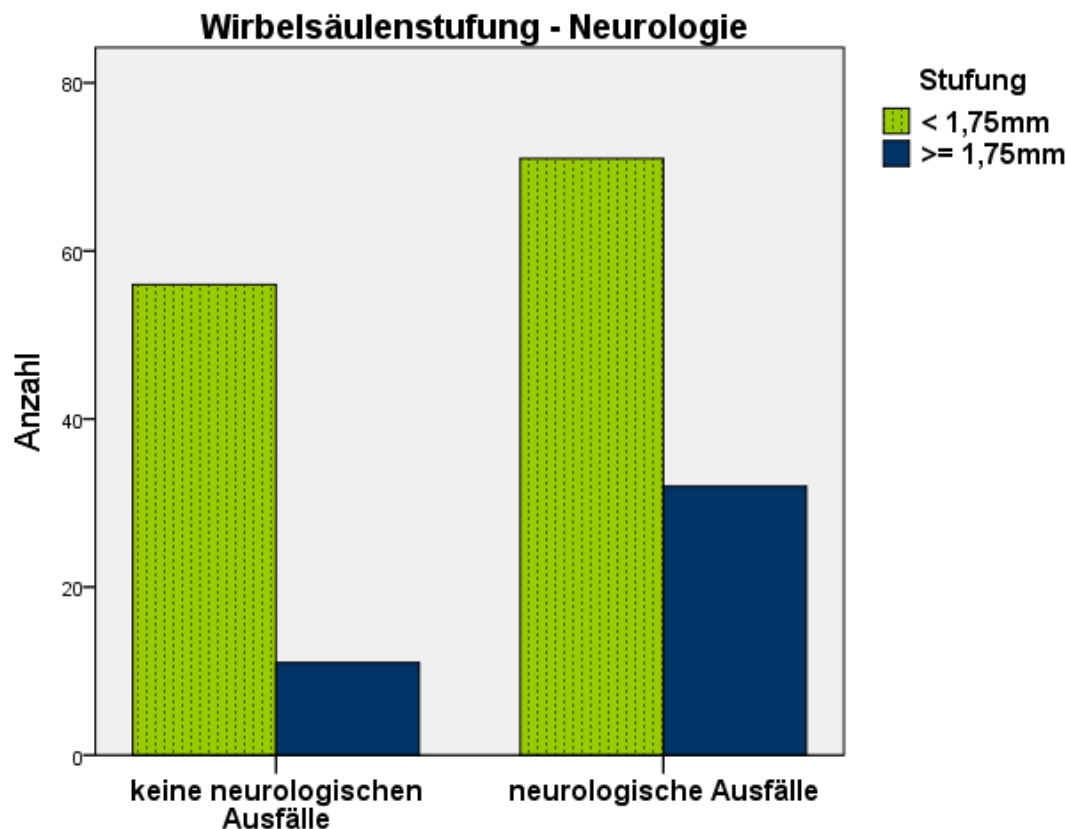
Risikoschätzer			
	Wert	95%-Konfidenzintervall	
		Untere	Obere
Quotenverhältnis	9,873	2,249	43,346

Die statistische Signifikanz bei Hunden brachycephaler Rassen mit Wirbelkörpermalformation und einem durch die Malformation verursachten Cobb-Winkel im Malformationsbereich von  $\geq 30^\circ$  und neurologischen Ausfällen ist  $p \leq 0,001$ . Das heißt, liegt eine Wirbelsäulenwinkelung an der Malformationslokalisierung von  $\geq 30^\circ$  vor, ist das Risiko hoch, neurologische Defizite aufzuweisen, bzw. zu entwickeln.

Nach dem Quotenverhältnis (Tab. 25) von 9,87 ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Tier mit einem Cobb-Winkel im Malformationsbereich von  $\geq 30^\circ$  neurologische Ausfälle bekommt, um 9,87 höher als bei einem Tier mit kleinerer Winkelung.

#### 4.9 Korrelation Wirbelsäulenstufung und neurologische Ausfälle bei vertebraler Malformation

170 von 265 Tieren wiesen mindestens eine vertebrale Deformation auf. Untersucht wurde, ob aus dem Vorliegen einer Stufung der Wirbelsäule neurologische Ausfälle folgen. Dies ist in Abbildung 58 anschaulich und in Tabelle 26 numerisch dargestellt. Die Daten der statistischen Berechnung sind in Tabelle 27 und 28 zusammengefasst.



**Abbildung 58: Korrelation zwischen vertebrealen Stufen und neurologischen Ausfällen im Säulendiagramm**

**Tabelle 26: Numerische Darstellung der Korrelation zwischen neurologischen Ausfällen und vertebraler Stufung**

Wirbelsäulenstufung – Neurologie				
Kreuztabelle				
		Stufung		Gesamt
		< 1,75 mm	≥ 1,75 mm	
Neurologische Ausfälle	Nein	56	11	67
	Ja	71	32	103
Gesamt		127	43	170

**Tabelle 27: Statistische Auswertung etwaiger Korrelationen zwischen neurologischen Ausfällen und vertebraler Stufung**

Chi-Quadrat-Tests					
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	4,611 <sup>a</sup>	1	,032	,046	,023
Kontinuitätskorrektur	3,868	1	,049		
Likelihood-Quotient	4,802	1	,028	,033	,023
Anzahl der gültigen Fälle	170				

**Tabelle 28: Risikoanalyse: vertebrale Stufung ≥ 1,75 mm und neurologische Ausfälle**

Risikoschätzer			
	Wert	95%-Konfidenzintervall	
		Untere	Obere
Quotenverhältnis	2,294	1,063	4,953

Die statistische Signifikanz bei Hunden brachycephaler Rassen mit Wirbelkörpermalformation und einer durch die Malformation verursachten Stufung von  $\geq 1,75$  mm und neurologischen Ausfällen ist  $p \leq 0,032$ . Das heißt, liegt eine vertebrale Stufung an der Malformationslokalisierung von  $\geq 1,75$  mm vor, ist das Risiko hoch, neurologisch gestört zu sein/werden.

Nach dem Quotenverhältnis (Tab. 28) von 2,29 ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Tier mit einer vertebralen Stufung neurologische Ausfälle bekommt, um 2,39 höher als bei einem Tier mit niedrigerer Stufung.



#### 4.10 Korrelation Wirbelsäulenmalformation und Rutenmalformation

212 von 265 Tieren wiesen Rutenmalformationen auf. Untersucht wurde, ob bei Tieren mit malformierten Ruten vertebrale Malformationen vorliegen. Das Ergebnis ist in Abbildung 59 anschaulich und in Tabelle 29 numerisch dargestellt. Die Daten der statistischen Berechnung sind in Tabelle 30 und 31 zusammengefasst.

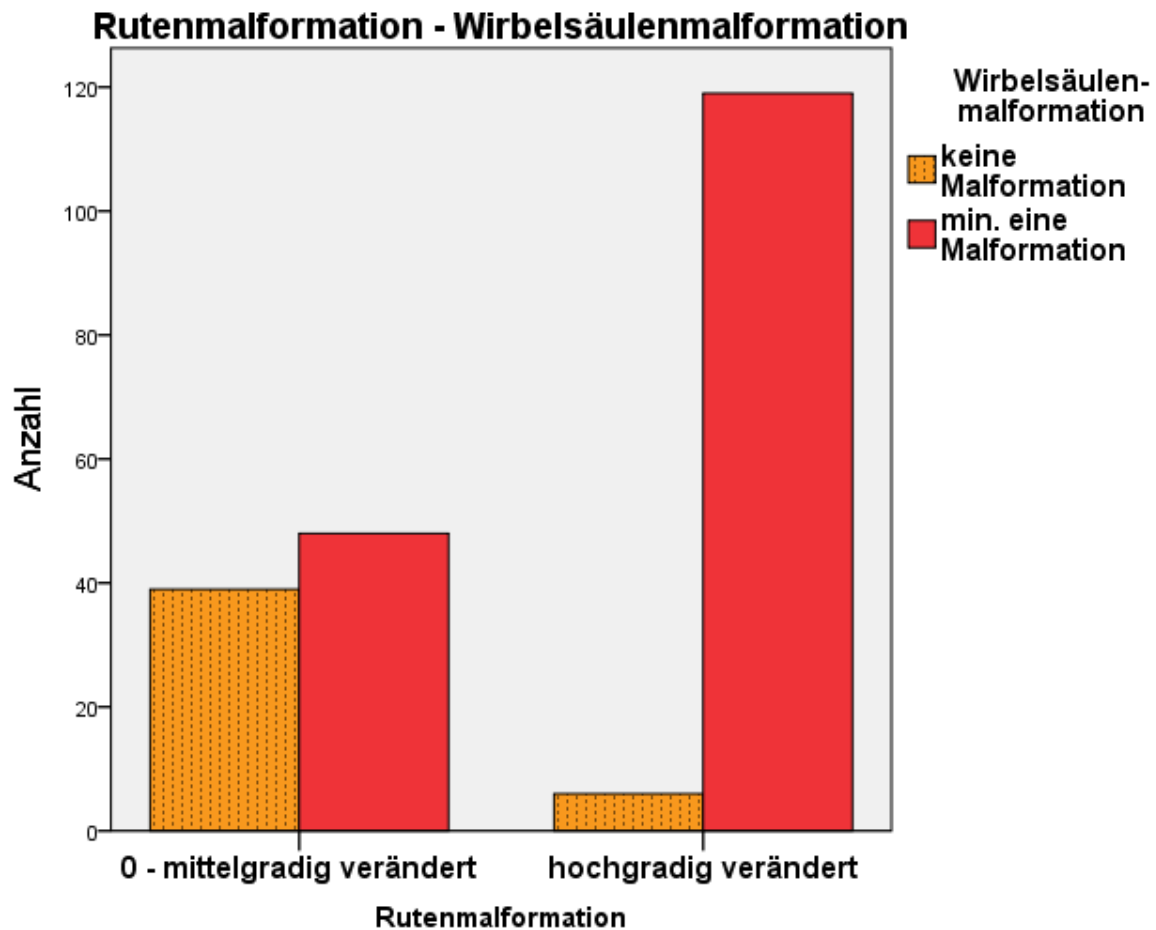


Abbildung 59: Korrelation Rutenmalformation und Wirbelkörpermalformation im Säulendiagramm

**Tabelle 29: Numerische Darstellung der Korrelation zwischen Rutenmalformation und Wirbelkörpermalformation**

<b>Rutenmalformation-Wirbelsäulenmalformation-Kreuztabelle</b>				
		Wirbelsäulenmalformation		Gesamt
		nein	ja	
Rutenmalformation	0-mittelgradig verändert	39	48	87
	hochgradig verändert	6	119	125
Gesamt		45	167	212

**Tabelle 30: Statistische Auswertung etwaiger Korrelationen zwischen Rutenmalformation und Wirbelsäulenmalformation**

<b>Chi-Quadrat-Tests</b>					
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	49,154	1	,000	,000	,000
Kontinuitätskorrektur	46,789	1	,000		
Likelihood-Quotient	51,362	1	,000	,000	,000
Anzahl der gültigen Fälle	212				

**Tabelle 31: Risikoanalyse: hochgradige Rutenmalformation und Wirbelkörpermalformation**

<b>Risikoschätzer</b>			
	Wert	95%-Konfidenzintervall	
		Untere	Obere
Quotenverhältnis	16,115	6,406	40,538

197 von 199 Französischen Bulldoggen hatten eine Rutenmalformation. Bei den Englischen Bulldoggen wiesen 12 von 12 Probanden und unter den Möpsen 3 von 54 eine Rutenmalformation auf, so dass insgesamt bei 212 von 265 Hunden brachycephaler Rassen die Rute malformiert war.

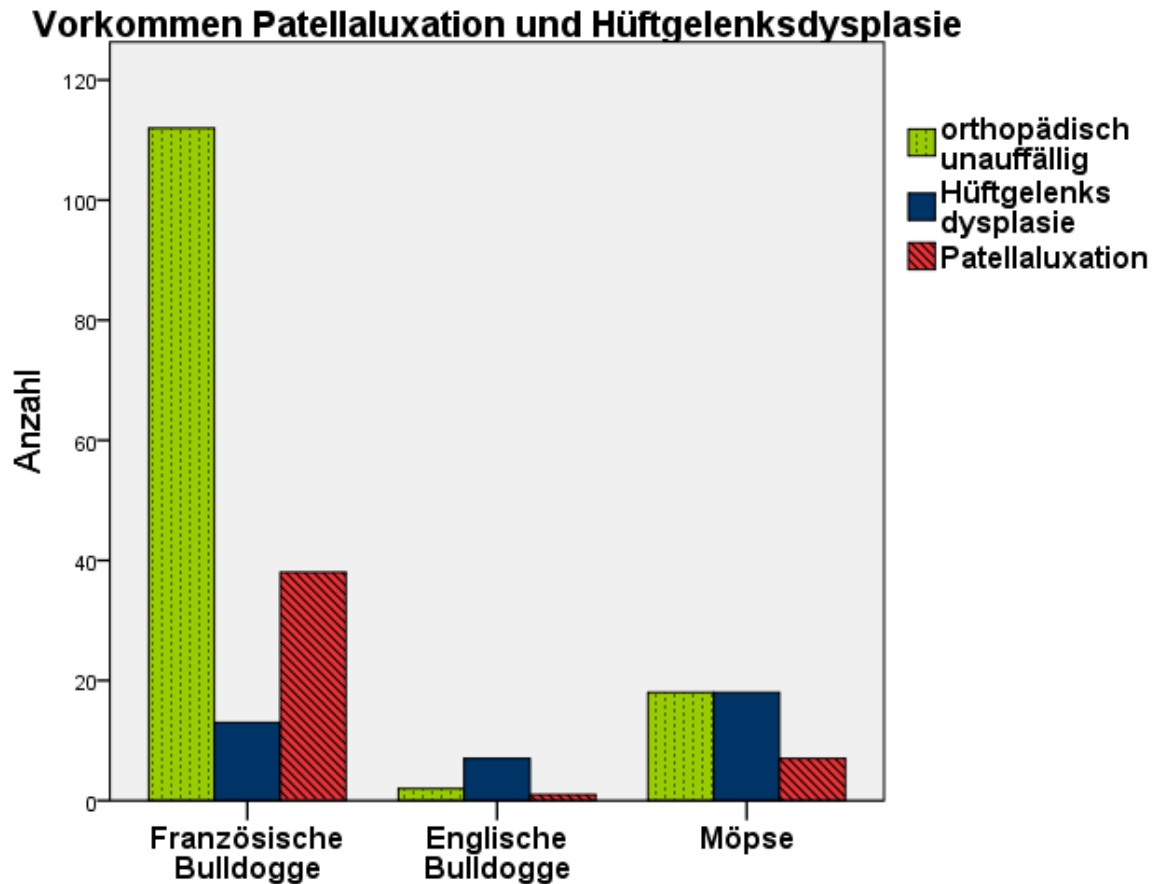
Bei Tieren mit gering- und mittelgradiger Rutenmalformation konnte statistisch keine Signifikanz zur Ausbildung von Wirbelsäulenmalformationen gefunden werden. Sie wurden deswegen zusammengefasst.

