

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

Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie des Pferdes
sowie Gerichtliche Tiermedizin

Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr. H. Gerhards

Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen röntgenologischen und knochenpräparatorischen Befunden an der kranialen Halswirbelsäule von Pferden

Inaugural-Dissertation

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

von

Matthias Sebastian Engel

aus Straubing

München 2010

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Gerhards

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Maierl

Tag der Promotion: 24. Juli 2010

In Gedenken an meinen Vater†

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IV
I EINLEITUNG	1
II LITERATURÜBERSICHT	2
1. ANATOMIE DER HALSWIRBELSÄULE.....	2
1.1 <i>Knöcherne Strukturen</i>	2
1.2 <i>Gelenke der Halswirbelsäule</i>	7
1.2.1 Kopfgelenke.....	7
1.2.2 Verbindungen der Wirbel untereinander	8
1.3 <i>Bänder der Halswirbelsäule</i>	9
1.4 <i>Muskulatur an der Halswirbelsäule</i>	10
1.5 <i>Neuroanatomie</i>	11
2. KRANKHEITEN IM BEREICH DER HALSWIRBELSÄULE	13
2.1 <i>Cervical Vertebral Stenotic Myelopathy (CVSM)</i>	13
2.1.1 Cervical Vertebral Instability (CVI).....	15
2.1.2 Cervical Static Stenosis (CSS)	16
2.1.3 Pathologisch-anatomische Knochenbefunde bei CVSM.....	17
2.1.4 Klinische Auswirkungen der Veränderungen – Symptome	19
2.2 <i>Traumatisch bedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule</i>	20
2.2.1 Frakturen der Halswirbel.....	20
2.2.2 Luxationen der Halswirbel.....	21
2.3 <i>Occipitoatlantoaxiale Malformation (OAAM)</i>	22
2.4 <i>Bakterielle Infektionen</i>	23
2.4.1 Osteomyelitis der Halswirbel.....	23
2.4.2 Diskospondylitis.....	24
2.5 <i>Neoplasien</i>	24
2.6 <i>Zwischenwirbelscheibenvorfall</i>	25
2.7 <i>Onchocercose</i>	25
2.8 <i>Krankheiten des Atlantooccipitalgelenks</i>	26
2.9 <i>Genickbeule, Talpa</i>	26
2.10 <i>Sonstige Erkrankungen</i>	27
3. UNTERSUCHUNG DER HALSWIRBELSÄULE	28
3.1 <i>Klinisch-neurologische Untersuchung</i>	28
3.2 <i>Röntgenuntersuchung</i>	32
3.2.1 Röntgentechnik	32
3.2.1.1 Standardaufnahmen	32
3.2.1.2 Spezialaufnahmen.....	33

3.2.2	Interpretation von Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule.....	34
3.2.2.1	Röntgenanatomie und Zufallsbefunde	34
3.2.2.2	Subjektive Interpretation.....	35
3.2.2.3	Objektive Methoden zur Interpretation	36
3.2.2.4	Semiquantitative Methoden zur Interpretation	38
3.2.3	Röntgenologische Befunde der einzelnen Erkrankungen.....	38
III	MATERIAL UND METHODEN	41
1.	MATERIAL	41
1.1	<i>Patientengruppe 1 – euthanasierte Pferde.....</i>	<i>41</i>
1.2	<i>Patientengruppe 2 – klinische unauffällige Pferde</i>	<i>41</i>
1.3	<i>Patientengruppe 3 – Pferde mit klinischen Symptomen</i>	<i>41</i>
2.	METHODE	42
2.1	<i>Euthanasie der Pferde aus Patientengruppe 1</i>	<i>42</i>
2.2	<i>Voruntersuchung der Pferde aus Patientengruppe 2</i>	<i>42</i>
2.3	<i>Anfertigung der Röntgenaufnahmen.....</i>	<i>43</i>
2.3.1	Verwendete Röntgentechnik.....	43
2.3.2	Lagerung der Tiere zur röntgenologischen Untersuchung	44
2.3.3	Strahlenschutz.....	48
2.4	<i>Vermessung des Halses.....</i>	<i>49</i>
2.5	<i>Auswahl der Röntgenbilder der Patientengruppe 3.....</i>	<i>50</i>
2.6	<i>Herstellung der Wirbelpräparate der Patientengruppe 1.....</i>	<i>50</i>
2.7	<i>Auswertung der Röntgenaufnahmen und Untersuchung der Wirbelpräparate</i>	<i>51</i>
2.7.1	Erstellen einer Schemazeichnung zur Dokumentation der Röntgenbefunde.....	51
2.7.2	Auswertung der Röntgenbilder und der Wirbelpräparate der Patientengruppe 1	52
2.7.3	Auswertung der Röntgenbilder der Patientengruppe 1	53
2.7.4	Untersuchung der Wirbelpräparate der Patientengruppe 1	54
2.8	<i>Auswertung der Röntgenbilder der Gruppen 2 und 3.....</i>	<i>56</i>
2.9	<i>Statistische Verfahren.....</i>	<i>56</i>
IV	ERGEBNISSE	58
1.	SCHEMAZEICHNUNGEN ZUR DOKUMENTATION VON RÖNTGENBEFUNDEN	58
2.	ALTERS-, GESCHLECHTS- UND RASSEVERTEILUNG DER VERSCHIEDENEN PATIENTENGRUPPEN.....	61
3.	BESCHREIBUNG DER BEFUNDE AN DER KRANIALEN HALSWIRBELSÄULE	63
3.1	<i>Befunde an der Articulatio atlantooccipitalis</i>	<i>63</i>
3.2	<i>Befunde am Atlas.....</i>	<i>66</i>
3.3	<i>Befunde an der Articulatio atlantoaxialis</i>	<i>74</i>
3.4	<i>Befunde am Axis</i>	<i>78</i>
3.4.1	Veränderungen an der Crista ventralis.....	78
3.4.2	Veränderungen am Axiskamm	80
3.4.3	Veränderungen an der Extremitas caudalis.....	83
3.4.4	Veränderungen an der Incisura vertebralis caudalis	84

3.5	<i>Befunde am dritten Halswirbel</i>	87
3.5.1	Veränderungen an der Basis des Caput vertebrae	87
3.5.2	Veränderungen im Bereich der Fossa vertebralis.....	89
3.5.3	Veränderungen im Bereich der kaudalen Incisur	89
3.6	<i>Zusammenhang zwischen den Befunden und der Gruppenzugehörigkeit</i>	90
4.	BEFUNDE IM BEREICH DER FACETTENGELENKE	91
4.1	<i>Knöcherne Zubildungen ventral an den kranialen Gelenkfortsätzen</i>	91
4.2	<i>Arthrosen der Facettengelenke</i>	94
4.2.1	Ohne Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Arthroseklasse 0)	94
4.2.2	Geringgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Arthroseklasse 1)	99
4.2.3	Mittelgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Arthroseklasse 2)	104
4.2.4	Hochgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Arthroseklasse 3)	107
4.2.5	Höchstgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Arthroseklasse 4).....	111
4.2.6	Statistische Auswertung der Daten bezüglich der Facettengelenkarthrosen in Gruppe 1	115
4.2.7	Vergleich der Einteilung in röntgenologische Arthrosegrade zwischen Gruppe 2 und	
	Gruppe 3.....	119
4.2.8	Auswirkung von Halsdicke und Halslänge	120
4.3	<i>Lippenbildung der lateralen Kanten der kaudalen Facetten</i>	122
V	DISKUSSION	127
1.	DISKUSSION DER METHODE	127
2.	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	133
2.1	<i>Schemazeichnung</i>	133
2.2	<i>Alters-, Geschlechts- und Rassestruktur</i>	133
2.3	<i>Befunde an der kranialen Halswirbelsäule</i>	134
2.4	<i>Röntgenologische Untersuchung der Facettengelenke</i>	138
2.5	<i>Schlussfolgerung</i>	144
VI	ZUSAMMENFASSUNG	147
VII	SUMMARY	151
VIII	LITERATURVERZEICHNIS	155
IX	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	167
X	TABELLENVERZEICHNIS	170
XI	ANHANG	171
1.	PATIENTENDATEN.....	171
2.	BEFUNDE.....	176
3.	FACETTENGELENKBEFUNDE	181
4.	DANKSAGUNG	186

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Art.	Articulatio
C	Halswirbel (C1 = 1. Halswirbel, usw.)
CSS	Cervical static stenosis (statische Stenose des Zervikalkanals)
CVI	Cervical vertebral instability (Instabilität der Halswirbelsäule)
CVSM	Cervical vertebral stenotic myelopathy (Zervikalstenotische Myelopathie)
Fa.	Firma
kV	Kilovolt
mA	Milliampere
mAs	Milliampere-Sekunden-Produkt
mg/kg	Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht
MSD	minimaler sagittaler Durchmesser
OAAM	Occipitoatlantoaxiale Malformation
OCD	Osteochondrosis dissecans
Proc.	Processus (Singular)
Procc.	Processus (Plural)
sp.	species (Singular)
spp.	species (Plural)
USB	Universal Serial Bus

I Einleitung

Erkrankungen der Halswirbelsäule treten bei Pferden häufig auf und führen zu einer vielfältigen klinischen Symptomatik, die von Ataxien unterschiedlicher Grade bis zu Schwierigkeiten bei der Halsbiegung und zu Rittigkeitsproblemen reicht. Diese Beschwerden können erhebliche Nutzungseinschränkungen oder Unbrauchbarkeit zur Folge haben, aber wegen Sturz, Abwurf oder Kopfschlagen auch eine Gefahr für Mensch und Tier darstellen.

Die röntgenologische Untersuchung ist ein sehr wertvolles Hilfsmittel bei der Diagnostik von Halswirbelsäulenerkrankungen. Die Fortschritte der Röntgentechnik machen es immer leichter, qualitativ hochwertige Röntgenaufnahmen des Halsbereiches auch von stehenden Pferden anzufertigen. Jedoch stellt die Auswertung der zweidimensionalen Projektionsradiographien aufgrund der komplizierten dreidimensionalen anatomischen Halswirbelstrukturen den Untersucher vor große Schwierigkeiten, wenn es darum geht, auch subtile Veränderungen als solche zu erkennen und richtig zu interpretieren. Insbesondere bei klinisch unauffälligen Pferden, die anlässlich einer Kaufuntersuchung auf individuellen Wunsch auch einer erweiterten Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule unterzogen werden, ist die Deutung von Befunden nicht einfach, da bisher noch zu wenig Arbeiten vorliegen, die sich der Korrelation von Röntgenbefund und Befunden am Knochenpräparat widmen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie soll ein Beitrag zur Verbesserung der subjektiven Röntgendiagnostik an der kranialen Halswirbelsäule geleistet werden. Es soll festgestellt werden, welche Befunde bei der röntgenologischen Untersuchung der ersten vier Halswirbel im seitlichen Strahlengang erhoben werden können und wie sich die Röntgenbefunde am entsprechenden knöchernen Präparat darstellen. Arthrotische Veränderungen der kleinen Wirbelgelenke sind zu einem großen Teil für Leiden im Halsbereich verantwortlich, so dass diesen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden soll. Auf Grundlage der hierbei erzielten Ergebnisse soll eine Betrachtung der kranialen Halswirbelsäule von klinisch unauffälligen Pferden und Pferden mit Arthrosen der Facettengelenke im kaudalen Halsbereich erfolgen.

II Literaturübersicht

1. Anatomie der Halswirbelsäule

Die Halswirbelsäule des Pferdes wird [...] von sieben Halswirbeln gebildet (Nickel et al. 2004a). Kranial kommt die Halswirbelsäule im dorsalen Halsdrittel zu liegen, verläuft dann etwa mittig am Hals, um sich im unteren Halsdrittel in die Brustwirbelsäule fortzusetzen (Wissdorf et al. 2002b). So bildet die Halswirbelsäule eine dorsal konvexe Kopf-Hals-Krümmung und eine dorsal konkave Hals-Brust-Krümmung (Wissdorf et al. 2002b; Nickel et al. 2004a).

1.1 Knöcherne Strukturen

Prinzipiell liegt allen Wirbeln ein gemeinsamer Grundbauplan zu Grunde. Sie bestehen aus einem Wirbelkörper, Corpus vertebrae, und einem Wirbelbogen, Arcus vertebrae, der sich über den Wirbelkörper spannt. Beide Strukturen bilden so das Wirbelloch, Foramen vertebrale. Die Gesamtheit der Wirbellöcher bildet den Wirbelkanal, Canalis vertebralis. Dieser umgibt das Rückenmark und seine Hüllen schützend (Wissdorf et al. 2002b).

Des Weiteren sind an den Wirbeln tierartlich und regional unterschiedliche Fortsätze, Procc. vertebrae, ausgebildet. An den Halswirbeln sind dies im Grunde ein Dornfortsatz, Proc. spinosus, zwei Querfortsätze, Procc. transversi und insgesamt vier Gelenkfortsätze (Nickel et al. 2004a).

Der erste Halswirbel, der Atlas, artikuliert mit den Kondylen des Hinterhauptsbeins, **Os occipitale**. Dieser Knochen liegt an der Nackenwand des Schädels und umschließt die die Schädelhöhle und den Wirbelkanal verbindende Hinterhauptsloch, Foramen magnum (Nickel et al. 2004a).

Der **erste Halswirbel, Atlas**, der als Kopfträger fungiert, stellt einen Ring dar, der aus einem dorsalen Bogen, Arcus dorsalis, und einem ventralen Bogen, Arcus ventralis, besteht (Nickel et al. 2004a). Am dorsalen Bogen ist der Dornfortsatz als Tuberculum dorsale ausgeprägt, ebenso trägt der Arcus ventralis kaudal an seiner Außenfläche das Tuberculum ventrale. An der Grenze beider Bögen befindet sich der Seitenteil, Massa lateralis; dort sind die Querfortsätze zu flügelartigen Strukturen, den Alae atlantis, ausgezogen. Der freie Rand der Alae atlantis ist oft durch die Haut sichtbar, immer aber

zu tasten (Wissdorf et al. 2002b; Salomon et al. 2008). Die Atlasflügel werden rostral an ihrer Basis vom Flügelloch, Foramen alare, durchbohrt (Wissdorf et al. 2002b), medial davon öffnet sich der Wirbelkanal mit dem [...] Foramen vertebrale laterale nach außen (Nickel et al. 2004a). Kaudal im Flügel findet sich das Foramen transversarium [...] (Nickel et al. 2004a) und die Flügelunterfläche weist die Atlasgrube, Fossa atlantis, auf (Nickel et al. 2004a).

Im Gegensatz zu den übrigen Halswirbeln sind am Atlas keine freien Gelenkfortsätze ausgeprägt, [...] entsprechende Facies articulares sind vielmehr den Bögen angefügt (Nickel et al. 2004a). Am ventralen Bogen sind kopfseitig tief die Foveae articulares craniales eingezogen, die mit den Gelenkknorren des Okziputs [...] artikulieren (König & Liebich 2005). Im Wirbelkanal des ersten Halswirbels befindet sich kaudoventral eine Grube, Fovea dentis, zur Aufnahme des Dens des zweiten Halswirbels (Wissdorf et al. 2002b). Beidseitig lateral hiervon sind die flachen Gelenkfortsatzflächen (Foveae articulares caudales) zur Verbindung mit den kranialen Gelenkfortsätzen des zweiten Halswirbels entwickelt (König & Liebich 2005).

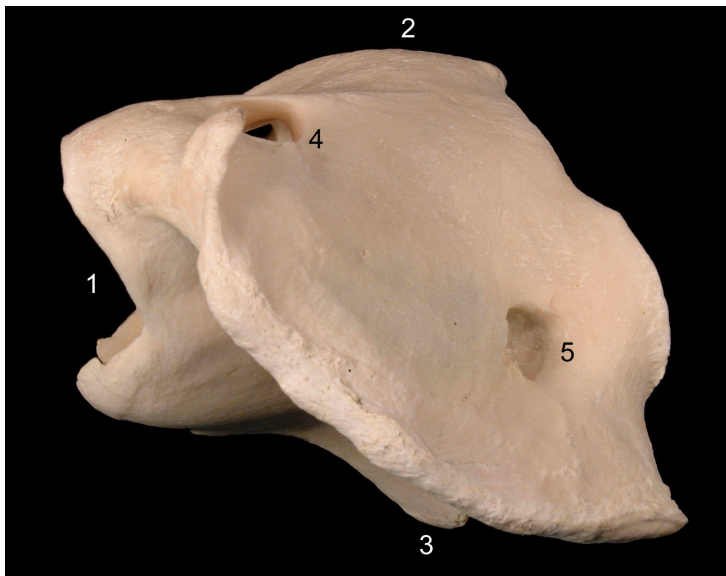


Abb. 1: Darstellung des ersten Halswirbels von der Seite. Kranial befinden sich die Foveae articulares craniales (1), dorsal ist das Tuberculum dorsale (2), ventral das Tuberculum ventrale (3). Außerdem sind das Foramen vertebrale laterale (4) und das Foramen transversarium (5) zu sehen.

Genau wie der Atlas ist auch der **zweite Halswirbel, Axis**, in charakteristischer Weise geformt und grenzt sich so deutlich von den übrigen Halswirbeln ab. Im Gegensatz zum Kopfträger besitzt der Axis jedoch einen Wirbelkörper, der besonders lang ausgeprägt ist und an dessen Unterseite die deutliche Crista ventralis vorragt. Auf der Innenfläche des Wirbelkörpers ist eine Bandleiste mit seitlichen Gefäßlöchern zu finden. Sein kraniales Ende ist durch die Gestaltung des Zahns, Dens, hervorgehoben [...]. Dieser ist beim Pferd schaufelförmig abgeplattet, der Form der Fovea dentis des Atlas angepasst [...] (König & Liebich 2005) und an seiner Dorsalfläche sind Bandgruben zu finden. Das kaudale Ende des Wirbelkörpers wird von der kaudalen Epiphyse gebildet und formt die tief eingezogene Extremitas caudalis (Wissdorf et al. 2002b). Über dem Corpus vertebrae spannt sich ein Wirbelbogen, welcher einen breitflächigen, kammartigen Dornfortsatz („Axiskamm“) trägt. Dieser Fortsatz ist beim Pferd nach kaudal hin gespalten. Der Proc. transversus ist sehr schwach ausgebildet und [...] besitzt nur einen kaudal gerichteten Fortsatz. [...] An seiner Wurzel wird der Querfortsatz von dem hier engen Foramen transversarium durchbohrt (Nickel et al. 2004a). Zum Austritt der Spinalnerven ist kranial am Axis ein Foramen vertebrale laterale ausgebildet. Kaudal vereinigt sich die Incisura vertebralis caudalis mit der entsprechenden kranialen Einkerbung am dritten Halswirbel zum Foramen intervertebrale. Als Gegenstück zur Fovea dentis des ersten Halswirbels ist am Dens die Facies articularis ventralis dentis ausgebildet, welche beim Pferd fließend in die Facies articulares craniales übergeht. Die Procc. articulares caudales treten bei Mensch, Fleischfresser und Pferd nicht frei hervor. Ihre Gelenkflächen sind vielmehr unten jederseits dem Dornfortsatz angelagert (Nickel et al. 2004a).

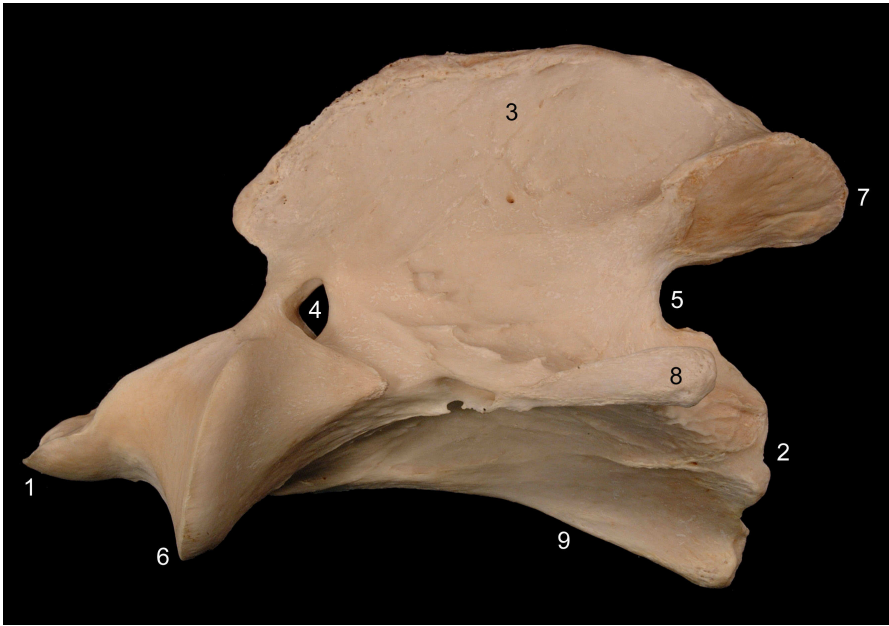


Abb. 2: Darstellung des zweiten Halswirbels von der Seite. Kranial ist der Dens (1), kaudal die Extremitas caudalis (2) und dorsal der Proc. spinosus(3) ausgebildet. Das Foramen vertebrale laterale (4) und die Incisura vertebralis caudalis (5) dienen dem Durchtritt von Nerven. Die Facies articulares craniales (6) und die Procc. articulares caudales (7) bilden synoviale Gelenke. Seitlich findet sich der Proc. transversus (8) und ventral ist die Crista ventralis (9) ausgebildet.

Im Gegensatz zu den ersten beiden Halswirbeln entspricht die Gestalt des **dritten bis siebten Halswirbels** eher dem bereits beschriebenen Grundbauplan mit Wirbelkörper und –bogen mit verschiedenen Fortsätzen. Die Körper dieser Halswirbel besitzen je eine deutlich vorgewölbte kraniale Epiphyse, Extremitas cranialis, auch als Caput vertebrae bezeichnet, und eine entsprechend eingezogene kaudale Epiphyse, Extremitas caudalis, die Fossa vertebrae genannt wird. Vom dritten Halswirbel an nimmt die Länge der Wirbelkörper in Richtung auf die Brustwirbel deutlich ab (Wissdorf et al. 2002b). An ihren Ventralflächen ist bis zum fünften Halswirbel eine prominente Crista ventralis entwickelt (König & Liebich 2005). Am Kaudalende dieser Knochenleiste ist ein Tuberculum zu finden (Nickel et al. 2004a). Die Procc. spinosi des dritten bis sechsten Halswirbels sind beim Pferd lediglich angedeutet (Nickel et al. 2004a). Im Gegensatz zum ersten und zweiten Halswirbel tragen die kaudalen Halswirbel ausnahmslos besonders kräftige Querfortsätze, Procc. transversi, welche an ihrer Basis von einem Foramen transversarium durchbohrt werden (König & Liebich 2005). Peripher teilen sich die Querfortsätze in einen kranialen ventralen und einen kaudalen dorsalen

Vorsprung, Tuberculum ventrale bzw. Tuberculum dorsale (König & Liebich 2005). WISSDORF et al. (2002b) geben an, dass bei Pferden mit nicht zu gutem Ernährungszustand diese dorsalen Anteile tastbar sind.

Die Wirbel tragen je zwei kräftige kraniale und kaudale Gelenkfortsätze, mit jeweils einer flachen Facies articularis. Während die kranialen Gelenkfortsätze mediodorsal gerichtet sind, weisen die kaudalen nach lateroventral (Wissdorf et al. 2002b). Der Austritt der Spinalnerven erfolgt durch die Foramina intervertebralia, die bei der Bewegung der Halswirbelsäule ständig ihre Form und Größe ändern (Wissdorf et al. 2002b).

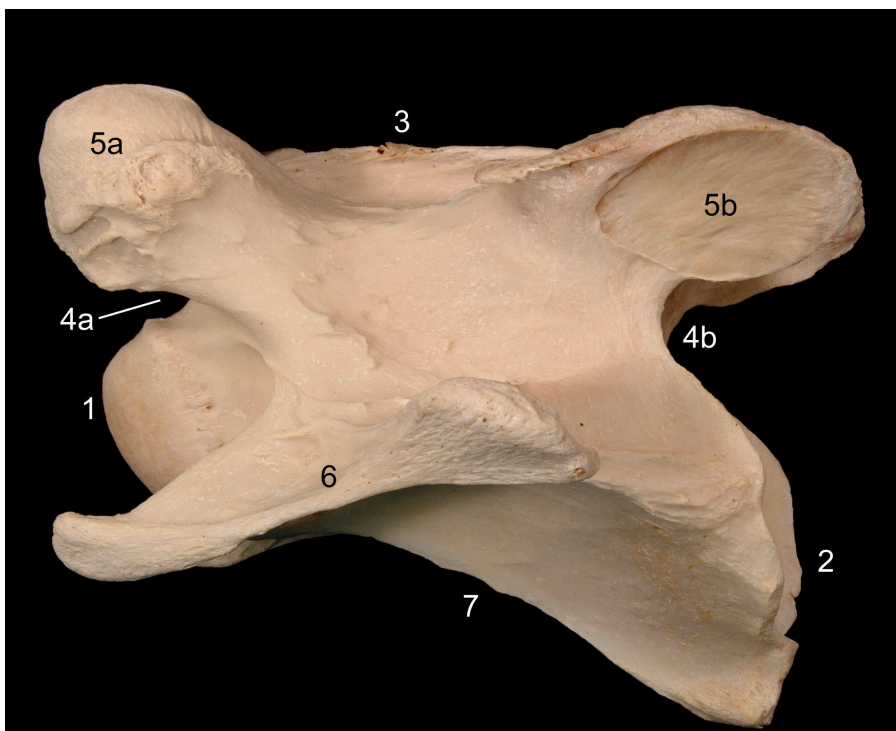


Abb. 3: Darstellung des dritten Halswirbels von der Seite. Kranial befindet sich das Caput vertebrae (1), kaudal die Extremitas caudalis (2) und dorsal der Proc. spinosus (3). Die Incisurae vertebrales (4a und b) bilden das Foramen vertebrale laterale und die Procc. articulares (5a und b) die kleinen Wirbelgelenke. Außerdem sind der Proc. transversus (6) und eine Crista ventralis (7) ausgebildet.

1.2 Gelenke der Halswirbelsäule

An der Halswirbelsäule lassen sich zum einen die Kopfgelenke, die der Verbindung der Wirbelsäule mit dem Hirnschädel dienen und zum anderen die Verbindungen der Wirbel untereinander unterscheiden.

1.2.1 Kopfgelenke

Der Bewegung des Kopfes dienen zwei Gelenke: Die Art. atlantooccipitalis zwischen Atlas und Hinterhauptsbein und die Art. atlantoaxialis zwischen den beiden ersten Halswirbeln (Nickel et al. 2004a; König & Liebich 2005).

Beim ersten Kopfgelenk artikuliert der jeweilige Condylus occipitalis des Hinterhauptsbeins mit der entsprechenden Fovea articularis cranialis am Atlas, es wird also aus zwei Ellipsoidgelenken gebildet und ist vorzugsweise für Nickbewegungen des Kopfes zuständig („yes joint“) (Wissdorf et al. 2002b; Nickel et al. 2004a; König & Liebich 2005; Salomon 2008a).

Beide Ellipsoidgelenke sind von einer jeweils eigenständigen Gelenkkapsel umgeben, welche an den Gelenkrändern inseriert (Nickel et al. 2004a; König & Liebich 2005). Zur Verstärkung der Gelenkkapseln sind dorsal und ventral bindegewebige Membranen ausgebildet. Dorsal ist dies die Membrana atlantooccipitalis dorsalis, die das Spatium atlantooccipitale verschließt (Salomon 2008a). Des Weiteren sind am ersten Kopfgelenk noch Seitenbänder, Ligamenta lateralia zu finden, welche medial an den Procc. paracondylares des Os occipitale entspringen und sich kranial an den Wurzeln der Atlasflügel anheften (Wissdorf et al. 2002b; Nickel et al. 2004a; König & Liebich 2005; Salomon 2008a).

Beim zweiten Kopfgelenk, der Verbindung zwischen Atlas und Axis, handelt es sich um ein Zapfengelenk (Wissdorf et al. 2002b; Nickel et al. 2004a; König & Liebich 2005). Hierbei führt der Atlas und somit auch der Kopf, nach Art eines Rades um den Dens als Achse Rotationsbewegungen aus, weshalb dieses Gelenk auch als Radgelenk oder „no joint“ bezeichnet wird (Salomon 2008a). Es artikuliert der Dens des Axis mit der Fovea dentis des Atlas, zusätzlich treten noch die Foveae articulares craniales des Axis mit den Foveae articulares caudales atlantis in Verbindung (Wissdorf et al. 2002b; Nickel et al. 2004a; König & Liebich 2005; Salomon 2008a). Diese drei ineinander

übergehenden Gelenkflächen werden von einer einheitlichen Gelenkkapsel umschlossen (König & Liebich 2005; Salomon 2008a; Nickel et al. 2004a). Zur Stabilisierung und Verstärkung der Art. atlantoaxialis sind mehrere Bänder ausgebildet. Die Wirbelbögen der angrenzenden Wirbel sind durch die kollagenen Fasern der Membrana atlantoaxialis dorsalis [...] verbunden (Nickel et al. 2004a; König & Liebich 2005; Salomon 2008a). Mit dieser Membran in engem Kontakt steht das Ligamentum atlantoaxiale dorsale, dass das Tuberculum dorsale des Atlas mit dem Axiskamm verbindet. Ventral zieht das Ligamentum atlantoaxiale ventrale vom Tuberculum ventrale des ersten zur Crista ventralis des zweiten Halswirbels (Nickel et al. 2004a). Zur Fixation des Dens Axis sind im Wirbelkanal beim Pferd außerdem dorsal und seitlich das Ligamentum longitudinale dentis und die Ligamenta alaria, die seitlich am Dens entspringen und an der Innenfläche des Arcus ventralis inserieren, ausgebildet (König & Liebich 2005; Nickel et al. 2004a).

1.2.2 Verbindungen der Wirbel untereinander

Die beiden ersten Halswirbel nehmen durch die Ausbildung der Kopfgelenke eine besondere Stellung ein, der Axis jedoch reiht sich mit seinem Kaudalende aber bereits in die Art Knochenverbindung ein, die zwischen allen sich kaudal anschließenden Halswirbeln besteht (Nickel et al. 2004a).

Die kaudalen bzw. kranialen Endflächen zweier benachbarter Wirbel sind nicht gelenkig, sondern durch Zwischenwirbelfugen, Symphyses intervertebrales, verbunden (König & Liebich 2005), wobei hier die Zwischenwirbelscheiben, Disci intervertebrales, als verbindendes Element fungieren (Salomon 2008a). Diese Zwischenwirbel- oder Bandscheiben bestehen prinzipiell aus einem zentral gelegenen Gallertkern, dem Nucleus pulposus, umgeben von einem faserknorpeligen Faserring, Anulus fibrosus, der zur Peripherie hin allmählich in fibröses Bindegewebe übergeht (Nickel et al. 2004a). BOLLWEIN (1989) konnte bei den Zwischenwirbelscheiben der Halswirbelsäule beim Pferd keine Gliederung in einen Anulus fibrosus und einen Nucleus pulposus nachweisen. Andere Autoren berichten, dass der Nucleus pulposus beim Pferd fasriger ist und weniger amorphes, gelatineartiges Material enthält als eine normale Zwischenwirbelscheibe des Hundes (Nixon et al. 1984).

Im Gegensatz zu den Wirbelkörpern sind die Wirbelbögen angrenzender Knochen über die kranialen und kaudalen Gelenkfortsätze gelenkig verbunden. Diese Gelenke sind als Schiebegelenke mit nahezu planen Gelenkflächen und weiten Gelenkkapseln ausgebildet (Wissdorf et al. 2002b), wobei die Bewegung parallel zu den Gelenkflächen abläuft (Nickel et al. 2004a; Salomon 2008a). Dadurch wird vor allem die Bewegungsrichtung bestimmt und eine große Bewegungsfreiheit ermöglicht (Wissdorf et al. 2002b; Salomon 2008a). Die Gelenkkapseln reichen bis in die Nähe der Foramina intervertebralia, so dass eine vermehrte Füllung dieser Gelenke Kompressionen im Bereich der Nervenaustrittsstellen verursachen können (Fürst 2006).

1.3 Bänder der Halswirbelsäule

An der stabilen Verbindung der Wirbel untereinander ist auch ein umfangreicher Bandapparat beteiligt (Salomon 2008a). Hierbei wird zwischen kurzen Bändern, die allein benachbarte Wirbel verbinden, und langen Bändern, die über längere Wegstrecken die Wirbelsäule zu einer funktionellen Einheit werden lassen, unterschieden (König & Liebich 2005).

Die **Ligamenta interspinalia** verbinden die Dornfortsätze der Halswirbel miteinander (Wissdorf et al. 2002b). Die **Ligamenta flava** verlaufen zwischen den Wirbelbögen benachbarter Wirbel (Salomon 2008a).

Das dorsale Längsband, **Ligamentum longitudinale dorsale**, liegt im Wirbelkanal auf der Dorsalfläche der Wirbelkörper. Es entspringt am Dens axis und reicht bis zum Kreuzbein (Nickel et al. 2004a; König & Liebich 2005; Salomon et al. 2008).

Das Nackenband, **Ligamentum nuchae**, setzt sich beim Pferd zusammen aus dem paarigen Nackenstrang, Funiculus nuchae, und der zum Teil paarigen Nackenplatte, Lamina nuchae (Wissdorf et al. 2002b). Der Nackenstrang entspringt beim Pferd jederseits [...] an der Protuberantia occipitalis externa, wird zu einem runden Strang und überquert die ersten beiden Halswirbel ohne mit ihnen Verbindung aufzunehmen (Wissdorf et al. 2002b). Er inseriert, nach Aufnahme von Teilen der Nackenplatte, auf Höhe des dritten Brustwirbels [...] (Wissdorf et al. 2002b). Die stellenweise perforierte Nackenplatte besteht aus einem paarigen kranialen Anteil, der jederseits am Axiskamm und an den Dornfortsätzen des dritten und vierten Halswirbels entspringt[...] und einem

unpaaren kaudalen Anteil (Wissdorf et al. 2002b). Aufgrund des Druckes, den der Nackenstrang auf die Dorsalanteile der ersten beiden Halswirbel ausübt, können sich in diesen Regionen reaktive Schleimbeutel entwickeln (Salomon 2008a). Der vordere, die Bursa subligamentosa nuchalis cranialis, liegt über dem Tuberculum dorsale des Atlas, die Bursa subligamentosa nuchalis caudalis über dem Axiskamm (Wissdorf et al. 2002b; Salomon 2008a). WAGNER (2002) konnte bei seinen Untersuchungen keinen Zusammenhang zwischen dem Auftreten dieser Schleimbeutel und dem Alter des Pferdes oder seiner Nutzungsrichtung nachweisen.

1.4 Muskulatur an der Halswirbelsäule

Bei der Besprechung der Anatomie der Halswirbelsäule sind vor allem die besonderen Bewegungen des Kopfes und der Halswirbelsäule von Interesse. Aber auch Mitglieder der Gruppe der Schultergürtelmuskulatur, welche zu den Muskeln der Schultergliedmaße gerechnet werden, haben zumindest teilweise Verbindung zur Halswirbelsäule und sind an der Bewegung des Halses und Kopfes beteiligt (Nickel et al. 2004a).

Die **besonderen Bewegungen des Kopfes** stellen die unmittelbare Verbindung zwischen Kopf und Stamm her (Nickel et al. 2004a; Salomon 2008a) und sind funktionell als Verlängerung der Halsmuskulatur in Richtung Kopf zu sehen (Liebich et al. 2005a). Im Zusammenspiel mit anderen, vom Kopf zum Stamm ziehenden Muskeln, dienen sie der Bewegung der Kopfgelenke (Nickel et al. 2004a; Salomon 2008a), genauer gesagt bewirken sie deren Feinabstimmung und Richtungsänderung (Nickel et al. 2004a; Liebich et al. 2005a). Die Mehrzahl der **besonderen Bewegungen der Halswirbelsäule** ist reich gegliedert und segmental angeordnet (Wissdorf et al. 2002b). Funktionell lassen sie sich in zwei Gruppen einteilen. Zum einen sind dies die Aufrichter, Seitwärtsbieger und Dreher, die der epaxialen Stammuskulatur zuzuordnen sind, also dorsal der Wirbelsäulenquerfortsätze liegen und von den Dorsalästen der entsprechenden Spinalnerven innerviert werden (Salomon 2008a), zum anderen die Abwärtsbieger der Halswirbelsäule (Nickel et al. 2004a). Diese sind hypaxiale Stammuskeln, liegen ventral der Procc. transversi und werden von den Ventralästen der Rückenmarksnerven innerviert (Salomon 2008a). Die Aufhängung der Schultergliedmaße am Rumpf erfolgt rein muskulär durch die so genannte **Schultergürtelmuskulatur**, welche funktionell nicht nur der Bewegung der Vordergliedmaßen dient, sondern auch an der von Hals und Kopf beteiligt ist (Nickel et al. 2004a). Anhand topographischer Kriterien kann eine

Trennung der Muskeln in eine oberflächliche und eine tiefe Schicht erfolgen (Wissdorf et al. 2002a; Nickel et al. 2004a; Liebich et al. 2005b; Salomon 2008a). Die Schultergürtelmuskulatur des Pferdes ist sehr kräftig entwickelt, vereinfacht und zum Teil stark sehnig durchsetzt (Nickel et al. 2004a).

1.5 Neuroanatomie

Zwischen Os occipitale und dem ersten Halswirbel geht das Gehirn ohne deutliche Grenze in das Rückenmark über (König et al. 2005). Es liegt umschlossen von seinen Hüllen im Halsbereich als relativ stark dorsoventral abgeplatteter Strang im Canalis vertebralis (Gasse 2002; Nickel et al. 2004b) und füllt den Wirbelkanal nicht vollständig aus, passt sich aber den Krümmungen der Wirbelsäule geschmeidig an (Nickel et al. 2004b).

Auf Rückenmarksquerschnitten sind makroskopisch zwei Anteile an Rückenmarkssubstanz zu erkennen. Zentral liegt [...] die graue Substanz, Substantia grisea, mit ihrer typischen H-förmigen Gestalt (Nickel et al. 2004b; König et al. 2005). Diese wird von der weißen Substanz, Substantia alba, vollständig umgeben. Die Substantia grisea verkörpert in ihrer Gesamtheit den Schaltapparat des Rückenmarks (Nickel et al. 2004b).

An Schnittflächen sind an der weißen Substanz bereits makroskopisch zwei Hauptstränge abzugrenzen (Nickel et al. 2004b). Im Dorsalstrang liegen vorzugsweise Bahnen, die Oberflächen- und Tiefensensibilität zum Gehirn leiten; der Ventrolateralstrang führt sowohl aufsteigende (sensible) als auch absteigende (motorische) Bahnen (König et al. 2005). Aufgrund ihrer oberflächlichen Lage können gerade diese Bahnen [...] als erste verletzt und schon von geringgradigen, krankhaften Prozessen in der Umgebung des Rückenmarks betroffen werden. Oberflächliche Defekte müssen deshalb nicht gleich zu völligen motorischen Ausfällen führen, sondern äußern sich eher in motorischen „Unsicherheiten“ [...] (Gasse 2002). Das gesamte Rückenmark sowie die Dorsal- und Ventralwurzeln der Spinalnerven werden von drei übereinander liegenden bindegewebigen Hüllen, den Meninges, umgeben (König et al. 2005). Der Liquor cerebrospinalis ist eine wässrig-klare, zellarme Flüssigkeit, die vorwiegend in den Plexus choroidei gebildet wird, eine mechanische Schutzfunktion

wahrnimmt und die fehlende Lympheflüssigkeit ersetzt (König et al. 2005).

Die Anzahl der Spinalnerven, welche sowohl sensible (afferente) als auch motorische (efferente) Fasern enthalten (Nickel et al. 2004b), ist an die Anzahl der Wirbel gebunden (König et al. 2005; Salomon 2008b), jedoch besteht im Halsbereich eine Ausnahme von dieser Regel (König et al. 2005). Es existieren acht Halsnerven bei nur sieben Halswirbeln, da der erste Zervikalnerv durch das Foramen vertebrale laterale des Atlas zieht, die nachfolgenden sechs Nerven vor dem gleichzähligen Wirbel austreten und der achte Halsnerv zwischen siebtem Hals- und erstem Brustwirbel zu finden ist (König et al. 2005; Salomon 2008b). Außerhalb des Wirbelkanals stellt jeder Spinalnerv einen einheitlichen Strang dar; innerhalb des Wirbelkanals jedoch besteht er aus zwei makroskopisch unterscheidbaren Untereinheiten (Gasse 2002). Der Truncus nervi spinalis verlässt durch das Foramen vertebrale laterale den Wirbelkanal (Nickel et al. 2004b).

2. Krankheiten im Bereich der Halswirbelsäule

2.1 Cervical Vertebral Stenotic Myelopathy (CVSM)

Die Zervikalstenotische Myelopathie (CVSM, Cervical Vertebral Stenotic Myelopathy) ist durch Ataxie und Schwäche, die durch eine Einengung des Wirbelkanals in Kombination mit Malformation der Halswirbel hervorgerufen werden, charakterisiert (Nout & Reed 2003). Obwohl sich die Veränderung hier im Wirbelknochen befindet, sind die daraus resultierenden Symptome die einer Störung des Halsmarks (Wagner et al. 1987).

Als erste befassten sich DIMOCK und ERRINGTON (1939) bereits 1939 wissenschaftlich mit dem Leiden, welches sie „Equine Incoordination“ nannten; sie bezeichneten erkrankte Pferde als „Wobblers“. Im Laufe der weiteren Forschung wurden in der wissenschaftlichen Literatur diverse andere Bezeichnungen für dieses sehr komplexe Krankheitsbild vorgeschlagen. Neben „Equine Spinal Ataxia“ (Prickett 1968) und „Cervical vertebral malformation“ (Nixon et al. 1983; Reed et al. 1985; Powers et al. 1986) wurden in der neueren Zeit die Ausdrücke „Cervical vertebral compressive myelopathy“ (van Biervliet et al. 2006) und „Cervical vertebral stenotic myelopathy“ verwendet (CVSM) (Reed & Moore 1993; Nout & Reed 2003; Fürst 2004).

Das Hauptproblem von erkrankten Pferden ist entweder eine morphologische oder funktionelle Stenose des Wirbelkanals, welche Folge von abnormer Entwicklung der Wirbel, in Zusammenhang mit degenerativen Veränderungen der Gelenkfortsätze und des umgebenden Weichteilgewebes der Wirbelsäule ist (Reed & Moore 1993). Dabei kann es zu einer Kompression des Rückenmarks auf der Höhe zweier angrenzender Wirbel kommen. Daraus resultiert ein chronisches und / oder wiederholtes Trauma, Leitungsblockade und letztlich Verlust von Axonen mit der Folge von neurologischen Symptomen (van Biervliet et al. 2006). Obwohl mehrere Stellen prädisponiert für die Entwicklung der CVSM sind, kann eine Verengung des Wirbelkanals an jeder Stelle der Wirbelsäule auftreten und Stenosen an mehr als einer Stelle sind häufig (Powers et al. 1986).

ROONEY (1963) konnte bei 40% der untersuchten, erkrankten Tiere Malformationen an mehr als einer Stelle beobachten.

Die Krankheit kommt in allen Pferderassen vor, ist aber meist ein Problem bei Vollblütern (Reed et al. 1981; Nixon et al. 1983; Stewart et al. 1991). Im Patientengut von POWERS et al. (1986) waren jedoch Quarter Horses klar in der Überzahl. Von 21 untersuchten Tieren, gehörten 15 dieser Rasse an. Dies wird durch die Studie von LEVINE et al. (2008) relativiert, die herausfanden, dass Vollblüter, Warmblüter und Tennessee Walking Horses häufiger als Quarter Horses an CVSM erkranken.

Es kann eine weitere Unterteilung in die Instabilität der Halswirbelsäule im Sinne einer dynamischen Kompression des Halsmarks (Cervical vertebral instability, CVI) und in die statische Stenose des Zervikalkanals (Cervical static stenosis, CSS) erfolgen (Powers et al. 1986).

Die Pathogenese scheint multifaktoriell zu sein, obwohl eine Prädisposition zur Osteochondrose als wichtiger Anteil im Krankheitsprozess angenommen wird (Reed et al. 1981). Zu dieser Annahme trägt auch die Studie von STEWART et al. (1991) bei, bei der eine hohe Korrelation zwischen dem Auftreten von Osteochondrose der Halswirbel und der Inzidenz von Osteochondrosis dissecans (OCD) an anderen Stellen des axialen Skeletts gezeigt werden konnte. Auch NIXON et al. (1983) berichten über OCD-Läsionen an den kleinen Wirbelgelenken in den betroffenen Regionen.

Auch eine hormonelle Beeinflussung bei der Entstehung der Erkrankung kann eine Rolle spielen, da mehr männliche als weibliche Tiere erkranken (Reed et al. 1981; Powers et al. 1986). Wobei andere Autoren diesen Sachverhalt darauf zurückführen, dass männliche Tiere andere Verhaltensweisen an den Tag legen, was die Wirbelsäule häufiger chronischen Mikrotraumen oder akuten Insulten aussetzt (Levine et al. 2007).

REED et al. (1981) gehen davon aus, dass eine genetische Prädisposition für schnelles Wachstum, kombiniert mit Überernährung, Trauma und abnormen biomechanischen Kräften in einem gestörten Knochenmetabolismus und -wachstum mündet. Diese Annahme wird durch den Fakt unterstützt, dass einige Studien, die sich mit Pferden mit knöchernen Veränderungen der Halswirbelsäule beschäftigten, eine erhöhte Knochendichte in den betroffenen Bereichen feststellen konnten (Reed et al. 1985; Powers et al. 1986). Auch ein Zusammenhang zwischen Mineral- und Spurenelementimbilanzen [...] und der Ausbildung von Osteochondrose oder metabolischen Knochenerkrankungen bei wachsenden Pferden wird angenommen (Reed et al. 1985).

DIMOCK (1950) ging davon aus, dass es sich bei der beschriebenen Erkrankung um ein erbliches Leiden handelt. In späteren Untersuchungen konnte dies nicht bestätigt werden (Falco et al. 1976; Wagner et al. 1985).

2.1.1 Cervical Vertebral Instability (CVI)

Dieses Erkrankungsbild kommt meist bei jüngeren Pferden vor, bei denen auch multiple Veränderungen an den Wirbelkörpern festgestellt werden können (Fürst 2006). Meist betrifft die CVI Pferde im Alter von acht bis 18 Monaten (Powers et al. 1986). Bei anderen Autoren war das durchschnittliche Alter der erkrankten Pferde bei 20 Monaten, mit einer Spanne von sechs bis 40 Monaten (Milne et al. 1973).

Eine dynamische Kompression in Zusammenhang mit einer Instabilität der Halswirbel wird zumeist in der mittleren Halsregion (C3-C5) gefunden (Reed et al. 1985; Powers et al. 1986), wobei jede Region zwischen C1 und C7 betroffen sein kann. Bei der Flexion der Wirbelverbindungen tritt Subluxation auf, bei der das Kranialende des kaudalen Wirbels nach dorsal gleitet und auf das Rückenmark drückt (Nixon et al. 1983; Reed et al. 1985). Auch Veränderungen des Weichteilgewebes können zur Kompression beitragen, unter anderem Verdickungen des Ligamentum flavum, Kapselverdickungen und die Bildung von extraduralen Synoviazysten (van Biervliet et al. 2006). FÜRST (2006) und VAN BIERVLIET et al. (2006) zählen die CVI zu dem Komplex der entwicklungsbedingten orthopädischen Erkrankung (Developmental Orthopedic Disease). So haben viele junge Pferde mit CVSM auch Erkrankungen wie Physitis oder Vergrößerung der Endplatten der langen Röhrenknochen, Gelenkfüllung als Folge von Osteochondrosis und Beugeanomalien der Gliedmaßen (Nout & Reed 2003). Nachkommen von an CVI erkrankten Elterntieren zeigen eine hohe Anzahl an osteochondrotischen Veränderungen (Wagner et al. 1987).

2.1.2 Cervical Static Stenosis (CSS)

Das zweite Krankheitsbild tritt eher bei älteren Pferden auf und erfasst mehrheitlich die Facettengelenke (Fürst 2006). Sie kann jedoch auch bei jungen erwachsenen Pferden vorkommen (van Biervliet et al. 2006).

Die Erkrankung wird normalerweise durch schwere Osteoarthritis der Gelenkfortsätze ausgelöst, wobei starke Knochenproliferationen und Verdickungen der Gelenkkapseln das Rückenmark in dorsoventraler Richtung komprimieren (van Biervliet et al. 2006). Solche Veränderungen werden auch zur Gruppe der degenerativen Gelenkerkrankungen (Degenerative Joint Disease) gezählt (Fürst 2006).

NIXON et al. (1983) sowie REED et al. (Reed et al. 1985) gehen davon aus, dass eine OCD dieser Gelenke sich zu einer degenerativen Gelenkerkrankung entwickelte. POWERS et al. (1986) nehmen an, dass es bei der Krankheit aufgrund von Trauma oder Osteochondrose zu einer Instabilität der Wirbelverbindungen kommt, was zu einer unphysiologischen Belastung des Ligamentum flavum, der Gelenkkapsel und der Dorsallamina führt. Dadurch kommt es zu einer Hypertrophie und Degeneration der bandartigen Strukturen, die so zu einer Hauptkomponente der Kompression werden (Reed et al. 1985). Auch DAHME und SCHEBITZ (1970), BEECH (1976) und REED et al. (1985) sehen die Gelenkerkrankung als Folge einer länger andauernden abnormen Beweglichkeit. Außerdem können synoviale Zysten zu einer Kompression des Rückenmarks führen (Gerber et al. 1980; Fisher et al. 1981; Powers et al. 1986). POWERS et al. (1986) fanden eine Zyste bei einem der 25 untersuchten Pferde und schlossen, dass es sich um die Folge einer degenerativen Gelenkerkrankung handelte.

Die Stellen, an denen am häufigsten eine statische Stenose zu finden ist, sind C5-C6 und C6-C7 (Nixon et al. 1983; Powers et al. 1986; Wagner et al. 1987; Reed & Moore 1993), wobei eine oder beide Seiten betroffen sein können (Fürst 2006). Ein Autor beobachtete Osteoarthritis der Facettengelenke meist zwischen drittem und viertem Halswirbel (Jones et al. 1954). POWERS et al. (1986) konnten bei einer myelographischen Untersuchung an erkrankten Pferden zeigen, dass das Rückenmark zumeist im Bereich C6-C7 komprimiert wurde.

2.1.3 Pathologisch-anatomische Knochenbefunde bei CVSM

Die pathologisch-anatomischen Knochenbefunde können unterteilt werden in Befunde an den Wirbelkörpern und -bögen und an den Facettengelenken.

