

Radiologische Messungen an der Halswirbelsäule des Warmblutpferdes

Ines Lautenschläger¹, Ina Baumann¹, Isabelle Martens¹, Maren Schulze¹, Karl Rohn² und Peter Stadler¹

Klinik für Pferde¹ und Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung² der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Zusammenfassung

In der Literatur existieren verschiedene Angaben über die Weite des Wirbelkanals, sowie das intra- und intervertebrale Verhältnis der Halswirbel. Da bisher keine eindeutigen Angaben für die Warmblutpferderassen erarbeitet wurden, wurden anhand der bereits bekannten Methoden zur Bestimmung des intra- und intervertebralen Verhältnisses in der vorliegenden Studie mit Hilfe von Übersichtsaufnahmen der Halswirbel erste Referenzwerte für Pferde dieser Rassen erstellt. Zusätzlich wurden tangentielle radiologische Aufnahmen der Facettengelenke des distalen Abschnitts der Halswirbelsäule angefertigt und auch auf diesen Aufnahmen Längen-, Abstands- und Umfangsmessungen der Gelenk bildenden Anteile der Facettengelenke durchgeführt.

Schlüsselwörter: Warmblutpferde, Halswirbelsäule, intervertebraler Durchmesser, intravertebraler Durchmesser, Messungen, Facettengelenke

Radiological evaluations of the cervical spine in warmblooded horses

In literature, several data have been recorded concerning the width of the vertebral canal and the intra- and intervertebral ratio of the cervical vertebrae. As there is no specified information for warmblooded horses, the intra- and intervertebral ratio were assessed in latero-lateral standard radiographs by examining 60 well rideable, clinically inconspicuous horses with already known methods. First reference values for these horses could be generated. In addition to that, the width of the interarticular crevice as well as the length and area of the processus articulares between C5 and C7 could be measured on tangential radiographs.

Keywords: warmblooded horses, cervical spine, intervertebral ratio, intravertebral ratio, measurements, facet joint

Einleitung

Die Literatur zeigt zahlreiche Ansätze, ein verlässliches Messsystem zu entwickeln, um die radiologischen Aufnahmen der Halswirbel eines Pferdes zum Nachweis einer pathologischen Stenose des Wirbelkanals objektiv beurteilen zu können. Dabei werden die Werte von klinisch auffälligen Tieren mit denen von Referenztieren verglichen. Mayhew et al. (1978) übernahmen erstmalig die in der Humanmedizin verwendeten Parameter MSD (minimaler sagittaler Durchmesser), MFD (minimaler sagittaler Durchmesser bei gebeugtem Hals sowie den FA (Winkel der Flexion) und ermittelten so Referenzwerte für Pferde auf latero- lateralen Röntgenaufnahmen in neutraler und gebeugter Position. Dabei war eine objektive Beurteilung aufgrund der starken Variation des Wirbelkanaldurchmessers in Abhängigkeit von Alter, Größe und Gewicht schwierig. Die ersten Referenztabellen (Mayhew et al. 1978) enthielten daher Messwerte für Pferde mit einem Körpergewicht von bis zu 320 kg und für Pferde mit darüber liegendem Körpergewicht (s. Tabelle 1, Mayhew et al. 1978). Werte des minimalen sagittalen Durchmessers (MSD), die kleiner als der jeweilige Referenzwert abzüglich der doppelten Standardabweichung waren, wurden von den Autoren als Hinweis für eine statische Stenose des Wirbelkanals gewertet. Lag der minimale Durchmesser bei gebeugter Halswirbelsäule (MFD) unter dem angegebenen Grenzwert, wurde eine dynamische Kompression diagnostiziert (Mayhew et al. 1978).

Der MSD kann auf den latero- lateralen Röntgenaufnahmen direkt gemessen werden, wodurch ein intraindividueller Ver-

gleich der Weite des Wirbelkanals zum Beispiel im Rahmen von Verlaufsuntersuchungen möglich wird. Ein interindividueller Vergleich ist dagegen ohne Berücksichtigung der technischen Parameter (unterschiedlicher Objekt-Filmabstand, variabler Vergrößerungsfaktor) nicht möglich. Grundsätzlich sollten nur Pferde mit ähnlichem Körpergewicht und ähnlicher Körpergröße verglichen werden (Butler 2000).

Böhm und Hebel (1980) führten an der maximal abgebeugten Halswirbelsäule Winkelmessungen zwischen zwei korrespondierenden Wirbeln durch und bestimmten die prozentuale Einengung des Wirbelkanals im Gelenksbereich in Relation zu dessen Weite am nicht gebeugten Hals sowie den Durchmesser des Foramen vertebrale des zweiten bis sechsten Wirbels. Sie beobachteten, dass die Halswirbelsäule der Fohlen bis zum sechsten Lebensmonat kaum biegsam ist und bei extremer Ventroflexion sich der Rückenmarkskanal in Gelenksnähe verengt. Vom Alter unabhängige Messungen des Foramen vertebrale ergaben, dass der craniale Abschnitt stets zwei bis fünf Millimeter enger war als der kaudale.

Für eine reproduzierbare Beurteilung der Messungen können durch Berechnung relativer Werte Fehler reduziert werden (Moore und Reed 1993). Hierbei wird für die Bestimmung des intravertebralen Verhältnisses der minimale sagittale Durchmesser des Wirbelkanals durch den maximalen sagittalen Durchmesser der Extremitas cranialis des Wirbelkörpers dividiert (Butler 2000, van Biervliet et al. 2004, Hudson und Mayhew 2005, van Biervliet et al. 2006). Die Relation des

Tab 1 Minimaler sagittaler Durchmesser (MSD) des Foramen vertebrale bei klinisch unauffälligen Pferden mit einem Körpergewicht unter bzw. über 320 kg (Mayhew et al. 1978). \bar{x} =Mittelwert, s =Standardabweichung, Min.=Minimum, Max.=Maximum
 Minimal sagittal diameter (MSD) of the vertebral foramen by clinically inconspicuous horses with a body weight beneath and over 320 kg (Mayhew et al. 1978)

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	<300kg	>300kg	<300kg	>300kg	<300kg	>300kg	<300kg	>300kg	<300kg	>300kg	<300kg	>300kg
\bar{x}	23,8	26,7	19,8	22,2	18,7	21,3	19,7	22,4	21,1	24,1	22,9	27,4
s	1,5	2,3	0,9	1,8	1,0	1,8	1,2	1,8	1,5	2,5	1,6	2,6
Min.	20,8	22,1	18,1	18,5	16,7	17,7	17,3	18,7	18,3	19,0	19,8	22,6
Max.	26,8	31,3	21,5	25,9	20,7	24,9	22,1	26,1	23,9	29,1	26,1	32,6

intervertebralen minimalen sagittalen Durchmessers zu der maximalen Länge der Extremitas cranialis wird als intervertebrales Verhältnis bezeichnet (Mayhew und Green 2000). Die beschriebenen Messstrecken unterliegen identischen Vergrößerungseffekten und liefern somit unabhängig von der Position des Pferdes und des Fokus- Objekt- Abstands vergleichbare Ergebnisse. Mayhew und Green (2000) bestimmten bei 18 Pferden mit neurologisch auffälligem Gangbild auf Übersichtsaufnahmen der Halswirbelsäule das intra- und intervertebrale Verhältnis. Die Pferde wurden euthanasiert und das Halsmark auf mögliche Schäden histologisch untersucht. Eine Malformation der Halswirbel oder der nervalen Strukturen konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Dennoch wurden die Messergebnisse trotz der klinischen Auffälligkeiten als erste Referenzwerte vorgestellt (Mayhew und Green 2000, Tabellen 2 und 3).

