

Röntgenologische Untersuchung der  
Halswirbelsäule des Pferdes  
im Rahmen der Kaufuntersuchung

von Jasmin Haupt

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

Röntgenologische Untersuchung der  
Halswirbelsäule des Pferdes im  
Rahmen der Kaufuntersuchung

Von Jasmin Haupt

Aus Karlsruhe

München 2020

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

Arbeit angefertigt in der Tierklinik Wieda Grund,  
Abteilung Pferde in Rotenburg/Wümme

Mentor: Dr. Stephan Leser

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Hartmut Gerhards

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Rebecca Kenngott

Tag der Promotion: 25. Juli 2020

Meiner Familie

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2 LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>4</b>
2.1 Grundlagen der Kaufuntersuchung .....	4
2.1.1 Entwicklung der Kaufuntersuchung .....	4
2.1.2 Kaufuntersuchung und Röntgen .....	9
2.1.3 Standardprotokoll und Röntgenleitfaden .....	9
2.2 Die Halswirbelsäule des Pferdes .....	11
2.2.1 Aufbau und knöchernes Skelett der Halswirbelsäule .....	12
2.2.2 Gelenke der Halswirbelsäule .....	15
2.2.3 Bänder und Muskulatur der Halswirbelsäule .....	18
2.2.4 Neuroanatomie der Halswirbelsäule .....	24
2.3 Erkrankungen im Bereich der Halswirbelsäule .....	27
2.3.1 Angeborene Erkrankungen .....	27
2.3.1.1 Occipito-atlantoaxiale Malformation (OAAM) .....	27
2.3.1.2 Blockwirbel – vertebral fusion .....	28
2.3.2 Cervical Vertebral Malformation (CVM) .....	28
2.3.2.1 Cervical Static Stenosis (CSS) .....	29
2.3.2.2 Cervical Vertebral Instability (CVI) .....	30
2.3.3 Spondylarthrosen der Halswirbel .....	31
2.3.4 Traumata der Halswirbelsäule .....	33
2.3.4.1 Subluxationen und Luxationen .....	33

2.3.4.2	Halswirbelfrakturen und Fissuren .....	35
2.3.5	Infektionsbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule.....	37
2.3.5.1	Infektion des Atlantookzipitalgelenks .....	37
2.3.5.2	Zervikale Osteomyelitis .....	37
2.3.5.3	Zervikale Diskospondylitis .....	39
2.3.6	Parasitenbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule.....	40
2.3.7	Erkrankungen des Hinterhauptbeines und der gelenkbildenden Anteile.....	40
2.3.8	Genickbeule .....	41
2.3.9	Diskusprolaps .....	42
2.3.10	Neoplasien .....	43
2.4	Die Untersuchung der Halswirbelsäule .....	44
2.4.1	Untersuchung im Rahmen der Kaufuntersuchung .....	46
2.4.2	Röntgenologische Untersuchung .....	48
2.4.2.1	Röntgentechnik .....	48
2.4.2.2	Röntgenanatomie und –befunde .....	50
2.4.2.3	Interpretation der Röntgenbefunde .....	54
2.4.2.4	Messverfahren an der Halswirbelsäule .....	55
2.4.3	Weitere bildgebende Verfahren .....	58
<b>3</b>	<b>MATERIAL UND METHODE .....</b>	<b>59</b>
3.1	Probenmaterial .....	59
3.2	Die klinische Kaufuntersuchung .....	59
3.3	Röntgenuntersuchung .....	61
3.3.1	Röntgentechnik .....	61
3.3.2	Beurteilung der Röntgenaufnahmen .....	66

3.3.3	Messungen an den Röntgenbildern der Halswirbelsäule.....	77
3.4	Statistische Auswertung .....	79
3.4.1	Vergleich von Alter und Befunden .....	80
3.4.2	Vergleich Wirbel und Befunde .....	81
3.4.3	Vergleich Alter, Wirbel und Befunde .....	82
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>85</b>
4.1	Probenmaterial .....	85
4.2	Beurteilung der Röntgenaufnahmen .....	87
4.2.1	Okziput.....	90
4.2.1.1	Nackenbandansatz .....	90
4.2.2	Atlas .....	97
4.2.2.1	Arcus dorsalis .....	97
4.2.3	Axis .....	100
4.2.3.1	Axiskamm .....	100
4.2.3.2	Missbildungen.....	101
4.2.3.3	Kaudales Facettengelenk .....	102
4.2.4	3. Halswirbel .....	103
4.2.4.1	Achsenabweichung .....	103
4.2.4.2	Kaudales Facettengelenk .....	104
4.2.5	4. Halswirbel .....	106
4.2.5.1	Achsenabweichung .....	106
4.2.5.2	Kaudales Facettengelenk .....	107
4.2.6	5. Halswirbel .....	111
4.2.6.1	Achsenabweichung .....	111
4.2.6.2	Extremitas caudalis .....	111
4.2.6.3	Kaudales Facettengelenk .....	112
4.2.7	6. Halswirbel .....	116
4.2.7.1	Achsenabweichung .....	117

4.2.7.2	Extremitas cranialis.....	117
4.2.7.3	Kaudales Facettengelenk .....	117
4.2.8	7. Halswirbel .....	122
4.2.8.1	Kraniales Facettengelenk .....	122
4.3	Messungen an den Röntgenbildern der Halswirbelsäule.....	125
4.4	Statistische Auswertung .....	127
4.4.1	Vergleich von Alter und Befunden .....	129
4.4.2	Vergleich Wirbel und Befunde .....	130
4.4.3	Vergleich von Alter, Wirbel und Befunde	132
<b>5</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>136</b>
5.1	Diskussion der Methode.....	136
5.2	Diskussion der Ergebnisse .....	139
5.2.1	Abweichungen des intravertebralen Verhältnisses .....	140
5.2.2	Veränderungen am Okziput und Atlas.....	140
5.2.3	Röntgenologische Veränderungen der Facettengelenke .....	143
5.2.4	Altersverteilung .....	147
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>149</b>
<b>7</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>155</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>159</b>
<b>9</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>188</b>
<b>10</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS....</b>	<b>191</b>
<b>11</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .</b>	<b>195</b>

<b>12</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>197</b>
<b>13</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>216</b>

# 1 EINLEITUNG

Die Untersuchung der Halswirbelsäule sowie die dazugehörige Röntgenologie findet neben der Aufklärung von Ataxien, neurologischen Erkrankungen und Defiziten, Lahmheiten und Gangunregelmäßigkeiten ungeklärter Genese, Rittigkeitsproblemen sowie nach Traumata auch immer häufiger Anwendung bei der Kaufuntersuchung des Pferdes. Die röntgenologisch von der Normalanatomie abweichenden Befunde der Halswirbelsäule können auch ohne klinische Symptomatik zur Unbrauchbarkeit als Reit- oder Fahrpferd führen (Powers et al. 1986; Gerber et al. 1989; Landman et al. 2004).

Grundlage der röntgenologischen Beurteilung der Röntgenaufnahmen im Rahmen von Kaufuntersuchungen stellt der Röntgenleitfaden der Gesellschaft für Pferdemedizin (GPM) und der Bundestierärztekammer (BTK) von 2018 dar. Darin sind die Standardprojektionen sowie relevante Röntgenbefunde aufgeführt und auch die klinische

Relevanz beurteilt. Der davor gültige Röntgenleitfaden (Roelf, 2007) enthielt zudem auch eine Einteilung der aufgeführten Befunde in vier Klassen. Die Halswirbelsäule des Pferdes ist nicht im Röntgenleitfaden der GPM und BTK enthalten. Des Weiteren liegt kein Standardwerk zur Befundbeschreibung der Halswirbelsäule und somit die Grundlage einer objektiven und standardisierten Beurteilung von Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule vor. Einerseits existieren bisher nur unzureichende Informationen zur Prävalenz von röntgenologischen Befunden in diesem Bereich (Engel, 2010, Wilsmann, 2016), andererseits ist anhand von seitlichen (90°) Aufnahmen der Halswirbel die klinische Relevanz von manchen röntgenologischen Befunden nicht sicher zu beurteilen (Down & Henson, 2009).

Die Fertigung zusätzlicher Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule ist auch strahlenschutzrechtlich zu betrachten, da neben den bereits geforderten mindestens vier weitere Aufnahmen angefertigt werden müssen.

Diese Arbeit soll röntgenologisch erfassbare Befunde der Halswirbelsäule im Rahmen von Kaufuntersuchungen und deren Auswirkung auf sowie die Signifikanz und Prävalenz von röntgenologisch erfassbaren Befunden der Halswirbelsäule bei Pferden darstellen.

## 2 LITERATURÜBERSICHT

### 2.1 Grundlagen der Kaufuntersuchung

#### 2.1.1 Entwicklung der Kaufuntersuchung

Grundlage der Ankaufsuntersuchung stellte bis zum Jahr 2001 das alte Viehwährschaftsrecht, ein bestimmtes Gesetz des Zivilrechts in Deutschland, dar. Dieses umfasste die in der Kaiserlichen Verordnung von 1899 benannten Hauptgewährsmängel (Rotz, Dummkoller, Dämpfigkeit, periodische Augenentzündung, Kehlkopfpeifen, Koppen) nach § 482 Abs. 1 BGB a.F. sowie weitere Neben- oder Vertragsmängel, bestehend aus bestimmten Erkrankungen oder Charaktereigenschaften gemäß § 459 Abs. 2 BGB a.F., für die der Verkäufer jedoch nur in einer geringen Zeitspanne haften musste (Stölze, 1935). Im Falle des Auftreten eines Hauptmangels stand dem Käufer ausschließlich die Wandelung zu (§ 487 BGB a.F.), bei welcher der Verkäufer das Pferd zurücknehmen und den gesamten Kaufpreis erstatten musste. Hinsichtlich der Vertragsmängel stellte sich die Situation schwieriger dar, da der Verkäufer nur haften musste, wenn das Nichtvorhandensein eines

Mangels trotz bestehenden Wissens darüber dem Käufer gegenüber verschwiegen wurde beziehungsweise eine zugesicherte Eigenschaft nicht vorhanden war. Dem Käufer stand dann Wandelung oder Minderung des Kaufpreises zu (§ 462 BGB a.F.) beziehungsweise bestand bei arglistiger Verschweigung eines Mangels nach § 463 BGB a.F. Anspruch auf Schadensersatz (Fellmer et al., 2003; Sommer, 2000). Entscheidend war, dass der Käufer beweispflichtig war, um Schadensersatzansprüche geltend machen zu können. Um diese Situation zu vereinfachen, wurde die klinische Ankaufsuntersuchung eingeführt und um einen röntgenologischen Teil erweitert. Daraus ließen sich gewisse Gesundheitsrisiken ableiten (Deike, 2011).

Das alte Viehkaufrecht und die Sonderregelungen der Kaiserlichen Verordnung wurden seit dem 01.01.2002 durch das in Kraft getretene Schuldrechtsmodernisierungsgesetz abgelöst. Pferde sind demnach Sachen und für Pferdekäufe gelten dieselben Pflichten und Regeln wie für den Kauf anderer Gebrauchsgegenstände. Es gilt jedoch, zwischen dem Verbrauchsgüterkauf, bei welchem ein Verbraucher (BGB § 13 ) von einem Unternehmer (BGB § 14) kauft, und dem sonstigen Pferdekauf zu unterscheiden. Diese unterscheiden sich in den

gesetzlich geltenden Regelungen und der Möglichkeit der vertraglichen Gestaltung (Adolphsen, 2002). Bei dem Verbrauchsgüterkauf wird der Mangelbegriff aufgenommen, welcher durch einen Sollzustand definiert und durch eine Dreistufenregelung (§434 Abs. 1 BGB) gesichert wird. Der Sollzustand ist erfüllt, wenn ein Pferd 1. mangelfrei ist, was bedeutet, dass es beim Vertragsabschluss die vereinbarte Beschaffenheit besitzt, sich 2. für die vertraglich vorausgesetzte Verwendung eignet oder sich 3. für die gewöhnliche Verwendung eignet und so beschaffen ist, wie es zu erwarten und üblich ist. Die Beschaffenheit besteht bei Pferden hauptsächlich aus dem Gesundheitszustand und dem Ausbildungsstand (Adolphsen, 2002). Neu war zudem auch, dass im Falle eines Mangels das Recht auf Nachbesserung, demnach die Beseitigung des Mangels, oder ein Ersatz der Sache besteht (§ 437 Ziff. 1 BGB). Scheitert die Nacherfüllung, ist auch Wandelung oder Minderung (§ 441 BGB) möglich. Der Käufer kann Schadensersatz für Schäden, die durch den Erhalt eines mangelhaften Pferdes entstanden sind, fordern (§§ 280, 281 BGB), wenn der Verkäufer nicht beweisen kann, dass der Mangel nicht in seine Zuständigkeit fällt. Ein weiterer Punkt des neuen Pferdekaufrechts nach dem

Verbrauchsgüterkaufrecht ist auch die Beweislast und die Beweislastumkehr (§ 476 BGB). Prinzipiell muss der Käufer bei Vorliegen eines Mangels beweisen, dass dieser zum Kaufzeitpunkt schon bestand. Jedoch muss der Verkäufer sechs Monate beweisen, dass der in dieser Zeit auftretende Mangel bei Vertragsabschluss nicht bestand. Diese Beweislastumkehr gilt nur beim Verbrauchsgüterkauf und innerhalb der Frist von sechs Monaten. Ein weiterer Aspekt ist die Verjährungsfrist von zwei Jahren (§ 438 Abs. 1 Nr. 3 BGB), nach deren Ablauf die Rechte aus einem Kaufvertrag nicht mehr geltend gemacht werden können.

Bei sonstigen Kaufverträgen, bei welchen nicht der Verbraucher der Käufer ist, lassen sich Regeln einfacher anpassen, wie etwa die Verjährungsfrist oder der Haftungsausschluss, jedoch sind auch die Grenzen der Regeln der Allgemeinen Geschäftsbedingungen (§§ 305 ff. BGB) zu befolgen. Nach dem neuen Pferdekaufrecht hat der Käufer mehr Rechte im Falle eines Mangels, welche jedoch auch einige Probleme nach sich ziehen können. Der Verkäufer muss dafür sorgen, dass das Pferd von einem Tierarzt fachgemäß untersucht und alle Mängel erkannt und festgehalten werden, da der Verbraucher andernfalls von seinen Rechten

Gebrauch machen kann (Adolphsen, 2002). Um das Kaufrisiko für beide Seiten zu minimieren, werden tierärztliche Untersuchungen durchgeführt. Rein rechtlich ist zwischen der Ankaufsuntersuchung, welche vom Käufer in Auftrag gegeben wird, und der Kaufuntersuchung, wobei der Verkäufer der Auftraggeber ist, zu unterscheiden. Versäumt der Tierarzt in der Ankaufsuntersuchung, einen bestehenden Mangel festzustellen, kann er gegenüber dem Käufer schadensersatzpflichtig werden, wenn beweisbar ist, dass dieses Versäumnis bestand (Sonneborn, ohne Publikationsjahr). Somit ist die tierärztliche Untersuchung mit höchster Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt von fach- und sachkundigen Personen durchzuführen. Diese Kaufuntersuchung ist juristisch als Werkvertrag anzusehen (BGB §§ 631ff.). Der untersuchende Tierarzt hat demnach ein Gutachten über den Gesundheitszustand des Pferdes zum Untersuchungszeitpunkt zu erstellen, welches das Werk darstellt. Der Tierarzt schuldet dem Auftraggeber, gleich ob Käufer oder Verkäufer, zudem den Erfolg des Werkes, womit ein mangelfreies Gutachten über den Gesundheitszustand zum Untersuchungszeitpunkt gemeint ist (Althaus et al., 2006).

### **2.1.2 Kaufuntersuchung und Röntgen**

Die Kaufuntersuchung hat im Zusammenhang mit dem Pferdekauf einen hohen Stellenwert eingenommen. Dies hängt einerseits mit dem Bedürfnis zusammen, das Kaufrisiko mit steigendem ideellem und finanziellem Wert des Pferdes so gering wie möglich zu halten (Huskamp & Becker, 1980), als auch durch die schuldrechtsreform-bedingten Änderungen im Kaufrecht. Die zusätzliche Anfertigung von Röntgenbildern bei Kaufuntersuchungen ist heutzutage gängige Praxis und wurde seit Mitte der 1970er Jahre immer häufiger durchgeführt (Neuhaus, 2007). Um die Kaufuntersuchung zu vereinheitlichen, wurde 1987 ein Formblatt zur Protokollierung der Kaufuntersuchung veröffentlicht (Deike, 2011), welches auch einen Standard für röntgenologische Untersuchungen vorgab (Plewa, 1987).

### **2.1.3 Standardprotokoll und Röntgenleitfaden**

Bei der Kaufuntersuchung legen Verkäufer (Verkaufsuntersuchung) oder Käufer (Ankaufsuntersuchung) den Leistungsumfang der tierärztlichen Untersuchung fest. Das erste

Standardprotokoll wurde 1987 von einer Gruppe von Tierärzten erstellt (Plewa, 1987; Deike, 2011). Es enthielt ein Untersuchungsspektrum, allgemeine Geschäftsbedingungen zur Regelung des Kaufs und einen Standard zur röntgenologischen Untersuchung (Plewa, 1987; Deike, 2011). Nach Plewa (1987) sollte es auch tierärztliche und juristische Bedingungen im Rahmen der Untersuchung regeln und Unklarheiten reduzieren. Es folgten weitere Entwürfe zur Vereinheitlichung der röntgenologischen Ankaufsuntersuchung (Deike, 2011). Die erste Röntgenkommission, bestehend aus Prof. Dik, Prof. Ueltschi und Prof. Hertsch, erarbeitete ein „Ergebnisprotokoll“, welches 1993 vorgestellt und dessen Anwendung dann auch von der Deutschen Tierärzteschaft empfohlen wurde (Dik et al., 1993). Die darin enthaltenen Richtlinien und Empfehlungen enthielten das Ziel, die Röntgenuntersuchung und Interpretation der Bilder bei Kaufsuntersuchungen zu vereinheitlichen (Deike, 2011). Das Protokoll erfuhr durch die zweite (Mitglieder Prof. Gerhards, Prof. Hertsch, Dr. Jahn, Dr. von Saldern) und dritte Röntgenkommission (Mitglieder Prof. Gerhards, Prof. Hertsch, Dr. Jahn, Dr. Brunken) Weiterentwicklungen, wodurch der bis 01.01.2018 geltende Roelf 2007 (Gerhards et al., 2007) entstand.

Dieser enthielt, neben Richtlinien mit Empfehlungen zu Technik und Qualität der Röntgenbilder, zwölf Standardaufnahmen für die Gliedmaßen mit aufgeführten Röntgenbefunden und Klassifizierung in Röntgenklassen sowie Empfehlungen und Bewertungen zur Röntgentechnik des Rückens. Der aktuelle Röntgenleitfaden 2018 der vierten Röntgenkommission (Mitglieder Prof. Lischer, Prof. Stadler, Dr. Brunken, Dr. Jahn, Dr. Schüle) enthält 18 Standardaufnahmen der Gliedmaßen, die Klassifizierung in Röntgenklassen wurde jedoch durch die Einteilung in Befunde, die ein nicht einzuschätzendes Risiko für eine Lahmheit bedeuten und solche, die mit einem Risiko einer Lahmheit einhergehen können, ersetzt (Brunken et al., 2018).

### **2.2 Die Halswirbelsäule des Pferdes**

Die Halswirbelsäule des Pferdes stellt die knöchernen Verbindung zwischen dem Kopf und dem Körperstamm dar. Im ersten Abschnitt des Halses befindet sie sich im dorsalen Halsbereich, zieht dann in den mittleren Halsbereich und schließt sich ventral im Hals verlaufend an die Brustwirbelsäule an. Dabei verläuft sie S-förmig in einer konvexen Kopf-Hals-

Krümmung und einer konkaven Hals-Brust-Krümmung (Wissdorf et al., 2010).

### **2.2.1 Aufbau und knöchernes Skelett der Halswirbelsäule**

Die Halswirbelsäule wird von sieben Halswirbeln (*Vertebrae cervicales*) gebildet. Diese sind ähnlich aufgebaut, nur der erste Halswirbel (Atlas) und der zweite Halswirbel (Axis) weichen funktionsbedingt von diesem Bauplan ab (Wissdorf et al., 2010). Die Halswirbel C3-C7 bestehen jeweils aus einem ventral gelegenen Wirbelkörper (*Corpus vertebrae*), welcher eine zylindrische bis dreiseitige Form aufweist. Dieser besitzt eine kranial gelegene konvexe Epiphyse (*Extremitas cranialis* oder *Caput vertebrae* genannt), eine kaudal gelegene konkave Epiphyse (*Extremitas caudalis* oder *Fossa vertebrae* genannt) und ventromedian die *Crista ventralis*. Diese ist in der Regel ausgeprägt vorhanden, reduziert ausgebildet beim 6. Halswirbel und fehlt beim 7. Halswirbel (König & Liebich, 2015). Dorsal des Wirbelkörpers ist der Wirbelbogen (*Arcus vertebrae*) angegliedert und bildet mit diesem die Begrenzung des Wirbellochs (*Foramen vertebrale*). Am Übergang

des Arcus vertebrae zum Corpus vertebrae befindet sich kranial als auch kaudal eine Einziehung (Incisura vertebralis cranialis bzw. Incisura vertebralis caudalis), die mit den Einziehungen der benachbarten Wirbel das Zwischenwirbelloch (Foramen intervertebrale) bildet und den vom Rückenmark abzweigenden Nerven den Austritt in die Peripherie ermöglicht (Wissdorf et al., 2010). Die Gesamtheit der Wirbellöcher bildet den Wirbelkanal (Canalis vertebralis), in welchen das Rückenmark eingebettet ist. Der Arcus vertebrae weist zwei Querfortsätze (Processus transversi) auf. Dort befindet sich, neben dem an der Basis gelegenen Foramen transversarium, auch ein kranial weisendes Tuberculum ventrale, mit Ausnahme des 7. Halswirbels, sowie ein kaudal gerichtetes Tuberculum dorsale. Am 6. Halswirbel wird dieses kaudal durch die Lamina ventralis ergänzt (Wissdorf et al., 2010). Kranial und kaudal schließen sich die vier Gelenkfortsätze (Processus articulares craniales und Processus articulares caudales) dem Wirbelbogen an. Sie weisen eine rundliche Form auf und sind mit einer flachen, knorpelüberzogenen Gelenkfläche (Facies articularis) ausgestattet, welche mit den Gelenkfortsätzen der anliegenden Wirbel synoviale Gelenke bilden (Nickel, Schummer & Seiferle, 2004).

Dorsal auf dem Wirbelbogen ist der Processus spinosus gelegen, welcher lediglich beim 7. Halswirbel in dieser Form besteht und sonst zu einem Tuberculum dorsale reduziert ist (Wissdorf et al., 2010). Der 7. Halswirbel besitzt ebenfalls an der Basis des Processus spinosus die Fovea costalis zur Kommunikation mit der ersten Rippe.

Der erste Halswirbel (Atlas) weicht aufgrund seiner Funktion als Kopfträger (Wissdorf et al., 2010) von dem Bauprinzip der anderen Halswirbel ab. Er ist ringförmig aus dem dorsalen Arcus dorsalis und dem ventralen Arcus ventralis zusammengesetzt und enthält im Wirbelloch die Fovea dentis, eine Einbuchtung. Die Atlasflügel (Ala atlantis) stellen die modifizierten Querfortsätze dar, an deren kranialen Ende das Foramen alare und am kaudalen Ende das Foramen transversarium liegt. Der Wirbelkörper des Atlas hat sich entwicklungsbedingt zum Dens des 2. Halswirbels entwickelt (Wissdorf et al., 2010). Der Atlas weist auch diverse Fortsätze auf: Die Gelenkfortsätze zur Artikulation mit den benachbarten Wirbeln sind kopfwärts zu den Fovea articulares craniales umgebildet und stellen die gelenkige Verbindung zum Hinterhauptbein (Okziput) dar, wodurch das Spatium atlantooccipitale eingerahmt wird (Nickel et al., 2004). Kaudal bilden

die auf den Wirbelbögen gelegene Fovea articulares caudales die Verbindung zum Axis. Der Dornfortsatz ist zum auf dem dorsalen Wirbelbogen gelegenen Tuberculum dorsale reduziert. Der Axis, 2. Halswirbel, ist der längste Halswirbel und besitzt kranial den Dens axis, mit einem eigenen Verknöcherungskern (Wissdorf et al., 2010). Die Wachstumsfuge zwischen dem Dens axis und der Epiphyse des Axis schließt sich erst im Alter zwischen sieben bis neun Monaten (Wissdorf et al., 2010). Der Processus spinosus ist prominent ausgebildet und besitzt eine kammartige Form (Wissdorf et al., 2010), an deren kaudalen gegabelten Ende die Gelenkflächen (Procc. articulares caudales) zur Kommunikation mit dem 3. Halswirbel bestehen. Statt der Incisura vertebrae cranialis ist ein Foramen vertebrae laterale ausgebildet (König & Liebich, 2015), während die Incisura vertebralis caudalis unverändert ist.

### **2.2.2 Gelenke der Halswirbelsäule**

Die Verbindung des Hirnschädels zur Wirbelsäule stellen die beiden Kopfgelenke dar. Das Hinterhauptbein (Okziput) bildet mit dem ersten

Halswirbel, Axis genannt, das *Articulatio atlantooccipitale*. Es besteht aus zwei Ellipsoidgelenken, wobei jeder der beiden Kondylen des Okziputs mit der dazugehörigen tiefen Gelenkfläche, der *Fovea articularis cranialis*, ein Gelenk mit eigener Gelenkkapsel bildet (Nickel et al., 2004). Dieses ermöglicht eine Nickbewegung des Kopfes (König & Liebich, 2015). Das erste Kopfgelenk rahmt einen Spalt, das *Spatium atlantooccipitale*, ein, welcher je nach Haltung des Kopfes Ausmaße von 35 mm Länge und 20 mm Breite umfassen kann und dorsal von der *Membrana atlantooccipitalis dorsalis* überlagert ist (Wissdorf et al., 2010).

Das zweite Kopfgelenk, *Articulatio atlantoaxialis*, wird von Atlas und Axis gebildet. Dabei kommunizieren der *Dens axis* mit der *Fovea dentis* des ersten Halswirbels und außerdem die *Foveae articulares caudales atlantis* des Atlas mit den zum Axis gehörenden *Foveae articulares craniales*, diese werden von einer Gelenkkapsel umgeben (König & Liebich, 2015; Nickel et al., 2004). Dieses Gelenk ermöglicht eine Rotationsbewegung des Schädels (Salomon, 2008).

Die nachfolgenden Wirbel sind untereinander durch zwei Arten verbunden: die Gelenke zweier

benachbarter Wirbelkörper und die im klinischen Gebrauch als Facettengelenk bezeichneten Gelenke, welche durch die am Wirbelbogen gelegenen Gelenkfortsätze gebildet werden (Wissdorf et al., 2010). Auch der Axis ist kaudal durch diese Gelenke mit dem 3. Halswirbel verbunden.

Die Zwischenwirbelgelenke werden von zwei aneinander liegenden Wirbelkörpern gebildet, wobei die konkav ausgebildete Extremitas caudalis über eine Zwischenwirbelfuge (Symphysis intervertebralis) mit eingebetteter Zwischenwirbelscheibe (Discus intervertebralis) mit der konvex geformten Extremitas cranialis des nachfolgenden Wirbelkörpers in Verbindung steht (Wissdorf et al., 2010; König & Liebich, 2015). Die Zwischenwirbelscheibe enthält einen zentralen gallertartigen Kern, den Nucleus pulposus, welcher vom Anulus fibrosus, einem faserknorpeligen Ring, umschlossen wird (König & Liebich, 2015).