Befunde an den Wirbelkörpern und -bögen:

BOLLWEIN (1986) konnte bei seiner Untersuchung zu altersbedingten Veränderungen an 103 Halswirbelsäulen keine Abweichungen der Wirbelkörper von der als normal geltenden Anatomie feststellen. Jedoch führt bei der CVI die Malformation der Wirbel zu einem unproportional kürzeren Wirbelkörper verglichen mit einem offensichtlich nach kaudal ausgezogenen Wirbelbogen und einem engeren Wirbelkanal [...]. Dies kann zu einer Instabilität zwischen angrenzenden Wirbeln und folgenden sekundären Veränderungen beitragen (van Biervliet et al. 2006). Auch eine Osteopetrose der Dorsallamina und der Wirbelbögen kann zu einer Einengung des Wirbelkanals führen (Nixon et al. 1983). YAMAGIWA et al. (1980) vermessen das Foramen vertebrale bei erkrankten Pferden. Dieses war bis zu 45% der normalen Weite in vertikaler Richtung und in horizontaler Richtung bis zu 59% verengt, wobei Deformierung des Wirbelbogens und die Protrusion der Kante der Gelenkfortsätze in Richtung Grund des Wirbelkanals zu der Einengung führten. DAHME und SCHEBITZ (1970) konnten außerdem bei drei von fünf Pferden mit CVI umschriebene Nekrosen im Fugenknorpel der kaudalen Epiphyse mit perifokalen Verdichtungen (Sklerose) der Knochen-spongiosa entdecken. Ein asymmetrisches Wachstum der jeweiligen Wirbelhälften kann zu einer Abweichung der Wirbelachse von der normalen linearen Ausrichtung führen (Schulz et al. 1965).

Veränderungen an den Gelenkfortsätzen:

MECHLENBURG (1967) unterscheidet drei Gruppen der Veränderungen an den Gelenkfortsätzen. Zum einen unterschiedliche *Stellung der Fortsätze*, weiterhin die *Asymmetrie der Gelenkflächen* und deren unterschiedliche Größe und *osteoarthrotische Prozesse*.

Zum einen können die Gelenkfortsätze steiler bzw. flacher zur Wirbelachse stehen (Mechlenburg 1967), zum anderen beschreibt ROONEY (1963) eine Fehlstellung der Facetten, die die Wirbelsäule in Flexionsstellung fixiert und so zu einer anatomischen Einengung des Wirbelkanals führt (Rooney Typ 1 Läsion).

Asymmetrie ist bezüglich Größe, Form und Ausdehnung der Gelenkfacetten möglich (Rooney 1963; Mechlenburg 1967). Bei der als „Rooney Typ 3 Läsion“ beschriebenen Veränderung (Rooney 1963) besteht keine anatomische, aber eine funktionelle Einengung während der Flexion. Sie ist nach Ansicht des Erstbeschreibenden die Veränderung, die am häufigsten auftritt. Meist können OCD, Osteophytenbildung und irreguläre Gelenkflächen zusammen mit dieser Form beobachtet werden (Prickett 1968). Die Asymmetrie bleibt nicht allein auf die Procc. articulares beschränkt, sondern wirkt sich auch auf den Wirbelkörper aus (Pohlenz & Schulz 1966).

Osteoarthrotische Prozesse können sich als folgende Veränderungen an den Facettengelenken darstellen: Kapselverdickungen, Knorpelerosionen, Vergrößerungen der Gelenkfacetten, Osteophytenbildung an den Gelenkrändern, Fragmente und Ankylosierungen (Fürst 2006). Die Osteophytenbildung [...] kann als Indikator für das Wirken abnormer biomechanischer Kräfte gesehen werden, hervorgerufen durch eine Instabilität der beteiligten Gelenke (Powers et al. 1986).

BOLLWEIN (1986) [...] konnte Veränderungen des Gelenkknorpels im Sinne von Rillenbildung, einer aufgerauten Oberfläche, narbiger Einziehung, Schwund und Atrophie beobachten. Diese Veränderungen stellten Abnutzungserscheinungen, degenerative Veränderungen, Reparationserscheinungen oder Reaktionen auf Belastung dar. Auch andere Verfasser beschrieben unebene Knorpelflächen mit Usuren, Einziehungen und Rissen (Mechlenburg 1967) bis hin zu totalen Umbauvorgängen am Perichondrium der Gelenkflächen (Schulz et al. 1965). Ebenso ist subchondrale Sklerose eine häufig beobachtete Abnormität (Nixon et al. 1983). Daneben fanden MILNE et al. (1973) auch faserige Zysten im spongiösen Knochen der Gelenkfacetten.

2.1.4 Klinische Auswirkungen der Veränderungen – Symptome

Symptome, die bei CVSM gesehen werden, sind immer eine Kombination aus [...] einer spastischen Parese und Ataxie (van Biervliet et al. 2006), wobei die spinale Ataxie klinisch zu diagnostizieren ist, wenn 20% der Nervenfasern ausfallen (Schebitz & Schulz 1965; Pohlenz & Schulz 1966).

Die klinischen Anzeichen [...] werden sich sowohl an den Vorder- als auch an den Hintergliedmaßen manifestieren [...], meist sind die Anzeichen jedoch an den Hintergliedmaßen deutlicher, weil die zugehörigen Nervenbahnen im Rückenmark oberflächlich liegen (van Biervliet et al. 2006). In seltenen Fällen können auch die Defizite an den Vordergliedmaßen schlimmer sein (Nout & Reed 2003). Dies ist meist bei Läsionen zwischen C5 und C7 der Fall (Reed et al. 1981), beziehungsweise zwischen C6 und erstem Brustwirbel (Nixon et al. 1983). Beim stehenden Pferd können sich Störungen der Propriozeption zeigen, wie abnorme, breitbeinige Stellung [...] und verzögerte Korrekturreaktionen (Nout & Reed 2003). Ataxie und Parese können im Schritt beobachtet werden, das Pferd zeigt Schwanken, Zirkumduktion der Hintergliedmaße, Zehensleifen und Stolpern [...], außerdem Hypermetrie oder Spastizität (Nout & Reed 2003). Einige Tiere können auch eine scheinbare Lahmheit einer einzelnen Hintergliedmaße zeigen, was eine sorgfältige neurologische Untersuchung notwendig macht, um die Defizite der anderen Gliedmaßen aufzudecken (Nixon et al. 1983). Arthropathien der hinteren Facettengelenke können Lahmheiten ohne weitere Veränderungen im Gangbild zur Folge haben (Ricardi & Dyson 1993).

Bei starker Ataxie widersetzen sich Pferde der passiven Halsflexion deutlich, da sie unfähig sind, eine normale Gliedmaßenstellung einzunehmen (Beech 1976). Aber auch wenn degenerative Facettengelenkveränderungen vorliegen, kann ein Biegen des Halses schwierig sein (Beech 1976), da hier Weichteilgewebe und Osteophyten Druck auf die Nervenwurzeln ausüben (Nixon et al. 1983). Dies ist vor allem bei älteren Pferden der Fall (Nout & Reed 2003; van Biervliet et al. 2006) und kann sich in leichteren Fällen lediglich in Rittigkeitsproblemen äußern (Lautenschläger 2007). Auch Atrophie der Halsmuskulatur und Hypalgesie im Bereich der betroffenen Halswirbel sind Hinweise auf eine Zerstörung von grauer Substanz oder Nervenwurzeln (Nout & Reed 2003).

2.2 Traumatisch bedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule

Frakturen und Luxationen der Halswirbelsäule [...] entstehen in der Regel durch starke Traumata. Überschlagen, Sturz, [...] Laufen gegen ein Hindernis, Strangulation durch das Halfter [...] und Trittverletzungen [...] sind häufige Ursachen (Nowak et al. 2006). Bei älteren Tieren scheint die mittlere Halsregion öfters betroffen zu sein, bei Fohlen sind es die kranialen Halsbereiche (Reed et al. 1981). Obwohl diese Verletzungen in jedem Alter auftreten können, scheinen sie bei Fohlen und Jährlingen häufiger beobachtet zu werden. Dies kann in Zusammenhang mit der Unreife des Halsskeletts und seiner Empfindlichkeit gegenüber Traumen stehen (Farrow 1981).

2.2.1 Frakturen der Halswirbel

HERTSCH und LIESKE (1978) unterscheiden bei Wirbelfrakturen diejenigen des Wirbelkörpers und –bogens und die der Fortsätze. Halswirbelfrakturen kommen beim Pferd wahrscheinlich viel häufiger vor, als angenommen wird (Hertsch & Lieske 1978; Nowak & Huskamp 1989); trotz gründlicher Untersuchung und ausreichender diagnostischer Hilfsmittel wird sicherlich eine Vielzahl von Frakturen der Fortsätze nicht erkannt (Hertsch & Lieske 1978). Am häufigsten werden Kompressionsfrakturen des Wirbelkörpers diagnostiziert, gefolgt von Frakturen der Facetten (Pinchbeck & Murphy 2001). Frakturen der Querfortsätze sind selten (Sysel et al. 1998).

Prädisponierende Faktoren einer Wirbelfraktur sind Knochenveränderungen, wie z.B. eine Osteomyelitis oder Osteosarkome. Diese inneren Ursachen sind beim Pferd äußerst selten (Nowak et al. 2006). Am Atlas kann der Flügelfortsatz, am zweiten Halswirbel der Dens gebrochen sein (Nowak et al. 2006). Frakturen des Atlas und Axis, treten mit Ausnahme der Densfraktur, jedoch lediglich gelegentlich auf (Robertson & Samii 2006). Eine Fraktur des Dens zieht sich meistens durch die kraniale Wachstumsfuge des Axis und trennt ihn so vom Wirbelkörper. Der Zahn bleibt durch die bandartigen Strukturen mit dem Atlas verbunden (Robertson & Samii 2006), der zweite Halswirbel verlagert sich in ventraler Richtung und komprimiert folglich das Rückenmark (Robertson & Samii 2006; Nixon 2008). Beim Fohlen ist die Epiphyse des Dens der schwächste Anteil der Artikulation (Guffy et al. 1969; Beech 1976).

Die prinzipiellen Faktoren, die die klinische Symptomatik beeinflussen, sind die anatomische Lokalisation der Fraktur und das Ausmaß der Rückenmarkskompression,

die zum Zeitpunkt der Verletzung auftrat (Reed et al. 1981; Pinchbeck & Murphy 2001). Die klinische Symptomatik von Frakturen der Halswirbelsäule reicht von plötzlichem Tod, über Tetraplegie und Festliegen bis hin zu milder Ataxie oder Schmerzen im Halsbereich ohne Gangbildunregelmäßigkeiten (Pinchbeck & Murphy 2001). Bei Frakturen treten die Symptome in der Regel direkt im Anschluss an das Trauma auf (Nowak & Huskamp 1989). Bei Fissuren kann das klinische Bild anfangs symptomlos verlaufen (Hertsch & Lieske 1978). Wenn die Dislokation nicht ausgeprägt ist und die Fraktur verheilt, kann die knöcherne Proliferation das Rückenmark beeinträchtigen und Inkoordination hervorrufen [...], so dass sich die gezeigten Symptome [...] nicht von denen eines „Wobblers“ unterscheiden (Beech 1976). Wenn hierbei die Läsion eine Seite der Wirbelsäule betrifft, kann das Gliedmaßendefizit auf dieser Seite stärker ausgeprägt sein (Beech 1976). Häufig sind Umfangsvermehrungen, Achsenknickungen, [...] und Verdrehungen des Halses festzustellen (Whitwell 1980; Nixon 2008) und bei längerem Bestehen der Verletzung zum Zeitpunkt der Untersuchung kann Muskelatrophie beobachtet werden (Reed et al. 1981). Während HERTSCH und LIESKE (1978) die Krepitation als sicheres Zeichen einer Fraktur bei den Halswirbelfrakturen selten feststellen, ist sie für NIXON (2008) in vielen Fällen vorhanden.

2.2.2 Luxationen der Halswirbel

Luxationen der Halswirbel sind nahezu ausschließlich zwischen Atlas und Axis beschrieben (Funk & Erickson 1968; Guffy et al. 1969). In seltenen Fällen kann es jedoch auch zu Subluxationen und Luxationen im ersten Kopfgelenk kommen (Farrow 1981; Scharmer et al. 2000).

Atlantoaxiale Subluxation und Luxation können zwar kongenitalen Ursprungs sein, aber auch das Resultat eines Traumas. Eine Kombination aus Dehnung und Reißen der bandartigen Verbindungen des Dens und der fibrösen Gelenkkapsel des zweiten Kopfgelenks führt zur Instabilität und Kompression des Rückenmarks, welche bei Halsstreckung verstärkt wird und bei Beugung nachlässt. Eine Komplette Luxation des Atlantoaxialgelenks, was zu einer Verlagerung des Dens führt, so dass er ventral des Atlas zum Liegen kommt ist sehr selten (Robertson & Samii 2006). Zum einen ist hierzu eine komplette Durchtrennung der den Dens fixierenden Bänder nötig, zum

anderen gestalten sich die anatomischen Gegebenheiten zwischen C1 und C2 derart, dass eine Fraktur des Dens oder des Atlas wahrscheinlicher ist als eine Luxation (Guffy et al. 1969).

Bei der Betrachtung der verschiedenen veröffentlichten Fallberichte wird deutlich, dass die Symptome von abnormer Kopf-Hals-Haltung ohne neurologische Defizite (Farrow 1981), über steife und tiefe Kopf-Hals-Haltung mit ödematöser Schwellung im kranialen Halsbereich und deutlichen Anzeichen von Inkoordination der Hintergliedmaße (Funk & Erickson 1968) bis hin zum Festliegen führen (Guffy et al. 1969). Meist konnte eine Schmerzhaftigkeit bei Bewegung und Palpation des Halses ausgelöst werden (Funk & Erickson 1968; Farrow 1981).

2.3 Occipitoatlantoaxiale Malformation (OAAM)

Diese kongenitale Krankheit tritt vor allem bei Arabern auf (Mayhew et al. 1978c), es liegen jedoch auch Fallberichte von Appaloosas, Quarter Horses (Wilson et al. 1985), Miniature Horses (Rosenstein et al. 2000) und Friesen (Bell et al. 2007) vor. MAYHEW et al. (1978b) teilen die Erkrankung in drei verschiedene Formen ein, die alle mit einer Fusion zwischen Atlas und Okziput, Hypoplasie von Atlas und Dens und einer Modifikation des zweiten Kopfgelenkes einhergehen. Atlantoaxiale Subluxation tritt hier häufig auf, da der Atlaskörper und der Dens jeweils um etwa 50% verkürzt sind [...] und so die normale knöcherne Unterlage für den Dens komplett fehlt. Dieser führt bei jeder Beugung und Streckung exzessive Bewegungen im Vergleich zum Atlas aus (Watson & Mayhew 1986). Palpatorisch können symmetrische Ausbuchtungen an jeder Seite des kranialen Halses gefühlt werden, teilweise sind diese auch sichtbar (Watson & Mayhew 1986); außerdem ist der Bereich zwischen Atlasflügel und Schädelbasis verengt (Wilson et al. 1985). Betroffene Fohlen präsentieren sich klinisch als „Wobblers“ mit symmetrisch ausgeprägten Anzeichen verminderter Propriozeption (Mayhew et al. 1978b).

2.4 Bakterielle Infektionen

2.4.1 Osteomyelitis der Halswirbel

Die bakteriell bedingte Osteomyelitis der Wirbelsäule ist eine seltene Erkrankung (Tyson et al. 2004) und betrifft überwiegend junge Tiere im Laufe des ersten Lebensjahres (Richardson 1986; Olchowy 1994; Tyson et al. 2004). Es existieren jedoch auch Fallberichte, bei denen die Erkrankung bei älteren Tieren beschrieben wird (Collins et al. 1971).

Zu den beteiligten Bakterienarten gehören *Rhodococcus equi* (Olchowy 1994; Tyson et al. 2004), *Salmonella* spp. (Tyson et al. 2004), *Eikenella corrodens* (Richardson 1986), β -hämolisierende Streptokokken (Markel et al. 1986), *Actinobacillus equuli*, *Escherichia coli*, Staphylokokken, *Corynebacterium equi*, *Mycobacterium bovis*, (Nowak et al. 2006) und *Brucella abortus* (Collins et al. 1971). Es wird angenommen, dass es meist aufgrund einer haematogenen Streuung eines Keims zu einer sekundären Osteomyelitis der Wirbelsäule kommt (Richardson 1986). In einigen Fällen kann jedoch keine primäre Infektion festgestellt werden (Richardson 1986; Olchowy 1994; Giguere & Lavoie 1994). GIGUERE und LAVOIE (1994) gehen in solchen Fällen von einer Cellulitis, welche sich in Richtung Wirbelsäule ausbreitet, als möglichen Pathomechanismus aus. Auch eine Entstehung in Folge offener Wirbelfrakturen ist möglich (Nowak et al. 2006).

Während NOWAK (2006) beschreibt, dass die Infektion häufig auf das Rückenmark übergreift und so nach kurzer Zeit letal endet, sehen andere Autoren das Problem eher in einer extraduralen Kompression des Rückenmarks (Olchowy 1994; Tyson et al. 2004). Auch Abszesse können zwischen Gelenken der Halswirbelsäule zu Knochenproliferationen, Fusion und folgender Beeinträchtigung des Rückenmarks führen (Beech 1976). Bei einigen erkrankten Tieren können nur Schmerzen im Bereich der Infektion und Fieber festgestellt werden (Richardson 1986; Markel et al. 1986). Andere zeigen deutliche klinische Symptome, meist in Form von massiver Störung des Allgemeinbefindens und Lähmungen (Olchowy 1994; Giguere & Lavoie 1994).

2.4.2 Diskospondylitis

Diskospondylitis ist eine infektiöse, entzündliche Störung, die aneinander grenzende Wirbelkörper an der Metaphyse betrifft und sich in den dazwischen liegenden Bandscheibenbereich ausdehnt (Colbourne et al. 1997). Diese Erkrankung tritt selten bei Pferden auf (Adams et al. 1985) und betrifft häufiger ausgewachsene Tiere (Adams et al. 1985; Hillyer et al. 1996; Colbourne et al. 1997). Sie ist meist Ausdruck einer bakteriellen Infektion und aus betroffenen Pferden ließen sich *Brucella abortus* und Streptokokkenspezies nachweisen (Colbourne et al. 1997). Andererseits ist in der Mehrzahl der Fälle keine Keimisolierung möglich (Adams et al. 1985; Hillyer et al. 1996; Colbourne et al. 1997). Das Krankheitsbild kann beim Pferd auch Folge eines direkten Traumas oder der Ausbreitung eines infektiösen Prozesses aus angrenzendem Weichteilgewebe sein (Adams et al. 1985).

Klinisch manifestiert sich die Erkrankung meist als Wirbelsäulenschmerz und neurologische Störungen (Adams et al. 1985). Oft sind die klinischen Symptome progressiver Natur (Hillyer et al. 1996) und entsprechen denen der Osteomyelitis der Wirbelkörper (Colbourne et al. 1997).

2.5 Neoplasien

Tumoren können das Rückenmark einengen, wobei die Symptome von der jeweiligen Lokalisation abhängig sind (Beech 1976). Sie führen aber meist zu Ataxie (Palmer & Hickman 1960; Whitwell 1980; Newton-Clarke et al. 1994). Sowohl gutartige als auch bösartige Geschwulste an der Wirbelsäule des Pferdes findet man selten [...]. Gelegentlich werden Metastasen bösartiger Neubildungen, speziell bei Melanosarkomatose festgestellt (Nowak et al. 2006). NEWTON-CLARKE et al. (1994) berichten von einem Pferd, bei dem ein Haemangiosarkom vorlag, das den Körper des zweiten Halswirbels in Mitleidenschaft zog [...] und so zu sekundärer intravertebraler, extraduraler Infiltration und fokaler Kompression des Rückenmarks führte. Es liegen auch Fallberichte über Ependymome (Whitwell 1980) und Angiome (Palmer & Hickman 1960) im Halswirbelsäulenbereich vor.

2.6 Zwischenwirbelscheibenvorfall

Zwischenwirbelscheibenvorfälle, die zu klinischer Symptomatik führen sind ein seltenes Ereignis beim Pferd (Nixon et al. 1984; Foss et al. 1983; Jansson 2001) und betreffen eher ältere Pferde (Jansson 2001). Pathologische Befunde sind bisher nur im Halsbereich beschrieben (Jansson 2001), wobei das Rückenmark meist nur an einer Stelle komprimiert war (Foss et al. 1983; Nixon et al. 1984; Furr et al. 1991). In seltenen Fällen können auch mehrere Bandscheiben gleichzeitig vorfallen (Jansson 2001).

FOSS et al. (1983) schließen auf eine traumatische Ursache für die Protrusion, andere Autoren gehen von einem degenerativen Geschehen aus (Nixon et al. 1984). BOLLWEIN und HÄNICHEN (1989) konnten bei 93% der über 14-jährigen Pferde Zusammenhangstrennungen des Fasergefüges der Zwischenwirbelscheiben feststellen, was ebenfalls für ein degeneratives Geschehen spricht. Die von ihnen untersuchten Pferde wiesen keine entsprechende klinische Symptomatik und keine Einengung des Wirbelkanals auf.

FURR et al. (1991) beschreiben einen Zwischenwirbelscheibenvorfall in Kombination mit einer granulomatösen Diskospondylitis.

Pferde mit einem Vorfall der Zwischenwirbelscheiben an der Halswirbelsäule sind in der Regel ataktisch (Foss et al. 1983; Nixon et al. 1984; Furr et al. 1991; Jansson 2001). Meist bestehen auch eine abnorme Kopf-Hals-Haltung oder Probleme bei der Bewegung dieser Abschnitte (Foss et al. 1983; Nixon et al. 1984; Furr et al. 1991).

Zwischenwirbelscheibenvorfälle können am lebenden Pferd nicht sicher diagnostiziert werden (Nixon et al. 1984). Aufgrund der Ergebnisse der klinischen, labordiagnostischen, radiologischen und myelographischen Untersuchung ist lediglich eine Verdachtsdiagnose möglich (Nixon et al. 1984).

2.7 Onchocercose

Onchocercose ist eine häufige Nematodeninfektion beim Pferd (Hestvik et al. 2006). Adulte von *Onchocerca cervicalis* sitzen unter anderem im Nackenband und können dort Widerristfisteln auslösen (Hiepe 2006). HESTVIK et al. (2006) berichten von einer

15-jährigen Connemara-Stute in Schweden, bei der ein Befall der Gelenkkapseln der Facettengelenke zwischen C6 und C7 mit *Onchocerca* sp. zu einer Weichteilschwellung mit folgender Kompression des Rückenmarks führte. Dies äußerte sich in Ataxie und Hypermetrie beider Hintergliedmaßen und einem steifen Hals, vor allem bei der Rechtsbiegung.

2.8 Krankheiten des Atlantooccipitalgelenks

TIETJE (1996) konnte bei sechs Pferden computertomographisch sichtbare Veränderungen am Atlantooccipitalgelenk darstellen. Diese waren entweder einseitig oder beidseitig. Sie reichten von Gelenkflächenasymmetrien mit Sklerosierungen [...] über kleinere Gelenkflächendefekte, bis hin zu [...] Gelenkflächeneinbrüchen. Auch Zysten und freie Fragmente waren zu sehen. Asymmetrische, kraniale Gelenkflächen des Atlas konnten dargestellt werden, die das Foramen occipitale leicht einengten.

Als Ursache der Gelenkflächenveränderungen und Gelenkentzündungen sind neben traumatischen Einflüssen eine gewisse Instabilität, eine geringgradige Form von vertebraler Malformation [...] oder das Vorliegen einer OCD denkbar (Tietje 1996). Letzteres konnte durch MUIRHEAD et al. (2003) bestätigt werden. Außerdem können auch Arthropathien der Art. atlantooccipitalis als Komplikationen nach einer Luftsackmykose auftreten (Dixon & Rowlands 1981; Walmsley 1988).

2.9 Genickbeule, Talpa

Als Genickbeule bezeichnet man alle im Genick lokalisierten zirkumskripten, entzündlichen, beulenartigen Verdickungen, die größtenteils auf einer primären oder sekundären Erkrankung der unter dem Nackenstrang liegenden Schleimbeutel beruhen. Oft besteht dabei eine partielle Nekrose des Nackenstranges mit Fistelbildung (Dietz 2006). DIETZ (2006) unterscheidet hier eine aseptische Form sowie eine pyogene Bursitis, aus der sich bei längerem Bestehen eine Genickfistel bilden kann, die durch die Sekretion der Bursa und die Nekrose des Nackenstranges unterhalten wird. Sowohl nach aseptischen als auch nach pyogenen Prozessen im Bereich des Genicks kann es zu ossifizierenden Periostitiden dorsal am Atlas, am Axis, aber auch am Os occipitale kommen. Es handelt sich dem Wesen nach um Insertionsdesmopathien (Dietz 2006).

Diese Erkrankung entwickelt sich meist als Folge eines Traumas, seltener nach infizierten Stichwunden (Dietz 2006), oft auch bei Bruzellainfektion [...], oder die Entzündung schließt sich Splitterfrakturen der Hinterhauptsschuppe an (Silbersiepe et al. 1986). Auch können *Onchocerca reticulata* Ursache für Fisteln im Nackenbandbereich sein (Silbersiepe et al. 1986). Die betroffenen Pferde halten den Kopf niedrig, zuweilen ist sogar das Kauen erschwert. Manchmal besteht Fieber und das Allgemeinbefinden ist durch die Schmerzen herabgesetzt (Dietz 2006). WAGNER (2002) beobachtete bei den meisten von ihm untersuchten Tieren Schwellungen im Bereich der Nackenschleimbeutel, welche in vielen Fällen schmerzhaft waren, jedoch nicht immer mit Störungen des Allgemeinbefindens einhergingen. Einige Pferde zeigten auch Bewegungsstörungen.

2.10 Sonstige Erkrankungen

HANLON et al. (1981) beschreiben den Fall eines achtjährigen Pinto-Wallachs mit multiplen osteolytischen Defekten in den Wirbelknochen und den Rippen. Klinisch zeigte das Tier lediglich einen steifen Hals. Eine endgültige Diagnosestellung war nicht möglich, jedoch weisen die Autoren auf Parallelen zum Gorham-Stout-Syndrom des Menschen hin.

3. Untersuchung der Halswirbelsäule

3.1 Klinisch-neurologische Untersuchung

Die Befunde, die bei der neurologischen Untersuchung erhoben werden, dienen dazu, eine Läsion zu lokalisieren (Blythe 1987; Feige 2005; MacKay 2006).

Es sollte eine komplette Allgemein- und Lahmheitsuntersuchung durchgeführt werden, um eine mögliche Beteiligung anderer Organsysteme aufdecken zu können (MacKay 2006).

Die neurologische Untersuchung sollte am Kopf beginnen und nach kaudal [...] fortgeführt werden (Hahn et al. 1999; Reed et al. 1981). HAHN et al. (1999) schlagen folgendes Schema für den Untersuchungsgang vor:

1. Kopf (Verhalten, Bewusstsein, Haltung und Koordination, Kopfnerven)
2. Gang und Haltung
3. Hals und Vordergliedmaßen
4. Rücken und Hintergliedmaßen
5. Schwanz und Anus

Kopf:

Zuerst wird nach Hinweisen auf Läsionen im Gehirn gesucht. Wenn keine vorliegen, befindet sich die Störung kaudal des Foramen magnum (Hahn et al. 1999).

Bewusstsein und Verhalten:

Ein Pferd, welches aufgrund einer Krankheit des Halsmarks oder einer orthopädischen Erkrankung festliegt, zeigt normalerweise keine Verhaltensänderungen [...] (Hahn et al. 1999), außerdem sind sie in der Regel klar und aufmerksam (Hahn et al. 1999).

Kopfhaltung und -koordination:

Die Kopf-Hals-Haltung sollte direkt vor dem Pferd stehend und von der Seite beurteilt werden (MacKay 2006). Eine tiefe Kopf-Hals-Haltung tritt bei Bewusstseinsstörungen

auf, bei schmerzhaften Prozessen im Hals kommt es zu einer gestreckten Kopf-Hals-Haltung (Feige 2005). Dauerhafte Waagrecht- oder Tiefhaltung des Halses kann ein Zeichen für neurologische oder muskuläre Schwäche des Halses sein, wobei eine gestreckte Kopf-Hals-Haltung bei Pferden mit Problemen der oberen Halswirbel oder des Luftsackes beobachtet werden kann (MacKay 2006).

Gehirnnerven:

Die Kopfnerven haben ihren Ursprung mit Ausnahme des I., II., und XI. Gehirnnerven im Bereich des Stammhirnes (Feige 2005; Hahn et al. 1999). Bei Pferden mit CVSM liegt eine ungestörte Kopfnervenfunktion vor (Nout & Reed 2003).

Gangbild und Gliedmaßenstellung:

Das Gangbild wird zur Beurteilung des Hirnstammes, Kleinhirns, Rückenmarks und der Funktion der peripheren Nerven und Muskeln untersucht [...] und auch die Evaluierung der Gliedmaßenstellung und die Überprüfung der Stellreaktionen gibt einen Überblick über die allgemeine Integrität dieser Bereiche und des Vorderhirns (Hahn et al. 1999).

Pferde mit Koordinationsproblemen stehen breitbeinig oder mit den Gliedmaßen in unphysiologischer Position, z.B. mit den Beinen zu nah aneinander oder zu weit voneinander entfernt, ein Bein vor dem anderen oder in verschiedene Richtungen ausgerichtet (Beech 1976).

Abweichungen des Gangbilds sind Schwäche, Ataxie, Dysmetrie und Spastizität (Reed et al. 1981). Jede Gliedmaße muss auf Hinweise darauf untersucht werden (Hahn et al. 1999). Dies wird im Schritt, im Trab, auf engen Wendungen und beim Rückwärtsrichten beurteilt. Außerdem sollte eine Begutachtung beim bergauf und bergab Gehen, beim Gehen mit erhobenen Kopf, beim Freilauf und mit verbundenen Augen erfolgen (Hahn et al. 1999). Geringe Anzeichen werden beim normalen Gang oft nicht bemerkt, werden aber als wiederkehrende Fehler deutlich, wenn das Pferd diese schwierigeren Manöver durchführt (Hahn et al. 1999). Ein ataktisches Gangbild ist im Schritt oft besser beurteilbar als im Trab (Feige 2005), da ein neurologisches Defizit deutlicher wird, je langsamer die Gangart ist (Beech 1976).

Für das Ausmaß der Schwäche, Ataxie, Hypometrie und Hypermetrie sollte eine Gradeinteilung für jede Gliedmaße erfolgen, was dabei hilft, eine Läsion zu lokalisieren (Hahn et al. 1999). Eine Ataxie aufgrund einer komprimierenden Läsion [...] ist meist bilateral symmetrisch ausgeprägt, wobei die Hintergliedmaßen ein bis zwei Grad schlimmer betroffen sind, als die Schultergliedmaßen (Blythe 1987; Reed et al. 1981). MAYHEW et al. (1978a) schlagen folgendes System zur Gradeinteilung vor (siehe Tabelle 1):

Tabelle 1: Grading-System für jede Gliedmaße bei der Gangbildbeurteilung nach MAYHEW et al. (1978a).

Grad	Klinisches Bild
0	Keine neurologischen Defizite zu sehen.
1	Neurologische Defizite bei normaler Bewegung kaum zu sehen. Beim Rückwärtsrichten, Kreislaufen, dem Sway-Test, der Überprüfung der Gliedmaßenstärke und bei der Überstreckung des Halses treten die Symptome deutlicher hervor.
2	Neurologische Defizite bei normaler Bewegung oder Gliedmaßenposition leicht zu erkennen. Beim Kreislaufen, dem Sway-Test, der Überprüfung der Gliedmaßenstärke und bei der Überstreckung des Halses werden die Symptome verstärkt.
3	Neurologische Defizite bei normaler Bewegung oder Gliedmaßenposition sehr deutlich, mit der Tendenz beim Kreislaufen, beim Sway-Test, der Überprüfung der Gliedmaßenstärke und bei der Überstreckung des Halses einzuknicken oder niederzustürzen.
4	Spontanes Stolpern, Trippeln und Fallen bei normaler Bewegung bis hin zu kompletter Paralyse.

Hals und Vordergliedmaßen:

Kopf und Hals sollten manipuliert werden, um Anzeichen für Schmerzen aufzudecken und das Bewegungsmaß zu überprüfen (Reed et al. 1981). Jeder Querfortsatz des dritten bis sechsten Halswirbels ist als Test auf eine Schmerzreaktion beidseits kräftig zu komprimieren, [...] und auch auf die Verbindung zwischen C6 und C7 sollte medial des Musculus pectoralis profundus vor der Schulter Druck ausgeübt werden (MacKay 2006). In diesem Abschnitt können verschiedene weitere Test durchgeführt und bestimmte Reflexe überprüft werden, um weitere Hinweise auf den Sitz einer neurologischen Störung zu erhalten. Dies sind der *thoracolaryngeale Reflex*, der *Cervicofacialisreflex* und der *Sway-Test*.

Vor allem das Überkreuzen der Vordergliedmaßen und die zu erwartende Korrekturreaktion lassen einen Rückschluss auf die propriozeptiven Fähigkeiten des Tieres zu (Feige 2005). MAYHEW (2008) hingegen scheint es zuverlässiger, das Pferd schnell zu bewegen (z.B. im Kreis) und das Manöver dann abrupt zu beenden, was meist initial zu einer abnormen Gliedmaßenstellung führt. Durch die Dauer die das Pferd die Gliedmaßen in dieser Stellung belässt, kann der Untersucher Hinweise auf das Vorliegen propriozeptiver Defizite erhalten.

Rumpf und Hintergliedmaßen:

Die entsprechenden Körperpartien sollten Adspektion und Palpation auf Fehlbildungen und Asymmetrien unterzogen werden (Hahn et al. 1999). Defizite in der Propriozeption können als deutliche Abduktion und ein Überkreuzen der Gliedmaßen gesehen werden, wenn der „Schweifziehtest“ durchgeführt wird (MacKay 2006).

Schwanz und Anus:

Hierbei werden die Strukturen untersucht, die durch die Nerven aus den sakralen und coccygealen Rückenmarkssegmenten innerviert werden (Hahn et al. 1999; Reed et al. 1981). Dies kann geschehen, indem überprüft wird, ob der Analtonus vorhanden ist und ob das Pferd seinen Schweif heben und bewegen kann (Reed et al. 1981).

3.2 Röntgenuntersuchung

Die Indikation für eine Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule beinhaltet abnorme Kopf-Hals-Haltung, Schwellungen, Steifheit oder Schmerz des Halses oder Rückens, Halstrauma, Ataxie, die Unfähigkeit zu stehen und gelegentlich Lahmheiten der Vordergliedmaßen (Whitwell & Dyson 1987; Ricardi & Dyson 1993; Butler et al. 2008).

3.2.1 Röntgentechnik

3.2.1.1 Standardaufnahmen

Seitliche Röntgenaufnahmen werden am besten am stehenden Pferd angefertigt, dies kann aber auch am Pferd in Seitenlage in Allgemeinanästhesie erfolgen (Butler et al. 2008). Ruhige Pferde können in einem Untersuchungsstand ruhig gestellt werden [...], medikamentöse Ruhigstellung mittels alpha 2 – Agonisten (z.B. Xylazin) ist sehr hilfreich und wird oft durchgeführt [...] (van Biervliet et al. 2004; Butler et al. 2008). Bei der Aufnahme der Bilder ist es wichtig, dass das Pferd auf allen vier Beinen steht und sich Kopf und Hals in der Sagittalebene befinden (Butler et al. 2008; Weaver & Barakzai 2010).

Zur röntgenologischen Untersuchung der Halswirbelsäule des Pferdes werden oft hohe Belichtungseinstellungen benötigt. Hierbei können stationäre Röntgenröhrensysteme sehr von Nutzen sein (van Biervliet et al. 2004). Für eine bessere Orientierung im Halsbereich des Pferdes sind große Kassetten hilfreich (35x43 cm), so dass jeweils drei Halswirbel zumindest teilweise auf jede Kassette projiziert werden können (Whitwell & Dyson 1987). Auch die Stellung der Wirbel zueinander lässt sich so besser beurteilen (Butler et al. 2008). Die Kassette sollte in einem Plattenhalter befestigt werden [...] (Butler et al. 2008; Weaver & Barakzai 2010). Ein Streustrahlenraster eliminiert einen Teil der Streustrahlung, welche die Bildauflösung verschlechtert (van Biervliet et al. 2004). Der Röntgenstrahl wird senkrecht zum Hals ausgerichtet (Butler et al. 2008). Die falsche Positionierung des Pferdehalses oder ein falscher Einfallwinkel des Röntgenstrahlbündels auf die Halswirbelsäule führen zu Überlagerungen (Hett 1999).

In der älteren Literatur wird hauptsächlich die röntgenologische Untersuchung des Halses am anästhesierten Pferd in Seitenlage beschrieben (Hebeler 1977; Böhm &

Hebeler 1980; Mendenhall & Cantwell 1988). Die Sagittalebene der Wirbelsäule muss hier parallel zur Röntgenkassette gelagert werden. Der unterschiedliche Durchmesser von Rumpf und Hals hat bei der Lagerung in gerader Halshaltung ein konkaves „Durchhängen“ der Halswirbelsäule zur Folge [...]. Um dieses Durchhängen zu vermeiden kann eine feste Unterlage [...] verwendet werden (Hebeler 1977). Auch eine Unterstützung des Halses mit strahlendurchlässigen Kissen ist möglich (Mendenhall & Cantwell 1988; Butler et al. 2008). Die Vorderbeine des Pferdes sollten so weit wie möglich nach kaudal gezogen und mit einem Seil gesichert werden, um eine Überlagerung der kaudalen Halswirbelsäule durch das Schultergelenk zu vermeiden (Mendenhall & Cantwell 1988).

3.2.1.2 Spezialaufnahmen

Schrägaufnahmen:

Standardisierte Schrägaufnahmen können bei der genaueren Darstellung von Veränderungen, die auf den Aufnahmen der Wirbel (und des Schädels) entdeckt wurden, hilfreich sein (Mayhew 2009). Dies kann in solchen Fällen wichtig werden, bei denen verdächtige Gelenke injiziert werden sollen (van Biervliet et al. 2004). Laut LAUTENSCHLÄGER (2007) sind die diagnostischen Möglichkeiten zur Beurteilung der gelenkbildenden Anteile der Aussagekraft der latero – lateralen (sic) Aufnahmen deutlich überlegen, wenn die Erstellung einer qualitativ hochwertigen Aufnahme der Facettengelenke im tangentialen Strahlengang gelingt. Außerdem gelingt durch Tangentialaufnahmen eine eindeutige Seitenzuordnung eventueller Veränderungen (Lautenschläger 2007).

Aufnahmen im ventrodorsalen Strahlengang:

Für diese Aufnahmen ist generell eine [...] Anästhesie notwendig (van Biervliet et al. 2004), da sie nur am liegenden Pferd angefertigt werden können (Mendenhall & Cantwell 1988; Butler et al. 2008). Selbst mit Hochleistungs-Röntgenröhren ist es schwierig, qualitativ hochwertige Aufnahmen kaudal von C5 zu erreichen, was an der umgebenden Muskelmasse liegt (Whitwell & Dyson 1987).

3.2.2 Interpretation von Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule

Die Auswertung von Röntgenbildern der Halswirbelsäule und des Rückenmarks setzt sich zusammen aus subjektiver, semiquantitativer und objektiver Analyse (Hudson & Mayhew 2005).

3.2.2.1 Röntgenanatomie und Zufallsbefunde

Das Foramen vertebrale eines jeden Wirbels besitzt annähernd rechteckige Gestalt (Whitwell & Dyson 1987). Der konvexe Wirbelkopf jedes Wirbelkörpers ist meist sanft geschwungen oder leicht abgeflacht und einigermaßen kongruent mit der konkaven Fossa vertebrae, welche eine relativ sklerotische subchondrale Knochenplatte aufweist (Butler et al. 2008). Offensichtliche Hyperflexion bzw. Subluxation im Bereich der Gelenkverbindungen zwischen C2 und C3 oder C3 und C4 können beim Pferd mit einem großen sagittalen Durchmesser ohne klinische Bedeutung bleiben (Whitwell & Dyson 1987; Butler et al. 2008).

MAYHEW (2009) fügt folgende Zufallsbefunde bei der röntgenologischen Untersuchung der Halswirbelsäule an:

- Veränderungen und Asymmetrien des Foramen vertebrale laterale des Axis
- Abweichungen der dorsalen Anteile der kaudalen Epiphysen von C2-C7, welche in den intervertebralen Raum ragen
- Verschlungene, vermindert röntgendichte Gefäßkanäle am Axiskamm
- Unregelmäßige kaudale Begrenzung des Axiskamms
- Rundliche, 3-20 mm große, zystenartige Aufhellung der Wirbelbögen, seltener der Körper aller Halswirbel
- Unterschiedliche Größe und dorsale Kontur der Procc. spinosi von C3-C6

Der Atlas entwickelt sich aus zwei seitlichen Hälften, welche schrittweise verknöchern (Butler et al. 2008). Am Atlas ist auf Röntgenaufnahmen in keinem Lebensabschnitt im seitlichen Strahlengang eine Epiphysenfuge erkennbar (Hertsch & Salam Ragab 1977), die mediane Wachstumsfuge im Arcus dorsalis jedoch im dorsoventralen Strahlengang

(Maierl et al. 1998). Der Epistropheus (C2) hat getrennte Ossifikationszentren für den Dens, den Kopf, den Körper und die kaudale Epiphyse. Ungefähr im Alter von sieben Monaten vereinigt sich der Dens mit dem Kopf (Whitwell & Dyson 1987; Butler et al. 2008). Der dritte bis siebente Halswirbel besitzt an seinem Körper je eine kraniale und kaudale Fuge (Hertsch & Salam Ragab 1977). Der Epiphysenfugenschluss (Synchondrose) ist ein schrittweiser Prozess mit individueller Schwankungsbreite (Whitwell & Dyson 1987; Butler et al. 2008). Der Schluss der kranialen Wachstumsfugen beginnt ventral und stellt sich röntgenologisch komplett abgeschlossen im Alter von zwei Jahren dar (Whitwell & Dyson 1987). Die kaudale Wachstumsfuge bleibt bis zum vierten bzw. fünften Lebensjahr offen, ihr Zusammenschluss beginnt dorsal (Whitwell & Dyson 1987). Der Axis weist Foramina vertebralia lateralia auf, deren kraniale Begrenzung bei jungen Pferden unvollständig ist (Butler et al. 2008).

3.2.2.2 Subjektive Interpretation

Bei der Beurteilung von Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule ist es wichtig, nicht nur den einzelnen Wirbel zu untersuchen, sondern den Hals als Ganzes zu betrachten, ebenso wie die Form des Wirbelkanals, die Ausrichtung der Wirbelkörper, die Größe und Form der Epiphysenfugen, die Regelmäßigkeit der intervertebralen Artikulationen und die Größe der Foramina intervertebralia (Whitwell & Dyson 1987).

MAYHEW et al. (1993) geben an, dass bei der Befundung von Röntgenbildern der Halswirbelsäule besonderes Augenmerk auf folgende Veränderungen zu legen ist:

- Vergrößerung der kaudalen Epiphysen nach dorsal in den Wirbelkanal („Ski jumps“)
- Extension des dorsalen Anteils des Wirbelbogens nach kaudal
- Stellungsanomalien der Wirbel zueinander
- abnorme Ossifikation der Gelenkfortsätze
- degenerative Gelenkerkrankung an den kleinen Wirbelgelenken

Zusätzlich zu diesen fünf Merkmalen sollte nach anderen Abnormitäten wie Frakturen/Fissuren, Diskospondylitis und Malformationen (z.B. OAAM) gesucht werden (Hudson & Mayhew 2005).

3.2.2.3 Objektive Methoden zur Interpretation

Da eine Verengung des Wirbelkanals und eine Kompression des Rückenmarks beim Pferd meist in dorsoventraler Richtung vorkommen, führten MAYHEW et al. (Mayhew et al. 1978d) die Messung des minimalen sagittalen Durchmessers (minimal sagittal diameter, MSD) des Wirbelkanals durch und verglichen dann die Werte von an CVSM erkrankten Tieren mit denen einer Kontrollgruppe. Werte nahe an oder unterhalb der so ermittelten Grenzwerte der Kontrollpopulation deuten stark auf eine mögliche Kompression hin (Mayhew 2009). Der MSD ist die kleinste Höhe des Wirbelkanals auf Höhe jedes Halswirbelkörpers, der auf Röntgenbildern der Halswirbelsäule in neutraler Position gemessen wird (Mayhew et al. 1978d). Beim Gebrauch absoluter MSD-Messstrecken besteht die Möglichkeit, dass Unstimmigkeiten aufgrund von Variationen in der radiographischen Vergrößerung und der Wirbelkörpergröße auftreten (Hudson & Mayhew 2005). Um dies auszuschalten wurden korrigierte Messstrecken errechnet, indem die absoluten Werte für den sagittalen Durchmesser durch verschiedene radiologische Messstrecken dividiert wurden (van Biervliet et al. 2006). Hierbei sind vor allem das intravertebrale sagittale Verhältnis und das intervertebrale sagittale Verhältnis von Bedeutung.

Das intravertebrale Verhältnis ist definiert als das Verhältnis des MSDs zu dem maximalen sagittalen Durchmesser des Wirbelkörpers. Dieser wird am Kranialende des Wirbelkörpers senkrecht zum Wirbelkanal gemessen (Moore et al. 1994). Generell kann man sagen, dass Pferde mit Anzeichen einer Erkrankung des Halsmarks bei denen sich Werte kleiner als 50% errechnen lassen, ein deutlich höheres Risiko für eine Stenose des Halswirbelkanals aufweisen (Mayhew 2009).

Das intervertebrale sagittale Verhältnis wird definiert als das Verhältnis der kürzesten Strecke vom kraniodorsalen Anteil des Wirbelkörpers zum Hinterende des Wirbelbogens des davor liegenden Wirbels zum MSD des nachfolgenden Wirbels (van Biervliet et al. 2006).

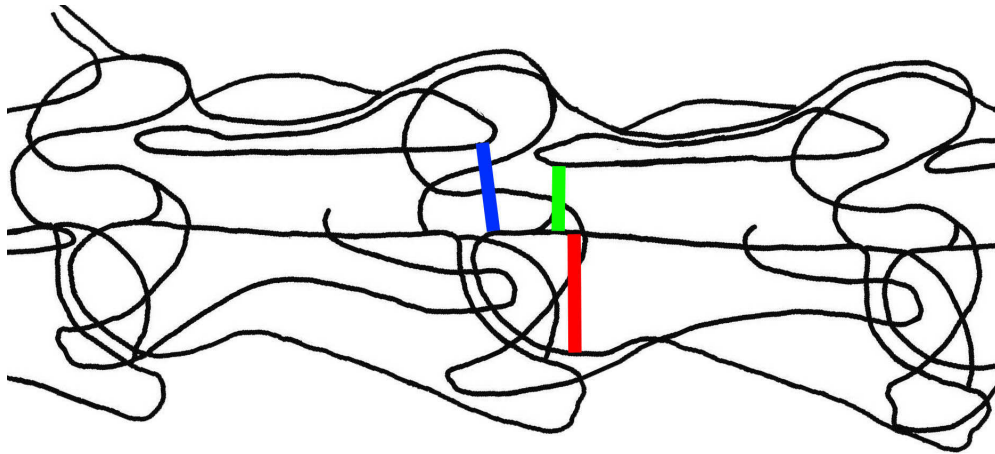


Abb. 4: Schemazeichnung eines Röntgenbildes der Halswirbelsäule im seitlichen Strahlengang, dritter und vierter Halswirbel. Der minimale sagittale Durchmesser (grüne Linie, MSD) ist die kleinste Höhe des Wirbelkanals auf Höhe jedes Halswirbelkörpers. Das intravertebrale sagittale Verhältnis wird mit Hilfe des maximalen sagittalen Durchmessers des Wirbelkörpers (rote Linie) errechnet. Das intervertebrale Verhältnis ist das Verhältnis der kürzesten Strecke vom kraniodorsalen Anteil des Wirbelkörpers zum Hinterende des Wirbelbogens des davor liegenden Wirbels (blaue Linie) zum MSD des nachfolgenden Wirbels.

Im Einzelfall ist darauf zu achten, dass die Messmethode nicht unbedingt die Stelle der Kompression richtig anzeigt (van Biervliet et al. 2006). Messwerte für das intravertebrale und intervertebrale sagittale Verhältnis, welche in qualitativ hochwertigen, streng seitlich getroffenen Röntgenbildern des Halses [...] gemessen wurden, sind jedoch sehr verlässlich bei der Aufdeckung von Fällen von CVSM (Hudson & Mayhew 2005). VAN BIERVLIET et al. (2006) weisen darauf hin, dass es nicht sinnvoll ist, sich alleine auf die sagittalen Verhältnisse zu verlassen. Stattdessen müssen die Ergebnisse mehrerer diagnostischer Test miteinbezogen werden, um die generelle Treffsicherheit der Diagnose zu verbessern. Auch andere Autoren geben an, dass die Verwendung des intravertebralen sagittalen Verhältnisses allein lediglich einen geringen Informationsgewinn erbringt (Schütte 2005). Hier war zur korrekten Diagnose einer Rückenmarkskompression bei ataktischen Tieren in allen Fällen eine myelographische Untersuchung notwendig.

HETT (1999) beschäftigte sich in ihrer Studie mit der Objektivierung der Röntgendiagnostik an der arthrotisch veränderten Halswirbelsäule des Pferdes und konnte Cut-off-Werte für die Höhe und Länge der Gelenkfacetten an C6 und C7 entwickeln.

3.2.2.4 Semiquantitative Methoden zur Interpretation

Ein semiquantitatives Scoring-System wurde für Vollblutfohlen, welche älter als ein Jahr sind, entwickelt [...] (Mayhew et al. 1993). Hierbei wird die Stenose des Wirbelkanals durch Division des MSDs durch die Wirbelkörperlänge geschätzt und außerdem fließen die fünf subjektiven Charakteristika, die weiter oben bereits beschrieben wurden mit ein (vgl. S. 35) (Mayhew et al. 1993).

3.2.3 Röntgenologische Befunde der einzelnen Erkrankungen

Bei der CVI ist die Subluxation oft schon in Ruhehaltung sichtbar und wird beim Abbiegen des Halses betont (Whitwell & Dyson 1987). Die Subluxationsstellung ist häufig von einer oder mehreren [...] Entwicklungsanomalien begleitet, und gemeinsam führen sie zu einer örtlich signifikanten Verkürzung des Längsdurchmessers des Wirbelkanals (Whitwell & Dyson 1987). Arthropathien der Synovialgelenke des Halses [...] sind röntgenologisch als verschwommene oder unruhige Konturen erkennbar (Whitwell & Dyson 1987; Butler et al. 2008). Es wird neue periartikuläre Knochensubstanz gebildet, dies führt zu einer massiven Vergrößerung der Gelenkfortsätze, was unter anderem eine deutlichen Verkleinerung der Foramina intervertebralia nach sich zieht (Hett 1999; Butler et al. 2008). Außerdem lassen sich folgende Veränderungen erkennen: Vergrößerungen und Deformationen der Procc. articulares, eine subchondrale Sklerose und unregelmäßige Gelenkspalten (Fürst 2006). Gelegentlich treten auch subchondrale Aufhellungen auf (Hett 1999). BSCHORER (1988) betont, dass ein röntgenologisch im Sinne einer Arthropathia deformans verändertes Gelenk nicht beweisend für eine Läsion des Rückenmarks im selben Bereich ist, da er bei 18,2% der von ihm untersuchten Pferde zumindest den Verdacht auf eine Umgestaltung eines Facettengelenks stellen konnte, wobei diese Tiere keine klinische Problematik einer Halswirbelsäulenerkrankung aufwiesen.