Tab. 2 Intravertebrales Verhältnis der Halswirbel (Mayhew und Green 2000), C=Halswirbel, Min.=Minimum, Max.=Maximum
 Intravertebral ratio of cervical vertebrae (Mayhew and Green 2000)

Halswirbel	Mittelwert (%)	Min./Max (%)
C2	72	55 – 83
C3	61	52 – 70
C4	59	49 – 83
C5	61	52 – 75
C6	60	54 – 75
C7	63	55 – 72

Tab. 3 Intervertebrales Verhältnis der Halswirbel (Mayhew und Green 2000), C=Halswirbel, Min.=Minimum, Max.=Maximum
 Intervertebral ratio of cervical vertebrae (Mayhew and Green 2000)

Halswirbel	Mittelwert (%)	Min./ Max. (%)
C2 – C3	90	63 – 108
C3 – C4	71	60 – 92
C4 – C5	73	56 – 90
C5 – C6	80	63 – 100
C6 – C7	70	58 – 86

Moore et al. (1994) verglichen sowohl bei klinisch unauffälligen Probanden als auch an einem umfangreichen Patientenmaterial den konventionell bestimmten MSD, den mcMSD (um den Vergrößerungseffekt korrigierter MSD) und setzten diesen in das Verhältnis zur Höhe der Extremitas cranialis und zur Länge des Wirbelkörpers. Die statistische Auswertung ergab, dass mit Ausnahme des vierten Halswirbels (hier ist der mcMSD geeignet) für die übrigen Wirbel die Berechnung des Höhenverhältnisses die verlässlichste Meßmethode ist, eine zervikale vertebrale Malformation (CVM) zu diagnostizieren.

Des weiteren zeigten Moore et al. (1994), dass die Bestimmung des MSDs eine Differenzierung zwischen kranken und gesunden Pferden verschiedener Rassen mit einer Sensitivität und Spezifität von nahezu 89% zulässt. Nicht orthograd getroffene Wirbelkörper oder unterschiedlich platzierte Vergleichsmesskörper bei der Bestimmung des mcMSD erschweren eine korrekte Messung und können das Ergebnis verfälschen.

Mit der Bestimmung des minimalen sagittalen Durchmessers nach Mayhew et al. (1978) ist eine exakte Diagnose einer dynamischen Stenose, an der besonders junge Pferde erkranken, nur schwer zu stellen. Deshalb wurde bei Fohlen ein spezielles Punktesystem zur Ermittlung der Prädisposition für eine spätere CVM entwickelt (Mayhew et al. 1993). Dieses verbindet die Messdaten von sechs verschiedenen Befunden (Wirbelkanalstenose, knöchernen Zubildung an der caudalen Epiphyse, caudale Ausziehung des Wirbelbogens, abnorme Winkelung zweier Wirbel zueinander, unvollständige Ossifizierung und degenerative Veränderungen) und bewertet diese. Dabei wird jeder Parameter nach seinem Schweregrad beurteilt und auf einer Skala von 0 bis 10 für das Ausmaß der mittels cMSD ermittelten Stenose, beziehungsweise von 0 bis 5 für die anderen fünf Kriterien eingeordnet. In dieser Studie wurde der cMSD durch Division des MSDs durch die Länge des Wirbelkörpers ermittelt. Eine Summe aus den Punktzahlen der einzelnen Wirbel über zwölf geht nach Ansicht der Autoren mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit bei Fohlen einher, an einer CVM zu erkranken.

Bei der dynamischen Stenose wird das Rückenmark zwischen der dorsalen Begrenzung des caudalen Wirbelbogenanteils und der Extremitas cranialis des folgenden Wirbels gequetscht. Auf dieser Annahme basiert das Messsystem, welches Tomizawa et al. (1994) entwickelten. Hierbei wurde in der latero- lateralen Darstellung der Abstand zwischen den Schnittpunkten, welche sich aus den Verlängerungen der radiologisch erfassbaren dorsalen und ventralen Begrenzung des Wirbelkanals im Bereich zweier benachbarter Wirbel ergeben, in Relation zur Extremitas cranialis des caudalen Wirbels gesetzt. Als Ergebnis dieser Studie an zwölf Fohlen wurde erarbeitet, dass ab einem Verhältnis von 40% eine artikulare Instabilität eine Quetschung des Rückenmarks verursacht. Die Diagnosen mit dieser Messtechnik stimmten mit den Ergebnissen der Myelographie zu 82% und mit denen der histologischen Untersuchung zu 70% überein. Diese Methode scheint also für die Diagnosestellung einer dynamischen Kompression besser geeignet zu sein als andere.

Obwohl die verfügbaren Messmethoden für die Diagnose einer Erkrankung der Halswirbelsäule hilfreich sein können, wurden

Tab. 4 Intravertebrales Verhältnis bei Pferden ohne und mit zervikaler Malformation (Hahn et al. 2008), C=Halswirbel, x=Mittelwert in Prozent, s=Standardabweichung, o. CVM=ohne zervikale vertebrale Malformation, m. CVM=mit zervikaler vertebrale Malformation
Intravertebral ratio in horses without and with cervical malformation (Hahn et al. 2008)

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	o.CVM	m.CVM	o.CVM	m.CVM	o.CVM	m.CVM	o.CVM	m.CVM	o.CVM	m.CVM	o.CVM	m.CVM
\bar{x}	7,2	6,3	6,1	4,8	5,9	4,8	6,1	4,9	6,0	4,8	6,2	4,8
s	0,79	1,19	0,56	0,33	0,54	0,37	0,54	0,26	0,62	0,44	0,52	0,17

Tab. 5 Intervertebrales Verhältnis bei Pferden ohne und mit zervikaler Malformation (Hahn et al. 2007), C=Halswirbel, x=Mittelwert in Prozent, s=Standardabweichung, o. CVM=ohne zervikale vertebrale Malformation, m. CVM=mit zervikaler vertebrale Malformation
intervertebral ratio in horses without and with cervical malformation (Hahn et al. 2007)

	C2-C3		C3-C4		C4-C5		C5-C6		C6-C7	
	o.CVM	m.CVM	o.CVM	m.CVM	o.CVM	m.CVM	o.CVM	m.CVM	o.CVM	m.CVM
\bar{x}	9,1	7,0	7,1	5,5	7,4	5,7	8,0	5,8	7,1	5,9
s	1,17	1,93	0,93	1,28	1,11	0,59	0,95	1,14	0,88	0,68

beim Vergleich zwischen gesunden und kranken Pferden häufig falsch positive oder falsch negative Ergebnisse erhoben. Daher wird derzeit noch zur Absicherung der Diagnose weiterhin eine Myelographie empfohlen (Nout und Reed 2003).