Die Gelenke (Artt. processuum articularium), welche durch die kranialen und kaudalen Gelenkfortsätze am Wirbelbogen der benachbarten Wirbel gebildet werden, sind ab dem 2. Halswirbel ausgebildet. Als Schiebegelenke (Nickel et al., 2004) lassen sie einen großen Bewegungsspielraum zu und weisen jeweils eine große Gelenkkapsel auf (Wissdorf et al., 2010).

Fürst stellte 2006 fest, dass die Gelenkkapseln bis zu den Zwischenwirbellöchern reichen, diese bei vermehrter Gelenkfüllung verengt werden können und somit Druck auf die austretenden Nerven ausgeübt werden kann.

### **2.2.3 Bänder und Muskulatur der Halswirbelsäule**

Die einzelnen Wirbel der Halswirbelsäule werden durch zahlreiche Bandstrukturen verbunden. Das Nackenband (Ligamentum nuchae) besteht aus zwei Bestandteilen: dem paarig ausgebildeten Nackenstrang (Funiculus nuchae) und der teilweise paarig ausgebildeten Nackenplatte (Lamina nuchae). An beiden Protuberantiae occipitalis externae des Okziputs hat der Nackenstrang in elastisch flacher Form seinen Ursprung. Als rundes Faserbündel zieht er isoliert über Atlas und Axis und verbindet sich ab dem 3. Halswirbel mit der Lamina nuchae (Wissdorf et al., 2010). Die Nackenplatte wird von einem paarigen kopfwärtigen Teil, der aus dem Dornfortsatz bzw. dem Tuberculum dorsale des 2. bis 4. Halswirbels hervorgeht, und einem kaudalen unpaaren Teil, entstehend an den Processus spinosi

der darauffolgenden 3 Halswirbel, gebildet und ist zum Teil unterbrochen. Auf Höhe des 3. oder 4. Brustwirbels geht das Nackenband in das Rückenband (Ligamentum supraspinale) über (König & Liebich, 2015; Nickel et al., 2004). Des Weiteren verläuft das dorsale Längsband (Ligamentum longitudinale dorsale) im Wirbelkanal dorsal auf den Wirbelkörpern und zieht von seinem Ursprung am Dens axis bis zum Kreuzbein (König & Liebich, 2015 ; Salomon et al., 2008). Diese Bandstrukturen haben große Bedeutung für die Stabilität und Funktionalität der gesamten Wirbelsäule. Unterhalb des Nackenstrangs liegen auf Höhe des ersten und zweiten Halswirbels zwei Schleimbeutel, welche durch die mechanische Belastung des Nackenbandes entstehen. Die Bursa subligamentosa nuchalis cranialis befindet sich unterhalb des Nackenstrangs auf dem Tuberculum dorsale des ersten Halswirbels. Der zweite Schleimbeutel, Bursa subligamentosa nuchalis caudalis, liegt auf Höhe des Axiskamms des zweiten Halswirbels unter dem Nackenstrang (König & Liebich, 2015).

Zwischen den Dornfortsätzen der einzelnen Wirbel befinden sich die elastischen Zwischendornenbänder (Ligamenta interspinalia). Die Wirbelbögen aneinander liegender Wirbel werden durch

Zwischenbogenbänder (Ligamenta flava) verbunden (Wissdorf et al., 2010; König & Liebich, 2015).

Die Muskulatur der Halswirbelsäule setzt sich aus verschiedenen Anteilen zusammen: einerseits die besonderen Bewegungen des Kopfes, welche die Halswirbelsäule mit dem Kopf verbinden (Nickel et al., 2004) und funktionell auch als Verlängerung der Halsmuskulatur angesehen werden können (König & Liebich, 2015). Zudem sind auch die Schultergürtelmuskulatur, welche zur Stammesmuskulatur zählt, und die besonderen Bewegungen des Halses bei der Bewegung des Kopfes und des Halses von Bedeutung (Nickel et al., 2004).

Die besonderen Bewegungen des Kopfes lassen sich nach der Lage und Art der Bewegung unterteilen. Zu den dorsalen Muskeln oder Hebern und Streckern des Kopfes gehört der *M. rectus capitis dorsalis major*, welcher am *Processus spinosus* des *Axis* entspringt und zur *Crista nuchae* zieht, sowie der *M. rectus capitis dorsalis minor*. Dieser verläuft vom *Arcus dorsalis atlantis* zum *Os occipitale* (Wissdorf et al., 2010). Zu den ventralen und schiefen Bewegungen des Kopfes (Wissdorf et al., 2010) zählt der *M. rectus capitis ventralis*. Er zieht vom *Arcus ventralis atlantis* an die *Schädelbasis caudal* des *M. longus capitis* und beugt die *Articulatio atlantooccipitalis*. Der *M. rectus*

capitis lateralis erfüllt dieselbe Funktion und stellt den Kopf auch schief. Er entspringt am Arcus ventralis atlantis und an der Atlasunterfläche und inseriert am Processus paracondylaris. Der M. obliquus capitis caudalis, der seinen Ursprung am Proc. spinosus des Axis hat und zum Ala atlantis zieht, führt die Drehbewegung des Atlas um den Dens axis aus. Am Ala atlantis entspringt der M. obliquus rectus cranialis und inseriert an der Crista nuchae sowie an der Basis des Proc. jugularis. Er streckt und dreht den Kopf (König & Liebich, 2015; Wissdorf et al., 2010).

Die besonderen Bewegungen des Halses haben die Aufgabe, gemeinsam mit dem Nackenband den Kopf zu tragen und den Hals zu bewegen (Wissdorf et al., 2010). Diese Muskelgruppe besteht aus den langen Muskeln, welche über mehrere Wirbel ziehen, und den kurzen Halsmuskeln, welche nur eine kurze Distanz zwischen Ursprung und Ansatz überbrücken. Der Großteil der Muskulatur des Halses liegt seitlich und dorsal der Halswirbelsäule, richtet die Halswirbelsäule auf und ermöglicht eine Seitwärtsbewegung und Drehung. Dazu gehört der M. splenius, welcher am Lig. nuchae und aus der Fascia spinocostotransversarius entsteht und dorsal als langgezogener kräftiger Muskel als M. splenius

cervicis an den Querfortsätzen der 3. bis 5. Halswirbel und als *M. splenius capitis* am Okziput und dem *Proc. mastoideus* ansetzt (König & Liebich, 2015). Der *M. longus colli* besteht aus einem Halsteil und einem Brustteil. Letzterer hat seinen Ursprung an den ersten fünf bis sechs Brustwirbelkörpern und inseriert kranio-ventral an Atlas und Axis. Die Muskelbündel des Halsteils ziehen kranio-medial von den Querfortsätzen des 3. bis 7. Halswirbels bis zum Ansatz median an den Wirbelkörpern und dem *Tuberculum ventrale atlantis* (König & Liebich, 2015; Nickel et al., 2002). Zusammen mit den *Mm. scaleni* ermöglicht er die abwärtsbiegende und niederziehende Bewegung der Halswirbelsäule. Die *Mm. scaleni* bestehen aus dem *M. scalenus ventralis*, welcher von der 1. Rippe zu den *Procc. transversari* der 7. bis 3. Halswirbel zieht, und dem dorsal gelegenen *M. scalenus medius*, der auch an der 1. Rippe entspringt und am Querfortsatz des siebten Halswirbels inseriert (Wissdorf et al., 2010; König & Liebich, 2015). Der *M. longissimus cervicis* läuft kranioventral von den ersten sechs bis sieben Brustwirbeln zu den Querfortsätzen des 3. bis 7. Halswirbels und hebt und biegt den Hals. Dieselbe Funktion erfüllt auch der *M. semispinalis capitis*, der an den *Procc. transversari* der ersten 5 bis 6

Brustwirbel und den Gelenkfortsätzen der 2. bis 7. Halswirbel entspringt und kraniodorsal zur Squama occipitalis zieht. Der *M. spinalis thoracis et cervicis* ermöglicht die Fixation, Aufrichtung und Seitwärtsbewegung des Halses und verläuft von den Dornfortsätzen der Lendenwirbel, der 13. bis 18. Brustwirbel und dem Sehnenanteil des *M. longissimus* kranial zu den Dornfortsätzen des 2. bis 7. Halswirbels und 1. bis 6./7. Brustwirbels (Wissdorf et al., 2010). Ergänzt wird die Halsmuskulatur durch einzelne Muskeln der Schultergürtelmuskulatur, welche vorwiegend die Verbindung des Halses mit dem Rumpf darstellen, die Halskontur mitformen und die Bewegung der Gliedmaßen zulassen (Wissdorf et al., 2010). Zu dieser Gruppe gehört die Pars cervicalis des *M. trapezius*, der *M. omotransversarius*, der *M. rhomboideus cervicis*, der *M. serratus ventralis cervicis*, der *M. sternomandibularis* sowie der *M. cleidomastoideus* (Wissdorf et al., 2010; König & Liebich, 2015).

Die Muskulatur des Halses wird von zwei Faszien umhüllt: der oberflächlichen Halsfaszie (*Fascia cervicalis superficialis*), welche aus einem oberflächlichen und tiefen Blatt besteht, und der tiefen Halsfaszie (*Fascia cervicalis profunda*), die

ebenfalls aus einem oberflächlichen und tiefen Blatt besteht. Durch die Umhüllung der Halsmuskulatur durch die ausgeprägt ausgebildeten Faszien entstehen neben den Muskelbäuchen auch Nischen und Spalten (Wissdorf et al., 2010), wie die Karotisscheide (Vagina carotica), in welcher bedeutende Leitungsbahnen verlaufen (Arteria carotis communis, Truncus vagosympathicus, N. laryngeus recurrens) (König & Liebich, 2015).

### **2.2.4 Neuroanatomie der Halswirbelsäule**

Das Gehirn und das Rückenmark bilden das Zentralnervensystem, von welchem Nerven an die Peripherie abgehen und das periphere Nervensystem bilden. Das Gehirn wird von der Schädelhöhle umschlossen und geht fließend zwischen Hinterhauptsbein und Atlas in das Rückenmark über (König & Liebich, 2015). Dieses verläuft als zylindrisch geformter, teilweise dorsoventral abgeflachter Strang, der den Wirbelkanal nicht vollständig einnimmt (Nickel et al., 2004). Neben der knöchernen Begrenzung sind beide von bindegewebigen, übereinander geschichteten Hüllen, den Hirnhäuten umgeben. Das Rückenmark ist

eingebettet in die Hirnhäute und außen von fettreichem Bindegewebe samt Venen und Zerebrospinalflüssigkeit (König & Liebich, 2015; Wissdorf et al., 2010) umhüllt.

Das Rückenmark lässt sich im Querschnitt in die außen gelegene weiße Substanz (*Substantia alba*) und die zentral gelegene, H-förmige oder schmetterlingsförmig graue Substanz (*Substantia grisea*) mit zentral gelegenem *Canalis centralis* unterteilen. Diese Form entsteht durch die bilateral symmetrische Unterteilung in ein Dorsalhorn, welches räumlich gesehen den Dorsalstrang bildet, ein Ventralhorn mit dem zugehörigen Strang und einen seitlichen Zwischenteil bzw. im thorakolumbalen Bereich ein Lateralhorn. Der Dorsalstrang (*Columna dorsalis*) enthält hauptsächlich viszeral afferente und somatische Nerven, welche für die Reizleitung der Oberflächen- und Tiefensensibilität zum Gehirn verantwortlich sind (König & Liebich, 2015; Wissdorf et al., 2010). Im Ventralstrang laufen vorwiegend absteigende motorische Nerven, jedoch enthält er auch afferente Nervenbahnen (König & Liebich, 2015; Wissdorf et al., 2010).

Aus dem Rückenmark treten die Spinalnerven aus, welche sich aus motorischen und sensiblen

Nervenfasern zusammensetzen (Nickel et al., 2004; Wissdorf et al., 2010). Diese bestehen, neben einer Dorsalwurzel mit afferenten und sensiblen Fasern aus einer Ventralwurzel mit motorischen und vegetativen Fasern, welche sich im Rückenmark vereinigen und als Spinalnerv aus dem Foramen intervertebrale austreten (König & Liebich, 2015; Nickel et al., 2004). Grundsätzlich entspricht die Anzahl der Wirbel der der Spinalnerven; im Halsbereich gibt es jedoch acht austretende Nerven. Der erste Spinalnerv zieht durch das Foramen vertebrale laterale des ersten Halswirbels. Die nachfolgenden Nerven verlassen vor dem gleichzähligen Wirbel durch das Foramen intervertebrale den Rückenmarkskanal und der 8. Halsnerv verläuft zwischen dem siebten Halswirbel und dem ersten Brustwirbel (König & Liebich, 2015; Wissdorf et al., 2010).

### **2.3 Erkrankungen im Bereich der Halswirbelsäule**

#### **2.3.1 Angeborene Erkrankungen**

##### **2.3.1.1 Occipito-atlantoaxiale Malformation (OAAM)**

Zu den kongenitalen Erkrankungen der Halswirbelsäule gehört die occipito-atlantoaxiale Malformation, eine Fehlbildung des 1. und/oder 2. Halswirbels. Bei dieser Erkrankung fusioniert der Atlas mit dem Okziput, es liegt eine Hypoplasie des Atlas und des Dens sowie modifizierten Gelenkflächen zwischen Atlas und Axis vor, welche sich in drei Formen einteilen lässt (Mayhew et al., 1978b). Aufgrund der Verkürzung des Atlas und des Dens axis um etwa 50% ist diese Verbindung instabil und es kann zur atlantoaxialen Subluxation kommen. Prädisponiert für diese Erkrankung sind Araber (Mayhew et al., 1978c), jedoch wurde das Auftreten auch bei Miniature Horses (Rosenstein et al., 2000), Friesen (Bell et al., 2007) und Appaloosas als auch Quarter Horses (Wilson et al., 1985) beschrieben. Diese Veränderung ist oftmals als Ausbuchtungen im Bereich des ersten und zweiten Halswirbels sichtbar oder palpierbar (Watson & Mayhew, 1986) und

durch die im Rahmen der Missbildung entstehenden Kompression des Rückenmarks zeigt durch Wobbler-Symptome wie Störungen des Bewegungsablaufes und symmetrische Ataxie gekennzeichnet (Mayhew et al., 1978b; Wissdorf et al., 2010).

### 2.3.1.2 Blockwirbel – vertebral fusion

Selten treten im Bereich des zweiten und dritten Halswirbels Verwachsungen der Wirbelkörper, sogenannte Blockwirbel, auf (Wissdorf et al., 2010).

### 2.3.2 Cervical Vertebral Malformation (CVM)

Die Cervical Vertebral Malformation umfasst ein Krankheitsbild, welches durch entwicklungsbedingte sowie degenerative Veränderungen der Halswirbel und deren Gelenkfortsätze verursacht wird. Durch die Einengung des Wirbelkanals kann es zur Kompression des Rückenmarks im betroffenen Bereich kommen und dadurch Ataxie verursachen (Reed & Moore, 1993). Es wird zwischen der Cervical Vertebral Instability (CVI) (Powers et al., 1986) oder Typ I CVM (Mayhew, 2008) und der Cervical Static Stenosis (CSS) (Powers et al., 1986)

oder Typ II CVM (Mayhew, 2008) unterschieden. Nach Whitwell (1980) und Powers et al. (1986) ist es die häufigste nicht infektiös bedingte Ursache für Ataxie.

### 2.3.2.1 Cervical Static Stenosis (CSS)

Diese Form der CVM ist durch das Auftreten von Knochenveränderungen und Verdickung der Gelenkkapseln an den Gelenkfortsätzen der Halswirbel (Facettengelenke) (Mayhew et al., 1978; Gerber et al., 1989; Fürst, 2006) gekennzeichnet und den degenerativen Gelenkserkrankungen (Fürst, 2006) zugeordnet. Die Osteoarthritis mit starken Knochenzubildungen führt zur dorsoventralen Kompression des Rückenmarks (van Bierfleth et al., 2006). Diese Erkrankung betrifft häufig ältere Pferde und ist hauptsächlich im Bereich des 5. und 6. Halswirbels sowie 6. und 7. Halswirbel (Nixon et al., 1983; Powers et al., 1986; Wagner et al., 1987) ein oder auch beidseitig (Fürst, 2006) lokalisiert. Van Bierfleth et al. (2006) beschreiben das Auftreten der CSS auch bei jungen erwachsenen Pferden. Als Ursache werden Traumata und Osteochondrose bedingt durch abnorme Beweglichkeit (Powers et al., 1986; Reed et al., 1986) vermutet.

### 2.3.2.2. Cervical Vertebral Instability (CVI)

An Cervical Vertebral Instability, dynamischer Kompression der Halswirbel oder Typ I CVM, erkranken zumeist jüngere Pferde im Alter von 8 bis 18 Monaten (Powers et al. 1986) bzw. im Durchschnitt 20 Monaten (Milne et al. 1973). Die CVI wird den Developmental Orthopedic Diseases zugeordnet (Fürst, 2006; Van Biervliet et al., 2006), da viele der betroffenen Pferde auch andere entwicklungsbedingte orthopädische Erkrankungen aufweisen (Physisitis, Osteochondrosis, Beugeanomalien) (Nout & Reed, 2003). Das Krankheitsbild umfasst eine Instabilität der Halswirbel, bei welcher die Halswirbel in Beugung subluxieren und das kraniale Ende des kaudalen Wirbels nach dorsal verschoben wird, dadurch das Rückenmark im Wirbelkanal komprimiert (Reed et al. 1985; Nixon et al. 1983) und Ataxie verursachen kann. Dieses kann auch durch Kapselverdickungen, extradurale Synovialzysten sowie Verdickungen des Ligamentum flavum eingeengt werden (Van Biervliet et al., 2006; Fürst, 2006). Prädilektionsstellen liegen zwischen dem dritten und fünften Halswirbel (Reed et al., 1985; Powers et al., 1986), können jedoch an der gesamten Halswirbelsäule auftreten.

### 2.3.3 Spondylarthrosen der Halswirbel

Unter Spondylarthrosen versteht man arthrotische Veränderungen der Facettengelenke der Halswirbelsäule, welche zu dem Krankheitsbild der Cervical Static Stenosis gehört und Ataxie verursachen kann (Whitwell, 1980; Powers et al., 1986). Die betroffenen Pferde weisen Kapselverdickungen, degenerative Gelenksveränderungen sowie röntgenologisch darstellbare Vergrößerung der Facettengelenke auf und können Schmerzhaftigkeit im Halsbereich, Lahmheiten und Bewegungseinschränkung im Halsbereich aufweisen (Gerber et al., 1989; Ricardi & Dyson, 1993). Am häufigsten treten diese Veränderungen an den Facettengelenken des 5. Halswirbels bis 1. Brustwirbels auf (Fürst, 2006; Gerber et al., 1989). Die Ursache hierfür wird von Zsoldos et al. (2010) in der großen biomechanischen Beanspruchung und von Powers et al. (1986) in der erhöhten mechanischen Strapazierung dieses Halsbereiches gesehen. Ursächlich für das Auftreten dieser Erkrankung ist unter anderem eine belastungsbedingte Verdickung, Verknorpelung oder Verknöcherung des Ligamentum flavum, wodurch Verdickungen und Zubildungen der Gelenkkapsel und eine vermehrte Gelenkfüllung entstehen können.

Röntgenologisch lässt sich diese Erkrankung durch wolkige Verschattung des Gelenksspaltes der Facettengelenke sowie des Foramen intervertebrale diagnostizieren, welche durch die Zubildungen der Procc. articulationes bedingt sind (Dik & Gunsser, 2002). Klinische Symptome wie Ataxie der Hinterhand und auch der Vorhand (Powers et al., 1986; Gerber et al., 1989; Mackie, 2001), selten auch Lahmheit der Vordergliedmaße, entstehen durch Druck der raumgreifenden arthrotischen Veränderungen der Facettengelenke und degenerativen Veränderungen der umgebenden Weichteilstrukturen auf das Rückenmark sowie die Segmentalnerven. In seltenen Fällen auch auf den Plexus brachialis mit assoziierter Lahmheit der Vordergliedmaße. Liegen die vorhandenen Veränderungen der Facettengelenke und der umliegenden Strukturen vorwiegend dorsal und lateral, muss es auch bei ausgeprägten Facettengelenksarthrosen nicht zu Rückenmarkskompression kommen. Individuelle Normvariationen der beteiligten Strukturen können eine Ataxie begünstigen (Mayhew, 2008). Des Weiteren wird neben degenerativen Veränderungen auch eine genetische Disposition vermutet, da auch bei sehr jungen Pferden Facettengelenksarthrosen

auftreten können (Gerber et al., 1989; Fürst, 2006). Die röntgenologisch in laterolateraler Projektion dargestellten Veränderungen der Facettengelenke können jedoch nicht mit dem Auftreten klinischer Symptome bzw. deren Stärke der Ausprägung ins Verhältnis gesetzt werden (Down & Henson, 2009). Zur Bestimmung der Lage der Rückenmarkskompression empfiehlt sich eine Myelographie (Papageorges et al., 1987; Jahn & Lorenz, 2009).

### **2.3.4 Traumata der Halswirbelsäule**

Traumatische Halswirbelsäulenerkrankungen treten in Form von Luxationen sowie Subluxationen als auch Fissuren und Frakturen auf.

#### 2.3.4.1 Subluxationen und Luxationen

Subluxationen und Luxationen sind gehäuft im kranialen Halsabschnitt zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel (atlanto-axiale Luxation bzw. Subluxation) lokalisiert (Funk & Erickson, 1986), selten am Atlantookzipitalgelenk (Atlanto-okzipitale Luxation bzw. Subluxation) (Scharmer et al., 2000).

Es handelt sich zumeist um Folgen eines Traumas wie Sturz mit Überstreckung des Halses (Cillán-Garcia et al., 2011), Tritt, Aufhängen im Halfter und Kollision mit einem Hindernis (Nowak et al., 2006). Bei der Subluxation zwischen Axis und Atlas ist durch Überstrapazierung und Zerreißen der Bänder als auch der Gelenkkapsel zwischen Atlas und dem Dens axis die Stabilität dieses Gelenkes verringert, der Dens axis verlässt teilweise die Fovea articularis des ersten Halswirbels. Bei der selteneren atlanto-axialen Luxation sind die bandartigen Verbindungen vollständig zerstört und der Dens axis ist ventral des Axis nach kranial verschoben (Robertson & Samii, 2006). Es kann zur Rückenmarkskompression kommen, welche bei Beugung verringert und bei Streckung des Halses verstärkt wird. Die atlanto-okzipitale Luxation geht mit einer Okziputverlagerung einher, da die Kondylen des Hinterhauptbeins nicht mehr mit dem ersten Halswirbel artikulieren können (Scharmer et al., 2011). Subluxationen an weiteren Lokalisationen als der kranialen Halswirbelsäule wurden lediglich als Folge einer CVI mit Missbildung der Wirbel und nachfolgender Kompression des Rückenmarks bei jungen Pferden beobachtet (Nelson et al., 1994; McClanahan et al., 1998). Symptome für eine

Subluxation oder Luxation stellen sich durch Schmerzhaftigkeit im betroffenen Halsbereich bei Bewegung und Manipulation (Funk & Erikson 1968; Farrow 1981) als auch unnormale und / oder tiefe und steife Kopf-Hals-Haltung sowohl mit (Funk & Erickson, 1968) als auch ohne neurologische Auffälligkeiten (Farrow 1981) dar. Die neurologischen Ausfälle reichen von Koordinationsstörungen der Hintergliedmaße (Funk & Erickson, 1968) bis zum Festliegen (Guffy et al., 1969). Prognostisch sind beide beschriebenen Formen der Luxation als auch der Subluxation aufgrund der Rückenmarkskompression sowie einhergehender Weichteiltraumata mit Einblutungen ins Rückenmark sowie in die Muskulatur, Myelomalazie und Kompression des Halsmarkes weitgehend als ungünstig zu betrachten (Funk & Erickson, 1968; Guffy et al., 1969; Scharmer et al., 2000).

### 2.3.4.2 Halswirbelfrakturen und Fissuren

Halswirbelfrakturen sind relativ häufig beschrieben (Hertsch & Lieske, 1978) und entstehen zumeist traumatisch durch ähnliche Einwirkungen wie bei Luxationen und Subluxationen der Halswirbel, selten

durch pathologische Prozesse (Whitwell & Dyson, 1987a). Es wird zwischen den am häufigsten auftretenden Wirbelkörperfrakturen, Wirbelbogenfrakturen und den am zweithäufigsten vorkommenden Facettengelenksfrakturen (Pinchbeck & Murphy, 2001) sowie den sehr seltenen Frakturen der Processi transversum (Sysel et al., 1998) differenziert (Hertsch & Lieske, 1978). Wirbelkörperfrakturen sind häufig von neurologischen Defiziten begleitet (Hertsch & Lieske, 1978). Die Symptome reichen abhängig von der Lage der Fraktur, von Schwellungen, Steifheit, erhöhtem Muskeltonus, tiefer und steifer Kopf-Hals-Haltung, Krepitationen bis hin zu neurologischen Ausfallserscheinungen, Lahmheit, Festliegen, Niederstürzen bei Manipulation des Halses bis zu plötzlichem Tod (Baker, 1970; Hertsch & Lieske, 1978; Pinchbeck & Murphy, 2001). Bevorzugt treten Frakturen bei Fohlen und Jungpferden im Bereich der Epiphysenfugen auf, beim Fohlen ist vermehrt jene des Dens axis betroffen (Hertsch & Lieske, 1978; Whitwell & Dyson, 1987a; Mayhew, 1999). Mittels Röntgen kann eine Fraktur der Halswirbel festgestellt und durch weitere bildgebende Diagnostik wie Myelographie eine vorliegende

Wirbelkanalstenose bestätigt und lokalisiert werden (Hertsch & Lieske, 1978).

### **2.3.5 Infektionsbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule**

#### 2.3.5.1 Infektion des Atlantookzipitalgelenks

Beschrieben ist die Infektion des Atlantookzipitalgelenkes infolge einer Luftsackmykose, welche mittels Szintigraphie diagnostiziert wurde (Walmsley, 1988). Die betroffene Region war nicht schmerzhaft und druckdolent, die Infektion war röntgenologisch nicht darstellbar (Dixon & Rowlands, 1981; Walmsley, 1988). Auffällig war neben den Symptomen der Luftsackmykose lediglich eine gestreckte Kopf-Hals-Haltung und Steifheit des Halses.

#### 2.3.5.2 Zervikale Osteomyelitis

Eine weitere seltene Erkrankung stellt die vertebrale bzw. zervikale Osteomyelitis dar, welche durch eine Infektion des Knochens und Knochenmarks der Wirbel charakterisiert ist und vorwiegend junge Tiere

betrifft. Infektionswege der Osteomyelitis erfolgen vorwiegend hämatogen (Richardson, 1986) durch das Einschmelzen von paravertebralen Abszessen auf Knochen der Halswirbel bei einer *Rhodococcus equi* Infektion (Giguere & Lavoie, 1994; Olchow, 1994) oder andere nachgewiesene Erreger wie *Mycobacterium tuberculosis bovis*, *Bacteroides fragilis*, *Salmonella typhimurium*, *Brucella abortus* und *Eikenella corrodens* (Collins et al., 1971; Kelly et al., 1972; Richardson, 1986; Markel et al., 1988; Tyson et al., 2004). Aufgrund der benachbarten anatomischen Lage kann auch die Bandscheibe betroffen sein und zudem eine Diskospondylitis vorliegen (Collins et al., 1971). Symptome stellen sich als Schwellungen im Halsbereich, Schmerzen, Druckdolenz bei der Halsbewegung als auch Fieber, Inappetenz, neurologische Defizite und Ataxie dar. Die Diagnose lässt sich durch Röntgenaufnahmen der Halswirbel stellen, bei welchen Osteolysen umgeben von Sclerosierungssäumen mit Proliferation auffallen (Kelly et al., 1972; Markel et al., 1988). Zur Abklärung weiterer betroffener Strukturen wie Rückenmark oder Bandscheiben ist ein CT empfohlen (Tyson et al., 2004).