Die Tiere mit einer hochgradigen Rutenmalformation hatten mit einem  $p \leq 0,001$  im Chi-Quadrat-Test statistisch signifikant auch Wirbelkörpermalformationen.

Nach dem Quotenverhältnis (Tab. 31, S. 78) von 16 ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Tier mit einer hochgradigen Rutenmalformation auch deformierte Wirbelkörper hat, um 16 höher als bei einem Tier mit nur mittelgradiger oder keiner Rutenmalformation.

### 4.11 Patellaluxation und Hüftgelenkdysplasie

216 der Hunde (n=265) wurden klinisch im Hinblick auf Patellaluxation und die Röntgenbilder der Lendenwirbelsäule mit Becken im Hinblick auf Hüftgelenkdysplasie mit befundet. In Abbildung 60 und in Tabelle 32, S. 81, sind die Ergebnisse zur Patellaluxation und Hüftgelenkdysplasie dargestellt.



**Abbildung 60: Anzahl der Hunde der Studie mit Patellaluxation und/oder Hüftgelenkdysplasie im Säulendiagramm**

**Tabelle 32: Numerische Darstellung der Anzahl der Hunde der Studie mit Patellaluxation und Hüftgelenkdysplasie \ innerhalb der Gruppe der Hunde mit Lahmheit (LH)**

Vorkommen Patellaluxation und Hüftgelenkdysplasie					
Kreuztabelle					
		orthopädisch unauffällig	Hüftgelenks- dysplasie	Patella- luxation	Gesamt
Französische Bulldogge	Anzahl	112	13	38	163
	% innerhalb von Rasse	68,7	8	23,3	100
	% innerhalb von LH	84,8	34,2	82,6	75,5
	% der Gesamtzahl	51,9	6	17,6	75,5
Englische Bulldogge	Anzahl	2	7	1	10
	% innerhalb von Rasse	20	70	10	100
	% innerhalb von LH	1,5	18,4	2,2	4,6
	% der Gesamtzahl	0,9	3,2	0,5	4,6
Möpse	Anzahl	18	18	7	43
	% innerhalb von Rasse	41,9	41,9	16,3	100
	% innerhalb von LH	13,6	47,4	15,2	19,9
	% der Gesamtzahl	8,3	8,3	3,2	19,9
Gesamt	Anzahl	132	38	46	216
	% innerhalb von Rasse	61,1	17,6	21,3	100
	% innerhalb von LH	100	100	100	100
	% der Gesamtzahl	61,1	17,6	21,3	100

216 der 265 Hunde wurden orthopädisch untersucht.

Von 163 Französischen Bulldoggen waren 52 auch orthopädisch auffällig; bei 13 (8 %) wurde röntgenologisch eine Hüftgelenkdysplasie und bei 38 (23,3 %) palpatorisch eine Patellaluxation diagnostiziert.

Von 10 Englischen Bulldoggen hatten 7 (70 %) eine Hüftgelenkdysplasie und einer (10 %) eine Patellaluxation.

Von 43 Möpsen hatten 18 (41,9 %) eine Hüftgelenkdysplasie und 7 (16,3 %) eine Patellaluxation.

## 5. Diskussion

Kongenitale Wirbelsäulenmalformationen werden bei Hunden brachycephaler Rassen häufig diagnostiziert. Umstritten ist, ob die Fehlbildungen Zufallsbefunde ohne klinische Relevanz sind oder ob ihnen ursächliche neurologische Ausfallserscheinungen folgen. Im Einzelfall wird mit der klinischen Untersuchung zu klären sein, ob die Fehlbildungen der Wirbelsäule als Ursache für Schmerzen, Myelopathien oder Radikulopathien zu identifizieren sind (Westworth und Sturges, 2010). Dies bedenkend, wurde die vorliegende Arbeit angefertigt. Bei Hunden der brachycephalen Rassen Französische Bulldogge, Englische Bulldogge und Mops sollte die Häufigkeit und Lokalisation von Wirbelsäulenmalformationen dargestellt werden. Zudem sollten etwaige Malformationen mit Quantität und Qualität etwaiger neurologischer Defizite korreliert werden und klinische Befunde an den Kniegelenken und röntgenologische an den Hüftgelenken im Hinblick auf Hyftgelenksdysplasie (HD) und/oder Patellaluxation (PL) bei den Tieren zusammengetragen werden. Mit diesen Daten sollte geprüft werden, ob Malformationen der Wirbelsäule mit Fehlbildungen an Hüft- und Kniegelenken einhergehen.

### 5.1 Methodik

*Studiendesign:* Für die Studie wurde ein prospektives Design mit folgender Hypothese gewählt: „Zwischen Wirbelsäulenmalformationen und klinischen Symptomen besteht ein kausaler Zusammenhang. Mit diesem Studiendesign lassen sich zufällige Zusammenhänge ohne inneren Kausalzusammenhang ausschließen. Retrospektive Untersuchungen nutzen klinische Daten, um sie rückblickend auszuwerten. Dementsprechend muss mit Daten gearbeitet werden, die ggf. unter einer anderen Fragestellung erhoben wurden. Abgesehen davon ist insbesondere die Qualität und Quantität klinischer Aufzeichnungen in Krankenakten häufig lückenhaft. Prospektive Studien sind zeitaufwändiger als retrospektive, da die Daten erst noch generiert werden müssen. Sieht man vom Aufwand ab, sind prospektive Studien weniger für Verzerrungen (Bias) und Störfaktoren anfällig als retrospektive. Da bei prospektiven Studien die Daten noch zu erheben sind, können sie auch wesentlich exakter an der Hypothese adaptiert gewonnen werden (Euser et al. 2009).

*Nomenklatur:* Für die Arbeit galt es, die verschiedenen vertebraalen Malformationen zu typisieren. Um unter dem Aspekt „Typus“ die eigenen Ergebnisse mit den verschiedenen Kategorisierungen deformierter Vertebrae (Morgan 1968, Schunk 1997, Westworth und Sturges 2010, Meyer 2011, Gutierrez-Quintana et al. 2014, Dewey et al. 2016, Schlensker und Distl 2016), die in der Literatur genannt sind, vergleichen zu können, wurde die Klassifizierung von Gutierrez-Quintana (2014) übernommen. Unterschieden wurden Segmentations- (Blockwirbel)- und Formationsdefekte wie dorsale Hemivertebrae, laterale Hemivertebrae, dorso-laterale Hemivertebrae, ventrale Keilwirbel, dorsale Keilwirbel, laterale Keilwirbel, Schmetterlingswirbel und verkürzte Wirbel. Aufgrund der eigenen Studie war das Portfolio vertebraaler Malformationen von Gutierrez-Quintana (2014) um laterale und/oder ventro-laterale Keilwirbel, dorsale Keilwirbel und verkürzte Wirbel zu erweitern. Eine Graduierung der einzelnen Keilwirbel als prozentuale Abweichung der dorsalen und ventralen Wirbelkörperlänge wurde nicht vorgenommen, weil dies für Hunde verschiedener Rassen detailliert von Schunk (1997), Meyer (2011) sowie Schlensker und Distl (2016) bereits erarbeitet wurde.

*Röntgen:* Zur Topographie und Typisierung vertebraler Malformationen sind lagerungs- und belichtungstechnisch hochwertige Röntgenaufnahmen unerlässlich. Dazu wurde die Wirbelsäule im Röntgengrundbildpaar in zwei senkrecht zueinander stehenden Ebenen im latero-lateralen und ventro-dorsalen Strahlengang abschnittsweise mit sich kranial und kaudal überschneidenden Abschnitten der Columna vertebrae abgebildet (Burk und Ackermann 1996, Morgan et al. 1998, Morgan und Wolvecamp 2004, Suter et al. 2012, Waibl et al. 2012). Der Strahlengang entspricht der als lateral und ventro-dorsal beschriebenen Richtung der digitalen Radiographie der Brustwirbelsäule nach Gutierrez-Quintana (2014).

*Statistik:* Für die statistische Auswertung der eigenen Ergebnisse wurde der Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson genutzt, um Häufigkeitsunterschiede von Merkmalen auf jedem Skalenniveau analysieren zu können (Weiß 2010). Auf diese Weise wird die Assoziation zwischen zwei qualitativen Variablen ermittelt, deren Häufigkeit in Kontingenztabelle dargestellt wird. Hintergrund hierfür ist das Konzept der Nullhypothese. Es besagt, dass beide Variablen unabhängig voneinander sind. Wird die Nullhypothese abgelehnt, unterscheiden sich die Variablen nicht zufällig, sondern es besteht eine signifikante Korrelation. Auf demselben Prinzip wie der Chi<sup>2</sup>-Test beruht auch der Fisher's exact test. Der Chi<sup>2</sup>-Test ist, verglichen mit dem Fisher-Test, aussagekräftiger, die Nullhypothese abzulehnen, falls sie falsch ist. Da der Chi<sup>2</sup>-Test aufwändiger ist als der Fisher's exact test, wurde er zunächst seltener genutzt. Digitalisierung und geeignete Software haben seinen Einsatz jedoch wesentlich erleichtert (Lydersen et al. 2009).

Statistisch korrelierende Variablen sind nicht zwingend miteinander verbunden. Dementsprechend kann trotz signifikanter Korrelation gemäß den statistischen Verfahren auf eine Kausalität nicht rückgeschlossen werden. Wurde empirisch ein Bezug zweier Messgrößen ermittelt, sind diese nicht unbedingt ursächlich miteinander verbunden. Dementsprechend belegen Korrelationen nicht eine etwaige Kausalität. Für die vorliegende Studie bedeutet das, dass Korrelationen zwischen röntgenologisch nachgewiesenen Wirbelsäulenmalformationen und neurologischen Symptomen auf einen Zusammenhang hinweisen, ihn aber nicht beweisen. Das gilt auch für Quotenverhältnisse dieser Untersuchung, die Wahrscheinlichkeiten vertebraler Malformationen und neurologischer Ausfälle ohne eine Kausalität begründen zu können. Lässt sich aber mit einer signifikanten Korrelation schlüssig eine patho-mechanische Folgereaktion erklären, in der die Malformation eine neurologische Symptomatik auslösen kann, ist auch ein kausaler Zusammenhang hoch plausibel.

*Populationen:* In der eigenen Klientel (n=265) machen Französische Bulldoggen 75,1 % (199/265), Möpse 20,4 % (54/265) und Englische Bulldoggen 4,5 % (12/265) aus. Auch wenn damit keinesfalls auf die Population dieser Rassen in Deutschland rückgeschlossen werden kann, so ist es doch bemerkenswert, dass trotz intensiver Bemühungen (Flyer, Telefonate) bei Hundehaltern und -züchtern sowie Zuchtverbänden dieser Rassen im Einzugsgebiet von Berlin nicht mehr Kandidaten für die vorliegende prospektive Studie gewonnen werden konnten. Ob dies mit dem Untersuchungszeitraum allein, der auf 2 Jahre begrenzt war, begründet werden kann, ist zweifelhaft. Anzunehmen ist vielmehr, dass Hunde dieser Rassen in Deutschland bzw. im Einzugsgebiet von Berlin heute eher selten gehalten und gezüchtet werden. Gestützt wird diese Vermutung von den Welpenstatistiken des VDH (Verband für das Deutsche Hundewesen) aus dem Jahr 2016. Unter den 150 beliebtesten Hunderassen lag der Mops mit 395 der beim VDH gemeldeten Welpen auf Platz 50 und die Französische Bulldogge

mit 210 auf Platz 77, während die Englische Bulldogge, schon seit 2002 nicht mehr gelistet ist (Hundewesen 2017). Selbst wenn man einmal annimmt, dass vielleicht nur die Hälfte der Welpen dem VDH gemeldet wird, bleiben die Populationen der Rassen, die in der Arbeit Studienanliegen waren, niedrig. Geschuldet sein dürfte dies insbesondere der seit Jahren öffentlichkeitswirksamen Diskussion über die „Qualzucht bei Hunden“ brachycephaler Rassen. Die tierschutz- und tiermedizinisch relevanten Probleme, die bei derartigen Züchtungen entstehen, waren letztlich der Anlass dafür, dass sich die Bundestierärztekammer in einer konzertierten Aktion Ende 2016 ihrer annahm, um betroffenen Rassen ein „hundewürdiges Dasein“ zu sichern (wir-sind-Tierarzt.de 2016). Im Fokus der Initiative standen allerdings nur die offensichtlicher zuchtbedingten Fehlentwicklungen von Augen, Ohren, Hirn und apikalen Atemwegen. Dem Skelett mit Wirbelsäule und Gliedmaßen wurde kaum Aufmerksamkeit gewidmet. Allerdings haben vereinzelt Zuchtvereine wie z. B. der Deutsche Club für Französische Bulldoggen reagiert und Zuchtverbote für Hunde mit mehr als 6 Keilwirbeln oder einem sehr auffälligen Keilwirbel im Übergangsbereich Brust-/Lendenwirbelsäule ausgesprochen.

