

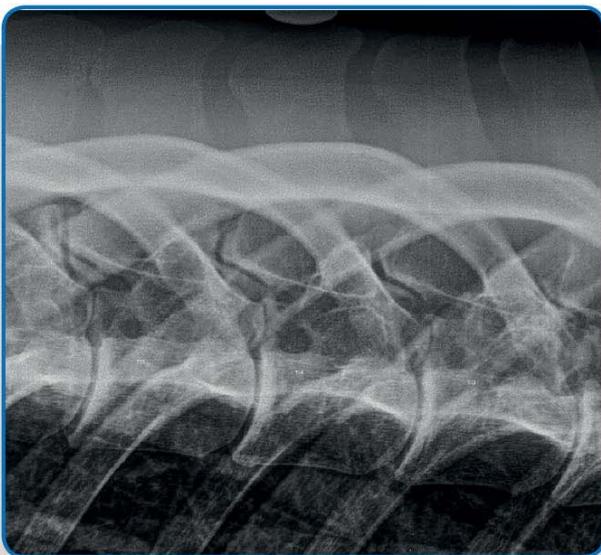
## Wissenschaftliche Reihe der Klinik für Pferde

Herausgegeben von  
Karsten Feige, Peter Stadler,  
Harald Sieme, Bernhard Ohnesorge



Sara Witte

## Röntgenologische Darstellung und Beurteilung knöcherner Veränderungen der thorakolumbalen synovialen Intervertebralgelenke bei Warmblutpferden



STIFTUNG TIERÄRZTLICHE HOCHSCHULE HANNOVER

33



Sara Witte

**Röntgenologische Darstellung und Beurteilung  
knöcherner Veränderungen der thorakolumbalen  
synovialen Intervertebralgelenke bei Warmblutpferden**



**Cuvillier Verlag Göttingen**  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag



## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2017

Zugl.: Hannover (TiHo), Univ., Diss., 2017

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2017

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

[www.cuvillier.de](http://www.cuvillier.de)

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2017

Gedruckt auf umweltfreundlichem, säurefreiem Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

ISBN 978-3-7369-9662-5

eISBN 978-3-7369-8662-6



# Tierärztliche Hochschule Hannover

Röntgenologische Darstellung und Beurteilung  
knöcherner Veränderungen der thorakolumbalen  
synovialen Intervertebralgelenke bei Warmblutpferden

INAUGURAL – DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades  
einer Doktorin der Veterinärmedizin  
- Doctor medicinae veterinariae -  
( Dr. med. vet. )

vorgelegt von  
Sara Witte  
Osnabrück

Hannover 2017



Wissenschaftliche Betreuung: Prof. Dr. P. Stadler, Klinik für Pferde  
Dr. M. Hellige, Klinik für Pferde

1. Gutachter: Prof. Dr. P. Stadler
2. Gutachter: Prof. Dr. M. Fehr

Tag der mündlichen Prüfung: 25.10.2017



Meiner lieben Familie





---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b><u>EINLEITUNG</u></b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b><u>LITERATURÜBERSICHT</u></b> .....	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>GRUNDLAGEN DER ANATOMIE DER BRUST- UND LENDENWIRBELSÄULE</b> .....	<b>3</b>
2.1.1	KNOCHEN DER WIRBELSÄULE .....	3
2.1.2	GELENKE DER BRUST- UND LENDENWIRBELSÄULE.....	6
2.1.3	MUSKULATUR DES RÜCKENS.....	11
2.1.4	NEUROANATOMIE .....	11
<b>2.2</b>	<b>BIOMECHANIK DES RÜCKENS</b> .....	<b>13</b>
2.2.1	BIOMECHANISCHE KONZEPTE ZUR BESCHREIBUNG DES PFERDERÜCKENS.....	13
2.2.2	FUNKTIONELLE ANATOMIE.....	14
<b>2.3</b>	<b>ERKRANKUNGEN DER KNÖCHERNEN ANTEILE DER BRUST- UND LENDENWIRBELSÄULE</b> .....	<b>21</b>
2.3.1	VERÄNDERUNGEN DER FACETTENGELENKE .....	21
2.3.2	KISSING SPINES / KISSING SPINES SYNDROM.....	23
2.3.3	SPONDYLOSIS DEFORMANS.....	26
2.3.4	INSERTIONSDESMOPATHIE .....	27
2.3.5	DEFORMATION DER BRUST- UND LENDENWIRBELSÄULE.....	28
2.3.6	FRAKTUREN DER THORAKOLUMBALEN WIRBELSÄULE.....	29
2.3.7	DISKOSPONDYLITIS.....	31
2.3.8	OSTEOMYELITIS .....	31
<b>2.4</b>	<b>UNTERSUCHUNG DER HALS-, BRUST- UND LENDENWIRBELSÄULE</b> .....	<b>32</b>
2.4.1	KLINISCHE UNTERSUCHUNG DES HALSES .....	32
2.4.2	KLINISCHE UNTERSUCHUNG DES RÜCKENS.....	35
2.4.3	ORTHOPÄDISCHE UNTERSUCHUNG DER GLIEDMAßEN.....	41
2.4.4	BILDGEBENDE VERFAHREN .....	44
<b>3</b>	<b><u>EIGENE UNTERSUCHUNGEN</u></b> .....	<b>54</b>
<b>3.1</b>	<b>MATERIAL UND METHODE</b> .....	<b>54</b>
3.1.1	PROBANDEN UND KONTROLLGRUPPE .....	54
3.1.2	KLINISCHE UNTERSUCHUNG DER PFERDE .....	54
3.1.3	RÖNTGENOLOGISCHE UNTERSUCHUNG DER PFERDE .....	64
<b>3.2</b>	<b>AUSWERTUNG</b> .....	<b>68</b>
3.2.1	AUSWERTUNG DER KLINISCHEN UNTERSUCHUNGEN .....	68



