

**STATISTISCHE ERHEBUNGEN ZUR PRÄVALENZ
RÖNTGENOLOGISCH ERFASSBARER BEFUNDE AN
DER HALSWIRBELSÄULE DES PFERDES**

von Felix Wilsmann

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

Statistische Erhebungen zur Prävalenz röntgenologisch
erfassbarer Befunde an der Halswirbelsäule des Pferdes

von Felix Wilsmann

aus Hamburg

München 2016

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie des Pferdes sowie für Gerichtliche
Tiermedizin

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:
Univ.-Prof. Dr. med. vet. H. Gerhards

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Hartmut Gerhards

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Sven Reese

Tag der Promotion: 06.02.2016

Meiner Familie

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	2
1	ANATOMIE DER HALSWIRBELSÄULE DES PFERDES	2
1.1	Knochen der Halswirbelsäule.....	2
1.2	Verbindung der Wirbelsäule	4
1.2.1	Kopfgelenke	4
1.2.2	Gelenkige Verbindungen der Wirbel untereinander	4
1.3	Bänder der Halswirbelsäule	5
1.3.1	Kurze Bänder der Halswirbelsäule.....	5
1.3.2	Lange Bänder der Halswirbelsäule	5
1.3.3	Das Nackenband (Ligamentum nuchae)	5
1.4	Muskulatur der Halswirbelsäule.....	6
1.4.1	Besondere Bewegungen des Kopfes	6
1.4.2	Besondere Bewegungen der Halswirbelsäule	6
1.4.3	Schultergürtelmuskulatur	6
1.5	Neuroanatomie	7
1.6	Statik und Dynamik der Halswirbelsäule.....	8
2	RÖNTGENOLOGISCHE UNTERSUCHUNG DER HALSWIRBELSÄULE	9
2.1	Durchführung der Röntgenuntersuchung	9
2.2	Röntgenanatomie und Zufallsbefunde der Halswirbelsäule	10
2.3	Interpretation der Röntgenbilder	12
2.3.1	Subjektive Interpretation	12
2.3.2	Objektive Interpretation und Messungen an der Halswirbelsäule	13
3	ERKRANKUNGEN DER HALSWIRBELSÄULE.....	15
3.1	Cervical Vertebral Malformation (CVM)	15
3.1.1	Cervical Vertebral Instability (CVI)	15
3.1.2	Cervical Static Stenosis (CSS)	16

3.1.2.1	Zervikale Spondylarthrose	17
3.2	Erregerbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule.....	18
3.2.1	Zervikale Diskospondylitis	18
3.2.2	Zervikale Osteomyelitis	19
3.2.3	Septische Arthritis des Atlantookzipitalgelenks	20
3.3	Genickbeule.....	20
3.4	Traumatische Erkrankungen der Halswirbelsäule.....	21
3.4.1	Luxation der Halswirbel.....	21
3.4.2	Subluxation der Halswirbel.....	22
3.4.3	Frakturen der Halswirbel.....	22
3.5	Zervikaler Diskusprolaps	23
III.	MATERIAL UND METHODEN	25
1	PROBENMATERIAL	25
2	RÖNTGENTECHNIK.....	25
3	RÖNTGENUNTERSUCHUNG.....	25
4	BEURTEILUNG DER RÖNTGENBILDER	28
5	STRAHLENSCHUTZ	29
6	EINTEILUNG DER PROBANDEN.....	30
7	STATISTIK	30
IV.	ERGEBNISSE	32
1	PROBANDEN.....	32
2	BEFUNDE.....	32
2.1	Facettengelenkarthrose.....	32
2.1.1	Einfluss der Rassezugehörigkeit	34
2.1.2	Einfluss des Körpergewichts	34
2.1.3	Einfluss des Alters.....	36
2.1.4	Einfluss der Geschlechterzugehörigkeit.....	40
2.2	Facettengelenkarthrose an unterschiedlichen Lokalisationen	40

2.2.1	Facettengelenkarthrose zwischen Axis und dem 3. Halswirbel	40
2.2.2	Facettengelenkarthrose zwischen dem 3. und 5. Halswirbel	43
2.2.3	Facettengelenkarthrose im kaudalen Halswirbelsäulenabschnitt	46
2.3	Verschattungen dorsal des Atlas	56
V.	DISKUSSION	59
1	DISKUSSION DER METHODE	59
1.1	Probanden	59
1.2	Aufnahmetechnik	60
2	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	61
2.1	Verschattungen dorsal des Atlas	61
2.2	Facettengelenkarthrose	62
2.2.1	Verteilung nach Lokalisationen	62
2.2.2	Altersverteilung	63
2.2.3	Rasseverteilung	65
2.2.4	Bedeutung von zervikalen Spondylarthrosen	66
VI.	ZUSAMMENFASSUNG	68
VII.	SUMMARY	71
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS	73
IX.	TABELLENVERZEICHNIS	84
X.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	86
XI.	ANHANG	89
	DANKSAGUNG	101

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

C	Vertebra cervicalis (Halswirbel)
cMSD	Corrected Sagittal Diameter
CSS	Cervical Static Stenosis
CVI	Cervical Vertebral Instability
CVM	Cervical Vertebral Malformation
CVSM	Cervical Vertebral Stenotic Myelopathy
ggr.	geringgradig
hgr.	hochgradig
högr.	höchstgradig
KGW	Körpergewicht
LMU	Ludwig-Maximilians- Universität München
kv	Kilovolt
Lig.	Ligamentum
mAs	Milliampere-Sekunden-Produkt
mg/kg	Milligramm / Kilogramm
mgr.	mittelgradig
MSD	Minimal Sagittal Diameter
n	Anzahl
PRE	Pura Raza Española
Rölf	Röntgenleitfaden
s	Standardabweichung
T	Vertebra thoracalis (Brustwirbel)
WB	Warmblüter

I. EINLEITUNG

Die Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule wird in der Pferdepraxis immer häufiger durchgeführt. Eine Tatsache, die auch auf den regelmäßig geäußerten Wunsch zurückzuführen ist, die Halswirbelsäule im Rahmen der Kaufuntersuchung einer röntgenologischen Beurteilung zu unterziehen. Bislang gehören Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule nicht zu den üblichen Standardaufnahmen, die anlässlich einer Kaufuntersuchung angefertigt werden. Die Erweiterung auf diese Struktur bringt mehrere Schwierigkeiten mit sich: In der aktuellen Fassung des Röntgenleitfadens (Rölf) herausgegeben von der Gesellschaft für Pferdemedizin (GPM) und der Bundestierärztekammer (BTK) existieren keine Befundbeschreibungen für die Halswirbelsäule. Begründet liegt dies insbesondere in der bis heute nur unzureichenden Kenntnis über die Häufigkeit von bestimmten Röntgenbefunden. Hinzu kommt, der wahrscheinlich noch bedeutendere Aspekt, dass die Ableitung einer klinischen Relevanz gewisser Befunde auf der Grundlage von in lateraler Projektion angefertigter Nativaufnahmen nach wie vor nicht zuverlässig möglich ist (DOWN & HENSON, 2009). Eine umfangreiche Datengrundlage für die Prävalenz von Befunden der Halswirbelsäule bei Pferden, die nicht aufgrund einer klinischen Indikation einer Röntgenuntersuchung unterzogen wurden ist bisher noch nicht in ausreichendem Umfang vorhanden. Vorliegende Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten diese Lücke zu schließen und auf diese Weise die „Üblichkeit“ von Röntgenbefunden im Bereich der Halswirbelsäule ermitteln. Ziel ist es also, eine Aussage über die zu erwartende Beschaffenheit der equinen Halswirbelsäule unter Berücksichtigung des Alters und des Pferdetyps treffen zu können. Eine Frage, die wiederholt im Rahmen von Rechtsstreitigkeiten im Fokus stand, da das deutsche Kaufrecht, welches auch für den Pferdekauf gilt, eine Freiheit von Sachmängeln nach § 434 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 BGB dann vorsieht, wenn die Sache „eine Beschaffenheit aufweist, die bei Sachen der gleichen Art üblich ist und die der Käufer nach der Art der Sache erwarten kann“.

II. LITERATURÜBERSICHT

1 Anatomie der Halswirbelsäule des Pferdes

Die Halswirbelsäule des Pferdes setzt sich aus sieben Halswirbeln (Vertebrae cervicales) zusammen (KÖNIG & LIEBICH, 2005a). Sie verläuft in einer dorsal konvexen Kopf-Hals-Krümmung im kranialen Teil des Halses, um in einer dorsal konkaven Hals-Brust-Krümmung im kaudalen Teil in die Brustwirbelsäule überzugehen (WISSDORF et al., 2010).

1.1 Knochen der Halswirbelsäule

Der Bauplan eines Wirbels weist in Grundzügen immer dasselbe Muster auf. Jeder Halswirbel besteht aus einem Wirbelkörper (Corpus vertebrae), einem Wirbelbogen (Arcus vertebrae) und Wirbelfortsätzen (Processus vertebrae) (KÖNIG & LIEBICH, 2005a). Der Wirbelkörper bildet die ventral gelegene knöcherne Grundform des Wirbels. Seine zylindrische bis dreiseitige Masse erstreckt sich vom kranialen Ende als konvexe Extremitas cranialis, auch Caput vertebrae genannt zur kaudalen konkav eingezogenen Extremitas caudalis oder Fossa vertebrae genannt. Überdacht wird der Wirbelkörper von dem Wirbelbogen, der gemeinsam mit diesem die knöcherne Begrenzung für das Wirbelloch (Foramen vertebrale) formt. Die Wirbellöcher der kettenartig aufgereihten Wirbel bilden den Wirbelkanal (Canalis vertebralis). Am Übergang zum Wirbelkörper zieht sich der Wirbelbogen kranial sowie kaudal zur Incisura vertebralis cranialis respektive caudalis ein, die mit der Inzisure des jeweils anliegenden Wirbels das Zwischenwirbelloch (Foramen intervertebrale) formt. Diese Öffnung bietet den segmental abzweigenden Rückenmarksnerven Gelegenheit zum Austritt aus dem Wirbelkanal. Außerdem ist jeder Halswirbel mit Wirbelfortsätzen (Processus vertebrae) ausgestattet. Dazu zählen: Der Dornfortsatz (Processus spinosus), der dorsal auf dem Wirbelbogen reitet, die Querfortsätze (Processus transversi), die sich nach lateral erstrecken und jeweils vier Gelenkfortsätze (Processus articulares), deren überknorpelte Enden synoviale Gelenke mit den benachbarten Wirbel bilden (NICKEL, SCHUMMER & SEIFERLE, 2004). Der erste Halswirbel, auch Atlas oder Kopfträger bezeichnet,

weicht etwas vom allgemeinen Bauplan der restlichen Wirbel ab, indem er sich aus einem dorsalen und einem ventralen Bogen (Arcus dorsalis bzw. ventralis) zusammensetzt. Die seitlich lokalisierte Massa lateralis wölbt sich beidseits prominent in Form des Atlasflügels (Ala atlantis) aus, (NICKEL et al., 2004) deren freier Rand beim Pferd immer tastbar ist (WISSDORF et al., 2010). Die Unterseite der Atlasflügel ist zur Atlasgrube (Fovea atlantis) eingebuchtet. Durchbrochen wird der Atlasflügel von dem Foramen transversarium und dem Flügelloch (Foramen alare), in dessen unmittelbarer Nachbarschaft auch das seitliche Wirbelloch (Foramen vertebrale laterale) mündet (KÖNIG & LIEBICH, 2005a). Zur Artikulation mit dem Dens axis des zweiten Halswirbels verfügt der Arcus ventralis an seinem kaudalen Ende über eine Fovea articularis caudalis mit einer Fovea dentis (NICKEL et al., 2004). Der zweite Halswirbel, Axis oder Umdreher genannt, zeichnet sich dadurch aus, dass sein Wirbelbogen einen prominenten kammartigen Processus spinosus entlässt (KÖNIG & LIEBICH, 2005a), der sich beim Pferd nach kaudal in zwei Anteile gabelt und beidseits in den kaudalen Gelenkfortsätzen (Processus articulares caudales) ausläuft (NICKEL et al., 2004). Das kraniale Ende wird durch den Dens axis bestimmt, dessen eigener Ossifikationskern erst 7-9 Monate nach der Geburt mit dem des Wirbelkörpers verschmilzt (WISSDORF et al., 2010). Die Incisura vertebralis lateralis ist durch eine Knochenbrücke zwischen Processus spinosus und Wirbelkörper zu einem Foramen vertebrale laterale modifiziert, welches zum Austritt der Spinalnerven dient (NICKEL et al., 2004). Der dritte bis siebte Halswirbel entspricht in seiner Morphologie im Wesentlichen dem allgemeinen oben beschriebenen Bauplan. Auffällig markante Querfortsätze laufen kranial in ein Tuberculum dorsale und kaudal in ein Tuberculum ventrale aus, welches am sechsten Halswirbel die Lamina ventralis bildet. Ein Dornfortsatz wird nur vom siebten Halswirbel ausgebildet, der an seinem kaudalen Rand auch eine Fovea costalis caudalis zur Artikulation mit der ersten Rippe aufweist. Meist horizontal stehende Gelenkflächen werden von den in der Regel kräftigen Gelenkfortsätzen getragen. Die Ausbildung von Incisurae vertebrales craniales und caudales findet bei diesen Halswirbeln deutlich statt (KÖNIG & LIEBICH, 2005a).

1.2 Verbindung der Wirbelsäule

1.2.1 Kopfgelenke

Das erste Kopfgelenk, *Articulatio atlanto-occipitalis* ist ein zweiteiliges Ellipsoidgelenk, in dem der jeweilige *Condylus occipitalis* des Hinterhauptes mit den *Foveae articulares craniales* des Atlas artikuliert. Eine gemeinsame Gelenkhöhle entwickelt sich beim Pferd im fortgeschrittenen Alter (KÖNIG & LIEBICH, 2005a; WISSDORF et al., 2010). *Ligamenta lateralia* ziehen vom Okziput beidseits an die Atlasflügel, um dort zu inserieren. Das *Spatium atlantooccipitale*, der Raum zwischen Hinterhauptsbein und Atlas wird durch die *Membrana atlantooccipitalis dorsalis und ventralis* in Form einer Gelenkkapselverstärkung überspannt (KÖNIG & LIEBICH, 2005a). Das erste Kopfgelenk ermöglicht dem Pferd Hebung und Senkung des Kopfes (WISSDORF et al., 2010). Im zweiten Kopfgelenk (*Articulatio atlantoaxialis*) artikuliert der *Dens axis* mit der *Fovea dentis* des Atlas. Dieses Zapfengelenk lässt insbesondere Drehbewegungen des Kopfes zu. Auch in diesem Gelenk existiert eine *Membrana atlantoaxialis dorsalis* genannte Gelenkkapselverstärkung. Darüber hinaus existieren vom *Dens axis* zum inneren Grund des Wirbelbogens vom Atlas ziehende *Ligamenta alaria*, ein *Ligamentum atlantoaxiale ventrale*, welches zwischen *Tuberculum ventrale* des Atlas und *Crista ventralis* des Axis verkehrt und das vom *Dens axis* ausgehende und am Hinterhaupt inserierende *Ligamentum longitudinale dentis* (KÖNIG & LIEBICH, 2005a).

1.2.2 Gelenkige Verbindungen der Wirbel untereinander

Die Halswirbel bilden in Form von Schiebegelenken Verbindungen zueinander. In den sogenannten *Articulationes processus articularium* artikulieren die jeweiligen Gelenkfortsätze der hintereinander aufgereihten Wirbel miteinander und ermöglichen eine große Beweglichkeit (KÖNIG & LIEBICH, 2005a; WISSDORF et al., 2010). Diese Gelenke werden im klinischen Gebrauch auch häufig als Facettengelenke bezeichnet (WISSDORF et al., 2010). Die Wirbelkörper sind durch nichtgelenkige Zwischenwirbelfugen (*Symphyses intervertebrales*) deren Spaltraum durch Zwischenwirbelscheiben (*Disci intervertebrales*) ausgefüllt wird, verbunden. Der in der allgemeinen Anatomie beschriebene Aufbau einer Zwischenwirbelscheibe sieht einen Faserring (*Anulus fibrosus*) vor, in dessen Mitte sich ein gallertiger (*Nucleus pulposus*) befindet (KÖNIG & LIEBICH, 2005a).

Andere Autoren beschreiben den Aufbau der equinen Bandscheiben als durchgehend fibrös ohne eindeutige Differenzierungsmöglichkeit zwischen Nucleus pulposus und Anulus fibrosus (YOVICH et al., 1985; BOLLWEIN & HÄNICHEN, 1989).

1.3 Bänder der Halswirbelsäule

1.3.1 Kurze Bänder der Halswirbelsäule

Als kurze Bänder der Halswirbelsäule werden Bänder verstanden, die zwei benachbarte Wirbel miteinander verbinden (KÖNIG & LIEBICH, 2005a). Darunter fallen folgende Strukturen:

- Ligamentum longitudinale dentis: es zieht von der Dorsalfläche des Dens axis zur Pars basilaris des Okziputs und an dessen Kondylen.
- Ligamenta alaria: ziehen vom Dens jeweils als Lig. alare dextrum bzw. sinistrum an die Innenfläche des Wirbelbogens am Axis.
- Ligamenta flava: bedecken die Spatia interarcualia.
- Ligamenta interspinalia: diese auch als Zwischendornbänder bezeichneten Strukturen verkehren zwischen den Dornfortsätzen der Halswirbelsäule (WISSDORF et al., 2010).

1.3.2 Lange Bänder der Halswirbelsäule

Die langen Bänder verlaufen über weitere Strecken und verbinden die Wirbelsäule zu einer funktionellen Einheit. Im Bereich der Halswirbelsäule ist dies das:

- Ligamentum longitudinale dorsale: es nimmt seinen Ursprung am Dens axis und verläuft im Wirbelkanal, den Wirbelkörpern dorsal anliegend. (KÖNIG & LIEBICH, 2005a).

1.3.3 Das Nackenband (Ligamentum nuchae)

Das Nackenband besteht aus zwei Bestandteilen:

- Dem paarigen Nackenstrang (Funiculus nuchae), der seinen Ursprung am Os occipitale nimmt, um am 4. Brustwirbel zu inserieren und sich als Rückenband (Ligamentum supraspinale) nach kaudal weiter fortzusetzen.

- Der Nackenplatte (Lamina nuchae), die aus zwei Teilen besteht. Einer entspringt dem jeweiligen Tuberculum dorsale bzw. Processus spinosus des 2. bis 4. Halswirbels und strahlt paarig in den Nackenstrang ein. Der andere zieht vom 5. Bis 7. Halswirbel unpaar nach kaudal und setzt sich im Rückenband fort (WISSDORF et al., 2010).

1.4 Muskulatur der Halswirbelsäule

1.4.1 Besondere Bewegungen des Kopfes

Die Gruppe der als besondere Bewegungen des Kopfes bezeichneten Muskeln verbindet die vorderen Halswirbel mit dem Okziput (NICKEL et al., 2004a). Diese Muskeln stellen funktionell eine Verlängerung der Halsmuskulatur nach kranial dar, wobei ihre Aufgabe insbesondere in der Feinabstimmung der in den Kopfgelenken ausgeführten Bewegung liegt. Dies sind vor allem Nickbewegungen sowie Kopfschütteln, wie auch das Schrägstellen des Kopfes (KÖNIG et al., 2005b).

1.4.2 Besondere Bewegungen der Halswirbelsäule

Eine weitere der Halswirbelsäule anliegende und die Halskontur formende Muskelgruppe bilden die besonderen Bewegungen der Halswirbelsäule. Sie sind entweder langgezogene Muskelbäuche, die segmentale Insertionsstellen an den einzelnen Halswirbeln aufweisen, oder kurze Muskeln, die zwischen zwei benachbarten Wirbeln verkehren (NICKEL et al., 2004a). Funktionell lässt sich die Muskelgruppe der besonderen Bewegungen der Halswirbelsäule in Aufrichter, Seitwärtsbieger, Dreher und Abwärtsbieger unterteilen. Ihre Aufgabe ist neben der Bewegung, gemeinsam mit dem Nackenband, das Tragen des Kopfes (WISSDORF et al., 2010).

1.4.3 Schultergürtelmuskulatur

Unterstützt werden die Halsbewegungen durch die Schultergürtelmuskulatur, die die wichtige Aufgabe der funktionellen Koordination von Extremitäten, Kopf und Rumpf in der Bewegung übernimmt (KÖNIG & LIEBICH, 2005a; WISSDORF et al., 2010). Darüber hinaus fungiert sie als muskulöser Trageapparat, der die Vordergliedmaßen am Rumpf fixiert (KÖNIG & LIEBICH, 2005a).

1.5 Neuroanatomie

Im Bereich zwischen dem letzten Gehirnnervenpaar und dem ersten Paar der Halsnerven geht das Gehirn übergangslos in das Rückenmark (Medulla spinalis) über (KÖNIG et al., 2005c), es liegt als dorsoventral abgeflachter Strang im Wirbelkanal, ohne ihn gänzlich auszufüllen. Dem Rückenmark liegt die sie umhüllende weiche Rückenmarkshaut (Leptomeninx spinalis), bestehend aus der Pia mater spinalis und der Arachnoidea spinalis direkt auf. Die Arachnoidea spinalis bedeckt sowohl die Pia mater, als auch die einen derben Schlauch bildende Dura mater mit einer abschließenden Zellschicht, sodass ein von ihr umschlossener Cavum leptomeningicum genannter Raum entsteht, der mit Cerebrospinalflüssigkeit (Liquor cerebrospinalis) gefüllt ist. Das sich zwischen dem Duraschlauch und dem knöchernen Wirbel befindliche Spatium epidurale wird durch ein fettreiches Bindegewebe, das dem Schutz des Rückenmarks dient, ausgefüllt. Im Querschnitt zeigt sich eine charakteristischerweise H-förmige graue Substanz (Substantia grisea), die von der Substantia alba ummantelt wird (NICKEL et al., 2004b). In ihr verlaufen markhaltige Nervenfasern, die sich grob in einen Dorsalstrang (Funiculus dorsalis) und einen Ventralstrang (Funiculus ventralis) einteilen lassen. Während der Dorsalstrang vorzugsweise aufsteigende Bahnen enthält, die Informationen zur Oberflächen- und Tiefensensibilität an das Gehirn leiten, weist der Ventralstrang motorische und damit absteigende, wie auch sensible aufsteigende Bahnen auf (KÖNIG et al., 2005c). Den peripheren Anteil des Nervensystems bilden die Spinalnerven (Nervi spinales). Sie entspringen mit einer Dorsalwurzel (Radix dorsalis) sowie einer Ventralwurzel (Radix ventralis) aus dem Rückenmark. Vor ihrem Austritt aus dem Wirbelkanal und noch von Dura mater umhüllt verbreitert sich die Dorsalwurzel zu einem Spinalganglion (Ganglion spinale), um sich dann mit der Ventralwurzel zu vereinigen und als Truncus nervi spinalis den Wirbelkanal durch das Foramen intervertebrale zu verlassen. Darauf folgt die Aufspaltung in einen Dorsalast für die Innervation der epaxialen Muskulatur sowie die sensible Versorgung der in der dorsalen Hälfte gelegenen Haut, und in einen Ventralast (Ramus ventralis) der der hypaxialen Muskulatur motorische Fasern zuführt und die ventrale Hauthälfte innerviert (SALOMON, 2008). Während in der Dorsalwurzel Erregungen aus der Körperoberfläche, und den Muskeln (somatische Afferenz) sowie aus den inneren Organen (viszerale Afferenz) zusammenlaufen, werden über die Ventralwurzel motorische Efferenzen an die Peripherie geleitet (GASSE, 2010).

1.6 Statik und Dynamik der Halswirbelsäule

Kopf und Hals werden zum großen Teil durch das Nackenband getragen. Unterstützt wird es vom M. longissimus cervicis und dem M. spinalis thoracis et cervicis, die als Träger des Halses passive Haltearbeit verrichten. Zusätzlich zu den beiden sehnig verstärkten Muskeln ist der M. semispinalis capitis als Kopfträger zu erwähnen (WISSDORF et al., 2010). Diese Einrichtungen ermöglichen es dem Pferd, den Kopf in einer waagerechten Kopf-Hals-Haltung ohne Anwendung von Muskelkraft zu tragen (STODULKA, 2006). KRÜGER (1939) verglich die Halswirbelsäule, wie auch das Kreuzbein, mit einem kranartigem Gebilde, das der sich brückenartig zwischen den Gliedmaßen aufspannenden Brustwirbelsäule eine Gleichgewichtslage ermöglicht. Da sowohl das Nackenband als auch die den Kopf und Hals tragende Muskulatur an der Brustwirbelsäule Befestigung finden, kommt es bei einer Senkung des Kopfes zum Zug am Widerrist und einer Fortleitung der Kraft über das Ligamentum supraspinale, was wiederum das Aufwölben der Brustwirbelsäule zur Folge hat (VAN WEEREN, 2004; KÖNIG & KASSIANOFF, 2010). Dieser Mechanismus hilft dem Pferd insbesondere unter dem Sattel, das Reitergewicht leichter zu tragen und in ausgewogener Balance zu bleiben (STODULKA, 2006).

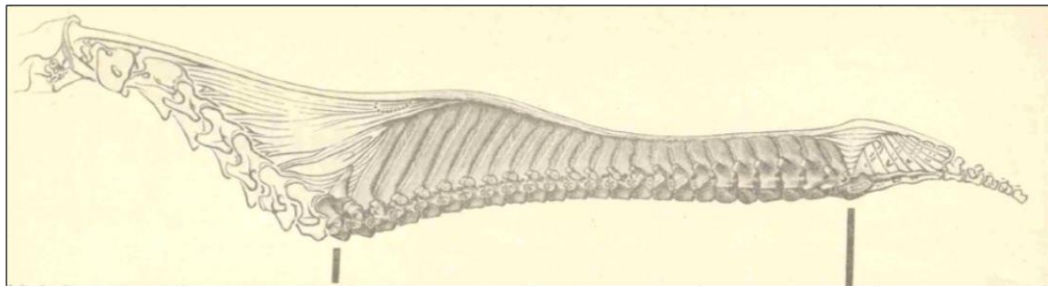


Abbildung 1: „Die aus Brust- und Lendenwirbelsäule bestehende Wirbelbrücke des Pferdes zusammen mit den durch Halswirbelsäule und Kopf einerseits und den durch Kreuz- und Schwanzwirbelsäule andererseits gebildeten kranartigen Anhängen.“ Aus KRÜGER (1939)

Die Halswirbelsäule weist eine deutlich höhere Beweglichkeit als die anderen Wirbelsäulenanteile auf, wobei Dorso- und Ventroflexion die Bewegungsrichtungen mit den größten Amplituden darstellen (DENOIX & PAILLOUX, 2000). Im Gegensatz zur Brustwirbelsäule, die tangential Gelenkflächen aufweist, beschreibt KRÜGER (1939) die Gelenkflächen der Halswirbelsäule als solche mit radialer Ausrichtung, die vorrangig Dorso- und Ventroflexion zulassen. Die große Beweglichkeit der Halswirbelsäule ist durch mehrere Faktoren zu begründen. Zum

einen sind die equinen Zwischenwirbelscheiben verhältnismäßig dick und zum anderen begünstigt der halbkugelige Bau des Caput vertebrae, der in die konkave Aussparung der Extremitas caudalis des vor ihm liegenden Wirbels greift eine große Beweglichkeit (DENOIX & PAILLOUX, 2000). Während das Atlantookzipitalgelenk die größte dorsoventrale Beweglichkeit zulässt, ist im Atlatoaxialgelenk die axiale Rotation die Bewegungsrichtung mit der größten Amplitude (CLAYTON & TOWNSEND, 1989). Mit zunehmenden Alter lässt die Beweglichkeit der Wirbelsäule nach, wobei auffällig ist, dass dies nicht in allen intervertebralen Gelenken in gleichem Ausmaß geschieht. Untersuchungen konnten zeigen, dass die Beweglichkeit in den ersten beiden Gelenken aber auch im weiteren Verlauf der kranialen Halswirbelsäule bei adulten Pferden signifikant geringer ist als bei Fohlen, während die Mobilität zumindest in dorsoventraler Richtung im Abschnitt zwischen C6 und T1 nicht signifikant abnimmt (CLAYTON & TOWNSEND, 1989). Klinische Relevanz besitzt die Biomechanik der Halswirbelsäule dann, wenn es zur Kompression des Rückenmarks oder der segmental austretenden Nerven kommt. So kommt es bei der Beugung zur deutlicheren Öffnung der Foramina intervertebralia und gleichzeitig durch das Abbiegen der Halswirbelsäulenachse zur Verkleinerung des Wirbelkanaldurchmessers. Umgekehrt findet bei einer Streckung eine Vergrößerung des Wirbelkanaldurchmessers und eine Verengung der Zwischenwirbellöcher statt (DENOIX & PAILLOUX, 2000; SLEUTJENS et al., 2010; BERNER et al., 2012).