### 2.3.5.3 Zervikale Diskospondylitis

Die Zervikale Diskospondylitis ist gekennzeichnet durch eine bakterielle Infektion der Extremitas cranialis und Extremitas caudalis zweier korrespondierender Wirbel sowie der Zwischenwirbelscheibe (Colbourne et al., 1997) und des umgebenden Weichteilgewebes. Dieser Erkrankung kann sowohl eine hämatogene Streuung von Bakterien, früher vorwiegend *Brucella* spp., *Streptococcus* spp. (Collins et al., 1971), eine traumatische Ursache wie Weidezaunverletzungen oder eine progressive Spondylose, ausgelöst durch Überbelastung oder Traumata, welche eine Knochenschädigung und -nekrose sowie Schädigung der Zwischenwirbelscheibe zur Folge haben kann, zugrunde liegen (Mayhew, 1999). Oftmals ist die Ätiologie unbekannt. Das Krankheitsbild ist durch Schwellungen und Schmerzhaftigkeit im betroffenen Halsbereich, Fieber, Ataxie und Gewichtsverlust beschrieben. In der Bildgebung lässt sich mittels Röntgen ein vermehrt strahlendurchlässiger, angegriffener Bereich mit Sklerosierungssaum im Bereich der Extremitas cranialis als auch Extremitas caudalis (Adams et al., 1985; Colbourne et al., 1997) und im Ultraschall Knochenveränderungen der Wirbelendplatten, entzündliche Prozesse des

Weichteilgewebes sowie der Bandscheiben (Sweers & Carstens, 2006) darstellen. Eine Heilung ist als gering zu betrachten (Adams et al., 1985).

### **2.3.6 Parasitenbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule**

Eine häufig beschriebene Parasiteninfektion beim Pferd ist die Onchocercose, speziell *Onchocerca cervicalis* (Hestvik et al., 2006). Die erwachsenen Stadien dieser Nematoden können sich im Nackenband befinden, auch die Gelenkkapsel im kaudalen Halsbereich betreffen und zu assoziierten Schwellungen des umliegenden Gewebes und des Rückenmarks führen. Nach einem Fallbericht von Hestvik (2006) kann dies Schmerzen, Lahmheiten und Ataxie hervorrufen und unter Umständen Fisteln im Widerristbereich verursachen.

### **2.3.7 Erkrankungen des Hinterhauptbeines und der gelenkbildenden Anteile**

Als seltene Komplikation der Luftsackmykose ist die septische Arthritis des Atlantookzipitalgelenkes erwähnt und zeigt sich durch eine gestreckte Kopf-

Hals-Haltung sowie Steifheit. Palpationsschmerz ist nicht beschrieben. Zur Diagnosestellung wird nach Walmsley (1988) eine Szintigraphie empfohlen, während latero-laterale Röntgenaufnahmen nicht ausreichen (Dixon & Rowlands, 1981; Walmsley, 1988).

### **2.3.8 Genickbeule**

Die Genickbeule, auch Talpa oder Bursitis nuchalis genannt, beschreibt ein Krankheitsbild, welches durch beulenartige entzündliche Schwellung der Genickregion gekennzeichnet ist (Dietz, 2006). Dieser Erkrankung liegt meist eine primäre oder sekundäre Schleimbeutelentzündung der paarigen Bursa subligamentosa nuchalis cranialis im Atlasbereich oder der Bursa subligamentosa nuchalis caudalis caudalis im Bereich des Axis sowie oftmals eine partielle Nackenstrangnekrose zugrunde (Dietz, 2006). Nach Dietz (2006) lässt sich zwischen einer aseptischen und pyogenen Bursitis nuchalis differenzieren, wobei sich letztere bei längerer Erkrankungsdauer in eine Genickfistel wandeln kann (Garcia-Lopez et al., 2010). Hervorgerufen wird die zu den Insertionsdesmopathien gehörende Krankheit

durch Trauma und Überlastung der Genickregion, seltener penetrierende Stichverletzungen, Infektion mit Brucellose als auch Onchocercose des Nackenstrangs (Dietz, 2006; Silbersiepe et al., 1986). Das Erscheinungsbild dieser Erkrankung ist von einer Überempfindlichkeit und Abwehrreaktionen bei der Kopfbewegung und –palpation sowie einer tiefen Kopfhaltung geprägt (Garcia-Lopez et al., 2010). Häufig lassen sich auch meist schmerzhafte Schwellungen, oftmals ohne Beeinträchtigung des Allgemeinzustandes, im Bereich der Bursa subligamentosa nuchalis cranialis feststellen (Wagner, 2002). Mithilfe bildgebender Diagnostik wie Ultraschall, Röntgen als auch Kernspintomografie (Wagner & Gerhards, 2010) lässt sich die Erkrankung diagnostizieren.

### **2.3.9 Diskusprolaps**

Bandscheibenvorfälle im Halsbereich treten bei Pferden selten (Foss et al., 1983; Nixon et al., 1984) und meist als Folge einer Degeneration der Bandscheiben (Speltz et al., 2006) oder eines Traumas (Foss et al., 1983) oder einer septischen Diskospondylitis (Furr et al., 1991) auf. Betroffene

Pferde weisen aufgrund der nachfolgenden Rückenmarkskompression Ataxie, Einschränkungen des Bewegungsapparates und der Kopf-Hals-Region auf (Foss et al., 1983; Nixon et al., 1984; Speltz et al., 2006). Zur Diagnosestellung kann die Anfertigung von Röntgenaufnahmen, worauf eine Verengung des Intervertebralspaltes sowie Sklerosierung der aneinander liegenden Wirbelkörper einen Hinweis auf Vorliegen eines Diskusprolaps geben können (Foss et al., 1983; Speltz et al., 2006), oder die Myelographie zur Darstellung der Rückenmarkskompression hilfreich sein; eine Diagnose lässt sich am lebenden Pferd nicht sicher stellen (Nixon et al., 1984).

### **2.3.10 Neoplasien**

In seltenen Fällen kann es auch im Bereich der Halswirbelsäule zu tumorösen Erkrankungen kommen. Zu den beschriebenen Neubildungen gehören unter anderem Metastasen von Melanosarkomen (Nowak et al., 2006), Angiome (Hickmann, 1960), Ependymome (Whitwell, 1980) sowie Haemangiosarkome (Newton-Clarke et al., 1994). Zumeist sind betroffene Pferde ataktisch

(Palmer & Hickman, 1960; Whitwell, 1980; Newton-Clarke et al., 1960).

### **2.4 Die Untersuchung der Halswirbelsäule**

Die Untersuchung der Halswirbelsäule lässt sich in einen klinisch-neurologischen Untersuchungsgang und die bildgebende Diagnostik aufteilen.

Die klinisch-neurologische Untersuchung sollte nach Hahn et al. (1999) und Reed et al. (1981) am Kopf beginnen und nach kaudal fortgeführt werden, wobei eine komplette Allgemein- und auch Lahmheitsuntersuchung eingeschlossen werden sollte (MacKay, 2006). Beginnend mit der Untersuchung des Kopfes wird auf gestörtes oder ungestörtes Bewusstsein und Verhalten (Hahn et al., 1999), physiologische oder veränderte Kopf-Hals- Haltung und Koordination (MacKay, 2006; Feige, 2005) als auch Funktion der Gehirnnerven (Hahn et al., 1999; Feige, 2005) geachtet. Anschließend folgt die Beurteilung des Ganges und der Haltung und Stellung der Gliedmaßen, woraus man Informationen über die Integrität des Hirnstamms, Kleinhirns, des

Rückenmarks sowie der peripheren Nerven gewinnen kann (Hahn et al., 1999). Dieser Untersuchungsabschnitt beinhaltet das Vorführen des Pferdes im Schritt und Trab auf gerader Strecke sowie in der Wendung als auch Rückwärtsrichten und in engen Wendungen, wobei bei jeder Gliedmaße auf Koordinationsschwierigkeiten wie Schwäche, Ataxie, Asymmetrien und spastische Auffälligkeiten geachtet wird (Hahn et al., 1999; Reed et al., 1981). Ein abweichendes Gangbild lässt sich nach Mayhew et al. (1978a) in vier Grade einteilen. Ataxien können in langsamer Gangart besser beurteilt werden (Beech, 1976). Nachfolgend findet eine Untersuchung des Halses statt, bei welcher die Halswirbelsäule palpirt und beidseits jeder, bis auf den ersten, Querfortsatz der Halswirbel mit leichtem Druck auf Schmerzen untersucht wird (Reed et al., 1981; MacKay, 2006). Zur Abklärung weiterer neurologisch bedingter Auffälligkeiten können der thoracalaryngeale Reflex, der Cervicofacialisreflex als auch der Sway-Test durchgeführt werden. Zur Untersuchung der Vordergliedmaße auf propriozeptive Defizite empfiehlt Feige (2005) das Überkreuzen der Vordergliedmaße und Beurteilung der Korrekturreaktion, während Mayhew (2008) eine schnelle Bewegung und abrupte Unterbrechung

dieser, wobei zumeist eine unnormale Gliedmaßenstellung erfolgt und beibehalten wird, als aussagekräftiger erachtet. Zur Untersuchung der Hintergliedmaße sollte die Adspektion und Palpation (Hahn et al., 1999) als auch der „Schweifziehtest“, wobei bei Propriozeptionsdefiziten ein Überkreuzen und Abduktion der Beine festgestellt werden kann (MacKay, 2006), erfolgen. Abschließend erfolgt die Beurteilung des Analtonus und der aktiven Beweglichkeit des Schweißes zur Untersuchung der sakralen und coccygealen Rückenmarksnerven (Reed et al., 1981; Hahn et al., 1999).

### **2.4.1 Untersuchung im Rahmen der Kaufuntersuchung**

Bei der klinischen Kaufuntersuchung wird zuallererst der Allgemeinzustand, Ernährungszustand sowie Körperbau beurteilt und auf Auffälligkeiten geachtet. Es erfolgt die Identifikation, Allgemeinuntersuchung des Atmungsapparates sowie des Herz-Kreislaufsystems inklusive Palpation der Jugularvenen, Untersuchung der Haut, des Kopfes inklusive der Maulhöhle, Augenuntersuchung sowie Palpation der Gliedmaßen, des Genicks, der

Halswirbelsäule sowie des Rückens und Beckens. Zudem erfolgt eine Untersuchung der Beweglichkeit der Genickregion, der Halswirbelsäule, des Rückens und Beckens. Anschließend wird das Pferd in der Bewegung an der Hand auf geradem, hartem Boden sowie im Kreis auf hartem Boden beurteilt und vor allem in den Übergängen von Trab zu Schritt auf geringe neurologische Defizite geachtet (Rijkenhuizen, 2005) sowie Koordination und Korrektheit der Bewegung. Dies wird auch beim Rückwärtsrichten und beim Führen im Schritt in einer Schlangenlinie beurteilt. Ist die Untersuchung unauffällig, wird mit der Untersuchung des Gangbildes begonnen. Nachfolgend erfolgt die Durchführung der Beugeprobe der Zehe vorne und hinten und der Sprunggelenke, bei welchen die einzelnen Gliedmaßen über 60 Sekunden mit einer Kraft von etwa 150 Newton gebeugt werden und das Gangbild unmittelbar nach dem Antraben beurteilt wird. Besteht eine Lahmheit über mehr als drei Schritte, ist die Beugeprobe als positiv zu werten. Das Pferd wird auch auf weichem Boden an der Longe im Schritt, Trab und Galopp begutachtet und auf Gangunregelmäßigkeiten sowie Bewegung des Rückens und Schweifs beurteilt (Rijkenhuizen, 2005).

### 2.4.2 Röntgenologische Untersuchung

Die röntgenologische Untersuchung der knöchernen Strukturen der Halswirbelsäule wird zur Untersuchung bei klinischen Auffälligkeiten wie Schmerz, Schwellung, abnorme Kopf-Hals-Haltung, Bewegungseinschränkungen, Lahmheit der Vordergliedmaße, Ataxie sowie nach Traumata und bei Leistungsdepression durchgeführt (Butler et al., 2011; Whitwell & Dyson, 1987; Down & Henson, 2009).

#### 2.4.2.1 Röntgentechnik

Die Anfertigung der Röntgenbilder erfolgt am besten am stehenden sedierten Pferd zumeist in seitlichem Strahlengang ebenso wie in schräger Projektion, welche jedoch schwer zu interpretieren sein kann (Whitwell & Dyson, 1987). Die Sedation ist zudem für eine niedrige und gleichmäßige Kopf-Hals-Haltung von Vorteil (Butler et al., 2011). In älterer Literatur ist auch die Durchführung der Röntgenaufnahmen in Seitenlage unter Allgemeinnarkose erwähnt, wodurch man deutlich längere Belichtungszeiten wählen und diagnostische Manipulationen der Haltung der Halswirbelsäule

durchführen kann (Böhm & Hebel, 1980; Gerber et al., 1989, Butler et al., 2011, Papageorges et al., 1987). Bei dieser Technik ist wichtig, dass der Hals zuverlässig unter Zuhilfenahme von nicht röntgendichten Materialien in der Sagittalebene ausgerichtet ist (Böhm & Hebel, 1980; Engel 2010; Butler et al., 2011). In der Regel werden zur kompletten Darstellung der Halswirbelsäule mindestens vier Röntgenaufnahmen angefertigt, indem der Zentralstrahl orthogonal auf den in der Sagittalebene getragenen Hals gerichtet wird. Die Benutzung von großen Röntgenkassetten oder Röntgendetektorplatten (35 x 43 cm) wird empfohlen; damit können bis zu 3 Halswirbel bei einer Aufnahme dargestellt werden. Das Anbringen von röntgendichten Markern kann bei der Orientierung von Vorteil sein. Schrägaufnahmen der Halswirbel lassen eine eindeutigere Beurteilung und eine Seitenzuordnung von Veränderungen der Facettengelenke zu (Lautenschläger, 2007). Die Röntgenaufnahmen können sowohl mit leistungsstarken mobilen als auch stationären Röntgensystemen unter Zuhilfenahme eines an der Wand fixierten Kassettenhalters oder mobilen Stativs gefertigt werden. Im kaudalen Bereich der Halswirbelsäule haben sich aufgrund des massiven

Weichteilgewebes ab dem 5. Halswirbel die leistungsstärkeren stationären Röntgeneinrichtungen bewährt ebenso wie der Einsatz eines Rasters (Whitwell & Dyson, 1987; Jahn & Lorenz, 2009; Butler et al., 2011).

### 2.4.2.2 Röntgenanatomie und –befunde

Die Halswirbelsäule besteht aus 7 Wirbeln, welche unmittelbar aneinandergereiht nach caudal S-förmig verlaufen. Der erste und zweite Halswirbel weichen stark vom Grundbauplan ab, während der 3., 4. und 5. Wirbel sehr ähnlich gebaut sind und der 6. als auch 7. Halswirbel markante Merkmale aufweisen. Der Atlas ist aus zwei seitlichen Hälften zusammengesetzt, diese verknöchern nach und nach. Er besitzt weder Wirbelkörper noch Gelenkfortsätze und nur in der dorsoventralen Aufnahme ist die mediane Wachstumsfuge des Arcus dorsalis darzustellen (Whitwell & Dyson, 1987; Maierl et al., 1998; Butler et al., 2008). Der zweite Halswirbel weist am Dens, Kopf, Körper und der kaudalen Epiphyse getrennte Verknöcherungszentren auf, welche sich beginnend ab dem siebten Lebensmonat (Dens und Kopf) sowie 12. Lebensmonat (Kopf und Körper) vereinigen, die kaudale Wachstumsfuge schließt sich

im Alter von 4 oder 5 Jahren (Whitwell & Dyson, 1987; Butler et al., 2008). Die Foramina vertebralia lateralia des Axis sind kranial bei jungen Pferden nicht vollständig begrenzt (Butler et al., 2008). Die restlichen Halswirbel weisen an der kranialen und kaudalen Epiphyse Ossifikationszentren auf, welche sich individuell variierend nach und nach schließen (Whitwell & Dyson, 1987; Butler et al., 2008). Im Alter von zwei Jahren sind die kranialen Epiphysenfugen geschlossen, die kaudalen schließen sich erst im Alter von vier bzw. fünf Jahren von dorsal. Die Kranialflächen sind von konvexer, die Kaudalflächen von konkaver Form. Jeder dieser genannten Wirbel hat kaudal als auch kranial einen Gelenkfortsatz, um mit dem nachfolgenden Wirbel ein Facettengelenk zu bilden. Das Zwischenwirbelloch wird von zwei benachbarten Wirbeln gebildet, gleicht einer längsovalen Form und bildet den Austritt der Spinalnerven (Whitwell & Dyson, 1987). Die Größe dieser Zwischenwirbellöcher wird durch die Kopf – Hals – Haltung beeinflusst und ist bei tiefer Position am größten (Berner, 2013). Nach Berner (2013) gilt jedoch zu beachten, dass die tiefe Halshaltung die Anordnung der Wirbel verändert und somit die Beurteilung, mit Ausnahme der Foramina

intervertebralia, erschwert. Die den Wirbelkanal bildenden Foramina vertebralia sind von rechteckiger Form und es lässt sich daraus der sagittale Mindestdurchmesser bestimmen (Whitwell & Dyson, 1987). Der sechste Halswirbel weist einen zusätzlichen Querfortsatz auf, welcher als lamellenartige Struktur ventral und kaudal darstellbar ist und von geringerer Länge ist. Der siebte Halswirbel ist kürzer als der sechste und hat dorsal zusätzlich einen kleinen Processus spinosus (Whitwell & Dyson, 1987), welcher nicht als degenerative Veränderung des Facettengelenks des 6. und 7. Halswirbels in der seitlichen Projektion gedeutet werden darf (Butler et al., 2011). Der Facettengelenksspalt ist in latero-lateraler Projektion nicht darzustellen (Whiters et al., 2009). Engel (2010) stellte fest, dass auf lateral angefertigten Röntgenaufnahmen der kranialen Halswirbelsäule nicht alle knöchernen Veränderungen darstellen lassen und sich existierende Veränderungen nicht feststellen lassen. Normabweichung stellen nach Mayhew (2008) folgende Befunde dar:

- Variation des Foramen vertebrale laterale des Axis

- Unregelmäßigkeiten in der kaudalen Kontur des Axis
- Unregelmäßige Größe sowie Form der dorsalen Wirbelkonturen vom dritten bis siebten Halswirbel
- Zystoide Aufhellungen von runder Form und bis zu 2 cm Durchmesser in den Wirbelkörpern und Wirbelbögen der gesamten Halswirbel
- Abweichungen in Form, Größe und Mineralisation der Processus spinosus des siebten Halswirbels und ersten Brustwirbels

Die Halswirbelsäule sollte auch in ihrer Gesamtheit betrachtet, nachfolgend als subjektive Interpretation aufgeführt, und die Form des Wirbelkanals, Form und Größe der Foramina intervertebralia, Lage der Wirbelkörper und Regelmäßigkeit der Zwischenwirbelgelenken beurteilt werden (Whitwell & Dyson, 1987).

### 2.4.2.3 Interpretation der Röntgenbefunde

Die subjektive Interpretation umfasst die gesamte Beurteilung der Halswirbelsäule wie im oberen Absatz beschrieben. Laut Mayhew et al. (1993) sollte zudem auf sogenannte „Ski jumps“, Vergrößerung der kaudalen Epiphyse nach dorsal in den Wirbelkanal, Extension des dorsalen Wirbelbogens nach kaudal, Stellungsanomalien der Wirbel zueinander, ungleichmäßige Ossifikation als auch degenerative Veränderungen der Facettengelenke sowie Frakturen/Fissuren, Fehlbildungen und Diskospondylitis (Hudson & Mayhew, 2005) geachtet werden. Nach Moore et al. (1994) ist eine auf die subjektive Röntgenbildinterpretation gestützte Differenzierung von gesunden sowie Pferden mit CVSM nicht möglich.

Die objektive Beurteilung erlaubt mit Hilfe verschiedener Messverfahren eine genau Beurteilung von der Existenz und Lage von Veränderungen der knöchernen Halswirbelsäule, welche zu Einengungen im Wirbelkanal und nachfolgender Kompression des Rückenmarks führen können.

### 2.4.2.4 Messverfahren an der Halswirbelsäule

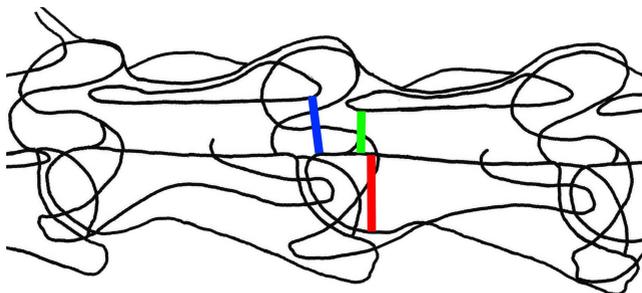
Der minimale sagittale Durchmesser (MSD) beschreibt die geringste Höhe des Wirbelkanals und kann auf Engstellen im Rückenmarkskanal Aufschluss geben. Die Werte des MSD können nur innerhalb einer Röntgenstudie eines Pferdes verglichen werden, aufgrund unterschiedlicher Vergrößerungseffekte bei Abweichungen im Film-Fokus-Abstand jedoch nicht bei unterschiedlichen Pferden (Butler et al., 2011). Liegt das Verhältnis unterhalb von 50%, besteht eine höhere Prävalenz für das Auftreten von Stenosen des Wirbelkanals (Mayhew, 2006).

Bei der Bestimmung des sagittalen Verhältnisses (sagittal ratio/intravertebral sagittal ratio) sind die Vergrößerungseffekte nicht von Bedeutung, da der minimale sagittale Durchmesser mit der Höhe des Wirbelkörpers ins Verhältnis gesetzt wird (Butler et al., 2011). Diese Berechnung stellte nach Moore et al. (1994) damals die genaueste Methode zur Beurteilung einer Rückenmarksstenose dar.

Eine weitere Messmethode, welche die Vergrößerungseffekte außer Acht lässt, ist die Bestimmung des korrigierten minimalen sagittalen Durchmessers (cMSD), bei welchem der MSD mit

der Länge des zugehörigen Wirbels ins Verhältnis gesetzt wird.

Das intervertebrale Verhältnis (intervertebral sagittal ratio) ist zur Lokalisation einer Rückenmarkskompression im Gelenksbereich zweier benachbarter Wirbel hilfreich und stellt in Kombination mit der intervertebral sagittal ratio eine Möglichkeit zur Diagnostik einer CVSM dar (Hahn et al., 2008). Die Messung erfolgt vom kaudalsten Punkt des Wirbelbogens und dem kranial gelegenen Teil des Wirbelkopfes des nachfolgenden Wirbels und wird mit dem MSD ins Verhältnis gesetzt.



*Abbildung 1: Engel (2011): Schemazeichnung eines Röntgenbildes des 3. und 4. Halswirbels in latero-lateraler Projektion. Blau: intervertebrales Verhältnis, es wird das Verhältnis gebildet von der kürzesten Strecke des kraniodorsalen Anteils eines Wirbels zum Kaudalende des*

*vorbergehenden Wirbelbogens und des MSD (grün). Grün: minimaler sagittaler Durchmesser (MSD), geringste Höhe des Wirbelkanals jedes Wirbels. Rot: intravertebrales Verhältnis, gebildet aus dem Verhältnis zwischen dem maximalem sagittalem Durchmesser des Wirbelkörpers zum MSD.*

Die von Hett et al. (2006) erarbeiteten Messungen der Facettengelenke zur objektiven Beurteilung von Facettengelenksarthrosen, wobei die Höhe und Breite der Processus articulares als auch Wirbelkörper und die Höhe des Zwischenwirbelloches erfasst werden, hat sich nach Lischer et al. (2010) aufgrund sehr großer Messdifferenzen nicht bewährt.

Mayhew et al. (1993) erarbeiteten ein Schema zum Scoring der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von CVSM anhand von Röntgenbildern der Halswirbelsäule beim Fohlen. Unter anderem werden MSD, das Hervorragen der Kaudalen Epiphyse in den Wirbelkanal, Ausdehnung des Dorsalrandes des Wirbelbogens nach kaudal, der Kyphosegrad benachbarter Wirbel, Qualität der Ossifikation sowie degenerative Veränderungen an den Facettengelenken bestimmt.

Down und Henson erarbeiteten 2009 ein System zur Gradeinteilung von arthrotisch veränderten Facettengelenk im kaudalen Halswirbelbereich des fünften bis siebten Halswirbels.

### **2.4.3 Weitere bildgebende Verfahren**

Zur Abklärung der Lage von Rückenmarkskompressionen im Halswirbelbereich kann die Anfertigung eines Myelogramm oder auch MRT hilfreich sein. Knöcherner Veränderungen lassen sich durch ein CT abklären.

## **3 MATERIAL UND METHODE**

### **3.1 Probenmaterial**

In die Studie wurden sämtliche klinisch gesunde Pferde im Alter von 3 bis einschließlich 10 Jahren eingeschlossen, bei denen zusätzlich zur klinischen Ankaufuntersuchung Röntgenaufnahmen nach Standard des Röntgenleitfadens von 2007 Aufnahmen der gesamten Halswirbelsäule gefertigt wurden. Dabei handelt es sich um 175 Warmblutpferde mit meist sportlicher Nutzung in den Bereichen Dressur, Springen und Vielseitigkeit.

### **3.2 Die klinische Kaufuntersuchung**

Die klinische Kaufuntersuchung wird anhand eines Standardprotokolls der Tierklinik Wieda Grund in Anlehnung an den „Vertrag über die Untersuchung eines Pferdes“ der Gesellschaft für Pferdemedizin durchgeführt.

Zunächst wird das Pferd identifiziert und geprüft, ob das Signalement dem zugehörigem Equidenpass

entspricht. Es folgt eine ausführliche Allgemeinuntersuchung mit Beurteilung des Körperbaus und Temperaturbestimmung in einer ruhigen und gut beleuchteten Umgebung sowie die Untersuchung der Maulhöhle, der Nase, der Haut, der Jugularvenen, der äußeren Geschlechtsorgane und der Ohren. Es erfolgt die Palpation und Adspektion der Gliedmaßen und Hufe bei belasteter als auch aufgehaltener Gliedmaße. Des Weiteren werden das Genick und der Hals palpiert und bei letzterem die Beweglichkeit (Dorso-, Vento- und Lateroflexion) untersucht. Es wird auf muskuläre Auffälligkeiten wie Muskelatrophie, Muskeltonus und auf das Vorliegen von Bewegungseinschränkungen und Schmerzhaftigkeit der Halswirbel geachtet. Auch der Rücken wird abgetastet und die Dorso- als auch Lateroflexion überprüft. Nachfolgend erfolgt das Vorführen des Pferdes im Schritt und Trab auf hartem Boden auf gerader Linie als auch auf dem Zirkel. Zur Überprüfung der Propriozeption, Koordination und Bewegung der Kniescheibe wird das Pferd rückwärts und in Schlangenlinien geführt und auf Hinweise einer Ataxie und Zittern geachtet. Anschließend erfolgt die Durchführung der Beugeproben und der Beurteilung auf weichem

Boden im Schritt, Trab und Galopp, wie in Kapitel 2.4.1 beschrieben.