Die meisten Frakturen sind auf den Röntgenaufnahmen im seitlichen Strahlengang [...] darstellbar (Hertsch & Lieske 1978; Pinchbeck & Murphy 2001). Im Laufe der Zeit kann sich eine Verwachsung angrenzender Wirbel entwickeln [...] (Butler et al. 2008). Bei einer Impressionsfraktur des Wirbelkörpers [...] kann ein dreieckiges Knochenbruchstück aus dem ventralen Bereich der kranialen Anteile, der beiden eingeklemmten Wirbelkörper verschoben werden und als röntgenologische Normabweichung ohne klinische Bedeutung abheilen (Whitwell & Dyson 1987).

Die abnorme Lage der Wirbel bei einer Luxation kann auf einer seitlichen Röntgenaufnahme leicht entdeckt werden, außerdem sollte eine sorgfältige Suche nach gegebenenfalls vorliegenden Frakturen erfolgen (Butler et al. 2008).

Zur genauen Beurteilung einer OAAM sind Röntgenbilder im seitlichen und ventrodorsalen Strahlengang erforderlich (Butler et al. 2008), wobei auch nur auf seitlichen Aufnahmen eine in-vivo Diagnose gestellt werden kann (Bell et al. 2007). Das Fehlen von Reizkallus lässt die angeborene knöcherne von der frakturbedingten Verschmelzung unterscheiden (Whitwell & Dyson 1987).

Röntgenologisch sichtbare Veränderungen bei Osteomyelitis der Wirbelkörper treten erst ab zwei bis acht Wochen nach dem Auftreten klinischer Symptome auf (Markel et al. 1986). Örtlich begrenzte, partiell strahlendurchlässige Gebiete stellen sich bei Osteomyelitis röntgenologisch dar, wobei viele Fohlen sterben, bevor osteosklerotische Knochenumbauprozesse stattfinden können. Bei älteren Pferden hingegen zeigen sich partiell strahlendurchlässige Bezirke unterschiedlicher Form und Größe, umgeben von osteosklerotischen Knochenzonen (Whitwell & Dyson 1987). Ebenso werden proliferative Veränderungen beobachtet (Richardson 1986) und gegebenenfalls können Abszesse im Weichteilgewebe deutlich werden (Tyson et al. 2004). Sollten die kleinen Wirbelgelenke involviert sein, ist deren Gelenkspalt verengt (Kelly et al. 1972). Ähnlich verhält es sich auch bei der röntgenologischen Bewertung einer Diskospondylitis. Im Bereich der kaudalen Endplatte eines Halswirbels und/oder dem kranialen Anteil des folgenden Knochens können fokale oder diffus verteilte Zonen verminderter Strahlendichte und teilweise Sklerose beobachtet werden. Dies kann in einigen Fällen mit einer Verschmälerung oder Verbreiterung des Zwischenwirbelspaltes einhergehen (Colbourne et al. 1997).

Ungleichmäßige Strahlendichte der Wirbelkörper, die einen diffus verschwommenen Eindruck hinterlassen, sind für Neoplasien des Knochenmarks verdächtig (z.B. Lymphosarkomatose, Plasmazelltumor) (Whitwell & Dyson 1987).

Beim Zwischenwirbelscheibenvorfall sind röntgenologische Befunde eine Verengung des Gelenkspaltes, Veränderung der am Gelenk beteiligten Knochenoberflächen und veränderte subchondrale Knochendichte (Butler et al. 2008).

Bei dem Fall, bei dem ein Befall der Gelenkkapseln der Facettengelenke mit *Onchocerca* sp. zu einer Kompression des Rückenmarks führte, konnten röntgenologisch keine Veränderungen dargestellt werden (Hestvik et al. 2006).

TIETJE (1996) beschreibt in seinen Untersuchungen an Pferden mit Veränderungen am ersten Kopfgelenk röntgenologische Veränderungen an der Art. atlantooccipitalis. Zum einen war dies eine unscharfe Knochenkontur der kaudalen Condylus occipitales, zum anderen eine relativ deutliche subchondrale Aufhellung

WAGNER (2002) gelang es bei seinen Untersuchungen zur Anatomie der Nackenschleimbeutel erwartungsgemäß nicht, eine akute Entzündung in einem der Schleimbeutel oder im unmittelbar angrenzenden Weichteilgewebe mit Hilfe der Röntgenuntersuchung zu belegen. Erst im Zuge einer einsetzenden Mineralisation konnte er diese pathologischen Veränderungen darstellen.

Bei dem durch HANLON et al. (1981) beschriebenen Fall eines achtjährigen Pinto-Wallachs konnten röntgenologisch mehrere vermindert strahlendichte Bezirke verteilt auf die Wirbelkörper, -bögen, Gelenk- und Dornfortsätze dargestellt werden.

III Material und Methoden

1. Material

Im Rahmen der Studie wurden Röntgenaufnahmen der kranialen Halswirbelsäule (C1-C4) von insgesamt 138 Pferden, die allesamt aus dem Patientengut der Klinik für Pferde der LMU München stammten, ausgewertet. Bei 39 dieser Pferde konnten außerdem die ersten vier Halswirbelknochen nach Präparation untersucht werden. Es erfolgte eine Einteilung in drei Patientengruppen.

1.1 Patientengruppe 1 – euthanasierte Pferde

In diese Patientengruppe wurden 39 Pferde aufgenommen, die aus unterschiedlichen Gründen euthanasiert wurden. Gründe für die Tötung der Tiere waren Tumor-erkrankungen (9/39 = 23%), orthopädische Probleme (7/39 = 18%), Krankheiten der Augen, meist in Verbindung mit beidseitiger Blindheit (5/39 = 13%), Kolik (8/39 = 21%) und internistische Erkrankungen (10/39 = 26%).

1.2 Patientengruppe 2 – klinische unauffällige Pferde

In der Patientengruppe 2 wurden insgesamt 70 Pferde untersucht. Kriterium für die Aufnahme in diese Untersuchungsgruppe war, dass die Pferde nicht aufgrund einer neurologischen Symptomatik vorgestellt wurden und eine neurologische Untersuchung keine Auffälligkeiten zu Tage brachte.

1.3 Patientengruppe 3 – Pferde mit klinischen Symptomen

In Gruppe 3 wurden 29 Pferde aufgenommen, bei denen aufgrund klinischer Symptomatik Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule angefertigt wurden und Arthrosen der Facettengelenke zwischen fünftem und siebtem Halswirbel diagnostiziert werden konnten. Es erfolgte die retrospektive Auswertung der vorliegenden Röntgenaufnahmen (C1-C4).

2. Methode

2.1 Euthanasie der Pferde aus Patientengruppe 1

Die Tötung der Pferde aus Gruppe 1 wurden in der Regel mit Pentobarbital-Na (Eutha 77®, 80 mg/kg) in einer gepolsterten Aufwachbox durchgeführt. Tiere, bei denen ein Transport in diese Box nicht möglich war (z.B. festliegend), wurden auf gleiche Art und Weise vor Ort getötet. Bei einigen Patienten erfolgte die schmerzlose Tötung intraoperativ.

Unmittelbar im Anschluss an die Tötung wurden die Pferde in den Röntgenraum zur röntgenologischen Untersuchung verbracht.

2.2 Voruntersuchung der Pferde aus Patientengruppe 2

Vorraussetzung für die Aufnahme von Pferden in Patientengruppe 2 war, dass sie in einer neurologischen Untersuchung mit besonderem Augenmerk auf Anzeichen von Bewegungsstörungen und andere Symptome, die auf Krankheiten der Halswirbelsäule hindeuten könnten, sowie einer Allgemeinuntersuchung keine Auffälligkeiten zeigten. Diese Untersuchungen wurden in der Zeit des Klinikaufenthalts der untersuchten Pferde entweder vor oder nach der unten beschriebenen Anfertigung der Röntgenaufnahmen durchgeführt. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Pferde zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht unter dem Einfluss einer entzündungshemmenden Medikation standen, weil dies eventuell Symptome einer Halswirbelsäulenerkrankung verschleiern hätte können.

Zuerst erfolgte die *Allgemeinuntersuchung*, im Anschluss daran eine *neurologische Untersuchung* nach oben beschriebenem Schema (siehe S. 28).

2.3 Anfertigung der Röntgenaufnahmen

2.3.1 Verwendete Röntgentechnik

Zur Anfertigung der Röntgenaufnahmen wurde ein stationärer, mikroprozessor-gesteuerter Multipuls-Röntgeneratorsystem mit einer Leistungsfähigkeit von 800 mA bei 100 kV bzw. 530 mA bei 150 kV (Polydoros® 80, Fa. Siemens) verwendet. Als Detektorsystem fungierte das System XDR1-M® der Firma Veterinärmedizinisches Dienstleistungszentrum GmbH (VetZ), Hannover, mit einem Flachdetektor aus amorphem Silizium mit Szintillator (CXDI-50G®, Fa. Canon). Die maximale Bildgröße hierbei betrug 35x43 cm. Alle Aufnahmen wurden mit einem Parallelraster mit einem Schichtverhältnis von 8:1 und 40 Linien pro cm angefertigt.



Abb. 5: XDR1-M® (1) mit Flachdetektor CXDI-50G® (2) und Parallelraster (3).

2.3.2 Lagerung der Tiere zur röntgenologischen Untersuchung

Die Röntgenaufnahmen der Probanden der Gruppe 1 wurden am toten Pferd in Seitenlage aufgenommen, die Röntgenuntersuchung der Patienten der Gruppe 2 erfolgte am stehenden Pferd. Es wurden zunächst jeweils zwei Übersichtsaufnahmen der kranialen Halswirbelsäule im Strahlengang sinistro-dexter (270°) angefertigt (C1 und C2, C3 und C4), wobei der Zentralstrahl auf die Gelenke zwischen Atlas und Axis bzw. zwischen drittem und viertem Halswirbel gerichtet war. Mit Hilfe der am Strahlenaustrittsfenster befestigten Blenden (bewegliche Bleilamellen) erfolgte die Eingrenzung des Primärstrahlenbündels auf den für die jeweiligen Aufnahmen relevanten Bereich.

Da es für die Vergleichbarkeit und Auswertbarkeit der Röntgenaufnahmen der Pferde aus Gruppe 1 von enormer Wichtigkeit schien, bei der Lagerung in Seitenlage eine möglichst standardisierte und physiologische Positionierung unter Vermeidung von übermäßiger Extension oder Flexion von Kopf und Hals zu erreichen, wurde hierfür in einem Vorversuch zunächst ein geeignetes System entwickelt. So wurde bei 21 Pferden, die im Rahmen des alltäglichen Klinikbetriebs sediert wurden, mit Hilfe eines Winkelmessers aus Holz bei freier Kopf-Hals-Haltung der Winkel α zwischen einer Geraden vom Widerrist bis zum höchsten Punkt des Genicks und einer Parallelen zum Nasenrücken gemessen. Die medikamentöse Ruhigstellung erfolgte durch intravenöse Injektion eines alpha2-Rezeptoragonisten in Kombination mit einem Opioid (0,01-0,03 mg/kg Detomidinhydrochlorid + 0,05-0,1 mg/kg Levomethadonhydrochlorid oder 0,4-0,6 mg/kg Xylazin + 0,05-0,075 mg/kg Levomethadonhydrochlorid). Hierbei ergaben sich Messwerte zwischen 99° und 139°. Der Mittelwert betrug gerundet 114° und kam später bei der Lagerung der Tiere in Seitenlage zum Einsatz.



Abb. 6: Messung des Winkels α zwischen einer Geraden vom Widerrist bis zum höchsten Punkt des Genicks und einer Parallelen zum Nasenrücken am sedierten Pferd.

Zur Aufnahme der Röntgenbilder im Strahlengang sinistro-dexter (270°) wurden die Pferde zunächst in rechter Seitenlagen auf dem Boden des Röntgenraums platziert, die Vorderbeine mittels Textilschlingen am Haken eines Deckenkrans befestigt und so nach hinten gezogen. Der Hals wurde auf einer gepolsterten Schaumstoffmatte gelagert, wobei mit Hilfe einer Schablone sichergestellt wurde, dass der im Vorversuch ermittelte Winkel α (114°) für die Halspositionierung eingehalten wurde. Diese Stellung wurde durch ein Seil, das den Unterkiefer mit der Karpalregion der linken Vordergliedmaße verband, fixiert. Zwischen Hals und Schaumstoffmatte wurde der Flachdetektor in die jeweilige erforderliche Position parallel zur Halswirbelsäule eingebracht. Waren die untersuchten Halsbereiche und der Detektor nicht parallel, wurde dies mit Hilfe von weiteren Schaumstoffkissen oder von Holzklötzen, die unter den Schädel oder Hals geschoben wurden, ausgeglichen. Nach Ausrichtung der Röntgenröhre auf die relevanten Bereiche und im rechten Winkel zur Detektorplatte in einem Fokus-Film-Abstand von einem Meter, erfolgte die Belichtung mit 66-75 kV und 36-50 mAs.

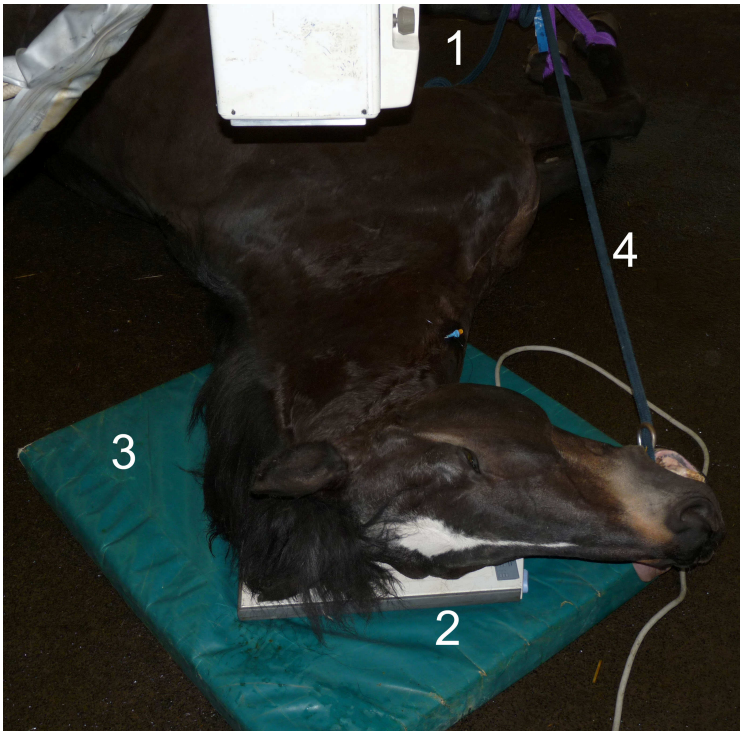


Abb. 7: Lagerung eines Patienten aus Gruppe 1 zur Aufnahme von Röntgenbildern der Region C1/C2: Die Detektorplatte (2) liegt dem Pferdekopf an, senkrecht dazu steht die Röntgenröhre (1) in einem Abstand von 1m. Kopf und Hals liegen auf einer Schaumstoffmatte (3) und um Hyperextension oder Flexion zu vermeiden, ist der Kopf über ein Seil (4), das ihn mit den Karpalgelenken verbindet, fixiert.



Abb. 8: Lagerung eines Pferdes zur röntgenologischen Untersuchung. Mit Hilfe eines hölzernen Winkelmessers und eines Seils, das das Maul mit dem Vorderfusswurzelgelenk verbindet, wird der Winkel α eingestellt.

Die Röntgenaufnahmen der Pferde der Patientengruppe 2 wurden allesamt am stehenden Pferd aufgenommen, wobei die Tiere durch intravenöse Injektion eines alpha2-Rezeptoragonisten in Kombination mit einem Opioid aus einem anderen Grund sediert waren. Es wurden 61 Pferde während der präanästhetischen Sedation vor Eingriffen in Vollnarkose untersucht ($61/70 = 87\%$), acht Pferde wurden zu diagnostischen Zwecken sediert ($8/70 = 12\%$) und ein Patient zur Zahnbehandlung ($1/70 = 1\%$).

Die Tiere wurden zur Aufnahme der Röntgenbilder durch eine Hilfsperson am Kopfhalter mit Führstrick fixiert, wobei darauf geachtet wurde, dass eine möglichst horizontale Kopf-Hals-Haltung beibehalten wurde (kein Überstrecken, Abbiegen oder Abknicken von Kopf und Hals) und alle vier Gliedmaßen gleichmäßig belastet waren. Zur Anfertigung der kranialen Aufnahmen wurde ein Kopfhalter aus Hanf angelegt, um Artefakte zu vermeiden (Butler et al. 2008; Weaver & Barakzai 2010). Der Flachdetektor wurde in einen fahrbaren Kassettenhalter eingespannt und, zur Minimierung von Vergrößerungseffekten, möglichst nahe an den Hals des Pferdes gebracht. Bei der Ausrichtung des Detektors wurde auf exakte Parallelität zur Halswirbelsäule geachtet. Der Zentralstrahl wurde senkrecht zum Detektor justiert. Die Belichtung erfolgte, je nach Pferdegröße bzw. Halsdicke mit 73-81 kV und 45-63 mAs, der Fokus-Film-Abstand betrug einen Meter.



Abb. 9: Anfertigen einer Röntgenaufnahme des Bereiches C1/C2 am stehenden, sedierten Pferd. Die Röntgenröhre (1) ist senkrecht zur Flachdetektorplatte (2) ausgerichtet, welche in einem fahrbaren Kassettenhalter (3) montiert ist.

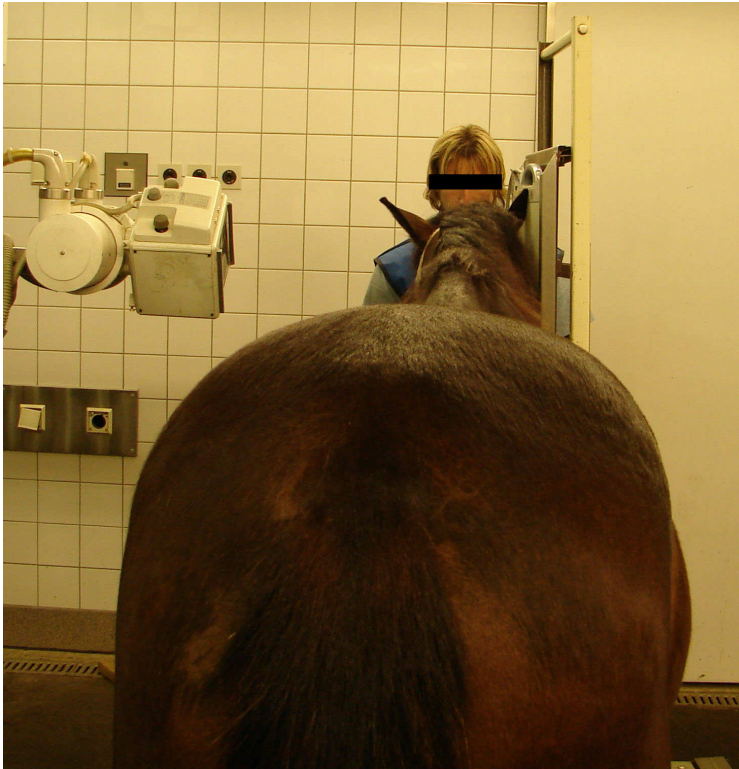


Abb. 10: Bei der Lagerung der stehenden Pferde wird auf exakte Parallelität zwischen Halswirbelsäule und Detektorsystem geachtet. Der Zentralstrahl der Röntgenröhre wird im rechten Winkel dazu ausgerichtet.

2.3.3 Strahlenschutz

Im Rahmen der Anfertigung aller Röntgenaufnahmen wurde besonders auf die genaue Einhaltung der Vorschriften der aktuell geltenden Röntgenverordnung ((RöV), Fassung vom 30.04.2003), insbesondere der Paragraphen 2a-c (Strahlenschutzgrundsätze) und der Paragraphen 21 (Schutzvorkehrungen) und 35 (Zu überwachende Personen und Ermittlung der Körperdosis) geachtet. Bei der Aufnahme der Röntgenbilder trugen alle anwesenden Personen Röntgenschutzwesten (Bleigleichwert vorne: 0,35 mm; hinten: 0,25 mm) sowie Bleikragen (Bleigleichwert: 0,5 mm) zum Schutz der Schilddrüse. Das Auslösen der Röntgenröhre bei Patienten der Gruppe 1 erfolgte mit dem größtmöglichen Abstand zur Strahlenquelle, wobei sich nur die auslösende Person im Raum befand. Bei Aufnahmen der Gruppe 2, bei denen eine Fixation der Tiere durch eine Halteperson notwendig war, trug diese zusätzlich bleierne Schutzhandschuhe (Bleigleichwert: 0,35 mm) und versuchte, einen möglichst großen Abstand zum Zentralstrahl der Röntgenröhre einzuhalten. Die Messung der Personendosis erfolgte in allen Fällen mit Hilfe eines auf Brusthöhe getragenen Filmdosimeters.

2.4 Vermessung des Halses

Bei den Pferden der Patientengruppen 1 und 2 wurden die **dorsale Halslänge**, sowie die **Halsdicke** im Bereich der Halsmitte gemessen, um später einen Eindruck über den Zusammenhang zwischen Befunden und den Halsdimensionen zu erhalten. Die erstgenannte Messtrecke wurde definiert als die Verbindung zwischen der Crista nuchae und der höchsten Stelle des Widerrists. Diese Strecke wurde mit Hilfe eines handelsüblichen Maßbandes gemessen und die Werte auf den vollen Zentimeter gerundet notiert. Die Halsdicke wurde auf halber Höhe des Halses, im Bereich des Übergangs C3 / C4 mittels einer Schiebleere aus Holz bestimmt und die Werte gerundet auf die erste Dezimalstelle angegeben. Beide Strecken wurden an den bereits zur röntgenologischen Untersuchung nach oben beschriebenem Vorgehen gelagerten (siehe S. 44) Pferden bestimmt. Am liegenden Tier wurde die Metallplatte der Schiebleere an entsprechender Stelle unter den Hals geschoben.

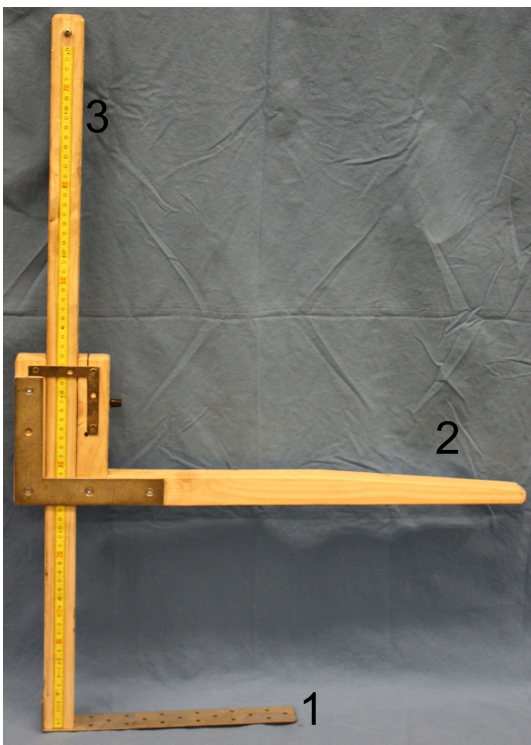


Abb. 11: Schiebleere zur Messung der Halsdicke auf halber Höhe des Halses. Am liegenden Pferd wird die Metallplatte (1) unter den Hals geschoben und mittels des beweglichen Holzarmes (2) wird die Halsdicke eingestellt. Am aufgebrachten Maßband (3) kann der ermittelte Wert abgelesen werden.

2.5 Auswahl der Röntgenbilder der Patientengruppe 3

Die Auswahl geeigneter Patienten für Patientengruppe 3 erfolgte mit dem Computerprogramm easyVET® der Firma Veterinärmedizinisches Dienstleistungszentrum GmbH (VetZ), Hannover. Es wurden zunächst alle Pferde herausgefiltert von denen Röntgenaufnahmen der gesamten Halswirbelsäule vorlagen. Danach erfolgte eine Kontrolle der Bilder auf Auswertbarkeit der Aufnahmen, die die Strukturen vom Okziput bis einschließlich vierten Halswirbel zeigten. Waren die Bilder nicht von ausreichender Qualität – meist waren sie stark verkippt – wurden die Patienten nicht in die Studie aufgenommen. Im Anschluss daran wurden die Patientenakten der in Frage kommenden Pferde überprüft.

Es sollten nur solche Pferde untersucht werden, die bei den durchgeführten klinischen Untersuchungen Anzeichen für eine Krankheit der Halswirbelsäule zeigten und bei denen als Ursache hierfür röntgenologisch sichtbare Facettengelenkarthrosen zwischen fünftem und siebtem Halswirbel diagnostiziert werden konnten. Dies wurde auf den entsprechenden Röntgenaufnahmen nachvollzogen.

2.6 Herstellung der Wirbelpräparate der Patientengruppe 1

Zur Herstellung der Wirbelpräparate wurde vom Tierkörper zunächst der Hals im Bereich des Übergangs von Hals- zu Brustwirbelsäule abgetrennt. Nach der Enthäutung von Hals und Kopf und Absetzen des Kopfes erfolgte das Freilegen der Halswirbelsäule durch grobes Entfleischen. Die Mazeration der Halswirbelknochen erfolgte im Wasserbad bei 90 °C für 48-72 Stunden unter Zusatz von handelsüblichem Waschmittel. Zur gründlichen Entfettung wurden die mazerierten Wirbelknochen nach sorgfältiger Reinigung unter fließendem Wasser und anschließender Trocknung in ein Bad aus 98%igem Aceton verbracht. Die Entfettung nahm neun Wochen in Anspruch, wobei in Abständen von drei Wochen ein Austausch des Lösungsmittels erfolgte. Der vollständigen Entfettung folgte das Bleichen der Wirbel, wobei eine handelsübliche 30%ige Wasserstoffperoxydlösung im Verhältnis 1:5 mit Wasser verdünnt und die mazerierten und entfetteten Präparate für 24 – 48 Stunden bis zur vollständigen Bleichung darin eingelegt wurden.

2.7 Auswertung der Röntgenaufnahmen und Untersuchung der Wirbelpräparate

Die Auswertung der Röntgenaufnahmen erfolgte mit Hilfe des Computerprogramms easyIMAGE® der Firma Veterinärmedizinisches Dienstleistungszentrum GmbH (VetZ), Hannover, an einem 2 Megapixel Graustufen-Befundungsmonitor mit einer Bildschirmdiagonalen von 20,1 Zoll (EIZO Radiforce® G20, Fa. TBS Computer-Systeme GmbH, Waakirchen) in einer Auflösung von 1200 x 1600 Bildpunkten bzw. an einem 1,3 Megapixel LCD-Farbmonitor mit einer Bildschirmdiagonalen von 19 Zoll (EIZO Radiforce® R12, Fa. TBS Computer-Systeme GmbH, Waakirchen) in einer Auflösung von 1024x1280 Bildpunkten.

2.7.1 Erstellen einer Schemazeichnung zur Dokumentation der Röntgenbefunde

Um relevante Röntgenbefunde dokumentieren zu können, wurde anhand zweier qualitativ hochwertiger Röntgenbilder (C1-C2 und C3-C4) jeweils eine Schemazeichnung der relevanten knöchernen Strukturen angefertigt. Bei den Röntgenbildern handelte es sich um Aufnahmen, die nach oben beschriebener Weise im Liegen am toten Pferd angefertigt wurden.



Abb. 12: Vorlage für das Erstellen der Schemazeichnung des Bereiches C1 / C2.

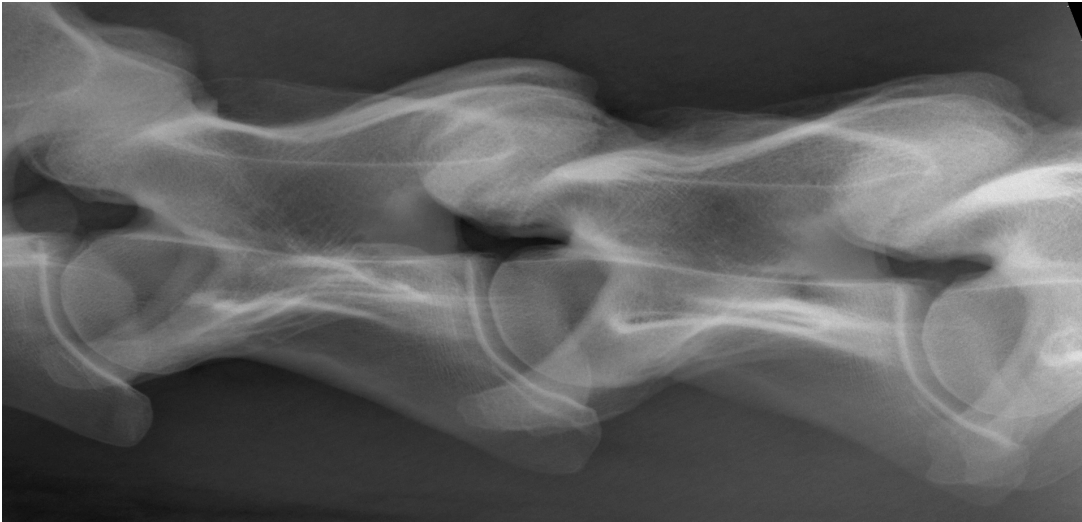


Abb. 13: Vorlage für das Erstellen der Schemazeichnung des Bereiches C3 / C4.

Die Röntgenbilder wurden im JPEG-Dateiformat im Computerprogramm Adobe® Photoshop® Version 9.0 geladen. Mit den Tools “Gradationskurven” und “Helligkeit/Kontrast” wurde der Kontrast des Bildes so verändert, dass relevante Knochenlinien und -strukturen sich deutlicher abzeichneten. Im Anschluss daran wurden die entsprechenden Linien, in mehreren über das Originalbild gelegten Zeichenebenen nach Vergrößerung der jeweiligen Bildanteile mit Hilfe des Tools “Buntstift” nachgefahren. Als Eingabegerät fungierte hier ein digitales Stifttablet, das mittels USB-Anschluss mit dem PC verbunden wurde (BAMBOO® Tablett mit Stift, Fa. WACOM® Europe GmbH, Krefeld). Zum Schluss wurde die Zeichenebene mit dem ursprünglichen Röntgenbild entfernt, so dass nun lediglich die gezeichneten Umrisse sichtbar waren. Etwaige Unregelmäßigkeiten wurden hier noch ausgeglichen und die nun fertige Schemazeichnung im JPEG-Dateiformat gespeichert.

2.7.2 Auswertung der Röntgenbilder und der Wirbelpräparate der Patientengruppe 1

Bei den Patienten der Gruppe 1 erfolgte zunächst die Auswertung der Röntgenbilder unabhängig von den vorliegenden Wirbelpräparaten, welche im Anschluss daran gesondert untersucht wurden. Ein direkter Vergleich zwischen den röntgenologischen und makroskopischen Befunden erfolgte erst nach der getrennten Auswertung des Untersuchungsgutes.

2.7.3 Auswertung der Röntgenbilder der Patientengruppe 1

Es erfolgte die Beurteilung der Facettengelenke zwischen Axis und C3 und zwischen C3 und C4. Dabei wurde auf röntgenologisch sichtbare Arthroseanzeichen geachtet. Als Anzeichen für Facettengelenkarthrose galten folgende Befunde:

- Vergrößerte Facettengelenke
- Unruhige Kontur der sichtbaren Facettengelenkanteile
- Röntgendichte (knöcherne) Zubildungen im Bereich der kleinen Wirbelgelenke
- Unregelmäßiger, verbreiteter oder verengter Gelenkspalt
- Sklerose (fokal oder partiell)
- Aufhellungen

Nach der Erfassung der Befunde erfolgte je nach deren Ausprägung und Häufung eine Einstufung des beurteilten Gelenkes in fünf verschiedene Arthroseklassen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Einteilung der Facettengelenke in fünf verschiedene Arthroseklassen anhand der röntgenologisch sichtbaren Anzeichen für Facettengelenkarthrose.

Klasse 0	<i>ohne Anzeichen für Facettengelenkarthrose</i>
Klasse 1	<i>geringgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose</i> Auftreten eines Befundes in geringer Ausprägung
Klasse 2	<i>mittelgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose</i> Auftreten mehrerer Befunde in geringer Ausprägung oder Auftreten eines Befundes in deutlicher Ausprägung
Klasse 3	<i>hochgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose</i> Auftreten mehrerer Befunde in deutlicher Ausprägung
Klasse 4	<i>höchstgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose</i> Auftreten mehrerer Befunde in deutlicher Ausprägung mit Veränderungen der angrenzenden Knochenstrukturen

Knöcherne Zubildungen und Unregelmäßigkeiten ventral am Proc. articularis, die von dorsal ins Foramen intervertebrale ragten, flossen nicht mit in die Beurteilung ein, wurden jedoch gesondert dokumentiert, weil solche knöchernen Auftreibungen auf der Unterfläche der Procc. articulares sowohl bei gesunden als auch bei kranken Pferden gefunden werden können (Whitwell & Dyson 1987).

Nach der Beurteilung der Facettengelenke erfolgte die Befundung der übrigen knöchernen Strukturen beginnend an der Art. atlantooccipitalis nach kaudal bis zur Extremitas caudalis des dritten Halswirbels. Hierbei wurde auf Abweichungen von der normalen Röntgenanatomie bezüglich Kontur und Struktur der knöchernen Anteile der kranialen Halswirbelsäule, sowie auf Unregelmäßigkeiten im direkt die Knochen umgebenden Weichteilgewebe geachtet. Nach der Untersuchung der vorliegenden Wirbelknochen wurden diese Befunde mit den entsprechenden Gegebenheiten am Präparat verglichen.

2.7.4 Untersuchung der Wirbelpräparate der Patientengruppe 1

Nach der Auswertung der Röntgenaufnahmen erfolgte die Untersuchung der vier vorliegenden Wirbelknochen (C1-C4). Auch hier wurden zunächst die Anteile betrachtet, die zur Bildung der Facettengelenke beitragen. Dies erfolgte streng unabhängig von den entsprechenden Röntgenbildern, ein Vergleich mit den röntgenologischen Befunden erfolgte erst nach Abschluss der gesamten Untersuchung.

Hier wurden beide gelenkbildende Anteile (kaudale Gelenkfortsätze des einen und entsprechende kraniale Gelenkfortsätze des nachfolgenden Wirbels) auf Arthroseanzeichen untersucht. Als Veränderungen im Sinne einer Arthrose wurden, in Anlehnungen an die unter 2.1.3 beschriebenen Gegebenheiten, folgende Befunde gewertet:

- Unregelmäßigkeiten im Bereich des Gelenkrandes
- Unebenheiten des subchondralen Knochens
- Verbreiteter oder unregelmäßiger Verlauf des Gelenkrandes
- Asymmetrien im Vergleich mit dem entsprechenden Facettengelenk der Gegenseite
- Übermäßige Bildung periartikulärer Gefäßkanäle
- Periartikuläre Knochenzubildungen

Veränderungen des planen Verlaufs der Gelenkfläche im Sinne einer dachfirstartigen Abknickung in der Sagittalebene wurden nicht als Arthroseanzeichen gewertet. Auch dann nicht, wenn diese Veränderungen im Seitenvergleich an den entsprechenden Facettengelenken unterschiedlich stark ausgeprägt waren, da sie BOLLWEIN (1986) für altersbedingte Veränderungen hält. Diese Befunde wurden jedoch nach ihrer Ausprägung in gering-, mittel-, hoch- und höchstgradig eingestuft und dieses Ergebnis gesondert dokumentiert.

Je nach Anzahl und Ausprägung von Arthroseanzeichen an den untersuchten Knochenpräparaten erfolgte eine Einstufung der kleinen Wirbelgelenke in fünf verschiedene Klassen in Anlehnung an die bereits beschriebene Klassifizierung der entsprechenden Röntgenbilder (siehe Tabelle 3).

In diese Beurteilung flossen immer die Befunde beider gelenkbildenden Anteile, also sowohl des Proc. articularis caudalis des vorhergehenden Wirbels als auch des Proc. articularis craniales des nachfolgenden Wirbels mit ein. Ebenso wurde immer das jeweilige rechte und das jeweilige linke Facettengelenk mit einbezogen.

Tabelle 3: Einteilung der Facettengelenke in fünf verschiedene Arthroseklassen anhand der Anzeichen für Arthrose an den kleinen Wirbelgelenken der Knochenpräparate.

Klasse 0	<i>ohne Anzeichen für Facettengelenkarthrose</i>
Klasse 1	<i>geringgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose</i>
Klasse 2	<i>mittelgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose</i>
Klasse 3	<i>hochgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose</i>
Klasse 4	<i>Höchstgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose</i>

Im Anschluss an die Untersuchung der Procc. articulares erfolgte die Untersuchung der restlichen knöchernen Strukturen. Hier wurde prinzipiell auf Abweichungen vom normalanatomischen Zustand, wie knöcherne Zubildungen, Veränderungen im Bereich der Kopfgelenke, abnorm verlaufende Knochengrenzen oder Strukturveränderungen geachtet. Diese wurden zunächst erfasst und danach direkt mit den entsprechenden Befunden, die auf den Röntgenbildern zu sehen waren verglichen.

2.8 Auswertung der Röntgenbilder der Gruppen 2 und 3

Nach dem Abschluss der Untersuchungen an Patientengruppe 1 wurde mit der Auswertung der vorliegenden Daten der Patienten, von denen keine Wirbelpräparate vorlagen, fortgefahren.

Die Befundung der röntgenologischen Abbildungen der Facettengelenke erfolgte nach der unter 2.7.3 erklärten Vorgehensweise. Es wurde ebenfalls eine Einstufung in fünf verschiedene Arthroseklassen, je nach Auftreten und Ausprägung von röntgenologisch sichtbaren Arthroseanzeichen vorgenommen.

Die restlichen dargestellten Knochenstrukturen wurden generell auf Abweichung von der normalen Röntgenanatomie untersucht, speziell wurde auf die beim Vergleich zwischen Röntgenbildern und Wirbelpräparaten dargestellten Veränderungen geachtet.

2.9 Statistische Verfahren

Zur Darstellung der Zusammenhänge zwischen den ermittelten Daten in den verschiedenen Patientengruppen fanden verschiedene statistische Verfahren ihre Anwendung.

Da für die erhobenen Daten aufgrund der Stichprobengröße und Beschaffenheit in den meisten Fällen keine Normalverteilung angenommen werden konnte, wurden nicht-parametrische Verfahren eingesetzt um auf signifikante Unterschiede zu testen. Bei nominalem Messniveau fand der „**Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest**“ seine Anwendung. Bei ordinalem Messniveau wurde der „**Wilcoxon-Unabhängigkeitstest**“ (Wilcoxon sign rank test) eingesetzt. (Fahrmeir et al. 2001).

Im Gegensatz dazu konnte bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Patientenalter und Gruppenzugehörigkeit eine Normalverteilung angenommen werden. Deshalb wurde bei dieser speziellen Fragestellung eine **Varianzanalyse (ANOVA)** durchgeführt (Bender et al. 2002a). Als Signifikanzniveau wurde in allen Fällen $\alpha = 0,05$ gewählt.

Zur Quantifizierung bestimmter Zusammenhänge erfolgte in einigen Fällen die Berechnung des **Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizient r**, welcher die Stärke des linearen Zusammenhangs zweier Merkmale verdeutlicht. FAHRMEIR et al. (2001) bezeichnen einen Wert von $|r| < 0,5$ als schwache Korrelation, von mittlerer Korrelation

wird bei $0,5 < |r| < 0,8$ gesprochen und für Werte darüber wird von einer hohen Korrelation ausgegangen.

Die Beurteilung der röntgenologischen Untersuchung als diagnostischen Test zur Detektion von Facettengelenkarthrosen wurde durch die Berechnung von **Sensitivität**, **Spezifität** und dem **positiven prädiktiven Wert (PPV)** des Messverfahrens vorgenommen (Bender & Lange 2001). Als “Goldstandard” wurden hierfür die Ergebnisse der makroskopischen Untersuchung der Wirbelpräparate verwendet.

Der Einfluss der ermittelten Werte für die dorsale Halslänge und für die Halsdicke auf die tatsächliche Ausprägung der Facettengelenkarthrosen und die röntgenologische Bewertung der Facettengelenke wurde mit Hilfe der **einfachen linearen Regression** dargestellt (Bender et al. 2002b). Auch hierfür wurde als Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ gewählt.

In einigen Fällen wurde der prozentuale Anteil bestimmter Gruppen an einer größeren Population errechnet und diese Werte meist in tabellarischer Form dargestellt. In den Fällen, in denen die Addition der entsprechenden Prozentzahlen Ergebnisse von knapp über bzw. knapp unter 100% ergeben, ist dies als Rundungsungenauigkeit zu betrachten.

IV Ergebnisse

1. Schemazeichnungen zur Dokumentation von Röntgenbefunden

Zur Dokumentation von röntgenologischen Befunden konnten Schemazeichnungen der entsprechenden Röntgenbilder angefertigt werden.

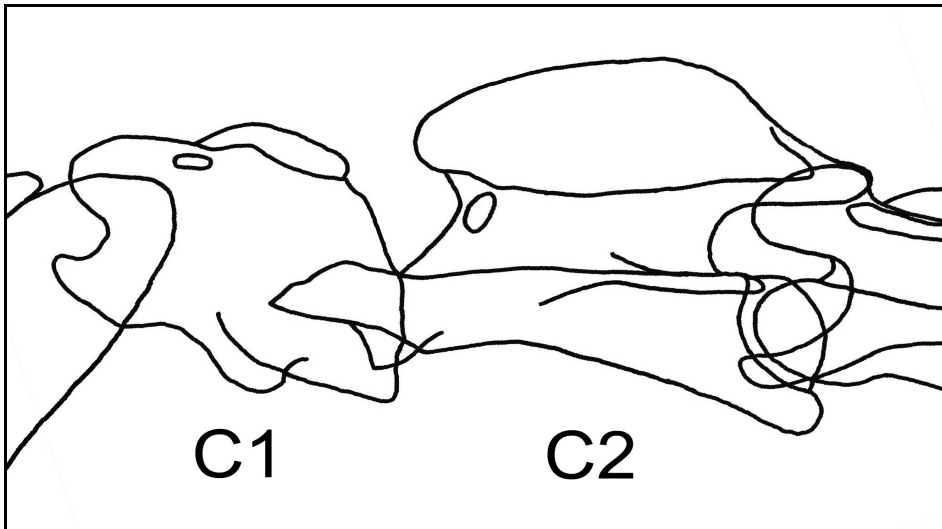


Abb. 14: Schemazeichnung mit Darstellung der röntgenologisch sichtbaren knöchernen Strukturen der Halswirbelsäule. Bereich Art. atlantooccipitalis bis zum Übergang C2 / C3.

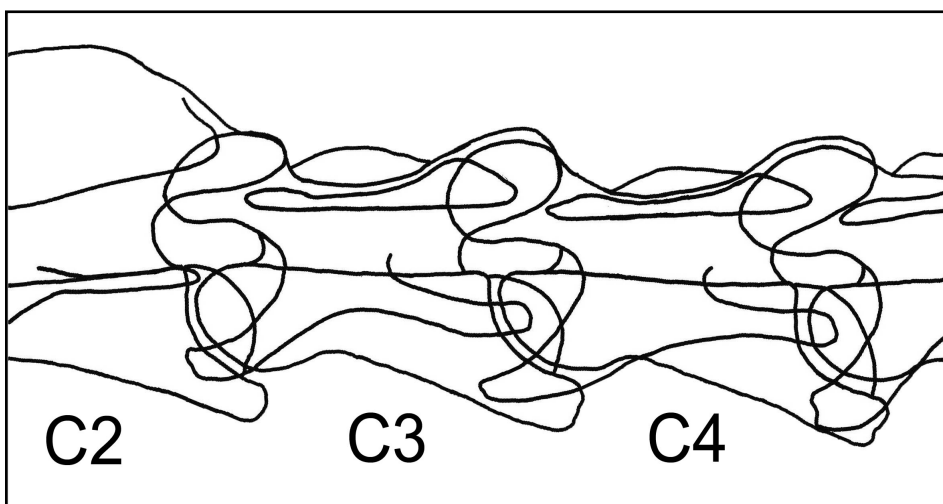


Abb. 15: Schemazeichnung mit Darstellung der röntgenologisch sichtbaren knöchernen Strukturen der Halswirbelsäule. Bereich vom Übergang C2 / C3 bis einschließlich C4.

Die Übersichtsbilder zeigen zum einen den Bereich von den Gelenkknollen des Hinterhauptsbeins bis zum Übergang vom zweiten zum dritten Halswirbel (siehe Abb. 14). Zum anderen werden die knöchernen Strukturen vom Kaudalteil des Axis bis einschließlich C4 dargestellt (siehe Abb. 15). Auf diesen Abbildungen kann die Lokalisation von Röntgenbefunden durch ankreuzen oder einkringeln verdeutlicht werden, auch eine grobe Skizzierung von Befunden ist möglich.

Die genauere Abbildung von Abweichungen vom Normalbefund wird an vergrößerten Ausschnitten der relevanten Strukturen vorgenommen (siehe Abb. 16, Abb. 17 und Abb. 18). Die entsprechenden Veränderungen werden verschiedenfarbig eingezeichnet. Um Verwechslungen zu vermeiden oder die Verarbeitung und Versendung der Zeichnungen auch im Schwarz-Weiß-Druck zu ermöglichen, kann die Einzeichnung auch mit einer einzigen Farbe unter Verwendung von Linien und unterschiedlich schraffierten und ausgemalten Flächen erfolgen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Möglichkeit der graphischen Darstellung von röntgenologischen Befunden durch Einzeichnen in die Schemazeichnung.

Befund	farbige Darstellung	Darstellung in s/w
<i>knöcherne Zubildung</i>	grün	schraffiert
<i>Konturunregelmäßigkeit</i>	blau	Linie
<i>Zusammenhangstrennung</i>	schwarz	Linie
<i>Aufhellung</i>	rot	gefüllte Fläche
<i>Verschattung</i>	braun	gepunktete Fläche



Abb. 16: röntgenologisch verändertes Facettengelenk C2 / C3 mit knöchernen Zubildungen, Unregelmäßigkeiten im Bereich des Gelenkspaltes und inhomogenen, aufgehellten Bezirken.



Abb. 17: Darstellung der röntgenologischen Befunde aus Abb. 16 in der Schemazeichnung mit verschiedenen Farben.



Abb. 18: Darstellung der röntgenologischen Befunde aus Abb. 16 in der Schemazeichnung ohne Zuhilfenahme verschiedener Farben.

2. Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung der verschiedenen Patientengruppen

Tabelle 5 verdeutlicht die Altersstruktur in den drei verschiedenen Patientengruppen. Hierbei konnte mittels einer Varianzanalyse ein hoch signifikanter Unterschied in der Altersverteilung zwischen den drei Gruppen nachgewiesen werden ($p = 0,0013$).

Tabelle 5: Altersstruktur in den drei Patientengruppen

	jüngstes Pferd	ältestes Pferd	Altersdurchschnitt
<i>Patientengruppe 1</i>	2 Jahre	32 Jahre	16,3 Jahre
<i>Patientengruppe 2</i>	0,6 Jahre	29 Jahre	10,1 Jahre
<i>Patientengruppe 3</i>	2 Jahre	22 Jahre	11,7 Jahre

Aus Tabelle 6 ist die Geschlechtsverteilung in den drei verschiedenen Patientengruppen zu entnehmen, wobei hier mittels dem Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Gruppen dargestellt werden konnte ($p=0,35$). Ebenso wenig gelang dies bei der Analyse der Rasseverteilung ($p=0,09$) (siehe Tabelle 7).

Tabelle 6: Geschlechtsverteilung in den drei Patientengruppen

	Anteil an Hengsten	Anteil an Wallachen	Anteil an Stuten
<i>Patientengruppe 1</i>	8%	48%	44%
<i>Patientengruppe 2</i>	13%	50%	37%
<i>Patientengruppe 3</i>	5%	72%	23%

Tabelle 7: Rasseverteilung in den drei Patientengruppen

	<i>Patientengruppe 1</i>	<i>Patientengruppe 2</i>	<i>Patientengruppe 3</i>
Warmblut	54%	44%	77%
Kaltblut	3%	4%	5%
Vollblut	8%	1%	3%
Traber	5%	8%	5%
Quarter Horse	0%	7%	5%
Ponies	26%	21%	3%
Sonstige	5%	14%	3%

3. Beschreibung der Befunde an der kranialen Halswirbelsäule

Im Folgenden werden die Befunde an der kranialen Halswirbelsäule unabhängig von den Ergebnissen der Untersuchung der Facettengelenke, auf die später eingegangen wird, dargestellt.

3.1 Befunde an der *Articulatio atlantooccipitalis*

Röntgenologische Veränderungen im Bereich des ersten Kopfgelenkes zeigten sich vorwiegend als Abweichungen im Bereich des Gelenkspaltes, wie Verbreiterungen, Verschmälerungen und unruhige Konturen der gelenkbildenden Anteile. Des Weiteren waren bei einigen Pferden ventrokranial im Bereich der vorderen Gelenkgruben spitzzackige Veränderungen der Knochenkontur zu sehen.

Im gesamten Patientengut wiesen zehn Pferde solche röntgenologisch sichtbaren Veränderungen am ersten Kopfgelenk auf ($10/138 = 7\%$). In Patientengruppe 1 waren dies zwei Pferde ($2/39 = 5\%$), vier Pferde aus Patientengruppe 2 ($4/70 = 6\%$) und vier Pferde aus Patientengruppe 3 ($4/29 = 14\%$). Hierbei konnte mit Hilfe des Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstests kein signifikanter Unterschied zwischen Patientengruppe 2 und Patientengruppe 3 nachgewiesen werden (p-Wert: 0,32).