2 Röntgenologische Untersuchung der Halswirbelsäule

2.1 Durchführung der Röntgenuntersuchung

Indikationen für eine röntgenologische Untersuchung der Halswirbelsäule ergeben sich anlässlich des Auftretens unterschiedlicher klinischer Symptome wie: Ataxie, abweichende Kopf-Hals-Haltung, Muskelatrophie, sowie Schwellungen im Halsbereich, Schmerzen und Unvermögen zu stehen, wie auch Lahmheit oder Leistungsinsuffizienz (WHITWELL & DYSON, 1987a; DOWN & HENSON, 2009). Um Röntgenaufnahmen der equinen Halswirbelsäule anzufertigen kann sowohl auf portable Röntgengeräte, wie auch stationäre Einrichtungen zurückgegriffen werden, wobei die zufriedenstellende Darstellung des kaudalen Halswirbelsäulenabschnittes bei größeren Pferden leistungstärkere stationäre

Röntgenanlagen nötig macht. Es ist von Vorteil mit möglichst großen Röntgenkassetten oder Detektoren (35 x 43cm) zu arbeiten, sodass drei Wirbel zumindest teilweise auf einer Projektion abgebildet werden können. Außerdem sollte die Kasette mit Hilfe eines Kassettenhalters an einer Wand oder an einem mobilen Stativ fixiert werden können (JAHN & LORENZ, 2009; BUTLER et al., 2011). Ein Raster sollte bei der Röntgenuntersuchung des kaudalen Halsdrittels Verwendung finden (WHITWELL & DYSON, 1987a). Während in älterer Literatur überwiegend die Röntgenuntersuchung unter Allgemeinanästhesie in Seitenlage beschrieben ist (BÖHM & HEBELER, 1980; GERBER et al., 1989), findet die Anfertigung von Röntgenaufnahmen in seitlichem Strahlengang heutzutage vorrangig am stehenden Pferd in Sedation statt (WHITWELL & DYSON, 1987a). Dies hat den Vorteil, dass der Pferdekopf zuverlässiger in der Sagittalebene getragen wird (BUTLER et al., 2011). Für eine vollständige Beurteilung der Halswirbelsäule werden mindestens vier Röntgenbilder benötigt. Diese werden angefertigt, indem der Zentralstrahl der Röntgenröhre im 90° Winkel auf den vom Pferd in der Sagittalebene getragenen Hals trifft. Zur Orientierung können Markierungen aus Blei, die am Hals befestigt werden dienen. In einigen Fällen ist es nicht möglich absolut laterale Aufnahmen aller Halswirbel zu erstellen, obwohl eine korrekte Lagerung des Pferdes vorliegt. Dies kann in einer leichten Rotation des Wirbels durch Umbauprozesse des kaudal gelegenen Facettengelenks begründet liegen (BUTLER et al., 2011). Bei der Anfertigung von Röntgenbildern am liegenden Pferd gilt zu beachten, dass die Position des Halses mit Kissen oder anderem nicht röntgendichtem Material so korrigiert werden muss, dass eine gerade Ausrichtung in der Sagittalebene erreicht wird (BÖHM & HEBELER, 1980; BUTLER et al., 2011). Der Vorteil dieser Untersuchungsmethode liegt darin, dass längere Belichtungszeiten angewendet werden können (BUTLER et al., 2011). Außerdem können weitere diagnostische Maßnahmen, wie die Myelographie und eine weitaus effektivere Manipulation der Kopf-Hals-Haltung Anwendung finden (BÖHM & HEBELER, 1980; PAPAGEORGES et al., 1987).

2.2 Röntgenanatomie und Zufallsbefunde der Halswirbelsäule

Die sieben Halswirbel reihen sich kettenartig aneinander, und beschreiben eine s-förmigen Verlauf mit einer dorsalkonvexen Krümmung im kranialen - und einer dorsalkonkaven Krümmung im kaudalen Halsbereich. Der 3. Halswirbel weist eine

große morphologische Ähnlichkeit zu seinen beiden kaudal gelegenen Nachbarn auf, wobei die Wirbel von kranial nach kaudal kürzer und breiter werden. Gleichzeitig nimmt die Höhe der Wirbel, sowie die des Wirbelkanals zu (HETT et al., 2006); (WHITWELL & DYSON, 1987a). Abgegrenzt von Wirbelbogen und Wirbelkörper der hintereinander liegenden Wirbel, zeichnet sich das Foramen intervertebrale ab. Beim Pferd stellt es eine physiologischer Weise rechteckige Aussparung zwischen den Wirbeln dar (WHITWELL & DYSON, 1987a). Die stark konvex abgerundete Extremitas cranialis der Wirbel ist in der Regel glatt und abgerundet oder leicht abgeplattet und greift in die konkave Extremitas caudalis des vorhergehenden Wirbels. Der 6. Halswirbel weicht in seiner Morphologie leicht von den drei ihm kranial benachbarten Wirbel ab. Er weist eine geringere Länge als der C5 auf und verfügt außerdem über eine Lamina ventralis. Wiederum kürzer als der C6 ist der C7, der als einziger Halswirbel einen Processus spinosus ausbildet (DIMOCK & PUCHALSKI, 2010). Dieser projiziert sich im zweidimensionalen Röntgenbild meist in das Facettengelenk zwischen C6/C7 und darf nicht als degenerativer Prozess an diesem fehlinterpretiert werden (BUTLER et al., 2011). Besonders anspruchsvoll ist die Röntgenbildbeurteilung im Bereich der Facettengelenke, wo sich eine ganze Reihe dreidimensionaler Strukturen überlagern und ineinander projizieren. Detaillierte Untersuchungen der Röntgenanatomie an der Halswirbelsäule wurde von WITHERS et al. (2009) durchgeführt, in deren Arbeit gezeigt werden konnte, dass der Facettengelenkpalt in Aufnahmen mit lateralem Strahlengang nicht dargestellt werden kann. Neben den anspruchsvollen anatomischen Verhältnissen kann das Auftreten einiger klinisch unbedeutender Zufallsbefunde die Röntgenbildinterpretation erschweren. Hierzu zählen nach MAYHEW (2008):

- Variationen des Foramen vertebrale laterale des Axis
- Eine unregelmäßige kaudale Kontur des Processus spinosus des Axis
- Unregelmäßigkeiten in Form sowie Größe der dorsalen Wirbelkonturen von C3 bis C7
- Runde bis zu 2 cm im Durchmesser betragende zystoide Aufhellungsherde in den Wirbelbögen oder -körpern aller Halswirbel.
- Prominente, nach kranial hervorragende und unregelmäßig mineralisierte Dornfortsätze des C7 und T1.

Insbesondere beim jungen Pferd ist die Kenntnis der Lage der Wachstumsfugen und des Zeitpunkts, des Epiphysenschluss von großer Bedeutung, da deren Fehlinterpretation als Fraktur durchaus möglich ist (DIMOCK & PUCHALSKI, 2010). Der Epiphysenschluss findet an der kranialen Epiphysenfuge der Halswirbel im Alter von 2 Jahren statt, wobei er sich von ventral beginnend nach dorsal vollzieht. In entgegengesetzter Richtung schließt sich die kaudale Epiphysenfuge, deren vollständige Ossifikation mit 4-5 Jahren abgeschlossen ist (WHITWELL & DYSON, 1987a). An den anatomisch abweichend aufgebauten Wirbeln Atlas und Axis finden sich besondere Verhältnisse. Der Atlas weist eine Epiphysenfuge in der Medianen auf, die den Wirbel in zwei Längshälften teilt, sie ist auf einer Röntgenaufnahme in lateraler Projektionsrichtung nicht sichtbar (HERTSCH & EL SALAM RAGAB, 1976). Zwei ventrolateral gelegene Wachstumsfugen können beim Fohlen auf laterolateral aufgenommen Röntgenbildern erahnt werden, makroskopische Untersuchungen ergaben, dass deren Schluss sich schon vor dem 6. Lebensmonat vollzieht (MAIERL et al., 1998). Am 2. Halswirbel finden sich insgesamt drei Wachstumsfugen, wobei sich die des Dens axis im 7.-9. Monat schließt und die kraniale mit etwa einem Jahr. Der Schluss der kaudalen Fuge findet hingegen zeitgleich mit denen der folgenden Halswirbel statt (HERTSCH & EL SALAM RAGAB, 1976).

2.3 Interpretation der Röntgenbilder

Die Interpretation von Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule kann je nach Fragestellung auf unterschiedliche Arten erfolgen.

2.3.1 Subjektive Interpretation

Bei dieser Methode wird die Halswirbelsäule im Ganzen beurteilt, es wird insbesondere die Ausrichtung der Wirbelkörper zueinander und die Form des Wirbelkanals betrachtet. Außerdem werden die Facettengelenke begutachtet, die Foramina intervertebralia und die Beschaffenheit der Epiphysenfugen (WHITWELL & DYSON, 1987a). Eine subjektive Beurteilung von Knochenveränderung erlaubt allerdings keine Unterscheidung von an Cervical Vertebral Stenotic Myelopathy (CVSM) erkrankten und gesunden Pferden (MOORE et al., 1994).

2.3.2 Objektive Interpretation und Messungen an der Halswirbelsäule

Bei der objektiven Beurteilung von Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule kommen Messverfahren zum Einsatz, mit deren Hilfe eine möglichst genaue Aussage über Vorhandensein und Lokalisation einer Rückenmarkskompression getroffen werden soll. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Methoden vorgeschlagen. Der minimale sagittale Durchmesser (minimum sagittal diameter, MSD) ist ein Wert, der die minimale Höhe des Wirbelkanals angibt und so auf potentielle Rückenmarkskompressionen hindeuten kann. Ein Vergleich der MSD-Werte ist nur zwischen den Halswirbeln eines Pferdes möglich, nicht jedoch zwischen denen unterschiedlicher Tiere. Dies ist den unterschiedlichen Vergrößerungseffekten bei kleinsten Abweichungen des Film-Objekt-Abstandes geschuldet (BUTLER et al., 2011). Um den Einfluss der Vergrößerung zu eliminieren, können das sagittale Verhältnis (sagittal ratio) sowie der korrigierte minimale sagittale Durchmesser (corrected minimum sagittal diameter, cMSD) ermittelt werden. Diese setzen den MSD in Verhältnis zu anderen vom Wirbel vorgegebenen Größen. Dies ist im Falle der sagittal ratio die Höhe des Wirbelkörpers und dessen Länge beim cMSD (MAYHEW et al., 1978; BUTLER et al., 2011). MOORE et al. (1994) konnten zeigen, dass die sagittal ratio zum damaligen Zeitpunkt die genaueste Methode (Sensitivität und Spezifität 89%) zur Erkennung einer CVSM im nativen Röntgenbild ist.

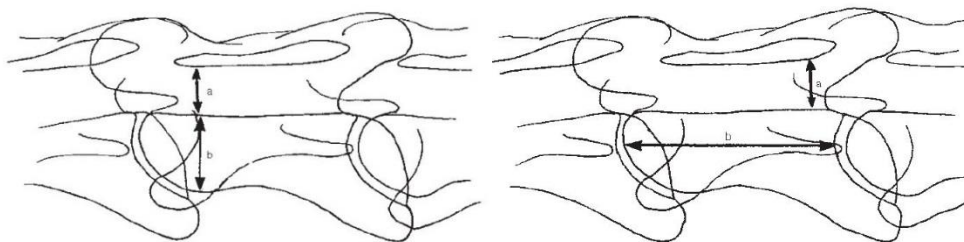


Abbildung 2: (links) Sagittal ratio: Der MSD (a) wird durch die Höhe des Wirbelkörpers (b) geteilt. Aus BUTLER et al. (2011).

Abbildung 3: (rechts) cMSD: der MSD (a) wird durch die Länge (b) des entsprechenden Wirbels geteilt. Aus BUTLER et al. (2011).

Da mit Hilfe der sagittal ratio, auch intravertebral sagittal ratio genannt, nicht möglich ist, die genaue Lokalisation einer Rückenmarkskompression zu detektieren und den Gelenkbereich zwischen den Wirbeln nicht mit einschließt, wurde die intervertebral sagittal ratio eingeführt. Dieser Messwert bezieht mit einer Messlinie zwischen dem kaudalsten Punkt des Wirbelbogens und dem kranialen Teil des

Caput vertebrae des folgenden Wirbels den Bereich der Artikulation mit ein (VAN BIERVLIET et al., 2006). Mit Hilfe einer intervertebralen Messung kann zum einen eine genauere Aussage über die Lokalisation einer Halsmarkkompression getroffen werden, die in den meisten Fällen auch intervertebral liegt und zum anderen wird sie zusammen mit der intravertebralen sagittalen Ratio als ausreichend aussagekräftig angesehen um eine CVSM zu diagnostizieren (HAHN et al., 2008).

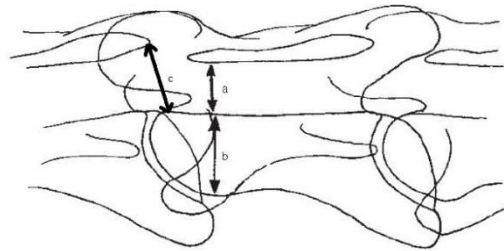


Abbildung 4: Intervertebrale sagittale Ratio: MSD (a), Höhe des Wirbelkörpers (b) und Verbindungslinie zwischen Wirbelkörper und Caput vertebrae des folgenden Wirbels (c). Abb. 2 modifiziert.

Zur objektiven Beurteilung von Röntgenaufnahmen beim Fohlen haben MAYHEW et al. (1993) ein Bewertungsschema erstellt. Dieses soll der Vorhersage einer Erkrankung der Fohlen an CVSM dienen. In das Schema fließen folgende Parameter ein, die am Ende zu einem Score zusammengeführt werden, mit dem relativ zuverlässig eine Erkrankung diagnostiziert oder vorausgesagt werden kann:

- Minimum sagittal diameter (MSD)
- Hervorragen der kaudalen Epiphyse in den Wirbelkanal
- Ausdehnung des Dorsalrandes des Wirbelbogens nach kaudal
- Messung des Kyphosegrades benachbarter Wirbel
- Ungenügende Ossifikation an bestimmten Lokalisationen
- Degenerative Veränderungen an den Facettengelenken

Um eine möglichst objektive Beurteilung der Facettengelenke zu ermöglichen schlugen HETT et al. (2006) ein Messsystem vor. Bei diesem werden Höhe und Breite vom Processus articularis cranialis und dem Wirbelkörper erhoben, sowie die Höhe des Foramen intervertebrale. Mit den gewonnenen Daten soll eine objektive Erkennung von vergrößerten Intervertebralgelenken und somit das Vorliegen einer Facettengelenkarthrose einfacher diagnostiziert werden können. LISCHER et al.

(2010) wiesen jedoch auf eine unzureichende Genauigkeit der Messungen hin, da die aufgetretenen Messunterschiede in ihrer Studie bei der Beurteilung durch mehrere Betrachter größer war, als der vorgeschlagene Unterschied zwischen kranken und gesunden Pferde. Für den kaudalen Halswirbelsäulenabschnitt (C5-C7) haben DOWN and HENSON (2009) ein Graduierungssystem eingeführt, das auf die unterschiedlichen morphologischen Veränderungen von arthrotisch veränderten Facettengelenken eingeht.

3 Erkrankungen der Halswirbelsäule

3.1 Cervical Vertebral Malformation (CVM)

Die Cervical Vertebral Malformation (CVM) ist die häufigste nicht infektiöse Ursache für das Auftreten von Ataxie beim Pferd (WHITWELL, 1980; POWERS et al., 1986). Prinzipiell liegen diesem Krankheitskomplex eine Entwicklungsstörung der Halswirbel und degenerative Veränderungen der vertebrealen Gelenkfortsätze zugrunde, die zu einer Stenose des Wirbelkanals und dadurch zur Kompression des Halsmarks führen (REED & MOORE, 1993). Die Literatur unterteilt diesen Krankheitskomplex in die Syndrome Cervical Vertebral Instability (CVI) und die Cervical Static Stenosis (CSS) (POWERS et al., 1986) oder auch Typ I beziehungsweise Typ II CVM (MAYHEW, 2008).

3.1.1 Cervical Vertebral Instability (CVI)

Die CVI zeichnet sich durch eine Verengung des Wirbelkanals in der Beugung aus und betrifft zumeist junge Pferde im Alter von 8-18 Monaten. Diese Verengungen tritt vorrangig in der mittleren Halsregion auf und stellt in der Regel eine dynamische Kompression des Halsmarks bei der Beugung der Halswirbelsäule dar, wobei der Abschnitt C3/C4 am häufigsten erkrankt (POWERS et al., 1986). Vollblüter, Warmblüter und Tennessee Walking Horses werden in der Literatur als am häufigsten von CVM betroffene Rassen genannt (LEVINE et al., 2010), doch auch Quarter Horses und Appaloosas sind in einigen Studien deutlich überdurchschnittlich betroffen (POWERS et al., 1986; PAPAGEORGES et al., 1987). Neben einem Durchschnittsalter von 2 Jahren prädisponiert das männliche Geschlecht für eine Erkrankung an CVM (POWERS et al., 1986; PAPAGEORGES et al., 1987; LEVINE et al., 2010). Die erkrankten Tiere fallen durch ein verändertes

Gangbild mit Paresen und Ataxien, die meist im Bereich der Hintergliedmaßen auftreten, sowie durch Hyperästhesie im Halsbereich und propriozeptiven Defiziten auf (BEECH, 1976; WHITWELL, 1980; POWERS et al., 1986; TOMIZAWA et al., 1994; RUSH, 2006; LEVINE et al., 2010). Es ist davon auszugehen, dass die krankheitsauslösenden Veränderungen in den ersten Lebensmonaten des Pferdes beginnen sich auszuprägen. Dabei wird insbesondere den entwicklungsbedingten orthopädischen Erkrankungen wie der Osteochondrose eine wichtige Rolle im Entstehungsprozess dieses klinischen Bildes zugeschrieben (ALITALO & KARKKAINEN, 1983; MAYHEW, 2008). STEWART et al. (1991) konnten zeigen, dass die Neigung zu osteochondrotischen Läsionen am Gelenkknorpel des Gliedmaßenskeletts bei Pferden mit einer bestätigten CVM-Erkrankung signifikant stärker ausgeprägt ist. An der Halswirbelsäule kommen derartige Läsionen zwar nicht häufiger bei erkrankten Tieren vor, ihre Ausprägung ist bei ihnen jedoch deutlich schwerwiegender, sodass häufig von einer generalisierten Störung des Knochenstoffwechsels die Rede ist (STEWART et al., 1991; REED & MOORE, 1993). Hierzu passen auch die von MAYHEW et al. (1978) beschriebenen Beobachtungen, die sich auf die Tendenz zur Ausbildung einer Osteopetrose sowie auf die gestörte enchondrale Ossifikation und Knochenreifung der Halswirbel betroffener Pferde beziehen. Darüber hinaus treten durch Beugung provozierbare Achsenknicke ausgelöst durch Wirbelmissbildungen auf, an deren Lokalisation es dann zu einer Wirbelkanalstenose kommen kann (MAYHEW, 2008). Bei der röntgenologischen Untersuchung der betroffenen Tiere wird insbesondere auf die oben von MAYHEW et al. (1993) angesprochenen Veränderungen geachtet. Knöcherne Umbildungsprozesse dieser Art sind bei an CVM erkrankten Tieren deutlich häufiger zu finden als bei klinisch unauffälligen Pferden (MOORE et al., 1994).

3.1.2 Cervical Static Stenosis (CSS)

Cervical Static Stenosis (CSS) oder Typ II CVM ist eine statische Verengung des Wirbelkanals, die in der Regel beim älteren Pferd auf Höhe des 5.-7. Halswirbels auftritt (POWERS et al., 1986). Im Vordergrund stehen degenerative Veränderungen der Wirbel, die insbesondere den Gelenkfortsatz betreffen und mit dessen Vergrößerung einhergehen. Die Ursache für derartige Veränderungen ist bis heute nicht abschließend geklärt, ihr Auftreten wird jedoch mit Traumata in

Verbindung gebracht (MAYHEW, 2008). Eine zentrale Rolle beim Auftreten einer sogenannten statischen Stenose spielt die arthrotische Veränderung der Facettengelenke (MAYHEW et al., 1978; GERBER et al., 1989).

3.1.2.1 Zervikale Spondylarthrose

Die zervikale Spondylarthrose, auch Facettengelenkarthrose wird im Rahmen der CSS als Ursache für Ataxie beim Pferd verantwortlich gemacht (WHITWELL, 1980; POWERS et al., 1986; LEVINE et al., 2008). Allerdings werden auch Symptome wie Steifheit und Schmerzen im Halsbereich, vermehrte Schreckhaftigkeit und Scheuen sowie Lahmheit der Vordergliedmaße mit zervikaler Arthropathie in Verbindung gebracht (GERBER et al., 1989; RICARDI & DYSON, 1993; MARTINELLI et al., 2010). Die Prävalenz für diese Erkrankung nimmt bei älteren Pferden deutlich zu und wird dort als häufig auftretender Befund beschrieben (POWERS et al., 1986; DOWN & HENSON, 2009). Männliche Tiere sind in einigen Studien häufiger betroffen als Stuten (POWERS et al., 1986; GERBER et al., 1989; BIRMINGHAM et al., 2010), wobei andere Autoren keine Geschlechtsprädisposition feststellen konnten (DOWN & HENSON, 2009). Einigkeit herrscht über die Tatsache, dass hauptsächlich die Artikulationen des kaudalen Halswirbelsäulenabschnittes (C5-T1) von arthrotischen Veränderungen betroffen sind (GERBER et al., 1989; FÜRST, 2006). Diese scheinen der größten biomechanischen Belastung ausgesetzt zu sein (ZSOLDOS et al., 2010). Eine vermehrte mechanische Beanspruchung wird von POWERS et al. (1986) als mögliche Ursache degenerativer Veränderungen an den Facettengelenken der kaudalen Halswirbelsäule in Betracht gezogen. Durch vermehrte Dehnung des Ligamentum flavum komme es zum knorpeligen und später auch verknöcherndem Umbau des Bandes und somit zu einer Proliferation der Gelenkkapsel im Ansatzbereich des Ligamentum flavum. Eine alleinige Gelenkfüllung ohne pathologische Veränderungen des umgebenden Gewebes wird von CLARIDGE et al. (2010) allerdings als Ursache einer Rückenmarkskompression für unwahrscheinlich gehalten. Neben degenerativen Vorgängen wird von anderen Autoren auch eine genetische Prädisposition zur Ausprägung von Facettengelenkarthrosen ins Gespräch gebracht, da derartige Veränderungen regelmäßig schon beim sehr jungen Pferd beobachtet werden können (GERBER et al., 1989; FÜRST, 2006). Die Einschätzung der klinischen Relevanz zervikaler

Spondylarthrosen im Einzelfall bleibt weiterhin eine diagnostische Herausforderung (MARTINELLI et al., 2010), wobei zu beachten ist, dass auch recht ausgeprägte Veränderungen der Facettengelenke nicht unbedingt mit einer Kompression des Rückenmarks einhergehen müssen, wenn die Raumforderung vorrangig nach lateral und dorsal erfolgt. Auch spielt die individuelle Ausprägung der relevanten anatomischen Strukturen eine wichtige Rolle und kann gegebenenfalls für die Ausbildung einer Ataxie prädisponieren (MAYHEW, 2008). Allerdings können Veränderungen im Sinne einer degenerativen Gelenkerkrankung bei Pferden, die eine klinisch manifeste Ataxie zeigen, deutlich häufiger und in schwerer Ausprägung gefunden werden als bei der übrigen Pferdepopulation (MOORE et al., 1994). Neben Ataxie der Hinterhand und teilweise auch der Vorderhand (POWERS et al., 1986; GERBER et al., 1989; MACKIE, 2001) können derartige Veränderungen durch Druck auf die Nervenwurzel des Plexus brachialis auch zu Vorderhandlahmheit führen, oder gänzlich ohne klinische Symptome verlaufen (NIXON et al., 1983). Typische röntgenologischer Veränderungen sind die wolkige Darstellung der Gelenkspaltumgebung und die Verschattung des Foramen intervertebrale durch die unregelmäßige Proliferation des Gelenkfortsatzes (DIK & GUNSSER, 2002). Der Grad röntgenologischer Veränderungen in der lateralen Projektion lässt keinen Rückschluss auf eine klinische Relevanz beziehungsweise dessen Ausprägungsgrad zu (DOWN & HENSON, 2009). So bleibt zur Klärung der Frage, ob und an welcher Lokalisation eine Rückenmarkskompression vorliegt die myelografische Untersuchung der Halswirbelsäule indiziert (PAPAGEORGES et al., 1987; JAHN & LORENZ, 2009).

3.2 Erregerbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule

3.2.1 Zervikale Diskospondylitis

Bei der zervikalen Diskospondylitis handelt es sich um eine selten auftretende entzündliche Infektion zweier benachbarter Wirbelendplatten und dem dazwischenliegenden Intervertebralspalt (COLBOURNE et al., 1997). Neben Ataxie, Fieber, Schmerzen bei der Halsbewegung und Gewichtsverlust können auch Symptome wie umschriebene Umfangsvermehrungen im Halsbereich auftreten. Regelmäßig können auch Laborwertveränderungen wie

Hyperproteinämie, Hyperfibrinogenämie und Neutrophilie festgestellt werden. Röntgenologisch stellt sich die Läsion meist als ein von einem Sklerosesaum umringtes destruktives, vermehrt strahlendurchlässiges Areal in der Region der Wirbelendplatten dar (ADAMS et al., 1985; COLBOURNE et al., 1997). Ultrasongraphisch können neben den Veränderungen an den knöchernen Endplatten auch Läsionen der Bandscheiben und Reaktionen des umgebenden Weichteilgewebes, wie paravertebrale Abszesse dargestellt werden (SWEERS & CARSTENS, 2006). Als Ursache werden sowohl eine hämatogen Ansiedelung von Bakterien, als auch traumatische Einwirkungen, wie Pfählungsverletzungen genannt. Häufig kann allerdings keine direkte Ursache festgestellt werden (ADAMS et al., 1985; FURR et al., 1991). Aus Studien beim Hund ist bekannt, dass in den meisten Fällen ein primärer Infektionsherd für die Abschwemmung der auslösenden Erreger verantwortlich gemacht werden kann (BURKERT et al., 2005), in früherer Zeit haben hier auch beim Pferd *Brucella* spp. eine Rolle gespielt (COLLINS et al., 1971). Zudem ist auch ein Modell beschrieben, das von einem sich selbst erhaltenden Prozess einer progressiven Spondylose ausgeht. Auslöser seien physische Beanspruchung und Traumata, die zur Schädigung des Diskus und des subchondralen Knochens führten und letztendlich in Nekrose und Fremdkörperreaktion in der Region der Wirbelendplatten mündeten (MAYHEW, 1999). Die Prognose für eine Heilung betroffener Pferde kann als äußerst ungünstig angesehen werden (ADAMS et al., 1985), auch die Komplikation des Bandscheibenvorfalles aufgrund der Zerstörung des Discus intervertebralis ist beschrieben (FURR et al., 1991).

3.2.2 Zervikale Osteomyelitis

Im Gegensatz zur Diskospondylitis liegt bei der vertebralen Osteomyelitis vorrangig eine Infektion des kompakten Knochens und des Knochenmarkes vor, allerdings ist der Übergang fließend, sodass auch die Bandscheibe mit in den Krankheitsprozess einbezogen sein kann (COLLINS et al., 1971). Auch anhand der klinischen Symptome lässt sich die Verwandtschaft beider Erkrankungen ableiten. Bewegungseinschränkungen des Halses und Kopfes stehen neben Schmerzen im Halsbereich und Fieber, welches auch in rezidivierenden Schüben auftreten kann im Vordergrund. Außerdem können labordiagnostische Veränderungen wie Leukozytose, Neutrophilie, Hyperproteinämie und Hyperfibrinogenämie

angetroffen werden (COLLINS et al., 1971; RICHARDSON, 1986; MARKEL et al., 1988). Neurologische Ausfallserscheinungen treten dann ein, wenn eine Kompression des Halsmarkes vorliegt, oder die Infektion auf das Rückenmark übergreift (GIGUERE & LAVOIE, 1994). Ätiologisch spielt auch bei der Osteomyelitis die hämatogene Infektion des betroffenen Knochens eine wichtige Rolle (RICHARDSON, 1986). Wobei insbesondere wenn *Rhodococcus equi* als auslösender Keim beteiligt ist ein Übergreifen von paravertebralen Abszesse auf die knöchernen Strukturen der Halswirbelsäule beschrieben ist (GIGUERE & LAVOIE, 1994; OLCHOWY, 1994). Neben Rhodokokken, die sich beim Fohlen auch in Form einer zervikalen Osteomyelitis klinischen manifestieren können, sind als auslösende Erreger unter anderem *Brucella abortus*, *Eikenella corrodens*, *Salmonella typhimurium*, *Bacteroides fragilis* und auch *Mycobacterium tuberculosis bovis* bestätigt worden (COLLINS et al., 1971; KELLY et al., 1972; RICHARDSON, 1986; MARKEL et al., 1988; TYSON et al., 2004). Die Diagnose wird in der Regel nach Anfertigung von Röntgenaufnahmen des Halses gestellt. Charakteristisch sind osteolytische Läsionen, die von sklerotisch, proliferativen Säumen umgeben sind (KELLY et al., 1972; MARKEL et al., 1988). Um ein genaueres Bild von der räumlichen Ausdehnung zu gewinnen und den Zustand des Rückenmarkes beurteilen zu können kann auch eine computertomografische Untersuchung angeschlossen werden (TYSON et al., 2004).

3.2.3 Septische Arthritis des Atlantookzipitalgelenks

Eine Infektion des Atlantookzipitalgelenks wird in einzelnen Fällen als Komplikation einer Luftsackmykose beschrieben. Im Vordergrund stehen die Symptome der Luftsackerkrankung bis eine Extensionshaltung des Kopfes und Halssteifheit auffällt. Schmerz bei der Palpation der Genickregion war in den beschriebenen Fällen nicht auslösbar und auch die Anfertigung von Röntgenaufnahmen in latero-lateraler Projektionsrichtung war nicht hilfreich (DIXON & ROWLANDS, 1981; WALMSLEY, 1988). Mit Hilfe der Szintigraphie kann eine Lokalisation der Läsion hingegen gelingen (WALMSLEY, 1988).

3.3 Genickbeule

Unter dem Ausdruck Genickbeule, auch Talpa oder Bursitis nuchalis cranialis

respektive caudalis, wird eine entzündliche Umfangsvermehrung im Genick des Pferdes verstanden (DIETZ, 2006). Es handelt sich bei dieser Erkrankung um eine Entzündung der dem Nackenstrang unterlagerten Schleimbeutel (Bursa subligamentosa nuchalis cranialis und caudalis). Diese kann sich abhängig vom Auslöser in Form eines aseptischen Bursahygroms manifestieren oder als septische Bursitis bis zur Genickfistel auftreten (DIETZ, 2006; GARCIA-LOPEZ et al., 2010). Ätiologisch kommen für die aseptische Bursitis repetitive Traumata der Nackenregion in Betracht, wohingegen die septischen Bursitiden auf Stichwunden zurückzuführen sind (DIETZ, 2006). Betroffene Pferde weisen meist eine charakteristische Schwellung im Genickbereich auf, die häufig druckdolent ist. Erhöhte Sensibilität bei Kopfmanipulationen, ein tief getragener Kopf und Widersetzlichkeit bei der passiven Bewegung des Kopfes sind typische Symptome (GARCIA-LOPEZ et al., 2010). Zur Diagnosestellung wurden neben der Ultraschalluntersuchung auch die Kernspintomografie (WAGNER & GERHARDS, 2010) und die Röntgenuntersuchung beschrieben.

3.4 Traumatische Erkrankungen der Halswirbelsäule

Traumatische Einwirkung auf die Wirbelsäule und den Schädel ist beim Pferd laut einer Studie von LAUGIER et al. (2009) der häufigste Grund für eine zum Tode führende neurologische Erkrankung.