Es wurden nur Pferde, welche bei der klinischen Untersuchung unauffällig waren, in die Studie aufgenommen. Im Anschluss an die klinische Kaufuntersuchung erfolgte die Durchführung der Röntgenuntersuchung.

### **3.3 Röntgenuntersuchung**

#### **3.3.1 Röntgentechnik**

Die Röntgenaufnahmen wurden mit dem portablen Röntgensystem Mark 3 von Eklin® (Sound Eklin) mit 17" Touchscreen, Rechner mit Scriptingsoftware RapidFire und zugehöriger Detektorplatte angefertigt. Die Patienteninformationen sowie Aufnahmemodalitäten wurden mithilfe dieser Software eingegeben. Zusätzlich ist eFilm, welches mit PACS kompatibel ist, zum Betrachten der Röntgenaufnahmen installiert. Als Röntgenstrahler fungierte das Modell Gierth® TR 90/30. Nachfolgend die Technischen Daten des Röntgensystems sowie des Röntgenstrahlers.

### 3 MATERIAL UND METHODE

---

*Tabelle 1: Technische Daten Sound Eklin*

<b>TYP:</b>	CXDI-60G direct capturing digital x-ray
<b>BILD BEREICH:</b>	23cm x 28cm (9" x 11")
<b>PIXEL PITCH:</b>	160 x 160 microns
<b>PIXEL ARRAY:</b>	1464 x 1776 pixels (2.6 million pixels)
<b>GRAUSTUFEN:</b>	12 bit (4,096 levels)
<b>DIMENSION:</b>	35.6 cm (14") weit x 38.1 cm (15") hoch x 2.3 cm (0,9") tief
<b>GEWICHT:</b>	5,9 lbs

*Tabelle 2: Technische Daten Gierrh TR 90/30*

<b>INVERTERFREQUENZ:</b>	100kHz
<b>NENNLEISTUNG:</b>	1,8 kVA
Output in 2 kV Schritten	40 – 60 kV = 30 mA (max.)
	62 – 70 kV = 25 mA (max.)
	72 – 80 kV = 20 mA (max.)

### 3 MATERIAL UND METHODE

---

	82 – 90 kV = 15 mA (max.)
<b>RÖNTGENRÖHRE:</b>	XDT-F90
<b>FOKUS:</b>	0,8mm x 0,8 mm
<b>GEWICHT:</b>	6,5 kg inklusive Kollimator
<b>MAßE:</b>	300 mm x 188 mm x 172 mm (LxBxH)
<b>GESAMTFILTERUNG:</b>	2,7 mm Al

Bei Durchführung der Röntgenaufnahmen weist das RapidFire Feld „Name“ den Patientenbesitzer sowie durch einen Doppelpunkt getrennt den Pferdenamen auf. Unter „ID“ wurde die Lebensnummer des Pferdes eingetragen. Bei „Birth“ erfolgte die Eingabe des Geburtsdatums sowie unter „Sex“ die Auswahl zwischen male, female oder other, welches bei kastrierten Pferden gewählt wurde. Der Menüpunkt „Study Information“ enthielt den vorprogrammierten

AKU Modus und unter „Arzt“ wurde ein vorab gespeicherter Tierarzt der Tierklinik eingetragen. Es wurden immer 14 Aufnahmen der Gliedmaßen, entsprechend dem Röntgenleitfaden von 2007, sowie 7 Aufnahmen der Halswirbel angefertigt. Die Reihenfolge war stets gleich und erfolgte auf beiden Körperseiten, zuerst die Oxspringaufnahme, die 90° Projektion der Zehe sowie gesondert des Fesselgelenkes der Vordergliedmaßen, dann die 90° Aufnahme der Zehe der Hintergliedmaße. Anschließend wurde die 45 -70° sowie 115 – 135° Aufnahmen des Tarsus sowie abschließend die schräge Projektion des Kniegelenks durchgeführt. Im Anschluss daran wurde die Halswirbelsäule rechtsanliegend laterolateral, beginnend mit dem Okziput und erstem Halswirbel, dargestellt. Nachfolgend wurde jeder Halswirbel einzeln projiziert. Der Kopf befand sich während der gesamten Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule auf einem 1 m hohen Styroporblock und wurde möglichst parallel zum Detektor gehalten. Es wurde darauf geachtet, dass alle Gliedmaßen gleichmäßig belastet und der Kopf und Hals gerade gehalten

werden. Zur Fertigung der Aufnahme des siebten Halswirbels wurde die plattennahe Vordergliedmaße angehoben, damit das Schultergelenk das Gelenk zwischen 7. Halswirbel und 1. Brustwirbel nicht überlagert. Die röntgenologische Untersuchung der Halswirbelsäule umfasst 7 im 90 ° Winkel gefertigte, digitale Aufnahmen wobei die Belichtungswerte in Tabelle 3 dargestellt werden. Der Flachdetektor (Eklin Mark) wurde mit Hilfe eines Stativs direkt am Hals angelegt, damit der Vergrößerungseffekt keine bedeutende Relevanz darstellt. Der Film-Fokus Abstand betrug etwa 100 cm.

*Tabelle 3: Belichtungswerte Gierth TR30/90*

<b>Halswirbel - bereich</b>	<b>kV (W)</b>	<b>Belichtungszeit (s)</b>	<b>mAs</b>
<b>Okziput, 1.-4. Halswirbel</b>	78	0,8	1,6
<b>5. und 6. Halswirbel</b>	78	0,12	2,4

7.	80	0,15	3
<b>Halswirbel</b>			

Für die gesamte Röntgenuntersuchung sind die Pferde zumeist sediert mit Detomidin (Cepesedan®, 0,04 – 0,08mg/KGW, CP Pharma Handelsgesellschaft mbH, Ostlandring 13, 31303 Burgdorf), für die Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule bedurfte es keiner zusätzlichen Sedierung.

In der Bildvorschau erfolgte anschließend die Kontrolle der korrekten Lagerung und Ausrichtung sowie im RapidFire die Korrektur der Belichtung mittels ROI (Region of interest). Abschließend erfolgte die Speicherung im angegliederten PACS des Eklin Mark III. In der Klinik wurden die Bilder in das interne System integriert.

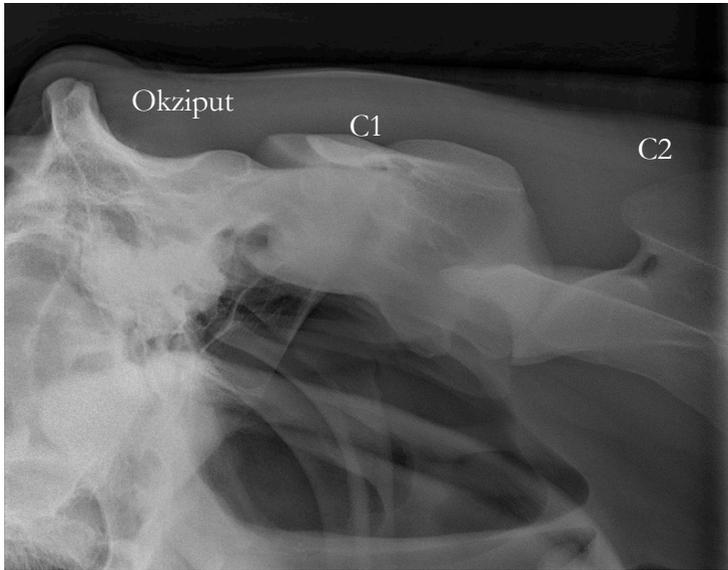
### **3.3.2 Beurteilung der Röntgenaufnahmen**

Nachdem die Röntgenstudien auf das Kliniksystem übertragen wurden, fand die Auswertung an einem Apple® Thunderbold Display A 1407 in einem mit Jalousien abdunkelbaren Raum mit der

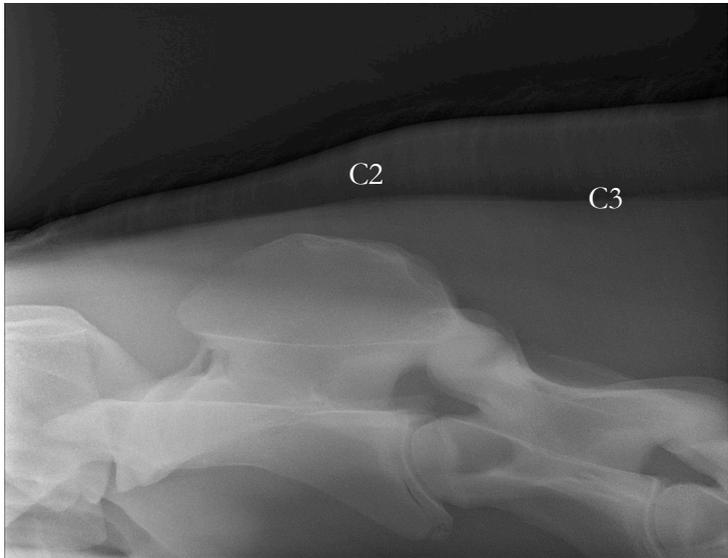
Auswertungssoftware Osirix MD, Version 6.5, statt. Dieses Programm ist als Medizinprodukt (Food and Drug Administration, USA) geführt und entspricht der europäischen Richtlinie 93/42/EWG.

Die Röntgenbilder der Gliedmaßen wurden nach dem Röntgenleitfaden von 2007 beurteilt und in Röntgenklassen eingeteilt, da dieser zum Zeitpunkt der Anfertigung und Auswertung der Aufnahmen Standard zur Beurteilung von Röntgenaufnahmen bei Kaufuntersuchungen darstellte. Auf die einzelnen Befunde der Gliedmaßen wurde nicht weiter eingegangen.

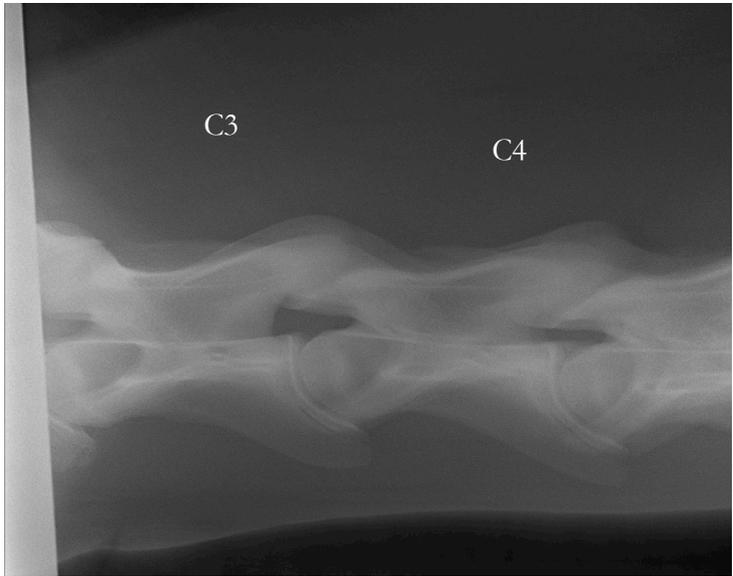
Um die erhobenen Befunde zu dokumentieren wurden sämtliche zu erhebenden Befunde erfasst und diesem eine Kennziffer sowie einem Schweregrad zugeordnet. Als Vergleichsobjekt wurden die Röntgenbilder der Halswirbel einer 3-jährigen Stute von Don Index x Hotline (Pferd Nr. 130) aus Patientengruppe 2 angesehen (Abb. 3 bis Abb. 7).



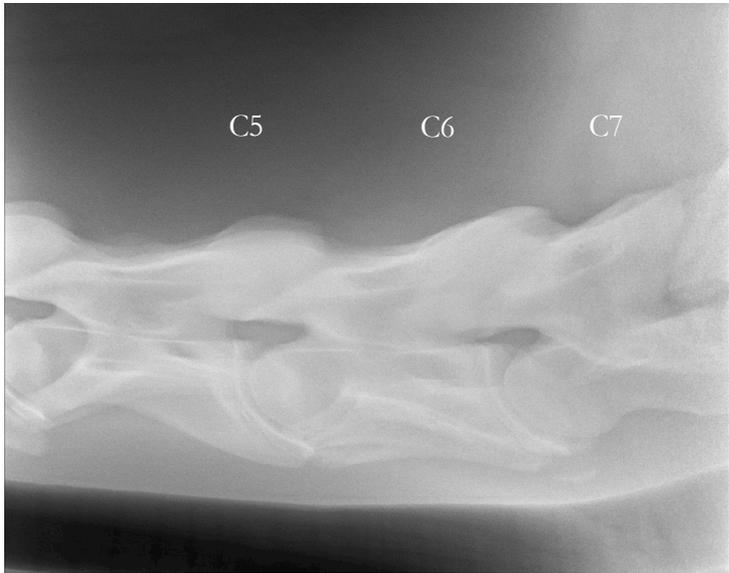
*Abbildung 2: Okziput und erster Halswirbel (C1), Pferd  
Nr. 130*



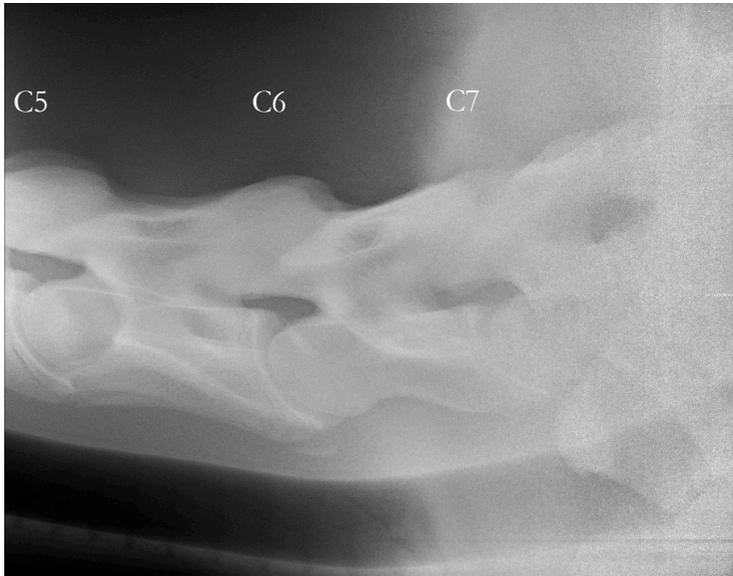
*Abbildung 3: Axis (C2) und 3. Halswirbel (C3), Pferd Nr. 130*



*Abbildung 4: Dritter Halswirbel (C3) und vierter Halswirbel (C4), Pferd Nr. 130*



*Abbildung 5: 5. (C5) und 6. Halswirbel (C6), Pferd Nr. 130*



*Abbildung 6: 6. (C6), 7. Halswirbel (C7) und 1. Brustwirbel (Th1); Pferd Nr. 130*

Die Befunde an den Wirbelkörpern sowie an den Facettengelenken der Studienteilnehmer wurden in Anlehnung an die Arbeit von M. Engel (2010) in vier Grade eingeteilt, abhängig von der röntgenologisch erfassbaren Abweichung von der Normalanatomie. Als Abweichungen von der Normalanatomie wurden vergrößerte Facettengelenke und Facettengelenksarthrosen, eine unruhige Kontur sichtbarer Facettengelenksanteile einschließlich Randexostosen und Osteophyten, knöcherne

Zubildungen im Bereich der Facettengelenke/Wirbelkörper im Wirbelkanal, ein unregelmäßiger und oder verbreiteter/verengter Facettengelenkspalt, eine unruhige Kontur des Wirbelkörpers oder des Wirbelkanals sowie Sklerosierung, Aufhellung und Achsenabweichung/Rotation an der Halswirbelsäule angesehen. Es wurde ein Katalog (Tabelle 4) mit den häufig erfassbaren Veränderungen der Halswirbel entwickelt und von Klasse 0 (keine Abweichung von der Norm) bis 4 (höchstgradige Abweichung von der Normalanatomie) eingeteilt und dokumentiert.

Die Röntgenaufnahmen der Halswirbel der einzelnen Probanden wurden nach der ersten Begutachtung und Befundung zwei weitere Male verblindet ausgewertet, um möglichst objektiv zu beurteilen, wobei immer die kompletten Röntgenbilder eines Pferdes ausgewertet wurden. Kam es zu unterschiedlichen Einteilungen der Schweregrade in den drei Befundungsdurchgängen, wurde der Mittelwert gebildet und dem nächstgelegenen Schweregrad zugeordnet wie etwa zweimal Grad 2, einmal Grad 3:  $2 + 2 + 3 = 7$ ,  $7:3 = 2,33$  wäre dann Grad 2.

*Tabelle 4: Beschreibung der Befunde an der Halswirbelsäule*

<b>Lokalisation</b>	<b>Kürzel</b>	<b>Befundbeschreibung</b>
<b>Okziput – Nackenband- ansatz</b>	0.1	Konturunregelmäßigkeit spitzzackig
	0.2	Konturunregelmäßigkeit zapfenförmig
	0.3	Wolkige Verschattung/Scholle
	0.4	Isolierte Verschattung dorsal – Deutung als Mineralisation im Lig. Nuchae
	0.5	Unregelmäßiger Gelenkspalt Articulatio atlantooccipitalis
<b>Atlas (C1)</b>	1.1	wolkige Verschattung /Zubildung dorsal Arcus dorsalis
	1.2	ggr. Zubildung /Aufrauung der Kortikalis am Tuberculum dorsale
<b>Axis (C2)</b>	2.1	Veränderung der Knochenstruktur am

### 3 MATERIAL UND METHODE

		kranialen Rand des Axiskamms
	2.2	Missbildungen
<b>3./4./5./6./7. Halswirbel(C 3/...)</b>	3 (-7).1	Achsenabweichung von Längsachse
	3 (-7).2	Konturunregelmäßigkeit Extremitas cranialis
	3 (-7).3	Konturunregelmäßigkeit Extremitas caudalis
	3 (-7).4	Verschattung Extremitas caudalis
	3 (-7).5	Aufrauhung ventral Facettengelenkhals
	3 (-7).6	Zubildung ventral Facettengelenk
	3 (-7).7	Facettengelenk Konturunregelmäßigkeit
	3 (-7).8	Facettengelenk vergrößert
	3 (-7).9	Facettengelenk Zubildung dorsal
	3 (-7).10	Facettengelenk wolkige Verschattung dorsal
	3 (-7).11	Facettengelenk inhomogene Strahlendichte

	3 (-7).12	Sklerosierung Facettengelenk
--	-----------	---------------------------------

*Tabelle 5: Einteilung der Facettengelenksarthrosen bzw. -  
veränderungen nach Engel (2010)*

<b>Arthrosegrad</b>	<b>Befunde</b>
<b>0</b>	Ohne Anzeichen für anatomische Abweichungen an den Wirbelkörpern/ Facettengelenken
<b>1</b>	Geringgradige Anzeichen für anatomische Abweichungen an den Wirbelkörpern/ Facettengelenken (Auftreten eines Befundes in geringer Ausprägung)
<b>2</b>	Mittelgradige Anzeichen für anatomische Abweichungen an den Wirbelkörpern/ Facettengelenken (Auftreten mehrerer Befunde in geringer Ausprägung oder Auftreten eines Befundes in deutlicher Ausprägung)
<b>3</b>	Hochgradige Anzeichen für anatomische Abweichungen an den Wirbelkörpern/ Facettengelenken (Auftreten mehrerer Befunde in deutlicher Ausprägung)

4	Höchstgradige Anzeichen für anatomische Abweichungen an den Wirbelkörpern/ Facettengelenken  (Auftreten mehrerer Befunde in deutlicher Ausprägung mit Veränderung der angrenzenden Knochenstrukturen)
---	---

#### **3.3.3 Messungen an den Röntgenbildern der Halswirbelsäule**

Bei allen Pferden wurden der MSD, der cMSD sowie das intervertebrale Verhältnis bestimmt und auf Abweichungen von der Norm untersucht. Es wurde anhand der Röntgenbilder jeder Wert dreimal ermittelt und dann der Mittelwert gebildet um einmalige Messungenauigkeiten zu reduzieren. Als Norm wurden die von Mayhew et al. (1978) und Mayhew an Green (2000) ermittelten Werte angesehen. Dazu wurde der minimale sagittale Durchmesser (MSD) sowie der korrigierte minimale sagittale Durchmesser (cMSD) des Foramen vertebrale des 3. bis 7. Halswirbels bestimmt und mit den Werten von Mayhew et al. (1978) verglichen. Des Weiteren wurde das intravertebrale Verhältnis als auch das intervertebrale Verhältnis gebildet und mit den Mittelwerten aus der Tabelle von Mayhew

und Green (2000) verglichen. Abweichungen im Sinne eines reduzierten intravertebralen Verhältnisses wurden dokumentiert und geprüft, ob an diesem Halswirbel Veränderungen ersichtlich sind bzw. ein Zusammenhang mit röntgenologischen Befunden zu erkennen ist.

*Tabelle 6: Zusammenfassung der ermittelten mittleren Messwerte des MSD (minimaler sagittaler Durchmesser), des cMSD (korrigierter minimaler sagittaler Durchmesser), intravertebralen Verhältnis nach Maybew et al. (1978); Maybew and Green (2000)*

	C 2		C 3		C 4		C 5		C 6		C 7	
	< 30 0 kg	> 30 0 kg										
<b>MSD (mm)</b>	2 3, 8	2 6, 7	1 9, 8	2 2, 2	1 8, 7	2 1, 3	1 9, 7	2 2, 4	2 1, 1	2 4, 1	2 2, 9	2 7, 4
<b>cMSD (mm)</b>	18		24		24		25		27		35	
<b>Intravertebrales Verhältnis (%)</b>	72 % (55 – 83)		61 % (52 – 70)		59 % (49 – 83)		61 % (52 – 75)		60 % (54 – 75)		63 % (55 – 83)	

### 3.4 Statistische Auswertung

Das Probandengut setzte sich hauptsächlich aus Warmblütern der Rassen Hannoveraner, Oldenburger, Holsteiner und Deutsches Sportpferd sowie vereinzelt andere Warmblutrassen zusammen. Aufgrund der Homogenität der Studienteilnehmer wurden diese in drei Altersklassen eingeteilt. Es wurde die Prävalenz von Befunden ab Grad 1 von den 3 Gruppen erfasst.

*Tabelle 7: Einteilung der Probanden in Altersklassen*

<b>Gruppe</b>	<b>Altersklasse</b>
1	3-jährige Pferde
2	4 und 5-jährige Pferde
3	Pferde älter als 6 Jahre

Des Weiteren wurden in jeder Gruppe die Lokalisation sowie der Grad der Befunde nach Engel (2010) ermittelt. Die Gruppeneinteilung erfolgte aufgrund der klassischen Nutzung als Reitpferd. 3-jährige Pferde stehen am Beginn der Ausbildung und sind wenig sportlich und reiterlich beansprucht

während 4 und 5-jährige Pferde schon eine gewisse reiterliche Belastung durchstehen mussten. Pferde im Alter von 6 Jahren und älter wurden als stärker genutzt und belastet angesehen. Das Reiten von Pferden stellt keine natürliche Belastung dar und gegebenenfalls wird dadurch der Halsbereich stärker bzw. unphysiologisch getragen und belastet.

Die Prüfung der statistischen Signifikanz zwischen den 3 Altersklassen und Prävalenz der Befunde (1 (geringer Befund), > 1 (deutlicher Befund)) sowie Lokalisation wurde mittels Pearson's Chi-Quadrat-Test mit einer Yates Kontinuität Korrektur wie folgt durchgeführt:

#### **3.4.1 Vergleich von Alter und Befunden**

1. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen Altersgruppe 3-Jährige und 4 und 5-Jährige
2. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen Altersgruppe 3-Jährige und über 6 Jahren

3. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen Altersgruppe 4 und 5-Jährige und über 6 Jahren

### **3.4.2 Vergleich Wirbel und Befunde**

1. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen Okziput und den restlichen Wirbeln
2. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C1 und den restlichen Wirbeln
3. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C2 und den restlichen Wirbeln
4. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C3 und den restlichen Wirbeln

5. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C4 und den restlichen Wirbeln
  
6. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C5 und den restlichen Wirbeln
  
7. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C6 und den restlichen Wirbeln
  
8. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C7 und den restlichen Wirbeln

#### **3.4.3 Vergleich Alter, Wirbel und Befunde**

1. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom Okziput zwischen 3-

Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie über 6-Jährige

2. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C1 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie über 6-Jährige
3. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C2 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie über 6-Jährige
4. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C3 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie über 6-Jährige
5. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C4 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie über 6-Jährige
6. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C5 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie über 6-Jährige

7. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C6 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie über 6-Jährige
  
8. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C7 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie über 6-Jährige

Werte mit  $p > 0,05$  wurden als nicht signifikant und Werte  $p < 0,05$  als signifikant angesehen.

## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 Probenmaterial

Insgesamt wurden 175 Pferde (63 Stuten, 108 Wallache, 4 Hengste) im Rahmen einer Kaufuntersuchung klinisch und röntgenologisch untersucht. Zusätzlich wurden Röntgenbilder der Halswirbelsäule im seitlichen Strahlengang erstellt. Nach Durchführung der Röntgenuntersuchung wurden die Pferde anhand ihres Alters in drei Gruppen eingeteilt:

- **Gruppe 1 - Pferde im Alter von 3 Jahren**            **n = 47**
- **Gruppe 2 - Pferde im Alter von 4 und 5 Jahren**        **n = 63**
- **Gruppe 3 - Pferde im Alter von 6 Jahren und älter**    **n = 65**

In Gruppe 1 befanden sich 47 Pferde, darunter 9 Stuten, 37 Wallache und 1 Hengst. 16 dieser Pferde

(16/47 = 34 %) hatten Veränderungen an der Halswirbelsäule (15 Wallache, 1 Hengst).

Gruppe 2 wurden 63 Pferde zugeordnet. Die Gruppe setzte sich aus 29 Stuten, 33 Wallachen und einem Hengst zusammen. Bei 31 Pferden (31/63 = 49,2 %) war röntgenologisch eine Veränderung der Halswirbelsäule ersichtlich (11 Stuten, 20 Wallache).

Zu Gruppe 3 zählten 65 Pferde, worunter sich 17 Stuten und 28 Wallache befanden. 30 (30/65 = 46,2 %) dieser Pferde hatten röntgenologisch darstellbare Abweichungen der Röntgenologie der Halswirbel (11 Stuten, 18 Wallache, 1 Hengst).

Die Röntgenbilder der Halswirbelsäule wurden von 0 (ohne Veränderung) bis 4 (höchstgradige Veränderung) bewertet und in zwei Gruppen eingeteilt. Pferde ohne Veränderungen erhielten Grad 0. Alle Ergebnisse mit Grad 1 wurden als geringgradige Veränderungen gesehen, alle Ergebnisse > 1 (2-4) wurden als deutliche Veränderungen angesehen und die jeweiligen Ergebnisse von Grad 1 und Grad >1 an den unterschiedlichen Lokalisationen sowie zwischen den Altersklassen statistisch ausgewertet.

## 4.2 Beurteilung der Röntgenaufnahmen

Bei 77 der 175 Pferde ( $77/175 = 44\%$ ) wurden Veränderungen an den Halswirbeln festgestellt.