3.2.2	AUSWERTUNG DER RÖNTGENBILDER.....	76
3.2.3	STATISTISCHE AUSWERTUNG .....	80
<b>4</b>	<b><u>ERGEBNISSE</u></b> .....	<b>82</b>
4.1	ERGEBNISSE DER ANAMNESE.....	82
4.2	ERGEBNISSE DER KLINISCHEN ALLGEMEINUNTERSUCHUNG .....	82
4.3	ERGEBNISSE DER KLINISCHEN HALSUNTERSUCHUNG .....	83
4.4	ERGEBNISSE DER KLINISCHEN RÜCKENUNTERSUCHUNG .....	83
4.5	ERGEBNISSE DER ORTHOPÄDISCHEN UNTERSUCHUNG.....	85
4.6	ERGEBNISSE DER RÖNTGENOLOGISCHEN UNTERSUCHUNG .....	86
4.6.1	ERGEBNISSE DER RÖNTGENOLOGISCHEN UNTERSUCHUNG DER FACETTENGELLENKE.....	86
4.6.2	ERGEBNISSE DER RÖNTGENOLOGISCHEN UNTERSUCHUNG DER THORAKOLUMBALEN DORNFORTSÄTZE .....	108
4.6.3	ERGEBNISSE DER RÖNTGENOLOGISCHEN UNTERSUCHUNG DER THORAKOLUMBALEN WIRBELKÖRPER .....	120
4.7	WEITERE ERKENNTNISSE BEZÜGLICH DER RITTIGKEITSPROBLEME UND DEN ERHOBENEN DATEN DER STUDIENPOPULATION.....	125
4.8	WEITERE ERKENNTNISSE BEZÜGLICH DER ORTHOPÄDISCHEN UNTERSUCHUNG UND DEN ERHOBENEN DATEN DER STUDIENPOPULATION .....	125
4.9	WEITERE ERKENNTNISSE BEZÜGLICH DER KLINISCHEN RÜCKENBEMUSKELUNG UND DEN ERHOBENEN DATEN DER STUDIENPOPULATION .....	125
<b>5</b>	<b><u>DISKUSSION</u></b> .....	<b>127</b>
5.1	DISKUSSION DER METHODE.....	127
5.1.1	PROBANDENGUT .....	127
5.1.2	KLINISCHE RÜCKENUNTERSUCHUNG.....	128
5.1.3	RÖNTGENOLOGISCHE UNTERSUCHUNG .....	129
5.2	DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....	135
<b>6</b>	<b><u>ZUSAMMENFASSUNG</u></b> .....	<b>152</b>
<b>7</b>	<b><u>SUMMARY</u></b> .....	<b>154</b>
<b>8</b>	<b><u>LITERATURVERZEICHNIS</u></b> .....	<b>157</b>