3.4.1 Luxation der Halswirbel

Eine Luxation ist im Allgemeinen ein Zustand, in dem die normalerweise gelenkbildenden Knochenanteile voneinander getrennt werden, dies geht typischerweise mit Fehlstellung, Funktionsverlust und Weichteiltrauma des umgebenden Gewebes einher (REUTER, 2007). Beim Pferd sind atlanto-axiale und atlanto-okzipitale Luxationen beschrieben. In den meisten Fällen kann ein Trauma mit dem Auftreten der Luxation in Verbindung gebracht werden, wobei ein Sturz mit Hyperextension des Halses (CILLÁN-GARCIA et al., 2011) oder rückwärtiges Überschlagen (SCHARMER et al., 2000) zu derartigen Läsionen führen kann. Betroffen sind in den meisten Fällen junge Pferde oder Fohlen, die mit Symptomen wie Steifheit im Hals und nach unten gestreckter Kopf-Hals-Haltung auffallen (FUNK & ERICKSON, 1968; CILLÁN-GARCIA et al., 2011). Ein ataktischer

Gang bisweilen auch eine Tetraparese kann ebenfalls häufig festgestellt werden. Bei der atlanto-axialen Luxation verlässt der Dens axis seine normalanatomische Lage in der Fovea articularis des Atlas und schiebt sich kranioventral unter seinen kranial gelegenen Nachbarn (FUNK & ERICKSON, 1968; GUFFY et al., 1969). Dieser Vorgang kann im Falle einer Subluxation auch unvollständig ablaufen (CILLÁN-GARCIA et al., 2011). Im Falle einer Atlanto-okzipitalen Luxation kann keine ordnungsgemäße Artikulation mehr zwischen den Condyli occipitales und dem Atlas stattfinden nachdem es zu einer Verlagerung des Hinterhauptes zu einer Seite gekommen ist (SCHARMER et al., 2000). Für die Prognose scheint die Lokalisation der Luxation unbedeutend zu sein, da in beiden Fällen von einer umfangreichen Traumatisierung des regionalen Weichteilgewebes ausgegangen werden muss. Einblutungen in Muskulatur und Halsmark, beziehungsweise Medulla oblongata sowie Halsmarkkompressionen und Myelomalazie legen größtenteils die Euthanasie des Pferdes nahe (FUNK & ERICKSON, 1968; GUFFY et al., 1969; SCHARMER et al., 2000). Für den Zustand einer atlanto-axialen Subluxation beschrieben CILLÁN-GARCIA et al. (2011) die Ostektomie des Dens axis.

3.4.2 Subluxation der Halswirbel

Abgesehen von den oben bereits beschriebenen Formen der Subluxation der kranialen Halswirbel, sind Subluxationen beim Pferd nur als Folge einer CVI im Fohlenalter beschrieben. Als Ätiologie wird in diesen Fällen eine Wirbelmissbildung angenommen, die keine physiologische Artikulation der betroffenen Wirbel miteinander zulässt und so zu einer Rückenmarkskompression führt (NELSON et al., 1994; MCCLANAHAN et al., 1998).

3.4.3 Frakturen der Halswirbel

Frakturen der Halswirbelsäule sind in der Regel traumatisch bedingt, doch auch pathologische Frakturen können auftreten (WHITWELL & DYSON, 1987a). Bei den betroffenen Pferden handelt es sich häufig um jüngere Pferde, zum großen Anteil sogar um Fohlen, bei denen die Frakturlinie in vielen Fällen in der Wachstumsfuge verläuft. Epiphysenfugen werden generell als Prädilektionsstelle für Halswirbelsäulenfrakturen angesehen. Eine beim Fohlen wiederholt auftretende

Lokalisation von Frakturen ist die Epiphysenfuge des Dens axis. Außerdem wurden Frakturen im kaudalen Halsabschnitt zwischen C5 und T1 wiederholt beobachtet. (HERTSCH & LIESKE, 1978; WHITWELL & DYSON, 1987a; MAYHEW, 1999). Erst kürzlich aufgetretene Frakturen können deutlich schwieriger erkennbar sein als solche, die schon einige Stunden oder Tage bestehen, da ein kompensatorischer Muskelspasmus die Wirbelsäule stabilisieren kann (MAYHEW, 1999). Je nach Lokalisation der Fraktur und Ausmaß der Dislokation können entweder orthopädische oder neurologische Symptome im Vordergrund stehen. Die Spanne der Ausprägung reicht von milden Symptomen wie einer dauerhaft gesenkten Kopf-Hals-Haltung bis zum plötzlichen Tod des betroffenen Pferdes. Regelmäßig beobachtet werden Symptome wie Festliegen und Niederstürzen bei der Manipulation des Halses, Abweichungen in der Haltung des Halses und eine herabgesetzte Hautsensibilität kaudal der Läsion. Auch Umfangsvermehrungen, druckempfindliche Areale oder Krepitation sind bisweilen vorhanden (BAKER, 1970; HERTSCH & LIESKE, 1978; PINCHBECK & MURPHY, 2001). Eine Unterteilung in Frakturen des Wirbelkörpers und –bogens sowie in solche der Wirbelfortsätze gelingt in einigen Fällen schon klinisch, da bei Wirbelkörperfrakturen meist neurologische Ausfälle zu erwarten sind wohingegen bei Wirbelfortsatzfrakturen die orthopädische Beeinträchtigung allein auftreten kann (HERTSCH & LIESKE, 1978; MCCONNICO et al., 1989). Die Diagnose kann im Rahmen einer Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule gestellt werden, wobei die myelografische Untersuchung helfen kann, Ausmaß und Lokalisation einer gegebenenfalls vorliegenden Wirbelkanalstenose zu erkennen (HERTSCH & LIESKE, 1978).

3.5 Zervikaler Diskusprolaps

Das Vorfallen der Bandscheiben mit folgender Rückenmarkkompression ist beim Pferd äußerst selten (FOSS et al., 1983; NIXON et al., 1984). Der Grund für das seltene Auftreten von Bandscheibenvorfällen könnte die fibröse Struktur der equinen Bandscheiben sein, die bei anderen Spezies deutlicher in einen Nucleus pulposus und einen Anulus fibrosus zu unterteilen ist (NIXON et al., 1984). Als Krankheitsursache werden sowohl traumatische Einwirkungen (FOSS et al., 1983), als auch degenerative Prozesse vermutet (SPELTZ et al., 2006). Ein sekundärer

Prolaps in Folge einer septischen Diskospondylitis ist ebenfalls beschrieben (FURR et al., 1991). Die klinische Präsentation des Patienten beinhaltet die möglichen Symptome einer Rückenmarkskompression sowie orthopädische Einschränkungen wie Beeinträchtigung der Kopf- und Halsbewegung (FOSS et al., 1983; NIXON et al., 1984; SPELTZ et al., 2006). Röntgenologisch kann ein verengter Intervertebralspalt sichtbar sein und die benachbarten Wirbelendplatten können sklerosiert sein (FOSS et al., 1983; SPELTZ et al., 2006). In anderen Fällen ist auf Nativaufnahmen keine pathologische Veränderung der Wirbelsäule feststellbar, wobei eine ventrale Wirbelkanalstenose erst durch eine Myelographie offensichtlich wird (FOSS et al., 1983; NIXON et al., 1984). Hierzu ist allerdings anzumerken, dass die beschriebenen Fälle einige Zeit zurück liegen und die Qualität der Röntgendiagnostik beträchtlich zugenommen hat.

III. MATERIAL UND METHODEN

1 Probenmaterial

Die im Rahmen dieser Studie untersuchten Pferde entstammen dem Patientengut der chirurgischen Abteilung der Klinik für Pferde der Ludwig-Maximilians-Universität München. Aus der Studie ausgeschlossen wurden Pferde, die das erste Lebensjahr noch nicht vollendet hatten und Patienten, die anamnestisch wegen einer Erkrankung der Halswirbelsäule vorgestellt wurden. Auch Pferde, deren Halswirbelsäulen aufgrund eines klinischen Verdachts geröntgt wurden, sind ausgeschlossen worden.

2 Röntgentechnik

Die Röntgenaufnahmen wurden mit Hilfe des stationären Röntgenerators Polydoros SX 65/80 der Firma Siemens angefertigt. Als aufzeichnende Systeme kamen Detektoren der Firma Canon (CXDI-50G und CXDI-701C Wireless) zum Einsatz. Um die Strahlenbelastung für das Hilfspersonal möglichst gering zu halten und eine optimale Lagerung des Pferdes zu erreichen, kam das Vet System S Deckenstativsystem der Firma M.T. Medical Technology S.r.l. zum Einsatz. Dieses Deckenstativ ermöglicht durch ein motorbetriebenes Kopplungssystem die automatische Zentrierung des Primärstrahles auf die Detektorplatte.

3 Röntgenuntersuchung

Vor der Anfertigung der Röntgenbilder erfolgte eine intravenöse Sedation der Studienpferde mit dem α^2 -Adrenozeptor-Agonist Xylazinhydrochlorid (Xylavet® 20 mg/ml) mit einer Dosierung von 0,5mg/kg KGW und dem Opioid Levomethadon (L-Polamivet®) mit einer Dosierung von 0,075 mg/kg KGW Levomethadon-hydrochlorid und 0,00375 mg/kg KGW Fenpipramidhydrochlorid. Bei allen Studienpferden lag eine medizinische Indikation für die durchgeführte Sedation vor. In der Regel fand die Röntgenuntersuchung während der Prämedikationsphase vor einem Eingriff in Allgemeinanästhesie statt. Für die

Erstellung der Röntgenaufnahmen wurden die Pferde stehend von einer Hilfsperson mit einem Halfter aus Hanf fixiert. Die Pferde wurden so positioniert, dass alle vier Gliedmaßen gleichmäßig belastet wurden und die Rückenlinie genau senkrecht zur Röntgenröhre verlief. Außerdem wurden die Untersuchungen in einer physiologischen Kopf-Hals-Haltung vorgenommen, die dann als erreicht galt, wenn sich Nüstern und Schultergelenk auf einer horizontalen Linie befanden. In der Regel wurden vier Röntgenbilder der verschiedenen Halswirbelsäulenabschnitte jedes Probanden angefertigt. Jeweils eins mit Fokussierung des Zentralstrahles auf Atlas und Axis, die nächsten beiden jeweils mit einer Zentrierung des Wirbelüberganges C3/C4 beziehungsweise von C5 und das letzte mit einer Zentrierung auf dem Facettengelenk C6/C7.



Abbildung 5:
Abschnitt I

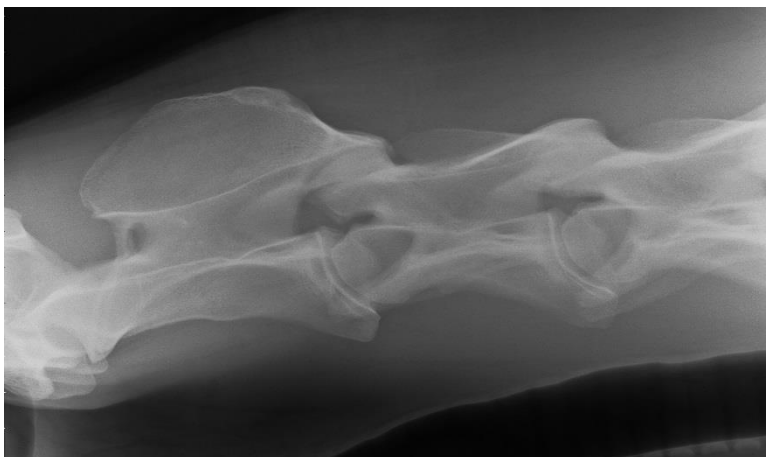


Abbildung 6:
Abschnitt II

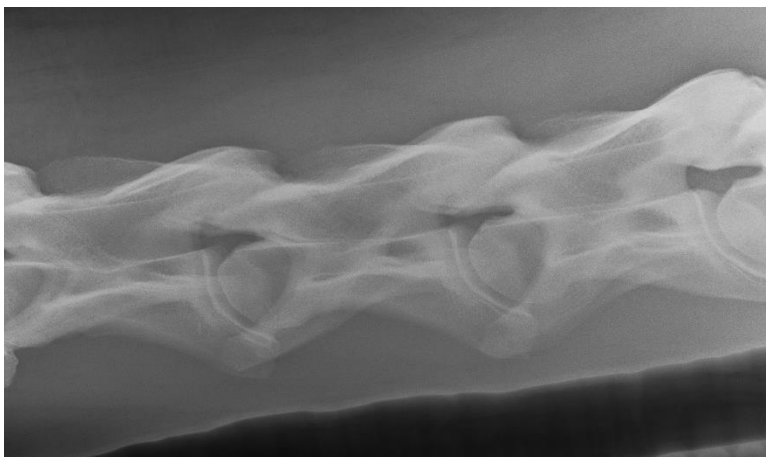


Abbildung 7:
Abschnitt III



Abbildung 8:
Abschnitt IV

Für die Anfertigung der letzten Aufnahme wurde das Pferd mit einer möglichst weit kaudal fußenden, der Röntgenröhre zugewandte Vordergliedmaße positioniert. Hierdurch konnte eine Reduzierung der durch die Schultergürtelmuskulatur bedingte hohe Schichtdicke in dieser Körperregion erreicht werden. Die Aufnahmen wurden in sinistro-dextralem Strahlengang erstellt, wobei sich der Detektor in paralleler Ausrichtung zur Halswirbelsäule befand. Bei einem Film-Fokus-Abstand von 100 cm wurden Belichtungswerte von 68-90 kV und 16-80 mAs verwendet, die sowohl der Größe des Probanden sowie der zu durchdringenden Körperregion angepasst wurden.

***Tabelle 1:** Verwendete Belichtungswerte für die jeweiligen Röntgenaufnahmen von kranial nach kaudal. Die Werte differierten je nach Probandengröße.*

Abschnitt	kV	mAs
I	68 - 75	18 - 25
II	70 - 81	32 - 50
III	73 - 87,5	32 - 56
IV	73 - 90	40 - 80

4 Beurteilung der Röntgenbilder

Das gesammelte Material wurde sorgfältig ausgewertet und die erhobenen Befunde dokumentiert. Um eine möglichst standardisierte und umfassende Beurteilung der Röntgenaufnahmen zu gewährleisten, wurde im Vorfeld eine Befundungstabelle erarbeitet, die alle erwarteten Befunde enthielt und bei Bedarf erweitert und modifiziert werden konnte. Der Schwerpunkt bei der Datenerfassung wurde auf spondylarthrotische Prozesse und röntgendichte Verschattungen dorsal des Atlas gelegt, da diesen beim Pferd in den letzten Jahren erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt wurde und ihre klinischen Relevanz nicht abschließend geklärt ist (FÜRST, 2006; DOWN & HENSON, 2009). Als Hinweis für Facettengelenkarthrose wurden folgende Veränderungen gewertet:

- Vergrößerung der Facettengelenke
- dorsale und komplette Verschattung des Foramen intervertebrale
- unruhige Kontur der beurteilbaren Gelenkanteile
- unregelmäßiger oder wolkiger Gelenkspalt

- Sklerose
- Aufhellungen

Wenn Anzeichen für eine arthrotische Veränderung des Gelenks vorhanden waren, wurde anschließend eine Einstufung gemäß *Tabelle 2* in unterschiedliche Arthrosegrade vorgenommen.

Tabelle 2: Einstufungen der Facettengelenkarthrosen nach ENGEL (2010)

Arthrosegrad	Einstufung	Ausprägung
0	Ohne Anzeichen für Facettengelenkarthrose	Keine Befunde
1	<u>Geringgradige</u> Anzeichen für Facettengelenkarthrose	Auftreten eines Befundes in geringer Ausprägung
2	<u>Mittelgradige</u> Anzeichen für Facettengelenkarthrose	Auftreten mehrerer Befunde in geringer Ausprägung oder eines Befundes in deutlicher Ausprägung
3	<u>Hochgradige</u> Anzeichen für Facettengelenkarthrose	Auftreten mehrerer Befunde in deutlicher Ausprägung
4	<u>Höchstgradige</u> Anzeichen für Facettengelenkarthrose	Auftreten mehrerer Befunde in deutlicher Ausprägung mit Veränderungen an angrenzenden Knochenstrukturen

5 Strahlenschutz

Die Untersuchungen wurden unter Beachtung der gesetzlichen Bestimmungen der Röntgenverordnung (RöV) in ihrer aktuellen Fassung durchgeführt. Relevanz besaß insbesondere der Abschnitt 1a (Strahlenschutzgrundsätze), wie auch § 21 (Schutzvorkehrungen), § 22 (Zutritt zu Strahlenschutzbereichen) und § 35 (Zu überwachende Personen und Ermittlung der Körperdosis). Im Sinne der RöV befanden sich zum Zeitpunkt der Strahlenemission nur der Untersucher sowie eine Hilfsperson, die zur Fixation des Pferdes nötig war im Kontrollbereich. Alle anwesenden Personen trugen Röntgenschutzbekleidung bestehen aus einer Bleischürze und einem Schilddrüsenschutz. Der Bleigleichwert der Röntgenschürzen betrug an der Körpervorderseite 0,35 mm und im Rückenbereich 0,25 mm, derjenige des Schilddrüsenschutzes 0,5 mm. Die Personendosis wurde durch ein Filmdosimeter aufgezeichnet, das während der Anwesenheit im Kontrollbereich auf Brusthöhe getragen wurde.

6 Einteilung der Probanden

Aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung des Probandenguts fand eine Einteilung der Pferde in Gruppen ähnlicher Pferdetypen statt. Die Aufschlüsselung in einzelne Pferderassen (außer Warmblüter) erschien aufgrund der teilweise kleinen Anzahl einzelner Rasseverteter allerdings nicht sinnvoll. Es wurden die drei folgenden Gruppen gebildet:

Tabelle 3: Einteilung der Probanden in Rassegruppen.

Nr.	Gruppe	Rassen
I	Warmblüter	Warmblutpferde
II	Kleinpferde	Islandpferde, Haflinger, Deutsches Reitpony, Welsh Pony, Shetlandpony
III	Sonstige Pferde	Quarter Horse, Arabisches Vollblut, Appaloosa, Tinker, Traber, Pura Raza Española, Kaltblüter, exotische Pferderassen

Da das Warmblutpferd den größten Anteil der Probanden stellte und ferner aufgrund seiner häufigen Nutzung als Sportpferd regelmäßig Röntgenuntersuchungen an der Halswirbelsäule unterzogen wird, fand bei dieser Rasse zusätzlich eine Unterteilung in folgende Altersklassen statt.

- < 5 Jahre, 5 – 10 Jahre, 10 – 15 Jahre, > 15 Jahre

7 Statistik

Die Signalementdaten und die erhobenen Befunde wurden kodiert und einer statistischen Analyse mit Hilfe des Programmes IBM® SPSS® unterzogen. Um einen Überblick über die Verteilung der relevanten Befunde zu gewinnen wurde eine deskriptive Analyse des gesammelten Datenmaterials durchgeführt. Die Prüfung der statistischen Signifikanz wurde mittels χ^2 -Test (Chi-Quadrat-Test) durchgeführt, wobei Werte von $p > 0,05$ nicht als signifikant, $p < 0,05$ als signifikant und $p < 0,01$ als hochsignifikant betrachtet wurden. Ein zweiseitiger t-Test für unabhängige Stichproben wurde herangezogen, um den Einfluss des Körpergewichts auf die Ausbildung von Facettengelenkarthrosen zu ermitteln.

Beim Warmblutpferd wurde außerdem ein Mittelwertvergleich (t-Test) des Alters der Pferde mit und ohne arthrotische Veränderungen durchgeführt. Anschließend wurde das Effektmaß Cohen's d für die Mittelwertvergleiche von Körpergewicht und Alter ermittelt, um eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien herzustellen und die praktische Relevanz beurteilen zu können. Hierfür wurde von dem effect size calculator (COE) Gebrauch gemacht. Die von Cohen angegebenen Werte wurden zur Beurteilung der Effektstärke herangezogen (NAKAGAWA & CUTHILL, 2007).

- $d > 0,2$ kleiner Effekt
- $d > 0,5$ mittlerer Effekt
- $d > 0,8$ großer Effekt

IV. ERGEBNISSE

1 Probanden

Bei den 302 Probanden handelte es sich wie oben beschrieben um Patienten der chirurgischen Abteilung der Klinik für Pferde der LMU. Die Rassezugehörigkeit der untersuchten Pferde teilte sich wie folgt auf: 156 Warmblüter, 25 Islandpferde, 18 Haflinger, 19 Quarter Horses, 18 Ponys, 15 Arabische Vollblüter, 9 Appaloosa, 8 Kaltblüter, 7 Traber, 6 Pura Raza Española Pferde und 21 Pferde sonstiger Rassen. Nach der Einteilung in die drei Gruppen ergaben sich folgende Gruppengrößen:

- Gruppe I (Warmblutpferde): n = 156
- Gruppe II (Kleinpferde): n = 61
- Gruppe II (Sonstige): n = 85

Das Durchschnittsalter der Probanden lag bei 10,2 Jahren (s = 5,47 Jahre) und die durchschnittliche Körpermasse bei 497,6 kg (s = 96,47 kg). 129/302 (42,7 %) der untersuchten Pferde waren Stuten, 145/302 (48 %) Wallache und 28/302 (9,3 %) Hengste.

2 Befunde

2.1 Facettengelenkarthrose

Eines der Hauptziele dieser Studie war die Erhebung von Datenmaterial, das eine Aussage über die Alters-, Rasse und Lokalisationsverteilung von Facettengelenkarthrosen beim Pferd ermöglichen soll. Es zeigte sich, dass die kaudalen Facettengelenke (C5-C7) häufiger als die kopfnahen Gelenke (C1-C4) betroffen sind. So war die Artikulation zwischen C5/C6 bei 45,3 % (137/302) und diejenige zwischen C6/C7 bei 54,3 % (164/302) aller untersuchten Pferde arthrotisch verändert, während die weiter kranial gelegenen Gelenke bei deutlich unter 20 % der Pferde Veränderungen aufwiesen. Die Warmblüter hatten gegenüber den anderen beiden Pferdegruppen an fünf der sechs betrachteten Lokalisationen häufiger arthrotische Umbauprozesse. Somit bildeten sie insgesamt die Gruppe mit der höchsten Prävalenz für Facettengelenkarthrosen.

Tabelle 4: Häufigkeit von Facettengelenkarthrosen zwischen den unterschiedlichen Halswirbeln bei insgesamt 302 Equiden, darunter 156 Warmblutpferden, 61 Ponys (z.B. Haflinger, Islandpferde, Reitponys) und 85 Pferden sonstiger Rassen (z.B. Quarter Horses, Appaloosa, Traber, Kaltblüter und Arabische Vollblüter). An den mit * gekennzeichneten Lokalisationen besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Rassegruppen.

Gruppe		C2/C3	C3/C4	C4/C5*	C5/C6*	C6/C7*	C7/T1*
WB n = 156	Anzahl Arthrosen	36	15	29	94	107	21
	% in der Gruppe	23,1%	9,7%	18,8%	60,6%	69,0%	13,5%
Pony n = 61	Anzahl Arthrosen	10	4	2	14	12	0
	% in der Gruppe	16,1%	6,5%	3,2%	23,3%	20,7%	0,0%
Sonstige n = 85	Anzahl Arthrosen	10	7	17	29	45	1
	% in der Gruppe	11,9%	8,3%	20,5%	34,1%	57,0%	1,3%
Gesamt n = 302	Anzahl Arthrosen	56	26	48	137	164	22
	% in der Gruppe	18,5%	8,6%	15,9%	45,3%	54,3%	7,2%
p - Wert		0,09	0,742	0,008	< 0,001	< 0,001	< 0,001

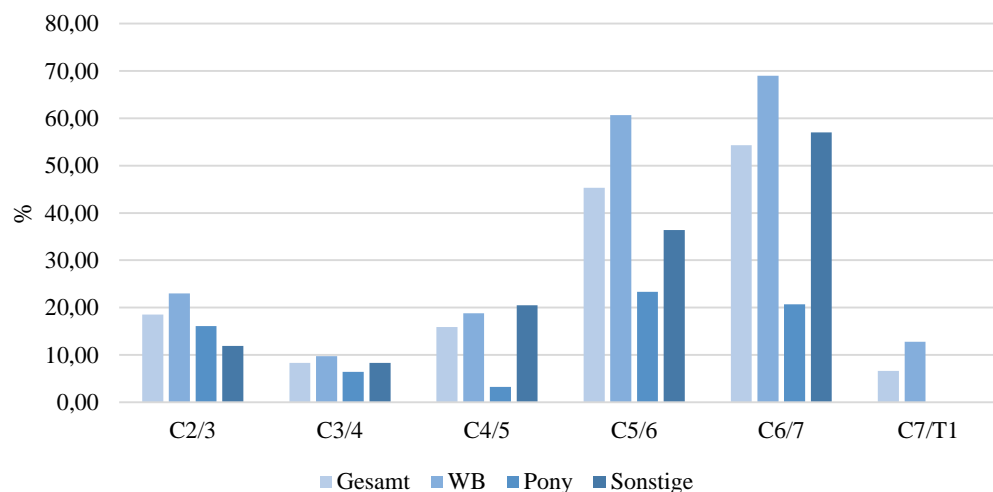


Abbildung 9: Grafische Darstellung der Verteilung von Facettengelenkarthrosen bei den unterschiedlichen Pferdegruppen an den entsprechenden Lokalisationen (in Prozent).

2.1.1 Einfluss der Rassezugehörigkeit

Die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Pferderasse beziehungsweise zu einer Rassegruppe hatte im untersuchten Probandengut einen zum Teil signifikanten Einfluss auf die Auftrittshäufigkeit von zervikaler Spondylarthrose (siehe *Tabelle 4*). Insbesondere im kaudalen Halswirbelsäulensegment (C5-C7) war der Unterschied zwischen den Prävalenzen der untersuchten Rassegruppen besonders deutlich. Kaudal des 5. Halswirbels waren Pferde der Gruppe I (Warmblutpferde) hochsignifikant ($p\text{-Wert} > 0,001$) häufiger betroffen als Pferde anderer Gruppen.

2.1.2 Einfluss des Körpergewichts

Der Mittelwertvergleich des Körpergewichts von Pferden mit und ohne Facettengelenkarthrosen an den jeweils betrachteten Lokalisationen zeigte, dass es eine Korrelation zwischen zunehmendem Gewicht und höherer Prävalenz von arthrotisch veränderten Facettengelenken gibt. Da das Probandengut eine große Anzahl Warmblutpferde beinhaltete, die im Durchschnitt deutlich schwerer als der durchschnittliche Proband waren, wurde für diese Rasse ein gesonderter t-Test zur Untersuchung des Einflusses des Gewichts durchgeführt, um eine Scheinkorrelation zu prüfen. Tatsächlich zeigte sich jedoch, dass auch beim Warmblüter an mehreren Lokalisationen ein Zusammenhang zwischen einer Körpergewichtszunahme und erhöhter Prävalenz von Facettengelenkarthrosen besteht. Allerdings konnte für die Gelenke zwischen C2/C3 ($p\text{-Wert} = 0,286$) sowie zwischen C3/C4 ($p\text{-Wert} = 0,096$) und für das zwischen C7/T1 ($p\text{-Wert} = 0,284$) beim Warmblutpferd kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Körpergewicht und dem Auftreten einer Facettengelenkarthrose hergestellt werden. Bei der Betrachtung des gesamten Probandenguts hingegen konnte an allen Lokalisationen außer an C3/C4 ($p\text{-Wert} = 0,116$) ein solcher Zusammenhang erkannt werden.

Tabelle 5: Mittelwertvergleich (t-Test) des Körpergewichts (KGW) in kg aller 302 Equiden. *s* = Standardabweichung, * kennzeichnet Lokalisationen, an denen ein signifikanter Einfluss des KGW auf die Ausbildung von Facettengelenkarthrosen besteht.

Lokalisation	KGW in kg der Pferde ohne Arthrose an der jeweiligen Lokalisation		KGW in kg der Pferde mit Arthrose an der jeweiligen Lokalisation		p -Wert
	Mittelwert	s	Mittelwert	s	
C2/C3 *	491,740	101,8840	523,571	62,0791	0,003
C3/C4	494,811	97,1503	525,962	87,2814	0,116
C4/C5 *	489,120	97,9011	540,188	77,9459	0,001
C5/C6 *	466,589	103,8418	534,139	72,7175	< 0,001
C6/C7 *	452,844	109,0511	531,671	68,0810	< 0,001
C7/T1 *	492,041	98,2167	554,500	60,9510	< 0,001

Tabelle 6: Mittelwertvergleich (t-Test) des Körpergewichts der 156 untersuchten Warmblüter. *s* = Standardabweichung, * kennzeichnet Lokalisationen, an denen ein signifikanter Einfluss des KGW auf die Ausbildung von Facettengelenkarthrosen besteht.

Lokalisation	KGW in kg der WB ohne Arthrose an der jeweiligen Lokalisation		KGW in kg der WB mit Arthrose an der jeweiligen Lokalisation		p -Wert
	Mittelwert	s	Mittelwert	s	
C2/C3	547,433	46,6794	556,861	45,0937	0,286
C3/C4	547,600	44,5175	569,000	60,4507	0,090
C4/C5 *	544,560	44,9714	569,966	47,9259	0,008
C5/C6 *	533,672	47,9283	559,415	42,5063	0,001
C6/C7 *	533,646	48,9535	556,299	43,5171	0,005
C7/T1	547,923	44,9523	559,762	57,1068	0,284

2.1.3 Einfluss des Alters

Die ermittelten Prävalenzwerte von Facettengelenkarthrosen waren beim älteren Pferd höher als beim jüngeren. Um den Einfluss des Alters besser darstellen zu können, wurden die Warmblutpferde in folgende Altersklassen unterteilt und die Prävalenz der Befunde in diesen Gruppen ermittelt.

Tabelle 7: Einteilung der Warmblüter in Altersklassen

Klasse	Ø Alter	n
<i>Gesamt</i>	9,49	156
< 5 Jahre	3,23	21
5-10 Jahre	6,98	62
10-15 Jahre	12,83	54
> 15 Jahre	18,25	19

Tabelle 8: Auftreten von Arthrosen an den unterschiedlichen Facettengelenken in den entsprechenden Altersklassen beim Warmblutpferd. Angaben jeweils in absoluten Zahlen (obere Zeile) und in Prozent innerhalb der Altersklasse (untere Zeile).