Um eine CVM radiologisch erkennen zu können, wurden von mehreren Autoren einerseits gesunde und andererseits erkrankte Pferde untersucht. Einige Autoren (Mayhew und Green 2000, Nout und Reed 2003, Hudson und Mayhew 2005) sehen ein prozentuales Verhältnis von Wirbelkanal zu Wirbelkörper (das sagittale Verhältnis) bei C4 bis C6 unterhalb von 50% sowie bei C7 unter 52% als deutlichen Hinweis für das Vorliegen einer CVM an. Dennoch wurde auch mit dieser Methode bei einzelnen klinisch unauffälligen Pferden ein sagittales Verhältnis unter 50% gefunden (Beech und Bernard 2003). Andere Autoren (Moore et al. 1994) halten einen Wert von unter 52% für C3 bis C6 sowie einen Wert von unter 56% für C7 für pathognomonisch im Sinne einer Malformation des Wirbelkanals.

Hahn et al. (2008) sahen das Vorliegen einer zervikalen Malformation bei Pferden mit einem intra- und intervertebralen Verhältnis von unter 48% und zusätzlich klinisch auffälligen Gangstörungen als gesichert. Sie untersuchten 26 Pferde (Vollblut- und Warmblutpferde, 6 Monate bis 18 Jahre alt), die mit Ataxie aufgefallen waren, klinisch und neuropathologisch. Um das intravertebrale Verhältnis zu bestimmen wurde der minimale sagittale Durchmesser an der jeweils engsten Stelle entlang des Wirbelkanals gemessen und mit der weitesten Stelle der Extremitas cranialis ins Verhältnis gesetzt. Der intervertebrale Durchmesser des Wirbelkanals wurde zwischen zwei aufeinander folgenden Wirbeln bestimmt. Dazu wurde eine Messstrecke vom caudalen Aspekt des Processus spinosus des vorderen Wirbels zur Extremitas cranialis des hinteren der beiden Wirbel oder von der Extremitas caudalis des vorderen Wirbels zur cranialen Spitze des Processus spinosus des hinteren Wirbels bestimmt und dann die kleinere der so erhobenen Messungen bewertet. Hahn et al. (2008) sahen bei Pferden mit einem relativen Verhältnis von 48% und geringer das Vorliegen einer zervikalen Malformation gesichert (Tabellen 4 und 5).

Andere Autoren teilten anhand ihrer Untersuchungen Patienten in folgende Kategorien ein:

- Bei Werten unterhalb von 48% für den vierten bis sechsten Halswirbel und moderaten bis deutlichen Veränderungen

gilt die Diagnose CVM als gesichert und mit einer Myelographie kann die Läsion lokalisiert und festgestellt werden, ob eine statische oder eine dynamische Kompression des Rückenmarks vorliegt.

- Bei Werten zwischen 48% und 56% kann dagegen mit einer Myelographie die Diagnose einer statischen Stenose des Zervikalkanals (CSM) bestätigt oder ausgeschlossen werden.
- Bei Werten über 56% und ohne pathologische Veränderungen der Halswirbel ist die Ursache für die Ataxie nicht skelettal, sondern eher infektiös bedingt (Rush 2006).

Mit einem aktuelleren Messsystem (Hett et al. 2006) wurde der Unterschied zwischen unauffälligen und arthrotisch veränderten Intervertebralgelenken herausgearbeitet. Auf latero- lateralen Röntgenaufnahmen wurden innerhalb eines Gelenkes die Höhe (M1) und Breite (M2) der Processus articulares craniales, die Länge des Corpus vertebrae (M3), die Höhe des Corpus vertebrae (M4) sowie die Höhe des Foramen vertebrale (M5) gemessen. M1 und M2 beschreiben die Größe des Gelenkfortsatzes, M3, M4 und M5 die Größe des Wirbels. Aufgrund von altersbedingten Unterschieden in der Knochenentwicklung wurde zwischen juvenilen (bis drei Jahre) und adulten Pferden (älter als drei Jahre) unterschieden. Die Unterschiede der arthrotisch vergrößerten Gelenkfortsätze waren im Vergleich zu gesunden Halswirbeln deutlich. Die Höhe des jeweiligen Processus articularis cranialis war bei adulten gesunden Pferden am sechsten und siebten Halswirbel durchschnittlich 1,3 mm größer als bei juvenilen gesunden Pferden. Die Werte erkrankter Pferde unterschieden sich nicht zwischen juvenilen und adulten und waren insgesamt deutlich größer als die der gesunden Pferde. Die Höhe des Processus articularis cranialis war bei Pferden mit Arthropathien proportional zur Breite vergrößert, wie es bei Pferden mit zervikalen Arthrosen zu erwarten ist (Hett et al. 2006).

Vor diesem Hintergrund wurde diese Studie zur Optimierung der radiologischen Untersuchung der Halswirbelsäule für die Aufnahmen mit latero- lateralem und tangentialem Strahlengang erstellt. Des weiteren sollten Normwerte für das intra- und intervertebrale Verhältnis der Halswirbelsäule einerseits und für die auf den Tangentialaufnahmen dargestellten gelenkbildenden Anteile andererseits speziell für das Warmblutpferd erstellt werden.

Material und Methode

Für diese Studie wurden 60 Warmblutpferde (vor allem Hannoveraner, Oldenburger, Hessisches Warmblut, Trakehner) untersucht. Sie waren im Durchschnitt zehn Jahre alt. Die durchschnittliche Widerristhöhe betrug 166 cm (Minimum 160 cm/ Maximum 168 cm) und das durchschnittliche Körpergewicht lag bei 560 kg (Minimum 500 kg/ Maximum 620 kg). Es wurden 41 Wallache und 19 Stuten untersucht.