*Alter:* Die eigenen Studienkandidaten waren zu 32,8 % (87/265) 1 Jahr, zu 12, 5% (33/265) 2 Jahre, zu 14 % (37/265) 3 Jahre, zu 10,2 % (27/265) 4 Jahre und zu gut 30 % (81/265) zwischen 5 (n=22) und 13 (n=2) Jahre alt (Abb. 37, S. 40; Tab. 8, S. 41). Aus dem Alter der Tiere lassen sich keine Schlüsse auf die kongenitalen vertebraalen Malformationen ziehen. Denkbar ist allerdings, dass für die vorliegende prospektive Studie nur Tiere erreicht wurden, die aus Sicht der Züchter offensichtlich bei der Geburt und bis zum Verkauf als unauffällig und ungestört im Bewegungsablauf erschienen. Bekannt ist, dass augenscheinlich fehlgebildete und/oder neurologisch/orthopädisch gestörte Welpen tot geboren werden oder frühzeitig sterben (Drew 1974), oder aber sie werden schon bald nach der Geburt getötet, weil der Züchter häufig die Kosten für eine exakte Diagnostik sowie eine etwaige Therapie bei nicht selten vager Prognose scheut. Insbesondere fürchtet er bei einer Fehlbildung um den guten Ruf als Züchter. Kalkulieren lässt sich damit die Dunkelziffer von Totgeburten und getöteten, missgebildeten Welpen allerdings nicht. Züchter, erstbehandelnde Tierärzte und Käufer von Welpen derartiger Rassen sollten deswegen motiviert werden, etwaige dahingehende Ereignisse zentral, z. B. bei der Gesellschaft zur Förderung Kynologischer Forschung (gkf: info@gkf-bonn.de), in einem noch einzurichtenden Zentralregister zu archivieren. Damit lägen Daten vor, mit denen sich das Risiko der Ausbildung vertebraaler Malformationen bei diesen Rassen statistisch untermauert genauer bestimmen ließe. Es ließen sich Heritabilitäten errechnen und gewisse Paarungen als besonders problematisch herausfiltern, so dass sie zumindest vermieden werden könnten.

*Geschlecht:* Diese Überlegungen treffen in gleicher Weise für das Geschlecht der Tiere zu. Auffallend bei den eigenen Untersuchungen war, dass nur bei Englischen Bulldoggen vertebraale Malformationen mit 70 % (7/10) wesentlich häufiger bei Rüden als bei Hündinnen mit 30 % (3/10) gefunden wurden, während bei Französischen Bulldoggen Hündinnen mit 54 % (85/157) etwas häufiger als Rüden mit 46 % (72/157) Träger einer vertebraalen Fehlbildung waren. Meyer (2011) fand dagegen bei Französischen Bulldoggen vertebraale Malformationen zu 67 % (71/106) bei Hündinnen und nur zu 33 % (35/106) bei Rüden. Sie führte das auf den Zuchtalltag zurück, da die Röntgenaufnahmen, die im Vorfeld von Zuchtuntersuchungen/-zulassungen angefertigt worden waren, mehr Hündinnen als Rüden involvierten. Von den 2 Möpsen der vorliegenden Untersuchung mit Malformationen waren je



einer (je 50 %) weiblich bzw. männlich (Tab. 9–12, Abb. 38–41; S. 42-45). Bezweifelt werden muss, ob aufgrund der geringen Fallzahl der eigenen Studie Rückschlüsse auf ein etwaiges Geschlechtsrisiko für vertebrale Missbildungen zulässig sind. Dieser Zweifel deckt sich mit den Angaben von Done et al. (1975), Meyer (2011), Gutierrez-Quintana et al. (2014) sowie Guevar et al. (2014), dass das Geschlecht wohl kein prädisponierender Faktor für vertebrale Malformationen ist. Diese Bedenken lassen sich auch nicht mit den retrospektiven Studien (Tab. 33) und der anatomisch-pathologischen Analyse von Morgan (1968) an 145 Hunden mit einer vertebrale Missbildung auflösen. Diesen Angaben zufolge wurden die Untersuchungen zwar auch an Hunden brachycephaler Rassen, aber auch an denen zahlreicher anderer Rassen vorgenommen. So wurden bei Gutierrez-Quintana et al. (2014) vor allem Englische Bulldoggen und Möpse weit vor Französischen Bulldoggen und Boston-Terriern genannt. Bei Besalti et al. (2005) und Aikawa et al. (2007) waren es Mischlinge oder Hunde verschiedener Rassen und bei Berlanda et al. (2011) ebenfalls brachycephale und nicht-brachycephale. Moissonnier et al. (2011) analysierten Französische Bulldoggen und Foxterrier. Von den insgesamt 236 Hunden all dieser Studien zusammen sind die Angaben zum Signalement – Rasse, Alter, Geschlecht – in über 20 % der Fälle lückenhaft, weil die klinischen Fragestellungen, deretwegen die Arbeiten angefertigt wurden, diese Daten nicht erforderten.

Die grundsätzlich richtige Aussage, dass Hunde brachycephaler Rassen ein hohes Risiko für kongenitale vertebrale Wirbelkörpermissbildungen tragen, wie es für die verschiedensten untersuchten Rassen von Morgan (1968), Done et al. (1975), Wright (1979), Kramer et al. (1982), Dennis (1987), Moissonnier et al. (2011), Meyer (2011), Schlensker und Distl (2012), Aikawa et al. (2014), Gutierrez-Quintana et al. (2014) und Dewey et al. (2016) angegeben ist, wird mit den eigenen Studien untermauert. Mit den jeweiligen Fallzahlen können wegen fehlender Populationsstrukturen aber keine Rückschlüsse auf die Inzidenzen vertebraler Malformationen bei den einzelnen Rassen gezogen werden. Bestenfalls ließe sich aus steueramtlichen und/oder aus von den jeweiligen Verbänden geführten Registern die Rasseverteilung und das Geschlecht der gemeldeten Hunde in etwa in Erfahrung bringen.

**Tabelle 33: Lokalisation vertebraler Malformation: semiquantitative Darstellung im Vergleich zu Literaturangaben**

Quelle	Anzahl Tiere (n)	Herkunft der Tiere und Studientyp (pro-, retrospektiv)	Signalement			
			Rasse <sup>a</sup> (n)	Alter in Jahren (n)	Geschlecht <sup>b</sup> (n)	
Lackmann et al. 2018	265	Prospektiv <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klinik (n=81)</li> <li>• rekrutiert (n=184)</li> </ul>	Fr. BD (n=199) E. BD (n=12) Mops (n=54)	≤1 (n=87) 2–5 (n=119) 6–10 (n=52) ≥10 (n=7)	♂ (n=80) ♂ (n=55) ♀ (n=76) ♀ (n=54)	
Gutierrez-Quintana et al. 2014	28	retrospektiv	Fr. BD (n=3) E. BD (n=11) B. Terr. (n=3) Mops (n=11)	0,4–14	♂ (n=18) ♂ (n=2) ♀ (n=7) ♀ (n=1)	
Berlanda et al. 2011	4	retrospektiv	E. BD (n=1) Mops (n=1) DSH (n=1) Retr. (n=1)	0,3–1	♂ (n=3) ♀ (n=1)	
Moissonnier et al. 2011	45	retrospektiv	Fr. BD (n=44) Fox T. (n=1)	k. A.	k. A.	
Aikawa et al. 2007	9	retrospektiv	verschiedene Rassen	0,5–8	♂ (n=5) ♀ (n=4)	
Besalti et al. 2005	5	retrospektiv	Mischlinge	0,3–0,6	♂ (n=3) ♀ (n=2)	
Morgan 1968	145	Autopsien	verschiedene Rassen	≥ 2 (n=145)	k. A.	

<sup>a</sup> Fr. BD = Französische Bulldogge; E. BD = Englische Bulldogge; B. Terr. = Boston Terrier; DSH = Deutscher Schäferhund; Fox T. = Fox Terrier; Retr. = Retriever; k. A. = keine Angabe; <sup>b</sup> ♂ = männlich; ♂ = männlich, kastriert  
♀ = weiblich; ♀ = weiblich, kastriert

## 5.2 Vertebrale Malformationen (Abb. 42–52, S. 47–57; Tab. 14, S. 48)

*Häufigkeit:* In den eigenen Untersuchungen wiesen mit 83,3 % (10/12) die Englischen Bulldoggen vor den Französischen Bulldoggen mit 79 % (157/199) und den Möpsen mit 3,7 % (2/54) am häufigsten eine vertebrale Malformation auf. Dies deckt sich in etwa mit den Angaben von Schlensker und Distl (2012) für Französische Bulldoggen mit einem Prozentsatz von 87,6 % und denen von Grebe (1984) mit 97,3 % für Englische Bulldoggen, während für Möpse nur Fallberichte von Grenn und Lindo (1969), Done et al. (1975) sowie Jeffery et al. (2007) zur Inzidenz gefunden werden konnten. In einer auf Französische Bulldoggen fokussierten Studie gibt Meyer (2011) allerdings nur einen Prozentsatz von 46,2 % fehlgebildeter Wirbel an.

*Lokalisation:* Im Hinblick auf die Lokalisation vertebraler Malformationen ist bei den Hunden der vorliegenden Studie beim ersten Hinsehen auffallend, dass sowohl bei Französischen (Abb. 43, S. 49) und Englischen Bulldoggen (Abb. 44, S. 50) als auch bei den Möpsen die Fehlbildungen gehäuft die Wirbelsäule ab dem 5. Brust- bis 1. Lendenwirbel betrafen. Manche Lokalisationen wie Hals-, die ersten 3 und der 13. Brustwirbel sowie der Lendenwirbelsäulenabschnitt von L2–L6 waren bei den Englischen Bulldoggen und Möpsen frei von Malformationen. Interessant ist, dass bei diesen beiden Rassen jeweils der 7. und 8. Lendenwirbel gleichhäufig malformiert waren. Dies trifft für Französische Bulldoggen nicht zu (Abb. 43, S. 49). Es wurden, wenn auch nur vereinzelt, sowohl im Bereich der Hals- als auch Lendenwirbelsäule fehlgebildete Wirbel gefunden.

Die meisten vertebralen Fehlbildungen bei den Hunden der eigenen Untersuchung wurden im mittleren Abschnitt der Brustwirbelsäule bei Französischen Bulldoggen zwischen T5 und T9, bei Englischen Bulldoggen zwischen T6 und T10 und bei Möpsen am T8 gefunden. Die eigenen Ergebnisse nur für Französische Bulldoggen stimmen mit denen von Meyer (2011) nahezu überein. Ein Vergleich mit den Angaben der Literatur (Tab. 33) ist nur unter Vorbehalt möglich, da vorselektiert der Fokus nahezu ausnahmslos auf die Brustwirbelsäule gelegt wurde (Besalti et al. 2005, Berlanda et al. 2011, Moissonnier et al. 2011, Aikawa et al. 2014, Gutierrez-Quintana et al. 2014). Nur Besalti et al. (2005) untersuchten die gesamte Wirbelsäule an Mischlingen, allerdings ohne den Schwanz.

Dies und die doch sehr von Studie zu Studie divergierenden Hundekohorten lassen es als zweckmäßig erscheinen, die Lokalisationen der vertebralen Malformationen der eigenen Studie semiquantitativ als relative Häufigkeit abzubilden (Tab. 34).

*Anzahl malformierter Wirbel:* Bei 64 % (170/265) der Hunde in der vorliegenden Studie waren insgesamt 707 Wirbel fehlgebildet (Abb. 43, 44, 45, S. 49–51). Daraus lässt sich eine vertebrale Malformationsinzidenz von 2,8 Wirbeln pro Tier errechnen. Mit Bezug zur Rasse betrug die Inzidenzrate 3,3 Wirbel bei Französischen Bulldoggen (658 fehlgebildete Wirbel – Abb. 43, S. 49 – bei 199 Hunden, Tab. 14, S. 48), bei Englischen Bulldoggen 3,8 Wirbel (46 fehlgebildete Wirbel – Abb. 44, S. 50 – bei 12 Hunden, Tab. 14, S. 48) und bei Möpsen 0,1 Wirbel (3 fehlgebildete Wirbel – Abb. 45, S. 51 – bei 54 Hunden, Tab. 14, S. 48). Meyer (2011) konnte dagegen in ihrer Studie an 106 Französischen Bulldoggen feststellen, dass 46,2 % (979/2115) der Brust- und/oder Lendenwirbel malformiert waren. Die Halswirbelsäule untersuchte sie nicht. Das entspricht rechnerisch 9 Wirbeln pro Hund. Dagegen fanden Gutierrez-Quintana et al. (2014) in ihrer Studienpopulation (28 Hunde) mit verkürzten Wirbeln

insgesamt nur 76 fehlgebildete Vertebrae. Das sind 2,7 derartige Wirbel pro Tier. Aufgrund divergierender Studienkonzepte können die Daten, bezogen auf die Häufigkeit der Wirbelkörpermalformationen, nicht miteinander verglichen werden. In Bezug zur Lokalisation der Malformationen entlang der Wirbelsäule stimmen trotz unterschiedlicher Fragestellungen in den verschiedenen Studien und trotz marginaler Differenzen die Ergebnisse mit der vorliegenden Arbeit gut überein. Vertebrale Malformationen treffen insbesondere die Brustwirbelsäule gehäuft, je nach Autor und Maxima, T7–T8 (Gutierrez-Quintana et al. 2014), T3–T9 (Besalti et al. 2005) oder auch T5–T8 (Moissonnier et al. 2011), wie dies semiquantitativ in Tab. 34 zusammengestellt ist.