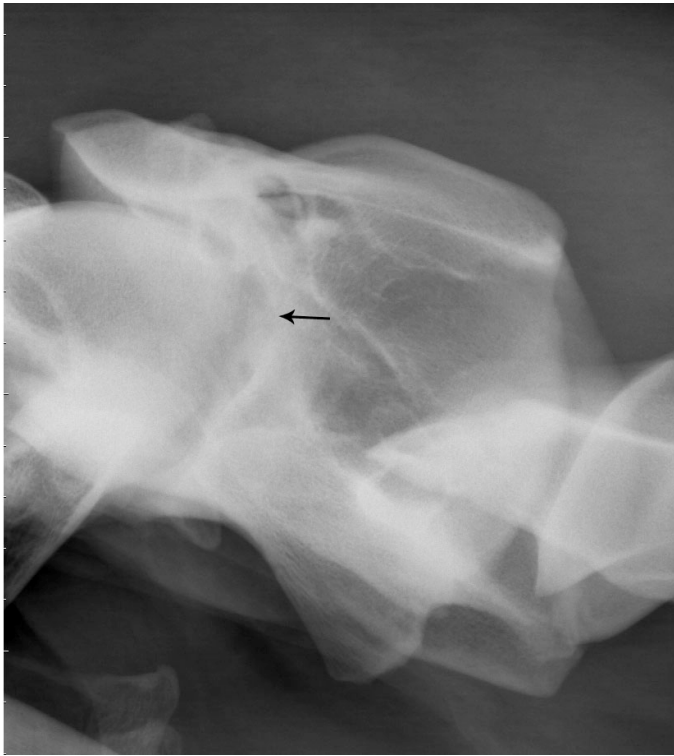


Abb. 19: Röntgenbild des Pferdes H32. Ausschnitt des ersten Halswirbels mit deutlich unruhigem Gelenkspalt der Art. atlantooccipitalis (Siehe Pfeil).

An den Wirbelpräparaten der Patientengruppe 1 konnten Veränderungen an den kranialen Gelenkgruben des Atlas gefunden werden. So zeigten sich unruhige Gelenkränder, die zum Teil wulstig verdickt oder eingekerbt waren und teils zackige, teils knotige Zubildungen aufwiesen. Außerdem waren an einigen Präparaten Krater- oder Furchenbildung des subchondralen Knochens, sowie knopfartige Knochenauftreibungen in diesem Bereich ausgeprägt. Bei 18 Präparaten der Gruppe 1 ($18/39 = 46\%$) lagen solche Veränderungen am ersten Kopfgelenk vor, bei 16 dieser Patienten konnten an den entsprechenden Röntgenbildern keine Veränderungen festgestellt werden. Bei einem Pferd war ein deutlicher Größenunterschied der beiden Gelenkflächen mit periartikulärer Knochenzubildung zu sehen. Auf dem entsprechenden Röntgenbild war vor allem ein deutlich unregelmäßiger Gelenkspalt der Art. atlantooccipitalis auffällig (siehe: Abb. 19).

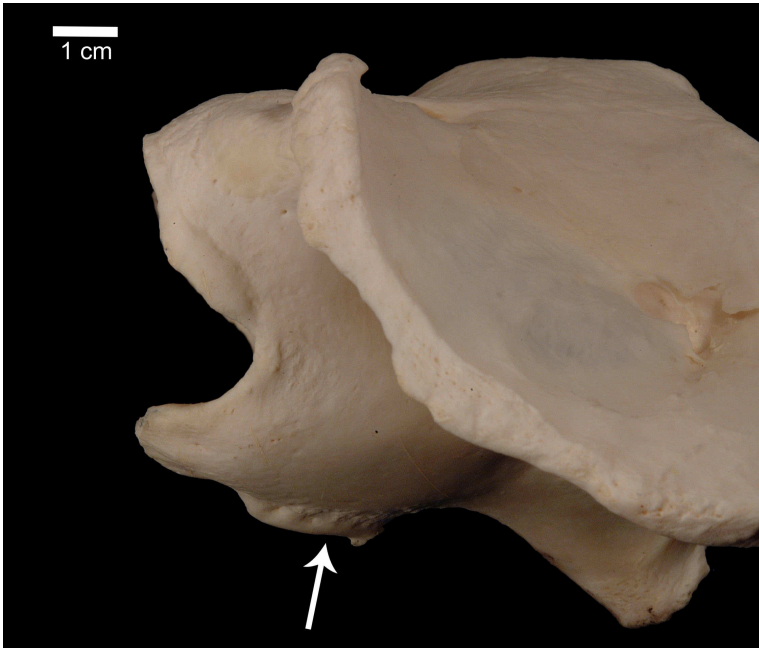


Abb. 20: Atlas des Patienten H32 in der seitlichen Ansicht von links entsprechend des zugehörigen Röntgenbildes (vgl. Abb. 19). Der Pfeil markiert eine wulstige Knochenstruktur ventral am Arcus ventralis, das kranioventrale Ende ist spitz ausgezogen.

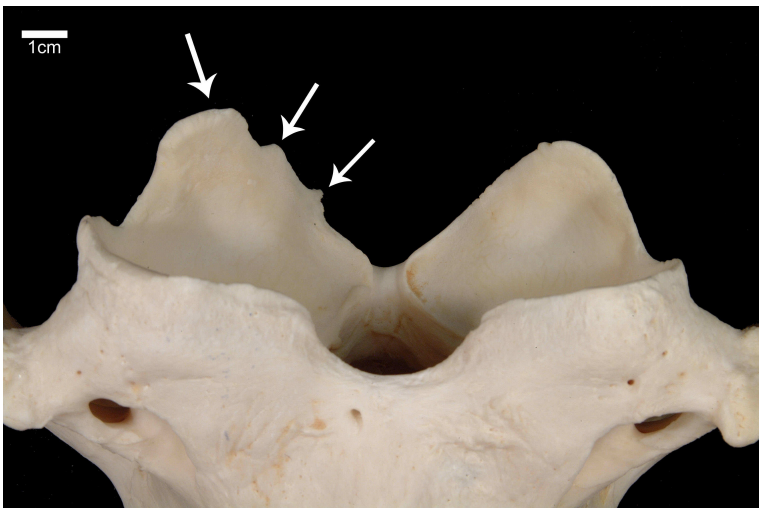


Abb. 21: Der Abb. 19 entsprechendes Präparat des Atlas in der Ansicht von dorsokaudal. Die linke Fovea articularis cranialis ist deutlich vergrößert mit periartikulären Knochenbildungen (Siehe Pfeile).

3.2 Befunde am Atlas

Im Bereich des Arcus dorsalis, vornehmlich des Tuberculum dorsale des Atlas ließen sich auf den Röntgenbildern wiederholt Veränderungen erkennen. Diese zeigten sich entweder als röntgendichte, meist knollige oder rundliche Zubildungen, die Kontakt zur Kortikalis des Atlas zu haben schienen. Ein anderer Befundtyp in dieser Region stellte sich auf dem Röntgenbild als fleckige, streifige Verschattung dorsal des Arcus dorsalis atlantis, also im Bereich des Nackenbandes dar, wobei röntgenologisch keine Berührungspunkte zwischen den Verschattungen und den zum ersten Halswirbel gehörigen Strukturen zu sehen waren. Gehäuft waren diese beiden Befundtypen in Kombination zu beobachten, das heißt, dass sowohl röntgendichte Zubildungen, scheinbar vom Atlas ausgehend, als auch gleichzeitig Verschattungen im darüber liegenden Weichteilgewebe vorkamen.

Die oben beschriebenen Veränderungen waren insgesamt auf den Röntgenaufnahmen von zwölf Pferden ($12/138 = 9\%$) sichtbar. Acht dieser Tiere stammten aus Patientengruppe 1 ($8/39 = 21\%$), drei aus Patientengruppe 2 ($3/70 = 4\%$) und ein Pferd gehörte der Patientengruppe 3 an ($1/29 = 4\%$). Auch hier konnte statistisch mittels des Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstests kein signifikanter Zusammenhang zwischen Auftreten des Befundes und der Zugehörigkeit der Tiere zu Patientengruppe 2 oder Patientengruppe 3 nachgewiesen werden (p-Wert: 0,69).

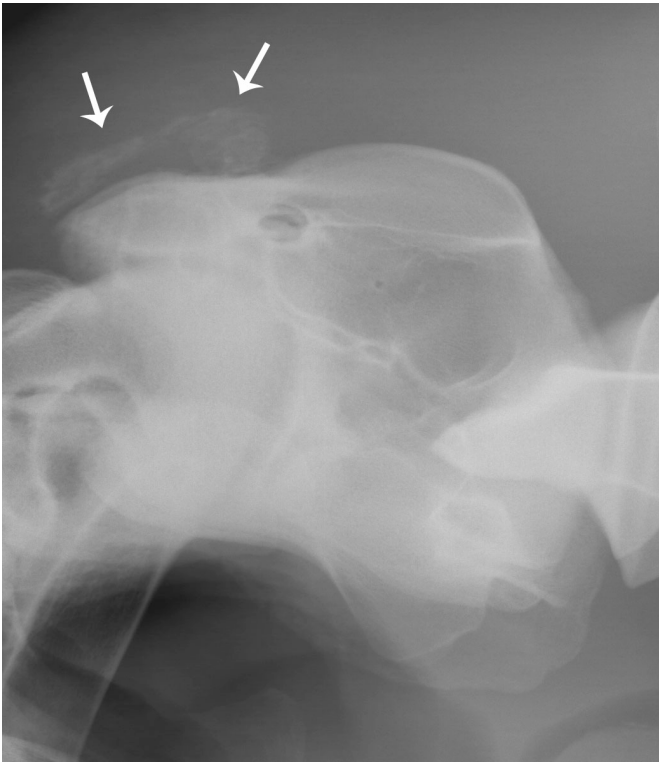


Abb. 22: Röntgenbild des Atlasbereiches des Patienten H8. Dorsal der Atlaskontur befindet sich eine streifige Verschattung (siehe Pfeile).

Die röntgenologisch sichtbaren Veränderungen stellten sich an den vorliegenden Präparaten des ersten Halswirbels wie folgt dar: Waren auf dem Röntgenbild überwiegend streifige Einlagerungen zu sehen, gestalteten sich die Veränderungen am Knochen eher als Rauigkeit der Kortikalis oder geringgradige, flächige knöcherne Zubildungen. Die auf den Aufnahmen gefundenen röntgendichten Konturveränderungen waren am Präparat als wolkige, teils knollige, knöcherne Strukturen zu erkennen, die entweder in der Medianen direkt vor dem Tuberculum dorsale des Atlas zu sehen waren, oder sich paramedian links oder rechts daneben befanden.

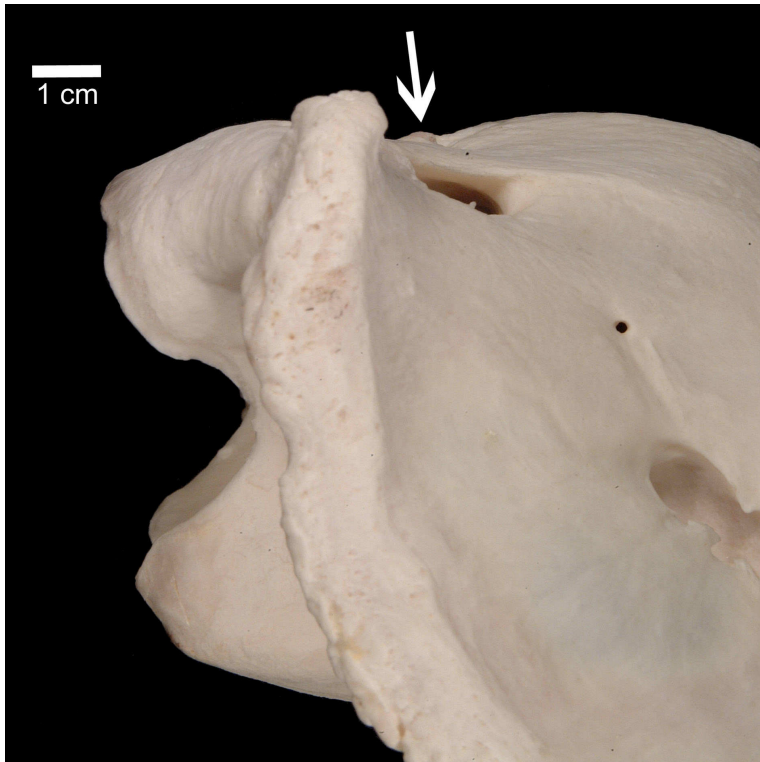


Abb. 23: Atlas des Pferdes H8 (siehe Abb. 22), Ansicht von links. Der Pfeil markiert eine in dieser Projektion nur schwer sichtbare leichte Rauigkeit vor dem Tuberculum dorsale.

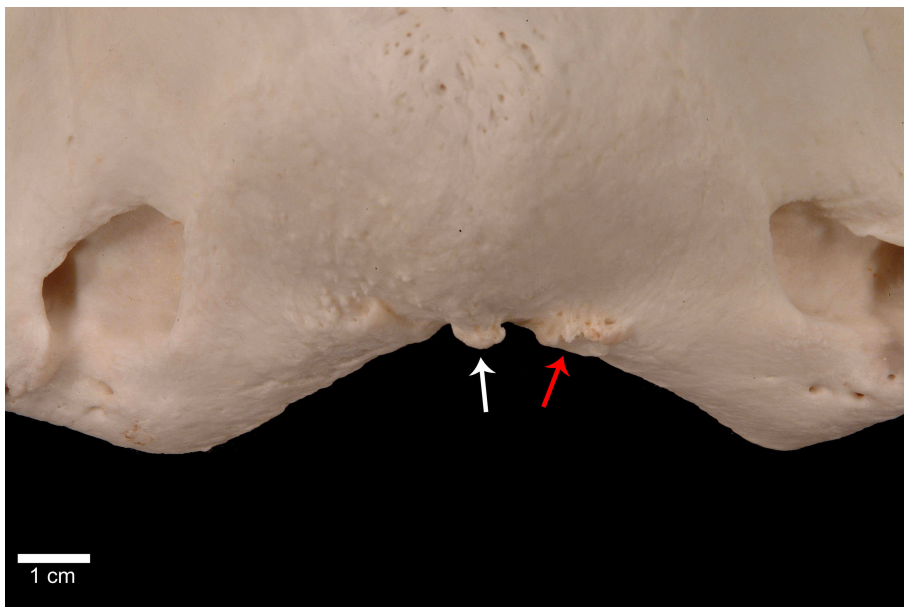


Abb. 24: Entsprechendes Wirbelpräparat (Atlas) des Pferdes aus Abb. 22, Ansicht von dorsokaudal. In der Medianen befindet sich eine knopfartige, knöcherne Zubildung (weißer Pfeil), links davon besteht eine Aufrauung der Kortikalis (roter Pfeil).

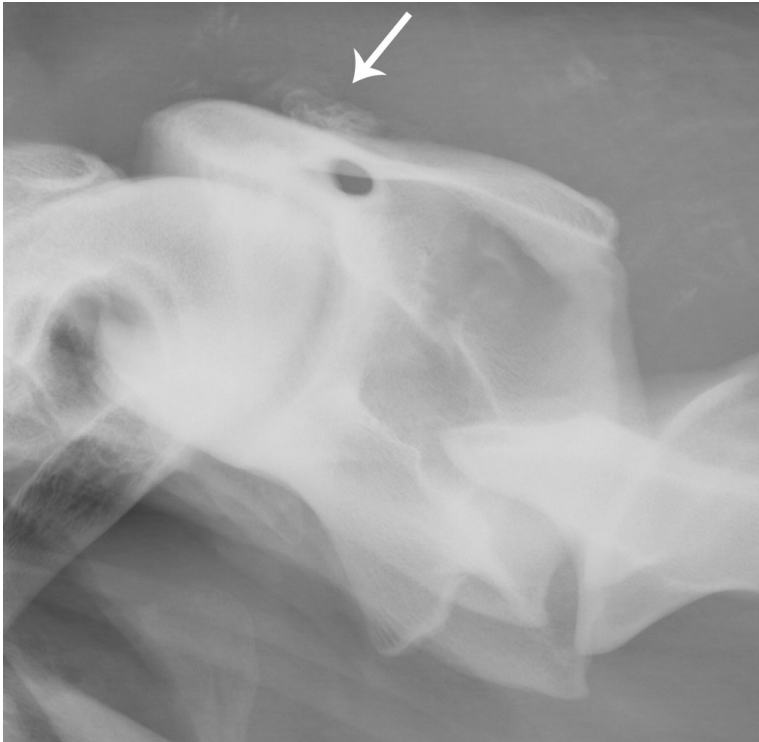


Abb. 25: Röntgenbild des Atlasbereiches des Pferdes H21 mit bohnenförmiger Verschattung am dorsalen Arcus atlantis (siehe Pfeil).



Abb. 26: Atlas des Pferdes H21, Aufnahme von links. Kranial des Tuberculum dorsale ist eine wolkige Knochenauftreibung zu sehen (vgl. Abb. 25)

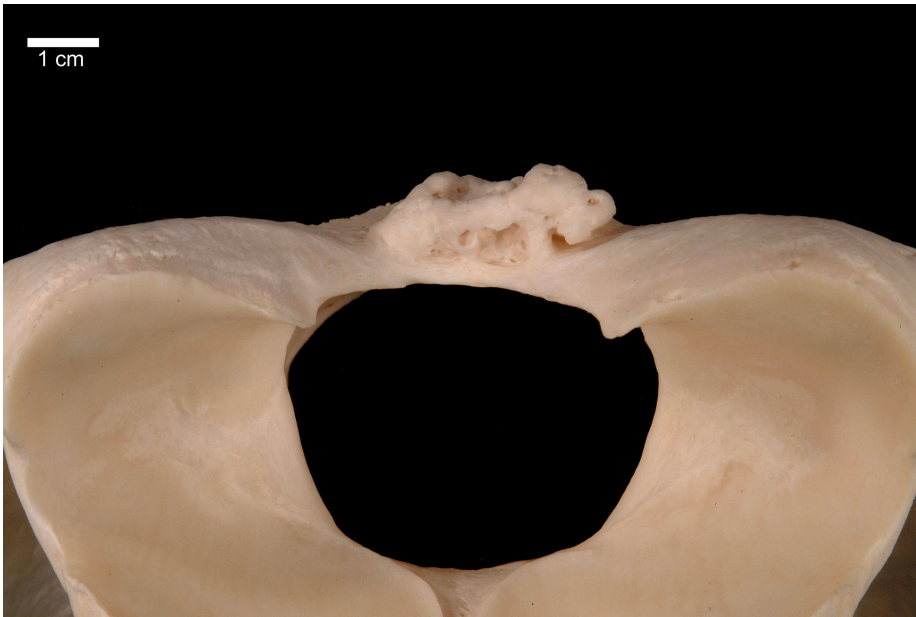


Abb. 27: Atlas des Pferdes H21 (vgl. Abb. 25), Aufnahme von kranial. Dorsal befindet sich in der Medianen eine wolkige Knochenauftreibung.



Abb. 28: Röntgenbild des ersten Halswirbels des Pferdes V2. Vor dem Tuberculum dorsale ist eine wolkige Verschattung zu sehen, welche sich auf die normale Knochenstruktur fortzusetzen scheint (siehe Pfeil).



Abb. 29: Knochenpräparat des Atlas des Pferdes V2 in seitlicher Projektion. Dorsal ist eine wolkige Knochenzubildung zu sehen (vgl. Abb. 28).



Abb. 30: Entsprechendes Präparat des Atlas des Pferdes V2 (vgl. Abb. 28), Ansicht von kaudodorsal. Eine aufgetriebene Knochenzubildung am Kranialrand des Dorsalbogens ist nach rechts der Medianen versetzt.

Auf den Röntgenbildern von insgesamt 45 Pferden ($45/138 = 33\%$) waren Befunde zu finden, die den oben beschriebenen Veränderungen im Dorsalbereich des ersten Halswirbels stark ähnelten. Diese zeigten sich als wolkige, knochendichte Strukturen, die sich unmittelbar vor oder direkt über das Tuberculum dorsale des Atlas projizierten und so über die normale, geschwungene Knochenkontur hinausragten (vgl. Abb. 31). Bei der Untersuchung der zur Verfügung stehenden Wirbelpräparate fielen jedoch keine Veränderungen an der Knochensubstanz auf. Bei genauerer Betrachtung der Röntgenbilder im Vergleich mit den zugehörigen Halswirbelknochen wurde deutlich, dass es sich bei diesen, vermeintlich knöchernen Zubildungen um die, in der Regel leicht knollig aufgetriebenen, Kranialenden der Atlasflügel handelte, welche sich röntgenologisch im Bereich des Tuberculum dorsale abbilden können (vgl. Abb. 32).

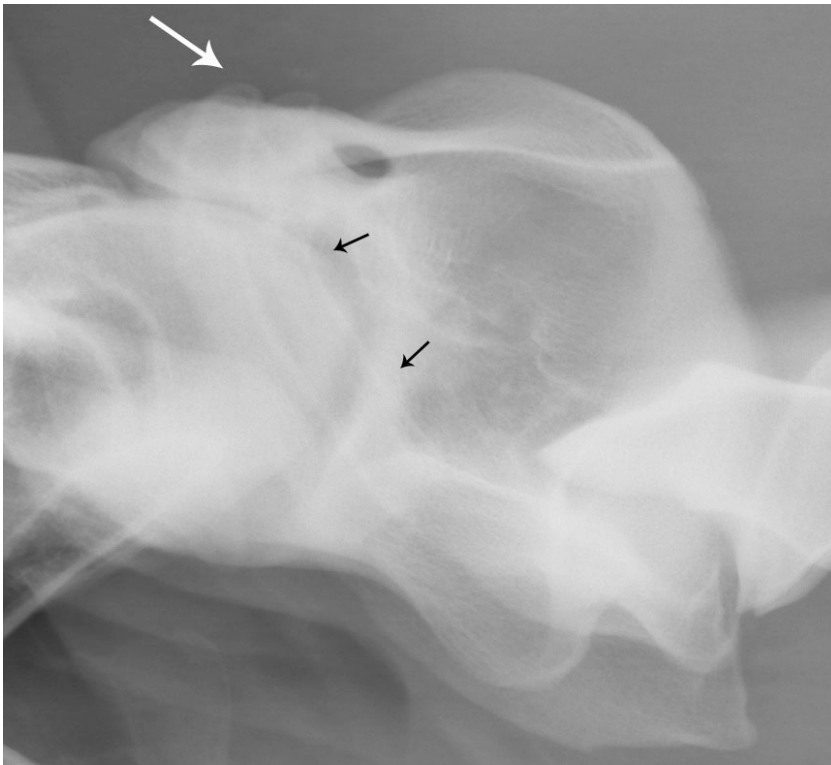


Abb. 31: Röntgenbild des Atlas des Pferdes H34. Die Kranialenden der Alae atlantes projizieren sich über die Dorsalkontur des Atlas (weißer Pfeil), die Kontur der Ränder der Atlasflügel ist weiterzuverfolgen (schwarze Pfeile).



Abb. 32: Atlas des Pferdes H34 (vgl. Abb. 31) von links mit prominentem Kranialende des linken Atlasflügels, welches sich röntgenologisch oberhalb der Knochenlinie des Arcus dorsalis abbildet (vgl. Pfeil in Abb. 31).

Abbildungen der Atlasflügel auf die beschriebene Art und Weise konnten bei zehn Röntgenbildern aus der Patientengruppe 1 ($10/39 = 26\%$), bei 23 der Gruppe 2 ($23/70 = 33\%$) und bei zwölf der Gruppe 3 ($12/29 = 41\%$) gefunden werden. Hierbei konnte mit dem Wilcoxon-Unabhängigkeitstest kein signifikanter Unterschied zwischen den Pferden, bei denen die Röntgenbilder im Stehen angefertigt worden waren (Patientengruppe 2 und 3) und denjenigen, die zur Aufnahme der Röntgenbilder in Seitenlage gelagert worden waren (Patientengruppe 1), nachgewiesen werden (p-Wert: 0,26).

3.3 Befunde an der *Articulatio atlantoaxialis*

Ebenso wie am ersten Kopfgelenk konnten auch auf den röntgenologischen Abbildungen der *Art. atlantoaxialis* Veränderungen entdeckt werden. Diese zeigten sich in Form von ungenügender Abgrenzbarkeit der Knochenlinien, vor allem zwischen dem *Dens axis* und den kaudalen Bereichen des Atlas, meist in Verbindung mit Abweichungen der Knochenstruktur. Ansonsten waren Befunde in diesem Bereich röntgenologisch ausschließlich an den Anteilen des *Axis* zu finden. Des Öfteren zeigte sich die dorsokraniale Begrenzung des *Dens* von unruhiger Kontur, außerdem konnten röntgendichte, meist rundliche Zubildungen entweder an der kranialen Spitze des Zahns oder an der Basis des selben am Übergang zu den kranialen Gelenkflächen dargestellt werden. Im Gegensatz dazu standen deutliche Abrundungen des vorderen Endes des *Dens axis*.

Bei insgesamt 19 Pferden ($19/138 = 14\%$) waren solche röntgenologisch sichtbaren Befunde zu erheben. Drei Pferde der Patientengruppe 1 ($3/39 = 8\%$) zeigten Veränderung im Röntgen, ebenso 14 Pferde der Patientengruppe 2 ($14/70 = 20\%$) und zwei Pferde der Patientengruppe 3 ($2/29 = 7\%$). Wobei hier kein signifikanter Unterschied bezüglich der Häufigkeit zwischen den beiden letztgenannten Gruppen bestand (p-Wert im Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest: 0,19).

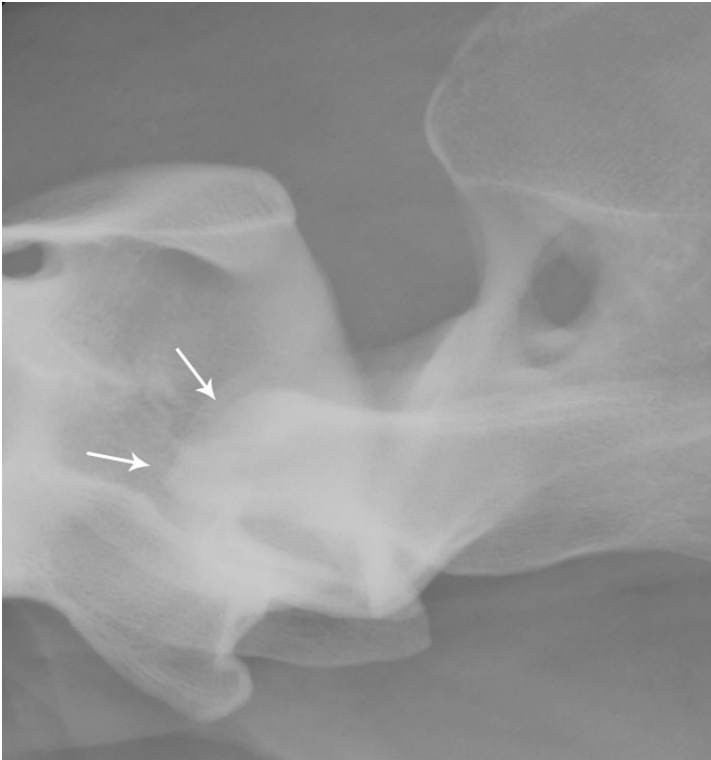


Abb. 33: Röntgenbild des Übergangs C1 – C2 von Patient V6. Die Kontur des Dens axis ist deutlich verändert, er scheint abgeflacht (siehe Pfeile).

An den makroskopisch untersuchten knöchernen Strukturen ließen sich diverse Befunde im Bereich des Atlantoaxialgelenks aufdecken. An beiden Knochen lagen Veränderungen der Gelenkränder vor. Diese waren an den kaudalen Gelenkflächen des Atlas in der Regel verdickt oder unregelmäßig gefaltet, am Axis zum Teil sogar flächig ausgezogen oder mit teils spitzzackigen, teils knotigen Zubildungen versehen. Oft war der Kapselansatz ventral an der Basis des Dens wulstartig verformt, was in der Mehrzahl der Fälle auch auf dem Röntgenbild dargestellt werden konnte. Ebenso wiesen die entsprechenden Gelenkflächen teilweise Unebenheiten des subchondralen Knochens, im Sinne von Krater- oder Furchenbildung oder knopfartigen Erhabenheiten auf. Bei elf Pferden der Gruppe 1 (11/39 = 28%) lagen Veränderungen des Atlantoaxialgelenkes vor, bei acht dieser Patienten konnten an den entsprechenden Röntgenbildern keine Abweichungen festgestellt werden.

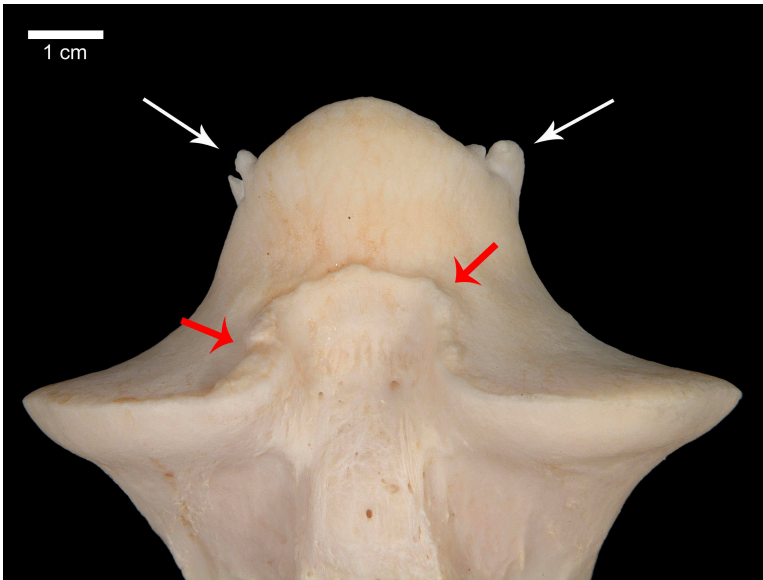


Abb. 34: Ansicht des Dens axis und der Facies articularis ventralis dentis des Pferdes V6 von ventral (vgl. Abb. 33). Die dorsale Gelenkbegrenzung ist plattenartig ausgezogen (weiße Pfeile) und der ventrale Gelenkrand knotig verdickt (rote Pfeile).

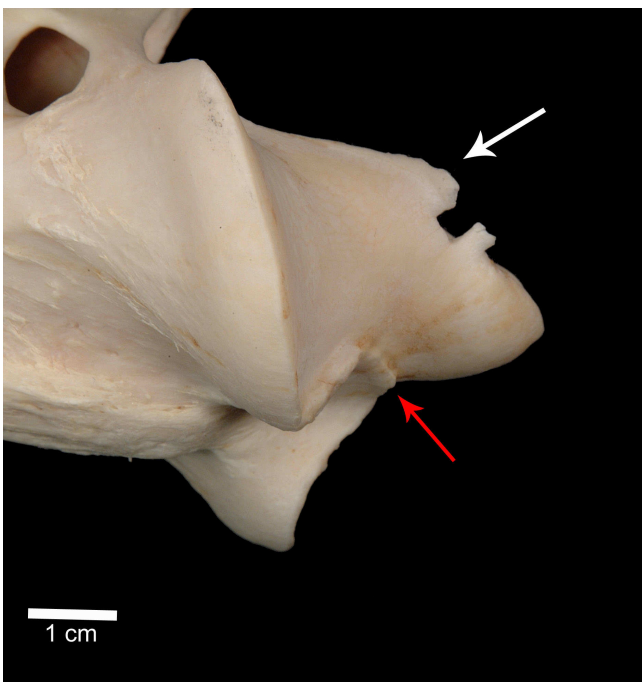


Abb. 35: Der Abb. 33 entsprechendes Wirbelpräparat. Der Dens axis in der Ansicht von rechts ventrolateral. Die Gelenkränder sind plattenartig ausgezogen (weißer Pfeil) bzw. knotig verdickt (roter Pfeil).



Abb. 36: Röntgenbild des Übergangs C1 - C2 des Pferdes H34 ohne röntgenologisch sichtbare Veränderungen am Atlantooccipitalgelenk.

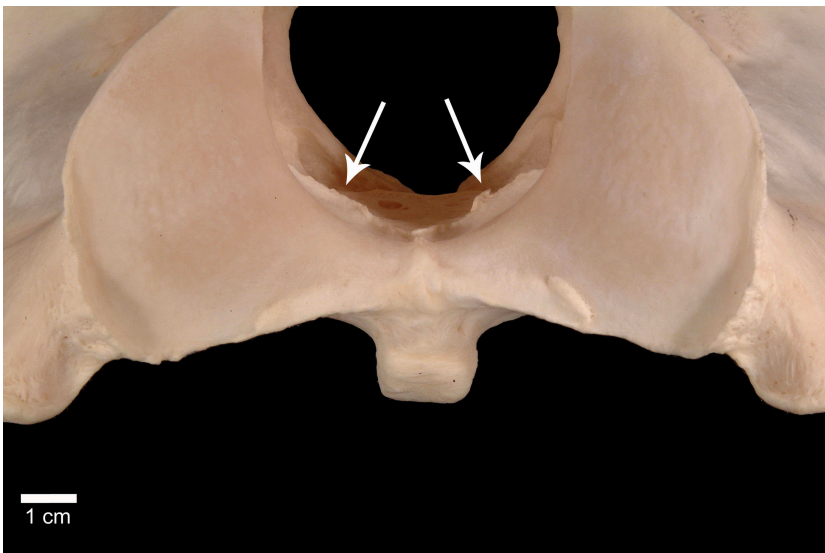


Abb. 37: Wirbelpräparat des Pferdes H34 (vgl. Abb. 36) in der Ansicht von kaudal Die kraniale Gelenkflächenbegrenzung der kaudalen Gelenkfortsatzflächen ist spitzzackig verändert (siehe Pfeile).

3.4 Befunde am Axis

Bei der Untersuchung des zweiten Halswirbels, exklusive den an der Bildung synovialer Gelenke beteiligten Strukturen, konnten bei insgesamt 41 Pferden ($41/138 = 30\%$) Abweichungen vom Normalzustand gefunden werden. 14 dieser Pferde gehörten der Patientengruppe 1 an ($14/39 = 36\%$), 20 Tiere waren Angehörige der Patientengruppe 2 ($20/70 = 29\%$) und sieben Tiere der Patientengruppe 3 ($7/29 = 24\%$). Bei der statistischen Auswertung der Gruppen 2 und 3 konnten weder signifikante Unterschiede bezüglich der Häufigkeit der Befunde (p-Wert: 0,84), noch bezüglich des Auftretens mehrerer Befunde an C2 gleichzeitig (p-Wert: 0,23) dargestellt werden. In Gruppe 2 waren bei einem Pferd zwei der unten beschriebenen Befunde gleichzeitig zu sehen, in Gruppe 3 war dies bei zwei Pferden der Fall.

Zur besseren Übersicht erfolgt die Beschreibung der Befunde getrennt, je nach Lokalisation an den anatomischen Strukturen.

3.4.1 Veränderungen an der Crista ventralis

Röntgenologisch zeigten sich die Veränderungen an der Crista ventralis des Axis ausnahmslos an deren Kranialende. Hier waren in der Regel Abweichungen von der normalen, sanft geschwungenen Knochenkontur auffällig.

Solche Veränderungen konnten bei fünf Pferden des gesamten Patientenguts ($5/138 = 4\%$) festgestellt werden. Ein Pferd gehörte zur Patientengruppe 1 ($1/39 = 3\%$) und jeweils zwei Pferde zur Patientengruppe 2 ($2/70 = 3\%$) und Patientengruppe 3 ($2/29 = 7\%$).



Abb. 38: Röntgenbild des Übergangs von C1 zu C2 des Pferdes V2 mit einer Konturunregelmäßigkeit am kranialen Endpunkt der Crista ventralis (siehe Pfeil).

Auf dem entsprechenden Röntgenbild des Pferdes aus Gruppe 1 zeigte sich unmittelbar kaudal der kranialen Gelenkfortsätze des Axis eine leichte Konturunregelmäßigkeit mit inhomogener Strahlendichte. Am Wirbelpräparat konnte an dieser Stelle eine knöcherne Erhabenheit mit einer zentralen, kraterartigen Einsenkung gefunden werden.

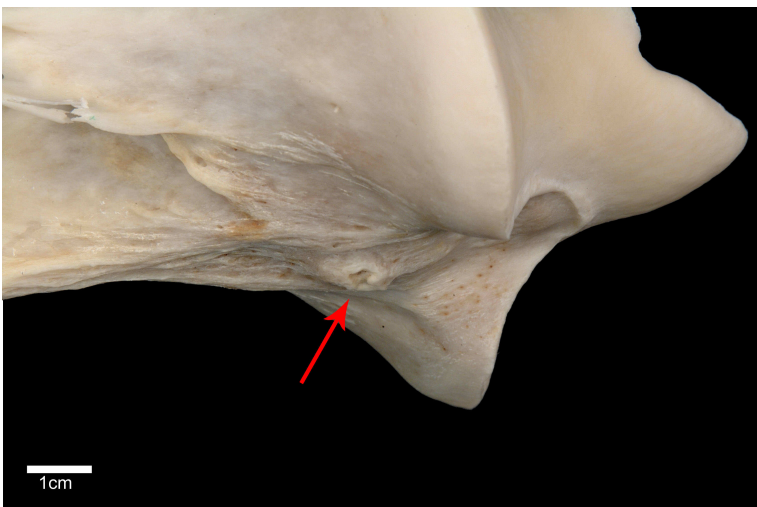


Abb. 39: Entsprechendes Wirbelpräparat des Axis des Pferdes V2 (vgl. Abb. 38) in der Ansicht von rechts lateroventral. Am Kranialende der Ventralleiste besteht eine kraterartige Einziehung (siehe Pfeil).

3.4.2 Veränderungen am Axiskamm

Veränderung am Axiskamm stellten sich auf den Röntgenbildern als meist hakenartige, röntgendichte Ausziehungen am Kaudalrand oder als spongiös oder blasig erscheinende Zonen inhomogener Röntgendichte am kranialen Ende des Axiskamms dar, welche teilweise mit einer scheinbaren Unterbrechung der Knochenkontur einhergingen. In einem Fall (Patient L31) war der Dornfortsatz des zweiten Halswirbels generell abnorm geformt. Anstatt der normalanatomischen, kammartigen Form, war der Proc. spinosus bei diesem Pferd höckerartig nach dorsal ausgezogen und hatte so ein eher dreieckiges Erscheinungsbild.

Befunde dieser Art konnten bei zehn Pferden ($10/138 = 7\%$) des gesamten Patientenguts erhoben werden. Davon waren drei Pferde Angehörige der Gruppe 1 ($3/39 = 8\%$), fünf Pferde der Gruppe 2 ($5/70 = 7\%$) und zwei Pferde der Gruppe 3 ($2/29 = 7\%$).

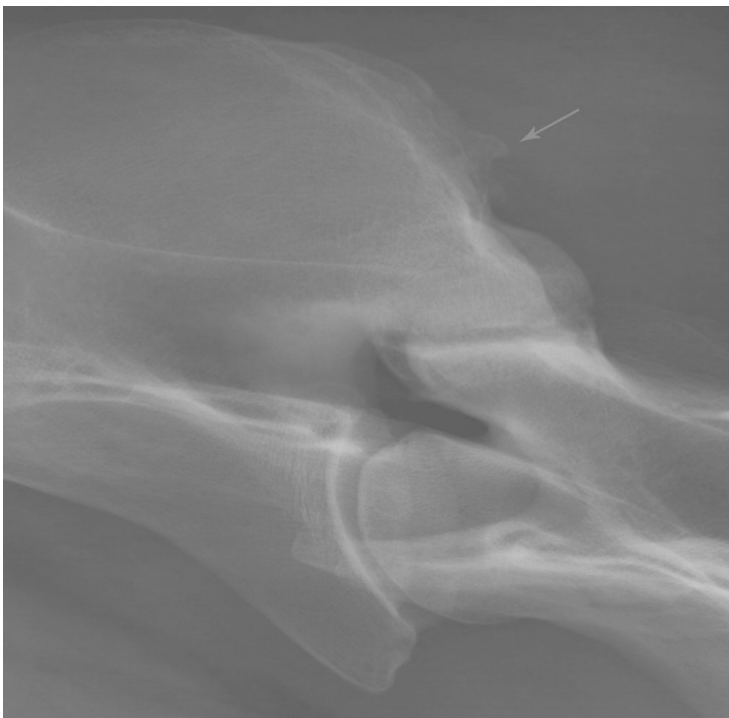


Abb. 40: Ausschnitt aus einem Röntgenbild (C2-C3) des Pferdes H6 mit hakenartigen Konturveränderungen kaudal am Axiskamm (siehe Pfeil).

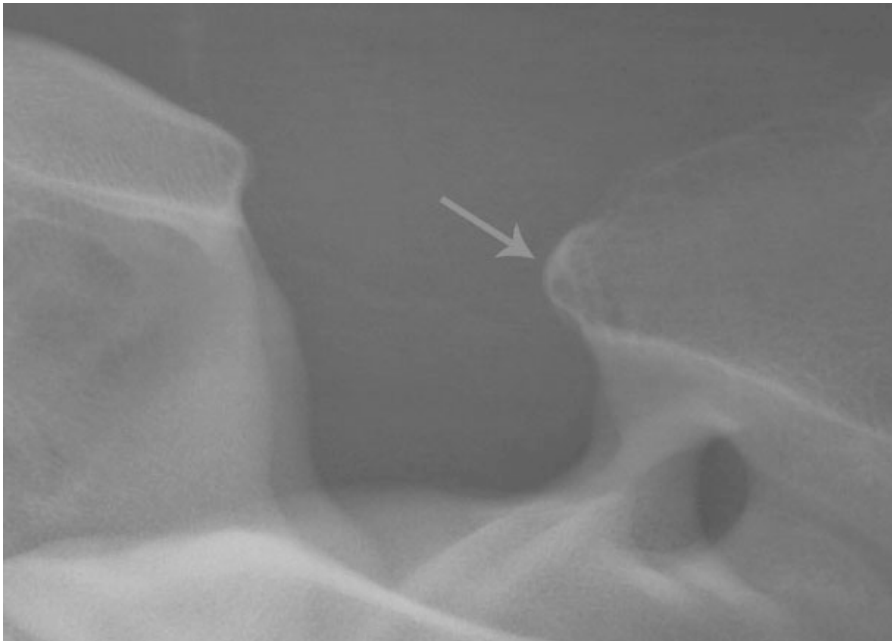


Abb. 41: Röntgenbild des Pferdes H33 im Bereich des Übergangs Atlas – Axis. Das Kranialende des Axiskammes ist von spongiöser Knochenstruktur und weist einen feinen Sklerosesaum auf (siehe Pfeil).

Die Veränderungen an den entsprechenden Wirbelpräparaten waren folgendermaßen beschaffen: auf den Röntgenbildern, die die beschriebenen Strukturveränderungen im Kranialbereich des Axiskammes darstellten, war die Knochensubstanz dort knollig aufgetrieben. Ein Pferd aus Patientengruppe 1 (Patient H6) zeigte röntgenologisch am kaudalen Abschnitt des Dornfortsatzes des zweiten Halswirbels hakenartige Zubildungen, makroskopisch waren hier hakenartige Gebilde mit glatter Knochenoberfläche zu sehen.



Abb. 42: Axis des Pferdes H6, Ansicht von links lateral, mit hakenartigen, knöchernen Ausziehungen kaudal am Axiskamm (vgl. Abb. 40).

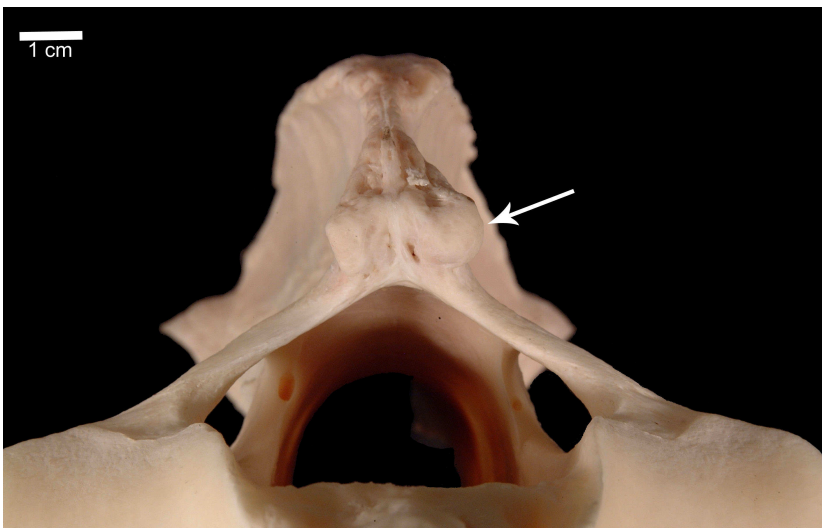


Abb. 43: Wirbelpräparat des Axis von Pferd H33 (vgl. Abb. 41) in der Ansicht von kranial. Der Pfeil deutet auf das knollig aufgetriebene Vorderende des Axiskammes (siehe Pfeil).

3.4.3 Veränderungen an der Extremitas caudalis

Als häufigste röntgenologische Abweichung im Bereich der Zwischenwirbelfuge zwischen zweitem und drittem Halswirbel war eine unruhige und zackige Knochengrenze der Extremitas caudalis bzw. des kaudalen Endes der Crista ventralis zu finden. Letztere Veränderungen befanden sich in der Regel scheinbar am ehemals ventralen Ende der Wachstumsfuge und waren zum Teil deutlich ausgeprägt in Form von zacken- und hakenartigen Konturveränderungen.

Dies war auf den Röntgenbildern von insgesamt 18 Pferden ($18/138 = 13\%$) der Fall. Diese Zahl setzt sich aus sechs Pferden der Patientengruppe 1 ($6/39 = 15\%$), neun Pferden der Patientengruppe 2 ($9/70 = 13\%$) und drei Pferden der Patientengruppe 3 ($3/29 = 10\%$) zusammen.



Abb. 44: Röntgenbild des Übergangs C2-C3 des Pferdes H30. Der Pfeil markiert eine zackige Konturveränderung ventral an der Fossa vertebralis des Axis. Ebenso sind arthrotische Veränderungen am Facettengelenk (Grad 3) zu sehen.

Auch am Präparat waren bei diesen Tieren die Ränder der Fossa vertebralis deutlich unruhig und vor allem im ventralen und lateralen Bereich gezackt. Bei einem Pferd (H14) war an der Extremitas caudalis des Axis die Bildung zusätzlicher Gefäßlöcher auffällig. Sowohl röntgenologisch als auch am knöchernen Präparat offenbarten sich bei diesem Pferd höchstgradige Anzeichen einer Facettengelenkarthrose zwischen C2 und C3 mit massiven Umbauvorgängen und Deformationen in diesem Bereich, vor allem am rechten Facettengelenk. Die angesprochenen Gefäßlöcher schienen vor allem auf der rechten Seite, von lateral her unter den subchondralen Knochen zu ziehen.

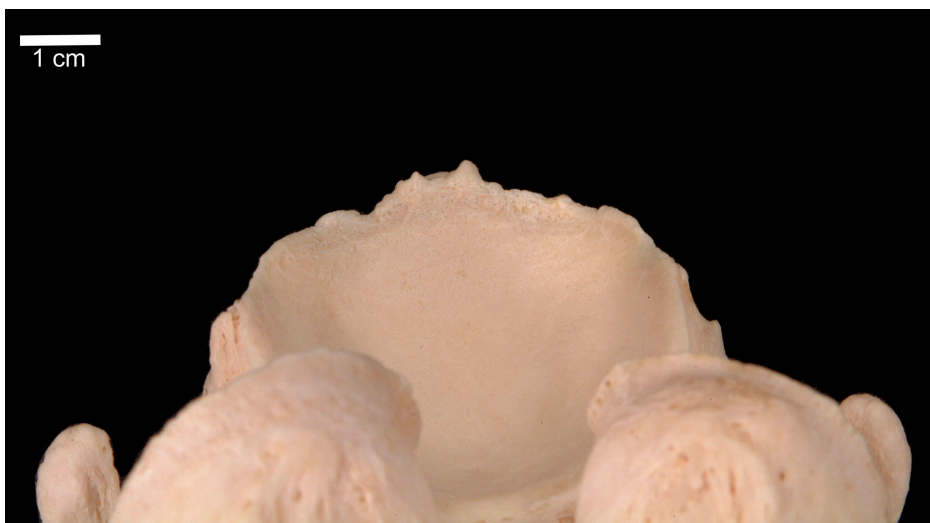


Abb. 45: Axispräparat des Pferdes H30 (vgl. Abb. 44), Ansicht der Kaudalregion von dorsal. Die ventrale Begrenzung der Fossa vertebralis weist eine zackige knöcherne Begrenzung auf.

3.4.4 Veränderungen an der Incisura vertebralis caudalis

Röntgenologisch sichtbare Veränderungen im Bereich der Incisura vertebralis caudalis wurden in der Regel als Einkerbung der Kontur der kranialen Begrenzung des intervertebralen Foramens oder als umschriebene rundliche Zone verminderter Knochendichte in diesem Bereich deutlich. Diese Veränderungen waren meist sehr schwer zu entdecken, was sich gerade im Vergleich mit den knöchernen Präparaten der Gruppe 1 deutlich herausstellte.

Die Röntgenbilder von insgesamt 14 Pferden ($14/138 = 10\%$) wiesen solche Veränderungen auf, davon waren sieben Pferde der Patientengruppe 1 zugeordnet ($7/39 = 18\%$), fünf Pferde der Patientengruppe 2 ($5/70 = 7\%$) und zwei Pferde der Patientengruppe 3 ($2/29 = 7\%$).

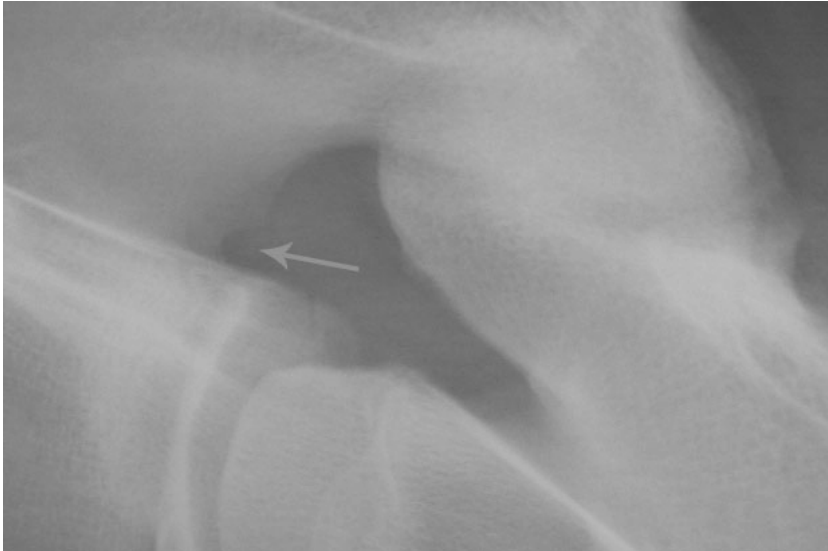


Abb. 46: Ausschnitt eines Röntgenbildes des Pferdes R10. Zu sehen ist das Foramen intervertebrale zwischen C2 und C3. Der Pfeil markiert eine rundliche Ausbuchtung am Kranialende.

An den vorliegenden sieben Wirbelpräparaten zeigten sich die Veränderungen in diesem Bereich entweder als rundliche Ausbuchtung der kaudalen Incisur nach kranioventral oder als kleines Loch ohne Verbindung zur Austrittsstelle der Spinalnerven.



Abb. 47: Wirbelpräparat (C2) des Pferdes H40 (vgl. Abb. 46). Der Pfeil deutet auf eine rundliche Einkerbung der Incisura vertebralis caudalis.