Alle Pferde waren regelmäßig geritten, überwiegend als Dressurpferde, aber auch als Spring- und Vielseitigkeitspferde mit einem Leistungsniveau der Turnierklasse A bis M eingesetzt. Rittigkeitsprobleme oder Gangstörungen lagen bei diesen Pferden nicht vor. Bei allen Pferden wurden eine Allgemeinuntersuchung sowie eine spezielle klinische Untersuchung mit besonderer Berücksichtigung der Halswirbelsäule durchgeführt. Hierbei wurden insbesondere Exterieur, Halsansatz, Form des Halses, Ausprägung und Tonisierung der Muskulatur adspektorisch und palpatorisch beurteilt und die aktive und passive Lateroflexion und -rotation, sowie die Flexion und Extension der Halswirbelsäule überprüft (Denoix und Pailoux 2000).

Die Röntgenuntersuchung erfolgte mit dem Gleichspannungsgenerator OPTIMUS 80® und einer Hochleistungsröhre (Typ SRO 33100) mit einem Röntgenröhrenschutzgehäuse (Typ ROT 350) der Firma Philips Medizinsysteme, Hamburg (Lautenschläger et al. 2009).

Es wurden vier Übersichtsaufnahmen angefertigt. Dabei wurden zunächst die caudalen und dann die cranialen Abschnitte der Halswirbelsäule geröntgt. Für die Anfertigung der Aufnahmen mit laterolateralem Strahlengang wurden von cranial nach caudal Belichtungswerte von 85 bis 117 kV, 50 bis 125 mA und 53 bis 188 ms verwendet. Des Weiteren wurden Tangentialaufnahmen der Facettengelenke des fünften und sechsten sowie des sechsten und siebten Halswirbels sowohl der linken als auch der rechten Halsseite angefertigt.

Für die Aufnahmen mit latero- lateralem Strahlengang wurden Röntgenkassetten mit dem Format 35 x 43 cm (Typ C) der Firma Fuji Photo Film, Japan verwendet. Die Tangentialaufnahmen wurden auf Röntgenkassetten (24 x 30 cm, Typ CC) desselben Herstellers angefertigt. Die Kassetten wurden in einen zwischen 100 cm und 160 cm verstellbaren Kassettenhalter geschoben.

Die Sedation der Pferde erfolgte mit Detomidin (Domosedan®, 0,1- 0,2 ml/ 100 kg). Für die Aufnahmen mit laterolateralem Strahlengang wurde ein Fokus- Objektabstand von 130 cm gewählt. Um den Vergrößerungseffekt möglichst gering zu halten, wurden die Kassetten so dicht wie möglich und parallel zum Verlauf der Halswirbelsäule positioniert. Ein Raster wurde nicht verwendet.

Die Pferde wurden mit einem Strickhalfter durch eine am Kopf stehende Person fixiert und parallel zur Röntgenanlage mit horizontaler und gerader Halshaltung unter Belastung aller vier Gliedmaßen ausgerichtet.

Die Aufnahmen mit tangentialem Strahlengang wurden mit einem Fokus-Objektabstand von 85 cm unter Zuhilfenahme

eines konischen Tubus (Länge: 36 cm, Durchmesser: 15 cm) bei erhobenem Hals der Pferde (Abstand des Pferdemauls zum Boden 1,70 m) angefertigt. Der Strahlengang der Tangentialaufnahmen verlief von caudo- dorso- lateral nach cranio- ventro- lateral mit um 45° ventral gekippter Röntgenröhre (Röhrenwinkel zur Vertikalen). Die Aufnahme der linken und rechten Halsseite erfolgte mit caudo- dorsaler Ausrichtung der Anlage um 135° bzw. 225° zur Körperachse des Pferdes. Die Facettengelenke liegen auf einer parasagittalen Ebene und gehören zum radialen Typ. Dabei überragen die cranialen Gelenkfortsätze dorsal das Niveau des Wirbelbogens und die caudalen Gelenkfortsätze den jeweiligen Wirbelkörper nach hinten (Virchow 1914). Zusätzlich ist die Halswirbelsäule des Pferdes S-förmig gebogen, in semivertikaler Ebene ausgerichtet und eine Rotation des caudalen Halsabschnitts in Richtung des Zentralstrahls nicht möglich. Aufgrund dieser anatomischen Verhältnisse muss bei den Aufnahmen mit tangentialem Strahlengang die oben genannte Winkelung der Röntgenanlage erfolgen. Die in dieser Studie verwendete tangential Aufnahme-technik ermöglicht die überlagerungsfreie Abbildung der Facettengelenke beider Halsseiten auf einer Aufnahme.

Auf einer Aufnahme der linken Halsseite (135°) wird das linke Facettengelenk fokusnah und das korrespondierende der rechten Halsseite plattennah abgebildet. Am fokusnah abgebildeten Gelenk wurden die Processus articulares und der Gelenkspalt und am plattennahen Gelenk die Kontur und Struktur der gelenkkbildenden Anteile beurteilt. Für die rechte Halsseite gilt oben genanntes in umgekehrter Reihenfolge. Das rechte Facettengelenk wird fokusnah abgebildet, das linke Facettengelenk plattennah.

Der Zentralstrahl wurde im unteren Drittel des Halses oberhalb der Trachea, am Übergang der knöchernen Strukturen zur umliegenden Muskulatur ausgerichtet. Die Kassette wurde im Kassettenhalter vor dem Schultergelenk so weit wie mög-

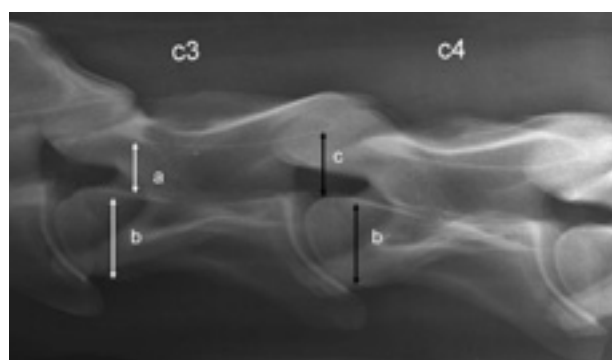


Abb. 1 Bestimmung des intravertebralen (weiße Pfeile) und intervertebralen (schwarze Pfeile) Verhältnisses von C3 und C4 auf einer latero- lateralen Röntgenaufnahme der Halswirbelsäule eines ca. 550 kg schweren Warmblutpferdes. c3=3. Halswirbel, c4=4. Halswirbel, a =minimaler sagittaler (intravertebraler) Durchmesser, b=maximale Höhe der Extremitas cranialis, c=minimaler intervertebraler Durchmesser

Assessment of the intravertebral (white arrows) and intervertebral (black arrows) ratio of c3 and c4 on a latero- lateral radiograph of the cervical spine from a 550 kg weighing warmblooded horse. c3=3rd cervical vertebrae, c4=4th cervical vertebrae, a=minimal sagittal (intravertebral) diameter, b= height of the Extremitas cranialis, c=minimal intervertebral diameter

lich unter den Pferdehals geschoben und parallel zur Röntgenröhre ausgerichtet. Die Aufnahmen mit tangentialem Strahlengang wurden mit Belichtungswerten von 96 bis 125 kV, 100 bis 125 mA und 120 bis 188 ms angefertigt. Diese Aufnahmen wurden ebenfalls ohne Raster angefertigt (Lautenschläger et al. 2009).