		C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
< 5 Jahre n = 21	Anzahl Arthrosen	1	1	1	4	8	0
	% in Altersklasse	4,8%	4,8%	4,8%	19,0%	38,1%	0,0%
5-10 Jahre n = 62	Anzahl Arthrosen	9	4	6	35	40	8
	% in Altersklasse	14,5%	6,6%	9,8%	56,5%	64,5%	11,3%
10-15 Jahre n = 54	Anzahl Arthrosen	18	5	13	42	43	9
	% in Altersklasse	33,3%	9,3%	24,5%	77,8%	79,6%	16,7%
> 15 Jahre n = 19	Anzahl Arthrosen	8	5	9	13	16	4
	% in Altersklasse	42,1%	26,3%	47,4%	68,4%	84,2%	21,1%
WB gesamt n = 156	Anzahl Arthrosen	36	15	29	94	107	21
	% in Altersklasse	23,08%	9,7%	18,8%	60,6%	69,0%	13,9%
p - Wert		0,003	0,061	0,001	< 0,001	0,004	0,22

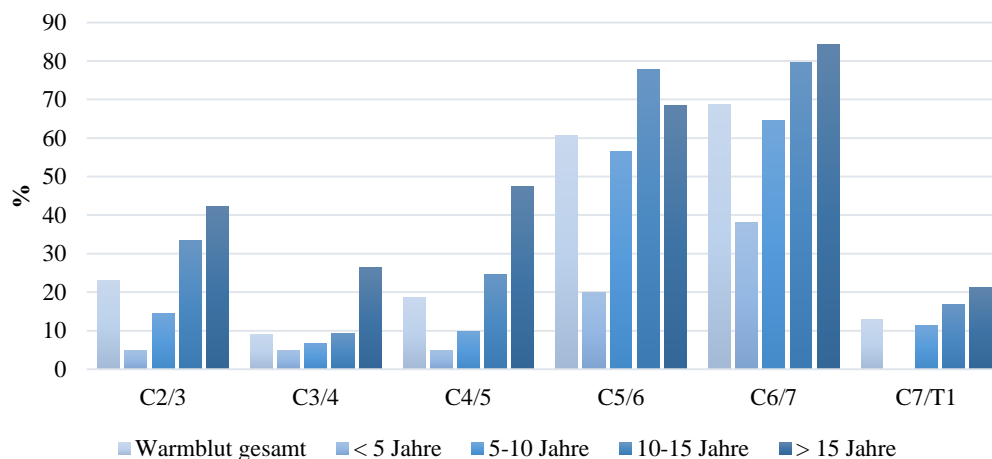


Abbildung 10: Grafische Darstellung der Verteilung von Facettengelenkarthrosen bei den unterschiedlichen Altersklassen des Warmblutpferdes an den entsprechenden Lokalisationen (in Prozent).

Die Daten in *Tabelle 8* und *Abbildung 10* zeigen einen Anstieg der Prävalenz von Facettengelenkarthrosen in den höheren Altersklassen. Der t-Test bestätigte die statistische Signifikanz des Zusammenhanges zwischen zunehmendem Alter und höherer Prävalenz arthrotischer Veränderungen der kleinen Halswirbelgelenke. Eine Ausnahme bildete hier erneut die Artikulation zwischen C3/C4, bei der kein statistisch signifikanter (p-Wert = 0,054) Zusammenhang hergestellt werden konnte. Ferner wiesen die Gelenke des kaudalen Halswirbelabschnitts (C5-C7) früher Umbauprozesse auf als die weiter kranial gelegenen (C2-C4). Erkennbar wurde dies insbesondere bei der Betrachtung der unterschiedlichen Altersklassen. Beispielsweise war die Lokalisation C2/C3 bei über 15-jährigen Pferden 8,8-mal häufiger von Arthrosen betroffen als bei unter 5-jährigen. Im kaudalen Halswirbelsäulenabschnitt hingegen lag dieser Quotient deutlich niedriger (siehe *Tabelle 9*).

Tabelle 9: Prävalenz von Facettengelenkarthrosen bei unter 5-jährigen ($n = 21$) und über 15-jährigen ($n = 19$) Warmblutpferden im Vergleich. Darunter der Quotient, der angibt, um wieviel häufiger über 15-jährige Pferde an der jeweiligen Lokalisation arthrotische Veränderungen aufwiesen.

Lokalisation	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7
<5-jährige	4,8 %	4,8 %	4,8 %	19 %	38,1 %
>15-jährige	42,1 %	26,3 %	47,4 %	68,4 %	84,2 %
Quotient	8,8	5,5	9,9	3,6	2,2

Tabelle 10: Mittelwertvergleich (t-Test) des Alters der untersuchten Warmblüter. s = Standardabweichung, * kennzeichnet Lokalisationen, an denen ein signifikanter Einfluss des Alters auf die Ausbildung von Facettengelenkarthrosen besteht.

Alter in Jahren der WB ohne Arthrose an der jeweiligen Lokalisation			Alter in Jahren der WB mit Arthrose an der jeweiligen Lokalisation		
Lokalisation	Mittelwert	s	Mittelwert	s	p-Wert
C2/C3 *	8,78	4,433	11,83	3,745	< 0,001
C3/C4	9,19	4,189	12,47	5,951	0,054
C4/C5 *	8,73	3,997	12,69	5,036	< 0,001
C5/C6 *	7,75	4,396	10,67	4,125	< 0,001
C6/C7 *	7,56	4,105	10,40	4,341	< 0,001
C7/T1 *	9,19	4,322	11,95	4,748	0,008

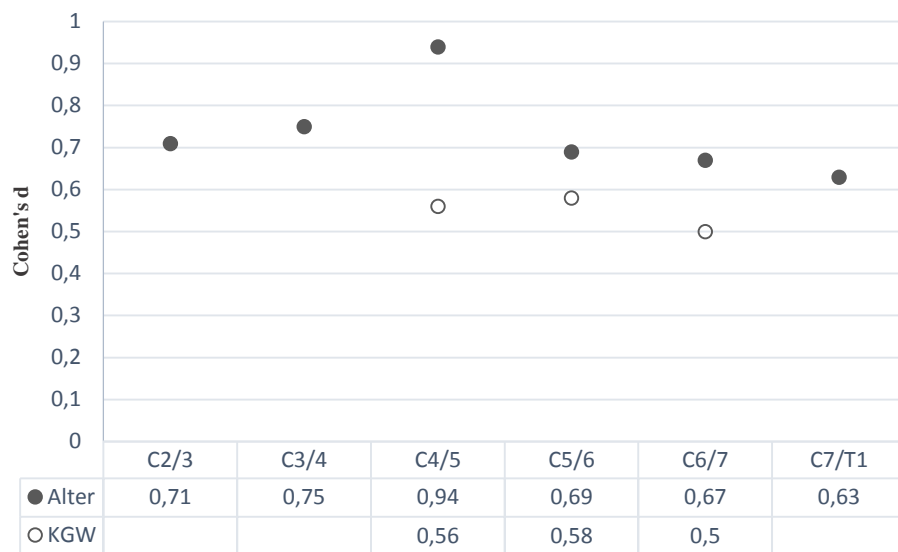


Abbildung 11: Darstellung der Effektstärke Cohen's d für den Einfluss des Alters und des Körpergewichts auf die Ausbildung von Facettengelenkarthrosen. ($d > 0,2$ = kleiner Effekt, $d > 0,5$ = mittlerer Effekt, $d > 0,8$ = großer Effekt). Beim KGW wurden für die Lokalisationen C2/C3, C3/C4 und C7/T1 keine Werte angegeben, da das Konfidenzintervall die 0 umfasst und daher kein Effekt existiert (siehe Tabelle 11.)

Tabelle 11: Konfidenzintervalle für die in Abb. 11 angegebene Effektstärke Cohen's d .

Konfidenzintervalle für das Alter			Konfidenzintervalle für das Körpergewicht		
	von	bis		von	bis
C2/C3	0,33	1,09	C2/C3	-0,17	0,58
C3/C4	0,21	1,29	C3/C4	-0,07	1,00
C4/C5	0,52	1,35	C4/C5	0,24	0,90
C5/C6	0,36	1,02	C5/C6	0,15	0,96
C6/C7	0,31	1,01	C6/C7	0,15	0,84
C7/T1	0,16	1,09	C7/T1	-0,21	0,71

2.1.4 Einfluss der Geschlechterzugehörigkeit

Vier der sechs untersuchten Lokalisationen waren beim männlichen Pferd häufiger betroffen als bei Stuten. Da Alter und Körpergewicht einen Einfluss auf die Auftrittshäufigkeit von Arthrosen haben, wurden für die im Vergleich zum Wallach durchschnittlich 1,46 Jahre jüngeren und 32,9 kg leichteren Hengste gesonderte Angaben gemacht. Das Durchschnittsalter der Stuten lag 0,43 Jahre unter demjenigen der Wallache und ist (wie das im Mittel 20 kg geringere Gewicht) vergleichbar mit dem der Wallache. Statistisch signifikante Unterschiede bei der Geschlechterverteilung konnten nur bei den beiden Gelenken zwischen C3 und C5 beobachtet werden. An diesen Lokalisationen waren männliche Tiere häufiger betroffen als Stuten.

Tabelle 12: Auftreten von Facettengelenkarthrosen an den jeweiligen Lokalisationen bei Stuten und männlichen Pferden (Wallach und Hengst).

Gelenk	<i>männlich</i> (Wallach + Hengst)	Wallach	Stuten	Hengste	p-Wert
C2/C3	20,24	20,8	26,4	14,3	0,613
C3/C4	15,48	14,3	2,8	28,6	0,014
C4/C5	27,71	27,6	8,5	28,6	0,010
C5/C6	63,86	64,5	56,9	57,1	0,633
C6/C7	68,67	71,1	69,4	42,9	0,302
C7/T1	15,85	14,5	11,6	33,3	0,330

2.2 Facettengelenkarthrose an unterschiedlichen Lokalisationen

2.2.1 Facettengelenkarthrose zwischen Axis und dem 3. Halswirbel

Arthrosen der Facettengelenke zwischen Axis und dem 3. Halswirbel konnten insgesamt bei 18,5 % (56/302) der Pferde festgestellt werden. Bei den beobachteten Umbauprozessen handelte es sich um wolkige, osteolytisch erscheinende Aufhellungsherde um die Artikulation der Facettengelenkflächen beider Wirbel. Außerdem waren in der Regel exostotische Zubildungen an der Ventralkontur des Processus articularis des 3. Halswirbels sichtbar. Mit zunehmendem Arthrosegrad fand eine stärkere Proliferation der Exostosen am Gelenkfortsatz und damit eine Verengung des Foramen intervertebrale von dorsal statt. Dieser Vorgang kann zu einer kompletten Verschattung des Zwischenwirbelloches führen (siehe *Abbildung 15*). Während arthrotische Veränderungen dieser Gelenke bei 23 % (36/156) der

untersuchten Warmblutpferde auftraten, konnten diese nur bei 16,1 % (10/61) der Kleinpferde und bei 11,9 % (10/85) der sonstigen Pferde beobachtet werden. Diese Verteilung ist allerdings nicht statistisch signifikant (p -Wert = 0,090). Höhere Arthrosegrade als Grad 2 waren nur beim Warmblüter festzustellen.

Tabelle 13: Vorkommen von Facettengelenkarthrosen in den unterschiedlichen Ausprägungsgraden bei den entsprechenden Pferdeguppen zwischen C2 und C3.

Arthrosegrad					
Gruppe		Grad 1 (ggr.)	Grad 2 (mgr.)	Grad 3 (hgr.)	Grad 4 (högr.)
WB n = 156	Anzahl	24	6	3	3
	% in Gruppe	15,4%	3,8%	1,9%	1,9%
Pony n = 61	Anzahl	9	1	0	0
	% in Gruppe	14,5%	1,6%	0,0%	0,0%
Sonstige n = 85	Anzahl	10	0	0	0
	% in Gruppe	11,9%	0,0%	0,0%	0,0%
Gesamt n = 302	Anzahl	43	7	3	3
	% in Gruppe	14,2%	2,3%	1,0%	1,0%

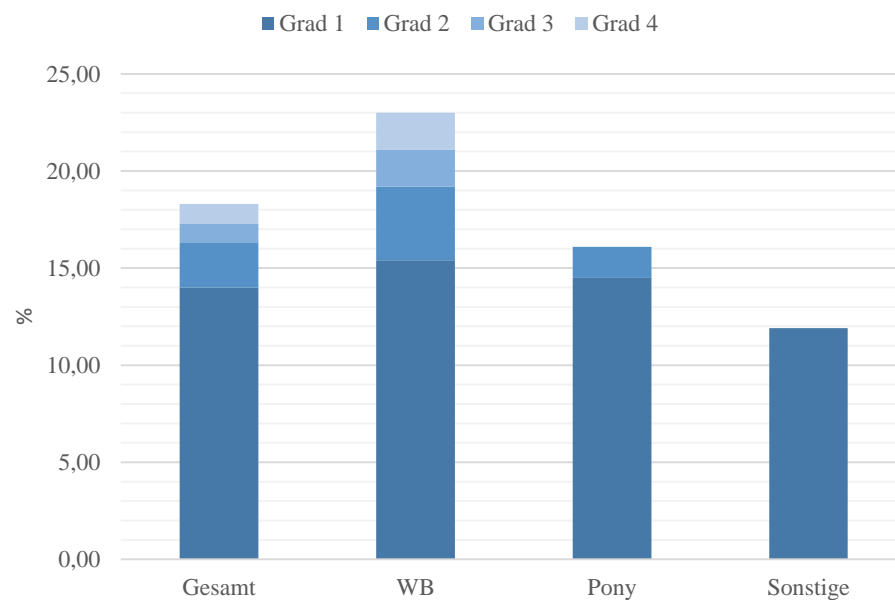


Abbildung 12: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C2/C3 bei den jeweiligen Rassegruppen (in Prozent).



Abbildung 13: geringgradige Anzeichen einer Facettengelenkarthrose zwischen C2/C3 bei einer 12-jährigen Warmblutstute (Pferd 38). Die auch normalerweise vorhandene Aufhellungslinie erscheint wolkig (Pfeil). Außerdem sind exostotische Ausziehungen am kranialen Gelenkfortsatz sichtbar.

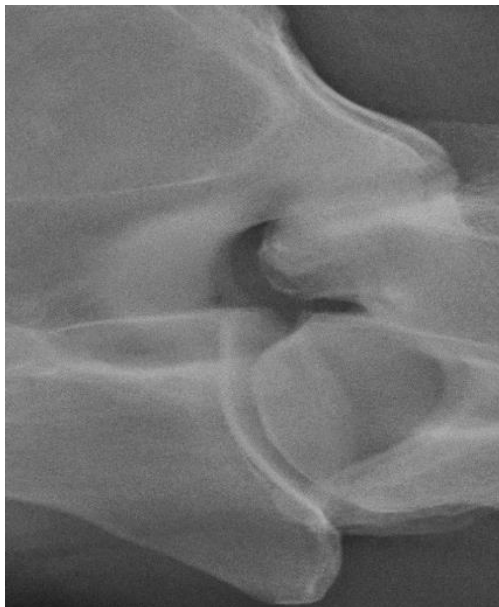


Abbildung 14: mittelgradige arthrotische Veränderungen des Facettengelenks C2/C3 bei einer 9-jährigen Warmblutstute (Pferd 90). Es ist eine deutliche Proliferation des Gelenkfortsatzes des 3. Halswirbels in das Zwischenwirbelloch sichtbar. Die Ventralkontur des Processus articularis erscheint wolkig.

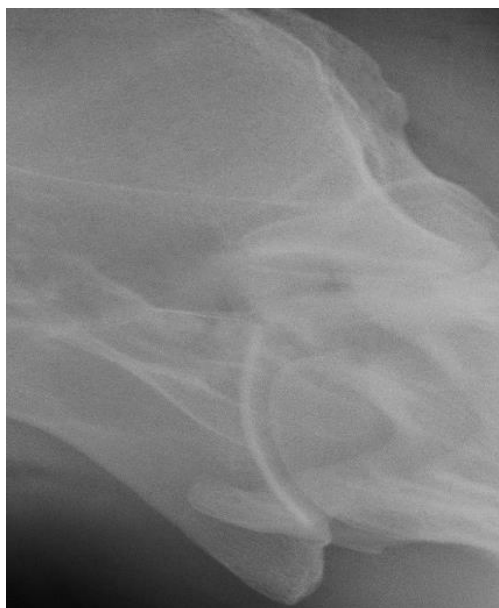


Abbildung 15: höchstgradig arthrotisch verändertes Facettengelenk C2/C3 eines 14-jährigen Warmblutwallachs (Pferd 82). Das Foramen intervertebrale erscheint komplett verschattet, der Gelenkfortsatz plump proliferiert und es liegt eine subchondrale Sklerose vor.

2.2.2 Facettengelenkarthrose zwischen dem 3. und 5. Halswirbel

Facettengelenkarthrosen im mittleren Halswirbelsäulenabschnitt (C3/C4 und C4/C5) stellen sich morphologisch recht ähnlich dar. Die kranialen Gelenkfortsätze proliferieren mit zunehmendem Arthrosegrad plump. Dies kann teilweise nur unilateral der Fall sein, so dass im Röntgenbild bei orthograder Abbildung eine Doppelkontur des Processus articularis im Foramen intervertebrale sichtbar wird (siehe *Abbildung 16*). Mit aufsteigendem Grad der Veränderung kann es zu einer kompletten Verschattung des Zwischenwirbelloches durch die angesprochene Proliferation des Gelenkfortsatzes kommen. Die zugebildete Knochensubstanz erscheint dabei meist inhomogen und kann auch osteolytische Herde enthalten. Des Weiteren sind häufig wolkige Proliferationen am dorsalen Gelenkrand sichtbar.

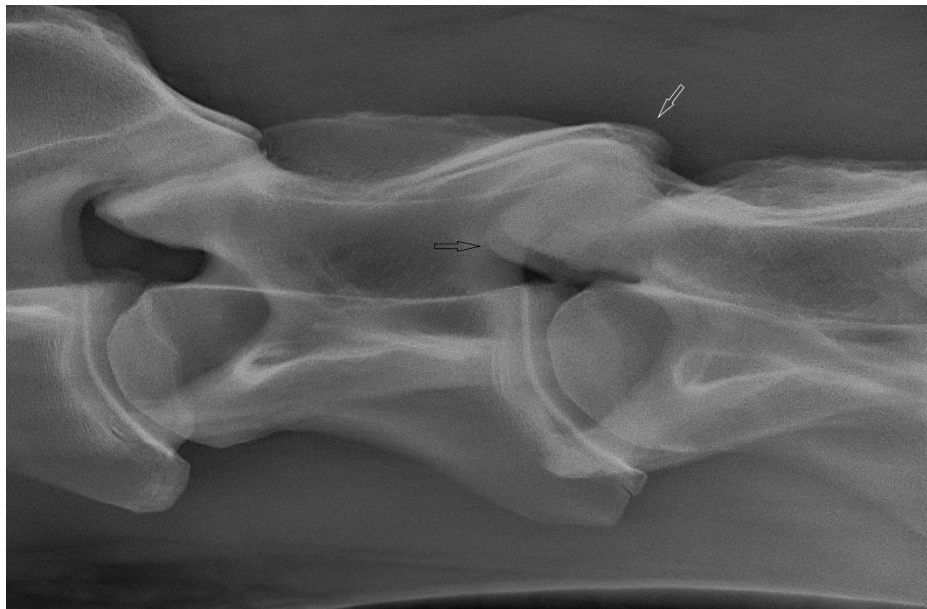


Abbildung 16: geringgradige Facettengelenkarthrose zwischen C3/C4 bei einer 4-jährigen Warmblutstute (Pferd 265). Zu beachten ist die Doppelkontur der Gelenkfortsätze trotz orthograder Abbildung des Gelenks. Ein Gelenkfortsatz ist sowohl nach kranial, als auch nach ventral vergrößert (schwarzer Pfeil). Außerdem ist eine unruhige Konturvergrößerung am dorsalen Gelenksrand feststellbar (weißer Pfeil).

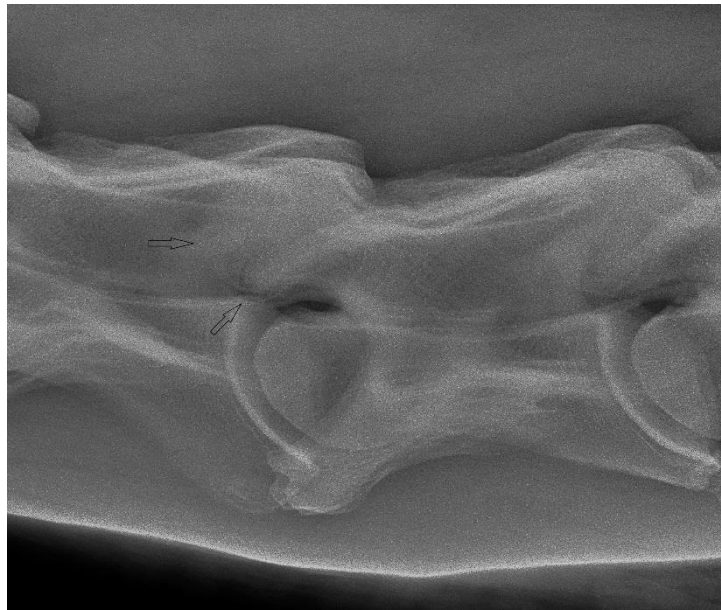


Abbildung 17: mittelgradige arthrotische Veränderungen zwischen C4/C5 bei einer 12-jährigen Ponystute. Die Gelenkfortsätze sind plump vergrößert und kranial wolkig aufgelockert, das Foramen intervertebrale dorsal verschattet.

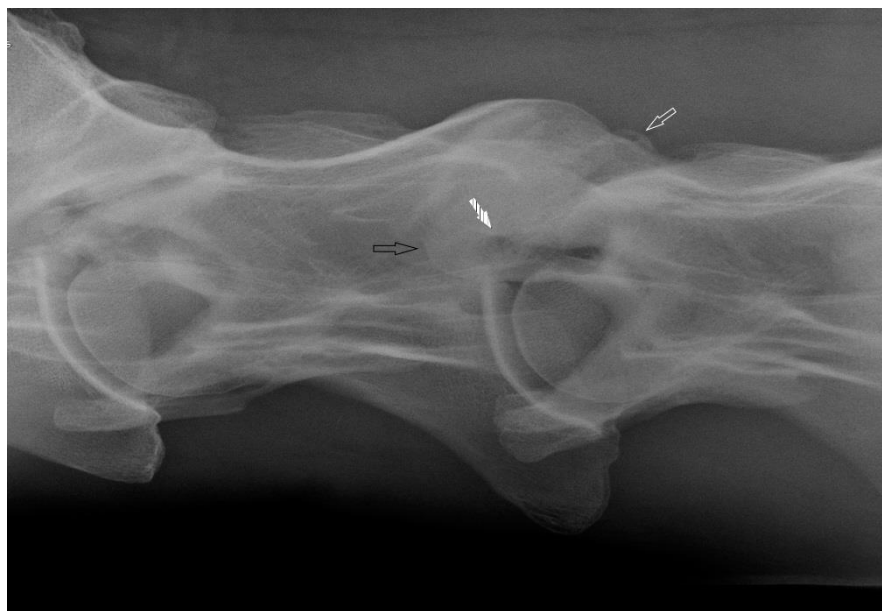


Abbildung 18: hochgradige Facettengelenkarthrose zwischen C3/C4 bei einem 14-jährigen Warmblutwallach (Pferd 82). Das Foramen intervertebrale ist komplett verschattet, die Gelenkfortsätze scheinen asymmetrisch nach kranial (schwarzer Pfeil) und ventral vergrößert und dorsal des Gelenks sind Zubildungen sichtbar (weißer Pfeil). Außerdem sind osteolytische Herde feststellbar (schraffierter Pfeil).

Die Facettengelenke zwischen dem 3. und 4. Halswirbel sind vergleichsweise selten von arthrotischen Veränderungen betroffen. Insgesamt wiesen 8,6 % (26/302) aller untersuchten Equiden derartige Veränderungen auf, wobei die Verteilung über die jeweiligen Pferdegruppen nicht signifikant differierte (p-Wert = 0,742). Die Artikulation zwischen dem 4. und 5. Halswirbel war bei 15,9 % (48/302) aller Pferde arthrotisch verändert. Auffallend ist, dass dieses Gelenk das einzige ist, das häufiger bei Pferden der Gruppe III (sonstige Pferderassen) verändert war als bei Warmblütern.

Tabelle 14: Vorkommen von Facettengelenkarthrosen in den unterschiedlichen Ausprägungsgraden bei den entsprechenden Pferdegruppen zwischen C3 und C4.

		Arthrosegrad			
		Grad 1	Grad 2	Grad 3	Grad 4
WB n = 156	Anzahl	10	2	2	0
	% in Gruppe	6,5%	1,3%	1,3%	0,0%
Pony n = 61	Anzahl	3	1	0	0
	% in Gruppe	4,8%	1,6%	0,0%	0,0%
Sonstige n = 85	Anzahl	7	0	0	0
	% in Gruppe	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Gesamt n = 302	Anzahl	20	3	2	0
	% in Gruppe	6,6%	1,0%	0,7%	0,0%

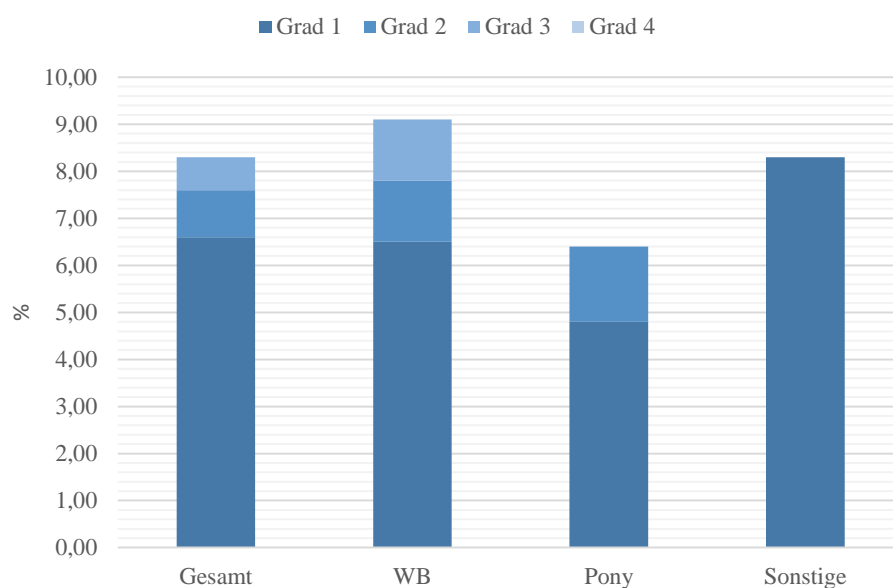


Abbildung 19: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C3/C4 bei den jeweiligen Rassegruppen (in Prozent).

Tabelle 15: Vorkommen von Facettengelenkarthrosen in den unterschiedlichen Ausprägungsgraden bei den entsprechenden Pferdegruppen zwischen C4 und C5.

		Arthrosegrad			
		Grad 1	Grad 2	Grad 3	Grad 4
WB n = 156	Anzahl	21	6	2	0
	% in Gruppe	13,6%	3,9%	1,3%	0,0%
Pony n = 61	Anzahl	2	0	0	0
	% in Gruppe	3,2%	0,0%	0,0%	0,0%
Sonstige n = 85	Anzahl	12	4	1	0
	% in Gruppe	14,5%	4,8%	1,2%	0,0%
Gesamt n = 302	Anzahl	35	10	3	0
	% in Gruppe	11,7%	3,3%	1,0%	0,0%

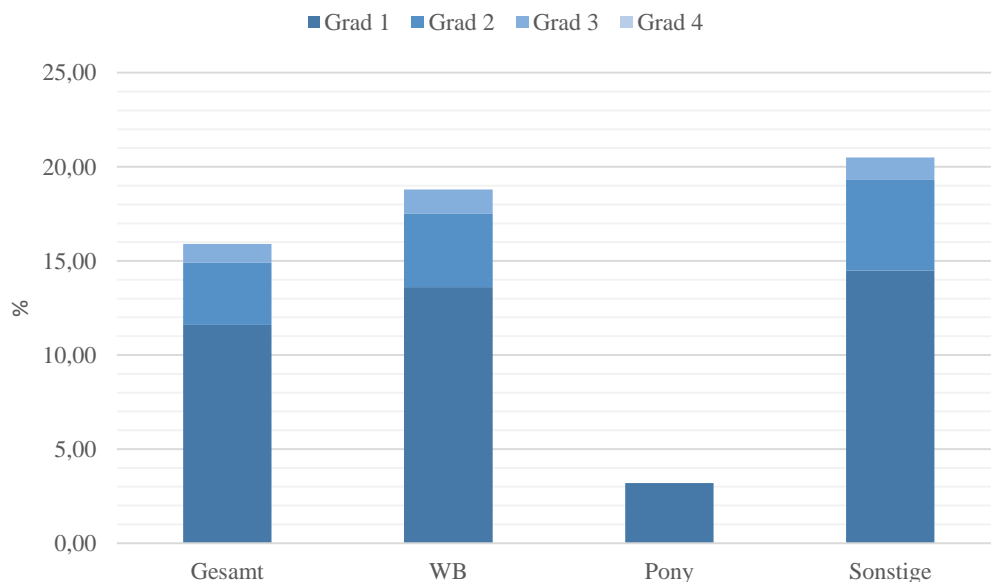


Abbildung 20: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C4/C5 bei den jeweiligen Rassegruppen (in Prozent).

2.2.3 Facettengelenkarthrose im kaudalen Halswirbelsäulenabschnitt

Bei 45,3 % (137/302) der untersuchten Pferde zeigten sich Facettengelenkarthrosen zwischen dem 5. und 6. Halswirbel. Unter den Warmblutpferden waren bei 60,7 % (94/156) der Probanden knöcherne Umbauprozesse im Sinne einer Arthrose festzustellen und damit hochsignifikant häufiger als bei Pferden der Gruppe II und III (p-Wert < 0,001). Beim Kleinpferd war dies jedoch die Lokalisation, die am häufigsten arthrotisch verändert war.

Tabelle 16: Vorkommen von Facettengelenkarthrosen in den unterschiedlichen Ausprägungsgraden bei den entsprechenden Pferdegruppen zwischen C5 und C6.