3.5 Befunde am dritten Halswirbel

Bei der Betrachtung des dritten Halswirbels konnten bei insgesamt 26 Pferden (26/138 = 19%) Befunde erhoben werden. Davon gehörten zehn Tiere der Patientengruppe 1 an (10/39 = 26%), zwölf Pferde der Patientengruppe 2 (12/70 = 17%) und vier Pferde der Patientengruppe 3 (4/29 = 14%). Keines dieser Tiere wies mehrere Befunde an C3 gleichzeitig auf, ein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Häufigkeit der Befunde zwischen Gruppe 2 und 3 konnte nicht nachgewiesen werden (p-Wert: 0,91).

Auch hier soll die Beschreibung der Befunde je nach anatomischer Lokalisation getrennt voneinander erfolgen.

3.5.1 Veränderungen an der Basis des Caput vertebrae

Röntgenologisch sichtbare Veränderungen an der Basis des Caput vertebrae von C3 zeigten sich meist als leichte Konturunregelmäßigkeit im Sinne einer Einkerbung oder Auftreibung, oftmals Verbunden mit einer scheinbar aufgerauten Knochenlinie und inhomogen vermehrter Röntgendichte in diesen Zonen. Außerdem waren in manchen Fällen spangenartige, röntgendichte Zubildungen zu erfassen.

Solche Befunde ließen sich bei insgesamt 16 Tieren feststellen (16/138 = 12%). Sieben dieser Pferde waren Angehörige der Patientengruppe 1 (7/39 = 18%), fünf gehörten der Gruppe 2 an (5/70 = 7%) und vier Pferde der Patientengruppe 3 (4/29 = 14%).



Abb. 48: Röntgenbildausschnitt des Pferdes L61, der den Übergang zwischen C2 und C3 darstellt. Der Pfeil markiert eine Einkerbung ventral an der Basis des Caput vertebrae.

Bei der Untersuchung der Wirbelpräparate war zunächst auffällig, dass die tatsächlichen Veränderungen am Knochen kaum mit den Befunden der röntgenologischen Untersuchung in Beziehung auf Schweregrad und Ausprägung korrelierten. An den Halswirbeln ließen sich ventral am Übergang vom Wirbelkopf zum Wirbelkörper wolkige Knochenzubildungen entdecken, meist asymmetrisch ausgeprägt und in Vergesellschaftung einer vermehrten Bildung von Gefäßlöchern in diesem Bereich.



Abb. 49: Dritter Halswirbel des Pferdes H30 (vgl. Abb. 48) in der Ansicht von kaudoventral. Es sind deutliche knöcherne Auftreibungen an der Basis des Caput vertebrae zu sehen.

3.5.2 Veränderungen im Bereich der Fossa vertebralis

Röntgenologisch stellten sich die Veränderungen im Bereich der Zwischenwirbelfuge zwischen drittem und viertem Halswirbel analog denen am Übergang C2 / C3 dar.

Veränderungen konnten bei elf Pferden ($11/138 = 8\%$) festgestellt werden. Davon waren vier aus Patientengruppe 1 ($4/39 = 10\%$) und sieben aus Patientengruppe 2 ($7/70 = 10\%$).

Am Präparat zeigten sich ebenfalls Unregelmäßigkeiten im Sinne von zackigen Knochenkanten und knöchernen Zubildungen im Bereich der Begrenzung der Fossa vertebralis, vor allem ventral.

3.5.3 Veränderungen im Bereich der kaudalen Incisur

Entsprechend den Beschreibungen unter 3.4.4 konnte bei einem Pferd der Patientengruppe 1 ($1/39 = 3\%$) eine kranioventral gelegene Einkerbung der rechten Incisura vertebralis caudalis gefunden werden.

3.6 Zusammenhang zwischen den Befunden und der Gruppenzugehörigkeit

Bei der Auswertung der Röntgenbilder aus Gruppe 2 und 3 (Definition siehe S. 41) wurde deutlich, dass es durchaus Pferde gab, bei denen keine der eben beschriebenen Veränderungen zu sehen war. Bei andere Tieren kamen jedoch bis zu vier der Befunde gleichzeitig vor. Mittels des Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstests konnte hier kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppenzugehörigkeit und Befundhäufigkeit dargestellt werden (p: 0,64).

Tabelle 8: Häufigkeit der Befunde am ersten bis dritten Halswirbel exklusive der Bewertung der Facettengelenke in den Patientengruppen 2 (n = 70) und 3 (n = 29).

Häufigkeit der Befunde	Anzahl der Pferde Patientengruppe 2	Anzahl der Pferde Patientengruppe 3
Kein Befund	36 (51,4%)	13 (44,8%)
1 Befund	20 (28,6%)	12 (41,4%)
2 Befunde	9 (12,9%)	2 (6,9%)
3 Befunde	4 (5,7%)	1 (3,5%)
4 Befunde	1 (1,4%)	1 (3,5%)

4. Befunde im Bereich der Facettengelenke

4.1 Knöchernerne Zubildungen ventral an den kranialen Gelenkfortsätzen

An insgesamt 77 der 276 untersuchten Facettengelenke (27,9%) kamen röntgenologisch sichtbare Veränderungen vor, die sich als knöchernerne Zubildungen bzw. Konturunregelmäßigkeiten an der ventralen Knochengrenze des Gelenkhalses der Procc. articulares craniales darstellten. Diese röntgendichten Gebilde schienen von oben in das intervertebrale Foramen zu ragen, so dass die Kontur der Nervenaustrittsstelle unruhig oder missgestaltet wirkte. Das Spektrum dieser Veränderung reicht von leichten Rauigkeiten am Gelenkhals, über eher rundliche Konturveränderungen bis hin zu zackigen oder hakenartigen, knöchernen Zubildungen die weit in das Foramen intervertebrale hineinreichen.



Abb. 50: Facettengelenk zwischen C2 und C3 des Pferdes H25. Der Pfeil markiert eine hakenartige, röntgendichte Zubildung die von dorsal ins Foramen intervertebrale ragt.

An den entsprechenden Halswirbelknochen befanden sich diese röntgenologisch sichtbaren Veränderungen in der Regel direkt ventral am Gelenkhals des kranialen Gelenkfortsatzes, relativ weit von der eigentlichen Gelenkfläche entfernt und ohne jegliche Verbindung zur selbigen. Wie bereits aus den Röntgenbildern geschlossen werden konnte, waren zum Teil nur leicht unruhige Bezirke der Kortikalis zu sehen, jedoch auch rundliche oder deutlich gezackte, knöcherne Zubildungen.



Abb. 51: Rechter kranialer Gelenkfortsatz des Pferdes H25 (vgl. Abb. 50) in der Ansicht von dorsomedial. Die röntgenologisch sichtbare Veränderung zeigt sich als zackenartige Zubildung, ventral der eigentlichen Facettengelenkfläche.

Tabelle 9: Anzahl und prozentualer Anteil der Facettengelenke mit ventralen, knöchernen Zubildungen im gesamten Patientengut ($n = 276$) und in den einzelnen Patientengruppen.

	Gesamtes Patientengut	Gruppe 1 (n = 78)	Gruppe 2 (n = 140)	Gruppe 3 (n = 58)
Gesamt	77 (27,9%)	28 (35,9%)	35 (25%)	14 (24,1%)
Lokalisation C2/C3	32 (23,2%)	13 (33,3%)	15 (21,4%)	4 (13,8%)
Lokalisation C3/C4	45 (32,6%)	15 (38,5%)	20 (28,6%)	10 (34,5%)

Um den Zusammenhang zwischen der ventralen Zubildung und dem Auftreten von Facettengelenkarthrosen verdeutlichen zu können, wurde für Gruppe 1 (euthanasierte Pferde) der Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen ventraler Zubildung im Röntgen und Einstufung in Arthroseklassen anhand makroskopischer Untersuchung der Wirbelpräparate berechnet. Dies erfolgte getrennt für die Lokalisation C2/C3 und C3/C4. Für das kraniale Gelenk ergab sich für r ein Wert von 0,22, für den kaudalen Bereich konnte $r = 0,24$ errechnet werden (vgl. S. 56).

Beim Vergleich zwischen Patientengruppe 2 und 3 (normale und erkrankte Pferde) mittels dem Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest zeigte sich weder an C2/C3 ($p = 0,55$), noch an C3/C4 ($p = 0,73$) ein signifikanter Gruppenunterschied bezüglich des Auftretens der ventralen Zubildungen.

4.2 Arthrosen der Facettengelenke

Bei der röntgenologischen Beurteilung der Facettengelenke erfolgte anhand bestimmter Befunde eine Einteilung in fünf verschiedene Arthroseklassen. Unabhängig hiervon wurden die gelenkbildenden Anteile der Wirbelpräparate ebenfalls einer genauen Untersuchung unterzogen und nach oben beschriebenen Schema in verschiedene Klassen eingeteilt. Es folgt eine Beschreibung der Befunde getrennt nach der Einteilung aufgrund der röntgenologischen Bewertung.

4.2.1 Ohne Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Arthroseklasse 0)

In Patientengruppe 1 konnten 22 der untersuchten Facettengelenke zwischen C2 und C3 der Arthroseklasse 0 zugeordnet werden. Zwischen C3 und C4 waren dies 16.

Bei der Untersuchung der entsprechenden Halswirbelknochen waren bei zehn dieser Gelenke ebenfalls keine makroskopisch sichtbaren Anzeichen für Facettengelenkarthrosen festzustellen. 18 fielen makroskopisch unter Arthroseklasse 1, neun unter Arthroseklasse 2, ein Gelenk wies makroskopisch Veränderungen der Klasse 3 auf. An den Wirbelpräparaten, bei denen die zugehörigen Röntgenbilder keine Anzeichen für Facettengelenkarthrosen aufwiesen, konnten keine Veränderungen der Klasse 4 beobachtet werden.

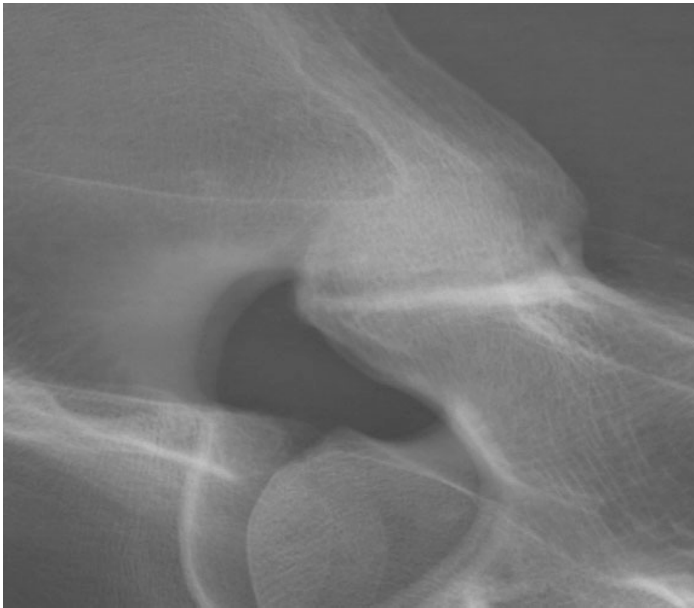


Abb. 52: Röntgenologische Abbildung des Facettengelenks zwischen zweitem und drittem Halswirbel des Pferdes H24, ohne röntgenologische Anzeichen für Arthrose.



Abb. 53: Kaudale Gelenkfacetten des Axis des Pferdes H24 mit mittelgradigen Anzeichen für Arthrose (vgl. Abb. 52). Die Gelenkflächen der Facettengelenke sind asymmetrisch ausgeprägt und im Randbereich ist der subchondrale Knochen verändert. Es erfolgte eine Einstufung in Arthroseklasse 2.

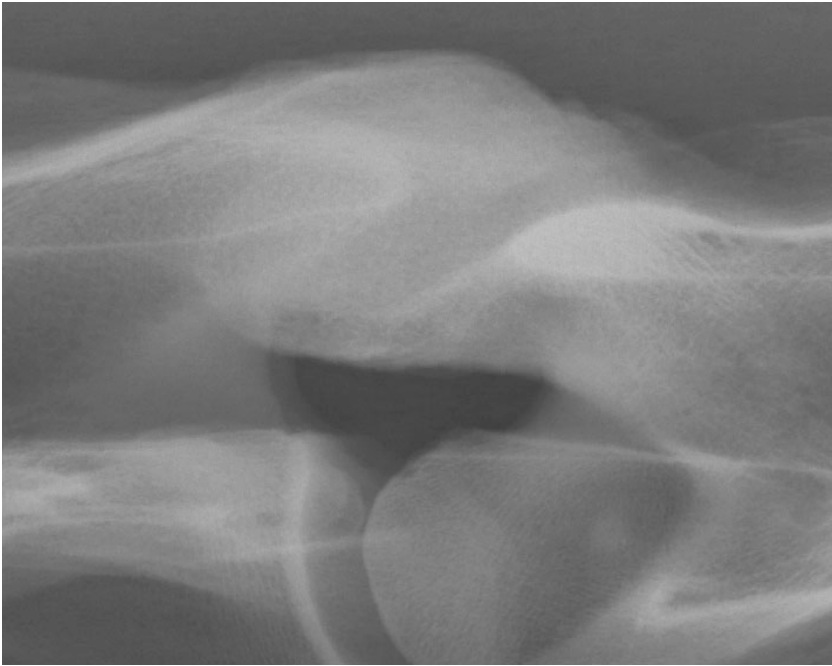


Abb. 54: Röntgenologische Abbildung des Facettengelenkbereiches zwischen drittem und viertem Halswirbel des Pferdes H19 ohne röntgenologisch sichtbare Anzeichen für Facettengelenkarthrose.



Abb. 55: Rechter Proc. articularis caudalis des dritten Halswirbels des Patienten H19 (vgl. Abb. 54). Die Furchen im subchondralen Knochen führten zur Einstufung in die Arthroseklasse 1.

Das Facettengelenk zwischen zweitem und drittem Halswirbel des Patienten H22 konnte bei der Bewertung der allerdings leicht verkippten Röntgenaufnahme als unverändert eingestuft werden (Arthroseklasse 0). Bei der Betrachtung der zugehörigen Präparate wurde jedoch deutlich, dass hierbei vor allem die kaudalen Gelenkfortsätze

des Axis hochgradige arthrotische Veränderungen aufwiesen. Hier war im Seitenvergleich ein deutlicher Größenunterschied auffällig (links > rechts), beide Gelenkflächen wiesen Furchungen im subchondralen Knochen auf, und die Gelenkränder schienen ausgezogen, unruhig und teilweise verdickt. Nach Kenntnis des pathologisch-anatomischen Befundes können auf dem Röntgenbild Hinweise auf die jeweiligen Veränderungen gefunden werden.

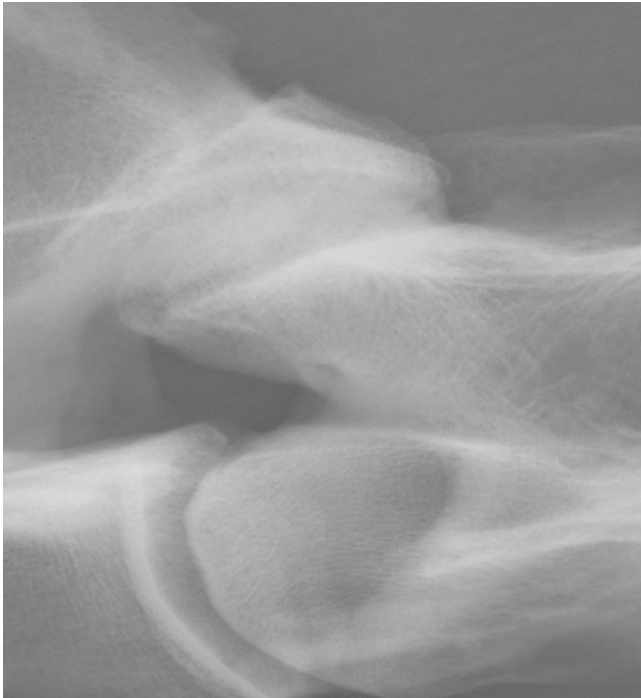


Abb. 56: Leicht verkippte röntgenologische Darstellung des Facettengelenks zwischen C2 und C3 des Pferdes H22. Bei der „blinden“ Bewertung der Aufnahme konnten keine Arthrosezeichen festgestellt werden. Nach Kenntnis des Knochenbefundes werden leichte Konturunregelmäßigkeiten augenfällig.

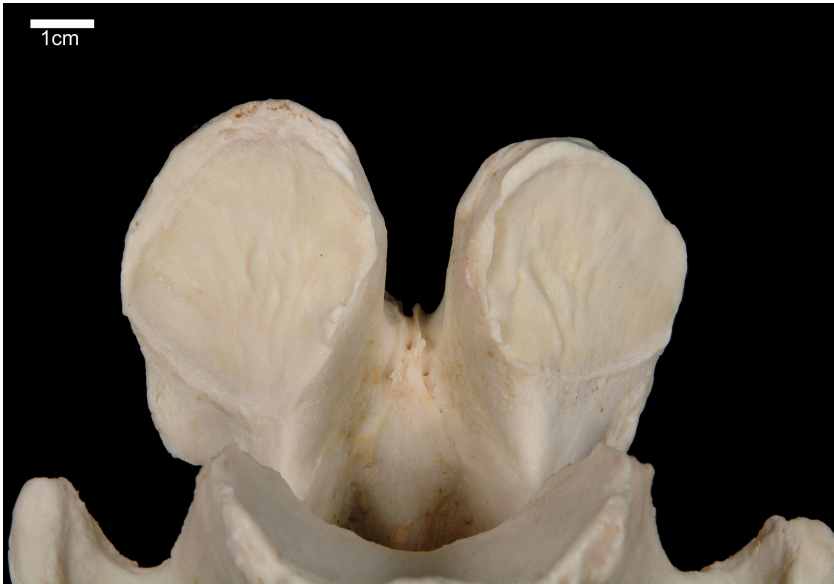


Abb. 57: Kaudale Gelenkfortsätze des Axis des Pferdes H22 (vgl. Abb. 56) in der Ansicht von ventral. Beachte den deutlichen Größenunterschied im Seitenvergleich. An beiden Gelenkflächen sind subchondrale Furchen und veränderte Gelenkränder zu sehen.

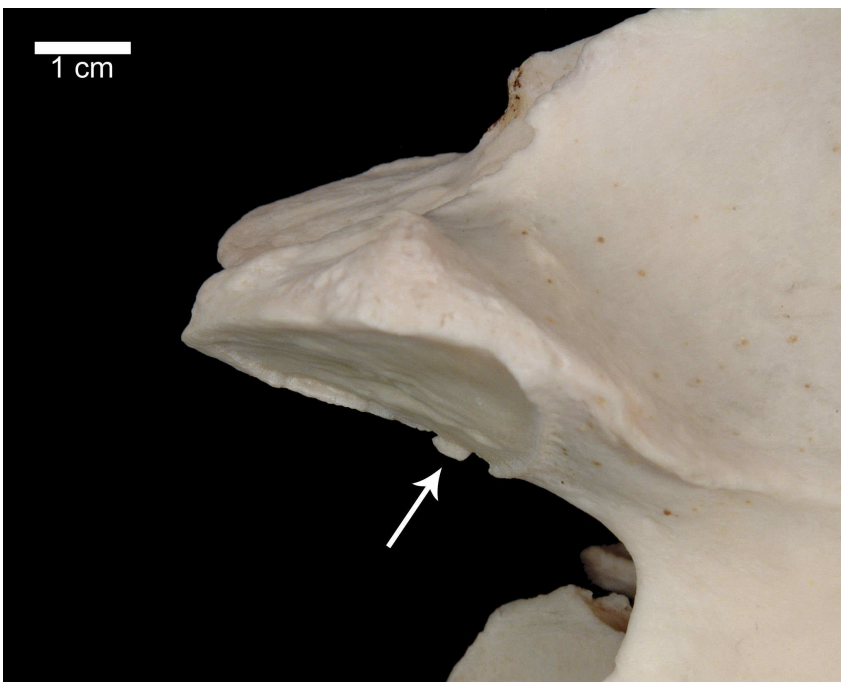


Abb. 58: Rechter Processus articularis caudalis des Axis des Pferdes H22 (vgl. Abb. 56). Der Pfeil markiert Unregelmäßigkeiten im Bereich des Gelenkrandes.

4.2.2 Geringgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Arthroseklasse 1)

In Patientengruppe 1 konnten zehn der Gelenke zwischen zweitem und drittem Halswirbel in diese Arthroseklasse eingestuft werden, zwischen drittem und viertem Halswirbel waren es 14. Davon zeigten elf Unregelmäßigkeiten des Gelenkspaltes, vier der Kontur, jeweils drei der Gelenke waren vergrößert oder inhomogen vermindert strahlendicht. An zwei waren röntgenologisch Zubildungen festzustellen und eines wies Anzeichen von Sklerose auf.

Bei neun dieser Gelenke konnte zwischen röntgenologischer und makroskopischer Bewertung eine Übereinstimmung erzielt werden. An sieben Gelenken waren am Präparat keine Arthroseanzeichen zu sehen. Ebenfalls sieben Gelenke fielen bei der makroskopischen Untersuchung der Präparate in Klasse 2, bei einem Gelenk konnten hochgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrosen gefunden werden. Höchstgradige, makroskopisch sichtbare Arthroseanzeichen traten in dieser Klasse nicht auf.

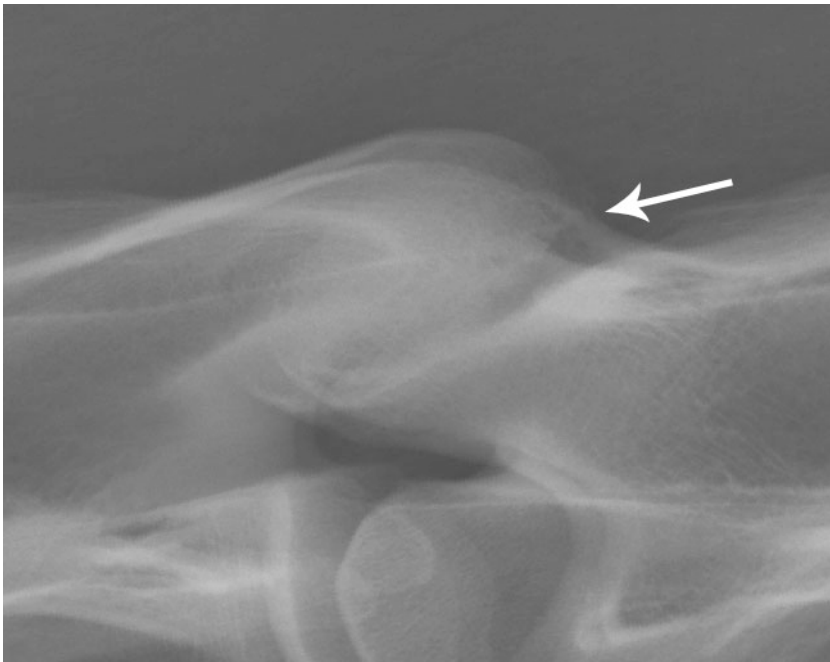


Abb. 59: Röntgenbild des Übergangs C3/C4 des Pferdes H26. Der Pfeil markiert Unregelmäßigkeiten der Knochenkontur, welche als geringgradige Arthroseanzeichen eingestuft wurden (Klasse 1).

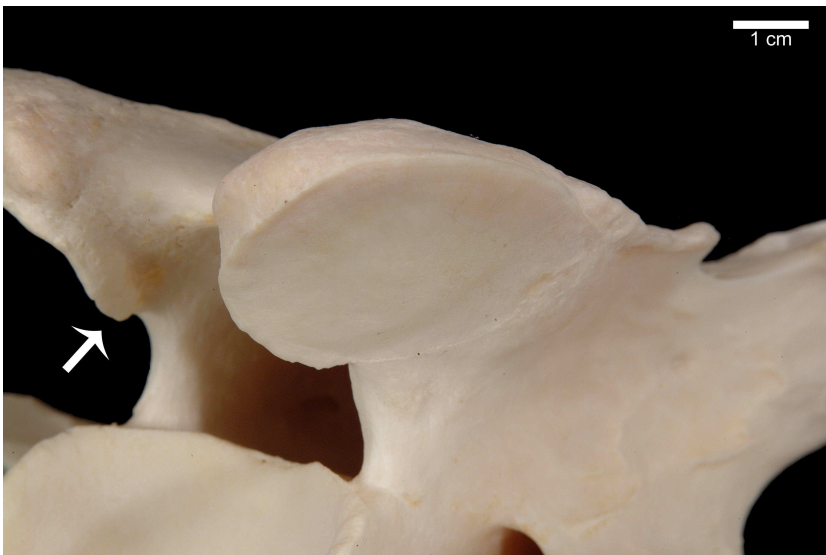


Abb. 60: Rechte kaudale Gelenkfacette von C3 des Pferdes H26 (vgl. Abb. 59). Es können keine Anzeichen für Facettengelenkarthrose festgestellt werden. Die scheinbare Ausziehung der linken Gelenkfläche nach ventral und medial (siehe Pfeil) stellt sich auf der Fotografie übertrieben dar und beeinträchtigt weder das Rückenmark noch die Spinalnerven.



Abb. 61: Röntgenbild des Facettengelenks zwischen Axis und C3 des Pferdes V9. Aufgrund des unruhigen Gelenkspaltes erfolgte eine Einstufung in Arthroseklasse 1.



Abb. 62: Kraniale Gelenkfacetten des dritten Halswirbels des Pferdes V9 in der Ansicht von dorsal (vgl. Abb. 61). Die im Seitenvergleich auffällige, leichte Asymmetrie führte zur Einstufung in Arthroseklasse 1.

Im Bereich des Übergangs zwischen drittem und viertem Halswirbel des Patienten H40 konnten auf dem Röntgenbild ebenso geringgradige Anzeichen für Facettengelenk-arthrose festgestellt werden. Hier waren röntgendichte Zubildungen in schwacher Ausprägung zu sehen. Bei der Untersuchung der entsprechenden Wirbelpräparate, zeigten sich die kaudalen Gelenkfortsätze von C3 beidseits mit Veränderungen bzw. Furchenbildung am subchondralen Knochen. Der rechte Fortsatz wies medial einen unruhigen Gelenkrand auf, links war der periartikuläre Knochen kaudal von spongiöser Beschaffenheit. Auch die kranialen Fortsätze des vierten Halswirbels zeigten Veränderungen an den Randbereichen der Gelenke und am subchondralen Knochen, sowie periartikuläre Knochenzubildungen.

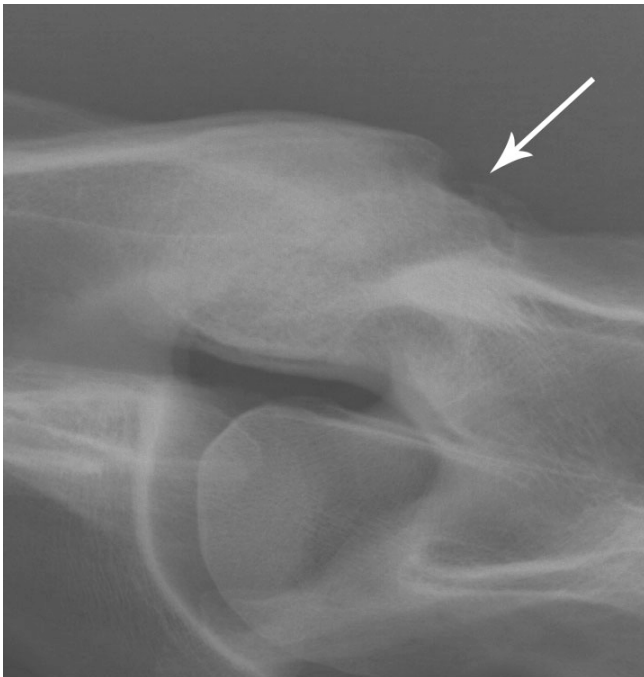


Abb. 63: Röntgenologische Abbildung des Facettengelenks zwischen C3 und C4 des Pferdes H40. Es erfolgte aufgrund einer leichten Konturunregelmäßigkeit (Pfeil) eine Einstufung in Arthroseklasse 1.

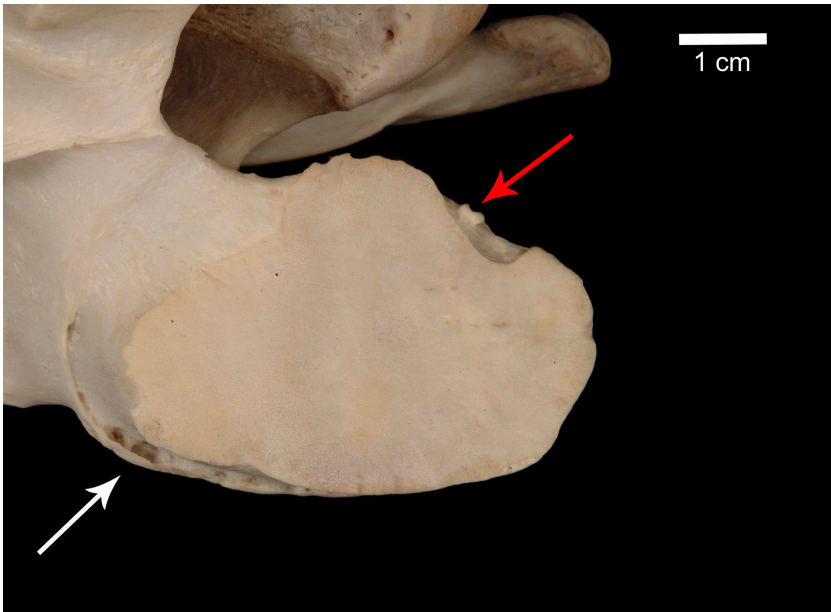


Abb. 64: Rechte, kraniale Facettengelenkfläche des vierten Halswirbels des Pferdes H40 in der Ansicht von dorsal (vgl. Abb. 63). Es besteht eine deutlich unruhige Kontur mit periartikulären Knochenzubildungen (roter Pfeil) und Verknöcherungen im Gelenkkapselansatz (weißer Pfeil). Insgesamt wurde dieser Gelenkbereich als hochgradig arthrotisch verändert eingestuft (Arthroseklasse 3).

4.2.3 Mittelgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Arthroseklasse 2)

Bei der röntgenologischen Beurteilung der Röntgenbilder der Patientengruppe 1 konnten die Gelenke zwischen Axis und drittem Halswirbel viermal als der Arthroseklasse 2 zugehörig eingestuft werden, das heißt, sie wiesen mittelgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose auf. Am Übergang zwischen C3 und C4 war dies achtmal der Fall.

Eine Entsprechung der röntgenologischen und makroskopischen Einstufung konnte bei vier der untersuchten Gelenke erzielt werden. Ebenso waren viermal makroskopisch keine Anzeichen für Arthrosen zu sehen, dreimal lediglich geringe Arthrosemerkmale. An einem Gelenk konnten hochgradige Veränderungen registriert werden.



Abb. 65: Röntgenbild des dritten Halswirbels des Pferdes H21 mit seinen Übergängen nach kranial und kaudal. Beide sichtbaren Facettengelenkbereiche zeigen mittelgradige Anzeichen für Arthrose (Arthroseklasse 2). Der Gelenkspalt von C2/C3 ist unregelmäßig, ebenso wie die Kontur der Gelenkfortsätze. Die Facetten an C3/C4 sind vergrößert und vor allem kranioventral unregelmäßig begrenzt.



Abb. 66: Linker Proc. articularis cranialis des dritten Halswirbels des Pferdes H21 in der Dorsalansicht (vgl. Abb. 65). Aufgrund der Einschnürung der Gelenkfläche im kaudalen Drittel und einer medial leicht aufgerauten subchondralen Knochenlamelle erfolgte eine Einstufung in Arthroseklasse 1.



Abb. 67: Kraniale Gelenkfortsätze des vierten Halswirbels des Patienten H21 in der Ansicht von dorsal (vgl. Abb. 65). Die rechte Facette ist vergrößert mit unruhiger Kontur und Knochenzubildungen im Kapselbereich (siehe Pfeil).



Abb. 68: Röntgenbild des Facettengelenks zwischen drittem und viertem Halswirbel des Patienten H25. Der kraniale Gelenkfortsatz ist vergrößert (Pfeil), das gesamte Gelenk scheint von atypischer Kontur, nach kranial ausgezogen.



Abb. 69: Procc. articulares craniales des vierten Halswirbels des Patienten H25 in der Ansicht von kraniodorsal (vgl. Abb. 68). Es besteht lediglich eine kleine Abweichung an der Gelenkfläche des rechten Fortsatzes (siehe Pfeil). Aufgrund dessen erfolgte eine Einstufung in Klasse 1.

4.2.4 Hochgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Arthroseklasse 3)

Drei der 78 röntgenologisch beurteilten Facettengelenke der Pferde, die im Liegen geröntgt worden waren, wiesen hochgradige Anzeichen für Arthrose auf. Davon waren die Veränderungen bei den Patienten H30 und H34 zwischen zweitem und drittem Halswirbel lokalisiert. Das Pferd V9 zeigte ein röntgenologisch hochgradig verändertes Gelenk zwischen C3 und C4.

Bei Patient H 30 war das Gelenk auf dem Röntgenbild vergrößert mit unregelmäßiger Kontur und knöchernen Zubildungen, der Gelenkspalt war unruhig, die Struktur inhomogen (siehe Abb. 16).

Bei der Beurteilung der zugehörigen Knochen konnten in diesem Bereich ebenfalls Veränderungen der Arthroseklasse 3 dargestellt werden. Als auffälligste Abweichung zeigte sich eine prominente, periartikuläre Knochenzubildung am Kranialende von C3, sowie entsprechend, an der kaudalen Inzisur des Axis eine beginnende Pseudarthrosenbildung. Außerdem zeigte C2 einen leichten Größenunterschied der kaudalen Facetten mit unruhige Gelenkrändern und einer Abflachung der Gelenkflächen nach medial. An beiden kranialen Gelenkflächen von C3 waren Unregelmäßigkeiten am subchondralen Knochen, sowie am Hals des linken Fortsatzes eine spitze, nach ventral zeigende Knochenzubildung festzustellen.

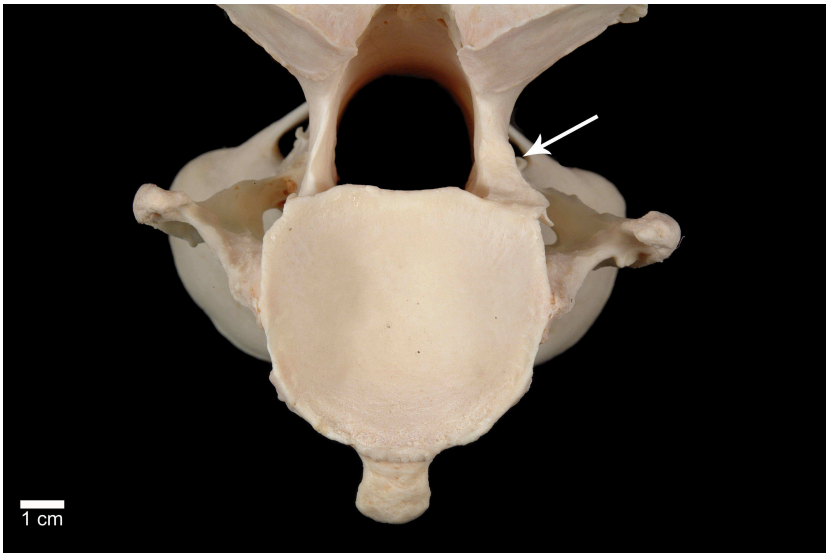


Abb. 70: Kaudalansicht des Axis des Pferdes H30. Der Pfeil markiert die deutlich verbreiterte Knochenlamina im Bereich der rechten Incisura vertebralis caudalis, als Zeichen für eine Pseudarthrosenbildung (vgl. Abb. 16).



Abb. 71: Kranialansicht des entsprechenden dritten Halswirbels des Pferdes H30 mit rundlicher, periartikulärer Knochenzubildung am Vorderende des rechten Gelenkfortsatzes (siehe Pfeil).

Patient H34 zeigte röntgenologisch einen deutlich unruhigen Gelenkspalt, eine unruhige Kontur der gelenkbildenden Anteile zwischen C2 und C3 und eine inhomogene Knochenstruktur im Sinne von verminderter Röntgendichte. Bei der Beurteilung der entsprechenden Gelenkfacetten fiel lediglich eine leicht unruhige subchondrale Knochenlamelle auf, so dass eine Einteilung in Klasse 1 erfolgte.

Ein Pferd (Patient V9) wies röntgenologisch hochgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose an C3/C4 auf. Hier zeigten sich mehrere Unregelmäßigkeiten der Knochenkontur, der Gelenkspalt schien im Mittelabschnitt unregelmäßig und dorsokaudal war eine knöchernerne Zubildung mit fokalen Zonen verminderter Röntgendichte zu sehen. Das Facettengelenk am knöchernen Präparat konnte aufgrund leichter periartikulärer Knochenzubildungen in Arthroseklasse 1 eingestuft werden.

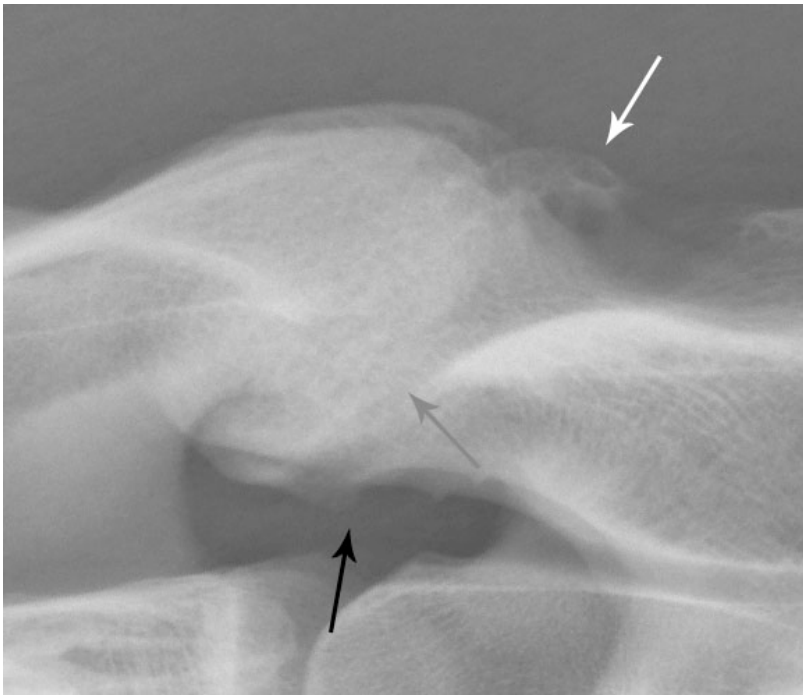


Abb. 72: Facettengelenk zwischen C3 und C4 des Pferdes V9, mit Konturveränderungen im ventralen Bereich (schwarzer Pfeil), Veränderungen des Gelenkspaltes (grauer Pfeil) und Kontur- und Strukturveränderungen dorsokaudal (weißer Pfeil). Der Bereich wurde in Arthroseklasse 3 eingestuft.

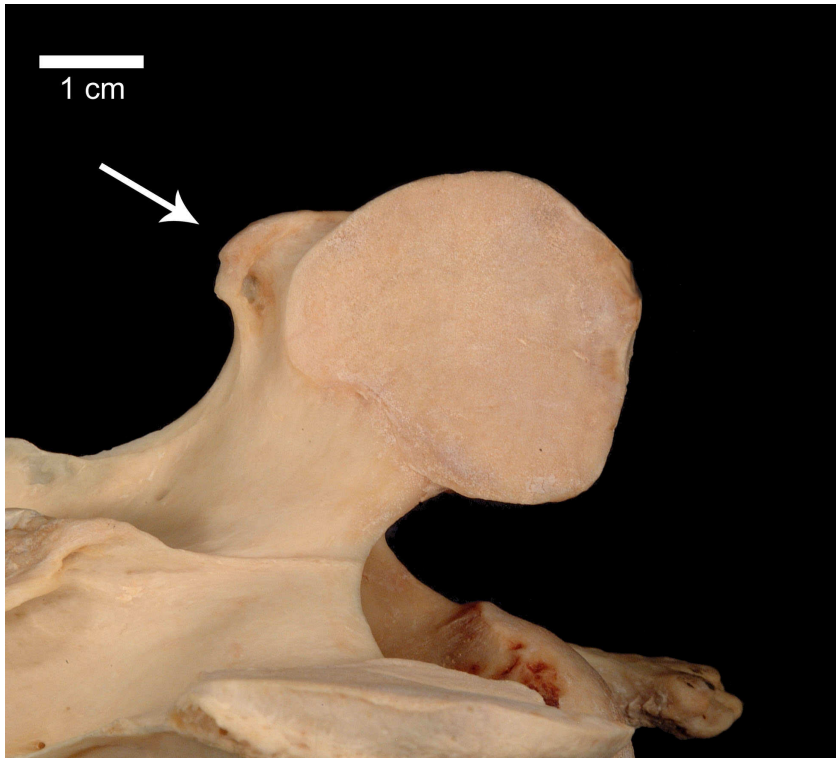


Abb. 73: Linke kraniale Gelenkfacette des vierten Halswirbels des Pferdes V9 in der Ansicht von dorsomedial (vgl. Abb. 72). Der Pfeil markiert eine periartikuläre Knochenzubildung, ansonsten scheint das Gelenk unverändert (Arthroseklasse 1).

4.2.5 Höchstgradige Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Arthroseklasse 4)

Am Übergang zwischen Axis und C3 konnten beim Patienten H14 sowohl röntgenologisch als auch makroskopisch höchstgradige Veränderungen der gelenkbildenden Anteile und deren Umgebung beobachtet werden. Auf der röntgenologischen Abbildung war eine Trennung der gelenkbildenden Anteile nahezu unmöglich, die Knochengrenzen waren verschwommen und das Gelenk schien komplett durchbaut. Die entsprechenden Gelenkfortsatzbereiche beider beteiligten Knochen waren hochgradig abnorm geformt und vergrößert; der dritte Halswirbel schien in einer den Wirbelkanal abknickenden Lage fixiert. Das Caput vertebrae war nach dorsokranial ausgezogen und es konnte kein Foramen intervertebrale angesprochen werden (vgl. Abb. 74).



Abb. 74: Röntgenbild des Übergangs zwischen C2 und C3 des Pferdes H14 mit höchstgradigen röntgenologischen Anzeichen für Facettengelenkarthrose (Klasse 4). Alle gelenkbildenden und gelenknahen Strukturen scheinen deformiert und das Gelenk vollständig durchbaut. Ebenso wird ein unphysiologischer Verlauf des Canalis vertebralis deutlich.

An den Wirbelpräparaten zeigte sich, dass massive Veränderungen in diesem Bereich vor allem am rechtsseitigen Facettengelenk zu finden waren. Beide entsprechenden Procc. waren stark vergrößert und der subchondrale Knochen war von unruhiger, gefalteter Beschaffenheit und wies Einbrüche der Knochenlamelle auf. Ebenso waren die Gelenkränder mit zahlreichen schartenartigen Einkerbungen versehen. Des Weiteren hatte sich in dieser Region offensichtlich eine zusätzliche Gelenkfläche (Pseudarthrose) gebildet. Hier artikuliert ein Bereich ventrolateral der Incisura vertebralis caudalis des Axis mit einer entsprechenden, neu gebildeten Gelenkfläche medial am rechten Proc. articularis cranialis des dritten Halswirbels. Eine physiologische Gleitbewegung in diesem Facettengelenk scheint aufgrund der geschilderten Befunde absolut unmöglich, ebenso ein ungehindertes austreten des Spinalnerven durch die dafür vorgesehene Öffnung. Am rechten Proc. articularis cranialis des dritten Halswirbels waren kaudal mehrere relativ große Gefäßlöcher zu sehen, welche unmittelbar unter den subchondralen Knochen zu ziehen schienen.

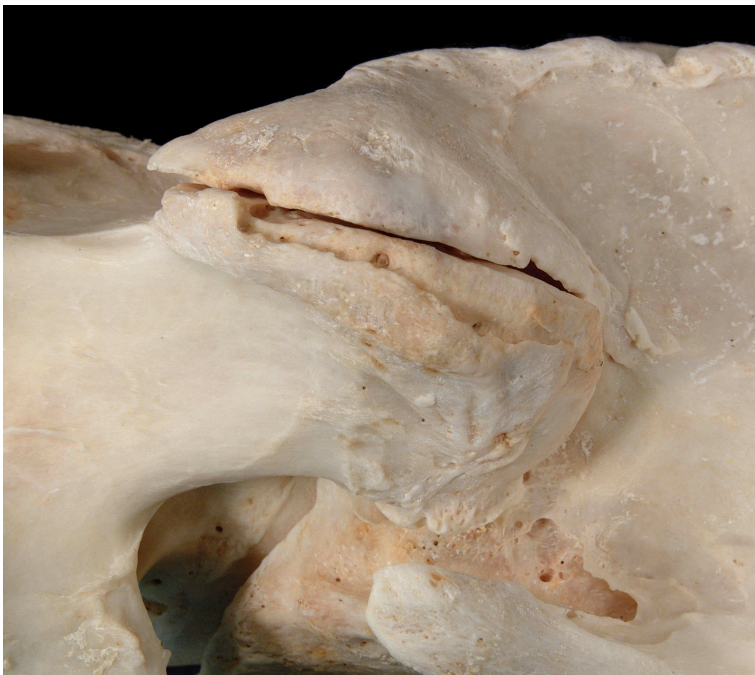


Abb. 75: Rechtes Facettengelenk zwischen C2 und C3 des Pferdes H14 in der Ansicht von lateral. Alle gelenkbildenden Anteile sind stark verformt und vergrößert, der Gelenkspalt ist unregelmäßig und eine Austrittsöffnung für den Spinalnerven nicht zu erkennen.

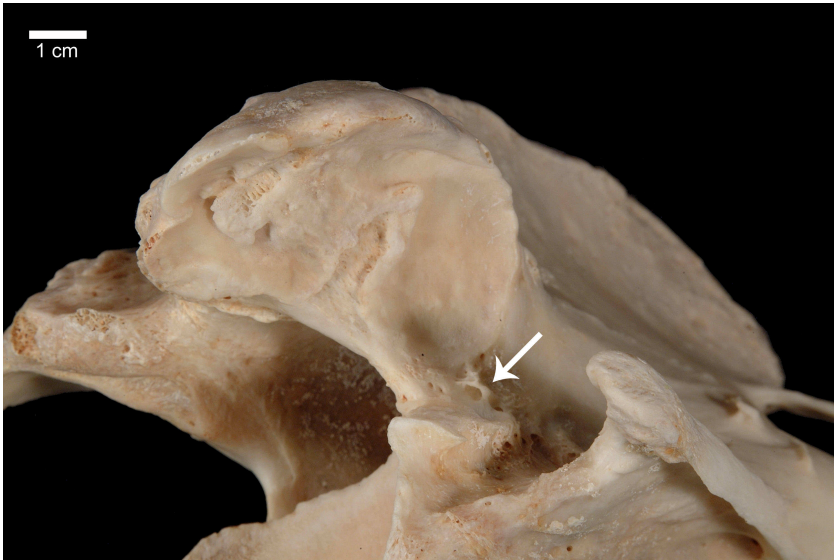


Abb. 76: Rechter Proc. articularis caudalis des Axis des Pferdes H14 in der Ansicht von ventrolateral. Der Gelenkfortsatz ist stark vergrößert und von abnormer Form mit hochgradig unruhiger subchondraler Knochenlamelle. Der Pfeil markiert eine neu gebildete Gelenkfläche zur Artikulation mit einem entsprechenden Bereich am kranialen Fortsatz von C3.



Abb. 77: Rechter Proc. articularis cranialis des dritten Halswirbels des Pferdes H14 in der Ansicht von dorsal. Der Bereich ist stark vergrößert und der subchondrale Knochen scheint gefaltet.

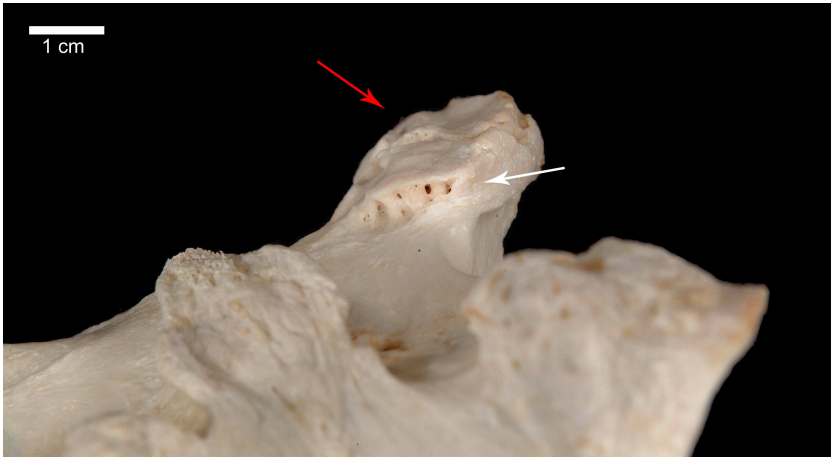


Abb. 78: Rechter Proc. articularis cranialis des dritten Halswirbels des Pferdes H14 in der Ansicht von kaudal. Der subchondrale Knochen ist stark unregelmäßig (roter Pfeil), am Kaudalende sind deutliche Gefäßlöcher angelegt (weißer Pfeil).

4.2.6 Statistische Auswertung der Daten bezüglich der Facettengelenkarthrosen in Gruppe 1

Zur Verdeutlichung der röntgenologischen und makroskopischen Einstufung der untersuchten Gelenke in die verschiedenen Arthroseklassen, folgen zunächst tabellarische Aufstellungen der erzielten Bewertungen (siehe Tabelle 10, Tabelle 11 und Tabelle 12).

Tabelle 10: Aufstellung der Einteilung in die verschiedenen Arthroseklassen anhand röntgenologischer Kriterien der Patientengruppe 1 (euthanasierte Pferde). Darstellung sowohl für alle untersuchten Facettengelenke (n = 78), als auch für C2/C3 (n = 39) und C3/C4 (n = 39) getrennt.

	Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Gesamt	38	24	12	3	1
Lokalisation C2/C3	22	10	4	2	1
Lokalisation C3/C4	16	14	8	1	0

Tabelle 11: Aufstellung der Einteilung in die verschiedenen Arthroseklassen anhand makroskopischer Kriterien der Patientengruppe 1. Darstellung sowohl für alle untersuchten Facettengelenke (n = 78), als auch für C2/C3 (n = 39) und C3/C4 (n = 39) getrennt.

	Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Gesamt	21	31	21	4	1
Lokalisation C2/C3	8	16	12	2	1
Lokalisation C3/C4	13	15	9	2	0

Tabelle 12: Anzahl und prozentualer Anteil (ausgehend von der makroskopischen Einstufung, siehe Tabelle 11) an Übereinstimmungen zwischen röntgenologischer und makroskopischer Beurteilung der Facettengelenke in Patientengruppe 1.

	Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Gesamt	10 (47,6%)	9 (29,0%)	4 (19,1%)	1 (25%)	1 (100%)
Lokalisation C2/C3	5 (62,5%)	3 (18,8%)	1 (8,3%)	1 (50%)	1 (100%)
Lokalisation C3/C4	5 (38,5%)	6 (40%)	3 (33,3%)	0 (0%)	X

Betrachtet man die röntgenologische Untersuchung der Facettengelenke der kranialen Halswirbelsäule (C2/C3 und C3/C4) als diagnostischen Test zum Auffinden von Facettengelenkarthrosen, unabhängig von deren Ausprägung und nimmt man die Ergebnisse der makroskopischen Untersuchung der Wirbelpräparate als Goldstandard an, lässt sich die Sensitivität und Spezifität des Tests für die unterschiedlichen Lokalisationen berechnen. Das heißt, dass hierbei ein Facettengelenkbereich als röntgenologisch arthrotisch verändert betrachtet wurde, sobald er in eine Arthroseklasse größer als Klasse 0 eingestuft wurde (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Sensitivität und Spezifität der radiologischen Untersuchung zur Diagnose von Facettengelenkarthrose an C2/C3 und C3/C4.

	Sensitivität	Spezifität
Gesamt	0,5	0,46
Lokalisation C2/C3	0,45	0,63
Lokalisation C3/C4	0,56	0,36

Die Berechnung des positiven prädiktiven Wertes (PPV) für die röntgenologische Untersuchung als Test zum Auffinden von Arthrosen der Facettengelenke zwischen C2/C3 und C3/C4 lieferte ein Ergebnis von $PPV=72,5\%$. 14% der Facettengelenke wurden durch die röntgenologische Untersuchung falsch positiv bewertet, 36% als falsch negativ.

Im Anschluss erfolgte die Berechnung der Sensitivität getrennt nach der erfolgten Einteilung in Arthroseklassen anhand der makroskopischen Untersuchung (siehe Abb. 79).

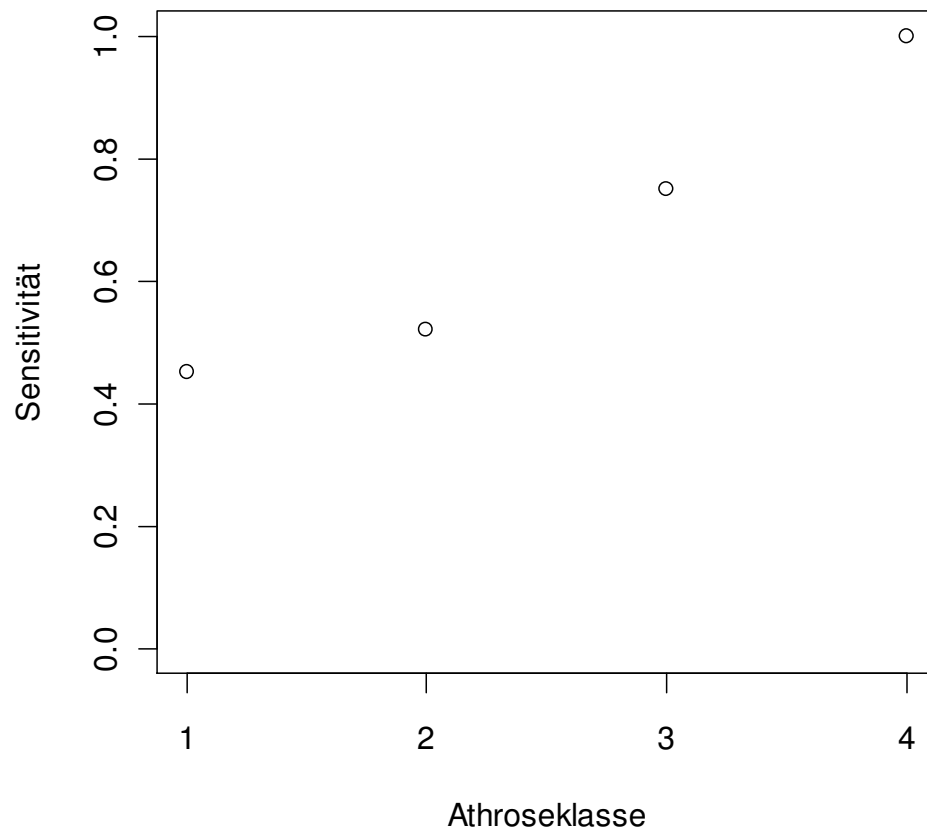


Abb. 79: Grafische Darstellung der Änderung der Sensitivität der röntgenologischen Untersuchung als diagnostischer Test auf Facettengelenkarthrose in Abhängigkeit von den tatsächlich an den Wirbelknochen vorhandenen Arthroseanzeichen.

Um den Zusammenhang zwischen röntgenologischer Bewertung und Einstufung in Arthroseklassen aufgrund der Auswertung der Wirbelpräparate weiter zu verdeutlichen, wurde für beide Lokalisationen der Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizient berechnet.

Für C2/C3 ergab sich hierbei ein Wert von **$r = 0,36$** (siehe Abb. 80), an C3/C4 konnte **$r = 0,11$** (siehe Abb. 81) errechnet werden.

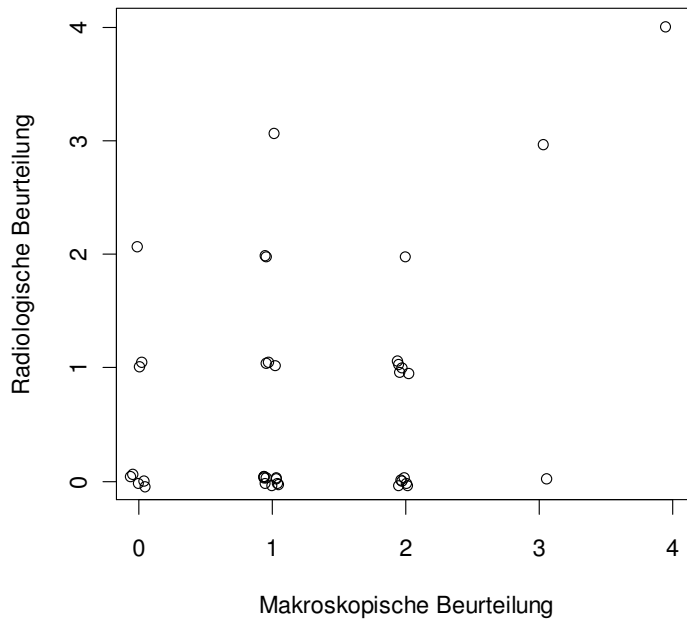


Abb. 80: Korrelation zwischen röntgenologischer Einteilung in Arthroseklassen und entsprechender Bewertung der Wirbelpräparate an C2/C3.

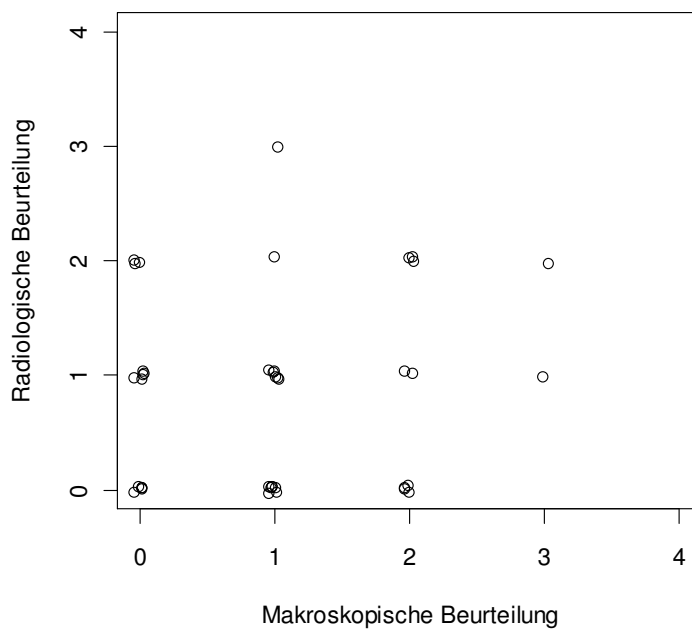


Abb. 81: Korrelation zwischen röntgenologischer Einteilung in Arthroseklassen und entsprechender Bewertung der Wirbelpräparate an C3/C4.

4.2.7 Vergleich der Einteilung in röntgenologische Arthrosegrade zwischen Gruppe 2 und Gruppe 3

Die Beurteilung der Facettengelenke der Gruppe 2 und 3 (Definition siehe S. 41) konnte aus verständlichen Gründen lediglich anhand der vorliegenden Röntgenbilder erfolgen. Tabelle 14 zeigt die erfolgte Einteilung in die Arthroseklassen getrennt nach den verschiedenen Patientengruppen sowie den Lokalisationen. Auffällig hierbei war, dass bei der Auswertung der Aufnahmen kein Gelenk mit höchstgradigen Arthroseanzeichen auszumachen war.

Tabelle 14: Darstellung der röntgenologischen Einstufungen der Facettengelenke zwischen C2/C3 und C3/C4 der Patientengruppen 2 und 3

	Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Gruppe 2 gesamt (n= 140)	42 (30%)	43 (31%)	41 (29%)	14 (10%)	0 (0%)
Gruppe 2 C2/C3	26 (37%)	22 (31%)	18 (26%)	4 (6%)	0 (0%)
Gruppe 2 C3/C4	16 (23%)	21 (30%)	23 (33%)	10 (14%)	0 (0%)
Gruppe 3 gesamt (n = 58)	13 (22%)	26 (45%)	10 (17%)	9 (16%)	0 (0%)
Gruppe 3 C2/C3	8 (28%)	17 (59%)	3 (10%)	1 (4%)	0 (0%)
Gruppe 3 C3/C4	5 (17%)	9 (31%)	7 (24%)	8 (28%)	0 (0%)

Beim Vergleich zwischen Patientengruppe 2 und Patientengruppe 3 bezüglich der Ausprägung der röntgenologischen Befunde an den Facettengelenken konnte mittels dem Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest an keiner der Lokalisationen (p C2/C3 = 0,76; p C3/C4 = 0,42) ein signifikanter Unterschied aufgedeckt werden.

Aus Tabelle 14 wird deutlich, dass 30% der klinisch unauffälligen Tiere (Patientengruppe 2) und 22,5 % der Pferde, bei denen sowohl Symptome einer Halswirbelsäulenerkrankung als auch röntgenologische Befunde an den Facettengelenken C5 – C7 vorlagen (Patientengruppe 3), keine röntgenologisch sichtbaren Anzeichen für Facettengelenkarthrose an den untersuchten Gelenken aufwiesen. Bei der statistischen Auswertung konnte jedoch bezüglich dieses Sachverhalts kein signifikanter

Unterschied dargestellt werden. Bei C2/C3 betrug im Chi-Quadrat-Test der p-Wert 0,36, an der hinteren Lokalisation 0,73.

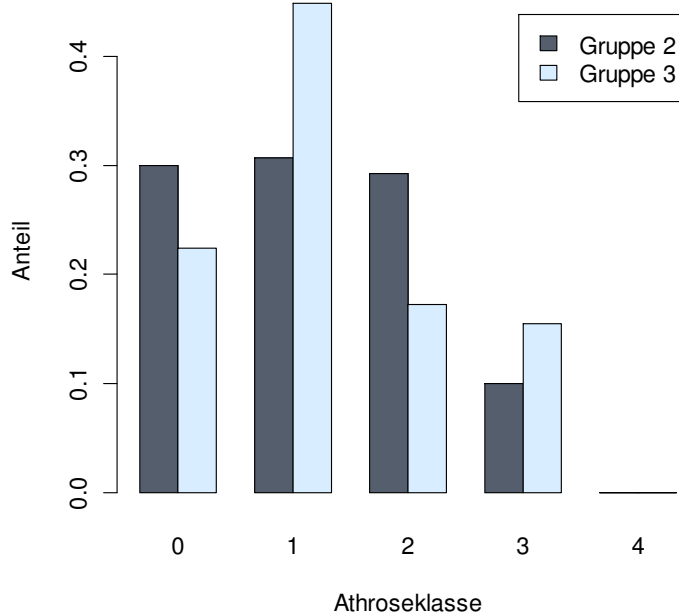


Abb. 82: Verteilung der Arthroseklassen bei der röntgenologischen Beurteilung der Facettengelenke in den Patientengruppen 2 und 3.

4.2.8 Auswirkung von Halsdicke und Halslänge

Bei den Patienten aus Gruppe 1 konnten dorsale Halslängen von 49 cm bis 113 cm gemessen werden, wobei die mittlere Halslänge 81,5 cm betrug. Mittels Regressionsanalysen sollte der Zusammenhang zwischen der Länge des Halses und der makroskopisch sichtbaren Ausprägung von arthrotischen Veränderungen an den Facettengelenken verdeutlicht werden. Für das Gelenk zwischen C2 und C3 war $p = 0,48$, für C3/C4 war $p = 0,99$.

Tabelle 15 zeigt die Werte für die Halsdicken in den Patientengruppen 1 und 2 an. Auch hier wurde mittels einer Regressionsanalyse zum einen der Zusammenhang zwischen der Dicke der Hälse und der tatsächlichen Ausprägung von Facettengelenkarthrosen dargestellt (Patientengruppe 1). Hier ergaben sich für p am C2/C3 ein Wert von 0,99,

C3/C4 war $p = 0,03$. Zum anderen wurde der Zusammenhang zwischen der Messstrecke und der röntgenologischen Beurteilung der Facettengelenke in betracht gezogen (Patientengruppe 1 und 2). Hier ist an C2/C3 $p = 0,038$ und an C3/C4 $p = 0,04$.

Tabelle 15: Minimale, maximale und durchschnittliche Halsdicke der Pferde aus Patientengruppe 1 und Patientengruppe 2 in cm.

	minimale Halsdicke	maximale Halsdicke	Durchschnitt
<i>Patientengr. 1</i>	12,4	21,7	16,6
<i>Patientengr. 2</i>	12,7	24,5	17,8

4.3 Lippenbildung der lateralen Kanten der kaudalen Facetten

An einigen Wirbelpräparaten des zweiten und dritten Halswirbels zeigten sich deutliche Abweichungen der normalerweise planen Gelenkfläche der kaudalen Facettengelenke (vgl. Abb. 83 - Abb. 86). Hier war ein mehr oder weniger starker, dachfirstartiger Knick der Facies articularis, teilweise verbunden mit einer Ausziehung der lateralen Gelenkbegrenzung festzustellen. Meist konnten an den korrespondierenden kranialen Facetten entsprechende Veränderungen im Sinne einer konvexen Beschaffenheit der Gelenkflächen beobachtet werden, so dass diese sich den Gegebenheiten an Ihren Artikulationspartnern anpassten und beide gelenkbildenden Strukturen ineinander griffen. Dieses Phänomen war sowohl zwischen zweitem und drittem als auch zwischen drittem und viertem Halswirbel in den unterschiedlichsten Ausprägungen festzustellen. So reichte das Spektrum von lediglich geringen Abweichungen der normalen, ebenen Beschaffenheit bis zu rechtwinkliger Abknickung der Gelenkflächen. Veränderungen waren sowohl beidseits symmetrisch, das heißt an beiden kaudalen Facetten in gleicher Ausbildung, als auch mit Unterschieden im Seitenvergleich zu beobachten.

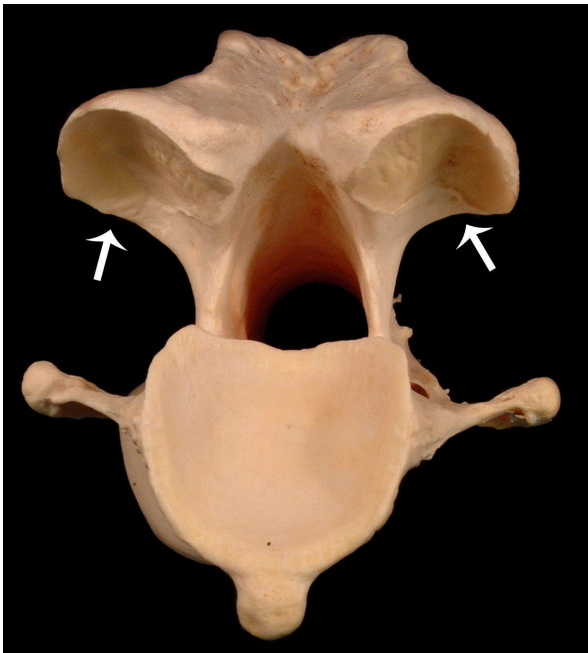


Abb. 83: zweiter Halswirbel des Pferdes V5 in der Ansicht von kaudal. Beide kaudalen Gelenkfortsätze zeigen eine ausgeprägte, dachfirstartige Abknickung der Gelenkflächen (siehe Pfeile).



Abb. 84: Dritter Halswirbel des Pferdes H7 in der Ansicht von kaudal. Die Fläche des linken Gelenkfortsatzes ist konkav verformt, die des rechten plan.



Abb. 85: Linkes Facettengelenk zwischen C3 und C4 des Pferdes H29 in der Ansicht von kaudal, mit deutlicher lateraler Lippenbildung des Proc. articularis caudalis von C3. Der entsprechende kraniale Gelenkfortsatz ist ebenfalls verformt und passt sich in die entstandene Winkelung ein.



Abb. 86: Linker Processus articularis cranialis des vierten Halswirbels des Pferdes aus Abb. 85 in der Ansicht von kranial. Die Gelenkfläche ist entsprechend den Veränderungen am Artikulationspartner verändert. Es zeigen sich sonst keine Anzeichen für Facettengelenkarthrose.

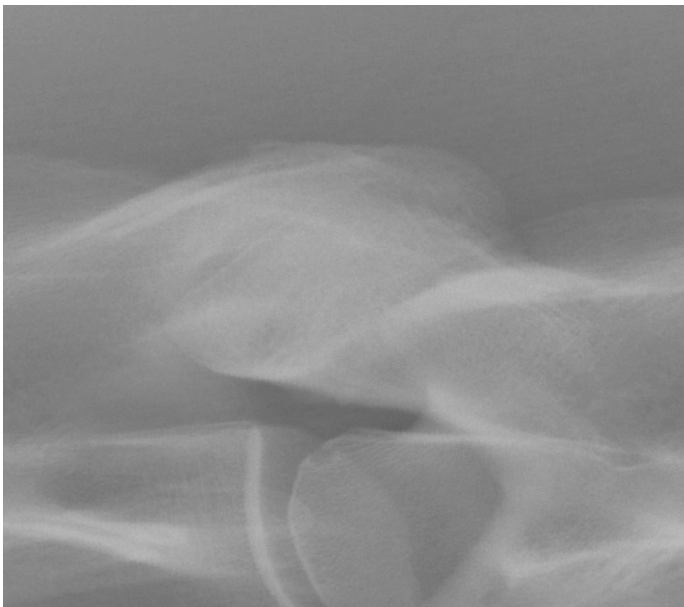


Abb. 87: Röntgenologische Darstellung des Facettengelenks zwischen C3 und C4 des Patienten H29 (vgl. Abb. 85 und Abb. 86). Auf den ersten Blick sind keine Hinweise auf die Veränderungen an den Gelenkflächen auszumachen.

Die beschriebenen Befunde traten sowohl an Facettengelenken auf, die bei der makroskopischen Beurteilung als sonst frei von Arthroseanzeichen klassifiziert worden waren, als auch bei solchen, die in die Klassen 1-4 eingestuft werden konnten. Röntgenologisch waren solche Dachfirstbildungen zunächst nicht auszumachen. Beim Vergleich zwischen den Präparaten und den entsprechenden Röntgenbildern war jedoch bei einigen Bildern eine schräg über das Facettengelenk verlaufende, feine röntgendichte Linie auffallend, die mit diesen Befunden in Verbindung gebracht werden konnte (vgl. Abb. 88). Außerdem wurde deutlich, dass Facettengelenke, die eine solche „Dachfirstbildung“ aufwiesen, in der röntgenologischen Beurteilung allen möglichen Klassen zugeordnet wurden.

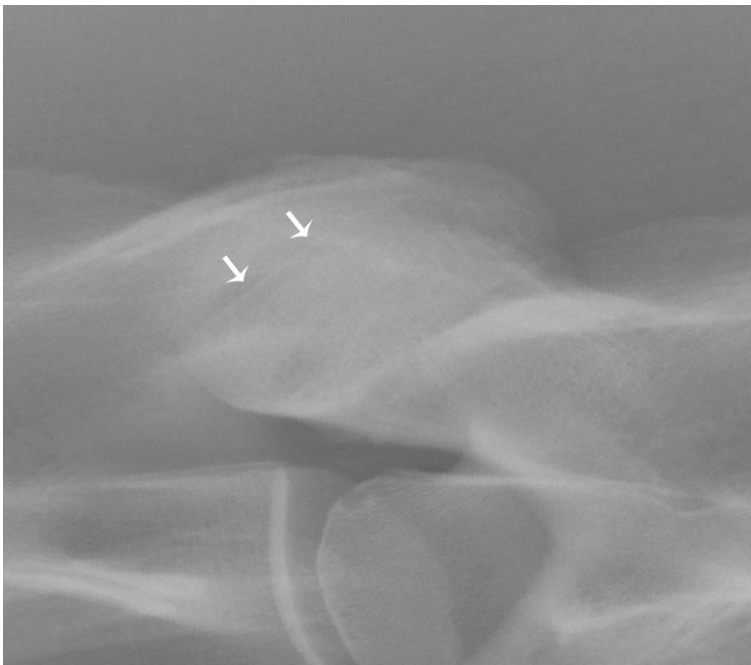


Abb. 88: Auf dem Röntgenbild aus Abb. 87 markieren Pfeile eine feine röntgendichte Linie, die der Abknickung des kranialen Proc. entspricht. Bei der Beurteilung wurde dieses Facettengelenk in Arthroseklasse 0 eingestuft.

Bei 14 Pferden ($14/39 = 35,9\%$) aus Patientengruppe 1 konnten an den kaudalen Gelenkfortsätzen von C2 solche Veränderungen festgestellt werden. Sechs davon traten beidseits symmetrisch auf, bei acht war ein Seitenunterschied zu erkennen. An C3 war eine Dachfirstbildung an 19 ($19/39 = 48,7\%$) Präparaten zu sehen, wobei sieben davon symmetrisch ausgebildet waren, zwölf asymmetrisch.

Um einen eventuellen Zusammenhang zwischen dem Auftreten und der Ausprägung der Dachfirstbildung sowie der röntgenologischen Beurteilung der Facettengelenke darstellen zu können, wurde für beide Lokalisationen der Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizient berechnet. Dieser ergab am Facettengelenk zwischen Axis und C3 einen Wert von $r = 0,24$ und an C3 / C4 einen Wert von $r = -0,16$ (vgl. Abb. 89).

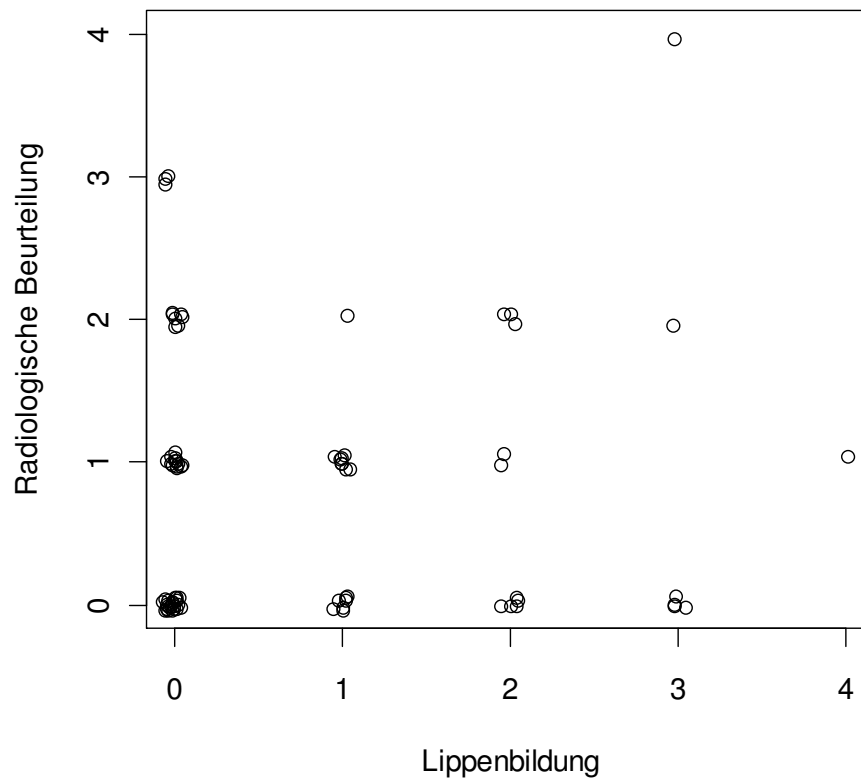


Abb. 89: Korrelation zwischen röntgenologischer Beurteilung der kleinen Wirbelgelenke und der Ausprägung der dachfirstartigen Abknickung der Gelenkflächen (=Lippenbildung) an beiden betrachteten Lokalisationen (C2/C3 und C3/C4).

V Diskussion

Um genauere Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen röntgenologischen und morphologischen Befunden an der kranialen Halswirbelsäule zu erhalten, wurden Röntgenbilder von 39 Pferden mit den entsprechenden Halswirbelpräparaten verglichen. Zusätzlich erfolgte noch ein Vergleich zwischen Pferden ohne Symptome einer Halswirbelsäulenerkrankung und Pferden mit Symptomen einer röntgenologisch diagnostizierten Facettengelenkarthrose an der kaudalen Halswirbelsäule bezüglich Ausprägung und Häufigkeit der Befunde im vorderen Halsbereich.

1. Diskussion der Methode

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich lediglich mit der röntgenologischen Untersuchung der kranialen Halswirbelsäule (C1-C4). Gründe hierfür waren, dass zum einen in der Literatur die Meinung herrscht, dass mit portablen Röntgengeräten keine qualitativ ausreichenden Röntgenbilder des kaudalen Abschnitts der Halswirbelsäule angefertigt werden können (Whitwell & Dyson 1987; Weaver & Barakzai 2010). Somit ist es im Rahmen der ambulanten Röntgenuntersuchung am heimischen Stall nur möglich die vorderen Halsabschnitte zu untersuchen. Außerdem liegen im kranialen Teil der Halswirbelsäule andere anatomische und biomechanische Gegebenheiten vor als im hinteren Teil. Im ersten Kopfgelenk besteht eine große Flexibilität in dorsoventraler Richtung; sie entspricht 32% der gesamten Halsbeweglichkeit in dieser Ebene (Clayton & Townsend 1989). 73% der axialen Rotation der Halswirbelsäule spielen sich in der Art. atlantoaxialis ab (Clayton & Townsend 1989). Dieser Sachverhalt trägt dazu bei, dass in den verschiedenen Halsabschnitten bestimmte Krankheitsbilder eine unterschiedlich große Rolle spielen. So kommen im hinteren Teil gehäuft Arthrosen der Facettengelenke vor (Powers et al. 1986; Wagner et al. 1987; Reed & Moore 1993), die CVI wird weiter kranial beobachtet (Reed et al. 1985; Powers et al. 1986).

Bei der Auswahl der Pferde, bei denen im Anschluss der Vergleich zwischen Wirbelpräparat und Röntgenbild erfolgen sollte, wurde völlig willkürlich vorgegangen.

Prinzipiell wurde jedes Pferd, das in der Klinik für Pferde euthanasiert wurde, in die Untersuchung mit einbezogen, wobei bei einigen Tieren jedoch aufgrund einer einsetzenden Totenstarre keine adäquate Lagerung zur Röntgenuntersuchung mehr möglich war und diese somit nicht verwendet werden konnten. Leider war es in den meisten Fällen unmöglich vom jeweiligen Besitzer Hinweise auf eine Halswirbelsäulenerkrankung zu erfragen und eine neurologische Untersuchung konnte in der Mehrzahl der Fälle nicht durchgeführt werden. So wird deutlich, dass die vorgefundenen Befunde nicht mit einer eventuellen klinischen Symptomatik in Verbindung gebracht werden können. Kriterium für die Aufnahme in Patientengruppe 2 war, dass die Pferde bei einer Allgemeinuntersuchung und neurologischen Untersuchung keine Auffälligkeiten zeigten. Auch bei dieser Auswahl wurde willkürlich vorgegangen, jedoch war wichtig, dass die Tiere zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht unter entzündungshemmender Therapie standen, da dies ein wichtiger Bestandteil der konservativen Therapie bedeutender Halswirbelsäulenerkrankungen ist (Nout & Reed 2003; Fürst 2006). Somit wurde die Gefahr, dass ein Krankheitszustand durch Medikation überdeckt wird, minimiert. Bei der neurologischen Untersuchung sind in den meisten Fällen zumindest Hinweise auf die in dieser Studie relevanten Krankheitsbilder aufzudecken. Andererseits zeigen die klinischen Symptome bei der CVSM häufig einen wellenförmigen Verlauf (Mayhew 2009), so dass sie bei einer einmaligen neurologischen Untersuchung nicht immer gefunden werden können. Auch die klinische Untersuchung im Rahmen der Kaufuntersuchung stützt sich in der Regel auf die einmalige Befunderhebung am Pferd zu einem bestimmten Zeitpunkt (Hertsch 2004). Die Pferde, deren Röntgenbilder retrospektiv ausgewertet wurden, wurden wegen klinischer Beschwerden in der Klinik für Pferde vorgestellt. Nach einer gründlichen neurologisch-orthopädischen Untersuchung und der Auswertung von Röntgenbildern der Halswirbelsäule konnten Arthrosen der kleinen Wirbelgelenke zwischen C5 und C7 als Ursache für die Symptomatik festgestellt werden. Diese röntgenologischen Befunde ließen sich in allen Fällen nachvollziehen, so dass mit großer Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass diese Tiere an CSS erkrankt waren.

Im Rahmen der Studie konnten sowohl am stehenden als auch am liegenden Pferd qualitativ hochwertige Röntgenaufnahmen der kranialen Halswirbelsäule im seitlichen Strahlengang angefertigt werden. Am liegenden Pferd sind Stressaufnahmen (Abbeugung des Halses zur Verdeutlichung einer Subluxation) möglich (Hebeler 1977;

Böhm & Hebler 1980; Ticer 1984; Butler et al. 2008), es treten keine Bewegungsartefakte auf (Mendenhall & Cantwell 1988) und aus strahlenschutztechnischen Gründen ist die Untersuchung am narkotisierten Tier als positiv zu bewerten, da die Radiologie von Kopf und Hals am stehenden Pferd den Halter besonders dem Risiko einer Strahlenexposition aussetzt (Butler et al. 2008). Um ein übermäßiges Strecken oder Abbeugen des Halses bei der Lagerung zu vermeiden, war es sinnvoll im Vorversuch ein geeignetes System zur Vereinheitlichung der Kopf-Hals-Haltung zu entwickeln. Jedoch gestaltete es sich am liegenden Pferd sehr schwierig, den Hals so zu lagern, dass eine Anfertigung von exakt orthograden Röntgenaufnahmen möglich wurde. Die korrekte seitliche Darstellung der Halswirbel ist aber Voraussetzung für die exakte Auswertung (Hebler 1977; Rantanen et al. 1981). Nur bei einigen Ponies konnte hier auf den Einsatz eines Deckenkrans verzichtet werden. Es sollte in Betracht gezogen werden, dass beim lebenden Pferd zur Aufnahme von Röntgenbildern im Liegen eine Vollnarkose von Nöten ist (Butler et al. 2008), deren Risiken gerade bei einem Pferd mit neurologischer Symptomatik nicht zu unterschätzen sind.

Die Aufnahmen am stehenden, sedierten Pferd konnten in der Mehrzahl der Fälle zügig und in ausreichender Qualität erstellt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass neurologische Symptome durch eine Sedation verstärkt werden und die Patienten gar zum Festliegen kommen können (van Biervliet et al. 2004). Andererseits kann die Sedation des Pferdes nützlich sein, da sich das Pferd dann wenig bewegt und die Tendenz hat, Kopf und Hals zu senken (Whitwell & Dyson 1987). Dies hat den Nachteil, dass der Hals im Vergleich zum normalen Stand gebeugt wird, was zu einer Veränderung der Stellung der Wirbel zueinander führt (Butler et al. 2008). Anfangs wurde bei einigen Pferden versucht, Aufnahmen im nicht sedierten Zustand, gegebenenfalls unter Zuhilfenahmen anderer Fixationsmaßnahmen (z.B. Oberlippenstrickbremse) anzufertigen. Selbst sehr ruhige Tiere ließen sich durch die ungewohnte Situation stark irritieren, so dass zum einen mehrere Versuche notwendig wurden um adäquate Röntgenbilder zu erhalten, zum anderen die aufgeregten Tiere eine Gefahr für sich, Einrichtungsgegenstände und Personal darstellten. Neben der Verletzungsgefahr für Mensch und Tier wird die Aufnahme von Röntgenbildern der Halswirbelsäule am unsedierten Pferd wegen der oftmals höheren Strahlenbelastung durch gegebenenfalls notwendige Wiederholungsaufnahmen als problematisch gesehen.

Die gemessene dorsale Halslänge, sowie die Halsdicke in der Mitte des Halses, können einen Eindruck über die Dimensionen des Halses beim einzelnen Individuum vermitteln. Wichtig hierbei war, dass immer an derselben Stelle bzw. die Strecke zwischen denselben Messpunkten gemessen wurde und dass gerade am liegenden Pferd keine abnorme Kopf-Hals-Haltung vorlag. Dies wurde durch Einsatz des im Vorversuch ermittelten Winkels α erreicht. Problematisch beim Vergleich zwischen Werten, die am toten Pferd genommen wurden, und solchen vom lebenden Pferd kann sein, dass es bei einsetzender Totenstarre zu einer Kontraktion von quergestreifter und glatter Muskulatur kommt (Myers & McGavin 2009). Dies beginnt nach etwa 1-6 h und es scheint möglich, dass dies eine Verfälschung der Messwerte am Tierkörper zur Folge hat. Um diesen Effekt so gering wie möglich zu halten, erfolgte die Messung am Kadaver unmittelbar nach der Lagerung zur röntgenologischen Untersuchung. Außerdem sollten noch andere Parameter wie Rasse, Größe und Gewicht des Tieres mit in die Überlegungen mit einbezogen werden. Eine mögliche Herangehensweise wäre, die dorsale Halslänge bzw. die Halsdicke ins Verhältnis zum Stockmaß zu setzen, um so relative und nicht absolute Werte zu erhalten.

Nach der Bearbeitung der Wirbelpräparate waren aus verständlichen Gründen keine Weichteilstrukturen und keine Knorpelanteile mehr sichtbar. Bei Arthrosen der Facettengelenke kann es durch Weichteilschwellung und vermehrte Füllung der Gelenkkapsel zu klinischen Beschwerden kommen (Fisher et al. 1981; Powers et al. 1986; van Biervliet et al. 2006) und ein Hauptbestandteil von Arthrose ist ein Verlust von Gelenkknorpel (Weaver & Barakzai 2010). Jedoch stellt die röntgenologische Untersuchung Weichteilgewebe, wie Bänder, Sehnen und Gelenkknorpel, schlecht dar (Weaver & Barakzai 2010). In der vorliegenden Studie sollte die Korrelation zwischen röntgenologischen und pathologisch-morphologischen Befunden betrachtet werden, so dass hier ein Vergleich zwischen Röntgenbild und entsprechendem Knochenpräparat für den verfolgten Zweck als ausreichend erscheint.

Die Methode, die zum Erstellen der Schemazeichnung verwendet wurde, kann als elektronische Form des Abpausens einer Vorlage betrachtet werden. Von Vorteil hierbei ist, dass das Schema in digitaler Weise gespeichert und jederzeit verändert oder angepasst werden kann. Wichtig ist darauf zu achten, möglichst ein Röntgenbild ohne Befund als Vorlage zu verwenden, wobei einige Unregelmäßigkeiten oder Asymmetrien vom Zeichner begradigt werden können. Der Übersicht wegen sollten nur wirklich relevante knöcherne Strukturen, gegebenenfalls in vereinfachter Form dargestellt

werden. Der genaueren Orientierung am Röntgenbild können Röntgenatlanten dienen, welche die sichtbaren Strukturen anhand detaillierter Schemata ausführlicher darstellen (Schebitz & Wilkens 1986).

Bei der Betrachtung der Röntgenbilder und der entsprechenden Präparate der Tiere, die in totem Zustand untersucht wurden, war es wichtig, die Röntgenbilder zuerst unabhängig vom Knochenbefund zu untersuchen und den Zusammenhang zum Knochenbefund erst später darzustellen. In der Praxis liegt lediglich eine Röntgenaufnahme und nicht noch zusätzlich das morphologische Korrelat vor, so dass dies als sinnvolle Herangehensweise betrachtet wird. Die Beurteilung der Kopfgelenke und der restlichen Strukturen exklusive der Facettengelenke erfolgte rein subjektiv unter Beachtung der als physiologisch geltenden röntgenologischen und anatomischen Gegebenheiten. Diese Vorgehensweise ist ein durchaus probates Mittel zur Verdeutlichung der röntgenologischen Befunde, wobei aber, wie bereits erwähnt, Veränderungen im Weichteilgewebe am Präparat nicht nachvollzogen werden können. Erst beim direkten Vergleich zwischen Röntgenbild und Knochen können gerade an den komplizierten Strukturen der Halswirbelsäule bestimmte röntgenologische Gegebenheiten ins Auge stechen. Jedoch sollte aus den oben aufgeführten Gründen im Rahmen ähnlicher wissenschaftlicher Untersuchungen immer erst das Röntgenbild unabhängig vom Knochen untersucht werden.

Bei der Beurteilung der Facettengelenke wurde ein Klassifikationsschema angewendet. Auch die Bewertung der Röntgenbilder im Rahmen der Kaufuntersuchung erfolgt in Deutschland mittels einer Einteilung in verschiedene Klassen (Gerhards et al. 2007). Es schien aufgrund der komplizierten anatomischen Strukturen, welche sich auf dem Röntgenbild im seitlichen Strahlengang überwiegend überlagern, nicht möglich oder sinnvoll selbst geringgradigen Veränderungen im Gelenkbereich direkt ein morphologisches Korrelat zuordnen zu können. Vielmehr ist es gerade hier wichtig, mittels der röntgenologischen Untersuchung generell eine Einschätzung zu treffen, ob arthrotische Veränderungen an den kleinen Wirbelgelenken vorliegen und wie ausgeprägt diese sind. Die entwickelten Klassifikationsschemata richten sich nach den in der Literatur genannten Kriterien für Arthrosen der kleinen Wirbelgelenke sowohl bei der röntgenologischen (Whitwell & Dyson 1987; Hett 1999; Fürst 2006; Butler et al. 2008) als auch bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung (Rooney 1963; Pohlenz & Schulz 1966; Mechlenburg 1967; Prickett 1968; Powers et al. 1986; Fürst

2006). Sie sind subjektiver Natur (Hudson & Mayhew 2005) und die Übergänge zwischen den einzelnen Stufen sind sicher fließend, jedoch lässt sich mit dieser Methode durchaus eine Aussage darüber treffen, ob und wie stark ein Facettengelenk röntgenologisch, beziehungsweise morphologisch arthrotisch verändert erscheint. Durch den Vergleich der jeweiligen Einstufungen miteinander kann gefolgert werden, inwiefern solche Veränderungen an den Facettengelenken in der röntgenologischen Untersuchung richtig erkannt werden. Erst kürzlich führten DOWN und HENSON (2009) ein Grading-System zur Beurteilung der Facettengelenke zwischen C5/C6 und C6/C7 ein. Jedoch werden hier nur röntgendichte Zubildungen als Kriterium zur Einstufung in die verschiedenen Klassen gesehen. Eine Beurteilung des Gelenkspaltes und der Struktur der Facettengelenke unterbleibt in diesem Zusammenhang. Eine objektive Bewertung der Facettengelenke, wie sie HETT (1999) an den Gelenken der kaudalen Wirbelsäule vornahm, scheint in dieser Form weiter kranial nicht möglich, weil die Gelenkfortsatzflächen an den kleinen Wirbelgelenken zwischen zweitem und drittem und drittem und viertem Halswirbel vor allem nach dorsal zeigen und nur eine leichten Verkipfung nach medial besteht. In den hinteren Bereichen orientieren sich diese Abschnitte eher in Richtung der Sagittalebene (Clayton & Townsend 1989).

Die Beurteilung der Röntgenbilder der Pferde, bei denen diese im lebenden Zustand angefertigt wurden, richtete sich nach den Ergebnissen, die bei der Untersuchung der Patienten der Gruppe 1 erhoben werden konnten. Beide Patientengruppen sind klar voneinander abgegrenzt. Gruppe 2 zeigten keine klinischen Symptome einer Halswirbelsäulenerkrankung, die Patienten der Gruppe 3 hingegen schon; außerdem waren bei diesen Pferden Arthrosen der Facettengelenke C5-C7 zu diagnostizieren, welche die klinischen Beschwerden erklären. Mittels dieser klaren Unterscheidung kann dargestellt werden, ob es Unterschiede in Häufigkeit und Ausprägung der Befunde an der vorderen Halswirbelsäule zwischen an CSS erkrankten und augenscheinlich gesunden Pferden gibt. Dies kann zur Aufdeckung von für Arthrosen der hinteren Facettengelenke indikativen Röntgenbefunden an der kranialen Halswirbelsäule führen. Eine mögliche Aussage bezüglich solcher Indikatoren ist dann von Vorteil, wenn bei entsprechenden klinischen Befunden unklare röntgenologische Befunde zwischen C5 und C7 vorliegen und das weitere Vorgehen mit dem Patientenbesitzer besprochen werden soll. Andererseits können solche indikativen Veränderungen bei der Risikobewertung bezüglich eines späteren Auftretens von klinisch manifesten Gelenkveränderungen hilfreich sein.

2. Diskussion der Ergebnisse

2.1 Schemazeichnung

Mit der erstellten Schemazeichnung der vorderen Halswirbelsäule ist ein wertvolles Hilfsmittel für den praktizierenden Tierarzt entstanden. Zum einen können Röntgenbefunde hier auf einfache, aber anschauliche Art und Weise dokumentiert und dargestellt werden. Zum anderen kann das Schema gerade für den wenig routinierten Betrachter eine Orientierungshilfe bei der ersten Beurteilung von Röntgenbildern der Halswirbelsäule sein. Die Zeichnungen können durch Beschriftung der relevanten anatomischen Strukturen noch erweitert werden.

2.2 Alters-, Geschlechts- und Rassestruktur

Die Pferde der Patientengruppe 1 waren mit einem Altersdurchschnitt von 16,3 Jahren signifikant älter, als diejenigen Pferde, von denen Röntgenaufnahmen im lebenden Zustand angefertigt wurden (10,1 und 11,7 Jahre im Durchschnitt). Dieses Ergebnis ist dahingehend nicht verwunderlich, da in Patientengruppe 1 Pferde aufgenommen wurden, die aufgrund einer schweren Erkrankung euthanasiert werden mussten. In Gruppe 2 waren überwiegend Pferde, die einem elektiven operativen Eingriff unterzogen wurden. Solche Operationen werden in der Regel eher an jüngeren Pferden durchgeführt. Die CSS wird zwar häufig bei älteren Pferden beobachtet, normalerweise aber bereits im Alter von ein bis vier Jahren, jedoch auch bei fünf- bis zehnjährigen Tieren (Powers et al. 1986; Wagner et al. 1987). Im Patientengut von GERBER et al. (1989) dominierten neben den fünf- bis siebenjährigen Tieren auch die über zehnjährigen Pferde. Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung erkrankten Tiere waren im Schnitt älter als 10 Jahre. Bei der Betrachtung der einzelnen Befunde lässt die beobachtete Altersstruktur eine Einschätzung zu, ob es sich im jeweiligen Fall eher um altersbedingte Veränderungen handeln könnte oder nicht.

Bei der Rasse- und Geschlechtsverteilung gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen 1-3, so dass ein späterer Vergleich der drei Patientengruppen möglich war. Jedoch waren unter den kranken Tieren, deren Röntgenbilder retrospektiv

ausgewertet wurden, auffallend viele männliche Tiere (77%) und ebenso viele Warmblutpferde (77%) vertreten. Auch LEVINE et al. (2008) konnten in ihrer Untersuchung an an CVSM erkrankten Tieren feststellen, dass diese mehr als doppelt so häufig männlichen Geschlechts waren, als die Pferde einer Kontrollgruppe und konnten somit die Ergebnisse von GERBER et al. bestätigen (1989). Ebenso verhielt es sich in beiden Studien bezüglich der Rassen der erkrankten Tiere. Warmblutpferde waren überrepräsentiert (Gerber et al. 1989; Levine et al. 2007). Sie stellen einen Großteil der an der Klinik für Pferde vorgestellten Tiere dar.

2.3 Befunde an der kranialen Halswirbelsäule

Es konnten verschiedene Befunde an den ersten vier Halswirbeln exklusive der kleinen Wirbelgelenke zwischen zweitem und drittem und drittem und viertem Halswirbel röntgenologisch dargestellt und bei der Untersuchung der Wirbelpräparate nachvollzogen werden.

An der Art. atlantooccipitalis waren in allen drei Patientengruppen röntgenologisch sichtbare Anzeichen für Veränderungen zu finden. Die röntgenologischen Befunde entsprachen überwiegend den von TIETJE (1996) beschriebenen Gegebenheiten. Es besteht zwar kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 2 und 3 bezüglich der Häufigkeit des Befundes, jedoch zeigten 14% der kranken Pferde solche Veränderungen, wobei die Häufigkeit in den anderen beiden Gruppen bei durchschnittlich 6% lag. Dies kann ein Hinweis darauf sein, dass Veränderungen der Beweglichkeit im hinteren Halsteil auch Auswirkungen auf die weiter kranial gelegenen Gelenke haben können. In der bereits angesprochenen Untersuchung (Tietje 1996) konnten bei einem Pferd post mortem ähnliche pathologisch-anatomische Befunde vorgefunden werden, wie bei der vorliegenden Studie. Als Ursache der Gelenkflächenveränderungen [...] sind neben traumatischen Einflüssen eine gewisse Instabilität, eine geringgradige Form von vertebraler Malformation [...] oder das Vorliegen einer OCD denkbar [...] (Tietje 1996). Eine Irritation des Rückenmarks durch Weichteilgewebe oder Knochenzubildungen scheint wenig wahrscheinlich, da der Wirbelkanal im kranialen und kaudalen Bereich relativ weit ist (Nickel et al. 2004a; König & Liebich 2005). Innerhalb dieser größten Ausdehnung des Wirbelkanales können geringe Knochendeformationen leicht ausgeglichen werden (Pohlentz & Schulz 1966). Jedoch zeigen betroffene Tiere oft Unrittigkeit (Tietje 1996).

Auffallend war, dass an 46% der vorliegenden Wirbelpräparate Anzeichen für Veränderungen in diesem Gelenk gefunden werden konnten, wobei sich diese im Nachhinein nur in seltenen Fällen auf den Röntgenbildern nachvollziehen ließen. Als Grund für diesen Sachverhalt wird angenommen, dass hier die Gelenkstrukturen so ineinander greifen, dass die Artikulation bei der röntgenologischen Untersuchung nur unzureichend dargestellt werden kann und so in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle geringe Veränderungen an den gelenkbildenden Strukturen nicht erkannt werden können. Röntgenbilder des Übergangsbereiches zwischen Kopf und Hals können also beim Pferd aufgrund der Überlagerung der Knochen nicht ausreichend sein (Gollob et al. 2002). Jedoch ist bei größeren Gelenkflächendefekten [...] unter Umständen schon durch Röntgenaufnahmen am stehenden Pferd mit Hinweisen zu rechnen. Voraussetzung dafür ist allerdings eine auf das Atlantooccipitalgelenk zentrierte, genaue seitliche Aufnahme mit einer etwas härteren Belichtung als üblich (Tietje 1996).

Unregelmäßigkeiten dorsal am Atlas ließen sich bei der Auswertung aller vorliegenden Röntgenbilder finden. Dabei handelt es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um Veränderungen im Bereich der Bursa subligamentosa nuchalis cranialis. Solche röntgendichte Auftreibungen waren auf den Röntgenbildern der Gruppe 1 überproportional häufig zu sehen, was den Schluss zulässt, dass hierbei auch eine altersbedingte Komponente eine Rolle spielt. Dies widerspricht auf den ersten Blick den Ergebnissen von WAGNER (2002), der keinen Zusammenhang zwischen dem Alter der Pferde und dem Vorkommen eines inkonstanten Nackenschleimbeutels darstellen konnte. Jedoch bezieht sich diese Aussage auf Pferde ohne Erkrankungen im Halsbereich und Veränderungen der Schleimbeutel lassen sich erst nach einsetzender Mineralisation im chronischen Stadium röntgenologisch darstellen (Wagner 2002). Durch eine Verkalkung des vorderen Schleimbeutels kann die Kopfhaltung der Pferde beim Reiten beeinflusst werden (Wissdorf et al. 2002b). Knöcherne Befunde, welche direkt in der Medianen des Atlas liegen, lassen sich röntgenologisch nicht in ihrer vollen Ausprägung darstellen, da es durch Anteile der Atlasflügel und an den Seiten leicht erhabene Strukturen des Arcus dorsalis oft zu Überlagerungen kommt. Jedoch traten meist kalkige Einlagerungen im Weichteilgewebe in Vergesellschaftung mit den knöchernen Befunden auf, welche zumindest auf Veränderungen der Knochensubstanz hindeuteten.

Der Ultraschalluntersuchung ist bei der Diagnostik der Krankheiten des Nacken-

schleimbeutel sicher der Vorzug vor der radiologischen Untersuchung zu geben (Wagner 2002).

Zubildungen am Arcus dorsalis des Atlas dürfen auf Röntgenbildern nicht mit den kraniodorsalen Anteilen der Atlasflügel verwechselt werden, welche sich in einigen Fällen in ähnlicher Art und Weise über die obere Kontur des Arcus dorsalis projizieren. Dies geschieht unabhängig von der Lagerung.

Auch am zweiten Kopfgelenk fanden sich in allen Patientengruppen röntgenologische Veränderungen. Röntgenologische Hinweise auf eine (Sub-) Luxation, wie sie in der Literatur beschrieben sind, konnten nicht gefunden werden. (Funk & Erickson 1968; Guffy et al. 1969). Ein signifikanter Unterschied bezüglich der Häufigkeit in den verschiedenen Gruppen wurde nicht deutlich. Zur Stabilisierung des zweiten Kopfgelenks sind am Dens mehrere bandartige Strukturen ausgebildet (Wissdorf et al. 2002b); eine Entesiophytenbildung kann hier aufgrund vermehrter Belastung, leichter Instabilität oder als altersbedingte Erscheinung sicher vorkommen. Auch von OCD wird berichtet (Beck et al. 2002). Hier ist eine Beeinträchtigung des Rückenmarks unwahrscheinlich, da im zweiten Halswirbel der Wirbelkanal im Allgemeinen sehr weit ist (Hebeler 1977). Andererseits ist Unrüttigkeit aufgrund von schmerzhaften Prozessen in diesem Bereich durchaus als klinische Auswirkung der Veränderungen denkbar. Es war ebenfalls ein Großteil der am Knochen vorhandenen Abweichungen auf dem Röntgenbild nicht sicher wieder zu finden. Bei diesem Zapfengelenk kommt der Dens quasi innerhalb des durch den Atlas gebildeten Ringes zu liegen, so dass auf der seitlichen Röntgenaufnahme das eigentliche Gelenk durch die Knochenlamelle der Massa lateralis überlagert ist, und sich so einer genauen Beurteilung entzieht. Aus diesem Grund kann auch hier die röntgenologische Untersuchung im seitlichen Strahlengang in vielen Fällen unzureichende Ergebnisse liefern.