Während der Aufnahmen wurde die Anzahl der anwesenden Personen auf den Halter des Pferdes und eine die Röntgenanlage bedienende Person reduziert und diese mit handelsüblichen Röntgenschürzen, Schilddrüsenschutz und Bleibrillen ausgestattet. Der Pferdehalter wurde zusätzlich mit Strahlenschutzhandschuhen ausgestattet.

Bestimmung des intra- und intervertebralen Verhältnisses

Auf den Übersichtsaufnahmen wurden das intravertebrale und das intervertebrale Verhältnis des zweiten bis einschließ-

der Facettengelenke, mit denen im PCR-System enthaltenen Messwerkzeugen bestimmt.

Statistik

Mit den auf den Aufnahmen mit latero- lateralem und tangentialem Strahlengang bestimmten Werten wurde für das intra- und intervertebrale Verhältnis sowie für die Größe der Gelenkfortsätze eine deskriptive Statistik erstellt, die die Mittelwerte, die Standardabweichung sowie die Minimal- und Maximalwerte angibt. Dieses erfolgte mit Hilfe des Microsoft Excel® Programms Version 2003.

Ergebnisse

Auf den Aufnahmen mit latero- lateralem Strahlengang wurden für die überwiegend in Deutschland vorkommenden

Abb. 2 Tangentiale Röntgenaufnahme eines linken Facettengelenks (c5-c6) der Halswirbelsäule zur Messung der Länge der plattennahen Procc. articulares (rote Pfeile) sowie der cranialen und caudalen Weite (weiße Pfeile) des Gelenkspalts. Ali=Proc. articularis cranialis c6, Bli=Proc. articularis caudalis c5

Tangential radiograph of a left facet joint (c5-c6) of the cervical spine for assessing the length of the close- to- focus mapped procc. articulares (red arrows) as well as the cranially and caudally width (white arrows) of the joint space. Ali=Proc. articularis cranialis c6, Bli=Proc. articularis caudalis c5

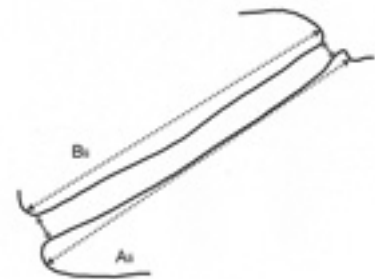
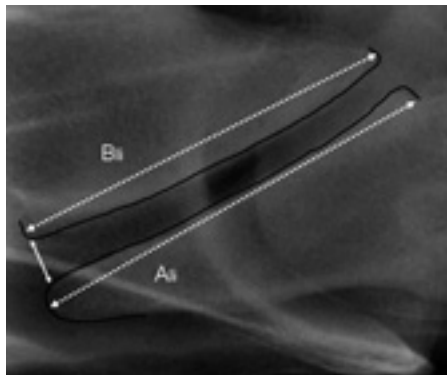
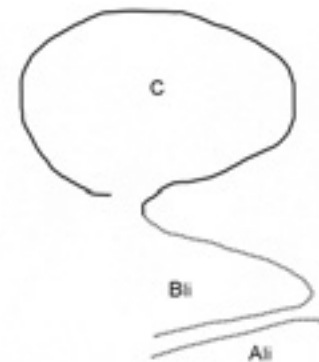
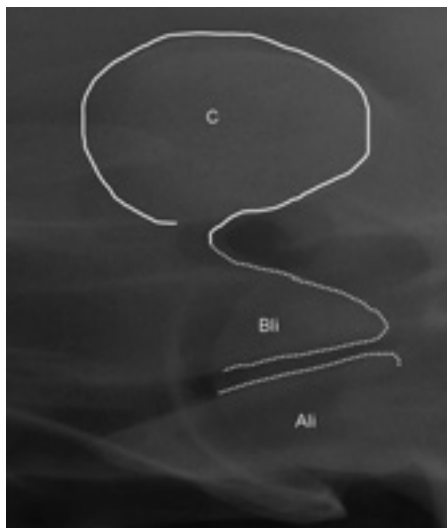


Abb. 3 Tangentiale Röntgenaufnahme eines linken Facettengelenks (c5-c6) der Halswirbelsäule zur Bestimmung der Fläche des plattennah abgebildeten Facettengelenks (weiße Linie). Ali=articularis cranialis c6, fokusnah, Bli=articularis caudalis c5, fokusnah, C=Facettengelenk, plattennah

Tangential radiograph of a left facet joint (c5-c6) of the cervical spine for assessing the area of the close- to- plate mapped facet joint (white line). Ali=articularis cranialis c6, close- to- focus, Bli=Proc. articularis caudalis c5, close- to- focus, C=rechtes Facettengelenk, close- to- plate



lich siebten Halswirbels mit Hilfe einer bereits vorgestellten Methode ermittelt (s. Abb. 1, Mayhew und Green 2000, Moore et al. 1994). Der Durchmesser des Wirbelkanals und die Größe der Extremitas cranialis der einzelnen Wirbel sowie der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Wirbeln wurde mit denen im PCR-System enthaltenen Messwerkzeugen bestimmt. Für die weitere Auswertung wurden die gemessenen Werte im Excel®-Programm tabellarisch fixiert. Auf den Tangentialaufnahmen wurden am fokusnahen Gelenk (s. Abbildung 2): die Länge der Gelenkfortsätze, die Weite des Gelenkspalts cranial sowie die Weite des Gelenkspalts caudal und am plattennahen Gelenk (s. Abbildung 3): die Fläche

Warmblutpferderassen Richtwerte für das intra- und intervertebrale Verhältnis des zweiten bis siebten Halswirbels erstellt (s. Tabellen 6 und 7). Die Mittelwerte und die Minimal- und Maximalwerte der auf den Aufnahmen mit tangentialem Strahlengang bestimmten Längen der fokusnahen Processus articulares der Facettengelenke zwischen dem fünften bis siebten Halswirbel der linken und rechten Halsseite sind in Tabelle 8 dargestellt. Die Abstände zwischen den jeweiligen Processus articulares innerhalb eines Gelenkes sind in Tabelle 9 und 10 dargestellt. In Tabelle 11 sind die Ergebnisse der Flächenberechnung an den caudalen Facettengelenken enthalten.