		Arthrosegrad			
		Grad 1	Grad 2	Grad 3	Grad 4
WB n = 156	Anzahl	41	44	7	2
	% in Gruppe	26,5%	28,4%	4,5%	1,3%
Pony n = 61	Anzahl	9	3	2	0
	% in Gruppe	15,0%	5,0%	3,3%	0,0%
Sonstige n = 85	Anzahl	11	17	1	0
	% in Gruppe	13,8%	21,3%	1,3%	0,0%
Gesamt n = 302	Anzahl	61	64	10	2
	% in Gruppe	20,2%	21,5%	3,3%	0,7%

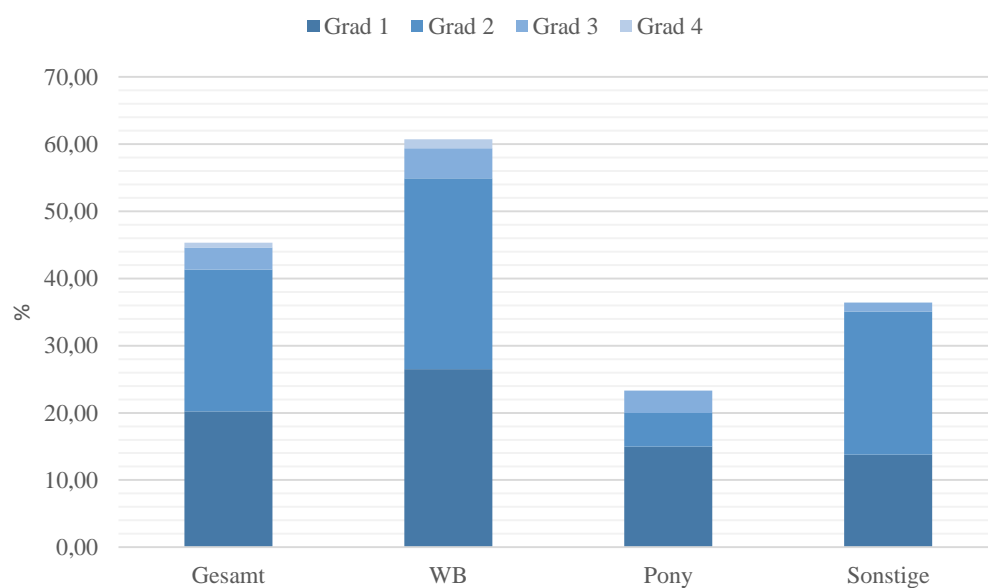


Abbildung 21: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C5/C6 bei den jeweiligen Rassegruppen (in Prozent).

Umbauprozesse an den kaudalen Facettengelenken tendierten im Vergleich zu Veränderungen an ihren kranial gelegenen Äquivalenten dazu mit stärkerem Ausprägungsgrad aufzutreten. Zumindest beim Warmblutpferd war die mittelgradige Ausprägung der Facettengelenkarthrose häufiger zu beobachten als die geringgradige.



Abbildung 22: Aufnahme des Kaudalendes des 5. Halswirbels bis zum 1. Brustwirbel bei einem 6-jährigen Warmblutwallach ohne pathologische Befunde an den dargestellten Facettengelenken.

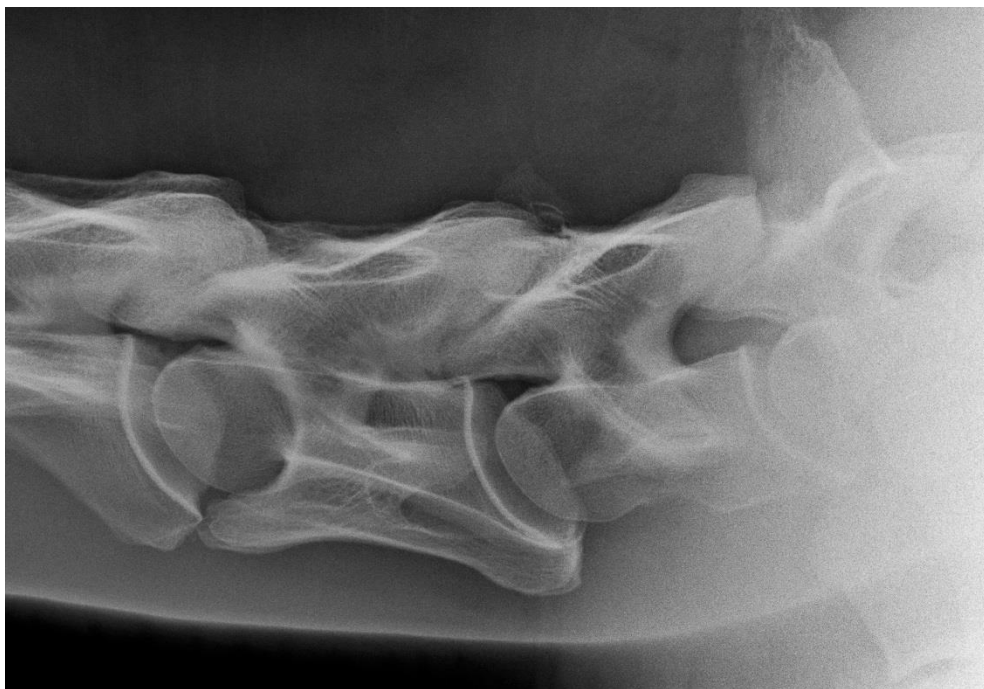


Abbildung 23: Geringgradige Umbauprozesse im Sinne von Facettengelenkarthrosen an den Gelenken C5/C6 und C6/C7 bei einem 15-jährigen Arabischen Vollblutwallach, (Pferd 146).



Abbildung 24: Mittelgradige arthrotische Veränderungen zwischen C5/C6 und C6/C7 beim einem 22-jährigen Traberwallach (Pferd 135). Die Gelenkfortsätze sind deutlich raumfordernder als in der vorherigen Abbildung, das Zwischenwirbelloch ist gänzlich verschattet und die Ventralkontur der Gelenkfortsätze erscheint unruhig.



Abbildung 25: Hochgradige Spondylarthrose zwischen C5/C6 bei einer 5-jährigen Warmblutstute (Pferd 302). Die Gelenkfortsätze des 6. Halswirbels sind asymmetrisch plump proliferiert, das Foramen intervertebrale ist komplett verschattet. Am dorsalen Gelenkrand scheinen Ausziehungen des 5. und 6. Halswirbels eine Pseudarthrose auszubilden.

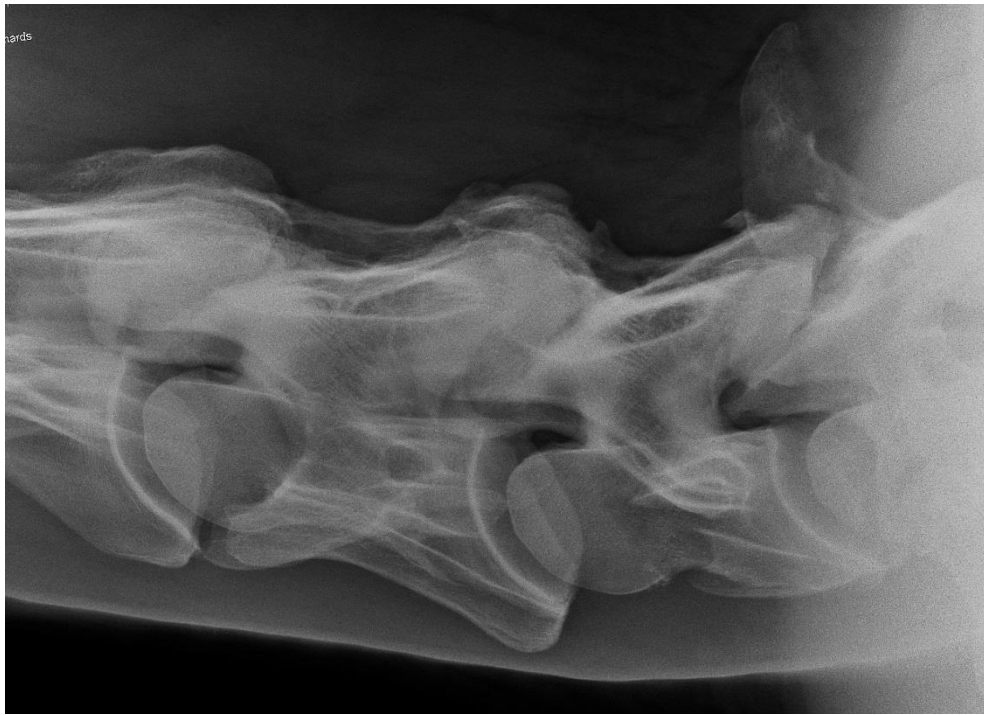


Abbildung 26: Hochgradige Arthrosen der Facettengelenke zwischen C5 und C6, sowie zwischen C6 und C7 eines 22-jährigen Warmbluthengstes (Pferd 89). Trotz annähernd orthograder Lagerung sind die Gelenkfortsätze asymmetrisch proliferiert. Im Bereich des Gelenkspalts erscheint die Knochensubstanz wolkig aufgehell. Auffällig ist außerdem die massive Proliferation der dorsalen Gelenkkontur, einhergehend mit mehreren zackigen Exostosen.



Abbildung 27: Höchstgradige arthrotische Veränderung des Gelenks zwischen C5/C6 bei einer 14-jährigen Warmblutstute (Pferd 110). Neben den oben beschriebenen Veränderungen kommen in diesem Fall noch osteolytisch erscheinende Herde im ventralen Gelenkbereich sowie eine knollige Proliferation dorsal des Gelenks hinzu. Die Artikulation zwischen C6 und C7 ist hochgradig verändert.



Abbildung 28: Höchstgradige arthrotische Umbauprozesse zwischen C6/C7 bei einem 5-jährigen Warmblutwallach (Pferd 104). Das Gelenk C5/C6 ist ohne besonderen Befund.

Häufiger als das Gelenk zwischen C5/C6 war nur das Gelenk C6/C7 von Facettengelenkarthrosen betroffen. Periartikuläre Umbauprozesse konnten an diesem Gelenk bei 54,3 % (164/302) der Studienpferde festgestellt werden. Sowohl für den Wirbelübergang C5/C6, als auch für den zwischen C6/C7 konnte ein hochsignifikanter Einfluss der Rassegruppenzugehörigkeit ausgemacht werden (p-Wert < 0,001)

Tabelle 17: Vorkommen von Facettengelenkarthrosen in den unterschiedlichen Ausprägungsgraden bei den entsprechenden Pferdegruppen zwischen C6 und C7.

		Arthrosegrad			
		Grad 1	Grad 2	Grad 3	Grad 4
WB n = 156	Anzahl	34	46	23	4
	% in Gruppe	21,8%	29,5%	14,7%	2,6%
Pony n = 61	Anzahl	6	6	0	0
	% in Gruppe	9,7%	9,7%	0,0%	0,0%
Sonstige n = 85	Anzahl	20	19	6	0
	% in Gruppe	23,8%	22,6%	7,1%	0,0%
Gesamt n = 302	Anzahl	60	71	29	4
	% in Gruppe	19,9%	23,5%	9,6%	1,3%

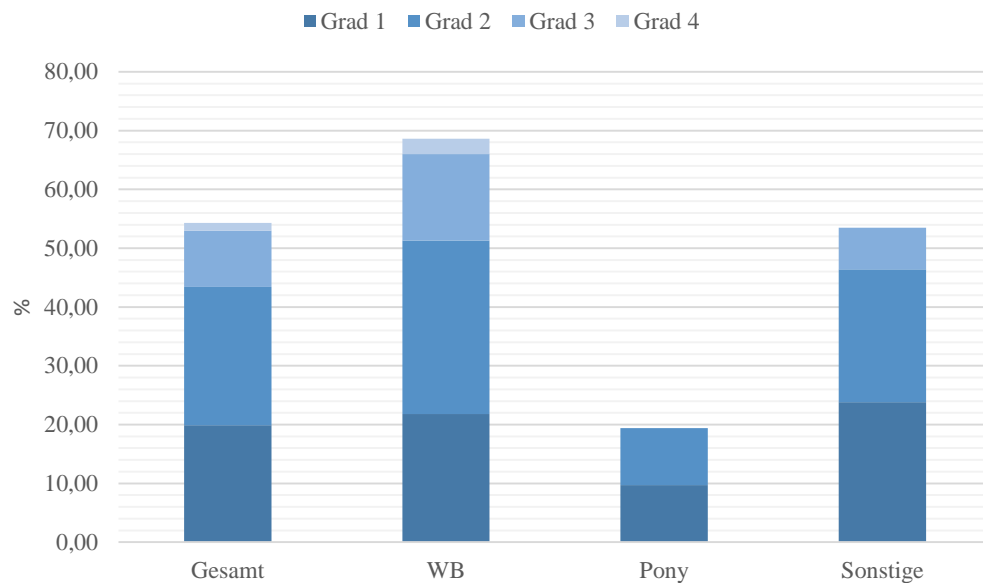


Abbildung 29: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C6/C7 bei den jeweiligen Rassegruppen (in Prozent).

Arthrotische Veränderungen des Gelenks, das den Übergang zwischen Hals- und Brustwirbelsäule darstellt wurden vergleichsweise selten festgestellt. An dieser Lokalisation konnten nur beim Warmblüter Arthrosen gefunden werden. Massive knöcherne Umbauprozesse wie bei den beiden kranial benachbarten Gelenken konnten in keinem Fall beobachtet werden. Dahingegen beschränkten sich die Veränderungen auf eine mit zunehmenden Ausprägungsgrad progressive Verschattung des Foramen intervertebrale. Der kaudale Anteil des letzten Halswirbelkörpers und der kaudale Gelenkfortsatz neigten zu einer plumpen Vergrößerung, während am ersten Brustwirbel, abgesehen von einer Proliferation des Gelenkfortsatzes nach kranioventral in der Regel keine oder nur sehr moderate knöcherne Umbauprozesse feststellbar waren. In einigen Fällen war der Wirbelübergang im Bereich beider Gelenkfortsätze deutlich wolzig aufgelockert.

Tabelle 18: Vorkommen von Facettengelenkarthrosen in den unterschiedlichen Ausprägungsgraden bei den entsprechenden Pferdegruppen zwischen C7 und T1.

		Arthrosegrad			
		Grad 1	Grad 2	Grad 3	Grad 4
WB n = 156	Anzahl	8	6	4	2
	% in Gruppe	5,1%	3,8%	2,6%	1,3%
Pony n = 61	Anzahl	0	0	0	0
	% in Gruppe	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Sonstige n = 85	Anzahl	0	0	0	0
	% in Gruppe	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gesamt n = 302	Anzahl	8	6	4	2
	% in Gruppe	2,6%	2,0%	1,3%	,7%

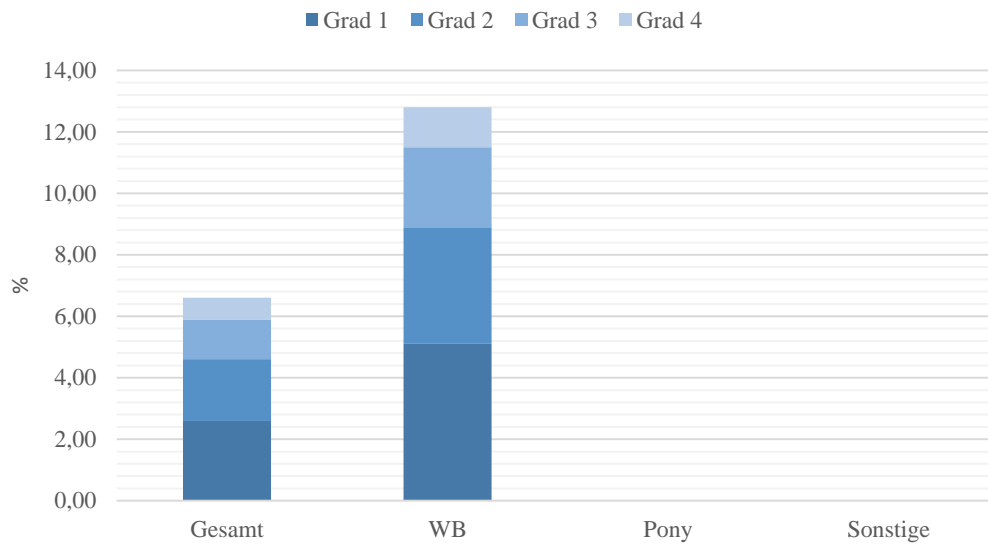


Abbildung 30: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C7/T1 bei den jeweiligen Rassegruppen (in Prozent).

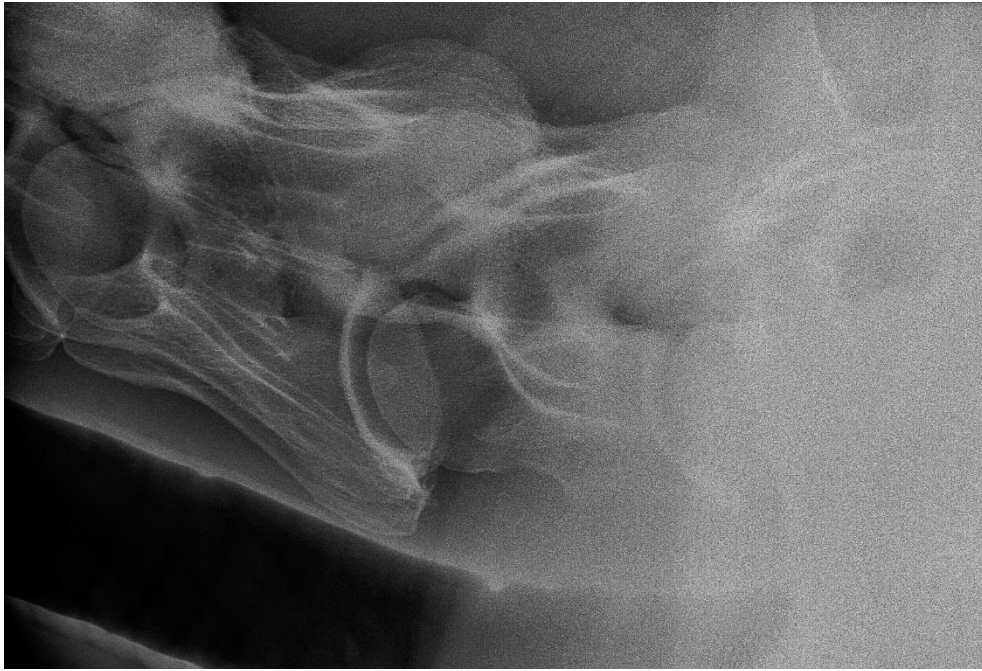


Abbildung 31: Geringgradige Arthrosebildung zwischen C7/T1 bei einem 21-jährigen Warmblutwallach (Pferd 287).

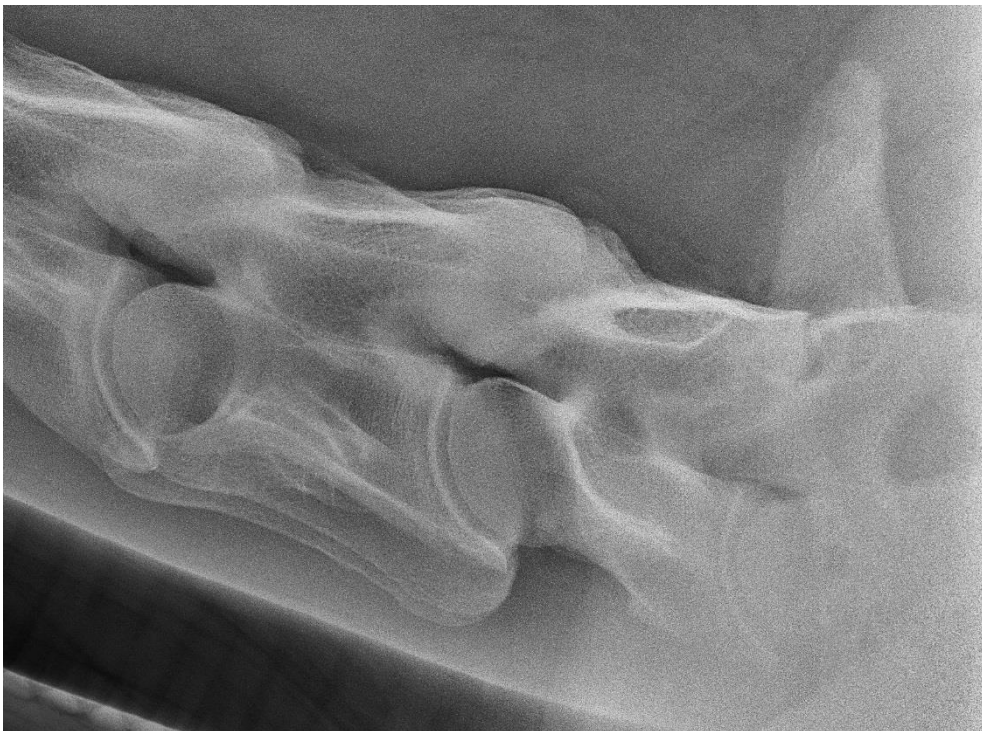


Abbildung 32: Mittelgradige Facettengelenkarthrose zwischen C7/T1 bei einem 6-jährigen Warmblutwallach (Pferd 280).



Abbildung 33: Hochgradige arthrotische Veränderungen zwischen C7/T1 bei einem 21-jährigen Warmblutwallach (Pferd 58).

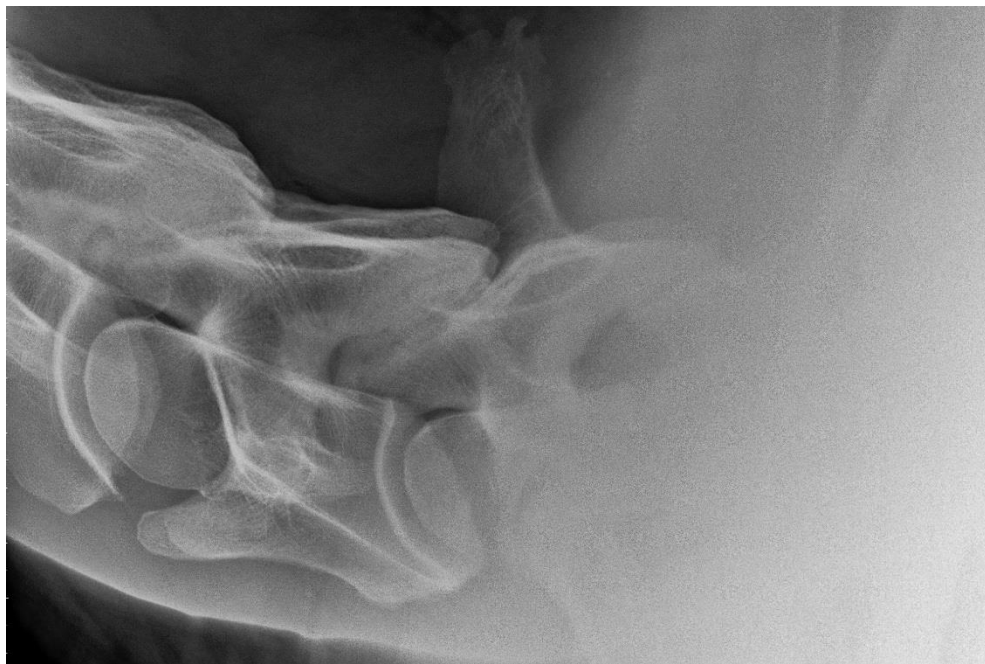


Abbildung 34: Höchstgradige Spondylarthrose des Gelenks C7/T1 bei einer 18-jährigen Warmblutstute (Pferd 95).

2.3 Verschattungen dorsal des Atlas

Dorsal des ersten Halswirbels konnten bei insgesamt 5,6 % (17/302) der Equiden auffällige Befunde erhoben werden. Bei den Veränderungen handelte es sich im Allgemeinen um Verschattungen, deren Größe und Form eine beträchtliche Variationsbreite aufwiesen. Ihre Ausprägung reichte von dezent wolkigen, multiplen kleinen Verschattungen bis hin zu nodulär erscheinenden streifigen Gebilden, die in ihrer Ausdehnung sogar über die Länge des Wirbelkörpers hinausgehen konnten. In einigen Fällen wies der Arcus dorsalis betroffener Pferde osteophytäre Veränderungen auf, die zumeist an der Kaudalkante des Wirbelbogens zu finden waren. Entsprechende Befunde wurden bei 8,3 % (13/156) der untersuchten Warmblutpferde (Gruppe I) festgestellt und damit häufiger als bei der Gesamtpopulation (5,6%). Beim Kleinpferd (Gruppe II) konnte dieser Befund hingegen überhaupt nicht beobachtet werden. Darüberhinaus spielt auch bei dieser Veränderung das Alter eine signifikante Rolle (p -Wert = 0,03). Warmblutpferde, die diesen Befund aufwiesen, waren durchschnittlich 12,08 Jahre ($s = 3,752$) alt, während Pferde ohne Verkalkungsherde dorsal des Atlas im Durchschnitt 9,29 Jahre ($s = 4,452$) alt waren. Ein signifikanter Einfluss des Gewichts konnte nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 19: Vorkommen von röntgendichten Verschattungen dorsal des Atlas bei den unterschiedlichen Rassegruppen (kein Vorkommen beim Pony).

WB	Anzahl	13
n = 156	% in Gruppe	8,30%
Sonstige	Anzahl	4
n = 85	% in Gruppe	4,70%
Gesamt	Anzahl	17
n = 302	% in Gruppe	5,60%
p-Wert		0,052

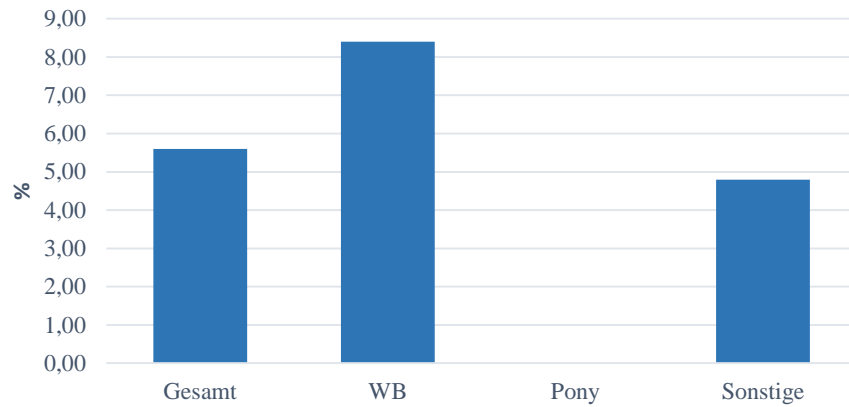


Abbildung 35: Grafische Darstellung des Vorkommens von Verschattungen dorsal des Atlas bei den unterschiedlichen Pferdegruppen (Angaben in Prozent).

Tabelle 20: Vorkommen von röntgendichten Verschattungen dorsal des Atlas bei den unterschiedlichen Altersklassen des Warmblutpferds.

< 5-jährige n = 21	Anzahl	0
	% in Altersklasse	0,0%
5-10-jährige n = 62	Anzahl	4
	% in Altersklasse	6,5%
10-15-jährige n = 54	Anzahl	6
	% in Altersklasse	11,1%
> 15-jährige n = 19	Anzahl	3
	% in Altersklasse	15,8%
P- Wert	0,260	

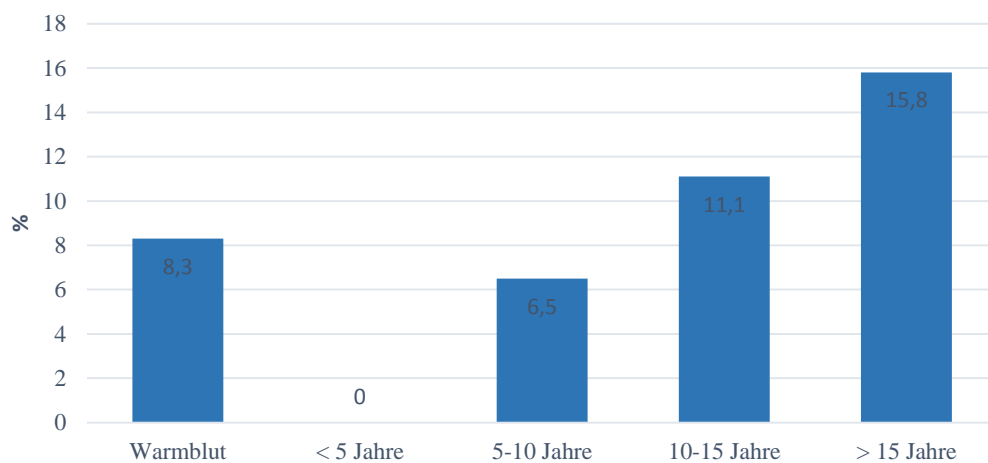


Abbildung 36: Vorkommen von Verschattungen dorsal des Atlas bei unterschiedlichen Altersgruppen des Warmblutpferds (Angaben in Prozent).



Abbildung 37: dezente wolkige Verschattung dorsal des Atlas, sowie unruhige Oberfläche des Arcus dorsalis mit deutlicher Osteophytenbildung (Pferd 271).

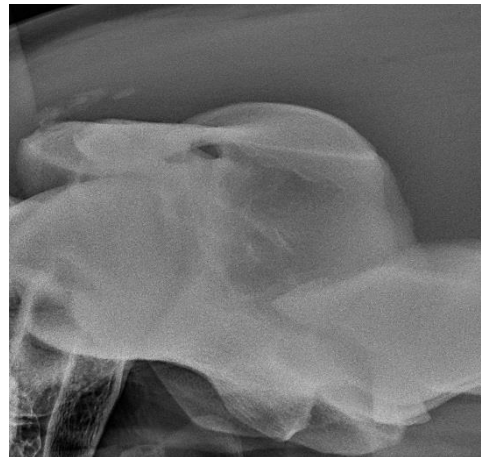


Abbildung 38: dezente Verschattungen an der Kranialkante des Arcus dorsalis des Axis bei einer 16-jährigen Warmblutstute (Pferd 187).



Abbildung 39: 14-jährige Warmblutstute mit einem Verkalkungsherd dorsal des 1. Halswirbels (Pferd 211).



Abbildung 40: diffus über dem Atlas verteilte Verschattungen erheblichen Ausmaßes. Auch der Arcus dorsalis des Atlas weist eine unruhige Kontur auf (Pferd 68).