**Tabelle 34: Lokalisation vertebraler Malformationen im Literaturvergleich**

		Relative Häufigkeit (semiquantitativ)/Lokalisationsmaxima*			
		Wirbelsäulenabschnitt			
Quelle	Rasse	HWS	BWS	LWS	SWS
Lackmann et al. 2018	Fr. BD	+	++++ max. T5–T9	+	+
	E. BD	-	++++ max. T6–T10	+	-
	Mops	-	+	++	-
Gutierrez-Quintana et al. 2014	Fr. BD		} T7>T8>T12		
	E. BD				
	B. Terr.				
	Mops				
Aikawa et al. 2014	Fr. BD		++	-	
Moissonnier et al. 2011	Fr. BD		T5–T8		
Berlanda et al. 2011	E. BD, Mops, DSH, Retriever	-	+++ T1–T11	-	-
Besalti et al. 2005	Mischlinge	++	+++	+	-
		C7	T3–T9	L2–L3	

\* Semiquantitativs relative Häufigkeit: – kein; + geringes, ++ gelegentliches, +++ häufiges, ++++ sehr häufiges Vorkommen; max.: Wirbelsäulenabschnitte mit dem häufigsten Vorkommen; Fr. BD = Französische Bulldogge; E. BD = Englische Bulldogge; B. Terr. = Boston Terrier; DSH = Deutscher Schäferhund

*Malformationstypen:* Beim Hund folgte die Typisierung kongenitaler Malformationen bis 2014 den Empfehlungen von Morgan (1968). Im Sektionsgut fand Morgan bei 47 % (48/145) der Hunde malformierte Wirbel. Seiner Klassifizierung lagen Störungen eines oder mehrerer der zahlreichen Ossifikationszentren der jeweiligen Vertebrae zugrunde. Morgan (1968) differenzierte Keil- von Schmetterlings-, Block- und Übergangswirbeln sowie Verschlussstörungen im Bereich der Columna vertebralis (sog. „Spina bifida“). Es werden auch Abweichungen von der Wirbelanzahl, Verkrümmung(en) (Kyphose, Lordose, Skoliose) und Veränderungen der Processus spinosi sowie der Rippen systematisch mit erfasst. Klinisch war das „Morgan (1968)-Raster“ sehr hilfreich, röntgenologisch Formationsdefekte auch am lebenden Hund zu typisieren, wie dies zahlreiche Studien belegen (Done et al. 1975, Wright 1979, Kramer et al. 1982, Dennis 1987, Volta et al. 2005, Jaggy et al. 2007, Westworth und Sturges 2010, Meyer 2011, Moissonnier et al. 2011, Schlensker und Distl 2012, White 2013, Aikawa et al. 2014).

2014 adaptierten Gutierrez-Quintana et al. eine in der Humanmedizin übliche Systematik für vertebrale Malformationen an 28 Hunden brachycephaler Rassen. So ließen sich Formations- und Segmentationsdefekte katalogisieren.

In der eigenen Studie wurden auf dieser Grundlage mit 48 % (342/707) ventrale Keilwirbel vor Schmetterlingswirbel mit 11 % (75/707), dorsale Hemivertebrae mit 7,9 % (56/707), Blockwirbel mit 2,3 % (16/707) sowie dorso-laterale Hemivertebrae mit 0,7 % (5/707) am häufigsten gefunden. Zudem wurden beim Hund erstmals 8 laterale (1,1 %) und 9 ventro-laterale (1,3 %) Keilwirbel (8 bzw. 9/707) diagnostiziert. Der von Gutierrez-Quintana et al. (2014) beschriebene, aber nicht ausgewertete verkürzte Wirbel wurde mit 14 % (97/707) am dritthäufigsten gefunden. Der dorsale Keilwirbel spiegelte mit 14 % (99/707) die zweithäufigste Wirbelkörpermalformation wider (Tab. 35).

Die eigenen Ergebnisse lassen sich insgesamt gut in die Literaturangaben einordnen, unabhängig davon, ob die „Morgan'sche (1968) Systematik“ oder die von Gutierrez-Quintana et al. (2014) genutzt wurde. Unter den kongenitalen Wirbelkörperfehlbildungen machen bei Hunden brachycephaler Rassen Keilwirbel, isoliert oder gruppiert, vor allem im Bereich der Brustwirbelsäule (Parker und Park 1974, Done et al. 1975, Wright 1979, Kramer et al. 1982, Dennis 1987, Kirberger 1989, Bailey und Morgan 1992, Volta et al. 2005, Jeffery et al. 2007, Tilley und Smith 2007, Westworth und Sturges 2010, Meyer 2011, Moissonnier et al. 2011, Schlensker und Distl 2012, White 2013, Aikawa et al. 2014, Faller et al. 2014, Dewey et al. 2016), Schmetterlingswirbel, die nach einigen Autoren nur eine Sonderform des Keilwirbels (Morgan 1968, Parker und Park 1974, Kirberger 1989, Jeffery et al. 2007) darstellen, aber wohl als ein eigener malformierter Typus (Wright 1979, Bailey und Morgan 1992, Braund 1994, Schunk 1997, Tilley und Smith 2007, Westworth und Sturges 2010, Moissonnier et al. 2011, Schlensker und Distl 2012, Platt 2013) anzusehen sind, je nach Studie mehr als 80 % aller kongenitalen vertebrealen Missbildungen aus.

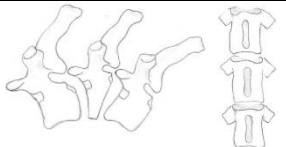
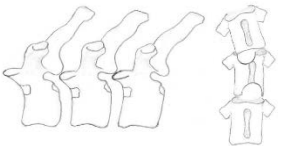
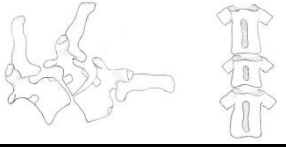
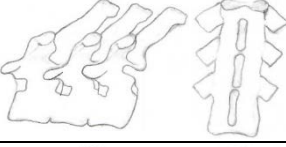

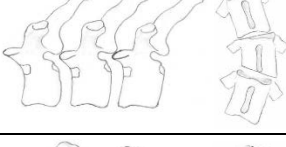
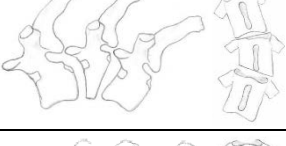
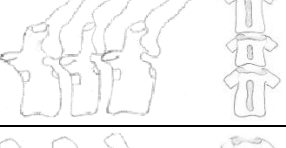

Blockwirbel sind dagegen, wie auch in der eigenen Studie, eher selten und lassen sich meist im Bereich der Hals- oder Lendenwirbelsäule aufspüren (Wright 1979, Bailey und Morgan 1992, Gutierrez-Quintana et al. 2014).

Allgemein stimmt dies beim ersten Hinsehen mit den Literaturangaben überein: Hunde brachycephaler Rassen sind für kongenitale, vertebrale Malformationen prädestiniert (Morgan

1968, Grenn und Lindo 1969, Drew 1974, Pearson und Gibbs 1974, Done et al. 1975, Wright 1979, Dennis 1987, Bailey und Morgan 1992, Breit 1998, Besalti et al. 2005, Volta et al. 2005, Jeffery et al. 2007, Westworth und Sturges 2010, Moissonnier et al. 2011, Schlensker und Distl 2012, White 2013, Aikawa et al. 2014, Faller et al. 2014, Guevar et al. 2014, Gutierrez-Quintana et al. 2014, Bouma 2016, Dewey et al. 2016, Schlensker und Distl 2016). Allerdings divergieren die prozentualen und absoluten Häufigkeitsangaben in den Studien untereinander und im Vergleich mit der vorliegenden Arbeit erheblich. Geschuldet sein dürfte dies vor allem der Charakterisierung und Definition der verschiedenen Malformationstypen. Zudem basiert in klinischen Dokumentationsanalysen die Typisierung meist nur auf Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule im latero-lateralen Strahlengang, so dass z. B. ein vertebraler Keilwirbel röntgenologisch im Phänotyp auch Merkmale eines Schmetterlingswirbels aufweisen kann. Ein Schmetterlingswirbel ist im latero-lateralen Strahlengang nicht selten als normal oder aber nur als verkürzter Wirbel auszumachen. Erst die überlagerungsfreie Abbildung des Wirbels auch im dorso-ventralen (ventro-dorsalen) Strahlengang lässt eine zweifelsfreie Identifikation zu, wie die eigenen Untersuchungen belegen. Deswegen sollten für die Typisierung kongenital missgebildeter Wirbelkörper immer zwei senkrecht zueinander stehende Projektionen – latero-lateral sowie dorso-ventral (ventro-dorsal) – im sog. Röntgen-Grundbildpaar gefordert werden.

Unter dem Aspekt Malformationstypus werden die eigenen Ergebnisse in der Tabelle 35 denen von Gutierrez-Quintana et al. (2014) gegenübergestellt.

Tabelle 35: Inzidenz vertebraler Malformationstypen im Literaturvergleich

Art der Malformation	Schematische Darstellung der Malformation	Lackmann et al. 2018		Gutierrez-Quintana et al. 2014	
		n	(%)	n	(%)
<b>Gesamte Anzahl</b>		707		76	
<b>ventrale Keilwirbel</b>		342	(48)	20	(26)
<b>Schmetterlingswirbel</b>		75	(11)	24	(32)
<b>dorsale Hemivertebrae</b>		56	(7,9)	3	(4)
<b>Blockwirbel</b>		16	(2,3)	1	(1,3)
<b>dorso-laterale Hemivertebrae</b>		5	(0,7)	2	(2,6)
<b>laterale Keilwirbel</b>		8	(1,1)	0	
<b>ventro-laterale Keilwirbel</b>		9	(1,3)	0	
<b>Verkürzter Wirbel</b>		97	(14)	26	(34)
<b>Dorsaler Keilwirbel</b>		99	(14)	0	

*Malformationsinzidenz, Lokalisation und Rasse:* Die Häufigkeit fehlgebildeter Wirbel und ihre Lokalisation im Hinblick auf die Rasse weist bei den eigenen Hunden einige Spezifika auf. So wurden folgende Häufigkeiten gefunden:

- ventrale Keilwirbel zu 91 % bei Franz., zu 8,7 % bei Engl. Bulldoggen und zu 0,3 % beim Mops,
- Schmetterlingswirbel zu 95 % bei Franz., zu 5,3 % bei Engl. Bulldoggen und nicht beim Mops,
- dorsale Hemivertebrae zu 98 % bei Franz., zu 1,7 % bei Engl. Bulldoggen und nicht beim Mops,
- Blockwirbel, dorso-laterale Hemivertebrae, laterale Keilwirbel und ventro-laterale Keilwirbel nur bei Franz. Bulldoggen,
- verkürzte Wirbel zu 95 % bei Franz., zu 5,2 % bei Engl. Bulldoggen und nicht beim Mops,
- dorsale Keilwirbel zu 92 % bei Franz., zu 6,1 % bei Engl. Bulldoggen und zu 2,0 % beim Mops.

### 5.3 Neurologische Korrelationen

*Inzidenz vertebraler Malformationen und neurologische Relevanz:* Die klinische Relevanz vertebraler Malformationen wird im Schrifttum kontrovers diskutiert, weil sie meist als Zufallsbefunde auf Röntgenaufnahmen des Thorax oder Abdomen im latero-lateralen Strahlengang entdeckt werden (Morgan 1968, Pearson und Gibbs 1974, Wright 1979, Dennis 1987, Bailey und Morgan 1992, Karriker et al. 2006, Jaggy et al. 2007, Westworth und Sturges 2010, Schlensker und Distl 2012, Suter et al. 2012, Dewey et al. 2016). Unbestritten ist, dass vertebrale Malformationen gering- bis hochgradig ausgeprägte Verkrümmungen der Columna vertebralis in Form einer Kyphose, Lordose oder Skoliose zur Folge haben können. Dies gilt insbesondere für alle Keilwirbeltypen (Grenn und Lindo 1969, Parker und Park 1974, Done et al. 1975, Wright 1979, Bailey und Morgan 1992, Jeffery et al. 2007, Moissonnier et al. 2011, Gutierrez-Quintana et al. 2014, Dewey et al. 2016). Ausmaß und Grad der Deformation wurden von der Anzahl und dem Ausmaß malformierter Wirbel bestimmt (Done et al. 1975).

Kongenital kann bei malformierten Wirbeln als Folge der Wirbelkanal so eingengt sein, dass die Tiere, wenn sie nicht tot geboren wurden, schon bald nach der Geburt wegen der neurologischen Auffälligkeiten vom Züchter getötet werden (Drew 1974). Sieht man einmal von diesen Fällen ab, die den statistischen Analysen entgehen, können fehlgebildete Wirbel auch erst später, insbesondere während des Skelettwachstums, den Canalis vertebralis so stark einengen, dass neurologische Symptome mit Parese, Plegie, Muskelatrophie, Schmerzen, Kot- und/oder Harninkontinenz entstehen, wie sich aus kasuistischen Beiträgen und klinischen Studien ersehen lässt (Parker und Park 1974, Done et al. 1975, Dennis 1987, Lee 1989, Wheeler 1991, Bailey und Morgan 1992, Braund 1994, Schunk 1997).