## Abkürzungsverzeichnis

°	Grad	Nn.	<i>Nervi</i>
Abb.	Abbildung	Nr.	Nummer
BWS	Brustwirbelsäule	o.ä.	oder ähnlich
bzw.	beziehungsweise	obB	ohne besonderen Befund
bsp.	beispielsweise	Proc.	<i>Processus</i>
C	Halswirbel	Procc.	<i>Processus</i> (Plural)
ca.	circa	RK	Röntgenklasse
cm	Zentimeter	RöLF	Röntgenleitfaden
<i>et al.</i>	<i>et alii</i> , und andere	S	Kreuzwirbel
ggr.	geringgradig	s.o.	siehe oben
hgr.	hochgradig	sog.	sogenannt
kg	Kilogramm	ssp.	<i>subspecies</i>
KGW	Körpergewicht	T	Brustwirbel
KS	Kissing Spines	Tab.	Tabelle
KSS	Kissing Spines Syndrom	TLI	Thorakolumbales Interspinales Syndrom
kV	Kilovolt	TSI	Thorakales interspinales Syndrom
L	Lendenwirbel	u.	und
LWS	Lendenwirbelsäule	u.a.	unter anderem
Lig.	<i>Ligamentum</i>	V.	<i>Vena</i>
Ligg.	<i>Ligamenta</i>	v.a.	vor allem
Lnn.	<i>Lymphonodi</i>	Vv.	<i>Venae</i>
M.	<i>Musculus</i>	x	mal
m	Meter	z.B.	zum Beispiel
mA	Milliampere		
mAs	Milliampere-Sekunde- Produkt		
mg	Milligramm		
mgr.	mittelgradig		
Mm.	<i>Musculi</i>		
mm	Millimeter		
N.	<i>Nervus</i>		
n. Chr.	nach Christus		



---

# 1 Einleitung

Rückenerkrankungen beim Pferd sind eine Hauptursache für verminderte Leistung, welche bei allen Pferderassen und in allen Disziplinen auftreten und immer wieder eine große diagnostische Herausforderung für den konsultierten Tierarzt darstellen (DENOIX u. DYSON 2011; ERICHSEN et al. 2004; JEFFCOTT 1985). Im Rahmen der Diagnostik muss zwischen primären Rückenschmerzen, die durch pathologische Veränderungen vornehmlich im Skelettbereich der Wirbelsäule hervorgerufen werden und sekundären Rückenleiden unterschieden werden, welche als Folge von Fehlbelastungen des Rückens durch Lahmheiten, unsachgemäße Reitweise oder nicht passendes Sattel- und Zaumzeug entstehen. Vorberichtlich wird neben offensichtlichen Problemen wie Abwehrverhalten beim Satteln oder Nachgurten sowie starker Empfindlichkeit des Pferdes beim Putzen oder Berühren der Sattellage nicht selten auch ein „unrittiges“ Verhalten des Pferdes beklagt.

Neben der ausführlichen klinischen Untersuchung des Patienten stehen heutzutage die Röntgenologie, die Szintigraphie und die Ultrasonographie des Rückens als bildgebende diagnostische Verfahren zur Verfügung (BUTLER et al. 2008; DENOIX 1999a; JEFFCOTT 1979a; JEFFCOTT 1979b; RANNER et al. 1999; WEAVER et al. 1999).

Seit Einführung der digitalen Röntgentechnik bietet sich die Möglichkeit, qualitativ hochwertige Röntgenbilder des Pferderückens am stehenden Patienten zu erhalten (JOHNS et al. 2008). Insbesondere die Möglichkeiten zur Darstellung der synovialen Intervertebralgelenke (Facettengelenke) der Brust- und Lendenwirbelsäule hat sich durch die Weiterentwicklung bestehender bildgebender Verfahren herausragend verbessert (BUTLER et al. 2008; COUDRY et al. 2007). Hinzu kommt die Etablierung der 20° ventrodorsal-obliquen Aufnahmetechnik zur isolierten Darstellung der rechten und linken Facettengelenke im Brustwirbelbereich (BUTLER et al. 2008; GIRODROUX et al. 2009; REISINGER 2003; REISINGER u. STANEK 2005; VAN WESSUM 2009; VAN WESSUM 2011). Nachdem sich im Laufe der letzten Jahrzehnte die Untersuchungen auf Pathologien im Bereich der thorakolumbalen Dornfortsätze konzentriert hat, rücken in den letzten Jahren die synovialen Intervertebralgelenke zunehmend in den Fokus. Erste Untersuchungsergebnisse an den Facettengelenken der thorakolumbalen Wirbelsäule lassen vermuten, dass Veränderungen im Sinne einer Osteoarthrose maßgeblich zur Entstehung von klinischen Rückenschmerzen



beitragen und möglicherweise sogar häufiger mit klinischen Symptomen einhergehen als die seit langem bekannten „Kissing Spines“ (COUSTY et al. 2010; DENOIX 1999b; DENOIX u. DYSON 2011; GIRODROUX et al. 2009; WEAVER et al. 1999).