Tab. 6 Das intravertebrale Verhältnis bei 60 klinisch unauffälligen bzw. gut rittigen Warmblutpferden. C=Halswirbel, s=Standardabweichung
The intravertebral ratio measured in 60 clinical inconspicuous, well rideable warmblooded horses

	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Mittelwert %	103,6	61,2	60,1	60,8	59,7	62,6
Maximum %	141,8	74,5	81,0	85,9	73,6	78,2
Minimum %	78,5	46,9	43,7	48,3	47,6	52,7
s	13,1	5,4	5,8	5,8	5,0	5,3

Tab. 7 Das intervertebrale Verhältnis bei 60 klinisch unauffälligen bzw. gut rittigen Warmblutpferden. C=Halswirbel, s=Standardabweichung
The intervertebral ratio measured in 60 clinical inconspicuous, well rideable warmblooded horses

	C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
Mittelwert %	93,2	78,7	80,6	84,9	100,4
Maximum %	110,8	114,6	120,6	116,1	119,7
Minimum %	67,1	56,3	53,6	66,1	70,5
s	9,9	9,3	9,3	8,5	9,5

Tab. 8 Messung der Längen der fokusnahen Processus articulares (mm) bei klinisch unauffälligen bzw. gut rittigen Pferden. s=Standardabweichung, x=Mittelwert, Min.=Minimum, Max.=Maximum, L₅ c=Länge des Processus articularis caudalis von C5, L₆ cr=Länge des Processus articularis cranialis von C6, L₆ c=Länge des Processus articularis caudalis von C6, L₇ cr=Länge des Processus articularis cranialis von C7
Length measurement of the close- to- focus mapped processus articulares (mm) in clinical inconspicuous, well rideable horses

	Linke Halsseite				Rechte Halsseite			
	L ₅ c	L ₆ cr	L ₆ c	L ₇ cr	L ₅ c	L ₆ cr	L ₆ c	L ₇ cr
\bar{x}	70,1	71,5	69,0	74,3	69,8	70,6	67,9	72,6
Min.	59,5	59,6	43,4	59,8	56,6	60,2	49,8	60,9
Max.	83,8	84,7	79,9	86,3	85,4	90,7	91,7	95,5
s	5,1	3,1	6,3	5,5	5,9	6,4	6,6	6,0

Tab. 9 Abstände der Processus articulares innerhalb eines Gelenks (mm) bei klinisch unauffälligen bzw. gut rittigen Pferden, linke Halsseite. GS C5/6 cran.=cranial zu messende Weite des Gelenkspalts zwischen dem 5. und 6. Halswirbel, GS C5/6 caud.=caudal zu messende Weite des Gelenkspalts zwischen dem 5. und 6. Halswirbel, GS C6/7 cran.=cranial zu messende Weite des Gelenkspalts zwischen dem 6. und 7. Halswirbel, GS C6/7 caud.=caudal zu messende Weite des Gelenkspalts zwischen dem 6. und 7. Halswirbel, s=Standardabweichung
Width of the interarticular crevice (mm) in clinical inconspicuous, well rideable horses, left hand side

	linke Halsseite			
	GS C5/6 cran.	GS C5/6 caud.	GS C6/7 cran.	GS C6/7 caud.
Mittelwert	13,3	5,4	16,4	5,1
Maximum	18,4	9,4	25,1	13,2
Minimum	9,3	2,4	10,9	2
s	2,4	1,9	3,1	2

Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden erste radiologische Messungen im Bereich der Halswirbelsäule von klinisch unauffälligen Warmblutpferden ohne Rittigkeitsprobleme durchgeführt. Derartige Messungen lagen zuvor nur für Pferde anderer, überwiegend leichterer Rassen (v.a. Vollblüter, Traber, Quarter Horses) vor. Die Untersuchungen wurden an 60 reiterlich und klinisch unauffälligen Warmblutpferden durchgeführt. Es wurden überwiegend Wallache untersucht, da diese im Allgemeinen häufiger als Reitpferde genutzt werden und somit in größerer Anzahl als Stuten und Hengste der Untersuchung zur Verfügung standen. Auch in der verfügbaren Literatur zu diesem Thema überwiegt der Anteil männlicher Pferde (Moore et al. 1994, Rush 2006). Informationen zum Einfluss des Geschlechtes auf die Messwerte sind der vorliegenden Studie damit nicht zu entnehmen. Dagegen berichteten einige Autoren (Butler et al. 2000, Mayhew et al. 1978), dass Körpergröße und -gewicht die absoluten Messwerte beein-

flussen, so dass für die Beurteilung der latero- lateralen Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule die Relation des Wirbelkandurchmessers zur Breite der Extremitas cranialis geeignet ist (Butler et al. 2000, Moore et al. 1994).

Das Alter der Pferde lag durchschnittlich bei zehn Jahren und ist repräsentativ für die meisten bereits einige Jahre unter dem Reiter gearbeiteten Pferde. Die Pferde dieser Studie waren jedoch deutlich älter als diejenigen, für die im englischsprachigen Raum Untersuchungen mit Messungen des Wirbelkanals vorliegen (Moore et al. 1994, Hudson und Mayhew 2005). Somit dienen die bisher veröffentlichten Messwerte und jene dieser Studie der Beantwortung unterschiedlicher Fragestellungen. Geht es in den Untersuchungen anderer Autoren (Moore et al. 1994, Mayhew und Green 2000, Hudson und Mayhew 2005) vor allem um die Diagnose einer angeborenen oder im Wachstum erworbenen zervikalen Malformation, können die hier erarbeiteten Werte vor allem zur

Tab. 10 Abstände der Processus articulares innerhalb eines Gelenks (mm) bei klinisch unauffälligen bzw. gut rittigen Pferden, rechte Halsseite. GS C5/6 cran.=cranial zu messende Weite des Gelenkspalts zwischen dem 5. und 6. Halswirbel, GS C5/6 caud.=caudal zu messende Weite des Gelenkspalts zwischen dem 5. und 6. Halswirbel, GS C6/7 cran.=cranial zu messende Weite des Gelenkspalts zwischen dem 6. und 7. Halswirbel, GS C6/7 caud.=caudal zu messende Weite des Gelenkspalts zwischen dem 6. und 7. Halswirbel, s=Standardabweichung *Width of the interarticular crevice (mm) in clinical inconspicuous, well rideable horses, right hand side*

Rechte Halsseite				
	GS C5/6 cran.	GS C5/6 caud.	GS C6/7 cran.	GS C6/7 caud.
Mittelwert	13,7	5	16,1	5
Maximum	20,2	11,8	24,7	9,1
Minimum	8,5	2,4	9,6	2,8
s	2,5	1,6	3,1	1,4