Die eigenen Reihen-Untersuchungen an 265 Hunden brachycephaler Rassen stützen diese Beobachtungen, die in der Literatur beschrieben sind. Im Frankel-Scoring hatten 55 % (145/265) der Tiere mit vertebralen Malformationen der eigenen Studienklientel klinisch neurologische Symptome. Ihr Schweregrad betrug in der Reihenfolge der Häufigkeit 43 % (120/265) mit einem Frankel Score von 2 (gefähige Paraparese) vor 4,2 % (11/264) mit einem Frankel Score von 1 (Schmerzhaftigkeit der Wirbelsäule), vor 3,4 % (9/264) mit einem Frankel Score von 3 (nicht gefähige Parese), vor 1,1 % (3/264) mit einem Frankel Score von 4 (Plegie



mit Tiefenschmerz) und 0,8 % (2/264) mit einem Frankel Score von 5 (Plegie ohne Tiefenschmerz). 45,3 % (120/265) der Studienkohorte war neurologisch ohne krankhafte Befunde.

Unter diesem Aspekt sind die eigenen Ergebnisse gut mit denen von Besalti et al. (2005), Aikawa et al. (2007), Berlanda et al. (2011), Moissonnier et al. (2011) und Gutierrez-Quintana et al. (2014) vergleichbar. Die prozentualen Differenzen zur Inzidenz des Frankel-Scorings dürften dabei vor allem der mit 92 niedrigen Fallzahl im Schrifttum geschuldet sein. Nur bei Aikawa et al. (2014) lassen sich umfangreiche klinische Daten finden, aus denen sich zur Relevanz kongenital malformierter Wirbel und neurologischen Ausfallserscheinungen bei Hunden verschiedener Rassen Rückschlüsse ziehen lassen. Die Autoren fanden unter 718 Hunden verschiedenster Rassen, die wegen eines Bandscheibenvorfalles operiert wurden, 671 Dackel und 47 Französische Bulldoggen, bei denen das Bandscheibenleiden mit einer operationswürdigen, neurologischen Symptomatik vergesellschaftet war. Von den Französischen Bulldoggen dieser Studie hatten 89 % vertebrale Malformationen, die sich allerdings nicht im Operationsgebiet befanden.

*Malformationstypen, ihre Inzidenz und neurologische Relevanz:* Englische Bulldoggen wiesen in der eigenen Studie zu 83 % (10/12) insgesamt 46 vertebrale Malformationen auf (Abb. 44, S. 50). Sie konzentrieren sich zu 96 % (44/46) auf den hinteren Abschnitt der Columna vertebralis thoracis T4–T12. Mit je einem (je 2,2 %) waren der 1. und 7. Lendenwirbel involviert. Von den 46 kongenital fehlgebildeten Wirbeln waren mit 65 % (30/46) ventrale Keilwirbel, mit 13 % (6/46) dorsale Keilwirbel, mit 11 % (5/46) verkürzte Wirbel, mit 8,7 % (4/46) Schmetterlingswirbel und mit 2,2 % (1/46) dorsale Hemivertebrae die häufigsten. Interessant ist, dass das Tier mit der dorsalen Hemivertebra auch mit neurologischen Ausfällen behaftet war. Ein Zusammenhang zwischen missgebildeten Wirbelkörpern und neurologischen Ausfällen konnte trotz der hohen Inzidenz von 50 % (6/12) nicht belegt werden.

Von den 54 Möpsen der eigenen Studie hatten nur 2 (3,7 %) insgesamt 3 kongenital malformierte Wirbelkörper (Abb. 45, S. 51). Mit 100 % (3/3) war der mittlere Bereich der Columna vertebralis thoracis (T5–T8) betroffen. Der 8. war einmal als ventraler sowie der 5. und 6. Brustwirbel jeweils als dorsaler Keilwirbel geformt. 44 % (24/54) der Hunde hatten auch neurologische Defizite in Form von Schmerzhaftigkeit (16,6 % (4/24)) oder gehfähiger Parese (83 % (20/24)). Ein Zusammenhang zwischen neurologischen Defiziten und vertebraler Malformation ließ sich nicht ableiten. Allerdings war bei zahlreichen der neurologisch auffälligen Möpse röntgenologisch eine kalzifizierte Bandscheibe festzustellen. Denkbar ist, dass dieser Befund Ursache einer chronisch schmerzhaften Discopathie sein kann.

Die Wirbelkörper der Französischen Bulldoggen wiesen im Abschnitt T4–T12 zu 90 % (591/658) der Columna vertebralis thoracis die meisten kongenital deformierten Wirbel auf. Die Halswirbelsäule war mit 0,15 % (1/658) an C2, mit 0,46 % (3/658) an C3 und mit 0,76 % (5/658) an C4 betroffen. Interessant ist, dass die Halswirbelsäule mit je 22 % (2/9) vom Malformationstyp Blockwirbel und lateraler Keilwirbel überdurchschnittlich häufig verändert war. Die Lendenwirbelsäule wies mit 1,2 % (8/658) die meisten Malformationen an L1 auf, gefolgt von L4 und L5 mit jeweils 0,46 % (3/658), L2 mit 0,30 % (2/658) und L7 mit 0,15 % (1/658). Bei nur wenigen Tieren war ein lumbosakraler Übergangswirbel zu diagnostizieren. Bei einem Tier war er als ventraler Keilwirbel deformiert. Bei 2 Hunden konnte röntgenologisch ein Schmetterlingswirbel des Kreuzbeins abgebildet werden.

Eine Korrelation zwischen Wirbelsäulenmalformationen im Übergang von der Brust- zur Lendenwirbelsäule und neurologischen Ausfällen bei der Französischen Bulldogge konnte im Chi<sup>2</sup>-Test nicht errechnet werden ( $p=0,239$ ).

Ventro-laterale Keilwirbel und/oder dorso-laterale Hemivertebrae machen in der vorliegenden Studie mit 1,3 % (9/707) und 0,7 % (5/707) nur einen geringen Anteil an den radiologisch festgestellten Fehlbildungen der Wirbelkörper aus (Tab. 35). Eine Korrelation zwischen diesen beiden seltenen Malformationen und neurologischen Ausfällen ist im Chi<sup>2</sup>-Test ( $p=0,009$ ) statistisch hochsignifikant bei den Französischen Bulldoggen. Das Risiko für neurologische Ausfälle ist bei Französischen Bulldoggen mit einem ventro-lateralen Keilwirbel und/oder einer dorso-lateralen Hemivertebra um den Faktor 9,7 höher als bei Hunden ohne solche Malformationen. Dies darf nicht überbewertet werden, da die Statistikanalyse auf 14 derartig malformierten Wirbeln beruht, auch wenn die eigenen Ergebnisse von Faller et al. (2014) gestützt zu werden scheinen. Letztere konnten bei kyphoskoliotischen Hunden gehäuft Bandscheibendegenerationen feststellen. Für 98 % der Wirbelsäulenmalformationen der vorliegenden Studie ließ sich kein statistisch relevanter Zusammenhang mit neurologischen Ausfällen entdecken.

*Vertebrale Malformationen und Inzidenz anderer kongenitaler, orthopädischer Leiden wie Hüftgelenkdysplasie und Patellaluxation (Abb. 60, S. 72; Tab. 32, S. 73):* 81,5 % (216/265) der Hunde wurden orthopädisch im Hinblick auf Patellaluxation und klinisch-röntgenologisch im Hinblick auf Hüftgelenkdysplasie mituntersucht. Zur Hüftgelenksbeurteilung wurden die Röntgenbilder der Lendenwirbelsäule und der Rute im ventro-dorsalen Strahlengang genutzt, falls die Hüftgelenke abgebildet waren. Die Diagnostik zur Patellaluxation basierte in erster Linie auf den klinisch inspektorischen und palpatorischen Untersuchungsbefunden. Röntgenbilder belegen die Diagnose und sind insofern nützlich, als man auf ihrer Grundlage etwaige operative Korrekturmaßnahmen empfehlen oder durchführen kann. Dazu wurden auf Wunsch der Besitzer keine Röntgenaufnahmen angefertigt.

Französische Bulldoggen machen unter diesem Aspekt 75,5 % (163/216), Englische Bulldoggen 4,3 % (10/216) und Möpse 19,9 % (43/216) der Klientel aus. Im Hinblick auf Hüftgelenkdysplasie waren innerhalb der einzelnen Rassen Französische Bulldoggen zu 8 % (13/163), Englische Bulldoggen zu 70 % (7/10) und Möpse zu 42 % (18/43) belastet. Eine Patellaluxation wurde bei 23 % (38/163) der Französischen, bei 10 % (1/10) der Englischen Bulldoggen und 16 % (7/43) der Möpse diagnostiziert.

Aufgrund dieser Ergebnisse sollte jeder Hund mit einer vertebrealen Malformation auf weitere kongenital bedingte Erkrankungen wie Hüftgelenkdysplasie und Patellaluxation untersucht werden. Etwaige davon belastete Tiere sollten von der Zucht ausgeschlossen werden. Zur Koinzidenz vertebraler Malformationen und weiterer kongenitaler orthopädischer Erkrankungen konnten im mir zugänglichen Schrifttum keine Angaben gefunden werden.

*Cobb-Winkel – neurologische Relevanz:* Die Winkelung der Wirbelsäule bei Hunden brachycephaler Rassen insbesondere im Bereich thorako-lumbaler vertebraler Malformationen zu messen, gilt als zuverlässiges Verfahren nicht nur um das Ausmaß kyphotischer oder skoliotischer Verkrümmungen festzustellen, sondern auch, um damit die neurologische Relevanz einzuengen, wie Moissonnier et al. (2011) an Französischen Bulldoggen und Guevar et al. (2014) an Möpsen, Französischen und Englischen Bulldoggen

sowie Boston-Terriern belegen. Guevar et al. (2014) geben an, dass es bei einem kyphotischen Cobb-Winkel ab  $35^\circ$  sehr wahrscheinlich zu krankhaften neurologischen Symptomen kommt. Dies kann mit den Ergebnissen von Moissonnier et al. (2011) gut in Einklang gebracht werden, auch wenn die Messmethodik variierte. Moissonnier et al. (2011) fanden einen Winkel von durchschnittlich  $133^\circ$  bei Tieren mit neurologischen Ausfallserscheinungen und im Gegensatz bei 32 Hunden dieser Rassen, die ebenfalls Wirbelsäulenmalformationen aufwiesen, aber keine neurologische Ausfälle hatten, eine Winklung von durchschnittlich  $170^\circ$ .

Bei der eigenen Klientel wurde die Cobb-Winkelmessung an 170 Hunden, wie von Guevar et al. (2014) vorgeschlagen, mit einem Grenzwinkel von  $30^\circ$  verwendet. Ein Cobb-Winkel von mehr als  $30^\circ$  im Malformationsbereich erwies sich als guter Indikator für neurologische Defizite. 39 % (67/170) der eigenen Französischen Bulldoggen waren neurologisch unauffällig. Davon hatten 2 (3 %) einen  $> 30^\circ$ - und 65 (97 %) einen  $< 30^\circ$ -Cobb-Winkel. 61 % (103/170) der Hunde hatten neurologische Ausfälle. Davon hatten 24 (23 %) einen  $> 30^\circ$  und 79 (73 %) einen  $< 30^\circ$  -Cobb-Winkel (Abb. 57, S. 65; Tab. 23–25, S. 66). Dies ist statistisch ( $p=0,001$ ) hochsignifikant. Das Risiko, dass vertebrale Malformationen neurologische Defizite auslösen, ist um den Faktor 9,87 höher bei einem Cobb Winkel von  $> 30^\circ$  als bei einem von  $< 30^\circ$ . Dessen eingedenk sollte der Cobb-Winkel bei jeder vertebralen Malformation bei Hunden brachycephaler Rassen gemessen werden. Damit lässt sich am Einzeltier ggf. die Ursache neurologischer Ausfälle gut lokalisieren, beim Hundekauf kann auf eine etwaige Gesundheitseinbuße hingewiesen werden und in der Zucht kann dies als eine zuchthygienische Maßnahme in Erwägung gezogen werden.

*Wirbelsäulenstufung – neurologische Relevanz:* Bereits 2011 vermaßen Moissonnier et al. (2011) bei 45 Französischen Bulldoggen mit und ohne vertebraler Malformation nicht nur die Winklung, sondern auch den Versatz der Wirbel (Stufe) im Malformationsgebiet, um damit einzeln oder in der Summe Daten zu generieren, die für Französische Bulldoggen ggf. das Risiko neurologischer Gefährdung indizieren. Im Ergebnis stellten Moissonnier et al. (2011) fest:

- Hunde mit Keilwirbel, aber neurologisch unauffällig, haben keinen Versatz im Malformationsgebiet, die Stufe beträgt 0 mm.
- Hunde mit Keilwirbel und neurologischen Defiziten haben einen Versatz im Malformationsgebiet, die Stufe betrug im Mittel 1,75 mm

Aus den Ergebnissen folgern sie, dass Hemivertebrae nicht direkt den Rückenmarkskanal stenosieren. Ursache neurologischer Defizite bei vertebralen Malformationen sind die durch sie entstehende Winklung und der Versatz (Stufung) der Wirbelsäule im Malformationsbereich.

Die eigenen Untersuchungen bestätigen die Ergebnisse im Schrifttum (Abb. 58, S. 67; Tab. 26–28, S. 68).

- 44,1 % (56/127) der Hunde hatten keine neurologischen Defizite. Bei ihnen war die Stufe niedriger als 1,75 mm. 56 % (71/127) dieser Hunde mit dieser niedrigen Stufe hatten neurologische Defizite.

- War die Stufe höher als 1,75 mm, hatten 74 % (32/43) der Hunde neurologische Störungen und 26 % (11/43) keine.

Der höhere Prozentsatz neurologischer Defizite bei Hunden mit einem Wirbelkörperversatz (Stufe) um mehr als 1,75 mm ist im Chi<sup>2</sup>-Test statistisch signifikant ( $p = 0,032$ ). Für Hunde mit einer derartig ( $\geq 1,75$  mm) hohen Stufe ist das Risiko um den Faktor 2,29 mal höher, auch neurologische Ausfälle zu haben.