*Tabelle 8: Lokalisation und Anzahl der Befunde in den 3 Gruppen, n = 77 Pferde, mehrere Befunde möglich*

<b>Gruppe</b>	<b>Okz</b>	<b>C 1</b>	<b>C 2</b>	<b>C 3</b>	<b>C 4</b>	<b>C 5</b>	<b>C 6</b>	<b>C 7</b>
<b>3-Jährige</b> n = 16	8	1	1	1	1	8	10	7
<b>4 und 5-Jährige</b> n = 31	13	2	2	0	4	8	16	12
<b>&gt; 6-Jährige</b> n = 30	12	5	1	1	4	7	21	18

#### 4 ERGEBNISSE

<b>Gesamt</b>	33	8	4	2	9	23	47	37
t								
n = 77								

*Tabelle 9: Lokalisation und Anzahl der Befunde = 1*

<b>Gruppe</b>	<b>3 Jahre</b>	<b>4 und 5 Jahre</b>	<b>&gt; 6 Jahre</b>
<b>Okziput</b>	3	11	9
<b>C1</b>	0	1	3
<b>C2</b>	0	1	0
<b>C3</b>	0	0	1
<b>C4</b>	1	1	3
<b>C5</b>	2	4	9
<b>C6</b>	4	11	15
<b>C7</b>	2	9	12

*Tabelle 10: Lokalisation und Anzahl der Befunde > 1*

<b>Gruppe</b>	<b>3 Jahre</b>	<b>4 und 5 Jahre</b>	<b>&gt; 6 Jahre</b>
<b>Okziput</b>	5	2	3
<b>C1</b>	1	1	2
<b>C2</b>	1	1	1
<b>C3</b>	1	0	0

#### 4 ERGEBNISSE

<b>C4</b>	1	3	1
<b>C5</b>	2	3	4
<b>C6</b>	6	5	6
<b>C7</b>	5	3	6

*Tabelle 11: Geschlechterverteilung der Probanden*

<b>Gruppe</b>	<b>3 Jahre</b>	<b>4 und 5 Jahre</b>	<b>&gt; 6 Jahre</b>
<b>Gesamt</b>	47	63	65
<b>Stute</b>	9	29	25
<b>Wallach</b>	37	33	38
<b>Hengst</b>	1	1	2

*Tabelle 12: Geschlechterverteilung der Pferde mit Halswirbelveränderungen*

<b>Gruppe</b>	<b>3 Jahre</b>	<b>4 und 5 Jahre</b>	<b>&gt; 6 Jahre</b>
<b>Gesamt</b>	16	31	30
<b>Stute</b>	0	11	11
<b>Wallach</b>	15	20	18
<b>Hengst</b>	1	0	1

### 4.2.1 Okziput

Bei 33 von 175 (= 18,86 %) Pferden konnten eine oder mehrere Veränderungen am Hinterhauptbein röntgenologisch festgestellt werden. Davon waren 23 Pferde Grad 1 (= 69,7 %) und 10 Pferde > Grad 1 (= 30,3%).

#### 4.2.1.1 Nackenbandansatz

Die feststellbaren Veränderungen stellten sich als Konturunregelmäßigkeit des Hinterhauptbeins mit wolkigen Verschattungen, unruhige Knochenkontur und zackige oder zapfenförmige Zubildungen mit einem oder mehreren Ossifikationszentren dar. Zum Teil setzten sich die wolkigen oder scharf umgrenzten isolierten Veränderungen dorsocaudal im Weichteilgewebe fort. Einige lagen in gering- bis mittelgradiger Ausprägung im Bereich des Nackenbandes und können als Mineralisation von diesem gedeutet werden. Häufig traten sowohl Veränderungen der Knochenkontur am Okziput als auch eine Kalzifikation des umliegenden Weichteilgewebes in Kombination auf. Die 3-jährigen Pferde waren achtmal ( $8/33 = 24,2\%$ ) betroffen, bei den 4 und 5-Jährigen waren es 13 Pferde mit Befunden

(13/33 = 39,3%) und bei den Pferden über 6 Jahren hatten 12 Veränderungen (12/33 = 36,3%).

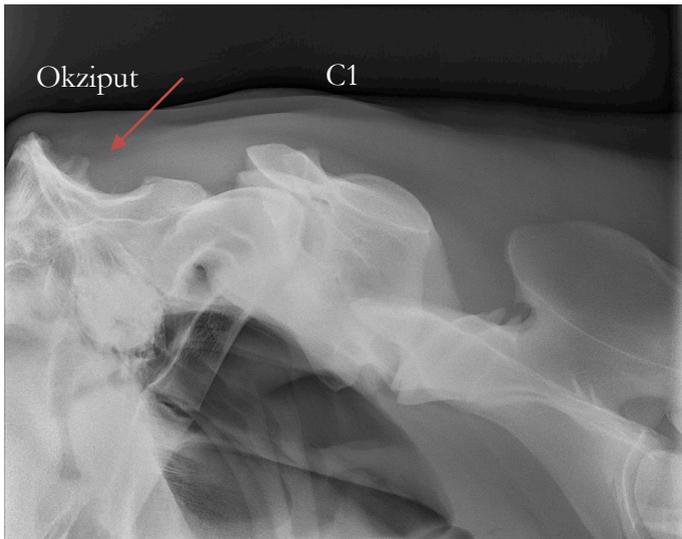
Spitzzackige Konturveränderungen des Okziput (Kürzel 0.1) traten insgesamt bei 14/33 Pferden (= 42,4%) auf (siehe Tabelle 4). Bei Gruppe 1 einmal, bei Gruppe 2 siebenmal und bei der Gruppe 3 sechsmal. Eine zapfenförmige Zubildung (Kürzel 0.2) am Hinterhauptsbein ließ sich bei 20/33 Pferden (= 60,6%) darstellen (3-Jährige: sechsmal; 4 und 5-Jährige achtmal; über 6-Jährige sechsmal). Insgesamt bei 7/33 Pferden (= 21,2%) war eine wolkige Verschattung (Kürzel 0.3) caudodorsal des Okziputs zu erkennen (3-Jährige Pferde: zweimal; 4 und 5-Jährige: viermal; über 6-Jährige: einmal). Eine Mineralisation im dorsocaudal gelegenen Weichteilgewebe (Kürzel 0.4) trat bei 7/33 Pferden (=21,2%) auf. Bei einem 6-jährigen Wallach (= 3%) ließ sich ein unregelmäßiger Gelenkspalt der *Articulatio atlantooccipitalis* darstellen (Kürzel 0.5).

*Tabelle 13: Röntgenologische Befunde am Okziput; Einteilung in 3 Altersklassen*

Befundkürzel/ Altersgruppe	3- Jährige	4 und 5- Jährige	> 6- Jährige
0.1spitzzackige Konturunregelmäßigkeit	1	7	6
0.2zapfenförmige Konturunregelmäßigkeit	6	8	6
0.3 Wolkige Verschattung caudodorsal	2	4	1
0. isolierte Verschattung dorsal	1	2	4
0.5 Art. atlantooccipitalis unregelmäßig	0	0	1



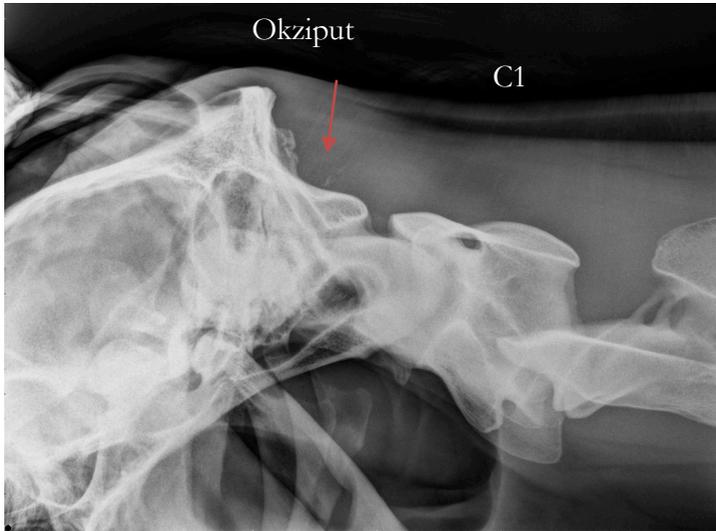
*Abbildung 7: Spitzzackige Konturunregelmäßigkeit (0.1) bei einem 6-jährigem Wallach (Pferd Nr. 23)*



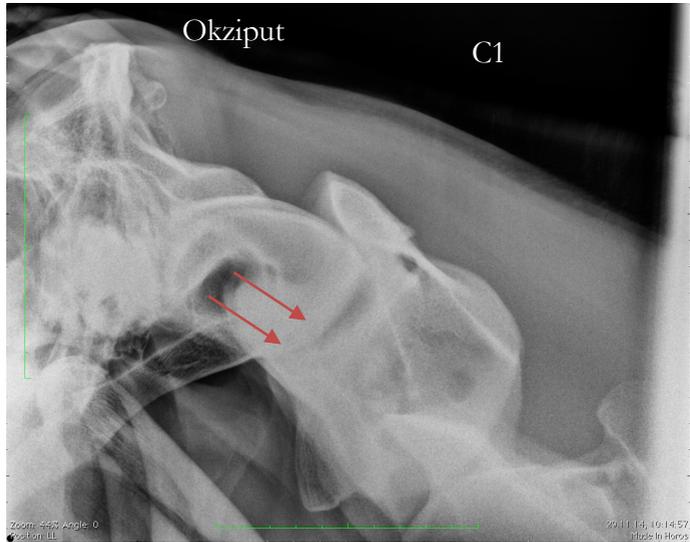
*Abbildung 8: Zapfenförmige Zubildung am Hinterhauptsbein (0.2) bei einem 3-jährigem Wallach (Pferd Nr. 126)*



*Abbildung 9: Wolkige Verschattung caudodorsal des Okziputs (0.3) bei einem 3-jährigen Hengst (Pferd Nr. 24)*



*Abbildung 10: Isolierte Verschattung dorsocaudal des Okziputs im Weichteilgewebe (roter Pfeil) (0.4) bei einer 10-jährigen Stute (Pferd Nr. 30)*



*Abbildung 11: Articulatio atlantooccipitalis unregelmäßig (roter Pfeil) (0.5) bei einem 6-jährigem Wallach (Pferd Nr. 42)*

### 4.2.2 Atlas

Am Atlas traten insgesamt bei 8/175 Pferden (= 4,5%) Abweichungen von der normalen Röntgenanatomie auf. Diese ließen sich im Bereich des Arcus dorsalis feststellen. Davon gehörte ein Pferd zu Gruppe 1, zwei Pferde zu Gruppe 2 und fünf zu Gruppe 3.

*Tabelle 14: Röntgenologische Befunde am ersten Halswirbel (C1) in den drei Altersgruppen*

Befundkürzel/ Altersgruppe	3- Jährige	4 und 5- Jährige	> 6- Jährige
1.1 wolkige Verschattung Arcus dorsalis	1	1	4
1.2 Aufrauhung Tuberculum dorsale	0	1	1

#### 4.2.2.1 Arcus dorsalis

Veränderungen waren dorsal am Arcus dorsalis in Form von wolkigen Verschattungen (Kürzel 1.1) im Sinne einer Mineralisation des Weichteilgewebes bei sechs Pferden (6/8 = 75%) (ein Pferd Gruppe 1, Grad >1; ein Pferd Gruppe 2, Grad >1; vier Pferde

Gruppe 3, zwei Grad 1 und zwei Grad >1) sowie eine Knochenzubildung und Aufrauung der Knochenkontur am Tuberculum dorsale des Arcus dorsalis bei zwei Pferden ( $2/8 = 25\%$ ) (einmal Gruppe 2, Grad 1 und einmal Gruppe 3, Grad >1) nachzuweisen.



*Abbildung 12: Verschattung dorsal des ersten Halswirbels im Weichteilgewebe (1.1) bei einem 10-jährigen Wallach (Pferd Nr. 161)*



*Abbildung 13: Aufraubung der Knochenkontur cranial am Tuberculum dorsale (1.2) bei einer 4-jährigen Stute (Pferd Nr. 51)*

Aufgrund der engen anatomischen Lage lassen sich Verschattungen im Bereich des Gelenkes zwischen Hinterhauptbeins und erstem Halswirbels keiner der beiden Strukturen eindeutig zuordnen und können als Veränderungen in der Genickregion betrachtet werden. In diesem Bereich konnten bei 39 von 175 Pferden (= 22,2%) Befunde erhoben werden.

### 4.2.3 Axis

Veränderungen am zweiten Halswirbel ließen sich bei 4/175 Pferden (= 2,2 %) feststellen. Die Altersverteilung war wie folgt: ein Pferd bei den 3-Jährigen, zwei Pferde bei den 4 und 5-Jährigen und eines bei den > 6-Jährigen.

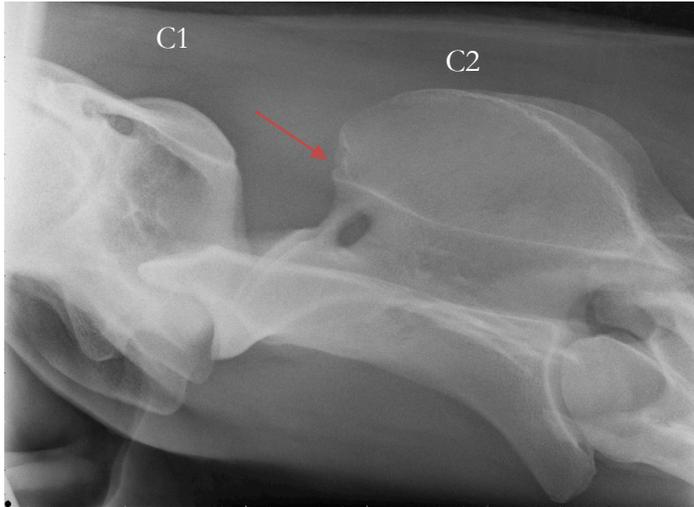
*Tabelle 15: Befunde am 2. Halswirbel in den drei Altersgruppen*

Befundkürzel/ Altersgruppe	3- Jährige	4 und 5- Jährige	> 6- Jährige
2.1 Knochenstruktur- abweichung Axiskamm	1	2	1
2.2 Missbildungen	1	0	0

#### 4.2.3.1 Axiskamm

Am Axiskamm waren röntgenologisch Veränderungen der Knochenstruktur am kranialen Rand (2.1) in Form von kleinen Knochenzubildungen/ Osteophyten bei allen vier Pferden (4/4 = 100%) zu sehen. Davon war ein Pferd aus Gruppe 1, Grad >1; zwei Pferde aus Gruppe 2

wovon 1 Grad 1 und 1 Grad >1 war. In Gruppe 3 war ein Pferd mit Grad >1.

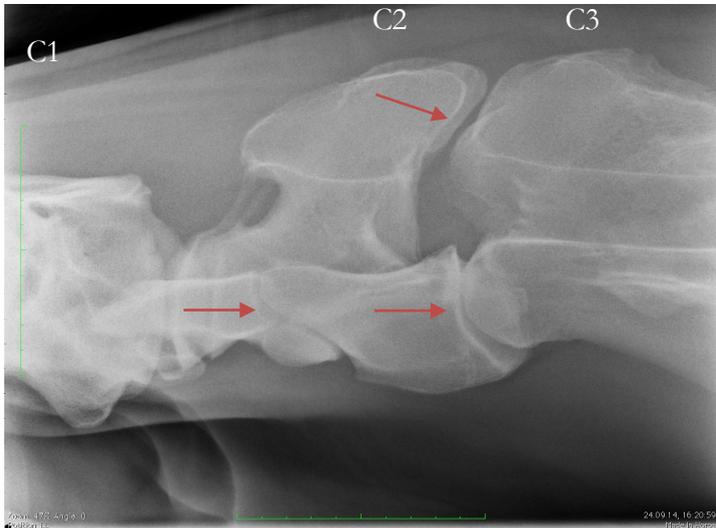


*Abbildung 14: Einziehung am kranialen Rand des Axiskamms (2.1) bei einem 4-jährigem Wallach (Pferd Nr. 57)*

### 4.2.3.2 Missbildungen

Ein Pferd (3-jähriger Wallach)(1/175 = 0,57%) (Gruppe 1, Grad 4) wies eine Missbildung des zweiten Halswirbels (2.2) mit fehlender Ossifikation der Wachstumsfuge zwischen Dens und Wirbelkörper sowie Fehlen des kaudalen Facettengelenks auf. Außerdem lag eine hochgradige Arthrose, gekennzeichnet durch Zubildungen ventral der

Extremitas caudalis und Sklerosierung des Wirbelgelenks, zwischen zweiten und dritten Halswirbels sowie der Verdacht auf eine Bandscheibendegeneration in diesem Bereich vor.



*Abbildung 15: Missbildung des zweiten Halswirbels (2.2) mit hochgradiger Arthrose und fehlender Ossifikation der Wachstumsfuge zwischen Dens und Wirbelkörper sowie fehlendem kaudalem Facettengelenk bei einem 3-jährigem Wallach (Pferd Nr.19)*

### 4.2.3.3 Kaudales Facettengelenk

Bei einem Pferd ( $1/4 = 25\%$ ) war das kaudale Facettengelenk des zweiten Halswirbels nicht

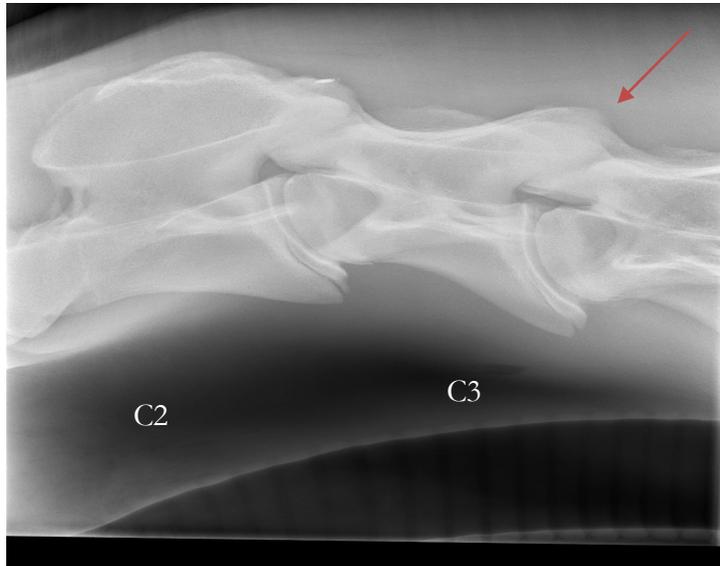
ausgebildet (siehe Abbildung 15); es gehörte zu Gruppe 1, Grad  $>1$ .

### 4.2.4 3. Halswirbel

Bei 2/175 Pferden (=1,14%), je eines aus Gruppe 1 und eines aus Gruppe 3, traten röntgenologisch feststellbare Abweichungen der normalen Röntgenanatomie auf. Diese stellten sich einerseits als röntgendichte zackige Strukturen am kaudalen Gelenkfortsatz dar sowie als Achsenabweichung.

#### 4.2.4.1 Achsenabweichung

Bei einem Pferd aus Gruppe 1, Grad  $>1$  war die Halswirbelsäule trotz korrekter Röntgentechnik sowie mehrerer Röntgenaufnahmen nicht orthograd darstellbar und im weiteren kaudalen Verlauf war eine Abweichung von der Längsachse (3.1) ersichtlich.



*Abbildung 16: Achsenabweichung (3.1) bei einem 3-jährigen Wallach (Pferd Nr. 129)*

### 4.2.4.2 Kaudales Facettengelenk

Beide Pferde hatten darstellbare Veränderungen am Facettengelenk. Ein Pferd aus Gruppe 1 zeigte ein vergrößertes Facettengelenk (3.8) Grad  $>1$  mit einer dorsal sichtbaren wolkigen Verschattung (3.10) auf. Ein Pferd aus Gruppe 3, Grad 1 hatte dorsokaudal am Facettengelenk eine knöcherne zackige Zubildung (3.9).

*Tabelle 16: Befunde am 3. Halswirbel in den drei Altersgruppen*

Befundkürzel/ Altersgruppe	3- Jährige	4 und 5- Jährige	>6- Jährige
3.1 Achsenabweichung Längsachse	1	0	0
3.2 (Konturunregelmäßigkeit Extremitas cran.)	0	0	0
3.3 Konturunregelmäßigkeit Extremitas caud.	0	0	0
3.4 Verschattung Extremitas caudalis	0	0	0
3.5 Aufrauung ventral Facettengelenk	0	0	0
3.6 Zubildung ventral am Facettengelenk	0	0	0
3.7 Facettengelenk Kontur unregelmäßig	0	0	0
3.8 Facettengelenk vergrößert	1	0	0
3.9 Facettengelenk- Zubildung dorsal	0	0	1

## 4 ERGEBNISSE

3.10 Facettengelenk Verschattung dorsal	1	0	0
3.11 Facettengelenk inhomogene Strahlendichte	0	0	0
3.12 Facettengelenk Sklerosierung	0	0	0

### 4.2.5 4. Halswirbel

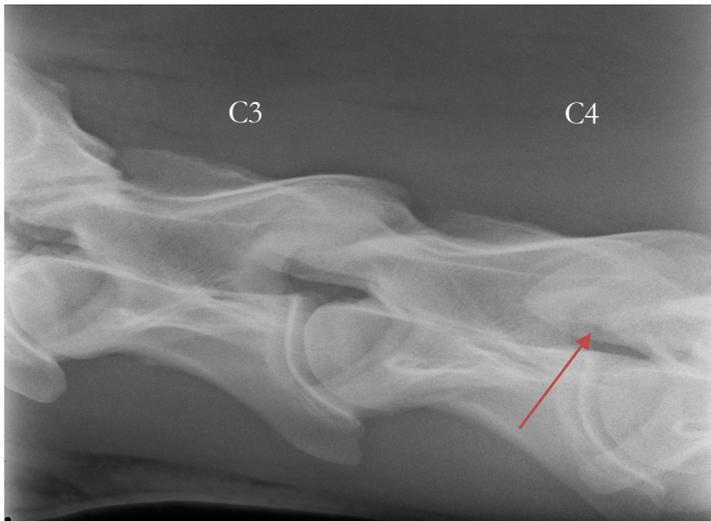
Am 4. Halswirbel ließen sich bei 9/175 Pferden (= 5,14%) Veränderungen erkennen, wobei die meisten Veränderungen im Bereich der kaudalen Facettengelenke lokalisiert waren. Die Veränderungen wiesen ein Pferd der 3-Jährigen und jeweils vier Pferde der 4 und 5-Jährigen sowie vier Pferde der über 6-Jährigen auf.

#### 4.2.5.1 Achsenabweichung

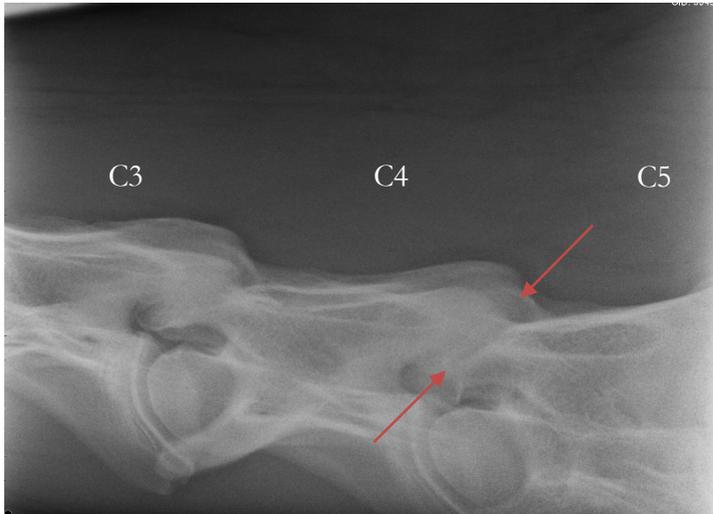
Bei einem Pferd (1/9=11%) wurde ebenso wie beim vorhergehenden Halswirbel eine Achsenabweichung von der Längsachse (4.1) festgestellt.

### 4.2.5.2 Kaudales Facettengelenk

Am kaudalen Facettengelenk traten Veränderungen in Form von Unregelmäßigkeit der Knochenkontur ventral der Gelenkfläche (4.5) bei zwei Pferden ( $2/9 = 22,2\%$ ) auf. Kleine zackige Zubildungen/Osteophyten ventral des Gelenkhalses (4.6) ließen sich auf den Röntgenaufnahmen von drei Pferden ( $3/9 = 33,3\%$ ) darstellen. Die Kontur des Facettengelenks war bei drei Pferden ( $3/9 = 33,3\%$ ) unruhig und unregelmäßig (4.7) sowie bei einem Pferd (Gruppe 2, Grad  $>2$ ) ( $1/9 = 11\%$ ) deutlich vergrößert (4.8). Eine Sklerosierung des Facettengelenks (4.12) war bei einem Pferd ( $1/9 = 11\%$ ) aus Gruppe 3, Grad 1 ersichtlich.



*Abbildung 17: Aufraubung ventral am Facettengelenk (4.5) bei einer 4-jährigen Stute (Pferd Nr. 50)*



*Abbildung 18: Facettengelenk vergrößert (4.8), Zubildung ventral (4.6) bei einem 4-jährigem Wallach (Pferd Nr. 68)*



*Abbildung 19: Facettengelenk Kontur unregelmäßig (4.7) bei einer 8-jährigen Stute (Pferd Nr.107)*

*Tabelle 17: Befunde am 4. Halswirbel in den drei Altersgruppen*

Befundkürzel/ Altersgruppe	3- Jährige	4 und 5- Jährige	> 6- Jährige
4.1 Achsenabweichung Längsachse	0	1	0
4.2 Konturunregelmäßigkeit Extremitas cran.	0	0	0
4.3 Konturunregelmäßigkeit Extremitas caud	0	0	0

#### 4 ERGEBNISSE

4.4Verschattung Extremitas caudalis	0	0	0
4.5Aufrauhung ventral Facettengelenk	0	1	1
4.6 Zubildung ventral am Facettengelenk	2	1	0
4.7 Facettengelenk Kontur unregelmäßig	0	1	1
4.8Facettengelenk vergrößert	0	1	0
4.9Facettengelenk– Zubildung dorsal	0	0	0
4.10Facettengelenk Verschattung dorsal	0	0	0
4.11 Facettengelenk inhomogene Strahlendichte	0	0	0
4.12Facettengelenk Sklerosierung	0	0	1

### 4.2.6 5. Halswirbel

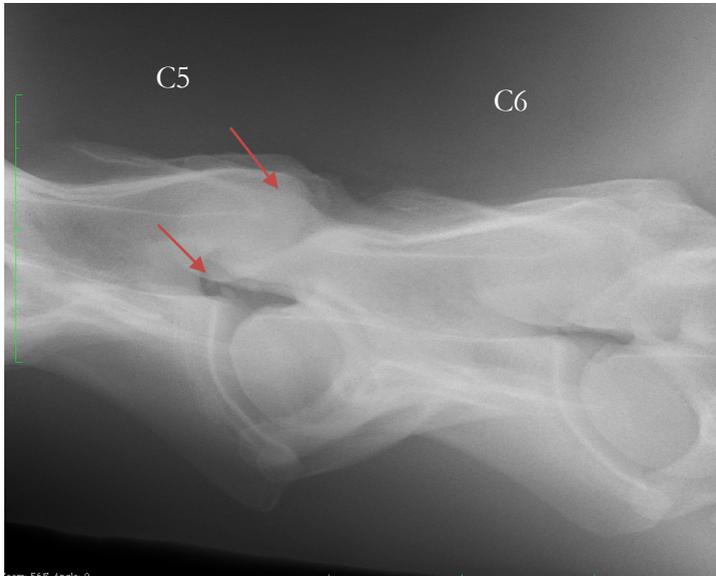
Im Bereich des 5. Halswirbels traten bei 23/175 Pferden (= 13,1%) röntgenologisch erkennbare Abweichungen auf. Jeweils acht Pferde aus Gruppe 1 (= 34,7%) und Gruppe 2 (=34,7%) waren betroffen und sieben aus Gruppe 3 ( $7/23 = 30,4\%$ ).