V. DISKUSSION

1 Diskussion der Methode

1.1 Probanden

Zur Anfertigung dieser Arbeit wurden Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule von 302 Pferden ausgewertet. Patienten, die wegen Beschwerden im Halsbereich vorgestellt wurden sind ausgeschlossen worden. Dies gilt auch für Pferde mit offensichtlichen oder anamnestisch aufgetretenen neurologischen Defiziten. Eine über die kurze Beurteilung des Gangbildes hinausgehende neurologische oder orthopädische Untersuchung der Pferde erfolgte nicht. Insbesondere die Prüfung der Halsbeweglichkeit und die Erhebung eines auf die Rittigkeit bezogenen Vorberichts erschienen für die vorliegende Fragestellung nicht sinnvoll, da sie sehr stark von der Kooperation des Pferdes sowie dem subjektiven Empfinden des Reiters abhängen und schwierig quantifizierbar sind. Hinzu kommt, dass davon ausgegangen werden muss, dass ein nicht unerheblicher Teil der Probanden aus verschiedenen Gründen (Alter, sonstiger Verwendungszweck) nicht zu Reitzwecken genutzt wurde. In einer Studie mit ausschließlich als Reitpferd genutzten Warmblütern konnte LAUTENSCHLÄGER (2007) zeigen, dass die Röntgenbefunde von Pferden mit Rittigkeitsproblemen durchaus signifikant von denen abweichen, die keine Rittigkeitsprobleme aufweisen. Allerdings wird eingeräumt, dass auch muskulöse Ursachen für eine schlechtere Rittigkeit beziehungsweise herabgesetzte Halsbeweglichkeit in Betracht kämen. Abgesehen davon wurden Pferde mit mutmaßlichen Rittigkeitsproblemen bewusst in die Bewertung einbezogen, um einen möglichst repräsentativen Querschnitt der Pferdepopulation zu erhalten. Obwohl dies eine prospektive Studie mit einer verhältnismäßig großen Probandenzahl ist, beschränkten sich die untersuchten Pferde auf das Patientengut der Klinik für Pferde der LMU. Diese repräsentieren in ihrer Zusammensetzung bezüglich Alter, Rasse, Nutzungsart und sonstiger exogener wie auch endogener Faktoren möglicherweise nicht die reale deutsche Pferdepopulation.

1.2 Aufnahmetechnik

Die als Grundlage zur Erhebung des angestrebten Datenmaterials herangezogenen Röntgenaufnahmen wurden wie beschrieben am sedierten Pferd angefertigt. In Einzelfällen wurde die Beobachtung gemacht, dass selbst tief sedierte Pferde nicht problemlos geröntgt werden konnten. Einige Pferde zeigten durch die Sedativa ausgelöste Exzitationen wie wiederholtes Zucken des Kopfes, welches leicht zu Bewegungsartefakten führen kann. Bei anderen Pferden war eine strenge Einhaltung der definierten Kopf-Hals-Haltung nur annäherungsweise möglich. Dies war insbesondere bei bestimmten Pferderassen, wie zum Beispiel den Friesenpferden zu beobachten. Sie trugen den Hals häufig trotz tiefer Sedierung in einer aufrechten Position. Da die Kopf-Hals-Haltung die Weite der Foramina intervertebralia beeinflusst (BERNER, 2013), ist bei diesen Patienten besonders aufmerksam auf die knöcherne Kontur der Gelenkfortsätze zu achten. Allerdings ist es auch trotz korrekter Lagerung möglich, dass eine orthograde Abbildung aller relevanten Halswirbelstrukturen aufgrund pathologisch veränderter Lageverhältnisse nicht zu erreichen ist (BUTLER et al., 2011). Trotz leistungsfähiger Röntgenanlage ist die Darstellung des kaudalen Halswirbelsäulenabschnittes, insbesondere des Gelenks C7/T1 bei schweren Pferden (z.B. Kaltblütern) und bei Pferderassen mit ausgeprägter Schultergürtelmuskulatur (z.B. Quarter Horse) teilweise nicht in befriedigender Qualität möglich. Bei aller Sorgfalt bei Anfertigung und Befundung lateraler Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule muss jedoch immer auf eine limitierte Darstellbarkeit, insbesondere der kritischen anatomischen Strukturen im Bereich des Wirbelkanals hingewiesen werden. Veränderungen des Gelenkfortsatzes sind häufig schwierig festzustellen, besonders dann, wenn raumfordernde Prozesse in Richtung des Wirbelkanals vorliegen. (WITHERS et al., 2009; BUTLER et al., 2011). Auch sind die anhand seitlicher Röntgenaufnahmen erhobenen Befunde häufig nicht bedingungslos mit den Ergebnissen anderen Untersuchungsmethoden wie der Myelographie oder der pathologisch-anatomischen Untersuchung in Einklang zu bringen (PAPAGEORGES et al., 1987; ENGEL, 2010). Nichtsdestotrotz haben sich in den vergangenen Jahren zahlreiche Autoren mit der Objektivierung der Interpretation von Nativaufnahmen der equinen Halswirbelsäule befasst. In dieser Arbeit wird auf das von ENGEL (2010) benutzte Einteilungsschema für Veränderungen der Facettengelenke zurückgegriffen. Das

von DOWN und HENSON (2009) vorgeschlagene Schema bezieht sich vorrangig auf die kaudalen Halswirbelgelenke und ist aus diesem Grund für den vorliegenden Zweck nicht geeignet.

2 Diskussion der Ergebnisse

2.1 Verschattungen dorsal des Atlas

Verschattungen dorsal des ersten Halswirbels sind in dieser Studie am häufigsten beim Warmblutpferd aufgetreten. Die erhobene Prävalenz liegt bei 8,3 % (13/156) und ist damit nahe des bereits von ENGEL (2010) angegebenen Wertes (9 %). In der Literatur werden vergleichbare Röntgenbefunde einer Bursitis der Bursa subligamentosa nuchalis cranialis (auch Genickbeule oder Talpa) zugeordnet (WISSDORF et al., 2010). Es muss vermutet werden, dass bei umfangreichen Verkalkungen, auch eine Beteiligung des Nackenstranges vorliegt. Über die klinische Relevanz dieses Röntgenbefundes kann im Rahmen dieser Arbeit kein abschließendes Urteil abgegeben werden. Um diese genauer zu klären, wären Verlaufsuntersuchungen betroffener Pferde und eine spezifische Anamneseerhebung hinsichtlich der Nutzungsart und eventueller reiterlicher Probleme hilfreiche Maßnahmen. Äußerlich zeigten Pferde mit diesen röntgenologischen Veränderungen keine offensichtlichen Symptome einer Genickbeule oder Genickfistel, sodass davon ausgegangen werden muss, dass dieser rein röntgenologische Befund häufiger festzustellen ist als die klinische Manifestation einer Genickbeule (Talpa). Umgekehrt sind auch Fälle bekannt, in denen Beschwerden im Genickbereich nur durch Ultraschalluntersuchungen oder Kernspintomografie auf eine Entzündung der Bursa zurückzuführen waren (WAGNER & GERHARDS, 2010). Festzuhalten ist allerdings, dass die hier präsentierten Befunde als Vorstufe einer klinisch manifestierten Genickbeule zu betrachten sind. Bei einem der Probanden konnten im Rahmen dieser Studie eine röntgendichte Verschattungen dorsal des Axis festgestellt werden. Einige Monate später erfolgte eine Vorstellung des Tieres aufgrund einer Genickfistel. Auf die Frage, worauf die Tatsache beruht, dass Befunde dieser Art beim Warmblutpferd deutlich häufiger festzustellen sind, kann keine eindeutige Antwort gegeben werden. Als Ursache werden insbesondere repetitive Traumata der Genickregion

genannt (DIETZ, 2006). Möglicherweise neigen Warmblutpferde aufgrund ihrer größeren Körpergröße eher dazu Traumata im Genickbereich (z.B. durch Anschlagen an Türrahmen) zu erleiden. Darüber hinaus wäre eine höhere Prävalenz aufgrund einer unter Umständen intensiveren reiterlichen Nutzung von Warmblutpferden denkbar. Eine Studie von ELGERSMA et al. (2010) legt nahe, dass die Belastung des Nackenstranges bei unterschiedlichen Kopf-Hals-Haltungen jeweils im kranialen Halsbereich (zwischen Okziput und C2) am größten ist. Von der stärksten Belastung ist bei einer Hyperflexion auszugehen. Diese biomechanischen Überlegungen lassen eine Kausalität zwischen ausgiebiger reiterlicher Nutzung und erhöhter mechanischer Beanspruchung der Nackenregion plausibel erscheinen. Ob diese zu einer Prädisposition für eine Bursitis des dort gelegenen Schleimbeutels führt ist nicht abschließend geklärt. Auch ist der Einfluss unterschiedlicher und vieldiskutierter Reitweisen, wie der Rollkur auf die Genickregion noch nicht hinreichend untersucht. Zur vollständigen Klärung der Ätiopathogenese sind also weitere Daten über die Belastungsverhältnisse der Bursa subligamentosa nuchalis cranialis in unterschiedlichen Beanspruchungsarten, sowie deren Einfluss auf das Gewebe nötig.

2.2 Facettengelenkarthrose

2.2.1 Verteilung nach Lokalisationen

Die in dieser Studie erhobene Verteilung von Facettengelenkarthrosen über die Halswirbelsäulenabschnitte steht im Einklang mit den in der Literatur verfügbaren Angaben (WHITWELL & DYSON, 1987b; GERBER et al., 1989; FÜRST, 2006; DOWN & HENSON, 2009). Der Grund für das deutlich häufigere Auftreten von Veränderungen an den kaudalen Gelenken wird in der biomechanischen Beanspruchung dieser Artikulationen vermutet. Daten, die eine höhere mechanische Belastung des kaudalen Halswirbelsegmentes darlegen sind bislang nicht verfügbar. Allerdings haben ZSOLDOS et al. (2010) bei der Untersuchung der biomechanischen Eigenschaften des Pferdehalses im Schritt festgestellt, dass in dem Facettengelenk zwischen C5/C6 in allen Bewegungsrichtungen die geringste Mobilität herrscht. Daraus wurde abgeleitet, dass diese Artikulation im Sinne eines „low motion high pressure Gelenks“ fungiert, in dem große Last auf kleiner Knorpeloberfläche wirkt. Einschränkend muss allerdings zu bedenken gegeben

werden, dass der Bewegungsradius allein nicht ausschlaggebend zu sein scheint, da das Gelenk zwischen C6/C7 eine deutlich größere Beweglichkeit aufweist (ZSOLDOS et al., 2010), aber häufiger arthrotisch verändert ist. Vorstellbar wäre, dass sich das nach kaudal summierende Gewicht des Halses, welches auf die Gelenke einwirkt eine Rolle spielt. Insbesondere, wenn man sich das mechanische Belastungsprofil dieser Lokalisation vor Augen führt. Es handelt sich hierbei um den Übergangsbereich der flexiblen Halswirbelsäule, die als mächtiger Hebel nach kranial hervorragt, in die starre Brustwirbelsäule. Unterstützt wird diese Vermutung von der Erkenntnis, dass das Körpergewicht insbesondere im kaudalen Halsabschnitt eine Rolle bei der Ausprägung von Arthrosen spielt. Man kann also behaupten, dass zu dem konstant recht starken Einfluss des Alters im kaudalen Halswirbelsäulensegment ein dort deutlich stärker ausgeprägter Einfluss des Körpergewichts hinzukommt. Möglich ist auch die Beteiligung des Osteochondrosekomplexes an der Entstehung degenerativer Gelenkveränderungen im kaudalen Halsbereich (STEWART et al., 1991; FÜRST, 2006). Für deren Ausprägung werden als prädisponierende Faktoren Körpergröße, Körpergewicht und rasches Körperwachstum diskutiert (DOUGLAS, 2010), so dass das Körpergewicht hier indirekt als Einflussfaktor mitbeteiligt sein könnte.

Ein weiterer Unterschied zwischen dem kranialen und kaudalen Halswirbelsäulenanteil ist die Häufigkeit bestimmter Ausprägungsgrade der Spondylarthrosen. Während im kopfwärts gelegenen Abschnitt geringgradige Befunde deutlich überwiegen, sind gravierendere Ausprägungsgrade kaudal des 5. Halswirbels weitaus häufiger. Mitverantwortlich für diese Beobachtung könnte unter Umständen der deutlich frühere Erkrankungszeitpunkt in diesem Bereich sein. Betroffene Pferde befinden sich also zu einem früheren Zeitpunkt in einem schwereren Arthrostadium und erreichen insgesamt einen schwereren Ausprägungsgrad. Hinzu kommt die unterstellte erhöhte biomechanische Beanspruchung in diesem Abschnitt, die ein rascheres Fortschreiten der Umbauprozesse bedingen könnte.

2.2.2 Altersverteilung

Es ist eine allgemeine Tatsache, dass die Häufigkeit degenerativer Gelenkerkrankungen mit dem Alter ansteigt (POWERS et al., 1986; DOWN &

HENSON, 2009). So war zu erwarten, dass das Alter bei der Betrachtung jedes Gelenks eine wichtige Rolle spielt. Interessanterweise ist der Zusammenhang zwischen Alter und Prävalenz von Facettengelenkarthrosen in den kranialen Gelenken deutlicher ausgeprägt als in den kaudalen. Eine Tatsache, die die Vermutung unterstützt, dass an der Pathogenese der arthrotischen Veränderungen der kaudalen Gelenke (C5-T1) andere Faktoren stärker beteiligt sind. An dieser Stelle wäre in erster Linie das Körpergewicht als Faktor zu nennen, der den Einfluss des Alters im kaudalen Halswirbelsäulenabschnitt zurückdrängt. Der Einfluss des Alters auf die Ausbildung von arthrotischen Umbauprozessen innerhalb einer Pferderasse konnte am Beispiel des Warmblutpferdes in *Abbildung 10* verdeutlicht werden. Hier wird noch einmal ersichtlich, dass der Einflussfaktor Alter im kranialen Halswirbelsäulensegment stärker ausgeprägt ist. Die geringere Altersabhängigkeit von arthrotischen Umbauprozessen im kaudalen Halswirbelsäulensegment hat also zur Folge, dass das Durchschnittsalter von in diesem Bereich betroffenen Pferden vergleichsweise niedrig ist. Dieses verhältnismäßig frühe Auftreten von gravierenden Knochenveränderungen in der kaudalen Halswirbelsäule könnte unter anderem durch die von ZSOLDOS et. al. (2010) unterstellte starke mechanische Belastung des immaturren Knochens in diesem Bereich zurückzuführen sein. Im Wachstum befindliche Knochen haben eine größere Neigung dazu durch Umformungsprozesse auf mechanische Reize zu reagieren als mature (CARTER, 1984). Eine These, die insbesondere dann plausibel erscheint, wenn man in Betracht zieht, dass das Wachstum der Halswirbelsäule mit frühestens fünf Jahren als abgeschlossen zu betrachten ist (HERTSCH & EL SALAM RAGAB, 1976). Als Ursache für spondylarthrotische Prozesse der kaudalen Halswirbelsäulengelenke werden auch genetische Faktoren ins Gespräch gebracht (FÜRST, 2006), insbesondere, weil der Krankheitsbeginn vielfach vor Beginn der Nutzung des Pferdes vermutet wird (GERBER et al., 1989). Auch dies könnte die verhältnismäßig frühe Ausbildung von arthrotischen Veränderungen in diesem Halswirbelsäulensegment erklären. Umfangreiche Untersuchungen zum Einfluss erblicher Faktoren auf die Entwicklung von Facettengelenkarthrosen sind bisher jedoch nicht verfügbar. In Hinblick auf die Beurteilung von Röntgenaufnahmen im Rahmen der Kaufuntersuchung ist die Kenntnis der verhältnismäßig hohen Prävalenz von Umbauprozessen in den kaudalen Artikulationen, die auch schon in verhältnismäßig jungem Alter in gravierender Ausprägung vorliegen können wichtig für die Beurteilung.

2.2.3 Rasseverteilung

Verglichen mit nordamerikanischen Studien setzt sich das in dieser Arbeit untersuchte Patientengut deutlich anders zusammen. Den größten Unterschied macht dabei die Überrepräsentation der Vollblutpferde in den USA zugunsten der Warmblutpferde, die in der vorliegenden Studie den größten Rassenanteil ausmachen (POWERS et al., 1986; PAPAGEORGES et al., 1987; LEVINE et al., 2010). In neueren Studien fällt allerdings auch in den USA eine Überrepräsentation vom Warmblutpferden auf (BIRMINGHAM et al., 2010; LEVINE et al., 2010). Die Gruppierung der Pferderassen in drei Untergruppen erschien sinnvoll, um eine Bündelung ähnlicher Pferdetypen zu größeren Einheiten zu erreichen, da verschiedene Einzerrassen nur in geringer Zahl vertreten waren. Bei der Betrachtung der Prävalenz von Spondylarthrosen innerhalb der Rassegruppen wird eine deutliche Überrepräsentation der Warmblüter an allen Lokalisationen, (abgesehen vom Gelenk C4/C5) offenbar. Statistische Signifikanz für die Rasseverteilung wurde bei den Artikulationen zwischen C5 und T1 erreicht. In anderen Studien wurde der Warmblüter ebenfalls als am häufigsten betroffene Rasse angegeben (GERBER et al., 1989). Betrachtet man die Prävalenz von Facettengelenkarthrosen auf der Ebene der Einzerrassen, fällt auf, dass sich bei einige Rassen an gewissen Lokalisationen höhere Werte ergaben als beim Warmblüter. Bei genauerer Untersuchung dieser Lokalisationen konnte jedoch in den meisten Fällen festgestellt werden, dass sich diese Tatsache relativiert, sobald man den Altersdurchschnitt der betroffenen Rassen mit in Betracht zieht. Beispielsweise wurde für den Traber an fünf Gelenken eine höhere Prävalenz als beim Warmblüter angegeben. Der Altersdurchschnitt der untersuchten Traber liegt mit 16,29 Jahren allerdings deutlich über demjenigen der Warmblüter (9,49 Jahre). Vergleicht man die Ergebnisse der Traber mit denen der Warmblüter in der Altersgruppe der 10 bis 15-Jährigen (Durchschnittsalter 12,83 Jahre) stellt man fest, dass Warmblutpferde an vier der fünf betroffenen Lokalisation eine höhere Prävalenz aufweisen. Die Aussagekraft bleibt allerdings bei einer Zahl von sieben untersuchten Trabern begrenzt. Gleiches gilt für die mit acht Pferden vertretene Rasse der Kaltblutpferde. Allerdings konnte hier an drei Lokalisationen eine höhere Prävalenz als beim Warmblutpferd festgestellt werden (C3/C4, C4/C5, C6/C7). Eine mögliche Erklärung hierfür wäre das höhere Durchschnittsgewicht dieser Rasse, welches, wie oben erwähnt, für die Entwicklung einer Spondylarthrose an den besagten Gelenken eine Rolle spielt. Ein Grund für die Überrepräsentation des

Warmblutpferdes ist mit Sicherheit das überdurchschnittliche Körpergewicht dieser Pferderasse im Vergleich zu den anderen Pferderassen. Des Weiteren könnte eine vermutete intensivere reiterliche Nutzung von Warmblutpferden zu einer stärkeren Beanspruchung der Halswirbelsäule führen. Ein Autor hält auch genetische Faktoren für die Disposition zur Ausbildung von Facettengelenkarthrosen für möglich (FÜRST, 2006), belastbares Datenmaterial ist zu dieser Vermutung allerdings noch nicht vorhanden.

2.2.4 Bedeutung von zervikalen Spondylarthrosen

Die klinische Relevanz von Facettengelenkarthrosen ist äußerst schwierig objektiv anzugeben. Sind bei einem Patienten ausgeprägte neurologische Symptome und arthrotische Veränderungen an den Facettengelenken zu beobachten, die in Einklang mit den neurologischen Defiziten zu bringen sind, fällt es leicht einen Zusammenhang zu erkennen. Allerdings darf der Kliniker aus seiner Erfahrung heraus nicht zu dem Umkehrschluss verleitet werden, dass derartige röntgenologische Veränderungen bei einem anderen Pferd zwangsläufig zu neurologischen Ausfallserscheinungen führen müssen. Anhand dieser Studie kann über die klinische Relevanz von Spondylarthrosen keine definitive Aussage getroffen werden. Um dieser Fragestellung nachzugehen, wäre die Erhebung von erheblich mehr Datenmaterial über den Verwendungszweck, reiterliche Probleme und auch eine eingehende Untersuchung der Probanden hinsichtlich neurologischer und vor allem orthopädischer Symptome nötig. Einen ersten Schritt in diese Richtung haben LAUTENSCHLÄGER et al. (2009) unternommen, in deren Arbeit gezeigt werden konnte, dass Röntgenbefunde von Pferden mit reiterlichen Problemen signifikant von denen ohne Probleme abweichen. Auch Arbeiten, die sich dem Vergleich von Röntgenbefunden mit schnittbildgebenden Verfahren widmen, könnten das Verständnis röntgenologischer Befunde erweitern. Die bisherigen Erkenntnisse zeigen jedoch, dass die klinische Bedeutung von arthrotischen Veränderungen der Facettengelenke nicht allein anhand von Röntgenaufnahmen zu bestimmen ist. Spondylarthrosen im Bereich der Halswirbelsäule werden auf Röntgenaufnahmen häufig beobachtet, die Differenzierung von Pferden mit Halsmarkkompression ist jedoch nicht sicher möglich (PAPAGEORGES 1987). Zur Klärung der klinischen Relevanz eines Röntgenbefundes im individuellen Fall sind weitere diagnostische Maßnahmen,

wie eine eingehende neurologische, orthopädische und myelografische Untersuchung sowie die Szintigrafie indiziert (BIRMINGHAM et al., 2010; MARTINELLI et al., 2010). Ein Bericht aus der Praxis zeigt, dass bereits ein großer Anteil der Pferde mit einem Verdacht auf eine zervikale Spondylarthrose einer Szintigrafie unterzogen werden (MARTINELLI et al., 2010). Spondylarthrotische Prozesse von gering- und mittelgradiger Ausprägung haben im kaudalen Halswirbelsäulenabschnitt eine äußerst hohe Prävalenz (> 50 %). Vor diesem Hintergrund sollten entsprechende Befunde mit Vorsicht in Hinblick auf ihre klinische Relevanz interpretiert werden. Zweifellos können durch derartige Veränderungen gravierende neurologische und orthopädische Beschwerden bedingt sein, eine Bestätigung durch weitere diagnostische Maßnahmen ist jedoch in jedem Fall indiziert. Angesprochene Knochenveränderungen an der Halswirbelsäule werden von LAUTENSCHLÄGER (2007) als „Abweichung vom Idealbild“ bezeichnet. Eine Beschreibung, die in der Literatur in ähnlicher Weise wiederholt zu finden ist (DOWN & HENSON, 2009). Mit Blick auf die Auftrittshäufigkeit sind moderate Knochenumbauprozesse im kaudalen Halswirbelsäulensegment (C5-C7) auch beim jüngeren Warmblutpferd als durchaus normale oder übliche Befunde zu werten. Relevant bei der Beurteilung, ob ein Befund „Üblichkeit“ besitzt, ist also die Kenntnis darüber, an welcher Lokalisation, in welcher Ausprägung dieser auftritt und um was für einen Patienten es sich handelt. So kann es sich bei verhältnismäßig moderaten Umbauprozessen im mittleren Halswirbelsäulensegment bei einem älteren Patienten durchaus um einen unüblicheren Befund handeln als bei einer mittelgradigen Arthrose zwischen C6/C7 beim jüngeren Warmblüter.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel: Die Zielsetzung vorliegender Studie war es, die Prävalenz von Röntgenbefunden an den Gelenken der equinen Halswirbelsäule zu ermitteln. Darüber hinaus sollte die Frage geklärt werden, ob diese Befunde bei unterschiedlichen Pferdegruppen in voneinander abweichender Häufigkeit auftreten, ob Parameter wie Alter und Körpergewicht mit dem Auftreten der Befunde korrelieren und welche Lokalisationen besonders häufig betroffen sind. Hintergrund für diese Fragestellung ist die bisher herrschende Unsicherheit über die „Üblichkeit“ röntgenologischer Befunde an der Halswirbelsäule des Pferdes. Diese Arbeit soll Datenmaterial über Verteilungsmuster von Röntgenbefunden bei Pferden mit Rücksicht auf unterschiedliche Pferdetypen, Alter, Körpergewicht und Geschlecht zur Verfügung stellen, um der Definition des röntgenologischen „Normalbefundes“ für die entsprechenden Pferdegruppen näher zu kommen.

Methode: Von 302 Equiden wurden im Rahmen einer prospektiven Studie Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule in seitlichem Strahlengang ausgewertet. Die Befunde wurden anhand eines vorher erarbeiteten Bewertungsschemas dokumentiert. Anschließend fand eine Prävalenzerhebung der Befunde bei den in die drei folgenden Pferdegruppen aufgeteilten Probanden statt: Gruppe I: Warmblutpferde (n = 156), Gruppe II: Kleinpferde (n = 61) und Gruppe III: Sonstige (n = 85). Außerdem wurde die Gruppe der Warmblutpferde in Altersklassen unterteilt (< 5 Jahre [n = 21], 5-10 Jahre [n = 62], 10-15 Jahre [n = 54] und > 15 Jahre [n = 19]), um Prävalenzwerte für die entsprechenden Befunde bei Warmblutpferden unterschiedlichen Alters zu ermitteln. Der Einfluss des Alters und des Körpergewichts auf die Ausprägung einiger Befunde wurde durch einen Mittelwertvergleich für die jeweiligen Lokalisationen geprüft, dann wurde die Effektstärke Cohen's d ermittelt.

Ergebnisse: Die zervikale Spondylarthrose kam im untersuchten Probandengut bei Pferden der Gruppe I (Warmblüter) zwischen dem 5. Halswirbel und dem 1.

Brustwirbel hochsignifikant häufiger ($p\text{-Wert} < 0,001$) vor als bei Pferden der Gruppen II und III. In diesem Bereich lag die ermittelte Prävalenz arthrotischer Veränderungen beim Warmblüter teilweise deutlich über 50% (C5/C6: 60,7 %; C6/C7: 69 %). Auch die Betrachtung des gesamten Probandenguts ergab Prävalenzwerte für arthrotische Veränderungen von 45,3 % (137/302) zwischen C5/C6, sowie von 54,3 % (164/302) zwischen C6/C7. In der Gruppe der über 15 Jahre alten Warmblutpferde konnte für das Gelenk zwischen C5/C6 sogar eine Prävalenz von 68,4 % (13/19) und für das kaudal folgende eine von 84,2 % (16/19) ermittelt werden. Im kaudalen Halsbereich wurden nicht nur deutlich häufiger Facettengelenkarthrosen als zwischen C1-C4 festgestellt, auch der Ausprägungsgrad war hier im Allgemeinen gravierender als im kranialen Halswirbelsäulenabschnitt. Der Einfluss des Alters auf die Entwicklung von Spondylarthrosen ist beim Warmblüter mit Ausnahme des Gelenks zwischen C3/C4 statistisch signifikant. Allerdings nimmt die Effektgröße Cohens's d für den Einfluss des Alters im kaudalen Halsbereich (C5-T1) deutlich ab. Dahingegen spielt in diesem Bereich ein höheres Körpergewicht für die Ausbildung einer Facettengelenkarthrose eine bedeutendere Rolle. Es scheint also eine Überlagerung der Einflussfaktoren in diesem Bereich zu geben, wobei das Körpergewicht als Faktor im kaudalen Halswirbelbereich an Einfluss gewinnt. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Spondylarthrosenbildung ist beim gesamten Probandengut an jeder Artikulation außer zwischen C3/C4 festzustellen, beim Warmblüter nur an den drei Gelenken zwischen C4 und C7. Zu dieser Beobachtung passt, dass knöcherne Umbauprozesse im Sinne von Arthrosen im kaudalen Halswirbelsäulenabschnitt in deutlich umfangreicherem Ausmaß schon beim jüngeren Warmblutpferd festzustellen sind. Eine signifikante Rolle des Geschlechts bei der Ausbildung zervikaler Spondylose konnte an den Übergängen C3/C4 und C4/C5 festgestellt werden, wo eine Überrepräsentation männlicher Tiere ermittelt wurde.

Röntgendichte Verschattungen dorsal des Axis sind bei 5,6 % (17/302) der Pferde dokumentiert worden, wobei auch hier beim Warmblutpferd mit 8,3 % (13/156) häufiger Befunde festzustellen waren.

Schlussfolgerungen: Die vorliegende Arbeit konnte das vorhandene Datenmaterial zur Prävalenz von Röntgenbefunden an der equinen Halswirbelsäule zum Teil

bestätigen und darüber hinaus erweitern. Erstmals wurden in einer Studie Prävalenzdaten für die gesamte Halswirbelsäule gesammelt und bei einer recht hohen Probandenzahl der Einfluss der Pferderasse, des Alters und des Körpergewichts, sowie die Häufigkeit unterschiedlicher Ausprägungsgrade untersucht. Von großer Bedeutung scheint zu sein, dass schon bei den Warmblütern der Altersgruppe < 5 Jahre (Durchschnittsalter 3,23 Jahre) insbesondere im kaudalen Halswirbelsäulenbereich eine hohe Prävalenz von Facettengelenk-arthrosen beobachtet wurde. Beispielsweise waren zwischen C5/C6 bei 19 % (4/21) und zwischen C6/C7 sogar bei 38,1 % (8/21) der unter 5-jährigen Warmblüter Spondylarthrosen feststellbar. Diese Daten besitzen insbesondere in Hinblick auf Röntgenuntersuchungen im Rahmen des Pferdekaufs, welcher häufig im angesprochenen Alter stattfindet, große Bedeutung. Im kaudalen Halswirbelsäulenabschnitt (C5-C7) kann eine zervikale Spondylarthrose moderater Ausprägung demnach auch beim jungen Warmblutpferd nicht als ungewöhnlicher Befund bezeichnet werden.

VII. SUMMARY

Objective: The reason for performing this study was to investigate the prevalence of radiographical findings on the equine cervical spine. Furthermore the impact of age and bodyweight on development of certain pathological findings was elaborated, as well as their breed distribution and occurrence at the different cervical articular process joints (APJs). Performing radiographic examinations of the equine cervical spine became a routine procedure during the past two decades. Interpretation of radiographs remained challenging since data about the prevalence of APJ modelling and its clinical relevance is still incomplete. This study aims to contribute to closing this gap by providing data about distribution pattern of APJ arthropathy in regard to age, bodyweight and sex.