### 5.4 Rutenmalformation

*Rutenmalformation – Inzidenz vertebraler Malformationen:* Bekannt ist, dass Hunde brachycephaler Rassen mit gekringeltem Schwanz („screw-tailed breeds“) auch für weitere vertebrale Malformationen prädisponiert sind (Morgan 1968, S. H. Done 1975, Wright 1979, Kramer, Schiffer et al. 1982, Dennis 1987, Volta 2006, Jaggy 2007, Tilley 2007, Westworth und Sturges 2010, Moissonnier, Gossot et al. 2011, Schlensker und Distl 2012, Aikawa, Shibata et al. 2014, Gutierrez-Quintana, Guevar et al. 2014, Dewey, Davies et al. 2016). Diese Hypothese lässt sich mit den eigenen Daten untermauern. So hatten 99 % (197/199) der Französischen und alle Englischen Bulldoggen (12/12) Rutenmalformationen, während diese bei nur 5,6 % (3/54) der Möpse diagnostiziert wurden. Beim ersten Hinsehen konnten zwischen gering- und mittelgradigen Rutendeformierungen sowie der Inzidenz vertebraler Malformationen statistisch keine Signifikanzen aufgedeckt werden. Es erschien deswegen zweckmäßig, Hunde mit keiner bis mittelgradiger Rutenfehlbildung als Gruppe, der mit hochgradiger Rutenfehlbildung statistisch gegenüber zu stellen. Hunde, die min. 2 normgeformte Wirbel in der Rute aufwiesen, wurden in die Gruppierung „0, gering-/mittelgradige Rutenmalformation“ eingeteilt. Als hochgradig deformiert galt eine Rute, wenn sie keinen oder höchstens einen Normwirbel aufwies (Tab. 6, S. 38).

Bei 55 % (48/87) der Hunde mit „0 bis mittelgradiger“ Rutenmalformation waren zugleich auch in den anderen Wirbelsäulenabschnitten vertebrale Deformationen zu finden. Bei den Hunden mit hochgradigen Rutenmalformationen betrug dieser Prozentsatz 95 % (125/119) und war statistisch im Chi<sup>2</sup>-Test ( $p < 0,001$ ) hochsignifikant. Bei Französischen Bulldoggen mit hochgradiger Rutenmalformation ist das Risiko, vertebrale Malformationen kranial der Rute zu haben, um den Faktor 16 höher als bei denen mit keiner oder einer gering- oder mittelgradigen Rutendeformation.

Dies ist mit den Ergebnissen von Schlensker und Distl (2016) vergleichbar. Sie wiesen nach, dass die Anzahl der Schwanzwirbel negativ mit Zahl und Schweregrad von Keilwirbeln in den vorgeschalteten Wirbelsäulensegmenten korreliert.

## 5.5 Handlungsempfehlung

Um vertebrale Malformationen korrekt beurteilen zu können, sollte die Wirbelsäule in allen Abschnitten röntgenologisch künftig im Grundbildpaar abgebildet werden. Bei jedem Hund der brachycephalen Rassen sollte zudem klinisch eine neurologische gezielte Untersuchung erfolgen, und die Befunde sollten mit dem Frankel Score entsprechend gewichtet werden. Sollten im Zusammenhang derartiger Reihenuntersuchungen auch anästhetische Maßnahmen (Sedation/Allgemeinanästhesie) erforderlich sein, wäre es zweckmäßig, die klinisch-neurologischen Befunde zusätzlich durch elektromyographische Untersuchungen zu stützen. Bildgebend sollte die Sedation/Allgemeinanästhesie genutzt werden, die Wirbelsäule computertomographisch in 3D-Rekonstruktionen und das Nervengewebe myelographisch oder im MRT abzubilden. Aus diesen Daten ließen sich wohl die Malformationen und neuropathologischen Befunde noch detaillierter erklären.

Der Versatz (Stufung) der Wirbelkörper und die Winkelung (Cobb) der Wirbelsäule im Malformationsgebiet erwiesen sich von großer neurologischer Relevanz. Ihnen sollte zusammen mit hochgradigen Rutendeformationen im Hinblick auf Zuchthygiene und beim Einzeltier mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden.

## 6. Zusammenfassung

In einer prospektiven Studie wurde in einer ausgewählten Population von insgesamt 265 Hunden der brachycephalen Rassen Französische Bulldogge (n=199), Englische Bulldogge (n=12) und Mops (n=54) zum einen die Häufigkeit und Lokalisation von Wirbelsäulenmalformationen untersucht und zum anderen eine Verbindung der Malformationen zu Quantität und Qualität neurologischer Defizite analysiert. Die Tiere stammten zum Teil aus dem Patientengut der Klinik (31 %, 81/265), zu 69 % (184/265) wurden sie als gesunde Tiere über Zuchtverbände rekrutiert. Die Verteilungsmaxima der radiologisch belegten Malformationen liegen literaturkonform zwischen T5 und T9 (Französische Bulldoggen) und T6 und T10 (Englische Bulldoggen). Möpse waren mit 5,6 % (3/54) von Wirbelkörpermalformationen selten betroffen. Die insgesamt 707 vertebrealen Malformationen waren in der Reihenfolge der Häufigkeiten zu 48 % (342) ventrale Keilwirbel, zu 14 % (99) dorsale Keilwirbel, zu 14 % (97) verkürzte Wirbel, zu 11 % (75) Schmetterlingswirbel, zu 7,9 % (56) dorsale Hemivertebrae, zu 2,3 % (16) Blockwirbel, zu 1,3 % (9) ventro-laterale Keilwirbel, zu 1,1 % (8) laterale Keilwirbel und zu 0,7 % (5) dorso-laterale Hemivertebrae.

Im Literaturvergleich liegt der Anteil der ventralen Keilwirbel höher, während Schmetterlingswirbel vergleichsweise weniger vorkommen. In der vorliegenden Arbeit wurden die ventralen Keilwirbel, die v/d-geröntgt ein schmetterlingsähnliches Erscheinungsbild aufweisen, als Keilwirbel bezeichnet. Erstmals in der Veterinärmedizin wurden 9 ventro-laterale Keilwirbel in dieser Schrift belegt. Die Korrelation zwischen vertebrealen Malformationen sowie Quantität und Qualität neurologischer Defizite (Frankel Score) stimmt gut mit den Angaben im Schrifttum überein. Es konnte, abgesehen von ventro-lateralen Keilwirbeln und/oder dorso-lateralen Hemivertebrae (2 % aller Wirbelsäulenfehlbildungen), bei keiner der Malformationen eine signifikante Korrelation mit neurologischen Ausfällen festgestellt werden. Signifikant korrelieren neurologische Defizite mit Wirbelsäulenkrümmung (Cobb-Winkel > 30°) und Wirbelsäulenstufung (> 1,75 mm). Eine hochsignifikante Assoziation besteht zwischen hochgradigen Rutendeformationen und vorgeschalteten vertebrealen Malformationen. Bei Englischen Bulldoggen ist die Koinzidenz vertebrealer Malformationen und Hüftgelenksdysplasie hoch, und bei Französischen Bulldoggen konnte die Koinzidenz vertebrealer Malformationen und Patellaluxation belegt werden. Möpse zeigen eine hohe Inzidenz an Hüftgelenksdysplasie.

## Summary

### **Congenital vertebral body malformations in brachycephalic dogs**

In a prospective study using a selected cohort of 265 dogs of the brachycephalic races of French Bulldogs (n=199), English Bulldogs (n=12) and pug dogs (n=54) the frequency and localisation of vertebral column malformations were investigated. Further, any association of these malformations with the quantity and quality of neurological deficits was analysed. One group of animals of the study were patients of the clinic (81 animals; 31 %). 69 % (184/265) had been recruited as healthy animals from breeding associations. In line with literature data, the distribution maxima of the radiologically proven malformations were between T5 and T9 (French Bulldogs) and between T6 and T10 (English Bulldogs). There were rare vertebral column malformations in only 5,6 % (3/54) of the pug dogs. A total of 707 vertebral malformations occurred in the following order of frequency: 48 % (342) ventral wedge shape vertebra, 14 % (99) dorsal wedge shape vertebrae, 14 % (97) short vertebrae, 11 % (75) butterfly vertebrae, 7,9 % (56) dorsal hemivertebrae, 2,3 % (16) block vertebrae, 1,3 % (9) ventro-lateral wedge shape vertebrae, 1,1 % (8) lateral wedge shape vertebrae and 0,7 % (5) dorso-lateral hemivertebrae.

In comparison with established literature data, the percentage of ventral wedge shape vertebrae is higher, whereas the frequency of butterfly vertebrae is lower. In ventro-dorsal radiography of the vertebral column ventral wedge vertebrae have a similar appearance to butterfly vertebrae. In the present study this type of malformation was classified as wedge vertebra. For the first time in veterinary medicine nine ventro-lateral wedge shape vertebrae were identified in this study. The correlation of vertebral malformations with the quantity and quality of neurological deficits (Frankel score) is in accordance with respective literature data. No significant correlation with neurological deficits was identified in any of the malformations described in this study with the exception of the ventro-lateral wedge shape vertebrae and/or dorso-lateral hemivertebrae (2 % of all found vertebral malformations).

Significant correlations were established between the occurrence of neurological symptoms and vertebral column curvature (Cobb angle > 30°) and vertebral column stepping (> 1.75 mm), respectively. A significant association exists between high-grade deformations of the tail and malformations of preceding parts of the vertebral column. The coincidence of vertebral malformations and hip dysplasia in English Bulldogs is very frequent and a coincidence of vertebral malformations and luxating patella was detected in French Bulldogs. There was a high incidence of hip dysplasia in pug dogs.

## 7. Anhang Datentabellen

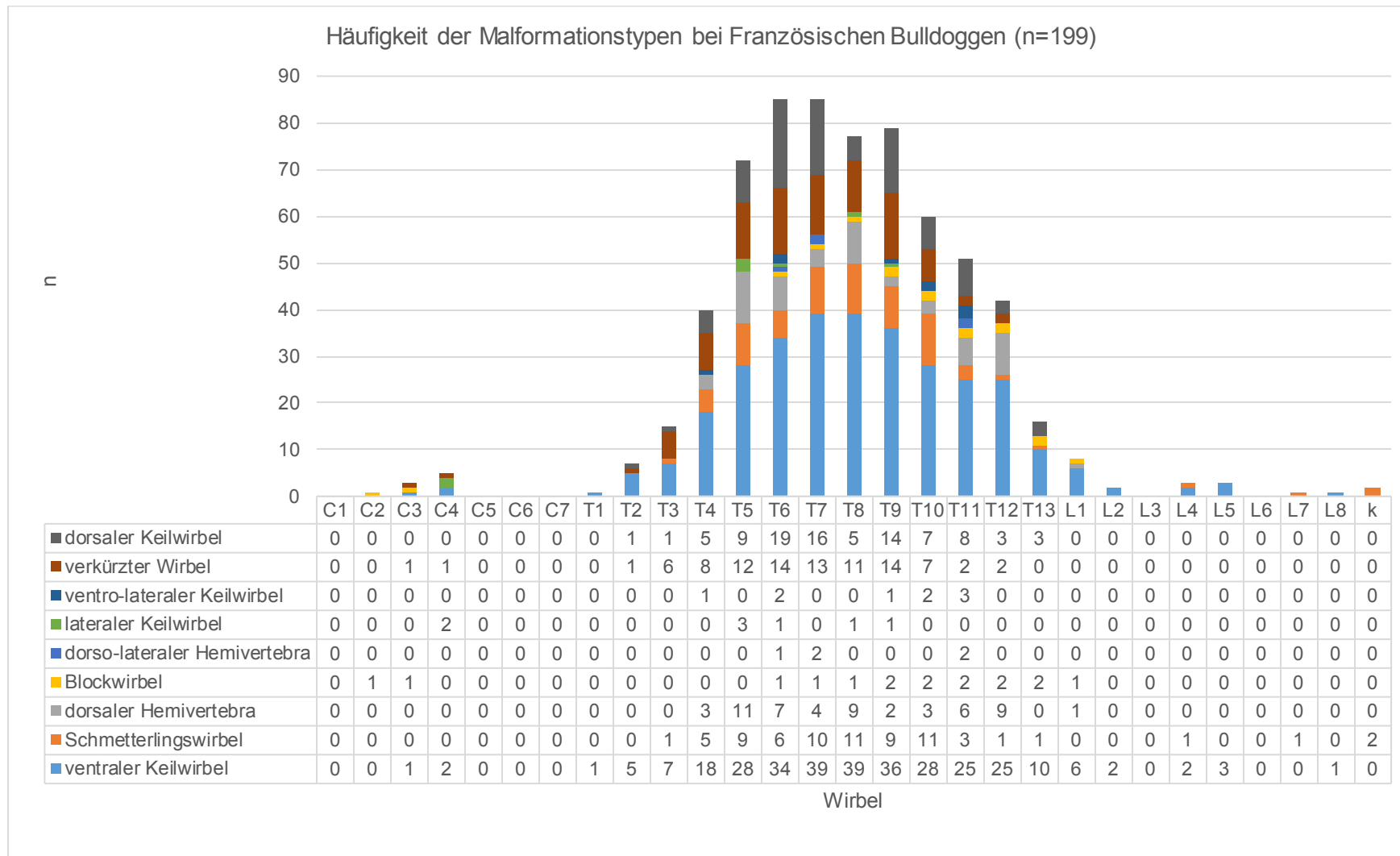


Abbildung 61: Häufigkeiten der Malformationstypen inklusive ihrer Lokalisation in der Wirbelsäule bei der Französischen Bulldogge