Zu den Veränderungen, die bei Pferden aller drei Patientengruppen am Axis gefunden werden konnten, zählten Abweichungen kranial und kaudal am Axiskamm, sowie im Bereich der Crista ventralis. Hierbei handelt es sich allem Anschein nach um Zufallsbefunde ohne klinische Relevanz, die sich auf den Röntgenbildern relativ gut darstellen lassen. In fast allen Fällen konnten diese Befunde in erwarteter Ausprägung am Knochenpräparat wieder gefunden werden. Die Zugbelastung, welche durch Muskel- oder Bandansätze auf den Ventralbereich des Wirbelkörpers wirkt, kann zur Bildung von Entesiophyten führen. Dies hat keine länger andauernden klinischen Auswirkungen (Butler et al. 2008). Auch der Axiskamm dient als Ansatz- und Ursprungsgebiet für

Muskeln und bandartige Strukturen. Dies erklärt warum er zwar röntgenologisch in der Regel eine glatte Kontur besitzt (Butler et al. 2008), die vorderen und hinteren Enden aber auch leicht irregulär sein können (Butler et al. 2008; Mayhew 2009).

Die Besprechung der Abweichungen an den Fossae vertebrales von zweitem und drittem Halswirbel und den Veränderungen an der Basis des Caput vertebrae von C3 soll gemeinsam erfolgen, da sich in diesem Bereich die Symphyses intervertebrales befinden und so die benachbarten Wirbelkörper über die Bandscheiben in engem Kontakt stehen (Wissdorf et al. 2002b). Kleine spondylitische Zacken an der Ventralseite der Wirbelkörper in der Nähe der Symphysen sind als Zufallsbefund beschrieben (Butler et al. 2008). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen 2 und 3 bezüglich des Auftretens dieser Abweichungen auf den Röntgenbildern war nicht herauszuarbeiten. Hinweise auf solche Veränderungen waren röntgenologisch meist gut aufzufinden, wobei jedoch lediglich die Befunde ganz ventral an den jeweiligen Strukturen überlagerungsfrei zu sehen sind. Das wahre Ausmaß der Veränderungen wurde erst bei der Beurteilung der Knochenpräparate deutlich. Hier zeigte sich, dass oftmals minimale Veränderungen im Röntgenbild am Präparat sehr deutlich sein können. Am wahrscheinlichsten handelt es sich bei den beobachteten Knochenaufreibungen um Entesiophyten im Bereich der Kontaktfläche zum Anulus fibrosus, der zur Peripherie hin allmählich in fibröses Bindegewebe übergeht und sich an den Kontaktflächen zu den angrenzenden Wirbeln straff mit der chondralen Interzellulärsubstanz vernetzt (Nickel et al. 2004a). Die Veränderungen waren nie dorsal an der Begrenzung der Extremitas caudalis bzw. dorsal am Caput vertebrae zu sehen. Im Bereich der Halswirbelsäule sind die Zwischenwirbelscheiben ventral breiter als dorsal, (König & Liebich 2005), so dass nahe liegt, dass bei Flexion und Extension mehr Zugbelastung auf die eher ventral gelegenen Strukturen einwirkt. Zurückliegende Erkrankungen der Epiphysenfugen sind als Grund für die knöchernen Proliferationen nicht ganz auszuschließen. Klinisch sind diese Veränderungen wahrscheinlich wenig relevant, können aber gegebenenfalls ein Hinweis auf schmerzhafte Zustände im Bereich der straffen Wirbelverbindungen sein.

Auch bei starken Arthrosen der Facettengelenke waren, wie bei NIXON et al. (1984), solche Veränderungen zu sehen. Hier ist vorstellbar, dass verminderte Stabilität im Bereich der Symphyse eine Destabilisierung der kleinen Wirbelgelenke mit folgender degenerativer Gelenkerkrankung nach sich zieht (Reed et al. 1985). Oder eine Arthrose

der Facettengelenke führt zu veränderten Kräfteverhältnissen auch an den Spaltgelenken und bewirkt so knöcherne Umbauvorgänge.

Bei den Kerben oder Löchern an den Foramina intervertebralia handelt es sich wahrscheinlich um Durchtrittsöffnungen für die Rami spinales, die aus den segmentalen Körperwandarterien entspringen und über die Zwischenwirbellöcher in den Wirbelkanal eintreten (Gasse 2002). Dies ist als Normvariante ohne klinische Relevanz zu betrachten. Das überproportional häufige Auftreten in Patientengruppe 1 deutet darauf hin, dass diese Gegebenheiten nicht in allen Fällen sicher durch die röntgenologische Untersuchung dargestellt werden können und sie erst nach der Betrachtung des morphologischen Präparates ins Auge stechen.

Da bei keinem der beschriebenen Befunde signifikante Unterschiede bezüglich der Häufigkeit auf den Röntgenbildern in den Gruppen 2 (klinisch normale Pferde) und 3 (Pferde mit klinischen Symptomen einer Halswirbelsäulenerkrankung und röntgenologisch diagnostizierter Facettengelenkarthrose an der kaudalen Halswirbelsäule) deutlich wurden, ist davon auszugehen, dass diese Befunde nicht indikativ für Arthrosen der kaudalen Facettengelenke sind. Einzige Ausnahme hiervon sind die Veränderungen am ersten Kopfgelenk, die bei kranken Tieren tendenziell häufiger zu beobachten waren. Auch der Fakt, dass weder normale noch kranke Tiere gehäuft mehrere dieser Befunde gleichzeitig aufweisen, bestätigt die Annahme, dass an der kranialen Halswirbelsäule keine Indikatoren für Facettengelenkarthrosen im Kaudalteil zu finden sind.

2.4 Röntgenologische Untersuchung der Facettengelenke

Die Zubildung ventral an den Gelenkhälsen konnte mit 27,9% im gesamten Patientengut sehr häufig beobachtet werden. Die Koeffizienten für die Korrelation zwischen Auftreten dieses Befundes und arthrotischen Veränderungen der kleinen Wirbelgelenke liegt an beiden untersuchten Lokalisationen nahe bei 0. Daraus kann geschlossen werden, dass das alleinige Auftreten solcher Zubildungen nicht auf eine arthrotische Veränderung des entsprechenden Gelenkes hindeutet. Ebenso berichten WHITWELL und DYSON (1987) dass solche knöchernen Auftreibungen auf der Unterfläche der Procc. articulares sowohl bei gesunden als auch bei kranken Pferden gefunden werden können. Andererseits kommt es bei schweren Spondylarthropathien

auch zu Umbauvorgängen an der periartikulären Knochensubstanz, was sicherlich zu ähnlichen Erscheinungen führen kann (Hett 1999; Butler et al. 2008). Ein signifikanter Unterschied zwischen klinisch unauffälligen und erkrankten Tiere konnte nicht nachgewiesen werden, der Befund ist nicht indikativ für Facettengelenkarthrose im kaudalen Halsbereich. Es war jedoch auffällig, dass solche Auftreibungen bei Pferden der Gruppe 1 überdurchschnittlich häufig zu sehen waren, dies kann ein Hinweis darauf sein, dass bei diesen Veränderungen eine altersbedingte Komponente eine Rolle spielt. Eine klinische Auswirkung solcher Zubildungen ist je nach Ausprägung gut vorstellbar; zwar ist eine Irritation des Rückenmarks wenig wahrscheinlich, es sei denn, die Gelenkkapsel ist medial ausgesackt und drückt auf das Rückenmark (Whitwell & Dyson 1987). Eine Beeinträchtigung des jeweiligen Spinalnerven jedoch ist gut vorstellbar. Dies führt zu Schmerzen bei der Halsbiegung oder zu Lahmheiten (Nixon et al. 1983; Ricardi & Dyson 1993); eine dadurch hervorgerufene Unrittigkeit liegt im Bereich des Möglichen. Prinzipiell sind Veränderungen ventral am Gelenkhals gut mit der röntgenologischen Untersuchung darstellbar. Sollten sie jedoch nicht direkt an der Unterfläche des Gelenkfortsatzes gelegen sein, oder besteht eine leichte Verkipfung der Röntgenaufnahme, gestaltet sich die exakte Darstellung schwierig.

Bei der Betrachtung der 78 Facettengelenke wurde deutlich, dass an einer großen Zahl der betrachteten Knochen die Gelenke keine bis maximal mittelgradige Veränderungen aufwiesen (93,6%). Nur an einem kleinen Teil konnten hoch- bis höchstgradige Veränderungen festgestellt werden (6,4%). Jedoch waren lediglich 26,9% der Gelenke ohne jeglichen Befund. MECHLENBURG (1967) konnte bei fast allen der von ihm untersuchten 28 Pferde ohne spinale Ataxie Veränderungen im Sinne arthrotischer Prozesse an den Facettengelenken, teilweise mit Einengung des Wirbelkanals, nachweisen. Auch andere Autoren fanden bei Kontrolltieren gleichartige Veränderungen an den Wirbelknochen wie bei Tieren mit spinaler Ataxie (Pohlenz & Schulz 1966). Diese waren zwar meist in geringerer Ausprägung, jedoch zum Teil auch mittel- bis hochgradige pathologische Prozesse. Dies wird durch anatomische Studien von WHITWELL und DYSON (1987) bestätigt, die angeben, dass etwa 50% der klinisch unauffälligen Tiere Umbauvorgänge der Gelenkfacetten an C6/C7 aufweisen. Die Aussage, dass arthrotische Veränderungen an den kleinen Wirbelgelenken relativ häufig vorkommen, scheint bestätigt. Der Fakt, dass die hier beobachteten Zahlen etwas niedriger liegen als bei MECHLENBURG (1967) und WHITWELL und DYSON

(1987) mag zwei Gründe haben. Zum einen beziehen sich die Aussagen dieser Autoren jeweils auf die gesamte Wirbelsäule und es kann davon ausgegangen werden, dass die verhältnismäßig steifen Gelenke der unteren Halswirbelsäule stärker unter mechanisch-traumatischen Einwirkungen zu leiden haben als die gut beweglichen oberen und mittleren Artikulationen, weshalb die kaudalen Gelenke öfter an Arthrose erkranken (Gerber et al. 1989). Außerdem betont MECHLENBURG (1967) bei seinen Untersuchungen, dass häufig nur sehr minimale Veränderungen zu beobachten waren. Es kann mit der vorliegenden Untersuchung keine Aussage getroffen werden, inwiefern die beschriebenen Befunde zur Ausprägung einer klinischen Symptomatik beitragen bzw. ob und wie sie sich zu relevanten Veränderungen entwickeln können. Gerade bei den hoch- und höchstgradig betroffenen Strukturen scheint aber eine klinische Symptomatik durchaus möglich. Es wird davon ausgegangen, dass nur prädisponierte Individuen neurologische Symptome entwickeln, wahrscheinlich solche, mit einem relativ engen Wirbelkanal (Powers et al. 1986; van Biervliet et al. 2006).

Jedoch sollte hierbei nicht nur an das klassische klinische Bild der spinalen Ataxie gedacht werden, da hier auch Rittigkeitsprobleme durchaus denkbar sind (Lautenschläger 2007).

Die Sensitivität und Spezifität der röntgenologischen Untersuchung zur Detektion von selbst schwach ausgeprägten arthrotischen Veränderungen der Facettengelenke ist sehr gering. Bei Verwendung des beschriebenen Klassifikationsschemas beträgt die Sensitivität 0,5 und die Spezifität 0,46. Nach KREIENBROCK und SCHACH (2005) liefert ein Test einen gewissen Klassifikationswert, wenn Sensitivität + Spezifität >1 ist. Sollte der Wert, wie im vorliegenden Fall kleiner sein, sind Fehlklassifikationen wahrscheinlicher als richtige Einschätzungen. Der positive prädiktive Wert beträgt 72,5%, was bedeutet, dass 72,5% der Testpositiven (Arthroseklasse röntgenologisch >0) auch in Wirklichkeit Anzeichen für Spondylarthrosen aufweisen (Arthroseklasse makroskopisch >0). Bei 50% der beurteilten Gelenke lagen Falschklassifikationen vor und andere Studien berichten sogar von mehr als 60% Fehldiagnosen (Papageorges et al. 1987). Im Unterschied zur vorliegenden Studie waren dort die falsch-positiven Beurteilungen in der Überzahl, es handelte sich jedoch ausschließlich um erkrankte Pferde. Ein Grund für den leichten Rückgang der Falschklassifikationen im Vergleich zur Studie von PAPAGEORGES et al. (1987) kann die Verbesserung der Röntgentechnik im Laufe der letzten 20 Jahre sein. Beim Vergleich röntgenologischer und pathologisch-anatomischer Befunde an den Zehengelenken des Pferdes, konnte eben-

falls gezeigt werden, dass ein nicht unerheblicher Anteil von pathologisch-anatomisch veränderten Gelenkflächen mit Hilfe der Röntgenuntersuchung nicht zu erfassen ist (Suntum 1983). Ebenso konnten röntgenologische Veränderungen an Gelenken entdeckt werden, die keinerlei makroskopische Läsionen erkennen ließen (Suntum 1983).

Wählt man die Kriterien für makroskopisch sichtbare Facettengelenkarthrosen weniger streng, dann steigt die Sensitivität erwartungsgemäß an. Jedoch ist bemerkenswert, dass selbst hochgradig veränderte Facettengelenke nicht in jedem Fall durch die röntgenologische Untersuchung als abnorm erkannt werden. Selbst bei Kenntnis der klinischen Symptome führt die subjektive Auswertung von Röntgenbildern nicht immer zu einer Unterscheidung zwischen Pferden mit oder ohne CVSM und es besteht die Möglichkeit von falsch positiven und falsch negativen Diagnosen (Mayhew et al. 1978d; Papageorges et al. 1987; Moore et al. 1994).

Eine genaue Aussage wie sich Spezifität und Sensitivität bei weniger strenger Beurteilung der Knochenpräparate entwickeln ist aufgrund der geringen Anzahl an hoch- und höchstgradig veränderten Gelenken nicht möglich. Gerade bei gering- und mittelgradig veränderten Facettengelenken ist es also schwierig, diese durch die röntgenologische Untersuchung sicher als abweichend zu erkennen und ihnen klinische Bedeutung zuzuschreiben (Butler et al. 2008).

Die Betrachtung der Korrelation zwischen röntgenologischer und makroskopischer Beurteilung ergab einen Korrelationskoeffizient $r = 0,36$ bzw. $r = 0,11$. Je näher dieser Wert an 0 ist, desto kleiner ist die Korrelation der betrachteten Werte. Es konnte folglich mit Hilfe der röntgenologischen Untersuchung auch keine sichere Aussage über die Ausprägung von Facettengelenkveränderungen getroffen werden. Auch dieser Sachverhalt wird vor allem bei gering- bis mittelgradigen Abweichungen besonders ausgeprägt sein. GERBER et al. (1989) geben zu bedenken, dass bei einer Röntgenuntersuchung nur recht fortgeschrittene Veränderungen mit einiger Zuverlässigkeit erfasst werden können.

Die Beobachtung von LEVINE et al. (2007), dass röntgenologische und pathologisch-anatomische Befunde übereinstimmen, scheint widerlegt. Jedoch beschäftigten sie sich hier mit erkrankten Tieren unter Kenntnis der klinischen Symptomatik und nahmen die myelographische Untersuchung zu Hilfe. Bei PAPAGEORGES et al. (1987) war die Genauigkeit der röntgenologischen Untersuchung verglichen mit der Myelographie mit

50% ebenfalls sehr gering. Sie halten Übersichtsröntgenbilder als nicht verlässlich bei der Diagnose von Kompressionen des Halsmarks bei Pferden, was von anderen Autoren bestätigt wird (Schütte 2005).

Zwischen den beiden Patientengruppen bestand kein signifikanter Unterschied bezüglich der Ausprägung der röntgenologischen Arthroseanzeichen an den kleinen Facettengelenken. Die Facettengelenke der gesunden Pferde wurden zwar etwas häufiger als röntgenologisch unverändert eingestuft, jedoch war auch hier kein signifikanter Unterschied zu erkennen. Hieraus kann gefolgert werden, dass Pferde, die an Arthrosen der Facettengelenke C5-C7 leiden, röntgenologisch an den kranial am Hals gelegenen Facettengelenken keine Unterschiede zu klinisch gesunden Pferden aufweisen; weder bezüglich Häufigkeit noch bezüglich Ausprägung von Spondylarthropathien, obwohl Stenosen an mehr als einer Stelle häufig vorkommen (Powers et al. 1986).

Bei der Auswertung der gemessenen Strecken konnte kein Zusammenhang zwischen der dorsalen Halslänge und dem Auftreten von Facettengelenkarthrosen an der kranialen Halswirbelsäule festgestellt werden. Dies widerspricht, zumindest bei der Betrachtung des kranialen Halses, der These, dass die Ätiologie der zervikalen Malformation in der Halslänge liegt – je länger der Hals, desto größer die Gefahr, dass sich eine Malformation ausbildet (Rooney 1972). Die Annahme, dass Pferde mit relativ kurzen Hälsen seltener an Arthrosen der kleinen Wirbelgelenke erkranken (Gerber et al. 1989), scheint eher bestätigt. Jedoch haben Pferde mit besonders dicken Hälsen signifikant ausgeprägtere Veränderungen im Bereich der kleinen Wirbelgelenke zwischen drittem und viertem Halswirbel. Am Übergang zwischen C2 und C3 konnte solch ein Zusammenhang nicht bestätigt werden. Als Grund für die vermehrte Halsdicke kann starke Bemuskelung im Messgebiet in Frage kommen. Es wäre denkbar, dass die vergrößerten Muskelstränge eine vermehrte biomechanische Kraftauswirkung auf die knöchernen Strukturen der mittleren Halswirbelsäule bedingen und so zu einer Mehrbelastung der kleinen Wirbelgelenke führen. Andererseits kann eine Muskelhypertrophie auch ein Indikator für den Trainingszustand sein (Silbernagl & Despopoulos 2007) und so die wiederholt auf den Hals einwirkenden Kräfte indirekt anzeigen. Zur genaueren Untersuchung dieses Zusammenhanges sind sicher noch weitere Studien nötig, gerade um die Frage aufzudecken, warum dieses Phänomen nur an C3/C4 beobachtet werden konnte und nicht an der weiter kranial gelegenen Wirbelverbindung. Im Rahmen der Betrachtung der Halsdimensionen fiel ebenfalls auf,

dass bei Pferden mit besonders breiten Hälsen beide untersuchten kleinen Wirbelgelenke röntgenologisch signifikant schlechter beurteilt wurden. Hier kann vermehrte Muskelmasse selbst bei optimaler Röntgentechnik zu einer Zunahme der Streustrahlung führen und so eine genaue Beurteilung der relevanten knöchernen Strukturen erschweren. Wahrscheinlich neigt man bei der Auswertung von Röntgenaufnahmen dazu, im Zweifel Befunde eher als schwerwiegender anzusprechen als sie sich tatsächlich darstellen, um eine falsch negative Einstufung zu vermeiden.

Die beschriebene dachfirstartige Abknickung der kaudalen Gelenkfacetten wird von MECHLENBURG (1967) als Anzeichen für osteoarthrotische Prozesse betrachtet und ähnliche Veränderungen konnten auch bei Arabern und Morgans mit klinischen Symptomen beobachtet werden (Beech 1976). BOLLWEIN (1986) geht jedoch davon aus, dass es sich um altersbedingte Veränderungen handelt, die zu keiner [...] klinisch wahrnehmbaren Veränderung der Halswirbelsäule führen. Einerseits konnte kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten und der Ausprägung solcher Gegebenheiten und dem Vorhandensein von arthrotischen Veränderungen der Facettengelenke beobachtet werden, andererseits scheint eine Beeinträchtigung der Wirbelsäule gerade bei starken Abweichungen durchaus möglich, da eine physiologische Bewegung im Sinne eines 2-dimensionalen Gleitens des Schiebegelenks behindert wird. Auf dem Röntgenbild können Hinweise auf eine solche Gelenkflächenveränderung nur mit großer Mühe auf qualitativ einwandfreien Aufnahmen gefunden werden.

2.5 Schlussfolgerung

Mit Hilfe der vorliegenden Studie konnten die Erkenntnisse im Bereich der röntgenologischen Untersuchung der Halswirbelsäule erweitert werden.

Es zeigte sich, dass an der kranialen Halswirbelsäule relativ häufig Zufallsbefunde ohne klinische Auswirkung dargestellt werden können. Andererseits treten auch gerade an den Kopfgelenken Veränderungen auf, die von klinischer Relevanz sein können. Besonders in diesen Bereichen wurde deutlich, dass es aufgrund der häufigen Überlagerungen nicht immer möglich ist, Befunde in ihrer vollen Ausprägung darzustellen. Manchmal gestaltet es sich als unmöglich, vom röntgenologischen auf den morphologischen Befund zu schließen. Veränderungen an den ersten vier Halswirbeln scheinen nicht indikativ für Arthrosen der Facettengelenke zwischen C5 und C7 zu sein. Ausnahme hiervon sind eventuell Abweichungen am ersten Kopfgelenk, welche auf den Röntgenbildern von Pferden mit klinischer Symptomatik häufiger gefunden werden konnten.

Bei der Untersuchung der Facettengelenke konnte gezeigt werden, dass an der vorderen Halswirbelsäule in vielen Fällen leichte Veränderungen im Sinne einer Arthrose gefunden werden können, ausgeprägte Prozesse aber seltener vorkommen. Zur Aufdeckung solcher minimaler Befunde ist die Röntgenuntersuchung im seitlichen Strahlengang wenig geeignet, deutlichere Arthrosen werden jedoch besser erkannt. Die Korrelation zwischen röntgenologischer und pathologisch-anatomischer Untersuchung ist schlecht, so dass selten eine richtige Aussage über die tatsächliche Ausprägung etwaiger Unregelmäßigkeiten getroffen werden konnte. Es konnte bei der Betrachtung der Röntgenbilder der lebenden Pferde kein signifikanter Unterschied in der röntgenologischen Bewertung der kleinen Facettengelenke zwischen gesunden und an Arthrosen der kleinen Wirbelgelenke im Kaudalteil der Halswirbelsäule erkrankten Tieren beobachtet werden. Daraus ist zu folgern, dass das Auftreten von röntgenologisch sichtbaren Veränderungen an der kranialen Halswirbelsäule nicht mit ausreichender Sicherheit auf das Auftreten von Abweichungen der Facettengelenke im hinteren Halsteil schließen lässt.

Aufgrund der erreichten Untersuchungsergebnisse können folgende Schlüsse gezogen werden:

Nach derzeitigem Kenntnisstand bleibt der Umgang mit Röntgenaufnahmen der Halswirbel weiterhin extrem schwierig. Zum einen existiert eine Vielzahl von Konturen und Überlagerungen (Hertsch & Salam Ragab 1977), zum anderen können auch Pferde ohne Symptome radiologische Veränderungen an den Halswirbelgelenken aufweisen (Fürst 2006). Es sollten immer Aufnahmen der gesamten Halswirbelsäule einer Betrachtung unterzogen werden (Nowak & Huskamp 1989; van Biervliet et al. 2004), wobei die jeweiligen Ergebnisse anderer klinischer und labordiagnostischer Untersuchungen in die Beurteilung mit einzubeziehen sind, gerade wenn es darum geht, die Bedeutung der röntgenologischen Befunde der speziellen klinischen Fragestellung zuzuordnen (Whitwell & Dyson 1987). Da sich viele Veränderungen röntgenologisch nicht entsprechend ihrer tatsächlichen morphologischen Ausprägung darstellen, ist es nur schwer möglich, diese richtig anzusprechen und hinsichtlich ihrer klinischen Relevanz zu bewerten. Genau wie beim Menschen ist der Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen und klinischer Symptomatik deshalb oft schwer herzustellen (Butler et al. 2008). In dieser Hinsicht sind sicherlich auch weitere Untersuchungen, vor allem im Bereich der kaudalen Halswirbelsäule von Nöten. Es sollte gut abgewogen werden, ob eine Röntgenaufnahme des Halses im konkreten Fall wirklich notwendig ist. Dabei muss stets bedacht werden, dass dies weiterhin relativ hohe Anforderungen an die Technik stellt und die Auswertung der Bilder recht schwierig sein kann. Aus Gründen des Strahlenschutzes ist es besser keine Röntgenaufnahme zu haben, als eine Röntgenaufnahme minderer Qualität und Aussagekraft [...] (Vöster et al. 2001). In diesem Zusammenhang wird auch die Aufnahme der Facettengelenke im tangentialen Strahlengang kritisch betrachtet, welche in der Regel zusätzlich zu den Aufnahmen im seitlichen Strahlengang angefertigt wird. Sie ist zwar zur Identifikation der betroffenen Seite im Hinblick auf eine entsprechende Therapie hilfreich, jedoch scheint es trotz der Ergebnisse von LAUTENSCHLÄGER (2007) als wenig wahrscheinlich, dass minimale Befunde an den Facettengelenken, vor allem im Bereich der subchondralen Knochenlamelle, mit ausreichender Sicherheit erkannt und beurteilt werden können. Gerade diese kleinen Befunde sind aber sicher von Bedeutung, wenn es darum geht eine Aussage über das Risiko zur Entwicklung einer klinischen Symptomatik zu treffen.

Eine routinemäßige röntgenologische Untersuchung der Halswirbelsäule bei klinisch unauffälligen Tieren, z.B. im Rahmen einer Kaufuntersuchung scheint zum jetzigen Zeitpunkt nicht sinnvoll. Neben den Schwierigkeiten bei der Auswertung der Röntgenbilder, existieren im Moment zu wenig Kenntnisse darüber, inwieweit geringgradige Befunde klinische Relevanz ausstrahlen und wie sich solche Veränderungen im Laufe der Zeit zu einer klinisch manifesten Erkrankung entwickeln können. Gerade auf diesem Gebiet ist weitere Forschungsarbeit zu leisten. Hierbei sollten vor allem größere Patientengruppen unterschiedlichen Alters, sowie verschiedener Rassen und Nutzungsrichtungen untersucht werden.

Trotz aller Probleme ist und bleibt die Röntgenuntersuchung im seitlichen Strahlengang aufgrund der geringen Invasivität und der relativ niedrigen Kosten das wichtigste Werkzeug bei der Diagnostik von Halswirbelsäulenerkrankungen.

VI Zusammenfassung

Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen röntgenologischen und knochenpräparatorischen Befunden an der kranialen Halswirbelsäule von Pferden

Hintergrund: Die Bewertung von Röntgenbildern der Halswirbelsäule des Pferdes ist schwierig, weil sich aufgrund der komplizierten anatomischen Strukturen oft Überlagerungen ergeben. Deshalb kann es Probleme bereiten, röntgenologischen Befunden direkt ein morphologisches Korrelat zuzuordnen und ihre klinische Relevanz einzuschätzen.

Ziele: Anhand von Röntgenaufnahmen von frisch toten Pferdehälsen in 270° Aufnahme- richtung sollte untersucht werden, welche Veränderungen sich an den ersten vier Halswirbeln röntgenologisch darstellen lassen und ob und in welchem Umfang die Röntgenbefunde an Halswirbelpräparaten dieser Pferde wieder zu finden sind. Auf Grundlage der hierbei erzielten Ergebnisse sollte eine Betrachtung der kranialen Halswirbelsäule von klinisch unauffälligen Pferden und Pferden mit Arthrosen der Facettengelenke im kaudalen Halsbereich erfolgen. Ferner sollte geprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen Halsdimensionen und dem Auftreten von Facettengelenkarthrosen feststellbar ist. Außerdem war ein Schema zur raschen Skizzierung von Röntgenbefunden nach Art und Lokalisation der Befunde an den Halswirbeln für Dokumentationszwecke zu erarbeiten.

Methode: Es wurden die Röntgenaufnahmen der kranialen Halswirbelsäule im seitlichen Strahlengang von 138 Pferden, aufgeteilt auf drei Gruppen, ausgewertet. Neununddreißig euthanasierte Pferde (Patientengruppe 1) wurden in frisch totem Zustand in Seitenlage geröntgt und anschließend wurden die ersten vier Halswirbelknochen mazeriert. Bei 70 klinisch gesunden Tieren (Patientengruppe 2) erfolgte die Aufnahme der Röntgenbilder am stehenden Pferd. Die Aufnahmen von 29 Pferden, die an einer röntgenologisch diagnostizierten Arthropathie der Facettengelenke C5-C7 litten (Patientengruppe 3), wurden im Hinblick auf die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen Befunden an der kranialen Halswirbelsäule und dem Auftreten von klinisch relevanten Facettengelenkarthrosen im kaudalen Halsbereich besteht, retrospektiv ausgewertet. Die Erstellung einer Schemazeichnung zweier Röntgenbilder der kranialen

Halswirbelsäule erfolgte am Computer. Die subjektive Beurteilung der Facettengelenke auf den Röntgenaufnahmen der euthanasierten Pferde hinsichtlich Arthrose führte zu einer Einteilung in fünf verschiedene Arthroseklassen. Unabhängig davon erfolgte die Untersuchung der kleinen Wirbelgelenke am Knochenpräparat und ebenso eine Einstufung in fünf Klassen. Es wurden die Sensitivität, die Spezifität und der positive prädiktive Wert für die röntgenologische Untersuchung zur Detektion von Facettengelenkarthrosen berechnet und die Korrelation zwischen röntgenologischer und morphologischer Einteilung verdeutlicht. Die übrigen röntgenologisch sichtbaren Strukturen wurden beurteilt, anschließend mit den Gegebenheiten am Präparat verglichen und eine Aussage über die röntgenologische Darstellbarkeit der Veränderungen getroffen. Die Befundung der restlichen Röntgenbilder erfolgte in Anlehnung an das beschriebene Vorgehen. Unterschiede der Häufigkeit und der Ausprägung der Veränderungen wurde mit verschiedenen Signifikanztests dargestellt. Bei den euthanasierten Pferden (Patientengruppe 1) und den klinisch gesunden Tieren (Patientengruppe 2) wurden die dorsale Halslänge und die Halsdicke gemessen und deren Auswirkung auf die tatsächliche Ausprägung von Arthrosen der kleinen Wirbelgelenke und auf ihre röntgenologische Beurteilung mit Hilfe der linearen Regression beurteilt.

Ergebnisse: In der erstellten Schemazeichnung lassen sich röntgenologische Befunde nach ihrer Art und Lokalisation zeichnerisch darstellen. Die Pferde der Patientengruppe 1 waren mit einem Altersdurchschnitt von 16,3 Jahren signifikant älter ($p = 0,0013$), als diejenigen Pferde, von denen Röntgenaufnahmen im lebenden Zustand angefertigt wurden (durchschnittlich 10,9 Jahre). An den Strukturen der kranialen Halswirbelsäule, die nicht direkt an der Bildung der kleinen Wirbelgelenke beteiligt sind, können häufig Veränderungen, die als anatomische Formvarianten eingestuft werden können, festgestellt werden. Jedoch treten auch vermutlich klinisch relevante Veränderungen auf. Die tatsächliche Ausprägung dieser Befunde am Präparat ist mit der röntgenologischen Untersuchung nicht immer darstellbar. Zwischen klinisch unauffälligen Tieren (Patientengruppe 2) und Tieren, die an einer Arthrose der hinteren Facettengelenke erkrankt waren (Patientengruppe 3), bestanden keine signifikanten Unterschiede bezüglich Ausprägung und Häufigkeit der einzelnen röntgenologischen Auffälligkeiten. Röntgenologisch sichtbare Veränderungen am ersten Kopfgelenk konnten bei 14% der Pferde mit Arthrosen der Facettengelenke C5-C7 tendenziell häufiger beobachtet werden, als bei den Patienten der anderen beiden Gruppen (6%). 51,4% der klinisch

gesunden Pferde (Gruppe 2) zeigten keine dieser Veränderungen an den Halswirbelknochen, bei den klinisch kranken Tieren waren dies 44,8% (Gruppe 3). In Gruppe 2 zeigten 28,6% der Patienten einen der Befunde, in Gruppe 3 41,3%. Zwei oder mehr Befunde gleichzeitig waren bei 20% der klinisch gesunden und bei 13,9% der erkrankten Tiere zu beobachten. Ein signifikanter Unterschied bzgl. dieses Zusammenhanges konnte nicht dargestellt werden ($p = 0,64$). Es gibt keine indikativen Röntgenbefunde an der kranialen Halswirbelsäule, die auf Facettengelenkarthrosen im hinteren Halsteil hindeuten. Röntgenologisch sichtbare knöcherne Zubildungen ventral am Gelenkhals der Processus articulares konnten bei 27,9% der untersuchten Gelenke beobachtet werden. Bei der Berechnung des Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizienten konnte weder an C2/C3 ($r = 0,22$) noch an C3/C4 ($r = 0,24$) ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten der ventralen Zubildung und makroskopisch sichtbaren Anzeichen für Facettengelenkarthrose dargestellt werden. Es bestand ebenso kein signifikanter Unterschied bzgl. dieses Merkmals zwischen klinisch gesunden Pferden (Gruppe 2) und erkrankten Tieren (Gruppe 3). An C2/C3 war $p = 0,55$, an C3/C4 ergab sich $p = 0,73$. 26,9% der betrachteten Facettengelenkpräparate waren ohne Arthroseanzeichen, 66,7% waren gering- bis mittelgradig verändert und 6,4% wiesen hoch- oder höchstgradige Veränderungen auf. Die Sensitivität der Röntgenuntersuchung zur Detektion von Facettengelenkarthrosen war 0,5, die Spezifität 0,46 und der positive prädiktive Wert 72,5%. Bei 50% der untersuchten Gelenke kam es zu Falschklassifikationen. 47,6% der Gelenke, die morphologisch frei von Arthroseanzeichen waren, wurden auch röntgenologisch als unverändert beurteilt. Bei makroskopisch geringgradig veränderten Strukturen konnte in 29% der Fälle in der röntgenologischen Untersuchung eine Übereinstimmung erzielt werden. Bei 19,1% der mittelgradig veränderten und 25% der hochgradig veränderten Gelenke entsprach die makroskopische der röntgenologischen Klassifizierung. Die einzige höchstgradig veränderte Artikulation wurde mit Hilfe der röntgenologischen Untersuchung richtig eingestuft. Die Korrelation zwischen morphologischer und röntgenologischer Klassifizierung war sowohl an C2/C3 ($r = 0,36$) als auch an C3/C4 ($r = 0,11$) gering. Weder am Übergang zwischen zweitem und drittem Halswirbel noch an dem zwischen drittem und viertem Wirbel konnte bezüglich der röntgenologischen Ausprägung von Facettengelenkbefunden ein signifikanter Unterschied zwischen klinisch gesunden (Gruppe 2) und erkrankten Tieren (Gruppe 3) dargestellt werden (C2/C3: $p = 0,76$; C3/C4: $p = 0,42$). Die Längenmessung der Pferdehäuse ergab Werte zwischen 49 cm und 113 cm

(Durchschnitt: 81,5 cm). Mittels einer Varianzanalyse konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Halslänge und der tatsächlichen Ausprägung von Facettengelenkarthrosen dargestellt werden (C2/C3: $p = 0,48$; C3/C4: $p = 0,99$). Die Dicke der Hälse betrug durchschnittlich 17,2 cm, mit Werten zwischen 12,4 cm und 24,5 cm. An C3/C4 konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Zunahme der Halsdicke und der Ausprägung von Facettengelenkarthrosen festgestellt werden ($p = 0,03$). Bei Pferden mit dickeren Hälsen wurden sowohl an C2/C3 ($p = 0,038$) als auch an C3/C4 ($p = 0,04$) die Facettengelenke röntgenologisch signifikant schlechter klassifiziert. An 35,9% der untersuchten Axispräparate und 48,7% der Knochen des dritten Halswirbels konnte eine dachfirstartige Abknickung der kaudalen Gelenkfacetten beobachtet werden. Hinweise darauf ließen sich auf den Röntgenbildern nur in den seltensten Fällen finden. Es bestand eine geringe Korrelation zwischen dem Auftreten und der Ausprägung dieser Veränderungen und der Ausprägung von Facettengelenkarthrosen. An C2/C3 betrug der Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizient $r = 0,24$, an C3/C4 war $r = -0,16$.

Schlussfolgerung: Durch diese Studie konnte gezeigt werden, dass die röntgenologische Untersuchung der kranialen Halswirbelsäule des Pferdes im seitlichen Strahlengang die an Knochenpräparaten vorhandenen Veränderungen nur unzureichend darstellt. Es gibt an der kranialen Halswirbelsäule keine indikativen Befunde für Arthropathien der Facettengelenke im Kaudalteil des Halses.

VII Summary

Studies on the correlation between radiological findings and findings on the bony preparation in the equine cranial cervical vertebral column

Background: The interpretation of radiographs of the equine cervical vertebral column is difficult due to superimposition of the complex anatomical structures. Because of this, there is a problem in associating a radiographic finding to a morphological correlative and assessing its clinical relevance.

Goals: With the help of plain x-rays (270°) of the necks of recently destroyed horses it should be scrutinized which changes of the first four cervical vertebrae can be presented radiographically and if and in which extent the radiological findings can be identified on the bony preparation of the vertebrae of these horses. On the basis of these results the cranial cervical vertebral column of clinically sound horses and horses suffering from arthrosis of the caudal facets should be observed, as well as the connection between the occurrence of spondylarthrosis and the dimensions of the neck. In addition a system for the swift graphical representation of the type and localisation of radiographic findings in the cervical vertebral column as a tool for documentation should be developed.

Methods: Plain x-rays of the cranial neck of 138 horses divided into three groups were investigated. 39 destroyed horses (group 1) were x-rayed in lateral recumbency shortly after death and subsequently the first four cervical vertebrae were macerated. The radiological investigation of 70 clinically sound horses (group 2) was performed on the standing animal. The radiographs of 29 horses suffering from a radiologically evident osteoarthrosis of the caudal facet joints (group 3) were judged retrospectively, regarding the question if there is a connection between findings in the cranial cervical vertebral column and the occurrence of clinically relevant osteoarthrosis of the facet joints in the caudal cervical region. A schematic sketch of paired x-rays of the cranial part of the neck was produced on a computer. The subjective interpretation of the facet joints on the x-rays of the destroyed horses led to a rating into five separate classes of arthrosis. Independently the articular processes on the preparations were examined and similarly rated into five classes. Sensitivity, specificity and positive predictive value for the radiological investigation as a test for arthropathies of the facet joints were calculated

and the correlation between radiographic and morphological classification was clarified. The other structures visible on the x-rays were examined and compared to the findings on the preparation. The radiological presentability of the changes was assessed. Following the described procedure the remaining x-rays were interpreted. Differences in frequency and severity of the findings were clarified using various tests for significance. The dorsal length and the thickness of the neck of the destroyed horses (group 1) and the clinically sound horses (group 2) were measured. Their influence on arthrosis of the facets of the preparations and on the radiological judgement of these joints was rated using linear regression.

Results: The produced sketch enables the representation of the type and localisation of radiographic findings. The horses of group 1 had an average age of 16.3 years and they were significantly older ($p = 0.0013$) than the horses which were radiologically examined in the standing position (average age: 10.9 years). Changes which were classified as anatomical variants can often be found on those structures of the cranial neck which are not directly a part of the facet joints. On the other hand there are also changes with an assumed clinical relevance. The true degree of severity of these findings can not always be presented with the help of the radiographic investigation. There was no significant difference in frequency or severity of the radiological findings between clinically sound horses (group 2) and horses suffering from arthrosis of the caudal facet joints (group 3). Radiographically evident changes of the atlanto-occipital articulation could be detected in 14% of the horses with arthrosis of the facet joints C5-C7, which was tendentious more often than in those of the remaining groups (6%). 51.4% of the clinically sound horses (group 2) showed none of these changes on the cervical vertebrae, as well as 44.8% of the diseased animals (group 3). One finding at a time could be found in 28.6% of the patients in group 2 and in 41.3% of the patients in group 3. Two or more changes at the same time were observed in 20% of the sound horses and in 13.9% of the animals suffering from arthrosis of the caudal facet joints. There was no significant difference between these two groups concerning this fact ($p = 0.64$). There are no radiographic findings in the cranial cervical vertebral column indicating spondylarthrosis in the caudal part of the neck. Radiological detectable osseous irregularities on the ventral aspect of the articular processes could be found in 27.9% of the investigated facet joints. The calculation of the Pearson product-moment correlation coefficient did not show a connection between the occurrence of this ventral irregularity and macroscopically noticeable signs of arthrosis of the facet joints, neither

at C2/C3 ($r = 0.22$) nor at C3/C4 ($r = 0.24$). Also there was no significant difference concerning this feature between clinically sound horses (group 2) and diseased horses (group 3). At C2/C3 there was $p = 0.55$, at C3/C4 the result was $p = 0.73$. 26.9% of the investigated preparations of the facet joints showed no signs of arthrosis, 66.7% of the articulations showed mild to moderate changes and there were severe to highly severe deviations on 6.4% of the joints. In radiological investigation for the detection of arthrosis of the facet joints sensitivity was 0.5, specificity was 0.46 and the positive predictive value was 72.5%. 50% of the examined articulations were judged wrongly. 47.6% of the joints which didn't show any morphological signs of arthrosis were interpreted as radiographically unchanged as well. In 29% of the macroscopically mildly altered structures the radiographic classification did match the result of the morphological one. In 19.1% of the moderately altered and in 25% of the severely altered articulations the macroscopical ranking corresponded with the radiological judgement. The articulation which showed highly severe arthrosis was rightly classified by the help of the radiological investigation. The correlation between radiological and morphological classification was low, both at C2/C3 ($r = 0.36$) and at C3/C4 ($r = 0.11$). There was no significant difference in the radiological appearance of the facet joints between clinically sound horses (group 2) and diseased animals (group 3), neither at C2/C3 ($p = 0.76$) nor at C3/C4 ($p = 0.42$). The measurement of the length of the horses' necks led to results between 49 cm and 113 cm with an average of 81.5 cm. An analysis of variance did not show any significant connection between the length of the neck and the severity of morphologically evident arthrosis of the facet joints (C2/C3: $p = 0.48$; C3/C4: $p = 0.99$). The thickness of the necks amounted an average of 17.2 cm (12.4 cm – 24.5 cm). At C3/C4 there was a significant correlation between the increase of the neck thickness and the severity of spondylarthrosis ($p = 0,03$). In horses with more massive necks the facet joints were classified significantly more badly in radiological investigation at C2/C3 ($p = 0.038$) as well as at C3/C4 ($p = 0.04$). 35.9% of the examined preparations of the axis and 48.7% of the preparations of the third cervical vertebra showed a ridge-like bend of the caudal articular surfaces. Radiological evidence of these changes could only be found in very few cases. The correlation between the appearance and severity of these findings and the severity of facet joint arthrosis was low. At C2/C3 the Pearson product-moment correlation coefficient was $r = 0.24$, at C3/C4 it was $r = -0.16$.

Conclusion: This study could demonstrate that the plain radiological examination of the equine cranial cervical vertebral column leads to an insufficient presentation of the changes of the bony preparations. There are no lesions on the cranial cervical vertebral column indicating arthropathies of the facet joints in the caudal part of the neck.