#### 4.2.6.1 Achsenabweichung

Wie auch beim 3. und 4. Halswirbel ließ sich der 5. Halswirbel bei einem Pferd nicht orthograd darstellen. Es wird daher von einer Abweichung von der Längsachse ausgegangen (5.1).

#### 4.2.6.2 Extremitas caudalis

Bei einem Pferd ( $1/23 = 4,3\%$ ) (Gruppe 3, Grad  $>2$ ) war die Kontur der Extremitas caudalis unregelmäßig (5.3) und am dorsalen Rand eingezogen. Des Weiteren war auf dem Röntgenbild eine kleine, von der Extremitas caudalis abgegrenzte mineralisierte Verschattung zu sehen (5.4). Es könnte sich hierbei der Form nach um ein aus der Einziehung ausgebrochenes Fragment handeln.

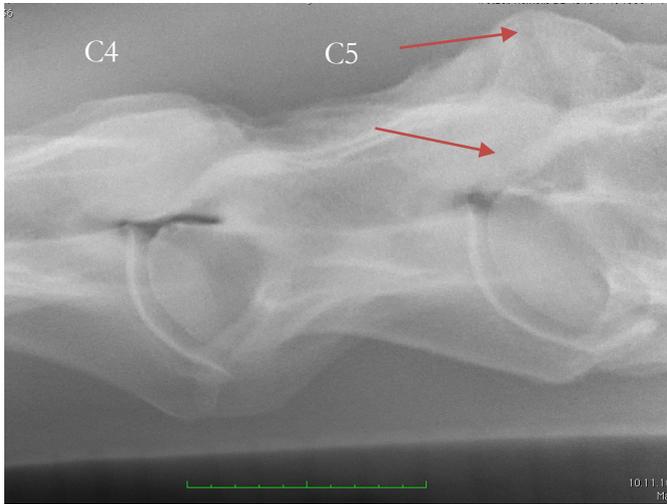


*Abbildung 20: Konturunregelmäßigkeit der kaudalen Facette (5.3) und isolierte Verschattung (5.4) bei einer 6-jährigen Stute (Pferd Nr. 111)*

#### 4.2.6.3 Kaudales Facettengelenk

Veränderungen am kaudalen Facettengelenk waren bei 22 Pferden ( $22/23 = 95,6\%$ ) zu erkennen. Bei drei Pferden ( $3/23 = 13\%$ ) (ein Pferd aus Gruppe 2, Grad  $< 1$ ; zwei Pferde aus Gruppe 3, Grad  $< 1$ ) war der Knochen ventral am Gelenkhals des kleinen Wirbelgelenks von unregelmäßiger Kontur (5.5). Zwei Pferde ( $2/23 = 8,6\%$ ) (ein Pferd aus Gruppe 1, Grad  $> 1$ ; eines aus Gruppe 3, Grad  $< 1$ ) hatten eine

knöcherne zackige Zubildung ventral des Gelenkhalses (5.6). Das kaudale Facettengelenk zeigte bei acht Pferden ( $8/23 = 34\%$ ) eine unruhige Kontur (5.7), wobei ein Pferd aus Gruppe 1, zwei Pferde aus Gruppe 2 und drei Pferde aus Gruppe 3 diese Veränderung aufwiesen. Bei insgesamt 16 Pferden ( $16/23 = 69,5\%$ ) war das Facettengelenk vergrößert (5.8). Ein Pferd ( $1/23 = 4,3\%$ ) hatte dorsokaudal eine kleine Zubildung (5.9). Dorsal des Facettengelenks war bei einem Pferd ( $1/23 = 4,3\%$ ) im Röntgenbild eine ovalförmige wolkige Verschattung zu erkennen (5.10). Eine inhomogene Strahlendichte (5.11) des kaudalen Facettengelenks konnte bei vier Pferden ( $4/23 = 17,3\%$ ) festgestellt werden. Bei einem Pferd ( $1/23 = 4,3\%$ ) trat eine Sklerosierung im Bereich des Facettengelenks auf (5.12).



*Abbildung 21: Vergrößerung Facettengelenke (5.8), Verschattung dorsal (5.10), inhomogene Strahlendichte (5.11) bei einem 10-jährigem Wallach (Pferd Nr. 161)*

*Tabelle 18: Befunde am 5. Halswirbel in den drei Altersgruppen*

Befundkürzel/ Altersgruppe	3- Jährige	4 und 5- Jährige	> 6- Jährige
5.1 Achsenabweichung Längsachse	0	1	0
5.2 Konturunregelmäßigkeit Extremitas cran.	0	0	0

#### 4 ERGEBNISSE

5.3 Kontur unregelmäßigkeit Extremitas caud	0	0	1
5.4 Verschattung Extremitas caudalis	0	0	1
5.5 Aufrauhung ventral Facettengelenk	0	1	2
5.6 Zubildung ventral am Facettengelenk	1	0	1
5.7 Facettengelenk Kontur unregelmäßig	1	2	5
5.8 Facettengelenk vergrößert	3	6	7
5.9 Facettengelenk – Zubildung dorsal	0	0	1
5.10 Facettengelenk Verschattung dorsal	1	0	0
5.11 Facettengelenk inhomogene Strahlendichte	0	1	3
5.12 Facettengelenk Sklerosierung	1	0	0



*Abbildung 22: Zubildung ventral am Facettengelenk (5.6), Facettengelenk vergrößert (5.8) und massive Verschattung dorsal (5.10) bei einem 3-jährigem Wallach (Pferd Nr.12)*

### **4.2.7 6. Halswirbel**

Am 6. Halswirbel wurden bei 47/175 Pferden (= 26,85%) die meisten Abweichungen von der Normalanatomie aufgefunden.

### 4.2.7.1 Achsenabweichung

Eine Abweichung von der Längsachse (6.1) trat am 6. Halswirbel bei einem Pferd ( $1/47 = 2,1\%$ ) (Gruppe 2, Grad  $>1$ ) auf.

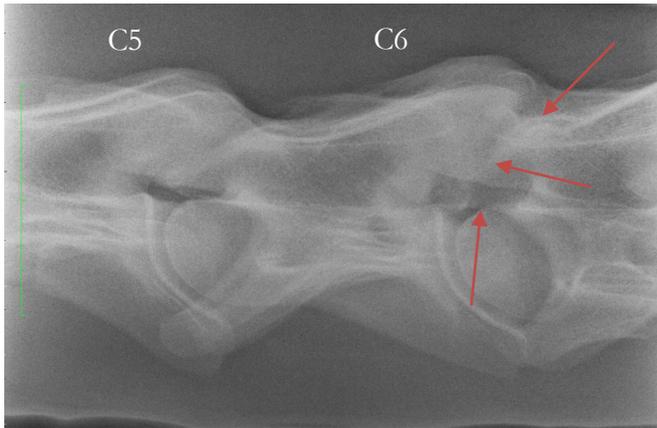
### 4.2.7.2 Extremitas cranialis

Ein Pferd ( $1/47 = 2,1\%$ ) (Gruppe 2, Grad  $>1$ ) hatte eine unregelmäßige Kontur der Extremitas cranialis (6.2).

### 4.2.7.3 Kaudales Facettengelenk

Bei fünf Pferden ( $5/47 = 10,6\%$ ) war die Kontur des Gelenkhalses unruhig (6.5) und es ließ sich bei weiteren fünf Pferden ( $5/47 = 10,6\%$ ) ventral des Facettengelenks im Bereich des Foramen intervertebrale eine knöcherne Struktur (6.6) darstellen. Bei fünfzehn Pferden ( $15/47 = 31,9\%$ ) fiel eine unruhige Kontur (6.7) des kaudalen Gelenkfortsatzes auf. Eine Vergrößerung des Facettengelenks (6.8) trat bei 34 Pferden ( $34/47 = 72,34\%$ ) auf. Eine Verschattung dorsal (6.9) als auch Zubildung dorsal (6.10) des kleinen Wirbelgelenkes trat jeweils bei drei Pferden ( $3/47 = 6,3\%$ ) auf. Eine weitere darstellbare Veränderung stellte eine inhomogene Strahlendichte des Gelenks (6.11) dar, welche bei sechszehn Pferden ( $16/47 = 34\%$ ) zu

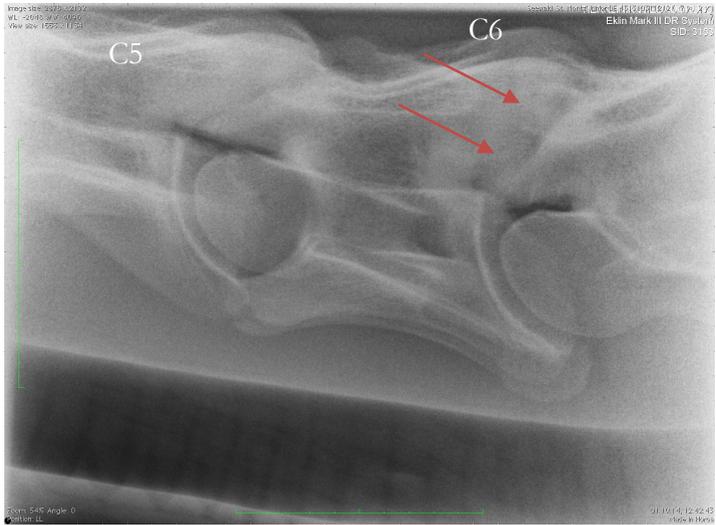
erkennen war. Bei einem Pferd ( $1/47 = 2,1\%$ ) erschien das Facettengelenk sklerosiert (6.12).



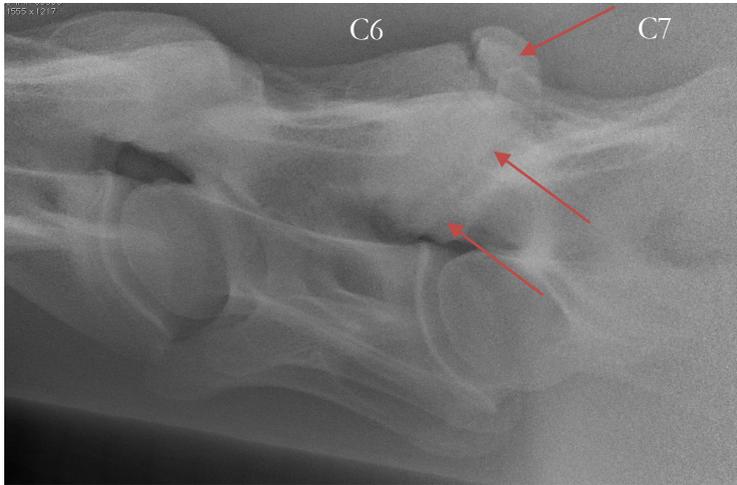
*Abbildung 23: Zubildung ventral am Facettengelenk (6.6), Facettengelenk vergrößert (6.8); inhomogene Strahlendichte (6.11) bei einem 4-jährigem Wallach (Pferd Nr. 26)*

## 4 ERGEBNISSE

---



*Abbildung 24: Unregelmäßige Kontur des Facettengelenks (6.7), Facettengelenk vergrößert (6.8), inhomogene Strahlendichte (6.11) bei einem 3-jährigem Hengst (Pferd Nr. 24)*



*Abbildung 25: Facettengelenk vergrößert (6.8), Sklerosierung (6.12); Fraktur bei einem 6-jährigem Wallach (Pferd Nr. 96)*

*Tabelle 19: Befunde am 6. Halswirbel in den drei Altersgruppen*

Befundkürzel/ Altersgruppe	3- Jährige	4 und 5- Jährige	> 6- Jährige
6.1 Achsenabweichung Längsachse	0	1	0
6.2 Konturunregelmäßigkeit Extremitas cran.	0	1	0
6.3 Konturunregelmäßigkeit Extremitas caud	0	0	0

#### 4 ERGEBNISSE

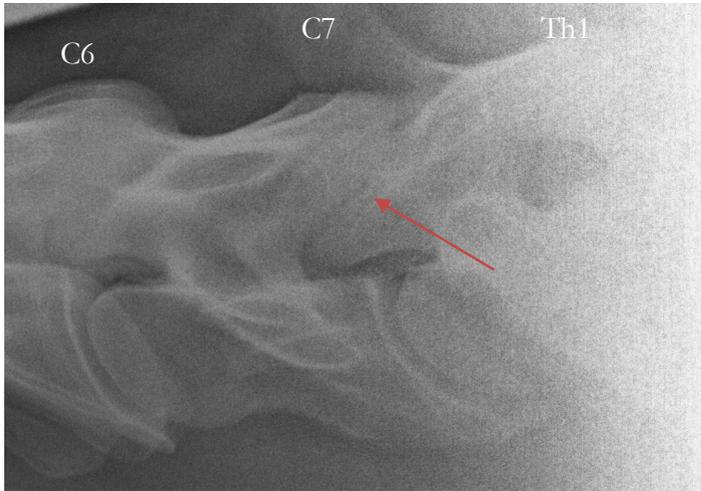
6.4Verschattung Extremitas caudalis	0	0	0
6.5Aufrauhung ventral Facettengelenk	0	2	3
6.6 Zubildung ventral am Facettengelenk	1	2	2
6.7 Facettengelenk Kontur unregelmäßig	7	3	5
6.8Facettengelenk vergrößert	8	10	16
6.9Facettengelenk – Zubildung dorsal	0	0	3
6.10Facettengelenk Verschattung dorsal	0	1	2
6.11 Facettengelenk inhomogene Strahlendichte	3	3	10
6.12Facettengelenk Sklerosierung	0	0	1

#### 4.2.8 7. Halswirbel

Am siebten Halswirbel traten bei 37/175 Pferden (= 21,1%) Veränderungen auf, die im Bereich des kranialen Facettengelenks lokalisiert waren.

##### 4.2.8.1 Kraniales Facettengelenk

Das kraniale Facettengelenk wies bei zwei Pferden (2/37 = 5,4%) Zubildungen ventral am Gelenkfortsatz (7.6) sowie bei 27/37 Pferden (=72,9%) eine unruhige Kontur (7.7) bei 4 Pferden (4/27 = 14,8%) der 3-Jährigen, acht Pferde (8/27 = 29,6%) der 4 und 5-Jährigen und fünfzehn Pferden (15/27 = 55,5%) der über 6-Jährigen auf. Eine Vergrößerung des Facettengelenkes (7.8) konnte bei allen Pferden, davon sieben Pferden (7/37 = 18,9%) aus Gruppe 1, zwölf Pferden (12/37 = 32,4%) aus Gruppe 2 und achtzehn Pferden (18/37 = 48,6%) aus Gruppe 3 dargestellt werden. Ein Pferd aus Gruppe 3 (1/37 = 2,7%) hatte zudem eine knöcherne Auflagerung dorsal am Gelenk (7.9).



*Abbildung 26: Facettengelenk vergrößert (7.8) bei einem 6-jährigem Wallach (Pferd Nr. 8)*

*Tabelle 20: Befunde am 7. Halswirbel in den drei Altersgruppen*

Befundkürzel/ Altersgruppe	3- Jährige	4 und 5- Jährige	> 6- Jährige
7.1 Achsenabweichung Längsachse	0	0	0
7.2 Konturunregelmäßigkeit Extremitas cran.	0	0	0
7.3 Konturunregelmäßigkeit Extremitas caud	0	0	0

#### 4 ERGEBNISSE

7.4Verschattung Extremitas caudalis	0	0	0
7.5Aufrauhung ventral Facettengelenk	0	0	0
7.6 Zubildung ventral am Facettengelenk	0	1	1
7.7 Facettengelenk Kontur unregelmäßig	4	8	15
7.8Facettengelenk vergrößert	7	12	18
7.9Facettengelenk – Zubildung dorsal	0	1	0
7.10Facettengelenk Verschattung dorsal	0	0	0
7.11 Facettengelenk inhomogene Strahlendichte	0	0	0
7.12Facettengelenk Sklerosierung)	0	0	0

### **4.3 Messungen an den Röntgenbildern der Halswirbelsäule**

Bei 46 von 175 Pferden (= 26,28%) war das intravertebrale Verhältnis reduziert, es lag deutlich unter den von Mayhew und Green (2000) ermittelten Mittelwerten. Die abweichenden Pferde setzten sich aus elf Stuten ( $11/46 = 23,9\%$ ) und 35 männlichen Tieren ( $35/46 = 76\%$ ) zusammen. Davon wiesen 25/46 Pferden (= 54,3%) röntgenologisch darstellbare Befunde an der Halswirbelsäule auf sowie 21/46 Pferde (= 47,8%) keine Veränderungen. Es konnte keine Korrelation zwischen einem geringeren intravertebralen Verhältnis und dem Vorliegen von Spondylarthrosen hergestellt werden. Bei 24/46 Pferden (= 52,17%) waren Abweichungen des intravertebralen Verhältnisses an mehr als einem Halswirbel darstellbar. Am 3. Halswirbel trat bei 16/46 Pferden (= 34,7%), am 4. Halswirbel bei 11/46 Pferden (= 23,9%), am 5. Halswirbel bei 10/46 Pferden (= 21,7%), am 6. Halswirbel bei 25/46 Pferden (= 54,34%) sowie am 7. Halswirbel bei 29/46 Pferden (= 63%) ein geringeres intravertebrales Verhältnis auf.

*Tabelle 21: Häufigkeit eines reduziertem intravertebralen Verhältnis bei insgesamt 175 Pferden aufgeteilt in drei Altersgruppen. \* Pferde mit Veränderungen an mehreren Lokalisationen*

<b>Gruppe</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>
<b>3-Jährige</b> n = 23 (15 *)	9	7	8	13	17
<b>4 und 5 - Jährige</b> n = 12 (5*)	4	2	1	6	7
<b>&gt; 6- Jährige</b> n = 11 (4*)	3	2	1	6	5
<b>Gesamt</b> n = 46	16	11	10	25	29

#### 4.4 Statistische Auswertung

Die Prävalenz von Befunden ab Grad 1 von den 3 Gruppen war wie folgt:

*Tabelle 22: Prävalenz von Befunden = 1*

<b>Anzahl Befunde = 1</b>			
	<b>3-Jährige</b>	<b>4 und 5-Jährige</b>	<b>&gt;6-Jährige</b>
<b>Okziput</b>	3	11	9
<b>C1</b>	0	1	3
<b>C2</b>	0	1	0
<b>C3</b>	0	0	1
<b>C4</b>	1	1	3
<b>C5</b>	2	4	9
<b>C6</b>	4	11	15
<b>C7</b>	2	9	12

*Tabelle 23: Prävalenz von Befunden > 1*

<b>Anzahl Befunde &gt; 1</b>			
	<b>3-Jährige</b>	<b>4 und 5-Jährige</b>	<b>&gt;6-Jährige</b>
<b>Okziput</b>	5	2	3
<b>C1</b>	1	1	2

#### 4 ERGEBNISSE

<b>C2</b>	1	1	1
<b>C3</b>	1	0	0
<b>C4</b>	1	3	1
<b>C5</b>	2	3	4
<b>C6</b>	6	5	6
<b>C7</b>	5	3	6

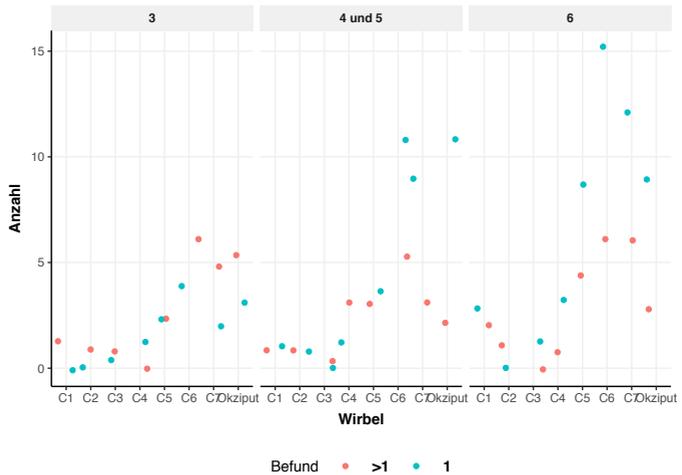


Abbildung 27: Prävalenz von Befunden pro Altersgruppe

#### 4.4.1 Vergleich von Alter und Befunden

Es wurde jeweils die Häufigkeit von Befunden =1 und >1 zwischen den drei Altersgruppen untersucht. Es kam zu folgendem Ergebnis:

1. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen Altersgruppe 3-Jährige und 4 und 5-Jährige: Der p-Wert liegt bei 0.007558. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl der Befunde bei den 3-Jährigen (Gruppe 1) im Vergleich zu den 4 und 5-Jährigen. Die Anzahl der Befunde in Gruppe 2 war signifikant höher.
2. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen Altersgruppe 3-Jährige und > 6-Jährige: Der p-Wert liegt bei 0.002703. Es besteht auch hier ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 1 (3-Jährige) und Gruppe 3 (> 6-Jährige). Die Anzahl der Befunde war auch in Gruppe 3 signifikant höher als in Gruppe 1.

3. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen Altersgruppe 4 und 5-Jährige und über 6-Jährige: Der p-Wert liegt bei 1. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl der Befunde der 4 und 5-Jährigen und der über 6 Jahre alten Pferde.

### 4.4.2 Vergleich Wirbel und Befunde

Hier wurde die Anzahl der Befunde 1 und >1 zwischen den verschiedenen Wirbeln erfasst:

1. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen Okziput und den restlichen Wirbeln: Der p- Wert liegt bei 0.4275. Es besteht kein signifikanter Unterschied.
2. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C1 und den restlichen Wirbeln: Der p-Wert liegt bei 0.7222. Es besteht kein signifikanter Unterschied der Anzahl an Befunden 1 bzw. >1 zwischen C1 und den restlichen Wirbeln.

3. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C2 und den restlichen Wirbeln:  
Der p- Wert liegt bei 0.3024. Es besteht kein signifikanter Unterschied.
  
4. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C3 und den restlichen Wirbeln:  
Der p- Wert liegt bei 1. Es besteht kein signifikanter Unterschied.
  
5. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C4 und den restlichen Wirbeln:  
Der p- Wert liegt bei 0.945. Es besteht kein signifikanter Unterschied.
  
6. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C5 und den restlichen Wirbeln:  
Der p- Wert liegt bei 1. Es besteht kein signifikanter Unterschied.
  
7. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C6 und den restlichen Wirbeln:

Der p- Wert liegt bei 0.9239. Es besteht kein signifikanter Unterschied.

8. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 zwischen C7 und den restlichen Wirbeln. Der p- Wert liegt bei 1. Es besteht kein signifikanter Unterschied.

Bei keinem der verschiedenen Lokalisationen besteht ein signifikanter Unterschied in der Anzahl zwischen Befunden 1 (kein Befund) und >1 (deutlicher Befund).

#### **4.4.3 Vergleich von Alter, Wirbel und Befunde**

Es wurde an jedem Wirbel untersucht, ob zwischen Gruppe 1 (3-Jährige) und den anderen beiden Gruppen (4 und 5-Jährige und über 6-Jährige) ein signifikanter Unterschied zwischen Anzahl der Befunde 1 und >1 festzustellen ist:

1. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom Okziput zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie der über 6-Jährigen: Der p- Wert liegt bei 0.06655. Es besteht fast ein signifikanter Unterschied. Bei den 3-jährigen Pferden aus Gruppe 1 treten fast signifikant weniger Befunde > 1 auf als zusammen in Gruppe 2 (4 und 5-Jährige) und Gruppe 3 (> 6-Jährige).
2. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C1 und zwischen 3- Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie der über 6-Jährigen: Der p- Wert liegt bei 1. Es besteht kein signifikanter Unterschied.
3. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C2 und 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie der über 6-Jährigen: Der p- Wert liegt bei 1. Es besteht kein signifikanter Unterschied.

4. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C3 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie der über 6-Jährigen: Der p- Wert liegt bei 1. Es besteht kein signifikanter Unterschied.
  
5. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C4 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie der über 6-Jährigen: Der p- Wert liegt bei 1. Es besteht kein signifikanter Unterschied.
  
6. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C5 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie der über 6-Jährigen: Der p- Wert liegt bei 1. Es besteht kein signifikanter Unterschied.
  
7. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C6 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie der über 6-Jährigen: Der p- Wert liegt bei 0.1625. Es besteht kein signifikanter Unterschied.

8. Vergleich der Anzahl von Befunden =1 und >1 vom C7 und zwischen 3-Jährigen und 4 und 5-Jährigen sowie der über 6-Jährigen: Der p- Wert liegt bei 0.1091. Es besteht kein signifikanter Unterschied.

Die Prüfung der statistischen Signifikanz zwischen den 3 Altersklassen und Prävalenz der Befunde (1 (geringer Befund), > 1(deutlicher Befund)) sowie Lokalisation wurde mittels Pearson's Chi-Quadrat-Test mit Yates Kontinuitätskorrektur durchgeführt. Werte mit  $p > 0,05$  wurden als nicht signifikant und Werte  $p < 0,05$  als signifikant angesehen. Als fast signifikant wurden Werte nahe an  $p = 0,05$  eingestuft.

## 5 DISKUSSION

### 5.1 Diskussion der Methode

Es wurde bei 175 Pferden eine Kaufuntersuchung klinisch als auch röntgenologisch durchgeführt, alle Pferde waren klinisch unauffällig. Pferde, welche bei der klinischen Kaufuntersuchung, die immer anhand desselben Untersuchungsschemas durchgeführt wurde, auffällig waren (Lahmheiten, Ataxien, unnormale Bewegungsabläufe oder Körperhaltung), wurden ausgeschlossen. Ebenso besonders wehrhafte Pferde, bei denen man die Palpation und Beweglichkeit der Halswirbelsäule nicht problemlos überprüfen konnte, um muskuläre Probleme auszuschließen. Eine Arbeit von Lautenschläger (2007) zeigte, dass sich die Röntgenbefunde von Pferden mit Rittigkeitsproblemen signifikant von denen ohne Rittigkeitsprobleme unterscheiden. Jedoch können auch muskuläre Verspannungen zu einer solchen Problematik führen. Es handelte sich überwiegend um Warmblüter oder warmblutähnliche Rassen im Alter zwischen drei bis einschließlich zehn Jahren mit sportlicher und reiterlicher Nutzung, es wurde auf eine größtmögliche Homogenität der Studienteilnehmer geachtet. Das Patientengut wurde

so gewählt, da die Dissertation von Wilsmann (2016) gezeigt hat, dass die Prävalenz von Halswirbelsäulenarthrosen mit steigendem Alter zunimmt. Das Patientengut spiegelt zu weiten Teilen das Patientengut unserer Klinik im Norddeutschen Raum wieder. Bei der vorliegenden Arbeit traten bei 44% (77/175) der Pferde Veränderungen bei der röntgenologischen Untersuchung der Halswirbelsäule auf. 55/175 Pferde (31,4%) hatten geringgradige Veränderungen (=1) und 22/175 Pferde (12,5%) deutliche Befunde (>1). In anderen Studien scheinen Warmblüter im Vergleich zu Vollblütern oder Trabern aus nordamerikanischen Studien im Bezug auf Veränderungen der Halswirbel häufiger betroffen zu sein (Powers et al., 1986; Levine et al., 2010). Die Nutzung und dadurch stärkere Belastung des Halswirbelbereichs als auch das höhere Körpergewicht der Warmblutpferde könnte diesen Unterscheid begründen (Wilsmann, 2016).