Tab. 11 Flächen (mm²) der plattennah abgebildeten Facettengelenke bei klinisch unauffälligen, gut rittigen Pferden. Flä C56 li=Fläche des plattennahen Gelenks zwischen dem 5. und 6. Halswirbel, linke Halsseite, Flä C67 li.=Fläche des plattennahen Gelenks zwischen dem 6. u. 7. Halswirbel, linke Halsseite, Flä C56 re.=Fläche des plattennahen Gelenks zwischen dem 5. und 6. Halswirbel, rechte Halsseite, Flä C67 re.=Fläche des plattennahen Gelenks zwischen dem 6. und 7. Halswirbel, rechte Halsseite, GR=gut rittige Pferde, s=Standardabweichung *Area (mm²) of the facet joints mapped close- to- cassette in clinical inconspicuous, well rideable horses*

Lokalisation	Status	Mittelwert mm ²	s
Flä C56 li	GR	2759,3	383,4
Flä C67 li	GR	3021,6	495,9
Flä C56 re	GR	2749,9	374,4
Flä C67 re	GR	3175,8	542,1

Ermittlung und Bewertung einer erworbenen degenerativen Veränderung älterer Pferde dienen.

Auf den Übersichtsaufnahmen werden durch die Abbildung der Wirbel in einer Ebene Messungen an den Halswirbeln möglich. Durch eine standardisierte Röntgentechnik (Fokus-Objekt- Abstand, Körperposition) ist der intra- und intervertebrale Durchmesser der Halswirbel bei Pferden mit ähnlichem Gewicht und ähnlicher Körpergröße vergleichbar. Die Messungen sollten allerdings nur an orthograd abgebildeten Wirbeln durchgeführt werden (Moore et al. 1994, Butler 2000, Mayhew und Green 2000). Nicht orthograd getroffene Wirbelkörper erschweren eine korrekte Messung und lassen keinen Bezug zur Referenz zu (Moore et al. 1994).

Die Ergebnisse für das intra- und intervertebrale Verhältnis aus dieser Studie unterscheiden sich nicht deutlich von denen in der Literatur. Die hier bestimmten Mittelwerte liegen zum Teil (vor allem im cranialen Halsbereich) gering oberhalb der bei anderen Pferderassen beschriebenen (Mayhew und Green 2000, Hudson und Mayhew 2005, Hahn et al. 2008). Um die Unterschiede beziehungsweise gleichartigen Messergebnisse der verschiedenen Pferderassen weiterführend zu klären, müssen weitere Studien am pathologisch- anatomischen kontrollierten Präparat erfolgen. Diese Studie zeigte allerdings, dass die bereits für leichtere Rassen etablierte Messtechnik für Warmblutpferde übernommen werden kann.

Neben den Messungen des intra- und intervertebralen Verhältnisses wurden bereits Referenzwerte sowohl für unveränderte als auch für degenerativ veränderte Facettengelenke erstellt (Hett et al. 2006). Dabei wurden allerdings lediglich die latero-lateralen Aufnahmen berücksichtigt. In der vorliegenden Arbeit wurden erstmalig Referenzwerte für die Längen der Processus articulares, den Abstand der Processus articulares innerhalb eines Gelenkes und den Umfang der Facettengelenke erstellt. Diese Strukturen sind zur Beurteilung deformierender Arthropathien diagnostisch bedeutsam.

Die Röntgenuntersuchung stellt grundsätzlich lediglich eine Hilfsuntersuchung für die Diagnose einer zervikalen Arthropathie bei Pferden mit Unrittigkeit oder einer klinisch manifesten Gangstörung dar. Die alleinige Bestimmung des intra- und intervertebralen Verhältnisses kann bei Messwerten im Bereich der unteren Norm zu falsch positiven oder falsch negativen Beurteilungen führen, weshalb Messungen dieser Art nur im Zusammenhang mit einer umfassenden klinischen, eventuell reiterlichen und anderen weiterführenden Untersuchungen zu verwenden sind. Bei deutlicher Abweichung liegt dagegen ein hochgradiger Verdacht einer Arthropathie der Facettengelenke vor. Es ist jedoch derzeit nicht bekannt, bis zu welcher Ausprägung radiologische Veränderungen der Facettengelenke bei Reitpferden ohne Symptome sein können.

Während die Methode zur Erstellung der Messwerte auf den Übersichtsaufnahmen standardisiert ist, muss zur Erstellung der tangentialen Aufnahmen mitunter die interindividuell unterschiedliche Konformation der Halswirbelsäule (Steinbrecht 2004) berücksichtigt werden. Deshalb sind die in dieser Studie angewendeten Positionen für die Röntgenanlage und -kassette Richtwerte, von denen im Einzelfall abgewichen werden muss, wenn die anatomische Konformation dieses erforderlich macht.

Ein Teil der hier verwendeten Untersuchungstechniken diente in vorherigen Untersuchungen von Trabern und Vollblütern vornehmlich zur Aufdeckung eventuell vorhandener zervikaler vertebraler Malformationen (Moore et al. 1994, van Biervliet et al. 2004). In diesen Studien folgte die Abgrenzung zwischen physiologischen und pathologischen Werten durch den Vergleich klinisch unauffälliger Pferde mit Pferden, die eindeutige klinische Symptome einer spinalen Ataxie aufwiesen. Da ein derartig direkter Vergleich für das Warmblutpferd noch nicht zur Verfügung steht, dürfen geringgradige Abweichungen von den hier erarbeiteten Mittelwerten, insbesondere bei Pferden ohne klinische Symptome einer spinalen Ataxie nicht zwangsläufig zu der Diagnose „zervikale vertebrale Malforma-

tion“ führen. Insbesondere bei jungen Pferden mit unklarer Interpretation eines Bewegungsablaufes - an der Grenze zwischen fehlendem Gleichgewicht und eventueller Ataxie - sollten geringgradige Abweichungen von den hier ermittelten Durchschnittswerten für das inter- und intravertebrale Verhältnis nicht fehl- bzw. überinterpretiert werden. Auch ist bisher ungeklärt, inwieweit sich die hier ermittelten Parameter in einem Alter zwischen drei und sechs Jahren verändern können.

Neben der Untersuchung des Wirbelkanaldurchmessers für eine eventuelle Bedeutung zur Diagnose einer zervikalen vertebralen Malformation, erfolgte in der vorliegenden Studie die röntgenologische Darstellung der kleinen Wirbelgelenke bei klinisch unauffälligen Pferden. Pathologische Veränderungen der kleinen Wirbelgelenke können beim Reitpferd zu Problemen bei der Stellung und Biegung, im Rahmen der Aufrichtung und Versammlung und bei Seitengängen sowie insgesamt zu einer reduzierten Losgelassenheit führen. Zum jetzigen Zeitpunkt ist es jedoch fraglich, bei welcher Art und welchem Schweregrad der Veränderungen im Bereich der Facettengelenke der Halswirbelsäule Probleme beim Reiten auftreten.