VIII Literaturverzeichnis

Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen - (RöV). *Fassung vom 30.04.2003*

ADAMS, S. B., STECKEL, R. und BLEVINS, W., 1985: Diskospondylitis in five horses. *JAVMA*, 186(3), 270–272

BECK, C., MIDDLETON, D. und MACLEAN, A. et al., 2002: Osteochondrosis of the second cervical vertebra of a horse. *Equine Vet. J.*, 34(2), 210–212

BEECH, J., 1976: Cervical Cord Compression and Wobbles in Horses. *Proceedings of the ... annual convention American Association of Equine Practitioners*, 22, 79–89

BELL, S., DETWEILER, D. und BENAK, J. et al., 2007: What Is Your Diagnosis? OAAM. *JAVMA*, 231(7), 1033–1034

BENDER, R. und LANGE, S., 2001: Die Vierfeldertafel. *DMW*, 126(15), T36-T38

BENDER, R., LANGE, S. und ZIEGLER, A., 2002a: Wichtige Signifikanztests. *DMW*, 127, T1-T3

BENDER, R., ZIEGLER, A. und LANGE, S., 2002b: Logistische Regression. *DMW*, 127, T11-T13

BLYTHE, L., 1987: Neurologic Examination of the Horse. *Vet Clin North Am Equine Practice*, 3(2), 255–281

BÖHM, D. und HEBELER, W.-G., 1980: Die funktionelle Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule des Pferdes unter Berücksichtigung der spinalen Ataxie. *Berl. Muench. Tieraerztl. Wochenschr.*, 93, 181-184

BOLLWEIN, A., 1986: Altersbedingte Veränderungen an den Zwischenwirbelscheiben und an den Spaltgelenken der Halswirbelsäule beim Pferd. *Dissertation*. München

BOLLWEIN, A. und HÄNICHEN, T., 1989: Altersabhängige Veränderungen an den Zwischenwirbelscheiben der Halswirbelsäule des Pferdes. *Tierarztl Prax*, 17, 73–76

BSCHORER, W. M., 1988: Klinische, röntgenologische und szintigraphische Untersuchung der Halswirbelsäule des Pferdes unter spezieller Berücksichtigung der spinalen Ataxie. *Dissertation*. München

- BUTLER, J., COLLES, C. und DYSON, S. et al., 2008: *Clinical Radiology of the Horse*. 3rd edition. Oxford: Wiley-Blackwell
- CLAYTON, H. und TOWNSEND, H., 1989: Kinematics of the cervical spine of the adult horse. *Equine Vet. J.*, 21(3), 189–192
- COLBOURNE, C. M., RAIDAL, S. L. und YOVICH, J. et al., 1997: Cervical diskospondylitis in two horses. *Aust. Vet. J.*, 75(7), 477–479
- COLLINS, J. D., KELLY, W. R. und TWOMEY, T. et al., 1971: Brucella-associated Vertebral Osteomyelitis in a Thoroughbred Mare. *Vet. Rec.*, 88, 321–326
- DAHME, E. und SCHEBITZ, H., 1970: Zur Pathogenese der spinalen Ataxie des Pferdes unter Zugrundelegung neuerer Befunde. *Zentralbl. Veterinaermed., Reihe A*, 17, 120–143
- DIETZ, O., 2006: Krankheiten des Genicks und des Widerrists
In: O. Dietz und B. Huskamp, (Hg): Handbuch Pferdepraxis. 3. Auflage. Stuttgart: Enke, 244–249
- DIMOCK, W. W., 1950: "Wobbles" - an hereditary disease in horses. *J. Hered.*, 41(12), 319–323
- DIMOCK, W. W. und ERRINGTON, B. J., 1939: Incoordination of Equidae: Wobblers. *JAVMA*, 45(750), 261–267
- DIXON, P. M. und ROWLANDS, A. C., 1981: Atlanto-occipital joint infection associated with guttural pouch mycosis in a horse. *Equine Vet. J.*, 13(4), 260–262
- DOWN, S. S. und HENSON, F. M. D., 2009: Radiographic retrospective study of caudal cervical articular process joints in the horse. *Equine Vet. J.*, 41(6), 518–524
- FAHRMEIR, L., KÜNSTLER, R. und PIGEOT, I. et al., 2001: *Statistik. Der Weg zur Datenanalyse*. 7. Auflage. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer
- FALCO, M. J., WHITWELL, K. und PALMER, A. C., 1976: An investigation into the Genetics of "Wobbler Disease" in Thoroughbred Horses in Britain. *Equine Vet. J.*, 8(4), 165–169
- 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

- FISHER, L. F., BOWMAN, K. F. und MACHARG, M. A., 1981: Spinal Ataxia in a Horse Caused by a Synovial Cyst. *Vet. Pathol.*, 18(3), 407–409
- FOSS, R. R., GENETZKY, R. M. und RIEDESEL, E. A. et al., 1983: Cervical Intervertebral Disc Protusion in Two Horses. *Can. Vet. J.*, 24(6), 188–191
- FUNK, K. A. und ERICKSON, E. D., 1968: Case report. A case of atlanto-axial subluxation in a horse. *Can. Vet. J.*, 9(5), 120–123
- FURR, M. O., ANVER, M. und WISE, M., 1991: Intervertebral disk prolapse and diskospondylitis in a horse. *JAVMA*, 198(12), 2095–2096
- FÜRST, A., 2004: Halswirbelsäulenarthrose beim Pferd - Eine Übersicht. *Tagungsband der 14. Tagung über Pferdekrankheiten, Essen*, 66–71
- FÜRST, A., 2006: Halswirbelsäulenarthrose beim Pferd: Eine Übersicht. *Prakt. Tierarzt*, 87(12), 956–964
- GASSE, H., 2002: Rückenmark. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, (Hg):. *Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes*. 2. Auflage. Alfeld - Hannover: M. & H. Schaper, 353–365
- GERBER, H., FANKHAUSER, R. und STRAUB, R. et al., 1980: Spinale Ataxie beim Pferd, verursacht durch synoviale Cysten in der Halswirbelsäule. *Schweiz. Arch. Tierheilk.*, 122, 95–106
- GERBER, H., UELTSCHI, G. und DIEHL, M. et al., 1989: Untersuchungen an der Halswirbelsäule des Pferdes - eine klinisch-radiologische Studie. *Schweiz. Arch. Tierheilk.*, 131, 311–321
- GERHARDS, H. et al., 2007: *Röntgenleitfaden (RöLF 07). Leitfaden für die röntgenologische Beurteilung bei der Kaufuntersuchung des Pferdes - überarbeitete Fassung*.
- GIGUERE, S. und LAVOIE, J. P., 1994: Rhodococcus equi vertebral osteomyelitis in 3 Quarter Horse colts. *Equine Vet. J.*, 26(1), 74–77
- 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., COFFMANN, J. R. und STRAFUSS, A. C., 1969: Atlantoaxial Luxation in a Foal. *JAVMA*, 155(5), 754–757
- 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
- HANLON, G. F., SAUTTER, J. H. und d. SHERMANN, 1981: Multifocal Osteolysis in a Horse - A Case Report with Special Emphasis on the Radiologic and Pathologic Findings. *JAVMA*, 178(3), 238–241
- HEBELER, W.-G., 1977: Die funktionelle Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule des Pferdes unter Berücksichtigung der spinalen Ataxie. *Dissertation*. München
- HERTSCH, B., 2004: Die Einflüsse klinischer und röntgenologischer Befunde auf die Gesamtbeurteilung bei der Kaufuntersuchung. *Praktischer Tierarzt*, 85(6), 410–416
- HERTSCH, B. und LIESKE, R., 1978: Halswirbelfrakturen beim Pferd. *Tierarztl Prax*, 6, 209–224
- HERTSCH, B. und SALAM RAGAB, A. E., 1977: Röntgenologische Untersuchung der Epiphysenfugenschließung an den Halswirbeln beim Pferd. *Berl. Muench. Tieraerztl. Wochenschr.*, 90, 172–176
- HESTVIK, G., EKMAN, S. und LINDBERG, R., 2006: Onchocercosis of an intervertebral joint capsule causing vertebral stenotic myelopathy in a horse. *J Vet Diagn Invest*, 18(3), 307–310
- HETT, A., 1999: Untersuchungen zur Objektivierung der Röntgendiagnostik an der arthrotisch veränderten Halswirbelsäule des Pferdes. *Dissertation*. Bern
- HIEPE, T., 2006: Parasitosen. In: O. Dietz und B. Huskamp, (Hg):. *Handbuch Pferdepraxis*. 3. Auflage. Stuttgart: Enke, 719–755
- HILLYER, M. H., INNES, J. F. und PATTESON, M. W. et al., 1996: Discospondylitis in an adult horse. *Vet. Rec.*, 23, 519–521
- HUDSON, N. P. H. und MAYHEW, I., 2005: Radiographic and myelographic assessment of the equine cervical vertebral column and spinal cord. *Equine vet. educ.*, 17(1), 43–48
- JANSSON, N., 2001: What is your diagnosis? Multiple cervical intervertebral disk prolapses. *JAVMA*, 219(12), 1681–1682

- JONES, T. C., DOLL E.R. und BROWN, R. G., 1954: The Pathology of Equine Incoordination - Ataxia or "Wobbles" of Foals. *Proceedings of the American veterinary medical association*, 139–149
- KELLY, W. R., COLLINS, J. D. und FARRELLY, B. T. et al., 1972: Vertebral Osteomyelitis in a Horse Associated with Mycobacterium tuberculosis var. bovis (M.bovis) Infection. *Vet Radiol Ultrasound*, 13(1), 59–69
- KÖNIG, H. E. und LIEBICH, H. G., 2005: Skelett des Stammes - Skeleton axiale
In: H. E. König und H. G. Liebich, (Hg):. Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. 3. Auflage. Stuttgart: Schattauer, 47–109
- KÖNIG, H. E., LIEBICH, H. G. und CERVENY, C., 2005: Nervensystem - Systema nervosum. *In: H. E. König und H. G. Liebich, (Hg):. Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. 3. Auflage. Stuttgart: Schattauer, 485–557*
- KREIENBROCK, L. und SCHACH, S., 2005: *Epidemiologische Methoden. 4. Auflage. München: Elsevier*
- LAUTENSCHLÄGER, I., BAUMANN, I. und SCHULZE, M. et al., 2009: Die röntgenologische Darstellung der caudalen Facettengelenke der Halswirbelsäule beim Warmblutpferd. *Pferdeheilkunde*, 25(6), 544–553
- LAUTENSCHLÄGER, I., 2007: Die röntgenologische und ultrasonographische Darstellung der Facettengelenke der Halswirbelsäule beim Warmblutpferd. *Dissertation. Hannover*
- LEVINE, J., ADAM, E. und MACKAY, R. et al., 2007: Confirmed and Presumptive Cervical Vertebral Compressive Myelopathy in Older Horses: A Retrospective Study (1992-2004). *J Vet Intern Med*, 21, 812–819
- LEVINE, J., NGHEIM, P. P. und LEVINE, G. J. et al., 2008: Associations of sex, breed, and age with cervical vertebral compressive myelopathy in horses - 811 cases (1974-2007). *JAVMA*, 233(9), 1453–1458
- LIEBICH, H. G., MAIERL, J. und KÖNIG, H. E., 2005a: Faszien und Muskeln des Kopfes und des Stammes. *In: H. E. König und H. G. Liebich, (Hg):. Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. 3. Auflage. Stuttgart: Schattauer, 109–141*

- LIEBICH, H. G., MAIERL, J. und KÖNIG, H. E., 2005b: Vorder- oder Schultergliedmaße - Membra thoracica. In: H. E. König und H. G. Liebich, (Hg):. *Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis*. 3. Auflage. Stuttgart: Schattauer, 141–210
- MACKAY, R., 2006: Diagnostic Procedures. In: J. A. Auer und J. A. Stick, (Hg):. *Equine Surgery*. 3rd edition. St. Louis: SAUNDERS, 642–659
- MAIERL, J., ZECHMEISTER, R. und SCHILL, W. et al., 1998: Röntgenologische Darstellung der Wachstumsfugen an Atlas und Axis beim Fohlen. *Tierarztl Prax*, 26 (G), 341–345
- MARKEL, M. D., MADIGAN, J. E. und LICHTENSTEIGER, C. A., 1986: Vertebral body osteomyelitis in the horse. *JAVMA*, 188(6), 632–634
- MAYHEW, I., 2008: Clinical assesment of the neurologic patient. *Proceedings of the 10th International Congress of the World Equine Veterinary Association, Moscow*, 85–99
- MAYHEW, I., 2009: *Large Animal Neurology*. 2nd edition. Oxford: Wiley-Blackwell
- MAYHEW, I., DELAHUNTA, A. und WHITLOCK, R. H., 1978a: Spinal cord disease in the horse: history and clinical evaluation. *The Cornell Veterinarian*, 68(Supplement 6), 24–35
- MAYHEW, I., DONAWICK, W. J. und GREEN, S. et al., 1993: Diagnosis and prediction of cervical vertebral malformation in Thoroughbred foals based on semi-quantitative radiographic indicators. *Equine Vet. J.*, 25(5), 435–440
- MAYHEW, I., WATSON, A. G. und HEISSAN, J. A., 1978b: Congenital Occipitoatlantoaxial Malformations in the Horse. *Equine Vet. J.*, 10(2), 103–113
- MAYHEW, I., WATSON, A. G. und HEISSAN, J. A., 1978c: Congenital Occipitoatlantoaxial Malformations in the Horse. *Equine Vet. J.*, 10(2), 103–113
- MAYHEW, I., WHITLOCK, R. H. und DELAHUNTA, A., 1978d: Spinal cord disease in the horse: electromyographic and radiographic studies. *The Cornell Veterinarian*, 68(Supplement 6), 44–105
- MECHLENBURG, G., 1967: Untersuchungen der Halswirbelsäule und des Rückenmarkes beim Pferd im Hinblick auf Veränderungen bei der Spinalen Ataxie. *Dissertation*. Hannover

- MENDENHALL, A. L. und CANTWELL, H. D., 1988: *Equine Radiographic Procedures*. 1st edition. Philadelphia: Lea & Febiger
- MILNE, D., GABEL, A. und CHRISMAN, C. et al., 1973: Diagnosis and pathology of the wobbler syndrome (spondylolisthesis): A preliminary study. *Proceedings of the ... annual convention American Association of Equine Practitioners*, 19, 303–309
- MOORE, B. R., REED, S. und BILLER, D. et al., 1994: 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.*, 55(1), 5–13
- MUIRHEAD, T., MCCLURE, J. T. und BOURQUE, A. et al., 2003: Osteochondrosis of the occipital condyles and atlanto-occipital dysplasia in a Belgian horse. *Can. Vet. J.*, 44, 984–985
- MYERS, R. K. und MCGAVIN, M. D., 2009: Schädigung von Zellen und Geweben. In: M. D. McGavin und J. F. Zachary, (Hg): *Pathologie der Haustiere. Allgemeine, spezielle und funktionelle Veterinärpathologie*. 1. Auflage. München: Elsevier, 3–60
- NEWTON-CLARKE, M. J., GUFFOY, M. R. G. und DYKES, N. L. et al., 1994: Ataxia due to a vertebral haemangiosarcoma in a horse. *Vet. Rec.*, 135, 182–184
- NICKEL, R., SCHUMMER, A. und SEIFERLE, E., 2004a: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band I: Bewegungsapparat*. 8. Auflage. Stuttgart: Parey
- NICKEL, R., SCHUMMER, A. und SEIFERLE, E., 2004b: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band IV: Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen*. 4. Auflage. Stuttgart: Parey
- NIXON, A., 2008: Spinale Ataxie ("Wobbler")
In: T. Stashak, (Hg): *Adam's Lahmheit bei Pferden*. 4. Auflage. Hannover: M. & H. Schaper, 772–784
- NIXON, A., STASHAK, T. und INGRAM, J., 1983: Diagnosis of Cervical Vertebral Malformation in the Horse. *Proceedings of the ... annual convention American Association of Equine Practitioners*, 28, 253–266
- NIXON, A., STASHAK, T. und INGRAM, J. et al., 1984: Cervical Intervertebral Disk Protrusion in a Horse. *Vet Surg*, 13(2), 154–158

- NOUT, Y. S. und REED, S., 2003: Cervical vertebral stenotic myelopathy. *Equine vet. educ.*, 15(4), 212–223
- NOWAK, M. und HUSKAMP, B., 1989: Über einige spezielle Befunde bei Erkrankungen der Halswirbelsäule des Pferdes. *Pferdeheilkunde*, 5(2), 95–107
- NOWAK, M., SCHÜTTERT, B. und TIETJE, S., 2006: Krankheiten des Schädels, der Wirbelsäule und des Beckens. In: O. Dietz und B. Huskamp, (Hg):. *Handbuch Pferdepraxis*. 3. Auflage. Stuttgart: Enke, 802–833
- OLCHOWY, T. W. J., 1994: Vertebral body osteomyelitis due to *Rhodococcus equi* in two Arabian foals. *Equine Vet. J.*, 26(1), 79–82
- PALMER, A. C. und HICKMAN, J., 1960: Ataxia in a Horse due to an Angioma of the Spinal Cord. *Vet. Rec.*, 72(31), 611–613
- PAPAGEORGES, M., GAVIN, P. R. und SANDE, R. D. et al., 1987: Radio-graphic and myelographic Examination of the cervical vertebral column in 306 ataxic horses. *Vet Radiol Ultrasound*, 28(2), 53–59
- PINCHBECK, G. und MURPHY, D., 2001: Cervical vertebral fracture in three foals. *Equine vet. educ.*, 3(1), 24–28
- POHLENZ, J. und SCHULZ, L. C., 1966: Rückenmarksveränderungen bei der spinalen Ataxie des Pferdes in ihrer Abhängigkeit von Ort und Grad der Veränderungen am Halswirbelskelett. *Dtsch. tierärztl. Wschr.*, 73(21), 533–536
- POWERS, B., STASHAK, T. und NIXON, A. et al., 1986: Pathology of the Vertebral Column of Horses with Cervical Static Stenosis. *Vet. Pathol.*, 23, 392–399
- PRICKETT, M. E., 1968: Equine Spinal Ataxia. *Proceedings of the ... annual convention American Association of Equine Practitioners*, 14, 147–158
- RANTANEN, N., GAVIN P.R. und BARBEE D.D. et al., 1981: Ataxia and Paresis in Horses Part II. Radiographic and Myelographic Examination of the Cervical Vertebral Column. *The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian*, 3(4), 161–170
- REED, S., BAYLY, W. M. und TRAUB, J. L. et al., 1981: Ataxia and Paresis in Horses - Part I. Differential Diagnosis. *The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian*, 3(3), 88–99

- REED, S. und MOORE, B. R., 1993: Pathogenesis of Cervical Vertebral Stenotic Myelopathy. *Proceedings of the ... annual convention American Association of Equine Practitioners*, 39, 113–115
- REED, S., NEWBREY, J. und NORTON, K. et al., 1985: Pathogenesis of cervical vertebral malformation. *Proceedings of the ... annual convention American Association of Equine Practitioners*, 31, 37–42
- RICARDI, G. und DYSON, S., 1993: Forelimb lameness associated with radiographic abnormalities of the cervical vertebrae. *Equine Vet. J.*, 25(5), 422–426
- RICHARDSON, D. W., 1986: Eikenella corrodens osteomyelitis of the axis in a foal. *JAVMA*, 188(3), 298–299
- ROBERTSON, J. T. und SAMII, V. F., 2006: Traumatic Disorders of the Spinal Column. In: J. A. Auer und J. A. Stick, (Hg):. *Equine Surgery*. 3rd edition. St. Louis: SAUNDERS, 677–684
- ROONEY, J. R., 1963: Equine Incoordination - I. Gross Morphology. *Cornell Vet.*, 53, 411–422
- ROONEY, J. R., 1972: Etiology of th wobbler syndrome. *Mod. Vet. Pract.*, 53(9), 42
- ROSENSTEIN, D. S., SCHOTT, H. C. und STICKLE, R. L., 2000: Imaging Diagnosis - Occipitoatlantoaxial Malformation in a miniature horse foal. *Vet Radiol Ultrasound*, 41(3), 218–219
- SALOMON, F. V., 2008a: Bewegungsapparat. In: F. V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, (Hg):. *Anatomie für die Tiermedizin*. 2. Auflage. Stuttgart: Enke, 22–218
- SALOMON, F. V., 2008b: Nervensystem - Systema nervosum. In: F. V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, (Hg):. *Anatomie für die Tiermedizin*. 2. Auflage. Stuttgart: Enke, 464–578
- SCHARMER, B. L., TROSTLE, S. und NELSON, K. M. et al., 2000: What is your diagnosis? Atlanto-occipital luxation. *JAVMA*, 217(1), 647–648
- SCHEBITZ, H. und SCHULZ, L., 1965: Zur Pathogenese der spinalen Ataxia beim Pferd - Spondylarthrosis, klinische Befunde. *Dtsch. tierärztl. Wschr*, 72(21), 496–501

- SCHEBITZ, H. und WILKENS, H., 1986: *Atlas der Röntgenanatomie des Pferdes*. 4. Auflage. Berlin und Hamburg: Paul Parey
- SCHULZ, L., SCHEBITZ, H. und POHLENZ, J. et al., 1965: Zur Pathogenese der Spinalen Ataxie des Pferdes - Spondylarthrosis Pathologisch-anatomische Untersuchungen. *Dtsch. tierärztl. Wschr*, 72(21), 502–506
- SCHÜTTE, A. C., 2005: Untersuchungen zum equinen Wobbler Syndrom – Literaturstudie mit folgender klinischer Untersuchung des operativen Therapieerfolges. *Dissertation*. München
- SILBERNAGL, S. und DESPOPOULOS, A., 2007: *Taschenatlas Physiologie*. 7. Auflage. Stuttgart: Thieme
- SILBERSIEPE, BERGE und MÜLLER, 1986: *Lehrbuch der speziellen Chirurgie für Tierärzte und Studierende*. 16. Auflage. Stuttgart: Enke
- STEWART, R., REED, S. und WEISBRODE, S., 1991: Frequency and severity of osteochondrosis in horses with cervical stenotic myelopathy. *Am. J. Vet. Res.*, 52(6), 873–879
- SUNTUM, M. van, 1983: Untersuchungen zur Röntgendiagnostik degenerativer Zehengelenkserkrankungen des Pferdes – Ein Vergleich röntgenologischer und pathologisch-anatomischer Befunde. *Dissertation*. Berlin
- SYSEL, A. M., MOLL, D. und CARRIF, C. B. et al., 1998: What is your diagnosis? - Oblique fracture of the caudal half of the transverse process of the fourth cervical vertebra. *JAVMA*, 213(5), 607–608
- TIETJE, S., 1996: Diagnostik und Befunde am Atlantooccipitalgelenk des Pferdes. *Proceedings der 14. Arbeitstagung der DVG Fachgruppe Pferdekrankheiten*, 279–288
- TICER, J. W., 1984: *Radiographic technique in veterinary practice*. 2nd edition. Philadelphia: SAUNDERS
- TYSON, R., GRAHAM, J. P. und ROBERTS, G. D. et al., 2004: What is your diagnosis? Osteomyelitis of a vertebral body. *JAVMA*, 225(4), 515–516
- VAN BIERVLIET, J., MAYHEW, I. und DELAHUNTA, A., 2006: Cervical Compressive Myelopathy: Diagnosis. *Clin Tech Equine Pract*, 5, 54–59

- VAN BIERVLIET, J., MCNEILL, R. L. und PEASE, A., 2004: How to take standing survey radiographs of the cervical spine in the horse. *Proceedings of the 43rd British Equine Veterinary Association Congress, Birmingham*
- VÖSTER, I., MÜNZER, B. und HARTUNG, K., 2001: Neues zum Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik beim Pferd - Teil 1: Durchstrahlung kleiner Volumina (Extremitäten). *fachpraxis*, 25(40), 46–48
- WAGNER, P. C., GRANT, B. D. und REED, S., 1987: Cervical Vertebral Malformations. *Vet Clin North Am Equine Practice*, 3(2), 385–396
- WAGNER, P. C., GRANT, B. D. und WATROUS, B. J. et al., 1985: A study of the heritability of cervical vertebral malformation in horses. *Proceedings of the ... annual convention American Association of Equine Practitioners*, 31, 43–50
- WAGNER, W. D., 2002: Untersuchungen zur topographischen Anatomie der Bursa subligamentosa nuchalis cranialis und caudalis des Pferdes mittels verschiedener bildgebender Verfahren wie der ultrasonographischen Panoramabilddarstellung und der Kernspintomographie. *Dissertation*. München
- WALMSLEY, J. P., 1988: 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.*, 20(3), 219–220
- WATSON, A. G. und MAYHEW, I., 1986: Familial Congenital Occipitoatlantoaxial Malformation (OAAM) in the Arabian Horse. *Spine*, 11(4), 334–339
- WEAVER, M. und BARAKZAI, S., 2010: *Handbook of Equine Radiography*. 1st edition. Philadelphia: SAUNDERS
- WHITWELL, K., 1980: Causes of ataxia in horses. *Practice*, 2, 17–24
- WHITWELL, K. und DYSON, S., 1987: Die Röntgenologie der Halswirbelsäule beim Pferd. *Pferdeheilkunde*, 3(4), 203–212
- WILSON, W. D., HUGHES, S. J. und GHOSHAL, N. G. et al., 1985: Occipitoatlantoaxial malformation in two non-Arabian horses. *JAVMA*, 187(1), 36–40

- WISSDORF, H., GERHARDS, H. und HUSKAMP, B., 2002a: Rumpfwand
In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, (Hg):. Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. 2. Auflage. Alfeld - Hannover: M. & H. Schaper, 305–352
- WISSDORF, H., OTTO, B. und GERHARDS, H., 2002b: Hals. *In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, (Hg):. Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. 2. Auflage. Alfeld - Hannover: M. & H. Schaper, 247–279*
- YAMAGIWA, J., YOSHIKAWA, T. und OYAMAD, T., 1980: Pathological Studies on Equine Ataxia in Japan. *Jpn. J. Vet. Sci.*, 42(6), 681–694

IX **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Darstellung des ersten Halswirbels von der Seite	3
Abb. 2: Darstellung des zweiten Halswirbels von der Seite	5
Abb. 3: Darstellung des dritten Halswirbels von der Seite.....	6
Abb. 4: Schemazeichnung eines Röntgenbildes der Halswirbelsäule zur Verdeutlichung der objektiven Diagnostikmethoden.....	37
Abb. 5: XDR1-M®.....	43
Abb. 6: Messung des Winkels α	45
Abb. 7: Lagerung eines Patienten in Seitenlage.....	46
Abb. 8: Lagerung eines Pferdes in Seitenlage mit eingestelltem Winkel α	46
Abb. 9: Anfertigen einer Röntgenaufnahme am stehenden, sedierten Pferd (Seitenansicht).....	47
Abb. 10: Anfertigen einer Röntgenaufnahme am stehenden, sedierten Pferd (Kaudalansicht).....	48
Abb. 11: Schiebleere zur Messung der Halsdicke auf halber Höhe des Halses	49
Abb. 12: Vorlage für das Erstellen der Schemazeichnung des Bereiches C1 / C2.....	51
Abb. 13: Vorlage für das Erstellen der Schemazeichnung des Bereiches C3 / C4.....	52
Abb. 14: Schemazeichnung Bereich Art. atlantooccipitalis bis zum Übergang C2 / C3.....	58
Abb. 15: Schemazeichnung Bereich vom Übergang C2 / C3 bis einschließlich C4.....	58
Abb. 16: röntgenologisch verändertes Facettengelenk C2 / C3.....	60
Abb. 17: Darstellung der röntgenologischen Befunde aus Abb. 16 mit verschiedenen Farben.....	60
Abb. 18: Darstellung der röntgenologischen Befunde aus Abb. 16 ohne verschiedene Farben.....	60
Abb. 19: Röntgenbild des Pferdes H32. Ausschnitt des ersten Halswirbels mit deutlich unruhigem Gelenkspalt der Art. atlantooccipitalis.....	64
Abb. 20: Atlas des Pferdes H32 in der seitlichen Ansicht	65
Abb. 21: Atlas des Pferdes H32 in der Ansicht von dorsokaudal.....	65
Abb. 22: Röntgenbild des Atlasbereiches des Pferdes H8. Streifige Verschattung kranial des Tuberculum dorsale.....	67
Abb. 23: Atlas des Pferdes H8 in der seitlichen Ansicht	68
Abb. 24: Atlas des Pferdes H8 in der Ansicht von dorsokaudal.....	68
Abb. 25: Röntgenbild des Atlasbereiches des Pferdes H21. Bohnenförmige Verschattung am dorsalen Arcus atlantis.....	69
Abb. 26: Atlas des Pferdes H21 in der seitlichen Ansicht	69
Abb. 27: Atlas des Pferdes H21 in der Ansicht von kranial.....	70
Abb. 28: Röntgenbild des ersten Halswirbels des Pferdes V2. Wolkige Verschattung dorsokranial des Tuberculum dorsale.....	70
Abb. 29: Atlas des Pferdes V2 in der seitlichen Ansicht.....	71
Abb. 30: Atlas des Pferdes V2 in der Ansicht von kaudodorsal	71
Abb. 31: Röntgenbild des Atlas desPatient H34. Projektion der Kranialenden der Alae atlantes über die Dorsalkontur des Atlas.....	72
Abb. 32: Atlas des Pferdes H34 in der seitlichen Ansicht	73
Abb. 33: Röntgenbild des Übergangs C1/C2 des Pferdes V6. Veränderte Kontur des Dens axis.....	75

Abb. 34: Dens Axis des Pferdes V6 in der Ansicht von ventral.	76
Abb. 35: Dens Axis des Pferdes V6 in der Ansicht von ventrolateral.....	76
Abb. 36: Röntgenbild des Übergangs C1-C2 des Pferdes H34 ohne röntgenologisch sichtbare Veränderungen am Atlantooccipitalgelenk.	77
Abb. 37: Atlas des Pferdes H34 in der Ansicht von kaudal.	77
Abb. 38: Röntgenbild des Übergangs von C1/C2 des Pferdes V2. Konturunregelmäßigkeit am kranialen Endpunkt der Crista ventralis	79
Abb. 39: Axis des Pferdes V2 in der Ansicht von lateroventral.....	79
Abb. 40: Ausschnitt aus einem Röntgenbild (C2/C3) des Pferdes H6. Hakenartige Konturveränderungen kaudal am Axiskamm.....	80
Abb. 41: Röntgenbild des Pferdes H33 im Bereich des Übergangs Atlas – Axis. Spongiose Knochenstruktur am Kranialende des Axiskammes.....	81
Abb. 42: Axis des Pferde H6 in der Ansicht von lateral.	82
Abb. 43: Axis des Pferdes H33 in der Ansicht von kranial.....	82
Abb. 44: Röntgenbild des Übergangs C2-C3 des Pferdes H30. Zackige Konturveränderung ventral an der Fossa vertebralis des Axis.....	83
Abb. 45: Axis des Pferdes H30 in der Ansicht von dorsal.....	84
Abb. 46: Ausschnitt eines Röntgenbildes des Pferdes R10. Rundliche Ausbuchtung am Kranialende der Incisura vertebralis caudalis.....	85
Abb. 47: Axis des Pferdes H40 in der Ansicht von lateral.....	86
Abb. 48: Röntgenbildausschnitt des Pferdes L6. Einkerbung an der Basis des Caput vertebrae von C3	88
Abb. 49: Dritter Halswirbel des Pferdes H30 in der Ansicht von kaudoverentral	88
Abb. 50: Facettengelenk zwischen C2 und C3 des Pferdes H25. Hakenartige Zubildung die von dorsal ins Foramen intervertebrale ragt.	91
Abb. 51: Rechter kranialer Gelenkfortsatz des Pferdes H25 in der Ansicht von dorsomedial.....	92
Abb. 52: Röntgenologische Abbildung des Facettengelenks zwischen C2 und C3 des Pferdes H24. Arthroseklasse 0.	95
Abb. 53: Kaudale Gelenkfacetten des Axis des Pferdes H24. Arthroseklasse 2.	95
Abb. 54: Röntgenologische Abbildung des Facettengelenkbereiches zwischen C3 und C4 des Pferdes H19. Arthroseklasse 0	96
Abb. 55: Rechter Proc. articularis caudalis des C3 des Pferdes H19. Arthroseklasse 1.	96
Abb. 56: Röntgenologische Abbildung des Facettengelenks zwischen C2 und C3 des Pferdes H22. Arthroseklasse 0.	97
Abb. 57: Kaudale Gelenkfortsätze des Axis des Pferdes H22. Arthroseklasse 3	98
Abb. 58: Rechter Proc. articularis caudalis des Axis des Pferdes H22.....	98
Abb. 59: Röntgenbild des Übergangs C3/C4 des Pferdes H26. Arthroseklasse 1.....	100
Abb. 60: Rechte kaudale Gelenkfacette von C3 des Pferdes H26. Arthroseklasse 0.....	100
Abb. 61: Röntgenbild des Bereiches zwischen C2 und C3 des Pferdes V9. Arthroseklasse 1.....	101
Abb. 62: Kraniale Gelenkfacetten des dritten Halswirbels des Pferdes V9. Arthroseklasse 1.	101
Abb. 63: Röntgenologische Abbildung des Facettengelenks zwischen C3 und C4 des Pferdes H40. Arthroseklasse 1.	102

Abb. 64: Rechte, kraniale Facettengelenkfläche von C4 des Pferdes H40 in der Ansicht von dorsal. Arthroseklasse 3.	103
Abb. 65: Röntgenbild von C3 des Pferdes H21. Arthroseklasse 2.....	104
Abb. 66: Linker Proc. articularis cranialis con C3 des Pferdes H21. Arthroseklasse 1.	105
Abb. 67: Kraniale Gelenkfortsätze von C4 des Pferdes H21. Arthroseklasse 3	105
Abb. 68: Röntgenbild des Facettengelenks zwischen C3 und C4 des Pferdes H25. Arthroseklasse 2	106
Abb. 69: Procc. articulares craniales von C4 des Pferdes H25. Arthroseklasse 1	106
Abb. 70: Axis des Pferdes H30 in der Ansicht von kaudal.	108
Abb. 71: C3 des Pferdes H30 in der Ansicht von kranial.	108
Abb. 72: Röntgenaufnahme des Facettengelenks zwischen C3 und C4 des Pferdes V9 Arthroseklasse 3.	109
Abb. 73: Linke kraniale Gelenkfacette von C4 des Pferdes V9. Arthroseklasse 1.....	110
Abb. 74: Röntgenbild des Übergangs zwischen C2 und C3 des Pferdes H14. Arthroseklasse 4..	111
Abb. 75: Rechtes Facettengelenk zwischen C2 und C3 des Pferdes H14 in der Ansicht von lateral.	112
Abb. 76: Rechter Proc. articularis caudalis von C2 des Pferdes H14 in der Ansicht von ventrolateral.....	113
Abb. 77: Rechter Proc. articularis cranialis von C3 des Pferdes H14 in der Ansicht von dorsal	113
Abb. 78: Rechter Proc. articularis cranialis von C3 des Pferdes H14 in der Ansicht von kaudal	114
Abb. 79: Änderung der Sensitivität der röntgenologischen Untersuchung	117
Abb. 80: Korrelation zwischen röntgenologischer Einteilung und entsprechender Bewertung der Wirbelpräparate an C2/C3.....	118
Abb. 81: Korrelation zwischen röntgenologischer Einteilung und entsprechender Bewertung der Wirbelpräparate an C3/C4.....	118
Abb. 82: Verteilung der Arthroseklassen in den Patientengruppen 2 und 3.	120
Abb. 83: Zweiter Halswirbel des Pferdes V5 in der Ansicht von kaudal.....	122
Abb. 84: Dritter Halswirbel des Pferdes H7 in der Ansicht von kaudal.....	123
Abb. 85: Linkes Facettengelenk zwischen C3 und C4 des Pferdes H29, Ansicht von kaudal.....	123
Abb. 86: Linker Proc. articularis cranialis von C4 des Pferdes H29, Ansicht von kranial	124
Abb. 87: Röntgenologische Darstellung des Facettengelenks zwischen C3 und C4 des Pferdes H29.....	124
Abb. 88: Röntgenologische Darstellung des Facettengelenks zwischen C3 und C4 des Pferdes H29. Pfeile markieren eine feine röntgendichte Linie.....	125
Abb. 89: Korrelation zwischen röntgenologischer Beurteilung der kleinen Wirbelgelenke und der Ausprägung der dachfirstartigen Abknickung der Gelenkflächen.....	126

X Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grading-System für jede Gliedmaße bei der Gangbildbeurteilung.....	30
Tabelle 2: Einteilung der Facettengelenke in fünf verschiedene Arthroseklassen anhand der röntgenologisch sichtbaren Anzeichen für Facettengelenkarthrose.....	53
Tabelle 3: Einteilung der Facettengelenke in fünf verschiedene Arthroseklassen anhand der Anzeichen für Arthrose an den kleinen Wirbelgelenken der Knochenpräparate.....	55
Tabelle 4: Möglichkeit der graphischen Darstellung von röntgenologischen Befunden durch Einzeichnen in die Schemazeichnung.	59
Tabelle 5: Altersstruktur in den drei Patientengruppen	61
Tabelle 6: Geschlechtsverteilung in den drei Patientengruppen.....	61
Tabelle 7: Rasseverteilung in den drei Patientengruppen.....	62
Tabelle 8: Häufigkeit der Befunde am ersten bis vierten Halswirbel exklusive der Bewertung der Facettengelenke der Patientengruppen 2 und 3	90
Tabelle 9: Anzahl der Facettengelenke mit ventralen, knöchernen Zubildungen im gesamten Patientengut und in den einzelnen Patientengruppen.	92
Tabelle 10: Aufstellung der Einteilung in die verschiedenen Arthroseklassen anhand röntgenologischer Kriterien der Patientengruppe 1	115
Tabelle 11: Aufstellung der Einteilung in die verschiedenen Arthroseklassen anhand makroskopischer Kriterien der Patientengruppe 1	115
Tabelle 12: Anzahl und prozentualer Anteil an Übereinstimmungen zwischen röntgenologischer und makroskopischer Beurteilung der Facettengelenke in Patientengruppe 1.	115
Tabelle 13: Sensitivität und Spezifität der radiologischen Untersuchung zur Diagnose von Facettengelenksarthrose an C2/C3 und C3/C4.....	116
Tabelle 14: Darstellung der röntgenologischen Einstufungen der Facettengelenke zwischen C2/C3 und C3/C4 der Patientengruppen 2 und 3.....	119
Tabelle 15: Minimale, maximale und durchschnittliche Halsdicke der Pferde aus Patientengruppe 1 und Patientengruppe 2.....	121
Tabelle 16: Patientendaten Gruppe 1.....	172
Tabelle 17: Patientendaten Gruppe 2.....	173
Tabelle 18: Patientendaten Gruppe 3.....	175
Tabelle 19: Befunde Patientengruppe 1.....	177
Tabelle 20: Befunde Patientengruppe 2.....	178
Tabelle 21: Befunde Patientengruppe 3.....	180
Tabelle 22: Befunde an den Facettengelenken Gruppe 1	182
Tabelle 23: Befunde an den Facettengelenken Gruppe 2	183
Tabelle 24: Befunde an den Facettengelenken Gruppe 3	185

XI Anhang

1. Patientendaten

Tabelle 16, Tabelle 17 und Tabelle 18 stellen Rasse, Alter in Jahren und Geschlecht getrennt nach den verschiedenen Patientengruppen dar. In Tabelle 16 und Tabelle 17 sind außerdem die Werte für die dorsale Halslänge und die Halsdicke in cm angegeben. Bei Patientengruppe 3 wird die Lokalisation der kaudalen Facettengelenkarthrosen aufgeführt.

Tabelle 16: Patientendaten Gruppe 1

Patientenr.	Rasse	Alter	Geschlecht	Halslänge	Halsdicke
V2	Warmblut	18	Stute	x	X
V3	Warmblut	15	Wallach	x	X
V5	Pony	13	Stute	x	X
V6	Pony	32	Stute	x	X
V9	Warmblut	12	Wallach	x	X
V13	Vollblut	15	Wallach	x	X
V14	Vollblute	7	Stute	x	X
H1	Warmblut	15	Wallach	92	X
H2	Traber	2	Stute	81	X
H4	Warmblut	22	Wallach	113	X
H5	Warmblut	22	Stute	81	X
H6	Warmblut	16	Stute	81	X
H7	Warmblut	16	Wallach	94	14,9
H8	Kaltblut	9	Hengst	86	19,7
H9	Warmblut	14	Wallach	87	15,8
H10	Pony	10	Stute	76	13,8
H11	Pony	24	Stute	79	15,8
H12	Pony	23	Wallach	94	14,8
H14	Warmblut	26	Wallach	93	18,9
H16	Warmblut	6	Stute	80	15,6
H17	Pony	20	Stute	84	19,7
H18	Sonstige	9	Wallach	82	16,2
H19	Warmblut	10	Wallach	84	17,3
H20	Vollblut	12	Wallach	81	17,6
H21	Warmblut	15	Wallach	94	18,1
H22	Warmblut	19	Stute	83	16,9
H24	Pony	25	Wallach	65	14,4
H25	Warmblut	9	Stute	80	13,6
H26	Pony	16	Wallach	71	15,5
H28	Pony	24	Wallach	49	12,4
H29	Warmblut	11	Wallach	80	18,5
H30	Traber	22	Wallach	69	14,9
H31	Pony	26	Stute	76	14,3
H32	Warmblut	17	Stute	82	16,8
H33	Warmblut	16	Stute	73	18,2
H34	Sonstige	20	Hengst	91	21,7
H35	Warmblut	25	Stute	68	13
H39	Warmblut	11	Wallach	76	18,2
H40	Warmblut	10	Hengst	81	20,2

Tabelle 17: Patientendaten Gruppe 2

Patientennr.	Rasse	Alter	Geschlecht	Halslänge	Halsdicke
L1	Sonstige	6	Stute	85	18
L2	Traber	12	Stute	109	16,2
L3	Traber	25	Wallach	88	19,3
L4	Warmblut	18	Wallach	95	16,9
L5	Warmblut	15	Stute	111	20,2
L6	Warmblut	14	Wallach	91	15,8
L7	Warmblut	11	Wallach	90	20,8
L8	Sonstige	29	Stute	98	16,9
L9	Pony	5	Stute	68	16,6
L10	QH	16	Stute	96	15,4
L11	Warmblut	11	Stute	101	16,4
L12	Warmblut	17	Wallach	113	17,5
L13	Kaltblut	5	Stute	102	24,5
L14	QH	5	Wallach	100	17,2
L15	Traber	2,5	Hengst	129	16,4
L16	QH	6	Stute	90	12,7
L17	Pony	11	Wallach	97	20,4
L18	Warmblut	7,5	Wallach	91	18,5
L19	Traber	3	Stute	90	16,6
L20	Vollblut	3	Hengst	99	19,9
L21	Kaltblut	0,5	Stute	76	13,9
L22	QH	17	Stute	90	19,6
L23	Sonstige	13	Wallach	83	19,4
L24	Warmblut	13	Wallach	99	16,5
L25	Warmblut	6	Wallach	109	21
L26	Warmblut	15	Wallach	1,08	17,7
L27	Warmblut	8	Stute	107	19,9
L28	Warmblut	11	Stute	100	19,4
L29	Warmblut	6	Wallach	106	21,2
L30	Warmblut	6	Wallach	110	20,4
L31	Pony	6	Stute	78	16,1
L32	Pony	12	Wallach	96	17,8
L33	Pony	6	Stute	87	16,8
L34	Kaltblut	16	Stute	101	19,5
L35	Pony	5	Wallach	76	15,4
L36	Warmblut	3	Wallach	94	18,3
L38	Warmblut	3,5	Wallach	112	15,4
L39	Warmblut	14	Wallach	58	17,2
L40	Sonstige	5	Stute	80	14,9
L42	Traber	25	Wallach	92	15,5
L43	Warmblut	5	Wallach	91	13,2
L44	Pony	3	Wallach	79	19,4
L45	Pony	7	Stute	85	13,6
L48	Warmblut	1	Stute	93	15
L49	Warmblut	8	Stute	46	19,2
L52	Pony	3	Hengst	82	18,8
L53	Pony	3	Hengst	87	17
L54	Pony	3	Hengst	78	17,7
L55	Sonstige	9	Wallach	81	17,7
L56	Warmblut	8	Stute	98	18,6
L57	QH	15	Stute	96	17,2

Fortsetzung Tabelle 17: Patientendaten Gruppe 2

Patientennr.	Rasse	Alter	Geschlecht	Halslänge	Halsdicke
L60	Pony	3	Hengst	92	16,9
L61	Sonstige	15	Hengst	93	22,4
L62	Warmblut	14	Wallach	x	X
L63	Sonstige	14	Wallach	80	20,8
L64	Warmblut	7	Wallach	83	19,4
L65	Sonstige	19	Wallach	83	19,7
L68	Warmblut	6	Wallach	83	20,1
L69	Traber	19	Wallach	84	19
L70	Warmblut	11	Stute	87	17,8
L71	Warmblut	11	Wallach	104	19,9
L72	Warmblut	12	Wallach	82	18,5
L73	Pony	7	Wallach	74	18,6
L76	Sonstige	8	Wallach	96	15,7
L77	Warmblut	19	Stute	103	14,6
L78	Warmblut	13	Stute	103	18,1
L79	Warmblut	3	Hengst	102	16,5
L81	Pony	10	Wallach	67	17,6
L82	Warmblut	27	Wallach	98	17,8
L83	Sonstige	9	Hengst	101	18,2

Tabelle 18: Patientendaten Gruppe 3

Patientennr.	Rasse	Alter	Geschlecht	Lokalisation der Facettengelenkarthrose
R1	Warmblut	12	Wallach	C6/C7
R2	Warmblut	14	Wallach	C5-C7
R3	Vollblut	19	Wallach	C5/C6
R4	Warmblut	22	Stute	C5-C7
R5	QH	8	Stute	C5-C7
R7	Sonstige	7	Wallach	C6/C7
R8	Kaltblut	3	Wallach	C4/C5
R9	Warmblut	10	Wallach	C6/C7
R10	Warmblut	2	Stute	C6/C7
R11	Warmblut	9	Wallach	C6/C7
R12	Warmblut	17	Wallach	C5-C7
R13	QH	13	Hengst	C6/C7
R14	Warmblut	4	Hengst	C6/C7
R15	Warmblut	12	Wallach	C6/C7
R16	Warmblut	15	Wallach	C5-C7
R17	Warmblut	12	Wallach	C5-C7
R20	Warmblut	10	Wallach	C6/C7
R21	Warmblut	9	Stute	C5-C7
R22	Traber	21	Wallach	C5-C7
R24	Warmblut	12	Stute	C5-C7
R25	Warmblut	7	Wallach	C5/C6
R26	Warmblut	12	Wallach	C5-C7
R27	Warmblut	14	Stute	C6/C7
R30	Warmblut	7	Stute	C5-C7
R31	Pony	15	Wallach	C5-C6
R32	Warmblut	18	Wallach	C5-C7
R33	Warmblut	16	Wallach	C5-C7
R36	Warmblut	8	Wallach	C5-C7
R37	Warmblut	10	Wallach	C4-C7

2. Befunde

Tabelle 19, Tabelle 20 und Tabelle 21 stellen die diagnostizierten Befunde der untersuchten Patienten getrennt nach den drei verschiedenen Gruppen dar. Eine „1“ in der entsprechenden Spalte bedeutet ein positives Befundergebnis. Konnte die entsprechende Veränderung nicht nachgewiesen werden, wurde eine „0“ notiert.

1a: Befund am ersten Kopfgelenk ohne Veränderungen im Röntgen

1b: Befund am ersten Kopfgelenk mit Veränderungen im Röntgen

2a: Befund dorsal am Atlas

2b: Kranialabschnitt des Atlasflügels oberhalb der dorsalen Kontur sichtbar

3a: Befund am zweiten Kopfgelenk ohne Veränderungen im Röntgen

3b: Befund am zweiten Kopfgelenk mit Veränderungen im Röntgen

4a: Befund an der Crista ventralis von C2

4b: Befund am Axiskamm

4c: Befund an der Fossa vertebralis von C2

4d: Befund an der Incisura vertebralis caudalis von C2

5a: Befund am Caput vertebrae von C3

5b: Befund an der Fossa vertebralis von C3

5c: Befund an der Incisura vertebralis caudalis von C3

Tabelle 19: Befunde Patientengruppe 1

Patientennr.	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	4c	4d	5a	5b	5c
V2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
V3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
V9	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
V13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
H1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0
H4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H5	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
H6	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
H7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H11	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
H12	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
H14	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
H16	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H17	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H18	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
H19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
H20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H21	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
H22	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
H24	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H28	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
H29	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
H30	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
H31	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
H32	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
H33	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
H34	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
H37	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
H39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H40	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0

3. Facettengelenkbefunde

Tabelle 22, Tabelle 23 und Tabelle 24 stellen die Ergebnisse der Untersuchungen der Facettengelenke dar. Die Spaltenbeschriftung wird im Folgenden beschrieben.

6a: *Zubildung ventral am Facettengelenkhals C2/C3 radiologisch sichtbar*

(„0“ = nicht sichtbar, „1“ = sichtbar)

6b: *röntgenologische Beurteilung der Facettengelenke C2/C3 (Klassen 0-4)*

6c: *makroskopische Beurteilung der Facettengelenke C2/C3 an den Wirbelpräparaten (nur Gruppe 1, Klassen 0-4)*

6d: *Dachfirstartige Abknickung der der Gelenkfläche der kaudalen Facetten C2/C3 (nur Gruppe 1, je nach Ausprägung Klasse 0-4)*

7a: *Zubildung ventral am Facettengelenkhals C3/C4 röntgenologisch sichtbar*

(„0“ = nicht sichtbar, „1“ = sichtbar)

7b: *röntgenologische Beurteilung der Facettengelenke C3/C4 (Klassen 0-4)*

7c: *makroskopische Beurteilung der Facettengelenke C3/C4 an den Wirbelpräparaten (nur Gruppe 1, Klassen 0-4)*

7d: *Dachfirstartige Abknickung der der Gelenkfläche der kaudalen Facetten C3/C4 (nur Gruppe 1, je nach Ausprägung Klasse 0-4)*

Tabelle 22: Befunde an den Facettengelenken Gruppe 1

Patientennr.	6a	6b	6c	6d	7a	7b	7c	7d
V2	1	1	2	0	1	1	2	1
V3	0	0	0	2	1	2	0	0
V5	1	0	1	3	0	0	0	2
V6	1	0	2	1	1	2	2	2
V9	1	1	1	1	1	3	1	0
V13	1	1	1	1	1	2	0	0
V14	0	0	1	0	1	0	1	3
1	0	0	0	0	0	1	0	2
2	0	0	1	0	0	0	2	0
4	0	1	2	1	0	1	2	0
5	0	1	2	0	1	1	1	0
6	1	0	2	0	1	0	0	0
7	0	1	0	0	0	1	0	1
8	0	1	0	1	1	0	2	2
9	0	0	2	1	1	1	1	2
10	0	0	0	0	0	0	0	2
11	1	0	2	0	1	0	2	2
12	0	1	2	0	0	1	0	0
14	x	4	4	3	0	2	2	0
16	0	0	1	0	0	1	0	4
17	0	0	1	1	0	0	2	0
18	1	0	1	0	0	1	1	0
19	0	0	1	0	0	0	1	0
20	0	0	1	0	0	2	0	0
21	1	2	1	0	1	2	3	2
22	0	0	3	1	1	2	2	3
24	0	0	2	0	0	0	1	0
25	1	2	0	1	0	2	1	0
26	0	0	1	0	0	1	0	0
28	0	0	0	0	0	1	1	1
29	0	0	1	1	0	0	0	3
30	1	3	3	0	1	0	1	0
31	0	0	2	0	0	1	1	0
32	0	2	2	0	0	0	1	1
33	0	0	0	0	0	0	0	1
34	0	3	1	0	0	1	1	1
37	1	1	2	0	1	0	1	0
39	1	1	1	0	0	0	0	3
40	0	2	1	2	0	1	3	0

Tabelle 23: Befunde an den Facettengelenken Gruppe 2

Patientennr.	6a	6b	6c	6d	7a	7b	7c	7d
L1	1	0	x	x	1	2	x	X
L2	0	0	x	x	0	0	x	X
L3	0	2	x	x	1	2	x	X
L4	1	1	x	x	1	1	x	X
L5	1	2	x	x	0	2	x	X
L6	0	1	x	x	0	2	x	X
L7	1	1	x	x	1	1	x	X
L8	0	2	x	x	0	3	x	X
L9	0	2	x	x	1	0	x	X
L10	1	0	x	x	0	1	x	X
L11	0	2	x	x	0	1	x	X
L12	0	1	x	x	0	1	x	X
L13	0	0	x	x	0	2	x	X
L14	0	0	x	x	0	2	x	X
L15	0	0	x	x	0	1	x	X
L16	0	2	x	x	0	2	x	X
L17	0	0	x	x	1	2	x	X
L18	0	1	x	x	1	1	x	X
L19	0	0	x	x	0	0	x	X
L20	0	0	x	x	0	0	x	X
L21	0	0	x	x	0	0	x	x
L22	0	1	x	x	1	2	x	x
L23	0	1	x	x	0	1	x	x
L24	1	2	x	x	0	2	x	x
L25	1	2	x	x	1	1	x	x
L26	0	2	x	x	0	3	x	x
L27	1	0	x	x	1	2	x	x
L28	0	1	x	x	0	3	x	x
L29	0	3	x	x	1	2	x	x
L30	1	1	x	x	1	1	x	x
L31	0	0	x	x	0	1	x	x
L32	0	1	x	x	1	0	x	x
L33	0	0	x	x	0	2	x	x
L34	0	2	x	x	0	3	x	x
L35	0	0	x	x	0	0	x	x
L36	0	2	x	x	0	0	x	x
L38	0	0	x	x	0	1	x	x
L39	0	2	x	x	0	2	x	x
L40	0	1	x	x	0	0	x	x
L42	1	1	x	x	1	1	x	x
L43	0	0	x	x	1	1	x	x
L44	0	0	x	x	0	1	x	x
L45	1	2	x	x	0	0	x	x
L48	0	0	x	x	0	1	x	x
L49	1	1	x	x	0	2	x	x
L52	0	0	x	x	0	1	x	x
L53	0	0	x	x	0	0	x	x
L54	0	0	x	x	0	0	x	x
L55	0	0	x	x	0	2	x	x

Fortsetzung Tabelle 23: Befunde an den Facettengelenken Gruppe 2

Patientennr.	6a	6b	6c	6d	7a	7b	7c	7d
L56	0	0	x	x	0	0	x	x
L57	0	1	x	x	1	3	x	x
L60	0	1	x	x	0	1	x	x
L61	0	1	x	x	0	2	x	x
L62	0	2	x	x	0	2	x	x
L63	1	3	x	x	0	0	x	x
L64	0	0	x	x	0	1	x	x
L65	0	2	x	x	1	1	x	x
L68	0	3	x	x	1	0	x	x
L69	1	2	x	x	0	2	x	x
L70	0	2	x	x	0	3	x	x
L71	0	0	x	x	0	2	x	x
L72	0	3	x	x	1	3	x	x
L73	0	0	x	x	0	2	x	x
L76	0	1	x	x	1	3	x	x
L77	1	1	x	x	0	2	x	x
L78	0	1	x	x	0	3	x	x
L79	0	2	x	x	0	0	x	x
L81	0	1	x	x	0	1	x	x
L82	0	1	x	x	0	3	x	x
L83	0	1	x	x	0	2	x	x

Tabelle 24: Befunde an den Facettengelenken Gruppe 3

Patientennr.	6a	6b	6c	6d	7a	7b	7c	7d
R1	0	0	x	x	0	1	x	x
R2	0	0	x	x	1	2	x	x
R3	1	2	x	x	0	3	x	x
R4	1	1	x	x	1	3	x	x
R5	1	3	x	x	0	2	x	x
R7	0	1	x	x	0	2	x	x
R8	0	0	x	x	0	0	x	x
R9	0	2	x	x	1	1	x	x
R10	1	1	x	x	0	0	x	x
R11	0	0	x	x	1	1	x	x
R12	0	1	x	x	1	1	x	x
R13	0	1	x	x	0	1	x	x
R14	0	1	x	x	1	2	x	x
R15	0	1	x	x	0	3	x	x
R16	0	1	x	x	1	2	x	x
R17	0	1	x	x	0	1	x	x
R20	0	1	x	x	1	3	x	x
R21	0	1	x	x	0	3	x	x
R22	0	0	x	x	0	2	x	x
R24	0	2	x	x	0	3	x	x
R25	0	1	x	x	0	1	x	x
R26	0	1	x	x	1	3	x	x
R27	0	1	x	x	0	2	x	x
R30	0	0	x	x	0	1	x	x
R31	0	1	x	x	0	0	x	x
R32	0	0	x	x	0	1	x	x
R33	0	1	x	x	0	3	x	x
R36	0	1	x	x	1	0	x	x
R37	0	0	x	x	0	0	x	x

4. Danksagung

Zu allererst gebührt mein herzlicher Dank meinem Doktorvater und Lehrer Prof. Dr. H. Gerhards für die großzügige Überlassung des Themas und die gute Betreuung.

Des Weiteren möchte ich allen Kollegen an der Klinik für Pferde meinen Dank aussprechen und dabei vor allem alle Famulanten und Pfleger mit einschließen. Besonders hervorzuheben ist hier Frau Dr. Anika Pachten, die sich als stets kompetente und kritische Lektorin erwiesen hat.

Ein herzliches Dankeschön auch an alle meine Mitdoktoranden, vor allem an meinen Freund Roman Herbener für die stets gute Zusammenarbeit.

Für die Unterstützung beim Anfertigen der Wirbelpräparate geht mein besonderer Dank an die Mitarbeiter aus dem Institut für Tierpathologie (Vorstand: Prof. Dr. W. Hermanns), sowie an Herrn PD Dr. J. Maierl und seine Mitarbeiter Herrn Hecher und Herrn Obermayer aus dem Institut für Tieranatomie.

Weiterhin danken möchte ich Herrn Diplomstatistiker Sebastian Kaiser für die Einführung in die Geheimnisse der statistischen Datenanalyse und Herrn Tobias Volke für die Hilfe bei der Erstellung und Bearbeitung der Zeichnungen und Fotos.

Meiner lieben Kathrin vielen Dank für ihre Rücksicht, ihr Verständnis und ihre volle Unterstützung in allen Lebenslagen.

Zu guter Letzt gilt mein besonderer Dank meiner Mutter, ohne die ein Studium unmöglich gewesen wäre.