Die Röntgenuntersuchung wurde häufig am sedierten Pferd durchgeführt, wobei der Kopf auf einem Styroporwürfel mit 1 m Höhe platziert wurde, um eine möglichst physiologische Kopf-Hals-Haltung herbeizuführen und die dadurch herbeigeführte Veränderung der Zwischenwirbellöcher möglichst wenig zu beeinflussen (Berner, 2013). In der

Dissertation von Berner (2013) wurde festgestellt, dass die Kopf-Hals-Haltung einen Einfluss auf die Größe der Zwischenwirbellöcher hat. Trotz aller Bemühungen war es durch Exzitationen oder Schwanken, zum Teil durch verwendete Sedativa ausgelöst, nicht immer möglich, die Halswirbel orthograd zu treffen und manche Aufnahmen mussten erneut durchgeführt werden. Des Weiteren war es bei Pferden mit kräftig ausgebildeter Hals- und Schultergürtelmuskulatur nicht ganz einfach, auswertbare Aufnahmen des 7. Halswirbels anzufertigen. Butler et al. (2011) stellten fest, dass es aufgrund pathologischer Veränderungen an den Halswirbeln nicht immer möglich ist, diese röntgenologisch orthograd darzustellen. Die Röntgenaufnahmen der Halswirbel jedes Pferdes wurden insgesamt 3 mal befundet, 2 mal davon verblindet um eine möglichst unvoreingenommene Bewertung unabhängig von der klinischen Untersuchung zu erreichen. Auch die Auswertung von Röntgenbildern bei Facettengelenksveränderungen und raumfordernder Wirbelkanalveränderungen sind nicht ganz einfach zu diagnostizieren (Whithers et al., 2009; Butler et al.; 2011). Engel (2010) stellte fest, dass am Präparat vorliegende knöcherne Veränderungen an der

kranialen Halswirbelsäule nicht durch laterale Röntgenaufnahmen sicher dargestellt werden können.

Die Messung der Halswirbel wurde immer drei mal durchgeführt und dann der Mittelwert gebildet, um eventuelle Messungenauigkeiten zu relativieren. Die Richtwerte sind auf Vollblüter ausgelegt und entsprechen daher nicht unserem Patientengut, welches vorwiegend aus Warmblütern besteht. So könnten sich Abweichungen unserer Werte zu den Referenzwerten erklären lassen.

### **5.2 Diskussion der Ergebnisse**

In der vorliegenden Arbeit ließen sich bei 44% der Probanden (77/175) röntgenologisch darstellbare Veränderungen an der Halswirbelsäule erheben. Keines dieser Pferde wies klinische Symptome auf, die klinische Kaufuntersuchung war unauffällig und alle Pferde wurden vorberichtlich reiterlich ohne Einschränkung und Rittigkeitsprobleme genutzt.

### **5.2.1 Abweichungen des intravertebralen Verhältnisses**

Bei den Messungen an der Halswirbelsäule wurde neben dem minimalen sagittalen Durchmesser, dem intervertebralen Verhältnis auch das intravertebrale Verhältnis bestimmt. Hier traten mit 26,2 % (46/175 Pferden) die meisten Abweichungen auf, wobei die Lokalisation am 6. Halswirbel mit 54% (25/46 Pferden mit reduziertem Messwert) und 7. Halswirbel mit 63% (29/46 Pferden mit reduziertem Messwert) am häufigsten betroffen, also das Verhältnis reduziert, war. Es lässt sich jedoch kein Zusammenhang zwischen Abweichungen im intravertebralen Verhältnis und röntgenologisch darstellbaren Veränderungen der Halswirbel erkennen. Einengungen im Wirbelkanal können eine Prädisposition für Halswirbelsäulenproblematiken mit Kompression des Rückenmarks darstellen oder diese begünstigen (Powers et al.,1986; van Biervliet et al., 2006).

### **5.2.2 Veränderungen am Okziput und Atlas**

Es ließen sich im kranialen Halswirbelbereich, am Okziput und Atlas, sehr häufig (41/175)

röntgenologisch darstellbaren Veränderungen erkennen. Diese waren vorrangig als Verschattungen kaudodorsal des Hinterhauptbeins und des ersten Halswirbels sowie als Zubildungen am Okziput festzustellen und können als Mineralisation im Nackenbandbereich gesehen werden. Bei einer Entzündung der Bursa subligamentosa nuchalis cranialis können ebenfalls ähnliche röntgenologische Befunde im Bereich des Schleimbeutels als auch des Nackenstranges vorliegen (Wissdorf et al., 2010). Die Symptome einer Genickbeule (Talpa) wies keines der Pferde auf und die klinische Bedeutung beim Vorliegen von darstellbaren röntgenologischen Veränderungen der Genickregion muss nicht mit einer Erkrankung in diesem Bereich einhergehen. Auch Engel (2010) kam zu dem Ergebnis, dass Zufallsbefunde im kranialen Halsabschnitt nicht selten festzustellen sind. Alle Pferde waren bei der klinischen Untersuchung und auch vorberichtlich hinsichtlich der Rittigkeit nicht auffällig. In der Arbeit von Wilsmann (2016) lagen ähnliche Beobachtungen vor. Nach Wagner & Gerhards (2010) lässt sich jedoch zum Teil nur durch Ultraschall- oder Kernspintomografie eine Bursitis der Bursa subligamentosa nuchalis cranialis erkennen und diagnostisch der Röntgenuntersuchung zur

Abklärung einer Erkrankung vorzuziehen. Die Arbeit von Engel (2010) beschreibt auch das Vorliegen von knöchernen Veränderungen an den Wirbelpräparaten, welche sich in den dazugehörigen lateralen Röntgenaufnahmen nicht darstellen ließen. Ein Grund hierfür können die Knochenüberlagerungen im Atlantookzipitalbereich sein, wodurch sich im lateralen Strahlengang nicht alle Veränderungen, mit Ausnahme großer Veränderungen im Gelenkbereich (Tietje, 1996) ausreichend darstellen und nachvollziehen lassen (Gollob et al., 2002). Die Prävalenz der Befunde an Okziput und Atlas lagen bei 23 %, wovon 10,8 % Verschattungen kaudodorsal des Okziput und Atlas ausmachten. Wilsmann (2016) und Engel (2010) beschreiben mit 8,3% beziehungsweise 9% ähnliche Werte. Bei den 4 und 5 Jährigen sowie über 6 Jahre alten Pferden traten mehr Veränderungen auf als bei den 3 Jährigen. Nach Wagner (2002) besteht kein Zusammenhang zwischen Alter und Veränderungen im Bereich der Bursa subligamentosa nuchalis cranialis, während Engel (2002) bei älteren Pferden häufiger Auftreibungen in diesem Bereich feststellte. Die Ursache solcher Veränderungen in der Genickregion werden nach Dietz (2006) in wiederkehrenden Traumata gesehen, wobei auch die

reiterliche Nutzung eine Rolle spielen kann, denn bei unterschiedlicher Kopf-Hals-Haltung ist die Beanspruchung des Nackenstranges im Bereich vom Hinterhauptsbein bis zum zweiten Halswirbel am größten (Elgersma et al., 2010).

Die selten auftretenden Veränderungen am Atlasflügel und Axiskamm sowie an der Crista ventralis des Axis, im Sinne von Veränderungen der Knochenstruktur, können sich als Enthesiophytenbildung und Irregularitäten der Knochenkontur durch vermehrte Belastung oder Altersveränderung der korrespondierenden Bänder und Muskeln erklären lassen (Engel, 2010; Butler et al., 2008; Mayhew, 2009) und stellen Zufallsbefunde dar, welche keine klinische Relevanz besitzen (Butler et al., 2008). In der Arbeit von Engel (2010) ließen sich diese Veränderungen auch entsprechend dem Röntgenbild im Präparat beobachten.

### **5.2.3 Röntgenologische Veränderungen der Facettengelenke**

Im Bereich der Facettengelenke ließen sich im kaudalen Bereich der Halswirbelsäule (C5 – C7) die meisten Veränderungen feststellen. Dies könnte durch die verstärkten mechanisch-traumatischen

Kräfte im relativ statischen kaudalen Halsbereich begründet sein (Gerber et al., 1989). In allen drei Gruppen traten am sechsten und siebten Halswirbel bei 47 Pferden (26,8%) beziehungsweise 37 Pferden (21,1%) Abweichungen der Röntgenanatomie an den kleinen Wirbelgelenken auf. Dies könnte einerseits durch eine höhere biomechanische Belastung am zervikothorakalen Übergang, des großen Gewichts des Halses samt Kopfes als auch in der großen Beweglichkeit dieses Bereichs liegen. Anatomische Studien von Whitwell und Dyson (1987) zufolge treten bei 50% der klinisch gesunden Pferde arthrotische Facettengelenksveränderungen auf. Auch Mechlenburg (1967) und Pohlenz und Schulz (1966) stellten gleichfalls Veränderungen der Wirbelsäule bei gesunden und an spinaler Ataxie erkrankten Pferden fest. Es ließen sich jedoch häufiger geringgradige Veränderungen (Grad 1), vor allem bei 4 und 5-Jährigen und über 6-Jährigen Pferden erkennen. Auch Wilsmann (2016) stellte „moderate Knochenumbauprozesse im Kaudalen Halswirbelsäulensegment ... bei jüngeren Warmblutpferden“ fest und deutete diese als „normalen“ Zufallsbefund. Mechlenburg (1967) stellte auch häufiger geringgradige Veränderungen fest. Knöcherne Auftreibungen unterhalb der

Gelenkfortsätze der kleinen Wirbelgelenke lassen sich nach Whitwell und Dyson (1987) bei gesunden Pferden und bei solchen mit einer Halswirbelsäulenerkrankung beobachten und sind von periartikulären Knochenzubildungen, welche bei massiver Facettengelenksarthrosen auftreten (Hett, 1999) zum Teil nur schwer zu unterscheiden. Die Anzahl der Befunde  $>1$  war in allen Gruppen ähnlich. In der Arbeit von Engel (2010) sind ähnliche Schlussfolgerungen zu erkennen. Wilsmann (2016) fand heraus, dass die Prävalenz von Spondylarthrosen im kaudalen Halswirbelsäulenbereich äußerst hoch (über 50%) sein kann. Da eine klinische Symptomatik bei keinem der Studienteilnehmer vorlag, ist eine Beurteilung oder Prognose der Entwicklung von Facettengelenksveränderungen schwierig, sollte aber vorsichtig interpretiert werden. Selbst Pferde mit massiven Befunden stellten sich unauffällig dar und gesunde symptomlose Pferde weisen Veränderungen der Facettengelenke auf Röntgenaufnahmen auf (Fürst, 2006); der Zusammenhang zwischen klinische Symptomatik und Veränderungen der Röntgenanatomie ist nicht einfach herzustellen. Durch die vielen zum Teil sich überlagernden Strukturen und Konturen im Halswirbelbereich

(Hertsch und Salam Ragab, 1977) ist eine Beurteilung und klinische Relevanz erschwert und die erhobenen Befunde decken sich nicht immer mit den dazugehörigen Präparaten (Engel, 2010). Es kann davon ausgegangen werden, dass Pferde mit schwereren Veränderungen und gegebenenfalls solche mit relativ engem Wirbelkanal vermehrt eine Ataxie beziehungsweise neurologische Probleme entwickeln können (Engel, 2010; Powers et al., 1986; van Biervliet et al., 2006), aber auch geringere Veränderungen können zu Rittigkeitsbeschwerden und orthopädische als auch neurologische Einschränkungen herbeiführen. Die radiologischen Veränderungen können nur als Hinweis auf eine Veränderungen im Halsbereich dienen und bedingen keine klinische Symptomatik (Wilsmann, 2016). Des Weiteren sollte bei der Beurteilung einer klinischen Problematik im Sinne einer Ataxie, unklare Lahmheit, etc. bei Vorliegen eines Röntgenbefundes an der Halswirbelsäule der Schwerpunkt auf die klinische, neurologische und orthopädische Untersuchung gelegt und gegebenenfalls weitere bildgebende Untersuchungen wie zusätzliche Röntgenaufnahmen in anderer Projektion, Ultraschall, Myelographie oder Kernspintomographie

durchgeführt werden (Birmingham et al., 2010; Martinelli et al., 2010).

### **5.2.4 Altersverteilung**

Zwischen den drei Gruppen gab es vor allem bei den 4 und 5-Jährigen und über 6 Jahre alten Pferden signifikant mehr Befunde als bei den 3 Jahre alten Pferden. Dass ältere Pferde häufiger Veränderungen an der Halswirbelsäule aufweisen, beobachteten auch schon Engel (2010) und Gerber et al. (1989), obwohl Cervical static stenosis (CSS) bereits in jungen Jahren (ein bis vier) und bei Pferden im Alter von fünf bis zehn Jahren (Powers et al., 1986; Wagner et al., 1987) festgestellt werden kann. Die genetische Prädisposition für Facettengelenksarthrosen im Bereich der kaudalen Halswirbelsäule ist nach Fürst (2006) nicht auszuschließen. Bei den 3-Jährigen kam es besonders im Genickbereich zu radiologisch darstellbaren Veränderungen als auch im Bereich des sechsten und siebten Halswirbels, wonach der Beginn der Veränderungen vor der intensiven reiterlichen Belastung startet. In der Arbeit von Gerber et al. (1989) wird angemerkt, dass dieser Beginn schon in jungen Jahren und vor reiterlicher

Belastung beginnen kann und unter Berücksichtigung der noch nicht vollständig ausgewachsenen Halswirbelsäule die Knochenreaktion auf äußerliche Einwirkung (Trauma, Veränderte Kopf – Hals Haltung und Belastung der umliegenden Weichteilstrukturen) des sich noch im Wachstum befindlichen Knochens stärker ausfällt (Hertsch & Salam Ragab, 1976; Carter, 1984). Wilsmann (2016) stellte wie in der vorliegenden Studie fest, dass auch jüngere Pferde schon Veränderungen im kaudalen Halsabschnitt aufweisen, jedoch traten bei den Pferden aus Gruppe 1 im Bereich der geringgradigen Veränderungen deutlich weniger Befunde auf als bei Gruppe 2 und Gruppe 3. Die Prävalenz der hochgradigen Veränderungen war allerdings in allen drei Gruppen ähnlich, wodurch der Aspekt der reiterlichen Belastung relativiert wird.

Eine weitere Studie zur Entwicklung dieser Veränderungen wäre mit Sicherheit interessant, um die Langzeitprognose von Pferden mit Abweichungen von der Normanatomie der Halswirbelsäule besser zu beurteilen.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Röntgenologische Untersuchung der Halswirbelsäule des Pferdes im Rahmen der Kaufuntersuchung.

Jasmin Haupt, Klinik für Pferde der LMU München, 2020

Ziel:

Die vorliegende Arbeit untersucht die Prävalenz von röntgenologisch darstellbaren Veränderungen der Halswirbelsäule des Pferdes bei klinisch gesunden, jungen Warmblutpferden im Rahmen der Kaufuntersuchung. Es wird untersucht, welche Befunde sich an den unterschiedlichen Lokalisationen der Halswirbelsäule bei sportlich genutzten gesunden Pferden darstellen lassen und in welcher Beziehung Alter, Lokalisation und Ausprägung der Veränderungen zueinander stehen. Damit soll die Beurteilung von Normabweichungen der Röntgenanatomie und von Zufallsbefunden beim klinisch unauffälligen Warmblutpferd untersucht werden, da diese Röntgenuntersuchung zunehmend auch bei Kaufuntersuchungen gefordert wird.

### Methode:

Das Probandengut setzt sich aus 175 Warmblutpferden im Alter von 3 bis einschließlich 10 Jahren zusammen, die im Rahmen von Kaufuntersuchungen vorgestellt und vollständig klinisch und röntgenologisch, inklusive sieben in lateraler Projektion gefertigter Halsaufnahmen, untersucht wurden. Die Aufnahmen wurden anhand des Bewertungsschemas von Engel (2010) ausgewertet und in Pferde ohne Veränderungen ( $n = 98$ ) und Pferde mit Befunden im Halswirbelbereich ( $n = 77$ ) unterteilt. Dem Alter entsprechend wurden drei Gruppen gebildet: Gruppe 1 - Pferde im Alter von 3 Jahren, insgesamt 47 Pferde, davon 16 mit Befunden im Halsbereich ( $n = 16$ ); Gruppe 2- 4 und 5 Jahre alte Pferde, insgesamt 63 Pferde, davon 31 Pferden mit radiologischen Veränderungen ( $n = 31$ ) und Gruppe 3 – Pferde im Alter über 6 Jahren (bis maximal 10 Jahren). Zu dieser Gruppe gehören 65 Pferde, wovon 30 Veränderungen der Halswirbelsäule hatten ( $n = 30$ ). Die Ausprägung der radiologisch erfassbaren Veränderungen an den Halswirbeln wurden von 0 (kein Befund), 1 (geringgradiger Befund) bis 4 (höchstgradige Veränderung) in 3 verblindeten Befundungsdurchgängen beurteilt. Auch hier wurden

die Befunde in 2 Gruppen unterteilt: geringgradige Befunde ( $=1$ ) und deutliche Befunde ( $>1$ ). Mittels Chi-Quadrat Test wurde die Korrelation der Befunde in den Altersgruppen zwischen den verschiedenen Lokalisationen und die Schweregrade der Veränderungen ( $=1$ ;  $>1$ ) untersucht

Ergebnisse:

Im Bereich des Hinterhauptbeins und des ersten Halswirbels (C1) wurden bei 23,5% (41/175) der Pferde Veränderungen festgestellt, welche sich vorwiegend als Zubildungen am Okziput und als wolkige Verschattungen dorsal der genannten Strukturen abbilden lassen. In den drei Gruppen hatten die 3-Jährigen signifikant weniger Befunde ( $p = 0,075$  bzw.  $p = 0.025$ ) als die 4 und 5-Jährigen sowie die Gruppe der über 6-Jährigen Pferde. Im mittleren Halsbereich zwischen dem 2. bis 5. Halswirbel lag die Prävalenz der Veränderungen im Sinne von Spondylarthrosen bei C2 bei 2,28% (4/175), bei C3 bei 1,14% (2/175) und bei C4 bei 5,14% (9/175). Am 5. Halswirbel ließen sich bei 13,14 % (23/175) der Pferde radiologische Abweichungen feststellen. Die Altersverteilung war

in allen drei Altersgruppen ähnlich, die Geschlechterverteilung wie folgt: unter den 77 Pferden mit Veränderungen der Halswirbel waren 22 Stuten und 55 männliche Pferde (53 Wallache, 2 Hengste). Männliche Tiere waren häufiger betroffen. Im kaudalen Halsbereich traten die meisten Veränderungen auf, auch die Ausprägung war hier am höchsten im Vergleich zu den anderen Lokalisationen. Im Bereich des 6. Halswirbels stellten sich mit 26,85% (47/175) die meisten Veränderungen an den Facettengelenken dar. Die Pferde der Gruppe 2 und Gruppe 3 waren häufiger betroffen als jene aus Gruppe 1, woraus sich schlussfolgern lässt, dass das Lebensalter der Pferde ein Faktor für das Vorkommen von Veränderungen im kaudalen Halswirbelbereich eine Rolle zu spielen scheint, was sich allerdings statistisch nicht signifikant darstellte. Am 7. Halswirbel lag die Prävalenz der Spondylarthrosen bei 21,14% (37/175).

Schlussfolgerung:

Die Studie beschreibt die Prävalenz von Röntgenbefunden der Halswirbelsäule bei klinisch gesunden jungen Warmblutpferden und das

Auftreten von Zufallsbefunden bei zu Kaufuntersuchungen vorgestellten Pferden. Hinsichtlich des Probandengutes unterscheidet sich diese Studie von anderen Arbeiten, bestätigt und spezifiziert aber die Ergebnisse von bereits vorliegenden Studien. Mit einer Häufigkeit von 44% (77/175) lassen sich bei jungen gesunden Sportpferden radiologisch Abweichungen von der Normalanatomie feststellen. Die häufigsten Veränderungen lassen sich an Okziput und Atlas als röntgendichte Zubildungen am Hinterhauptsbein und dorsal gelegene Verschattungen sowie im Bereich des 6. und 7. Halswirbels im Sinne von Spondylarthrosen darstellen, wobei Pferde ab 6 Jahren signifikant häufiger Befunde aufweisen als 3-Jährige. Auch 3 Jahre alte Pferde haben in diesen Bereichen radiologische Veränderungen der Halswirbel, wobei die Ausprägung mittel – und hochgradiger Spondylarthrosen geringer ist als bei den 4 und 5-Jährigen sowie älter als 6 Jahre alten Pferden. Die in der Arbeit ermittelten Daten können in Bezug auf die Anfertigung und Beurteilung von Röntgenbildern der Halswirbelsäule eine Hilfestellung bieten. Geringgradige Veränderungen in der Genickregion und im kaudalen Halsbereich

beim klinisch unauffälligen jungen Warmblüter sind keine unüblichen Zufallsbefunde.

## 7 SUMMARY

Radiological examination of the equine cervical spine in pre-purchase examination.

Jasmin Haupt, Equine clinic, LMU Munich 2020

Objective:

The radiological findings of the equine cervical vertebral column in young and clinical sound sport horses in pre-purchase examination (PPE) is observed in this study. The prevalence of the occurrence of radiological findings, abnormalities and the correlation between severity, different locations in the vertebrae column and age is researched. The role of radiographic examination of the cervical spine, even in PPE, is grown more and more in the last two decades. The interpretation of lateral x – rays of the equine cervical spine and its abnormalities is difficult due to the complex anatomical structures and the relevance of findings in young sport horses is not yet determined.

Method:

During PPE performed lateral cervical radiographs of 175 sport horses in the age of three to 10 years

were evaluated (rating by Engel, 2010) to the presence of findings e.g. degenerative joint disease on the cervical vertebrae and documented. In addition a measurement of the set of each horse on the cervical vertebrae was performed (intervertebral diameter, intravertenral diameter and minimal sagittal diameter) to observe. Due to the age of the participants three groups were built: group 1: 3 years old (n = 47; 16 with findings); group 2: 4 and 5 years old (n= 63; 31 with findings) and group 3: older than 6 (up to 10 years) (n= 65; 30 with findings). The severity of pathological abnormalities was classified in 4 stages: 0 = no findings, 1 = mild changes of the normal anatomy, up to 4 = severe findings and the participants with radiological findings were split in two groups: 1 = mild findings and >1= more severe findings. The impact of location, age and severity was evaluated by Chi – Square test.

#### Results:

In the cranial neck (occiput, atlas) 23,5% (41/175) horses showed anatomical untypically findings e.g. bone proliferation on the occiput and mineralisation dorsal in the surrounding soft-tissue of occiput and atlas. The significance of radiological findings was

significant lower in the neck area and caudal cervical spine of horses of the first group than in group two (4 & 5 years old) and group three (older than 6 years). The prevalence of findings on the articular process joints (APJ) on the caudal part of the cervical column was 13,14 % (23/175) on C5, on C6 26,85% (47/175) and on C7 21,14% (37/175). The caudal APJ (C6 and C7) had more often radiological abnormalities and an association between age (older than 3 years) and existence of radiological abnormalities in this part can be expected. An impact of age and more severe modelling of findings of APJ was not shown, even 3 years old horses had moderate changes in bone architecture. Interestingly male horses (55/175) had more findings than female (22/175).

**Conclusion:**

The results of this study describe the prevalence of radiological abnormalities in bone architecture of the equine vertebrae column in sound young warmbloods in the age from 3 years up to 10 years. Forty-four % (77/175) horses had radiological findings on the cervical spine. The highest prevalence was developed in the region of occiput and atlas

(23,5%) as well as in the caudal cervical spine (C6: 26,85% and C7: 21,14%). With increasing age the prevalence of abnormalities was higher on the neck and caudal APJ region than in 3 years old horses. Even the severity of moderate and severe findings on APJ in the caudal cervical spine is higher with increasing age, therefore the correlation between the existence of APJ and increasing age can be expected, but mild and moderate abnormalities in the APJ can also be developed in young horses. The results of this work confirmed available data of other studies and could help to evaluate the relevance of abnormal radiological findings of the equine cervical spine in young unremarkable sound warmblood horses.

## 8 LITERATURVERZEICHNIS

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

Adolphsen J. Das neue Pferdekaufrecht. Pferdeheilkunde 2002; 18: 2 294-297

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.

Althaus J, Ries H.P., Schneider K.H., Großbölting R. Praxishandbuch Tierarztrecht. Schlütsche Verlag. Hannover 2006.

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

Beech J (1976) Cervical Cord Compression and Wobbles in Horses. Proceedings of the annual

convention of the American Association of Equine Practitioners.

Bell, S., Detweiler, D. und Benak, J. et al., 2007:  
What Is Your Diagnosis? OAAM. JVMA, 231(7),  
1033 – 1034

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.

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.

Deike U. Die Entwicklung der röntgenologischen Untersuchung bei der Ankaufsuntersuchung des Pferdes. Eine Literaturstudie. Dissertation 2011. München

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

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

Farrow, C.S., 1981. Exercise in diagnostic radiology.  
Can.Vet.J., 22(11), 359 - 360

Feige,K., 2005. Die klinische Untersuchung des  
neurologischen Patienten. Tagungsband der 14.  
Tagung über Pferdekrankheiten, Essen. 19-20

Fellmer E, Rahn A, Brückner S. Pferdekauf heute.  
FN Verlag Warendorf 2003

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.

Gerhards, H. et al., 2007. Röntgenleitfaden (RöLF07). Leitfaden für die röntgenologische Beurteilung bei der Kaufuntersuchung des Pferdes – überarbeitete Fassung.

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

Gollob, E., Edinger, H. und Stanek, C. et al., 2002. Ultrasonographic investigation of the atlanto-occipital articulation in the horse. Equine Vet. J., 34(1), 44-50

Guffy M.M., Coffman J.R., Straffuss A.C., Atlantoaxial luxation in a foal. J Am Vet Med Assoc. 1969; 155: 754-7.

Hahn C., Mayhew I. und Mackay, R., 1999: Examination of the Nervous System. In: P. T. Colahan, A. M. Merritt, J. N. Moore und I. Mayhew, (Hg):. Equine medicine and surgery. 5th edition. St. Louis: Mosby, Inc., 865–886

Hahn, C.N., Handel, I., Green, S.L., Bronsvoot, M.B., Mayhew, I.G. 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:

Hestvik G., Ekman S. und Lindberg R. Onchocercosis of an intervertebral joint capsule causing vertebral stenotic myelopathy in a horse. *J Vet Diagn Invest*, 2006. 18(3), 307–310

Hett AR, Busato A, Ueltschi G. Radiologische Messungen an der arthrotisch veränderten

Halswirbelsäule des Pferdes – eine retrospektive, statistische Studie. *Pferdeheilkunde* 2006; 22: 241-9.

Hudson N. P. H. und Mayhew I. Radiographic and myelographic assessment of the equine cervical vertebral column and spinal cord. *Equine vet. educ.*, 2005. 17(1), 43–48

Huskamp B. und Becker M. Diagnose und Prognose der röntgenologischen Veränderungen an den Strahlbeinen der Vordergliedmaßen der Pferde unter Berücksichtigung der Ankaufsuntersuchung. Ein Versuch der Schematisierung. *Prakt. TA* 1980, 61, 10, 858-863

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.

Landmann MA, de Blauhus JA, van Weeren IR,  
Hoflad CJ. Field Study of the Prevalence of lameness  
in horses with back problems. Vet rec 2004; 155:  
165-168

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.