Method: A set of lateral cervical radiographs of 302 horses were obtained, evaluated and findings were documented. Three groups of horses were generated. Group I: Warmblood horses, group II: Ponies and group III: other horses (Quarter horses, Standardbred, Arabian, Pura Raza Española, and Draft Horses). Group I was subdivided into age classes (< 5 yrs. [n = 21], 5 – 10 yrs. [n = 62], 10 – 15 yrs. [n = 54], > 15 yrs. [n = 19]) to investigate prevalence of pathological findings in different age groups of Warmblood horses. A t-test was used to evaluate impact of age and bodyweight on development of APJ arthropathy and effect size Cohen's d for this impact was presented.

Results: Prevalence of APJ arthropathy between C5 and T1 was significantly higher (p-value < 0.001) in horses of group I (Warmblood) compared to horses of groups II and III. Modelling at C5/C6 was found in 60.7 % of Warmblood horses, at C6/C7 even 69 % were affected. Taking the data of all three groups together, overall prevalence of APJ modelling was 45.3 % (137/302) at C5/C6 and 54.3 % (164/302) at C6/C7. Caudal APJs were affected more frequently and modelling was more severe in the caudal joints. Association between increasing age and modelling at the APJs is statistically significant for each APJ except C3/C4 in Warmblood

horses. However age-based Cohen's d effect size values are lower for the caudal part of the cervical spine (C5-T1). The reason for this drop is the impact of body weight as a disposing factor for APJ modelling that increases from cranial to caudal. Gain in body weight correlates significantly with increased prevalence of cervical arthropathy in joints C4-C7 in Warmblood horses. Impact of body weight is even more pronounced in other breeds and significant in each APJ except C3/C4. Interestingly severe modelling of the caudal APJs could be found in comparatively young horses, a finding that is uncommon for the cranial part of the cervical spine. Significant overrepresentation of male animals was found at C3/C4 and C4/C5. Mineralization over the dorsal aspect of the atlas was documented in 17/302 (5.6 %) horses. Again Warmblood horses were affected more frequently (8.3 %; 13/156) than horses of group II (4.7 %; 4/85) and III (0%).

Conclusion: Prevalence values provided by this study confirm available data and extend knowledge about occurrence of APJ arthropathy in the cranial part of the equine cervical spine. For the first time prevalence of radiographic findings on the entire cervical spine was investigated and association with breed, age and body weight was examined. Of particular importance is the comparatively high prevalence of modelling at the caudal APJs in Warmblood horses under 5 years of age. 19 % (4/21) of horses included in this age class (average age 3.23 yrs.) were affected by APJ modelling at C5/C6 and even 38.1% (8/21) at C6/C7. Moderate bone modelling at the caudal APJs (C5-C7) has not to be considered an abnormal finding even in young Warmblood horses. In regard to pre-purchase examinations being generally performed under 5 years of age this information is of significant relevance.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

Adams SB, Steckel R, Blevins W. Diskospondylitis in five horses. J Am Vet Med Assoc. 1985; 186: 270-2.

Alitalo I, Karkkainen M. Osteochondrotic changes in the vertebrae of four ataxic horses suffering from cervical vertebral malformation. Nord Vet Med 1983; 35: 468-74.

Baker GJ. Comminuted Fracture of the Axis. Equine Veterinary Journal 1970; 2: 37-8.

Beech J (1976) Cervical Cord Compression and Wobbles in Horses. Poceedings of the anual convention of the American Associaion of Equine Practitioners.

Berner D, Brehm W, Gerlach K. Die Bedeutung der Kopf-Hals-Haltung bei der röntgenologischen Darstellung der Foramina intervertebralia des Pferdehalses in der seitlichen Projektion. Pferdeheilkunde 2012; 28: 39-45.

Berner D. Der Einfluss der Kopf-Hals-Haltung auf die röntgenologische Darstellung der Hals- und Brustwirbelsäule des Pferdes. Dissertation 2013; Leipzig

Birmingham SSW, Reed SM, Mattoon JS, Saville WJ. Qualitative assessment of corticosteroid cervical articular facet injection in symptomatic horses. Equine Veterinary Education 2010; 22: 77-82.

Böhm D, Hebler W-G. Die funktionelle Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule des Pferdes unter Berücksichtigung der spinalen Ataxie. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 1980; 93: 181-4.

Bollwein A, Hänichen T. Altersabhängige Veränderungen an den Zwischenwirbelscheiben des Pferdes. Tierärztliche Praxis 1989; 17: 73-6.

Burkert BA, Kerwin SC, Hosgood GL, Pechman RD, Fontenelle JP. Signalment and clinical features of diskospondylitis in dogs: 513 cases (1980-2001). *J Am Vet Med Assoc* 2005; 227: 268-75.

Butler J, Colles C, Dyson S, Kold S, Poulos P. The Spine. In: *Clinical Radiology of the Horse*: Wiley 2011: 403-56.

Carter DR. Mechanical loading histories and cortical bone remodeling. *Calcif Tissue Int* 1984; 36 Suppl 1: S19-24.

Cillán-García E, Taylor SE, Townsend N, Licka T. Partial Osteotomy of the Dens to Correct Atlantoaxial Subluxation in a Pony. *Veterinary Surgery* 2011; 40: 596-600.

Claridge HA, Piercy RJ, Parry A, Weller R. The 3D anatomy of the cervical articular process joints in the horse and their topographical relationship to the spinal cord. *Equine Vet J* 2010; 42: 726-31.

Clayton HM, Townsend HG. Kinematics of the cervical spine of the adult horse. *Equine Vet J* 1989; 21: 189-92.

Coe R. Effect Size Calculator. Centre of Evaluation & Monitoring, University Durham: www.cem.org/evidence-based-education/effect-size-calculator.

Colbourne CM, Raidal SL, Yovich JV, Howell JM, Richardson JL. Cervical diskospondylitis in two horses. *Aust Vet J* 1997; 75: 477-9.

Collins JD, Kelly WR, Twomey T, Farrelly BT, Whitty BT. Brucella-associated vertebral osteomyelitis in a thoroughbred mare. *Vet Rec* 1971; 88: 321-6.

Denoix JM, Pailloux JP (2000) *Physiotherapie und Massage bei Pferden: Bewegungstherapie nach den Gesetzen der Biomechanik*. Ulmer Eugen Verlag

Dietz O. Krankheiten des Genicks und des Widerrists. In: Handbuch Pferdepraxis. Dietz O, ed.: Enke 2006: 244-9.

Dik KJ, Gunsser I. Erkrankungen im Bereich des Halses. In: Atlas der Röntgendiagnostik beim Pferd - Erkrankungen im Bereich des Kopfes, Halses und des Brustkorbs, Hannover: Schlütersche 2002:

Dimock AN, Puchalski SM. Cervical radiology. Equine Veterinary Education 2010; 22: 83-7.

Dixon PM, Rowlands AC. Atlanto-occipital joint infection associated with guttural pouch mycosis in a horse. Equine Vet J 1981; 13: 260-2.

Douglas J. Pathogenesis of Osteochondrosis. In: Diagnosis and Management of Lameness in the Horse, 2nd edn. Ross MW, Dyson SJ, eds.: 2010: 617-25.

Down SS, Henson FM. Radiographic retrospective study of the caudal cervical articular process joints in the horse. Equine Vet J 2009; 41: 518-24.

Elgersma AE, Wijnberg ID, Sleutjens J, van der Kolk JH, van Weeren PR, Back W. A pilot study on objective quantification and anatomical modelling of in vivo head and neck positions commonly applied in training and competition of sport horses. Equine Vet J Suppl 2010: 436-43.

Engel M. Untersuchung zum Zusammenhang zwischen röntgenologischen und knochenpräparatorischen Befunden an der kranialen Halswirbelsäule bei Pferden. Dissertation 2010; München

Foss RR, Genetzky RM, Riedesel EA, Graham C. Cervical intervertebral disc protrusion in two horses. Can Vet J 1983; 24: 188-91.

Funk KA, Erickson ED. Case report. A case of atlanto-axial sub-luxation in a horse. Can Vet J 1968; 9: 120-3.

Furr MO, Anver M, Wise M. Intervertebral disk prolapse and diskospondylitis in a horse. J Am Vet Med Assoc 1991; 198: 2095-6.

Fürst A. Halswirbelsäulenarthrose beim Pferd: Eine Übersicht. Der Praktische Tierarzt 2006; 87: 956-64.

Garcia-Lopez JM, Jenei T, Chope K, Bubeck KA. Diagnosis and management of cranial and caudal nuchal bursitis in four horses. J Am Vet Med Assoc 2010; 237: 823-9.

Gasse H. Rückenmark und Rückenmarksnerven. In: Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes, Hannover: Schaper 2010: 365-73.

Gerber H, Ueltschi G, Diehl M, Schatzmann U, Straub R. Untersuchungen an der Halswirbelsäule des Pferdes - eine klinisch-radiologische Studie. Schweizer Archiv für Tierheilkunde 1989; 131: 311- 20.

Giguere S, Lavoie JP. Rhodococcus equi vertebral osteomyelitis in 3 quarter horse colts. Equine Vet J 1994; 26: 74-7.

Guffy MM, Coffman JR, Strauss AC. Atlantoaxial luxation in a foal. J Am Vet Med Assoc 1969; 155: 754-7.

Hahn CN, Handel I, Green SL, Bronsvort MB, Mayhew IG. Assessment of the utility of using intra- and intervertebral minimum sagittal diameter ratios in the diagnosis of cervical vertebral malformation in horses. Vet Radiol Ultrasound 2008; 49: 1-6.

Hertsch B, El Salam Ragab A. Röntgenologische Untersuchung der Epiphysenfugenschließung an den Halswirbeln beim Pferd. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 1976; 90: 172-46.

Hertsch B, Lieske R. Halswirbelfrakturen beim Pferd. Tierärztliche Praxis 1978; 6:

209-24.

Hett AR, Busato A, Ueltschi G. Radiologische Messungen an der arthrotisch veränderten Halswirbelsäule des Pferdes – eine retrospektive, statistische Studie. *Pferdeheilkunde* 2006; 22: 241-9.

Jahn W, Lorenz I (2009) Die röntgenologische Untersuchung der Halswirbelsäule. *bpt-Kongress 2009*

Kelly WR, Collins JD, Farrelly BT, Whitty BT, Rhodes WH. Vertebral Osteomyelitis in a Horse Associated with *Mycobacterium tuberculosis* var. *bovis* (M. Bovis) Infection. *Veterinary Radiology* 1972; 13: 59-69.

König H-E, Kassianoff I. Kinetik. In: *Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes*, Hannover: Schaper 2010: 633-9.

König H-G, Liebich HE. Skelett des Stammes (Skeleton axiale). In: *Anatomie der Haussäugetiere Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis*. König, Liebich, eds. Stuttgart: Schattauer 2005a: 47-108.

König H-G, Liebich HE, Maierl J. Faszien und Muskeln des Kopfes und des Stammes. In: *Anatomie der Haussäugetiere Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis*. König, Liebich, eds. Stuttgart: Schattauer 2005b: 109-40.

König H-G, Liebich HE, Cervený C. Nervensystem (Systema nervosum). In: *Anatomie der Haussäugetiere Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis*. König, Liebich, eds. Stuttgart: Schattauer 2005c: 485-556.

Krüger W. Ueber die Schwingung der Wirbelsäule - insbesondere Wirbelbrücke - des Pferdes während der Bewegung. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 1939; 13: 197-203.

Laugier C, Tapprest J, Foucher N, Sevin C. A Necropsy Survey of Neurologic

Diseases in 4,319 Horses Examined in Normandy (France) from 1986 to 2006. *Journal of Equine Veterinary Science* 2009; 29: 561-8.

Lautenschläger I. Die röntgenologische und ultrasonographische Darstellung der Facettengelenke der Halswirbelsäule beim Warmblutpferd. Dissertation 2007; Hannover

Lautenschläger I, Baumann I, Schulz M, Martens M, Rohn K, Stadler P. Die röntgenologische Darstellung der caudalen Facettengelenke der Halswirbelsäule beim Warmblutpferd. *Pferdeheilkunde* 2009; 25: 544-53.

Levine JM, Ngheim PP, Levine GJ, Cohen ND. Associations of sex, breed, and age with cervical vertebral compressive myelopathy in horses: 811 cases (1974-2007). *J Am Vet Med Assoc* 2008; 233: 1453-8.

Levine JM, Scrivani PV, Divers TJ, Furr M, Mayhew IJ, Reed S, Levine GJ, Foreman JH, Boudreau C, Credille BC, Tennent-Brown B, Cohen ND. Multicenter case-control study of signalment, diagnostic features, and outcome associated with cervical vertebral malformation-malarticulation in horses. *J Am Vet Med Assoc* 2010; 237: 812-22.

Lischer CJ, Withers JM, Parking T. Accuracy of radiographic measurements of the Cervical Articular Process Joints of the horse. *Pferdeheilkunde* 2010; 26: 553-8.

Mackie MK. Cervical stenotic myelopathy in a horse. *Can Vet J* 2001; 42: 943-4.

Maierl J, Zechmeister R, Schill W, Gerhards H, Liebich H-G. Röntgenologische Darstellung der Wachstumsfugen an Atlas und Axis beim Fohlen. *Tierärztliche Praxis* 1998; 26: 341-5.

Markel M, Ryan A, Madigan J. Vertebral and costal osteomyelitis in a foal. *The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian* 1988;

Martinelli MJ, Rantanen NW, Grant BD. Cervical arthropathy, myelopathy or just a pain in the neck? *Equine Veterinary Education* 2010; 22: 88-90.

Mayhew IG, deLahunta A, Whitlock RH, Krook L, Tasker JB. Spinal cord disease in the horse. *Cornell Vet* 1978; 68 Suppl 6: 1-207.

Mayhew IG, Donawick WJ, Green SL, Galligan DT, Stanley EK, Osborne J. Diagnosis and prediction of cervical vertebral malformation in thoroughbred foals based on semi-quantitative radiographic indicators. *Equine Vet J* 1993; 25: 435-40.

Mayhew IG. The Diseased Spinal Cord. *Proceedings of the Annual Convention of the AAEP* 1999;

Mayhew IG (2008) *Large Animal Neurology*, 2 edn. Wiley-Blackwell

McClanahan SL, MacLeay JM, Wilson J, Walter P. What is your neurologic diagnosis? Anomalous development of C3 and C4 resulting in subluxation and spinal cord compression at C3-4. *J Am Vet Med Assoc* 1998; 213: 31-3.

McConnico RS, Rashmir AM, Douglas JP. What is your diagnosis? Fractures of the sixth cervical vertebra in a Quarter Horse colt. *J Am Vet Med Assoc* 1989; 194: 1477-8.

Moore BR, Reed SM, Biller DS, Kohn CW, Weisbrode SE. Assessment of vertebral canal diameter and bony malformations of the cervical part of the spine in horses with cervical stenotic myelopathy. *Am J Vet Res* 1994; 55: 5-13.

Nakagawa S, Cuthill IC. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. *Biol Rev Camb Philos Soc* 2007; 82: 591-605.

Nelson KM, Scarratt WK, Moon ML, Robertson JL. What is your diagnosis? Radiographic diagnosis-dorsal subluxation of cervical vertebrae 2 and 3. *J Am Vet Med Assoc* 1994; 204: 47-8.

Nickel, Schummer, Seiferle. In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band I. Bewegungsapparat. Nickel, Schummer, Seiferle, eds. Stuttgart: Parey

2004a:

Nickel, Schummer, Seiferle. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band III. Nervensystem. Nickel, Schummer, Seiferle, eds. Stuttgart: Parey

2004b:

Nixon A, Stashak TS, Ingram JT (1983) Diagnosis of Cervical Vertebral Malformation in the Horse. Proceedings of the the Annual Convention of the American Assosiation of Equine Practitioners

Nixon AJ, Stashak TS, Ingram JT, Norrdin RW, Park RD. Cervical Intervertebral Disk Protrusion in a Horse. Veterinary Surgery 1984; 13: 154-8.

Olchoway TW. Vertebral body osteomyelitis due to *Rhodococcus equi* in two Arabian foals. Equine Vet J 1994; 26: 79-82.

Papageorges M, Gavin PR, Sande RD, Barbee DD, Grant BD. Radiographic and Myelographic Examintation of the Cervical Vertebral Column in 306 Ataxic Horses. Veterinary Radiology 1987; 28: 53-9.

Pinchbeck G, Murphy D. Cervical vertebral fracture in three foals. Equine Veterinary Education 2001; 13: 8-12.

Powers BE, Stashak TS, Nixon AJ, Yovich JV, Norrdin RW. Pathology of the Vertebral Column of Horses with Cervical Static Stenosis. Veterinary Pathology 1986; 23: 392-9.

Reed SM, Moore BR (1993) Pathogenesis of Cervical Vertebral Stenotic Myelopathy. Proceedings of the 39th Annual Convention of the American Assosiation of Equine Practitioners

Reuter P (2007) Springer klinisches Wörterbuch: mit Tabellen ; 75000 Stichwörter, 50000 englische Übersetzungen ; die ganze Welt der Medizin. Springer

Ricardi G, Dyson SJ. Forelimb lameness associated with radiographic abnormalities of the cervical vertebrae. *Equine Vet J* 1993; 25: 422-6.

Richardson DW. *Eikenella corrodens* osteomyelitis of the axis in a foal. *J Am Vet Med Assoc* 1986; 188: 298-9.

Rush R. Developmental Vertebral Anomalies. In: *Equine Surgery*. Auer JA, Stick JA, eds.: Saunders Elsevier 2006: 693-700.

Salomon FV. Nervensystem - Systema nervosum. In: *Anatomie für die Tiermedizin*. Salomon FV, Geyer H, Gille U, eds.: Enke 2008: 464-562.

Scharmer BL, Trostle SS, Nelson KM, O'Brien RT. What is your diagnosis? Atlanto-occipital luxation. *J Am Vet Med Assoc* 2000; 217: 647-8.

Sleutjens J, Voorhout G, Van Der Kolk JH, Wijnberg ID, Back W. The effect of ex vivo flexion and extension on intervertebral foramina dimensions in the equine cervical spine. *Equine Vet J Suppl* 2010: 425-30.

Speltz MC, Olson EJ, Hunt LM, Pool RR, Wilson JH, Carlson CS. Equine intervertebral disk disease: A case report. *Journal of Equine Veterinary Science* 2006; 26: 413-9.

Stewart RH, Reed SM, Weisbrode SE. Frequency and severity of osteochondrosis in horses with cervical stenotic myelopathy. *Am J Vet Res* 1991; 52: 873-9.

Stodulka R (2006) Medizinische Reitlehre. Trainingsbedingte Probleme verstehen, vermeiden, beheben. Parey, Stuttgart

Sweers L, Carstens ANN. Imaging features of discospondylitis in two horses.

Veterinary Radiology & Ultrasound 2006; 47: 159-64.

Tomizawa N, Nishimura R, Sasaki N, Kadosawa T, Senba H, Hara S, Takeuchi A. Efficacy of the new radiographic measurement method for cervical vertebral instability in wobbling foals. J Vet Med Sci 1994; 56: 1119-22.

Tyson R, Graham JP, Roberts GD, Giguere S. What is your diagnosis? Osteomyelitis of a vertebral body. J Am Vet Med Assoc 2004; 225: 515-6.

Van Biervliet J, Mayhew IG, de Lahunta A. Cervical Vertebral Compressive Myelopathy: Diagnosis. Clinical Techniques in Equine Practice 2006; 5: 54-9.

van Weeren PR. Structure and biomechanical concept of the equine back. Pferdeheilkunde 2004; 20: 341-8.

Wagner W-D, Gerhards H. Diagnostik bei Erkrankungen des cranialen Halsbereiches mit Hilfe verschiedener moderner bildebender Verfahren wie der ultrasonographischen Panoramabilddarstellung und Kernspintomographie. Pferdeheilkunde 2010; 26: 367-73.

Walmsley JP. A case of atlanto-occipital arthropathy following guttural pouch mycosis in a horse. The use of radioisotope bone scanning as an aid to diagnosis. Equine Vet J 1988; 20: 219-20.

Whitwell KE. Causes of ataxia in horses. In Practice 1980; 2: 17-24.

Whitwell KE, Dyson S. Interpreting radiographs 8: Equine cervical vertebrae. Equine Veterinary Journal 1987a; 19: 8-14.

Whitwell KE, Dyson S. Die Röntgenologie der Halswirbelsäule beim Pferd. Pferdeheilkunde 1987b; 3: 203-12.

Wissdorf H, Gerhards H, B. H, Otto B. Hals. In: Praxisorientierte Anatomie und

Propädeutik des Pferdes, Hannover: Schaper 2010: 253-91.

Withers JM, Voute LC, Hammond G, Lischer CJ. Radiographic anatomy of the articular process joints of the caudal cervical vertebrae in the horse on lateral and oblique projections. *Equine Vet J* 2009; 41: 895-902.

Yovich JV, Powers BE, Stashak TS. Morphologic features of the cervical intervertebral disks and adjacent vertebral bodies of horses. *Am J Vet Res* 1985; 46: 2372-7.

Zsoldos RR, Groesel M, Kotschwar A, Kotschwar AB, Licka T, Peham C. A preliminary modelling study on the equine cervical spine with inverse kinematics at walk. *Equine Veterinary Journal* 2010; 42: 516-22.

IX. TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1:</i> <i>Verwendete Belichtungswerte für die jeweiligen Röntgenaufnahmen von kranial nach kaudal.</i>	28
<i>Tabelle 2:</i> <i>Einstufungen der Facettengelenkarthrosen nach ENGEL (2010)</i>	29
<i>Tabelle 3:</i> <i>Einteilung der Probanden in Rassegruppen.</i>	30
<i>Tabelle 4:</i> <i>Häufigkeit von Facettengelenkarthrosen zwischen den unterschiedlichen Halswirbeln bei insgesamt 302 Equiden</i>	33
<i>Tabelle 5:</i> <i>Mittelwertvergleich (t-Test) des Körpergewichts (KGW) in kg aller 302 Equiden</i>	35
<i>Tabelle 6:</i> <i>Mittelwertvergleich (t-Test) des Körpergewichts der 156 untersuchten Warmblüter</i>	35
<i>Tabelle 7:</i> <i>Einteilung der Warmblüter in Altersklassen</i>	36
<i>Tabelle 8:</i> <i>Auftreten von Arthrosen an den unterschiedlichen Facettengelenken in den entsprechenden Altersklassen beim Warmblutpferd</i>	36
<i>Tabelle 9:</i> <i>Prävalenz von Facettengelenkarthrosen bei unter 5-jährigen und über 15-jährigen Warmblutpferden im Vergleich</i>	38
<i>Tabelle 10:</i> <i>Mittelwertvergleich (t-Test) des Alters der untersuchten Warmblüter</i>	38
<i>Tabelle 11:</i> <i>Konfidenzintervalle für die angegebene Effektstärke Cohen's d.</i>	39
<i>Tabelle 12:</i> <i>Auftreten von Facettengelenkarthrosen an den jeweiligen Lokalisationen bei Stuten und männlichen Pferden</i>	40
<i>Tabelle 13:</i> <i>Vorkommen von Facettengelenkarthrosen zwischen C2 und C3.</i>	41
<i>Tabelle 14:</i> <i>Vorkommen von Facettengelenkarthrosen zwischen C3 und C4.</i>	45
<i>Tabelle 15:</i> <i>Vorkommen von Facettengelenkarthrosen zwischen C4 und C5.</i>	46
<i>Tabelle 16:</i> <i>Vorkommen von Facettengelenkarthrosen zwischen C5 und C6.</i>	47
<i>Tabelle 17:</i> <i>Vorkommen von Facettengelenkarthrosen zwischen C6 und C7.</i>	51
<i>Tabelle 18:</i> <i>Vorkommen von Facettengelenkarthrosen zwischen C7 und T1.</i>	53
<i>Tabelle 19:</i> <i>Vorkommen von röntgendichten Verschattungen dorsal des Atlas</i>	56
<i>Tabelle 20:</i> <i>Vorkommen von röntgendichten Verschattungen dorsal des Atlas bei den unterschiedlichen Altersklassen des Warmblutpferds.</i>	57
<i>Tabelle 21:</i> <i>Arthrosegrade der entsprechenden Facettengelenke bei den einzelnen Probanden.</i>	89
<i>Tabelle 22:</i> <i>Prävalenz von Facettengelenkarthrosen in Prozent bei den einzelnen</i>	

<i>Pferderassen</i>	97
<i>Tabelle 23:</i> <i>Häufigkeit von Facettengelenkarthrosen in den jeweiligen Ausprägungsgraden beim Warmblutpferd in den unterschiedlichen Altersgruppen.</i>	98
<i>Tabelle 24:</i> <i>Auflistung der Probanden mit röntgendichter Verschattung dorsal des Axis.</i>	99

X. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 1: „Die aus Brust- und Lendenwirbelsäule bestehende Wirbelbrücke des Pferdes</i>	<i>8</i>
<i>Abbildung 2: Sagittal ratio.....</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 3:cMSD</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 4: Intervertebrale sagittal ratio</i>	<i>14</i>
<i>Abbildung 5: Abschnitt I.....</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 6: Abschnitt II</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 7: Abschnitt III.....</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 8: Abschnitt IV.....</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 9: Grafische Darstellung der Verteilung von Facettengelenkarthrosen bei den Pferdegruppen an den entsprechenden Lokalisationen</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 10: Grafische Darstellung der Verteilung von Facettengelenkarthrosen bei den unterschiedlichen Altersklassen des Warmblutpferdes.....</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 11: Darstellung der Effektstärke Cohen's d für den Einfluss des Alters und des Körpergewichts.....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 12: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C2/C3</i>	<i>41</i>
<i>Abbildung 13: geringgradige Anzeichen einer Facettengelenkarthrose zwischen C2/C3 bei einer 12-jährigen Warmblutstute.....</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 14: mittelgradige arthrotische Veränderungen des Facettengelenks C2/C3 bei einer 9-jährigen Warmblutstute</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 15: höchstgradig arthrotisch verändertes Facettengelenk C2/C3 eines 14-jährigen Warmblutwallachs.....</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 16: geringgradige Facettengelenkarthrose zwischen C3/C4 bei einer 4-jährigen Warmblutstute</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 17: mittelgradige arthrotische Veränderungen zwischen C4/C5 bei einer 12-jährigen Ponystute.....</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 18: hochgradige Facettengelenkarthrose zwischen C3/C4 bei einem 14-jährigen Warmblutwallach</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 19: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C3/C4</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 20: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C4/C5</i>	<i>46</i>

Abbildung 21: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C5/C6.....	47
Abbildung 22: Aufnahme des Kaudalendes des 5. Halswirbels bis zum 1. Brustwirbel bei einem 6-jährigen Warmblutwallach ohne Befunde.....	48
Abbildung 23: Geringgradige Umbauprozesse im Sinne von Facettengelenkarthrosen an den Gelenken C5/C6 und C6/C7 bei einem 15-jährigen Arabischen Vollblutwallach.	48
Abbildung 24: Mittelgradige arthrotische Veränderungen zwischen C5/C6 und C6/C7 beim einem 22-jährigen Traberwallach	49
Abbildung 25: Hochgradige Spondylarthrose zwischen C5/C6 bei einer 5-jährigen Warmblutstute.....	49
Abbildung 26: Hochgradige Arthrosen der Facettengelenke zwischen C5 und C6, sowie zwischen C6 und C7 eines 22-jährigen Warmbluthengstes.....	50
Abbildung 27: Höchstgradige arthrotische Veränderung des Gelenks zwischen C5/C6 bei einer 14-jährigen Warmblutstute.....	50
Abbildung 28: Höchstgradige arthrotische Umbauprozesse zwischen C6/C7 bei einem 5-jährigen Warmblutwallach.....	51
Abbildung 29: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C6/C7.....	52
Abbildung 30: Grafische Darstellung des Auftretens der unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Facettengelenkarthrosen zwischen C7/T1	53
Abbildung 31: Geringgradige Arthrosebildung zwischen C7/T1 bei einem 21-jährigen Warmblutwallach.....	54
Abbildung 32: Mittelgradige Facettengelenkarthrose zwischen C7/T1 bei einem 6-jährigen Warmblutwallach.	54
Abbildung 33: Hochgradige arthrotische Veränderungen zwischen C7/T1 bei einem 21-jährigen Warmblutwallach.....	55
Abbildung 34: Höchstgradige Spondylarthrose des Gelenks C7/T1 bei einer 18-jährigen Warmblutstute.....	55
Abbildung 35: Grafische Darstellung des Vorkommens von Verschattungen dorsal des Atlas bei den unterschiedlichen Pferdegruppen.....	57
Abbildung 36: Vorkommen von Verschattungen dorsal des Atlas bei unterschiedlichen Altersgruppen des Warmblutpferds	57
Abbildung 37: dezente wolkige Verschattung dorsal des Atlas.....	58
Abbildung 38: dezente Verschattungen an der Kranialkante des Arcus dorsalis	

<i>des Axis bei einer 16-jährigen Warmblutstute</i>	<i>58</i>
Abbildung 39: <i>14-jährige Warmblutstute mit einem Verkalkungsherd dorsal des</i>	
<i>1. Halswirbels</i>	<i>58</i>
Abbildung 40: <i>diffus über dem Atlas verteilte Verschattungen erheblichen</i>	
<i>Ausmaßes</i>	<i>58</i>

XI. ANHANG

Tabelle 21: Arthrosegrade der entsprechenden Facettengelenke bei den einzelnen Probanden.