Wie im Bereich des Wirbelkanals müssen in weiteren Studien Längen-, Umfangs- und Abstandsmessungen im Bereich der Facettengelenke bei klinisch unauffälligen Pferden einerseits und unrüttigen Pferden andererseits durchgeführt werden. Insbesondere pathologisch- anatomische Verifizierungen der radiologischen Befunde unter Berücksichtigung des Rittigkeitsstatus würden weitere Sicherheit bringen. Derartige Untersuchungen sind jedoch naturgemäß im Rahmen von klinischen Studien in der Regel nur bei Pferden mit extremer Unrittigkeit, deren weitere reiterliche Ausbildung den Besitzern nicht lohnenswert erscheint, möglich. Diese sind zudem diagnostisch weniger problematisch, als Pferde mit geringgradigen Veränderungen, die dagegen meistens unter Inkaufnahme eines gewissen reiterlichen Diskomforts weiterhin geritten werden.

Bei Pferden, die nicht aufgrund von Problemen im Bereich der Halswirbelsäule der Schlachtung oder der Euthanasie zugeführt werden, liegt in der Regel kein objektives Untersuchungsergebnis des reiterlichen Status vor. An diesen Pferden kann zwar eine hochwertige pathologisch- anatomische Abklärung radiologischer Befunde erfolgen, eine Aussage zur Beeinflussung des reiterlichen Komforts der Befunde ist jedoch nicht möglich.

Abschließend sei erwähnt, dass weitere Untersuchungen auf der Basis dieser Studie unerlässlich sind, um die Ergebnisse der klinischen und radiologischen Untersuchung richtig interpretieren zu können. Dennoch sollten die Ergebnisse dieser Studie in Zusammenhang mit der klinischen Untersuchung als erste Referenzwerte für das Diagnostizieren einer degenerativen zervikalen Arthropathie und deren möglichen Folgen für die Rittigkeit der Pferde zukünftig hilfreich sein.

Literatur

- Beech J. und Bernard W. V. (2003) Chapter 11: Neurological Examination and Neurological Conditions Causing Gait Deficits. In: Ross M. und Dyson S. J. (Hrsg.): *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Saunders, St. Louis, Missouri, 1st Edition, 124-129
- Böhm D. und Hebler W.-G. (1980) Die funktionelle Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule des Pferdes unter Berücksichtigung der spinalen Ataxie. *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 93, 181-184
- Butler J. A. (2008) Chapter 9: The Spine. In: Butler J. A. (Hrsg.): *Clinical radiology of the horse*. Wiley - Blackwell, Oxford, UK, 3rd Edition, 505-535
- Denoix J.-M. und Audigie F. (2005) Imaging techniques for horses with diseases of the central nervous system. In: *Tagungsband zur 16. Tagung über Pferdekrankheiten*, Essen, 36-42
- Denoix J.-M. und Pailloux J. P. (2000) Biomechanik der Wirbelsäule. In: Denoix, J.-M. und Pailloux J.-P. (Hrsg.): *Physiotherapie und Massage bei Pferden*. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart (Hohenheim), 38-51
- Hahn C. N., Handel I., Green S. L., Bronsvort M. B. und Mayhew I. G. (2008) Assessment of the utility of using intra- and intervertebral minimum sagittal diameter ratios in the diagnosis of cervical vertebral malformation in horses. *Vet. Radiol. and Ultrasound* 49, 1-6
- Hett A. R., Busato A. und Ueltschi G. (2006) Radiologische Messungen an der arthrotisch veränderten Halswirbelsäule des Pferdes - eine retrospektive, statistische Studie. *Pferdeheilkunde* 22, 241-249
- Hudson N. P. H. und Mayhew I. G. (2005) Radiographic and myelographic assessment of the equine cervical vertebral column and spinal cord. *Equine vet. Educ.* 17, 34-38
- Lautenschläger I., Baumann I., Schulze M., Martens I., Rohn K. und Stadler P. (2009) Die röntgenologische Darstellung der caudalen Facettengelenke der Halswirbelsäule beim Warmblutpferd. *Pferdeheilkunde* 25, 544-553
- Mayhew I. G., De Lahunta A., Whitlock R. H., Krook L. und Tasker J. B. (1978) Spinal cord disease in the horse. *Cornell Vet. Suppl.* 6, 1-207
- Mayhew I. G. und Green S. L. (2000) Accuracy of diagnosing CVM from radiographs. 39th British Equine Veterinary Association Congress, 13th-16th September 2000, Birmingham, 74-75
- Mayhew I. G., Donawick W. J., Green S. L., Galligan D. T., Stanley E. K. und Osborne J. (1993) Diagnosis and prediction of cervical vertebral malformation in thoroughbred foals based on semi-quantitative radiographic indicators. *Equine vet. J.* 25 (5): 435 - 440
- Moore B. R., Reed S. M., Biller D. S., Kohn C. W. und Weisbrode S. E. (1994) Assessment of the vertebral canal diameter and bony malformations of the cervical part of the spine in horses with cervical stenotic myelopathy. *Am. J. Vet. Res.* 55, 5-13
- Nout Y. S. und Reed S. M. (2003) Cervical vertebral stenotic myelopathy. *Equine vet. Educ.* 15, 212-223
- Rush B. R. (2006) Developmental Vertebral Anomalies. In: Auer, J. A. und J. A. Stick (Hrsg.): *Equine Surgery*, Saunders/ Elsevier, St. Louis, 3rd Edition, 659-666
- Steinbrecht G. (2004) Systematische Dressur des Pferdes. In: Steinbrecht G. (Hrsg.): *Gymnasium des Pferdes*. FNverlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung GmbH, Warendorf, 86-97
- Tomizawa N., Nishimura R., Sasaki N., Kadosawa T., Senba H., Hara S. und Takeuchi A. (1994) Efficacy of the New Radiographic Measurement Method for Cervical Vertebral Instability in Wobbling Foals. *J. Vet. Med. Sci.* 56, 1119-1122
- van Biervliet J., Scrivani P. V., Divers J., Erb H. N., De Lahunta A. und Nixon A. (2004): Evaluation of decision criteria for detection of spinal cord compression based on cervical myelography in horses: 38 cases (1981-2001). *Equine vet. J.* 36, 14-20
- van Biervliet J., Mayhew I. G. und De Lahunta A. (2006) Cervical Vertebral Compressive Myelopathy: Diagnosis. *Clin. Tech. Equine Pract.* 5, 54-59
- Virchow H. (1914) Ueber die Gelenkfortsätze der Wirbelsäule. *Erg.-Heft zu Band 46 des Anatomischen Anzeigers* 1-25

Dr. Ines Lautenschläger
Klinik für Pferde
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Bünteweg 9
30559 Hannover
ilautens@gmx.de