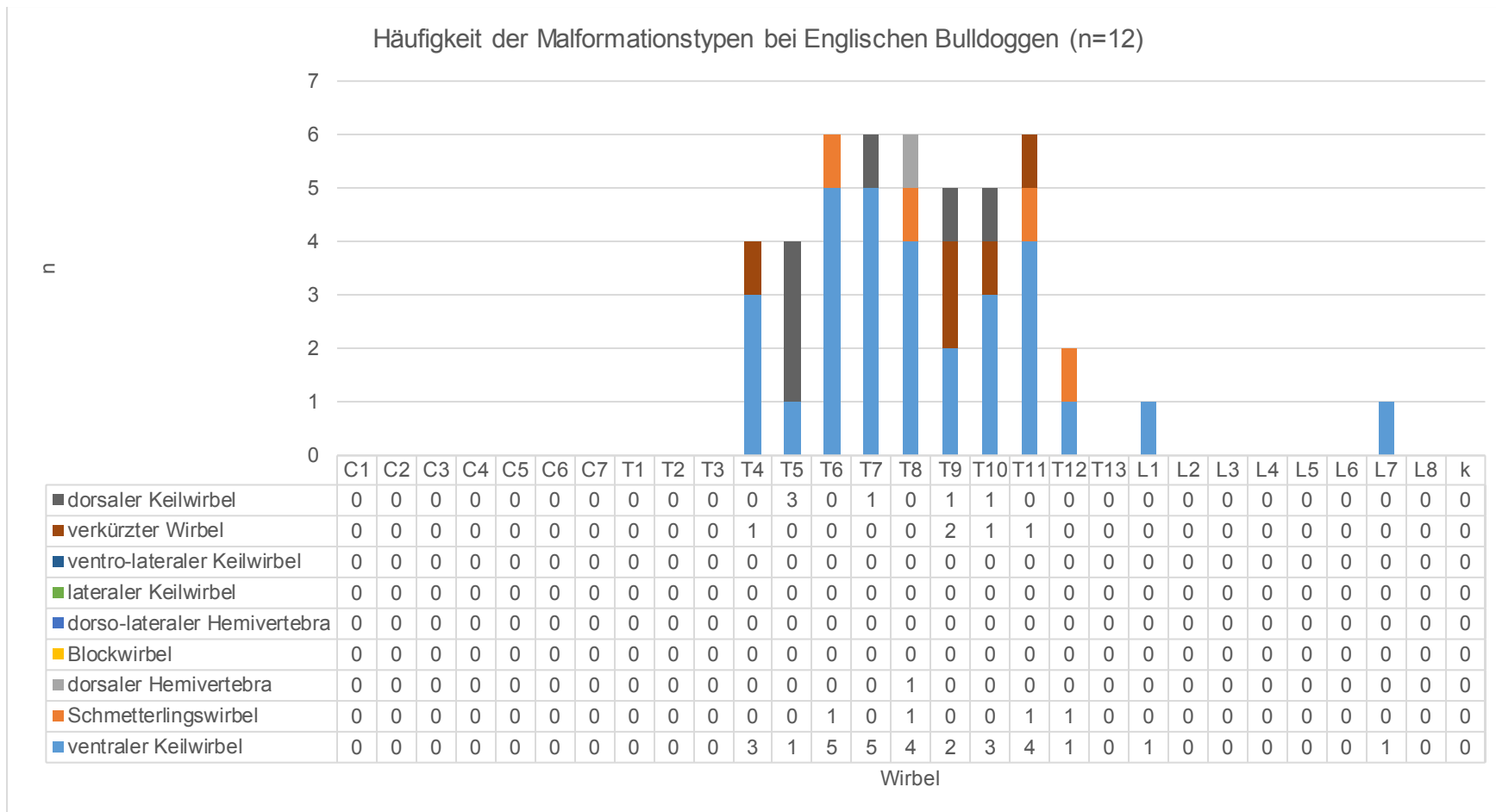


Abbildung 62: Häufigkeiten der Malformationstypen inklusive ihrer Lokalisation in der Wirbelsäule bei der Englischen Bulldogge

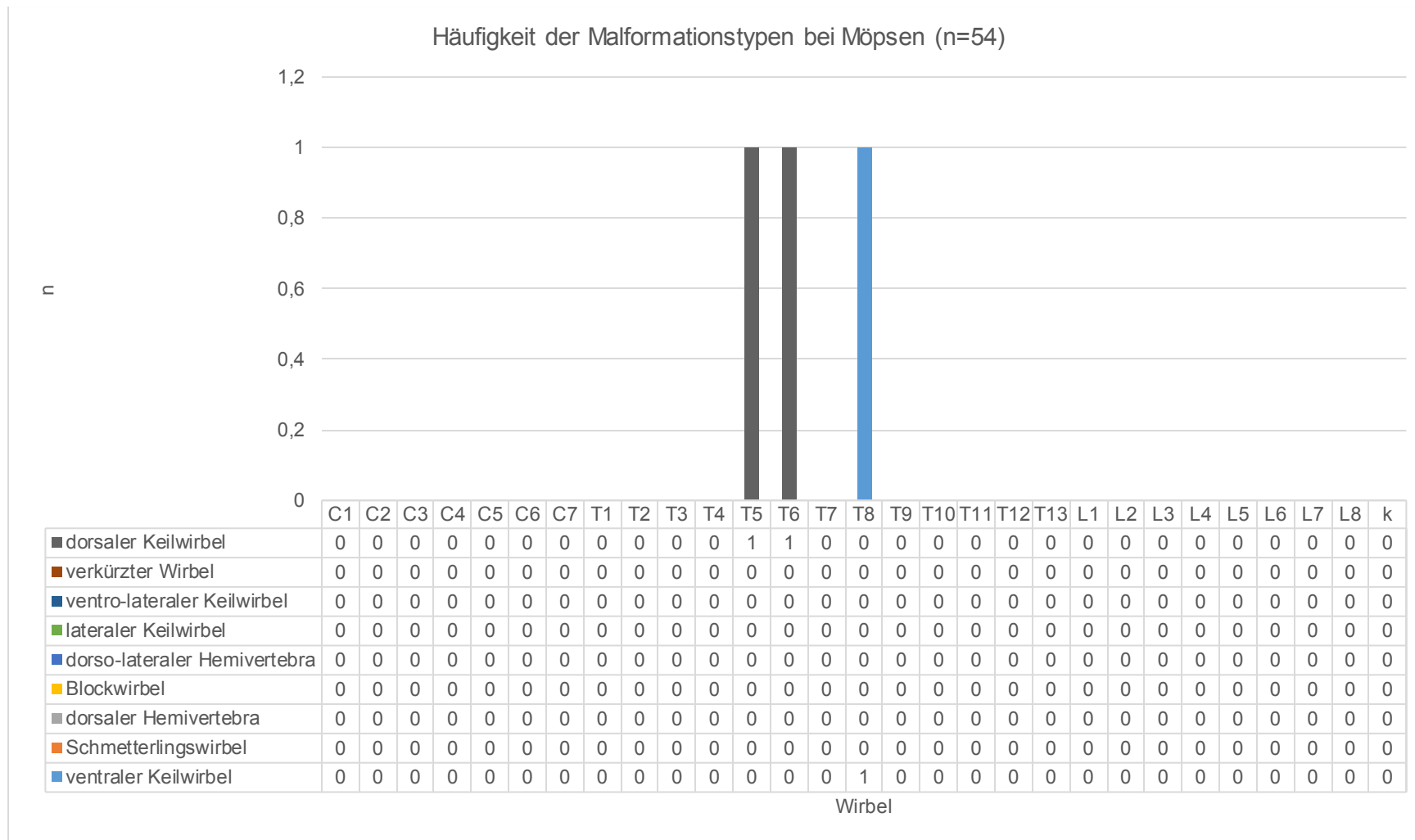


Abbildung 63: Häufigkeiten der Malformationstypen inklusive ihrer Lokalisation in der Wirbelsäule bei Möpsen

### Warum soll ich mein Tier untersuchen lassen?

Wirbelsäulenveränderungen sind relativ häufig bei kurznasigen Hunderassen zu finden. Möpse, französische oder englische Bulldoggen, Boston Terrier und viele andere kurznasige Hunde haben diese Wirbelsäulenveränderungen von Geburt an, doch können sie sich im Laufe eines Hundelebens enorm verschlimmern und schwere Krankheiten, wie z.B. Bandscheibenvorfälle auslösen. Eine frühe Diagnose kann helfen, späteres Leiden zu vermeiden.

Erste Symptome können Schmerzzeichen, **Lahmheiten**, ein verändertes Gangbild oder ein gekrümmter Rücken sein.

Ob Ihr Hund klinisch relevante Veränderungen an der Wirbelsäule hat, lässt sich mittels einer neurologischen Untersuchung und wenigen Röntgenbildern herausfinden.

Bitte vereinbaren Sie einen Termin zur Vorsorgeuntersuchung.



## Wirbelsäulenveränderungen bei kurznasigen Hunden

Mops, Bulldoggen,



Ich genehmige dass die Untersuchungsergebnisse für etwaige Forschungsarbeiten benutzt werden dürfen.

### Ablauf der Untersuchung:

Der **Vorbericht** ihres Tieres liefert uns wichtige Hinweise:

Wie schätzen Sie das Allgemeinbefinden ihres Hundes ein?

Zeigt er bereits Krankheitssymptome wie

Lahmheiten, verändertes Gangbild,

Rückenkrümmungen, o.ä.?

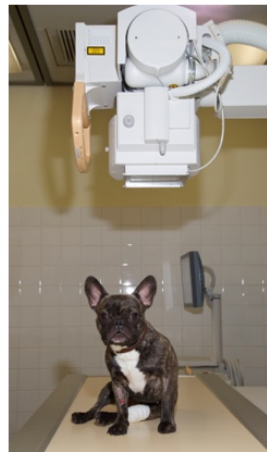
Leidet Ihr Hund an einer Allgemeinerkrankung?

Bekommt er Medikamente?]

Um andere Krankheiten als Ursache für etwaige Symptome auszuschließen, wird eine **allgemeine Untersuchung** durchgeführt.

Danach folgt die **neurologische Untersuchung**: Haltung, Gangbild, Reaktionsvermögen, Reflexe und Nervenfunktion an Kopf, Körper und Gliedmaßen Ihres Tieres werden beurteilt.

Bei der **röntgenologischen Untersuchung** werden 6 Röntgenbilder angefertigt. Drei Bilder in Seitenlage und drei in Rückenlage. Dadurch können wir jeden Wirbel genau begutachten und ggf. auch andere Organveränderungen frühzeitig erkennen. Eine Anästhesie ist für diese Untersuchung nicht notwendig.



Bitte vereinbaren Sie einen Termin. So können wir längere Wartezeiten vermeiden.

Bitte nehmen Sie sich etwas Zeit. Wir möchten Ihrem Hund Gelegenheit geben, sich an den Untersucher und die fremde Umgebung zu gewöhnen. Natürlich sollen Sie als vertraute Person bei der Untersuchung dabei sein. Die Untersuchung wird mit dem Erstellen der Röntgenbilder ca. 30 min dauern.

Termine außerhalb der üblichen Sprechstunden  
nach Vereinbarung

Telefon: 030 8386-2422/2356

Fax: 030 838460157

E-Mail: [kleintierklinik@vetmed.fu-berlin.de](mailto:kleintierklinik@vetmed.fu-berlin.de)

Notfallversorgung in der Klinik:  
24-Stunden/365 Tage im Jahr



Abbildung 64: Flyer

## 8. Literaturverzeichnis

- Aikawa, T., S. Kanazono, Y. Yoshigae, N. J. H. Sharp und K. R. Munana (2007)**  
Vertebral stabilization using positively threaded profile pins and polymethylmethacrylate, with or without laminectomy, for spinal canal stenosis and vertebral instability caused by congenital thoracic vertebral anomalies  
Vet Surg 36(5): 432-441
- Aikawa, T., M. Shibata, M. Asano, Y. Hara, M. Tagawa und H. Orima (2014)**  
A comparison of thoracolumbar intervertebral disc extrusion in French Bulldogs and Dachshunds and association with congenital vertebral anomalies  
Vet Surg 43(3): 301-307
- Bailey, C. S. und J. P. Morgan (1992)**  
Congenital spinal malformations  
Vet Clin North Am Small Anim Pract: 985-1015
- Berlanda, M., A. Zotti, G. Brandazza, H. Poser, P. Calo und M. Bernardini (2011)**  
Magnetic resonance and computed tomographic features of 4 cases of canine congenital thoracic vertebral anomalies  
CVJ / CJVR 52(12): 1334-1338
- Besalti, O., A. Ozak, Z. Pekcan und S. Eminaga (2005)**  
Nasca classification of hemivertebra in five dogs  
Irish Veterinary Journal 58(12): 688-690
- Bollini, G., P. L. Docquier, E. Viehweger, F. Launay und J. L. Jouve (2006)**  
Thoracolumbar hemivertebrae resection by double approach in a single procedure: long-term follow-up  
Spine (Phila Pa 1976) 31(15): 1745-1757
- Bouma, J. L. (2016)**  
Congenital Malformations of Vertebral Articular Processes in Dogs  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 46(2): 307-326
- Braund, K. G. (1994)**  
Clinical Syndromes in Veterinary Neurology  
Missouri, Mosby Verlag. 2

**Breit, S. K., W. (1998)**

Osteologische Besonderheiten an Wirbelsäulen von Rassehunden  
Wien Tierärztl. Mschr. 85(10): 340-350

**Brunnberg, L., H. Waibl und J. Lehmann (2014)**

Lahmheit beim Hund: Untersuchen/Erkennen/Behandeln  
Kleinmachnow, Brunnberg, Procane Claudio Verlag. 1

**Burk, R. L. und N. Ackermann (1996)**

Small Animal Radiology and Ultrasonography  
Philadelphia, Saunders Verlag. 2

**Chan, G. und J. P. Dormans (2009)**

Update on congenital spinal deformities: preoperative evaluation  
Spine (Phila Pa 1976) 34(17): 1766-1774

**Dennis, R. (1987)**

Radiographic examination of the canine spine  
Vet Rec 121(2): 31-35

**Dewey, C. W. (2008)**

A Practical Guide to Canine and Feline Neurology  
Iowa, Wiley-Blackwell Verlag. 2