Nr.	Rasse	Alter in Jahren	Geschlecht	KGW in kg	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
1	Warmblut	15	Stute	500	-	-	-	ggr.	ggr.	-
2	Warmblut	5	Stute	480	-	-	-	-	ggr.	-
3	Appaloosa	13	Wallach	530	-	-	-	-	-	-
4	Warmblut	10	Wallach	600	-	-	-	-	-	-
5	Pony	11	Stute	450	-	-	-	-	-	-
6	Warmblut	11	Wallach	610	mgr.	-	-	ggr.	-	-
7	Quarter Horse	9	Wallach	503	ggr.	-	-	-	-	-
8	Arabisches Vollblut	16	Wallach	440	ggr.	-	-	-	-	-
9	Warmblut	13	Wallach	650	-	-	-	-	-	-
10	Warmblut	6	Stute	510	-	-	-	ggr.	ggr.	-
11	Warmblut	9	Wallach	520	-	-	-	-	-	-
12	Warmblut	5	Wallach	470	-	-	-	-	-	-
13	Warmblut	18	Stute	520	-	-	-	-	-	-
14	Arabisches Vollblut	6	Stute	393	-	-	-	-	ggr.	-
15	PRE	6	Stute	458	-	-	-	-	-	-
16	Warmblut	3	Wallach	556	-	-	-	-	ggr.	-
17	Arabisches Vollblut	11	Stute	425	-	-	-	mgr.	mgr.	-
18	Knabstrupper	11	Wallach	560	ggr.	-	ggr.	mgr.	mgr.	-
19	Haflinger	15	Stute	508	-	-	-	mgr.	ggr.	-
20	Quarter Horse	12	Stute	550	-	-	-	-	-	-
21	Warmblut	7	Wallach	554	-	-	-	-	-	-
22	Quarter Horse	8	Wallach	400	-	-	-	-	-	-
23	Arabisches Vollblut	3	Hengst	426	-	-	-	-	-	-
24	Warmblut	4	Stute	500	-	-	-	-	ggr.	-
25	Warmblut	9	Wallach	660	högr.	-	-	mgr.	mgr.	-
26	Quarter Horse	3	Stute	500	-	-	-	-	ggr.	-
27	Quarter Horse	5	Wallach	500	-	-	ggr.	-	-	-
28	Islandpferd	5	Stute	370	-	-	-	-	-	-
29	Islandpferd	11	Stute	340	-	-	-	-	-	-
30	Arabisches Vollblut	3	Hengst	400	-	-	-	-	-	-
31	Warmblut	4	Stute	500	-	-	-	-	-	-
32	Warmblut	8	Hengst	640	-	-	-	ggr.	mgr.	-
33	Quarter Horse	4	Stute	470	-	-	-	mgr.	mgr.	-
34	Warmblut	10	Stute	570	ggr.	-	-	-	-	-

Nr.	Rasse	Alter in Jahren	Geschlecht	KGW in kg	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
35	Warmblut	15	Stute	534	ggr.	-	-	-	-	-
36	Tinker	19	Stute	500	-	-	-	-	-	-
37	Traber	14	Stute	550	-	-	-	-	mgr.	-
38	Warmblut	12	Stute	500	ggr.	-	-	-	-	-
39	Warmblut	8	Wallach	500	-	-	-	ggr.	-	-
40	Warmblut	9	Stute	570	-	-	-	mgr.	mgr.	hgr.
41	Warmblut	11	Wallach	550	-	-	-	-	hgr.	-
42	Islandpferd	25	Stute	300	-	-	-	-	-	-
43	Haflinger	4	Hengst	450	ggr.	-	-	-	-	-
44	Warmblut	10	Wallach	656	-	-	-	-	mgr.	-
45	Warmblut	12	Wallach	577	-	-	-	mgr.	mgr.	-
46	Warmblut	11	Wallach	505	hgr.	ggr.	ggr.	högr.	hgr.	-
47	Warmblut	7	Wallach	580	-	-	-	-	-	-
48	Islandpferd	6	Stute	270	-	-	-	-	-	-
49	Warmblut	18	Stute	540	-	-	ggr.	hgr.	hgr.	-
50	Warmblut	11	Stute	540	mgr.	-	-	ggr.	ggr.	-
51	Warmblut	13	Stute	560	-	-	-	-	-	-
52	PRE	22	Stute	500	-	-	-	ggr.	mgr.	-
53	Islandpferd	8	Wallach	370	-	-	-	-	-	-
54	Pony	8	Wallach	450	-	-	-	-	-	-
55	Warmblut	17	Wallach	607	ggr.	-	ggr.	ggr.	-	-
56	Islandpferd	20	Wallach	400	-	-	-	-	-	-
57	Pony	24	Wallach	186	-	-	-	-	-	-
58	Warmblut	11	Wallach	540	-	-	-	-	högr.	hgr.
59	Warmblut	9	Stute	564	-	-	-	-	mgr.	-
60	Warmblut	13	Wallach	550	ggr.	ggr.	-	hgr.	ggr.	-
61	Traber	12	Wallach	588	-	-	-	-	-	-
62	Warmblut	9	Wallach	494	ggr.	-	-	ggr.	mgr.	-
63	Islandpferd	13	Wallach	434	-	-	-	-	-	-
64	Quarter Horse	12	Wallach	500	-	-	-	-	-	-
65	Arabisches Vollblut	1	Hengst	340	-	-	-	-	-	-
66	Warmblut	14	Wallach	555	högr.	ggr.	ggr.	mgr.	hgr.	mgr.
67	Haflinger	21	Wallach	480	ggr.	-	-	-	-	-
68	sonstige	20	Wallach	480	ggr.	ggr.	-	-	-	-
69	Warmblut	10	Wallach	600	-	-	mgr.	mgr.	ggr.	-
70	Warmblut	13	Stute	520	-	-	-	ggr.	ggr.	-
71	Pony	22	Stute	380	ggr.	-	-	hgr.	ggr.	-

Nr.	Rasse	Alter in Jahren	Geschlecht	KGW in kg	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
72	Arabisches Vollblut	2	Hengst	430	-	-	-	-	-	-
73	Haflinger	12	Wallach	450	-	-	-	ggr.	ggr.	-
74	Quarter Horse	19	Wallach	520	-	-	ggr.	mgr.	mgr.	-
75	Warmblut	5	Stute	550	-	-	-	-	-	-
76	Traber	14	Stute	480	ggr.	-	-	-	-	-
77	Pony	7	Stute	196	-	-	-	-	-	-
78	Kaltblut	5	Stute	600	-	-	ggr.	-	-	-
79	Quarter Horse	4	Stute	480	-	-	-	-	-	-
80	Warmblut	15	Stute	520	ggr.	-	-	mgr.	mgr.	-
81	Quarter Horse	15	Wallach	500	-	-	-	-	-	-
82	Warmblut	14	Wallach	610	högr.	hgr.	hgr.	mgr.	mgr.	mgr.
83	Warmblut	18	Wallach	607	ggr.	-	ggr.	mgr.	mgr.	-
84	Pony	8	Hengst	150	-	-	-	-	-	-
85	Warmblut	2	Stute	500	-	-	-	-	-	-
86	Warmblut	11	Stute	560	-	-	-	hgr.	högr.	mgr.
87	Warmblut	1	Stute	400	-	-	-	-	-	-
88	Warmblut	13	Stute	600	ggr.	-	-	mgr.	mgr.	-
89	Warmblut	22	Hengst	500	-	ggr.	mgr.	hgr.	hgr.	högr.
90	Warmblut	9	Stute	590	mgr.	-	-	ggr.	mgr.	-
91	Pony	10	Wallach	450	-	-	-	-	-	-
92	Tinker	12	Wallach	500	-	-	-	-	-	-
93	Warmblut	9	Wallach	530	-	-	-	mgr.	mgr.	-
94	Appaloosa	14	Wallach	480	-	-	ggr.	-	-	-
95	Warmblut	18	Stute	520	-	-	-	-	mgr.	högr.
96	sonstige	18	Stute	450	ggr.	ggr.	ggr.	mgr.	ggr.	-
97	Warmblut	9	Wallach	520	-	-	-	-	-	-
98	Warmblut	7	Wallach	500	-	-	-	-	-	-
99	Kaltblut	17	Wallach	650	-	ggr.	ggr.	ggr.	ggr.	-
100	Kaltblut	9	Stute	700	-	-	-	-	-	-
101	Pony	11	Stute	325	-	-	-	ggr.	ggr.	-
102	Haflinger	20	Stute	440	-	-	-	-	-	-
103	sonstige	5	Wallach	450	-	-	-	ggr.	ggr.	-
104	Warmblut	5	Wallach	520	-	-	-	-	högr.	-
105	Islandpferd	29	Stute	300	-	-	-	ggr.	-	-
106	Warmblut	4	Wallach	520	-	-	-	-	-	-
107	Appaloosa	17	Wallach	450	ggr.	ggr.	-	ggr.	hgr.	-
108	Warmblut	6	Wallach	525	-	-	-	-	-	-

Nr.	Rasse	Alter in Jahren	Geschlecht	KGW in kg	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
109	Warmblut	11	Stute	580	-	-	-	-	ggr.	-
110	Warmblut	14	Stute	500	mgr.	-	-	högr.	hgr.	ggr.
111	Warmblut	8	Wallach	625	-	-	ggr.	mgr.	mgr.	-
112	Warmblut	11	Stute	580	ggr.	-	-	ggr.	ggr.	-
113	Arabisches Vollblut	14	Wallach	450	-	-	-	mgr.	ggr.	-
114	PRE	8	Hengst	480	-	-	-	-	ggr.	-
115	Warmblut	13	Wallach	500	-	-	-	ggr.	mgr.	-
116	Kaltblut	5	Wallach	650	-	-	-	-	-	-
117	Quarter Horse	3	Stute	370	-	-	-	-	-	-
118	Warmblut	2	Hengst	460	-	-	-	-	-	-
119	Warmblut	7	Stute	550	-	-	-	mgr.	mgr.	-
120	Quarter Horse	9	Stute	500	-	-	mgr.	-	mgr.	-
121	Arabisches Vollblut	11	Wallach	350	-	-	-	-	-	-
122	Islandpferd	13	Stute	380	-	-	-	-	-	-
123	Warmblut	7	Hengst	520	-	-	-	-	-	-
124	sonstige	13	Stute	530	-	-	-	-	ggr.	-
125	Warmblut	7	Wallach	550	-	-	-	-	-	-
126	Islandpferd	16	Wallach	430	-	-	-	ggr.	ggr.	-
127	Appaloosa	18	Wallach	450	-	-	-	-	hgr.	-
128	Warmblut	9	Stute	530	-	-	-	ggr.	ggr.	-
129	Pony	18	Stute	260	-	-	-	-	-	-
130	Warmblut	4	Wallach	540	-	-	-	ggr.	mgr.	-
131	Haflinger	4	Wallach	460	-	-	-	-	-	-
132	Warmblut	10	Wallach	550	-	-	-	hgr.	mgr.	-
133	Kaltblut	11	Wallach	680	-	-	-	-	-	-
134	Warmblut	5	Stute	530	ggr.	-	-	-	-	-
135	Traber	22	Wallach	444	-	-	-	mgr.	mgr.	-
136	Warmblut	18	Wallach	530	-	-	-	mgr.	mgr.	ggr.
137	Islandpferd	6	Wallach	450	-	-	-	-	-	-
138	Warmblut	4	Wallach	600	-	-	-	-	-	-
139	Warmblut	13	Stute	450	-	-	-	ggr.	mgr.	-
140	Haflinger	13	Hengst	480	-	-	-	-	-	-
141	Haflinger	3	Hengst	450	-	-	-	-	-	-
142	Warmblut	10	Wallach	550	-	-	-	ggr.	-	-
143	Warmblut	8	Stute	580	ggr.	-	-	mgr.	hgr.	-
144	Warmblut	6	Stute	500	-	-	-	-	-	-
145	Haflinger	17	Wallach	470	-	-	-	mgr.	mgr.	-

Nr.	Rasse	Alter in Jahren	Geschlecht	KGW in kg	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
146	Arabisches Vollblut	15	Wallach	450	-	-	-	ggr.	ggr.	-
147	Warmblut	5	Wallach	530	-	-	-	mgr.	hgr.	ggr.
148	PRE	4	Wallach	450	-	-	-	-	-	-
149	Warmblut	6	Stute	540	-	-	-	mgr.	mgr.	-
150	Warmblut	13	Wallach	630	-	-	-	ggr.	hgr.	-
151	Traber	16	Wallach	520	-	ggr.	ggr.	mgr.	hgr.	-
152	Pony	10	Wallach	180	-	-	-	-	-	-
153	Warmblut	8	Wallach	550	-	-	-	-	mgr.	-
154	Islandpferd	1	Hengst	230	-	-	-	-	-	-
155	Islandpferd	1	Hengst	230	-	-	-	-	-	-
156	Islandpferd	16	Wallach	370	-	-	-	-	-	-
157	Warmblut	4	Wallach	540	-	-	-	-	-	-
158	Warmblut	6	Wallach	540	-	-	-	-	-	-
159	Warmblut	8	Wallach	540	-	-	-	ggr.	ggr.	-
160	Pony	21	Wallach	350	-	-	ggr.	ggr.	mgr.	-
161	Quarter Horse	4	Wallach	420	-	-	-	-	hgr.	-
162	Warmblut	11	Stute	530	mgr.	-	-	-	mgr.	-
163	Islandpferd	9	Stute	430	-	-	-	-	-	-
164	Warmblut	4	Stute	520	-	-	-	mgr.	hgr.	-
165	Warmblut	4	Wallach	520	-	-	-	ggr.	ggr.	-
166	Haflinger	4	Wallach	420	-	-	-	-	-	-
167	Appaloosa	20	Stute	390	-	ggr.	hgr.	hgr.	mgr.	-
168	Warmblut	5	Wallach	550	-	-	-	ggr.	-	-
169	sonstige	15	Wallach	480	-	-	-	ggr.	-	-
170	Warmblut	11	Wallach	570	ggr.	ggr.	ggr.	mgr.	hgr.	-
171	Haflinger	7	Wallach	500	-	ggr.	-	-	-	-
172	Warmblut	5	Hengst	520	hgr.	mgr.	mgr.	hgr.	hgr.	-
173	Warmblut	8	Stute	550	-	-	-	ggr.	ggr.	-
174	Pony	9	Wallach	450	ggr.	ggr.	-	mgr.	ggr.	-
175	sonstige	4	Hengst	520	-	-	-	-	-	-
176	Quarter Horse	6	Stute	500	-	-	-	-	ggr.	-
177	Haflinger	16	Wallach	480	ggr.	-	-	-	-	-
178	Warmblut	11	Wallach	550	-	-	ggr.	mgr.	ggr.	-
179	Warmblut	7	Stute	540	-	-	-	ggr.	-	-
180	Warmblut	6	Stute	560	-	-	-	mgr.	mgr.	-
181	Haflinger	10	Stute	420	-	-	-	-	-	-
182	Warmblut	11	Stute	550	-	-	-	mgr.	mgr.	-

Nr.	Rasse	Alter in Jahren	Geschlecht	KGW in kg	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
183	Traber	12	Stute	480	ggr.	-	-	mgr.	ggr.	-
184	Haflinger	11	Stute	480	ggr.	-	-	ggr.	mgr.	-
185	Kaltblut	4	Stute	650	-	-	-	ggr.	mgr.	-
186	Warmblut	6	Wallach	550	-	-	-	ggr.	ggr.	-
187	Warmblut	16	Stute	540	ggr.	-	-	-	hgr.	-
188	Warmblut	6	Wallach	550	-	-	-	ggr.	mgr.	-
189	Warmblut	10	Stute	600	-	-	-	mgr.	hgr.	-
190	sonstige	6	Wallach	500	-	-	-	-	ggr.	-
191	Islandpferd	10	Stute	380	-	-	-	-	-	-
192	Warmblut	4	Stute	560	-	-	-	-	mgr.	-
193	Warmblut	7	Stute	540	-	-	-	ggr.	mgr.	-
194	Appaloosa	11	Stute	460	-	-	ggr.	-	-	-
195	Warmblut	10	Wallach	590	ggr.	-	-	mgr.	mgr.	-
196	Arabisches Vollblut	1	Stute	350	-	-	-	-	ggr.	-
197	Islandpferd	10	Wallach	390	ggr.	-	-	-	-	-
198	Warmblut	10	Wallach	520	-	-	-	mgr.	ggr.	-
199	Warmblut	11	Wallach	520	-	-	-	ggr.	hgr.	-
200	Warmblut	18	Wallach	580	ggr.	ggr.	ggr.	mgr.	hgr.	-
201	Warmblut	8	Stute	480	mgr.	-	-	mgr.	ggr.	ggr.
202	Warmblut	7	Stute	415	-	-	-	-	-	-
203	Warmblut	9	Wallach	550	-	-	-	-	-	-
204	Warmblut	7	Stute	560	-	-	-	ggr.	ggr.	-
205	Arabisches Vollblut	1	Stute	350	-	-	-	-	-	-
206	Islandpferd	14	Wallach	380	-	-	ggr.	ggr.	-	-
207	Warmblut	12	Stute	550	-	-	ggr.	ggr.	ggr.	-
208	Islandpferd	18	Wallach	400	-	-	-	-	-	-
209	sonstige	3	Stute	540	-	-	-	-	mgr.	-
210	Warmblut	7	Wallach	565	ggr.	hgr.	-	ggr.	hgr.	-
211	Warmblut	14	Stute	600	ggr.	-	-	mgr.	hgr.	ggr.
212	Arabisches Vollblut	4	Hengst	450	-	-	-	-	-	-
213	Quarter Horse	21	Wallach	500	ggr.	ggr.	mgr.	-	mgr.	-
214	Kaltblut	10	Stute	750	-	-	-	ggr.	mgr.	-
215	Warmblut	12	Wallach	560	-	-	ggr.	mgr.	hgr.	mgr.
216	sonstige	12	Wallach	535	-	-	-	-	mgr.	-
217	Pony	4	Wallach	350	-	-	-	ggr.	mgr.	-
218	Appaloosa	12	Wallach	550	-	-	-	ggr.	mgr.	-
219	Arabisches Vollblut	20	Stute	340	-	-	ggr.	mgr.	ggr.	-

Nr.	Rasse	Alter in Jahren	Geschlecht	KGW in kg	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
220	Warmblut	17	Stute	620	-	-	-	ggr.	mgr.	-
221	Warmblut	7	Stute	550	-	-	-	-	-	-
222	Warmblut	6	Stute	540	-	ggr.	ggr.	mgr.	ggr.	-
223	Appaloosa	14	Wallach	530	-	-	-	-	ggr.	-
224	Islandpferd	14	Stute	380	-	-	-	-	-	-
225	Warmblut	2	Hengst	480	-	-	-	-	-	-
226	Pony	24	Hengst	98	-	-	-	-	-	-
227	sonstige	16	Wallach	560	-	-	-	-	mgr.	-
228	sonstige	5	Stute	400	-	-	-	-	-	-
229	Warmblut	8	Wallach	600	-	-	ggr.	ggr.	-	hgr.
230	Warmblut	14	Stute	580	-	-	-	mgr.	hgr.	-
231	Traber	24	Wallach	500	-	-	ggr.	mgr.	hgr.	-
232	Warmblut	8	Stute	520	-	-	-	ggr.	ggr.	-
233	PRE	13	Hengst	520	-	-	ggr.	mgr.	hgr.	-
234	Quarter Horse	14	Stute	500	-	-	-	-	ggr.	-
235	Warmblut	3	Stute	540	-	-	-	-	-	-
236	Warmblut	13	Wallach	550	-	-	ggr.	mgr.	-	-
237	Warmblut	9	Stute	550	-	-	ggr.	mgr.	mgr.	ggr.
238	Warmblut	13	Wallach	600	-	-	-	mgr.	ggr.	-
239	Warmblut	6	Wallach	550	-	-	-	-	-	-
240	sonstige	4	Hengst	480	-	-	-	-	-	-
241	Haflinger	21	Stute	460	mgr.	-	-	hgr.	mgr.	-
242	Islandpferd	5	Wallach	350	-	-	-	-	-	-
243	Kaltblut	17	Hengst	700	-	-	mgr.	mgr.	mgr.	-
244	Warmblut	21	Wallach	600	-	-	mgr.	mgr.	hgr.	-
245	Warmblut	19	Stute	500	-	-	-	-	mgr.	-
246	Warmblut	3	Wallach	520	-	-	ggr.	-	-	-
247	Quarter Horse	8	Wallach	500	-	-	-	-	-	-
248	Pony	12	Wallach	280	-	-	-	-	-	-
249	sonstige	4	Stute	480	-	-	-	mgr.	-	-
250	Pony	8	Wallach	180	-	-	-	-	-	-
251	Warmblut	10	Wallach	580	-	-	-	mgr.	mgr.	-
252	Warmblut	13	Wallach	550	-	-	ggr.	ggr.	ggr.	-
253	PRE	1	Stute	380	-	-	-	-	-	-
254	Warmblut	5	Wallach	550	-	-	-	ggr.	mgr.	-
255	Warmblut	8	Stute	520	ggr.	-	-	-	-	-
256	Pony	9	Stute	420	-	-	-	-	-	-

Nr.	Rasse	Alter in Jahren	Geschlecht	KGW in kg	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
257	Warmblut	14	Wallach	600	-	-	-	ggr.	mgr.	-
258	Warmblut	16	Wallach	530	-	-	-	-	ggr.	-
259	Warmblut	4	Wallach	560	-	-	-	-	ggr.	-
260	Knabstrupper	11	Stute	500	-	-	-	-	ggr.	-
261	Warmblut	12	Stute	550	-	-	ggr.	mgr.	mgr.	-
262	sonstige	12	Stute	480	-	-	mgr.	mgr.	ggr.	-
263	Kaltblut	10	Stute	540	-	-	-	ggr.	ggr.	-
264	Warmblut	9	Wallach	500	-	-	-	-	ggr.	-
265	Warmblut	4	Stute	600	-	ggr.	-	ggr.	ggr.	-
266	Warmblut	14	Stute	640	ggr.	-	-	-	ggr.	-
267	Warmblut	10	Stute	580	-	-	ggr.	mgr.	hgr.	mgr.
268	Warmblut	10	Wallach	570	-	-	mgr.	mgr.	mgr.	-
269	Warmblut	1	Stute	450	-	-	-	-	-	-
270	Pony	13	Wallach	480	ggr.	-	-	ggr.	mgr.	-
271	Warmblut	12	Hengst	570	-	-	-	ggr.	-	ggr.
272	sonstige	18	Stute	530	-	-	-	ggr.	mgr.	-
273	Quarter Horse	6	Wallach	450	-	-	-	-	-	-
274	Appaloosa	16	Wallach	500	-	-	-	mgr.	mgr.	-
275	Warmblut	6	Wallach	590	-	ggr.	ggr.	mgr.	ggr.	-
276	Islandpferd	5	Wallach	380	-	-	-	-	-	-
277	Warmblut	13	Wallach	520	ggr.	-	-	mgr.	mgr.	-
278	Islandpferd	5	Wallach	380	-	-	-	-	-	-
279	Warmblut	7	Wallach	570	-	-	-	-	mgr.	-
280	Warmblut	6	Wallach	600	-	-	-	-	ggr.	mgr.
281	Haflinger	3	Hengst	400	-	-	-	-	-	-
282	Haflinger	3	Hengst	420	-	-	-	-	-	-
283	Warmblut	14	Stute	600	-	-	-	mgr.	mgr.	-
284	Arabisches Vollblut	2	Stute	350	-	-	-	-	-	-
285	Warmblut	9	Stute	620	-	-	-	-	-	-
286	Haflinger	8	Hengst	450	ggr.	ggr.	-	-	-	-
287	Warmblut	21	Wallach	750	-	ggr.	ggr.	mgr.	hgr.	ggr.
288	Warmblut	18	Wallach	580	hgr.	mgr.	hgr.	mgr.	mgr.	-
289	sonstige	14	Wallach	430	ggr.	-	-	-	ggr.	-
290	Warmblut	13	Stute	570	ggr.	-	-	ggr.	-	-
291	Warmblut	4	Stute	480	ggr.	-	-	-	-	-
292	Warmblut	5	Stute	540	-	-	-	-	ggr.	-
293	Warmblut	7	Stute	550	-	-	-	ggr.	ggr.	-

Nr.	Rasse	Alter in Jahren	Geschlecht	KGW in kg	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
294	Islandpferd	21	Stute	300	-	mgr.	-	-	-	-
295	Warmblut	3	Stute	520	-	-	-	-	-	-
296	Islandpferd	8	Wallach	380	-	-	-	-	-	-
297	Quarter Horse	15	Hengst	550	-	-	-	mgr.	-	-
298	Warmblut	17	Wallach	520	ggr.	ggr.	mgr.	mgr.	mgr.	-
299	Warmblut	11	Stute	560	-	-	-	-	-	-
300	Warmblut	10	Stute	550	-	-	-	ggr.	mgr.	-
301	Warmblut	8	Wallach	570	-	-	-	ggr.	mgr.	-
302	Warmblut	5	Stute	560	-	-	-	hgr.	mgr.	-

Tabelle 22: Prävalenz von Facettengelenkarthrosen in Prozent bei den einzelnen Pferderassen der Pferdegruppe I und III sowie bei den unterschiedlichen Altersgruppen der Warmblutpferde. Zu beachten beim Vergleich ist das unterschiedliche Durchschnittsalter der Rassen.

Rasse	Durchschnittsalter	n	C2/C3	C3/C4	C4/C5	C5/C6	C6/C7	C7/T1
Warmblut	9,49	156	23	9,1	18,57	60,7	68,6	12,8
< 5 Jahre	3,23	21	4,8	4,8	4,8	20	38,1	0
5-10 Jahre	6,98	62	14,5	6,6	9,8	56,5	64,5	11,3
10-15 Jahre	12,83	54	33,3	9,3	24,5	77,8	79,6	16,7
> 15 Jahre	18,25	19	42,1	26,3	47,4	68,4	84,2	21,1
Arab. VB.	7,33	15	7,1	0	7,1	28,6	42,9	0
Quarter H.	9,31	19	10,5	5,3	21,1	16,7	47,4	0
Traber	16,29	7	28,6	14,3	28,6	57,1	71,4	0
PRE	9	6	0	0	16,7	33,3	50	0
Appaloosa	15	9	11,1	22,2	37,5	57,1	77,8	0
Kaltblut	9,75	8	0	12,5	37,5	57,1	75	0
Sonstige	13,65	21	19	9,5	14,3	38,1	66,7	0

Tabelle 23: Häufigkeit von Facettengelenkarthrosen in den jeweiligen Ausprägungsgraden beim Warmblutpferd in den unterschiedlichen Altersgruppen.

		Arthrosegrad	< 5 Jahre n = 21	5-10 Jahre n = 62	10-15 Jahre n = 54	> 15 Jahre n = 19
C2/C3	ggr.	Anzahl	1	5	11	7
		% in Klasse	4,76%	8,06%	20,37%	36,84%
	mgr.	Anzahl	0	2	4	0
		% in Klasse	0,00%	3,23%	7,41%	0,00%
	hgr.	Anzahl	0	1	1	1
		% in Klasse	0,00%	1,61%	1,85%	5,26%
	högr.	Anzahl	0	1	2	0
		% in Klasse	0,00%	1,61%	3,70%	0,00%
		Arthrosegrad	< 5 Jahre	5-10 Jahre	10-15 Jahre	> 15 Jahre
C3/C4	ggr.	Anzahl	1	1	4	4
		% in Klasse	4,76%	1,64%	7,41%	21,05%
	mgr.	Anzahl	0	1	0	1
		% in Klasse	0,00%	1,64%	0,00%	5,26%
	hgr.	Anzahl	0	1	1	0
		% in Klasse	0,00%	1,64%	1,85%	0,00%
	högr.	Anzahl	0	0	0	0
		% in Klasse	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		Arthrosegrad	< 5 Jahre	5-10 Jahre	10-15 Jahre	> 15 Jahre
C4/C5	ggr.	Anzahl	1	5	10	5
		% in Klasse	4,76%	8,20%	18,87%	26,32%
	mgr.	Anzahl	0	1	2	3
		% in Klasse	0,00%	1,64%	3,77%	15,79%
	hgr.	Anzahl	0	0	1	1
		% in Klasse	0,00%	0,00%	1,89%	5,26%
	högr.	Anzahl	0	0	0	0
		% in Klasse	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		Arthrosegrad	< 5 Jahre	5-10 Jahre	10-15 Jahre	> 15 Jahre
C5/C6	ggr.	Anzahl	3	20	15	3
		% in Klasse	15,00%	32,26%	27,78%	15,79%
	mgr.	Anzahl	1	13	22	8
		% in Klasse	5,00%	20,97%	40,74%	42,11%
	hgr.	Anzahl	0	2	3	2
		% in Klasse	0,00%	3,23%	5,56%	10,53%
	högr.	Anzahl	0	0	2	0
		% in Klasse	0,00%	0,00%	3,70%	0,00%

		Arthrosegrad	< 5 Jahre	5-10 Jahre	10-15 Jahre	> 15 Jahre
C6/C7	ggr.	Anzahl	5	15	12	2
		% in Klasse	23,81%	24,19%	22,22%	10,53%
	mgr.	Anzahl	2	19	17	8
		% in Klasse	9,52%	30,65%	31,48%	42,11%
	hgr.	Anzahl	1	4	12	6
		% in Klasse	4,76%	6,45%	22,22%	31,58%
	högr.	Anzahl	0	2	2	0
		% in Klasse	0,00%	3,23%	3,70%	0,00%
C7/T1	ggr.	Anzahl	0	3	3	2
		% in Klasse	0,00%	4,84%	5,56%	10,53%
	mgr.	Anzahl	0	1	5	0
		% in Klasse	0,00%	1,61%	9,26%	0,00%
	hgr.	Anzahl	0	3	1	0
		% in Klasse	0,00%	4,84%	1,85%	0,00%
	högr.	Anzahl	0	0	0	2
		% in Klasse	0,00%	0,00%	0,00%	10,53%

Tabelle 24: Auflistung der Probanden mit röntgendichter Verschattung dorsal des Axis.

Nr	Rassegruppe	Alter	Geschlecht	KGW
41	Warmblut	11	Wallach	500
51	Warmblut	13	Stute	560
68	Sonstige	20	Wallach	480
83	Warmblut	18	Wallach	607
92	Sonstige	12	Wallach	500
97	Warmblut	9	Wallach	520
111	Warmblut	8	Wallach	625
143	Warmblut	8	Stute	580
146	Sonstige	15	Wallach	450
187	Warmblut	16	Stute	540
189	Warmblut	10	Stute	600
199	Warmblut	11	Wallach	520
201	Warmblut	8	Stute	480

211	Warmblut	14	Stute	600
<hr/>				
245	Warmblut	19	Stute	500
<hr/>				
262	Sonstige	12	Stute	480
<hr/>				
271	Warmblut	12	Hengst	570
<hr/>				

DANKSAGUNG

Ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. H. Gerhards für die Überlassung des spannenden Themas und die gute Betreuung. Außerdem sei Herrn Dr. S. Reese für die Hilfe bei der statistischen Auswertung und Aufbereitung des Datenmaterials gedankt. Auch möchte ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, insbesondere den Pflegern der Klinik für Pferde der LMU München für ihre Unterstützung bei der Durchführung dieses Projekts bedanken.

Meiner Partnerin und Kollegin Laura Mang ganz herzlichen Dank für die kritische Durchsicht des Manuskripts und die konstruktive Kritik sowie Unterstützung zu jeder Phase des Projekts.

Zu Letzt sei meinen Eltern besonders gedankt, die mir die Ausbildung ermöglicht haben und deren Unterstützung ich mir zu jeder Zeit sicher sein konnte.