Mackay, R. Diagnostic Procedures. *In*: J. A. Auer und J. A. Stick, (Hg):. *Equine Surgery*. 3rd edition 2006. St. Louis: SAUNDERS, 642–659

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.

Mechlenburg G. Untersuchungen der Halswirbelsäule und des Rückenmarkes beim Pferd im Hinblick auf Veränderungen bei der Spinalen Ataxie. Dissertation, 1976. Hannover

Milne D., Gabel A. und Chrisman C. et al. Diagnosis and pathology of the wobbler syndrome (spondylolisthesis): A preliminary study. Proceedings of the ... annual convention American Association of Equine Practitioners, 1973. 19, 303–309

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.

Neuhaus L. Ursachen für Schadensersatzansprüche gegenüber Tierärzten nach Kaufuntersuchungen beim Pferd – Eine Untersuchung von 189 Schadensfällen aus den Jahren 1978-2005. *Diss. med. vet.*, Berlin 2007

Newton – Clarke M. J., Guffoy M. R. G. und Dykes N. L. et al. Ataxia due to a vertebral haemangiosarcoma in a horse. *Vet. Rec.* 1994, 135, 182–184

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.

Nout Y. S. und Reed S. Cervical vertebral stenotic myelopathy. *Equine vet. educ.* 2003, 15(4), 212–223

Nowak M., Schüttert B. und Tietje S. Krankheiten des Schädels, der Wirbelsäule und des Beckens. In:

O. Dietz und B. Huskamp, (Hg):. Handbuch  
Pferdepraxis. 3. Auflage 2006. Stuttgart: Enke, 802–  
833

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

Palmer A. C. und Hickman J. Ataxia in a Horse due  
to an Angioma of the Spinal Cord. Vet. Rec., 1960.  
72(31), 611–613

Papageorges M, Gavin PR, Sande RD, Barbee DD,  
Grant BD. Radiographic and Myelographic  
Examination 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.

Plewa D. Vertrag über die Untersuchung eines Pferdes - Ein Beitrag zur Standardisierung der Ankaufsuntersuchung beim Pferd – Teil 1: Juristische Anmerkungen  
Pferdeheilkd., 1987. 3, 6, 297-302

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 Association of Equine Practitioners*

Reed S., Bayly W. M. und Traub J. L. et al. Ataxia and Paresis in Horses - Part I. Differential Diagnosis. *The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian* 1981, 3(3), 88–99

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.

Rijkenhuizen A. Klinisch-orthopädischer Untersuchungsgang Pferdeheilkd. 2002. 18, 3, 231-240

Robertson J. T. und Samii, V. F. Traumatic Disorders of the Spinal Column. *In: J. A. Auer und J. A. Stick, (Hg):. Equine Surgery. 3rd edition. 2006 St. Louis: SAUNDERS, 677–684*

Rosenstein D. S., Schott H. C. und Stickle R. L. Imaging Diagnosis - Occipitoatlantoaxial

Malformation in a miniature horse foal. *Vet Radiol Ultrasound*, 2000. 41(3), 218–219

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.

Silbersiepe, Berge und Müller. *Lehrbuch der speziellen Chirurgie für Tierärzte und Studierende*. 16. Auflage, 1986. Stuttgart: Enke

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.

Sommer M. *Der Pferdekauf*. Dissertation jur. 2000, Münster

Sonneborn T. *Aktueller Leitfaden zum Pferdekauf nach der Schuldrechtsmodernisierung*, unbekannt

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. *Medizinische Reitlehre. Trainingsbedingte Probleme verstehen, vermeiden, beheben*. Parey, Stuttgart 2006.

Stölze H. Viehkauf. De Gruyter Verlag, Berlin 1935.

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

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

Tietje S. Diagnostik und Befunde am Atlantooccipitalgelenk des Pferdes. Proceedings der 14. Arbeitstagung der DVG Fachgruppe Pferdekrankheiten, 1996. 279– 288

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. Untersuchungen zur topographischen Anatomie der Bursa subligamentosa nuchalis cranialis und caudalis des Pferdes mittels verschiedener moderner bildgebender Verfahren wie der ultrasonographischen Panoramabilddarstellung und der Kernspintomographie. München, LMU, Veterinärmed. Fak., Dissertation 2002

Wagner W-D, Gerhards H. Diagnostik bei Erkrankungen des cranialen Halsbereiches mit Hilfe verschiedener moderner bildgebender 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.

Watson A. G. und Mayhew I. Familial Congenital Occipitoatlantoaxial Malformation (OAAM) in the Arabian Horse. *Spine*, 1986.11(4), 334–339

Wilsmann F. Statistische Erhebung zur Prävalenz röntgenologisch erfassbarer Befunde an der Halswirbelsäule des Pferdes. München 2016.

Wilson W. D., Hughes S. J. und Ghoshal N. G. et al. Occipitoatlantoaxial malformation in two non-Arabian horses. *JAVMA* 1985, 187(1), 36– 40

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.

## 9 TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tabelle 1:</b> Technische Daten Sound Eklin.....	62
<b>Tabelle 2:</b> Technische Daten Gierth TR 90/ 30.....	62
<b>Tabelle 3:</b> Belichtungswerte Gierth TR30/90 .....	65
<b>Tabelle 4:</b> Beschreibung der Befunde an der Halswirbelsäule.....	74
<b>Tabelle 5:</b> Einteilung der Facettengelenksarthrosen bzw. - veränderungen nach Engel (2010).....	76
<b>Tabelle 6:</b> Zusammenfassung der ermittelten mittleren Messwerte des MSD (minimaler sagittaler Durchmesser), des cMSD (korrigierter minimaler sagittaler Durchmesser), intravertebralen Verhältnis nach Maybew et al. (1978); Maybew and Green (2000).....	78
<b>Tabelle 7:</b> Einteilung der Probanden in Altersklassen ....	79
<b>Tabelle 8:</b> Lokalisation und Anzahl der Befunde in den 3 Gruppen, n = 77 Pferde, mehrere Befunde möglich.....	87
<b>Tabelle 9:</b> Lokalisation und Anzahl der Befunde = 1 ...	88
<b>Tabelle 10:</b> Lokalisation und Anzahl der Befunde > 1..	88
<b>Tabelle 11:</b> Geschlechterverteilung der Probanden .....	89

<b>Tabelle 12:</b> <i>Geschlechterverteilung der Pferde mit Halswirbelveränderungen.....</i>	89
<b>Tabelle 13:</b> <i>Röntgenologische Befunde am Okziput; Einteilung in 3 Altersklassen .....</i>	92
<b>Tabelle 14:</b> <i>Röntgenologische Befunde am ersten Halswirbel (C1) in den drei Altersgruppen .....</i>	97
<b>Tabelle 15:</b> <i>Befunde am 2. Halswirbel in den drei Altersgruppen .....</i>	100
<b>Tabelle 16:</b> <i>Befunde am 3. Halswirbel in den drei Altersgruppen .....</i>	105
<b>Tabelle 17:</b> <i>Befunde am 4. Halswirbel in den drei Altersgruppen .....</i>	109
<b>Tabelle 18:</b> <i>Befunde am 5. Halswirbel in den drei Altersgruppen .....</i>	114
<b>Tabelle 19:</b> <i>Befunde am 6. Halswirbel in den drei Altersgruppen .....</i>	120
<b>Tabelle 20:</b> <i>Befunde am 7. Halswirbel in den drei Altersgruppen .....</i>	123
<b>Tabelle 21:</b> <i>Häufigkeit eines reduziertem intravertebralen Verhältnis bei insgesamt 175 Pferden aufgeteilt in drei Altersgruppen. * Pferde mit Veränderungen an mehreren Lokalisationen .....</i>	126
<b>Tabelle 22:</b> <i>Prävalenz von Befunden =1 .....</i>	127

**Tabelle 23:** Prävalenz von Befunden  $>1$  ..... 127

**Tabelle 24:** Pferde mit röntgenologischen Befunden der  
Halswirbelsäule (M = Mit Befund)..... 197

**Tabelle 25:** Verteilung der Befunde in den Gruppen ..... 210

**Tabelle 26:** Geschlechterverteilung an den verschiedenen  
Lokalisationen..... 214

## 10 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

### S

- Abbildung 1:** Engel (2011): Schemazeichnung eines Röntgenbildes des 3. und 4. Halswirbels in latero-lateraler Projektion. Blau: intervertebrales Verhältnis, es wird das Verhältnis gebildet von der kürzesten Strecke des kraniodorsalen Anteils eines Wirbels zum Kaudalende des vorbergehenden Wirbelbogens und des MSD (grün). Grün: minimaler sagittaler Durchmesser (MSD), geringste Höhe des Wirbelkanals jedes Wirbels. Rot: intravertebrales Verhältnis, gebildet aus dem Verhältnis zwischen dem maximalem sagittalem Durchmesser des Wirbelkörpers zum MSD. .... 56
- Abbildung 2:** Okziput und erster Halswirbel (C1), Pferd Nr. 130 ..... 68
- Abbildung 3:** Axis (C2) und 3. Halswirbel (C3), Pferd Nr. 130 ..... 69
- Abbildung 4:** Dritter Halswirbel (C3) und vierter Halswirbel (C4), Pferd Nr. 130..... 70
- Abbildung 5:** 4. (C4), 5. (C5) und 6. Halswirbel (C6), Pferd Nr. 130 ..... 71

**Abbildung 6:** 6. (C6), 7. Halswirbel (C7) und 1.  
 Brustwirbel (Th1); Pferd Nr. 130 ..... 72

**Abbildung 7:** Spitzzackige Konturunregelmäßigkeit  
 (0.1) bei einem 6-jährigem Wallach (Pferd Nr.  
 23) ..... 93

**Abbildung 8:** Zapfenförmige Zubildung am  
 Hinterhauptsbein (0.2) bei einem 3-jährigem  
 Wallach (Pferd Nr. 126)..... 94

**Abbildung 9:** Wolkige Verschattung caudodorsal des  
 Okziputs (0.3) bei einem 3-jährigen Hengst (Pferd  
 Nr. 24) ..... 94

**Abbildung 10:** Isolierte Verschattung dorsocaudal des  
 Okziputs im Weichteilgewebe (roter Pfeil) (0.4) bei  
 einer 10-jährigen Stute (Pferd Nr. 30) ..... 95

**Abbildung 11:** Articulatio atlantooccipitalis unregelmäßig  
 (roter Pfeil) (0.5) bei einem 6-jährigem Wallach  
 (Pferd Nr. 42) ..... 96

**Abbildung 12:** Verschattung dorsal des ersten Halswirbels  
 im Weichteilgewebe (1.1) bei einem 10-jährigen  
 Wallach (Pferd Nr. 161)..... 98

**Abbildung 13:** Aufräuhung der Knochenkontur cranial am  
 Tuberculum dorsale (1.2) bei einer 4-jährigen Stute  
 (Pferd Nr. 51) ..... 99

- Abbildung 14:** *Einziehung am kranialen Rand des Axiskamms (2.1) bei einem 4-jährigem Wallach (Pferd Nr. 57)..... 101*
- Abbildung 15:** *Missbildung des zweiten Halswirbels (2.2) mit hochgradiger Arthrose und fehlender Ossifikation der Wachstumsfuge zwischen Dens und Wirbelkörper sowie fehlendem kaudalem Facettengelenk bei einem 3-jährigem Wallach (Pferd Nr.19) ..... 102*
- Abbildung 16:** *Achsenabweichung (3.1) bei einem 3-jährigen Wallach (Pferd Nr. 129)..... 104*
- Abbildung 17:** *Aufrabung ventral am Facettengelenk (4.5) bei einer 4-jährigen Stute (Pferd Nr. 50)..108*
- Abbildung 18:** *Facettengelenk vergrößert (4.8), Zubildung ventral (4.6) bei einem 4-jährigem Wallach (Pferd Nr. 68)..... 108*
- Abbildung 19:** *Facettengelenk Kontur unregelmäßig (4.7) bei einer 8-jährigen Stute (Pferd Nr.107)..109*
- Abbildung 20:** *Konturunregelmäßigkeit der kaudalen Facette (5.3) und isolierte Verschattung (5.4) bei einer 6-jährigen Stute (Pferd Nr. 111)..... 112*
- Abbildung 21:** *Vergrößerung Facettengelenk (5.8), Verschattung dorsal (5.10), inhomogene*

<i>Strahlendichte (5.11) bei einem 10-jährigem Wallach (Pferd Nr. 161).....</i>	<i>114</i>
<b>Abbildung 22:</b> <i>Zubildung ventral am Facettengelenk (5.6), Facettengelenk vergrößert (5.8) und massive Verschattung dorsal (5.10) bei einem 3-jährigem Wallach (Pferd Nr.12).....</i>	<i>116</i>
<b>Abbildung 23:</b> <i>Zubildung ventral am Facettengelenk (6.6), Facettengelenk vergrößert (6.8); inhomogene Strahlendichte (6.11) bei einem 4-jährigem Wallach (Pferd Nr. 26).....</i>	<i>118</i>
<b>Abbildung 24:</b> <i>Unregelmäßige Kontur des Facettengelenks (6.7), Facettengelenk vergrößert (6.8), inhomogene Strahlendichte (6.11) bei einem 3-jährigem Hengst (Pferd Nr. 24).....</i>	<i>119</i>
<b>Abbildung 25:</b> <i>Facettengelenk vergrößert (6.8), Sklerosierung (6.12); Fraktur bei einem 6-jährigem Wallach (Pferd Nr. 96).....</i>	<i>120</i>
<b>Abbildung 26:</b> <i>Facettengelenk vergrößert (7.8) bei einem 6-jährigem Wallach (Pferd Nr. 8).....</i>	<i>123</i>
<b>Abbildung 27:</b> <i>Prävalenz von Befunden pro Altersgruppe .....</i>	<i>128</i>

## 11 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

<b>C</b>	<i>Halswirbel (C1 = 1. Halswirbel, usw.)</i>
<b>CSS</b>	<i>Cervical static stenosis (statische Stenose des Zervikalkanals)</i>
<b>CVI</b>	<i>Cervical vertebral instability (Instabilität der Halswirbelsäule)</i>
<b>CVSM</b>	<i>Cervical vertebral stenotic myelopathy (Zervikalstenotische Myelopathie)</i>
<b>Fa.</b>	<i>Firma</i>
<b>kV</b>	<i>Kilovolt</i>
<b>mA</b>	<i>Milliampere</i>
<b>mAs</b>	<i>Milliampere-Sekunden-Produkt</i>
<b>mg/kg</b>	<i>Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht</i>
<b>MSD</b>	<i>minimaler sagittaler Durchmesser</i>
<b>cMSD</b>	<i>korrigierter minimaler sagittaler Durchmesser</i>
<b>IVF</b>	<i>intervertebral Foramen</i>
<b>OAAM</b>	<i>Occipitoatlantoaxiale Malformation</i>
<b>OCD</b>	<i>Osteochondrosis dissecans</i>

<b><i>Proc.</i></b>	<i>Processus (Singular)</i>
<b><i>Procc.</i></b>	<i>Processus (Plural)</i>
<b><i>sp.</i></b>	<i>species (Singular)</i>
<b><i>spp.</i></b>	<i>species (Plural)</i>
<b><i>Art.</i></b>	<i>Articulatio</i>
<b><i>APJ</i></b>	<i>Articular process joint</i>

## 12 ANHANG

*Tabelle 24: Pferde mit röntgenologischen Befunden der Halswirbelsäule (M = Mit Befund)*

Nr.	Pferde Nr.	Alter	Geschlecht	Röntgenklasse	Gradeinteilung HWS	Lokalisation HWS	Befundschlüssel
M 1	8	6	Wallach	I	1	C6 / C7	6.8 6.11 7.7 7.8
M 2	10	9	Wallach	II-III	1	C 6/ C7	6.8 6.10 7.8
M 3	12	3	Wallach	II-III	2	C 5/ C 6	5.6 5.7 5.8 5.10 6.7 6.8 6.11
M 4	19	3	Wallach	II - III	4	C 2 / C 3	2.1 2.2

12 ANHANG

							3.1 3.8 3.10
M 5	23	6	Wallac h	III	2	Okziput C 6 / C7	0.1 6.8 6.12 7.8
M 6	24	3	Hengst	II - III	2	Okziput C6/ C7	0.2 0.3 6.7 6.8 6.11 7.7 7.8
M 7	26	4	Wallac h	II	1	C 6/ C7	6.6 6.8 6.11 7.7 7.8
M 8	29	9	Wallac h	II - III	1	C 6/C7	6.7 6.8 6.11 7.8

12 ANHANG

M 9	30	9	Stute	II - III	1	Okziput	0.1 0.4
M 10	31	7	Wallac h	III - IV	1	C5/C6	5.7 5.8 5.11 6.8 6.11
M 11	32	10	Wallac h	III - IV	2	C6/ C7	6.7 6.8 6.10 7.7 7.8
M 12	34	5	Wallac h	II	1	Okziput	0.1 0.3 1.2
M 13	37	9	Wallac h	III	1	C6/ C 7	6.6 6.8 7.7 7.8
M 14	39	8	Stute	IV	1	C6/ C7	6.8 6.9 7.8

12 ANHANG

M 15	41	7	Wallac h	II - III	2	Okziput C6/ C7	0.1 6.7 6.8 6.9 7.8
M 16	42	6	Wallac h	III	1	Okziput	0.1 0.5
M 17	44	4	Wallac h	III	1	C5 /C6	5.8 6.8
M 18	45	3	Wallac h	II-III	2	Okziput	0.1 0.3
M 19	46	7	Wallac h	II-III	1	C5/ C6 C6/ C7	5.6 5.8 6.6 6.8 7.8
M 20	50	4	Stute	II-III	1	C4/ C5 C5/ C6	4.5 4.8 5.8 6.8 6.11

12 ANHANG

M 21	51	4	Stute	II-III	2	Okziput C6/C7	0.1 0.4 1.2 6.8 7.8
M 22	52	4	Stute	II	1	C7	7.6
M 23	54	4	Stute	II-III	1	Okziput C6/ C7	0.1 6.7 6.8 7.8
M 24	57	4	Wallac h	II	2	C2, C4/ C5/ C6 C6	2.1 4.1 4.5 4.7 5.1 6.1 6.10
M 25	59	4	Wallac h	II	1	Okziput	0.1
M 26	60	4	Wallac h	II	1	C 2	2.1

12 ANHANG

M 27	62	4	Wallac h	II	2	C5/ C6  C6/ C7	5.7 5.8 6.7 6.8 6.11 7.8
M 28	63	7	Stute	II-III	1	Okziput  C 7	0.1 7.7 7.8
M 29	68	4	Wallac h	III	2	Okziput  C4  C5/ C6  C6/ C7	0.1 4.6 4.8 5.5 5.7 5.8 5.11 6.6 6.8 6.11 7.7
M 30	69	4	Stute	III- IV	1	Okziput	0.1

12 ANHANG

M 31	70	9	Stute	III	2	C4/ C5 C5/ C6 C6/ C7	4.5 4.7 4.12 5.7 5.8 5.11 6.7 6.8 7.7 7.8
M 32	71	3	Wallac h	III- IV	1	Okziput C6/ C7	0.2 6.7 6.8 7.8
M 33	75	4	Stute	II-III	1	C5/ C6 C6/C7	5.8 6.6 6.8 7.7 7.8
M 34	77	4	Wallac h	III- IV	1	Okziput	0.2

## 12 ANHANG

M 35	78	4	Wallac h	II-III	1	C5/C6	5.8 6.5 6.8
M 36	80	4	Wallac h	II-III	1	Okziput	0.2
M 37	81	4	Wallac h	II-III	1	Okziput	0.2
M 38	82	4	Wallac h	II-III	1	C6/C7	6.8 7.7 7.8
M 39	84	7	Wallac h	IV	1	C6/C7	6.5 6.8 6.11 7.7 7.8
M 40	88	7	Stute	II-III	4	C5	5.3 5.4
M 41	95	9	Hengst	II-III	1	Okziput	0.1 0.4
M 42	96	5	Wallac h	II-III	4	C6	6.5 6.8

12 ANHANG

							6.12
M 43	99	5	Wallac h	II-III	1	Okziput	0.1 0.4
M 44	100	5	Wallac h	II-III	1	Okziput	0.2 0.3
M 45	107	8	Stute	III	1	C4/ C5	4.7 5.7 5.8
M 46	110	10	Stute	III	1	Okziput	0.1
M 47	111	6	Stute	II-III	4	C5/ C6	5.4 5.5
M 48	114	8	Stute	II-III	1	C5/ C6	5.7 5.8 6.5 6.8 6.11
M 49	115	3	Hengst	II-III	2	C6/ C7	6.6 6.7 6.8 7.7

12 ANHANG

							7.8
M 50	117	4	Wallac h	II	1	Okziput	0.2 0.3
M 51	118	7	Wallac h	III	1	Okziput	0.3
M 52	120	4	Stute	II-III	2	Okziput C6/C7	0.2 6.2 7.7 7.8
M 53	125	3	Wallac h	II	2	Okziput C5/ C6 C6/C7	0.2 5.8 6.7 6.8 6.11 7.8
M 54	126	3	Wallac h	III	1	Okziput	0.2
M 55	128	3	Wallac h	II	1	C5/C6	5.8 6.7 6.8
M 56	129	3	Wallac h	II	2	C2/C3 C6/C7	3.1 3.8 3.10

12 ANHANG

							6.8
							7.8
M 57	131	10	Stute	III	1	C5/C6	5.7
							5.8
						C6/C7	6.8
							7.8
M 58	134	3	Wallac h	II-III	1	C4/C5	4.6
						C5/C6	5.8
							6.7
							6.8
M 59	136	3	Wallac h	II	1	C7	7.7
							7.8
M 60	138	3	Wallac h	IV	2	Okziput	0.2
						C7	7.8
M 61	139	3	Wallac h	II	1	C7	7.7
M 62	145	3	Wallac h	II	1	Okziput	0.2
M 63	148	9	Wallac h	II	1	Okziput	0.2
						C6/C7	6.8
							7.7
							7.8
M 64	149	4	Wallac h	IV	1	Okziput	0.2

12 ANHANG

M 65	151	6	Stute	II-III	2	C6/C7	6.8 7.7 7.8
M 66	155	3	Wallac h	II	1	Okziput	0.4
M 67	157	5	Stute	III	1	C7	7.7 7.8
M 68	159	4	Stute	II	1	C7	7.7 7.8
M 69	161	10	Wallac h	III	3	Okziput C1/C2 C5/C6 C6/C7	0.2 1.1 1.2 5.7 5.8 5.10 5.11 6.8 6.9 7.7 7.8
M 70	162	6	Stute	III	1	Okziput	0.2
M 71	163	5	Stute	II	1	Okziput C7	0.2 7.7

12 ANHANG

							7.8
M 72	164	6	Wallac h	III	1	C5/C6	5.5 5.8 6.8 6.11
M 73	169	6	Wallac h	III	1	Okziput /C1	0.4
M 74	170	10	Wallac h	II	1	C5/C6 C6/C7	5.9 6.5 6.11 7.7 7.8
M 75	171	10	Stute	III	1	C6/C7	6.11 7.7 7.8
M 76	172	9	Wallac h	II	1	Okziput C5 C5/C6	0.2 5.9 5.11 6.11
M 77	175	8	Stute	III	1	C5/C6 C6/C7	5.8 6.11 7.6 7.7 7.8

Tabelle 25: Verteilung der Befunde in den Gruppen

Kü rze l/ Alt er	3			4 und 5			>6			Gesamt		
	1	>1	gesamt	1	>1	gesamt	1	>1	gesamt	1	>1	gesamt
0.1		1	1	5	2	7	5	1	6	1	4	1
0.2	3	3	6	7	1	8	4	2	6	1	6	2
0.3	1	1	2	3	1	4	1		1	5	2	7
0.4		1	1	2		2	3	1	4	5	2	7
0.5							1		1	1		1
1.1					1	1	1	1	2	1	2	3
1.2				1		1		1	1	1	1	2
2.1		1	1	1	1	2				1	2	3
2.2		1	1								1	1
3.1		1	1								1	1
3.2												
3.3												
3.4												

12 ANHANG

3.5													
3.6													
3.7													
3.8		1	1								1	1	
3.9							1		1	1		1	
3.1 0		1	1								1	1	
3.1 1													
3.1 2													
4.1					1	1						1	1
4.2													
4.3													
4.4													
4.5				1		1		1	1	1	1	1	2
4.6	1	1	2		1	1				1	2	3	
4.7					1	1	2		2	2	1	3	
4.8					1	1						1	1
4.9													
4.1 0													

12 ANHANG

4.1 1													
4.1 2							1		1	1		1	
5.1					1	1						1	1
5.2													
5.3								1	1			1	1
5.4								2	2			2	2
5.5				1		1	2		2	3			3
5.6		1	1				1		1	1	1	1	2
5.7	1		1	1	1	2	3	2	5	5	3		8
5.8	2	1	3	5	1	6	7		7	1	2	1	6
										4			
5.9							1		1	1			1
5.1 0		1	1									1	1
5.1 1				1		1	2	1	3	3	1		4
5.1 2		1	1									1	1
6.1					1	1						1	1
6.2					1	1						1	1
6.3													

12 ANHANG

6.4												
6.5				1	1	2	3		3	4	1	5
6.6		1	1	2		2		2	2	2	3	5
6.7	3	4	7	3		3	4	1	5	1	5	1
										0		5
6.8	3	5	8	7	3	10	1	6	16	2	1	3
							0			0	4	4
6.9							1	2	3	1	2	3
6.1					1	1		2	2		3	3
0												
6.1	1	2	3	3		3	6	4	10	1	6	1
1										0		6
6.1								1	1		1	1
2												
<hr/>												
7.1												
7.2												
7.3												
7.4												
7.5												
7.6				1		1	1		1	2		2
7.7	1	3	4			8			15			2
												7

12 ANHANG

7.8	4	3	7	9	3	12	1	6	18	2	1	3
				1		1	2			1	8	7
7.9										1		1
7.1 0												
7.1 1												
7.1 2												
										1	7	2
										2	8	0
										3		1

*Tabelle 26: Geschlechterverteilung an den verschiedenen Lokalisationen*

Lokalisation	Stute	Wallach	Hengst	Gesamt
<b>Okziput</b>	9	22	2	33
<b>C1</b>	1	7	0	8
<b>C2</b>	0	4	0	4
<b>C3</b>	0	2	0	2

## 12 ANHANG

---

<b>C4</b>	3	6	0	9
<b>C5</b>	8	15	0	23
<b>C6</b>	11	34	2	47
<b>C7</b>	14	21	2	37

## 13 DANKSAGUNG

Für die Überlassung des Themas und die gute Betreuung und Unterstützung möchte ich mich an erster Stelle bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. H. Gerhards bedanken.

Ein großer Dank auch an meine Vorgesetzten und Mentoren Dr. Stephan Leser, Dr. Jens Körner und Dr. Olivier Brandenberger, welche die Durchführung der Arbeit in ihrer Pferdeklinik (Tierklinik Wieda Grund) ermöglicht und mich bei aufkommenden Fragestellungen unterstützt und motiviert haben. Für die große Hilfestellung bei der statistischen Auswertung gilt mein besonderer Dank Laurence Brandenberger.

Meiner Familie, insbesondere meinem Vater von Herzen ein Dankeschön für den Zuspruch und die großartige Unterstützung bei der Erstellung dieses Projekts. An Fabienne zudem ein besonderer Dank für deine Geduld und dein Verständnis sowie die tolle Unterstützung bei den Korrekturarbeiten und sämtlichen aufkommenden Fragen. Ein Danke auch an meine Freunde, die mir stets aufmunternd, verständnisvoll und motivierend zur Seite standen.