**Dewey, C. W., E. Davies und J. L. Bouma (2016)**

Kyphosis and Kyphoscoliosis Associated with Congenital Malformations of the Thoracic  
Vertebral Bodies in Dogs  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 46(2): 295-306

**Done, S. H., R. A. Drew, G. M. Robins und J. G. Lane (1975)**

Hemivertebra in the dog: clinical and pathological observations  
Vet Rec 96(14): 313-317

**Drew, R. A. (1974)**

Possible Association between Abnormal Vertebral Development and Neonatal Mortality  
in Bulldogs  
Vet Rec 94(21): 480-481

**Euser, A. M., C. Zoccali, K. J. Jager und F. W. Dekker (2009)**

Cohort Studies: Prospective versus Retrospective  
Nephron Clinical Practice 113(3): C214-C217

**Evans, H. E. (1993)**

Miller's anatomy of the dog. The skeleton: the vertebral column  
Philadelphia, WB Saunders Verlag. 3

**Faller, K., J. Penderis, C. Stalin, J. Guevar, C. Yeamans und R. Gutierrez-Quintana (2014)**

The effect of kyphoscoliosis on intervertebral disc degeneration in dogs  
Vet J 200(3): 449-451

**Grebe, J. (1984)**

Hemivertebrae  
The French Bullytin 3(3): 11-15

**Grenn, H. H. und D. E. Lindo (1969)**

Hemivertebrae with severe kypho-scoliosis and accompanying deformities in a dog  
Can Vet J 10(8): 214-216

**Guevar, J., J. Penderis, K. Faller, C. Yeamans, C. Stalin und R. Gutierrez-Quintana (2014)**

Computer-assisted radiographic calculation of spinal curvature in brachycephalic "screw-tailed" dog breeds with congenital thoracic vertebral malformations: reliability and clinical evaluation  
PLoS One 9(9): e106957

**Gutierrez-Quintana, R., J. Guevar, C. Stalin, K. Faller, C. Yeamans und J. Penderis (2014)**

A Proposed Radiographic Classification Scheme for Congenital Thoracic Vertebral Malformations in Brachycephalic "Screw-Tailed" Dog Breeds  
Vet Radiol Ultrasound 16(10): 12172

**Verband für das Deutsche Hundewesen (2017)**

Welpenstatistik  
Dortmund, <https://www.vdh.de/ueber-den-vdh/welpenstatistik/> (abgerufen am 3.4.17 um 14 Uhr)

**Hyttel, P., F. Sinowatz, M. Vejlsted und K. Betteridge (2010)**

Essentials of Domestic Animal Embryology  
Oxford, Saunders Elsevir Verlag. 1

**Jaggy, A., J. Lang und G. Seiler (2007)**

Atlas und Lehrbuch der Kleintierneurologie, Neuroradiologie  
Hannover, Schlütersche Verlag. 2

**Jaskwhich, D., R. M. Ali, T. C. Patel und D. W. Green (2000)**

Congenital scoliosis  
Curr Opin Pediatr 12(1): 61-66

**Jeffery, N. D., P. M. Smith und C. E. Talbot (2007)**

Imaging findings and surgical treatment of hemivertebrae in three dogs  
J Am Vet Med Assoc 230(4): 532-536

**Kaplan, K. M., J. M. Spivak und J. A. Bendo (2005)**

Embryology of the spine and associated congenital abnormalities  
Spine J 5(5): 564-576

**Karriker, L. A., K. J. Schwartz, K. G. Miles und A. R. Patterson (2006)**

What is your diagnosis? Hemivertebra in a boar  
J Am Vet Med Assoc 228(12): 1863-1864

**Kirberger, R. M. (1989)**

Congenital malformation and variation of the lumbar vertebrae in a dog  
J S Afr Vet Assoc 60(2): 111-112

**König, H. E. und H. G. Liebich (2012)**

Anatomie der Haussäugetiere  
Stuttgart, Schattauer Verlag. 5

**Kramer, J. W., S. P. Schiffer, R. D. Sande, N. W. Rantanen und E. K. Whitener (1982)**

Characterization of heritable thoracic hemivertebra of the German shorthaired pointer  
J Am Vet Med Assoc 181(8): 814-815

**Lee, R. (1989)**

Manual of Radiography and Radiology in Small Animal Practice  
Cheltenham, British Small Animal Veterinary Association 1

**Lewis, R. E. (1974)**

Roentgen signs of the spine  
Vet Clin North Am 4(4): 647-661

**Lin, J. L. und B. R. Coolman (2009)**

Atlantoaxial subluxation in two dogs with cervical block vertebrae  
J Am Anim Hosp Assoc 45(6): 305-310

**Lydersen, S., M. Fagerland, E. und P. Laake (2009)**

Recommended tests for association in 2x2 tables  
Statistics in Medicine 28 (Issue 7): 1159-1175

**Malik, Y., M. Konar, M. Wernick, J. Howard und F. Forterre (2009)**

Chronic intervertebral disk herniation associated with fused vertebrae treated by  
vertebral lateral corpectomy in a cat  
Vet Comp Orthop Traumatol 22(2): 170-173

**McGeady, T. A., P. J. Quinn, E. S. FitzPatrick und M. T. Ryan (2006)**

Veterinary Embryology  
Indianapolis, Blackwell Publishing Verlag. 1

**McMaster, M. J. und H. Singh (2001)**

The surgical management of congenital kyphosis and kyphoscoliosis  
Spine (Phila Pa 1976) 26(19): 2146-2154

**Meyer, S. (2011)**

Röntgenologische Wirbelsäulenuntersuchungen bei gesunden Französischen  
Bulldoggen  
Berlin, Univ., Fachber., Veterinärmed., Diss.

**Miller, M. E. (1979)**

Miller's anatomy of the Dog  
Philadelphia, Saunders Verlag. 2

**Moissonnier, P., P. Gossot und S. Scotti (2011)**

Thoracic kyphosis associated with hemivertebra  
Vet Surg 40(8): 1029-1032

**Moore, K. L., T. V. N. Persaud und M. G. Torchia (2016)**

The developing Human, Clinically oriented Embryology  
Philadelphia, Elsevier Verlag. 10



**Morgan, J. P. (1968)**

Congenital anomalies of the vertebral column of the dog: a study of the incidence and significance based on a radiographic and morphologic study  
J Am Vet Rad Soc IX: 9-21

**Morgan, J. P., J. Doval und V. Samii (1998)**

Lagerungstechniken in der Röntgendiagnostik beim Hund. Ins Deutsche übertragen von Ralf Tobias  
Hannover, Schlütersche Verlag. 1

**Morgan, J. P. und P. Wolvecamp (2004)**

Atlas of Radiology of the Traumatized Dog and Cat  
Hannover, Schlütersche Verlag. 2

**N. S. J. Sharp, S. J. W. (2005)**

Small animal spinal disorders: diagnosis and surgery  
Missouri, Mosby Verlag. 2

**Nickel, R., A. Schummer und E. Seiferle (1992)**

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere  
Stuttgart, Paul Parey Verlag. 6

**Parker, A. J. und R. D. Park (1974)**

Clinical Signs Associated with Hemivertebra in Three Dogs  
Canine Practice – Radiology 1(1): 34-38

**Pearson, H. und C. Gibbs (1974)**

Abnormal Vertebral Development in Bulldogs  
Vet Rec 95(1): 27-28

**Philips, M. F., J. Dormans, D. Drummond, L. Schut und L. N. Sutton (1997)**

Progressive congenital kyphosis: report of five cases and review of the literature  
Pediatr Neurosurg 26(3): 130-143

**Platt, S. R. O. und N. Olby. (2013)**

Manual of Canine and Feline Neurology  
Quedgeley, BSAVA. 4

**RöV (2015)**

Röntgenverordnung für Beruf und Praxis  
CreateSpace Independent Publishing Platform, GROELSV Verlag. 1

**Ruberte, J., S. Anor, A. Carretero, M. Vilafranca, M. Navarro, J. Mascort und M. Pumarola (1995)**

Malformations of the vertebral bodies and the ribs associated to spinal dysraphism without spina bifida in a Pekingese dog  
Zentralbl Veterinarmed A 42(5): 307-313

**Salomon, F. V. (2008)**

Anatomie für die Tiermedizin  
Stuttgart, Enke Verlag. 2

**Schawalder, P., E. Dietschi und H. Stich (2010)**

Kongenitale und erworbene Anomalien im Bereich der Schwanzwirbelsäule beim Hund  
Tierärztl Mschr Wien 97: 185-202

**Schlensker, E. und O. Distl (2012)**

Appearance and heredity of hemivertebra in dogs  
Praktische Tierarzt 93(1): 14

**Schlensker, E. und O. Distl (2016)**

Heritability of hemivertebrae in the French bulldog using an animal threshold model  
Veterinary J. 207: 188-189

**Schnorr, B. und M. Kressin (2011)**

Embryologie der Haustiere  
Stuttgart, Enke Verlag. 6

**Schunk, P. (1997)**

Messungen an Wirbelkörpern und Bandscheiben von Teckeln (mit und ohne Bandscheibenvorfällen), Deutschen Schäferhunden, Cocker-Spanieler und Katzen  
Berlin, Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

**Shapiro, J. und J. Herring (1993)**

Congenital vertebral displacement  
J Bone Joint Surg Am 75(5): 656-662

**Strahlenschutzverordnung (2001)**

Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen  
(Strahlenschutzverordnung – StrlSchV)  
Gesetze im Internet, Juris GmbH

**Suter, P. F., B. Kohn und G. Schwarz (2012)**

Praktikum der Hundeklinik. Wirbelsäulenerkrankungen  
Stuttgart, Enke Verlag. 11

**Tanaka, T. und H. K. Uthoff (1981)**

The Pathogenesis of Congenital Vertebral Malformations – a Study Based on  
Observations Made in 11 Human-Embryos and Fetuses  
Acta Orthopaedica Scandinavica 52(4): 413-425

**Ticer, J. W. (1975)**

Radiographic Technique in Small Animal Practice  
Philadelphia, Saunders Verlag. 2

**Tilley, L. P. und F. W. K. Smith (2007)**

Blackwell's Five-Minute Veterinary Consult: Canine and Feline  
Iowa, Blackwell Publishing Professional. 4

**Volta, A., J. P. Morgan, G. Gnudi, M. Bonazzi, M. Gazzola, S. Zanichelli, L. De Risio und  
G. Bertoni (2005)**

Clinical-radiological study of the vertebral abnormalities in the English Bulldog  
Proceeding of the 12th annual conference of the European Association of Veterinary  
Diagnostic Imaging; 2005 Oct 5–8; Naples, Italy:p. 31.

**Waibl, H., E. Mayrhofer, U. Matis, L. Brunnberg und R. Köstlin (2012)**

Atlas der Röntgenanatomie des Hundes  
Stuttgart, Enke Verlag. 3

**Weiß, C. (2010)**

Basiswissen Medizinische Statistik. Verteilungen  
Berlin, Springer Verlag

**Westworth, D. R. und B. K. Sturges (2010)**

Congenital spinal malformations in small animals  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 40(5): 951-981

**Wheeler, S. J. (1991)**

Vertebral Abnormalities in Dogs  
JSAP 32(3): 149-150

**White, D. (2013)**

Screening for hemivertebra in pugs  
Vet Rec 173(1): 24

**wir-sind-Tierarzt.de (2016)**

Nicht süß, sondern gequält – BTK über Qualzucht bei Mops und Co.  
Butsbach, <http://www.wir-sind-tierarzt.de/2016/10/btk-flyer-qualzucht-bei-mops-und-co/>  
(abgerufen am 19.7.17 um 11 Uhr)

**Witte, G., B. Schwermer und E. Bücheler (1989)**

Digitale Lumineszenz-Radiographie  
Deutsches Ärzteblatt 37: 2539-2546

**Wright, J. A. (1979)**

Congenital and developmental abnormalities of the vertebrae  
JSAP 20(10): 625-634

**Zeller, R. D., I. Ghanem und J. Dubousset (1996)**

The congenital dislocated spine  
Spine (Phila Pa 1976) 21(10): 1235-1240

Vortrag über erste Ergebnisse; Oktober 2016; DVG Kongress Berlin

## **Danksagung**

Besonders möchte ich mich bei Herrn Professor Dr. Leo Brunnberg für die freundliche Überlassung des Themas und der großzügigen, immer hilfsbereiten Unterstützung der Abhandlung der Arbeit bedanken.

Mein besonderer Dank gilt auch Dr. Shenja Loderstedt. Jederzeit gewährte er mir bei der Planung, Durchführung und Auswertung der vorliegenden Arbeit außerordentlich sachkundige, erfahrene und wertvolle Unterstützung.

Ebenso geht mein Dank an das Röntgenteam der Klinik für kleine Haustiere der Freien Universität Berlin, insbesondere Rüdiger Obst, Robert Hopke und Jasmin Hobiger, ohne deren übermäßigen Einsatz die vielen Röntgenaufnahmen nicht möglich gewesen wären.

Danken möchte ich auch Dr. Céline Simoneit für die freundliche Hilfe bei der statistischen Auswertung meiner Daten, Sinja Funke für die Zeichnung der Illustrationen und den Hundezüchtern und Hundebesitzern, die bei dieser Studie mitgemacht haben, für das große Interesse und Engagement an und in meiner Arbeit.

Schließlich danke ich meinen Eltern von Herzen für ihre Unterstützung und Hilfe während des gesamten Studiums und der Anfertigung der Dissertation.

### **Interessenskonflikt**

Es besteht kein Interessenskonflikt durch finanzielle Unterstützung der Arbeit.

### **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, 09.07.2018, Felix Lackmann













9 783863 879150

**mbv**berlin | mensch und buch verlag

49,90 Euro | ISBN: 978-3-86387-915-0