JOHNS et al. (2008) ermittelten bei der röntgenologischen Untersuchung von 81 Pferden bei 18,5 % der Patienten Osteoarthrose der Facettengelenke, bei 34,6 % der Pferde „Kissing Spines“ und bei 19,8 % das gleichzeitige Vorliegen der beiden Krankheitsbilder im thorakolumbalen Bereich der Wirbelsäule. GIRODROUX et al. (2009) stellten in einer Studie mit 644 rückenkranken Pferden für Osteoarthrose der thorakolumbalen synovialen Intervertebralgelenke eine Prävalenz von 12 bis 24 % fest, wobei mehr als die Hälfte der betroffenen Patienten zeitgleich „Kissing Spines“ aufwiesen. Weitgehend unbekannt ist bisher jedoch, ob auch bei klinisch rückengesunden Pferden knöcherne Veränderungen an den Facettengelenken der Brust- und Lendenwirbelsäule vorliegen.

Im Rahmen dieser Studie soll die Frage geklärt werden, ob subklinisch verlaufende, röntgenologisch darstellbare knöcherne Veränderungen an den thorakolumbalen Facettengelenken bei Warmblutpferden auftreten. Des Weiteren soll untersucht werden, mit welchem Schweregrad und an welcher Lokalisation diese auftreten und ob Alter, Geschlecht und Nutzungsart der Pferde in einem signifikanten Zusammenhang mit den genannten Parametern stehen. Hierfür werden die Brust- und Lendenwirbelsäule klinisch rückengesunder Warmblutpferde ohne Rittigkeitsprobleme röntgenologisch untersucht und die Daten mit den Untersuchungs- und Röntgenbefunden klinisch rückenkranker Warmblutpferde verglichen.

Ziel der Arbeit ist es, die klinische Relevanz röntgenologischer Befunde an den synovialen Intervertebralgelenken der Brust- und Lendenwirbelsäule in Zukunft besser einschätzen zu können und die diagnostische Aussagekraft der röntgenologischen Untersuchung in diesem Bereich besser zu erfassen.

---

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Grundlagen der Anatomie der Brust- und Lendenwirbelsäule

#### 2.1.1 Knochen der Wirbelsäule

Die Wirbelsäule des Pferdes wird von 7 Hals-, 18 Brust-, 6 Lendenwirbeln, 5 zum Kreuzbein vereinigten Wirbeln und 15 bis 21 Schwanzwirbeln gebildet (NICKEL et al. 2004). Die Wirbel bestehen jeweils aus dem ventralen Wirbelkörper, *Corpus vertebrae*, dem dorsalen Wirbelbogen, *Arcus vertebrae* und den Wirbelfortsätzen, *Processus vertebrae*, wobei diese drei Grundstrukturen je nach Wirbelsäulenabschnitt in ihrer Ausprägung variieren (NICKEL et al. 2004).

##### 2.1.1.1 Knochen der Brustwirbelsäule des Pferdes

Die Brustwirbelsäule des Pferdes besteht im Allgemeinen aus 18, in Ausnahmefällen auch aus 17 oder 19, Brustwirbeln (NICKEL et al. 2004). Die kürzer und schwächer ausgeprägten Wirbelkörper in der Mitte dieses Wirbelsäulenabschnitts nehmen kranial und kaudal des 11. Brustwirbels wieder an Länge und Stärke zu (NICKEL et al. 2004). Die ansonsten konvexen *Extremitates craniales* und konkaven *Extremitates caudales* sind vom dritten bis zum 18. Thorakalwirbel flach ausgebildet (NICKEL et al. 2004). Auf der Dorsalfläche des Wirbelkörpers findet sich, wie in allen anderen Abschnitten der Wirbelsäule auch, eine dorsale Bandleiste mit seitlich davon verlaufenden Gefäßrinnen (NICKEL et al. 2004). Die *Crista ventralis* ist besonders im kranialen und kaudalen Bereich der Brustwirbelsäule prominent ausgeprägt (NICKEL et al. 2004). Am Übergang zwischen Wirbelkörper und Wirbelbogen findet sich lateral je eine *Fovea costalis cranialis* und *caudalis*, die mit dem Rippenkopf artikulieren (NICKEL et al. 2004). Der Rippenhöcker liegt in der *Fovea costalis processus transversi* (NICKEL et al. 2004).

Der Wirbelbogen, *Arcus vertebrae*, überspannt den Wirbelkörper und formt so mit ihm das Wirbelloch, *Foramen vertebrale* (NICKEL et al. 2004). Alle Wirbellöcher aneinandergereiht bilden den Wirbelkanal, *Canalis vertebralis*, in dem das Rückenmark verläuft (NICKEL et al. 2004). Kranial und kaudal am Übergang zwischen *Arcus* und *Corpus* befinden sich rechts und links jeweils eine weniger tief eingezogene



*Incisura vertebralis cranialis* und eine tiefere *Incisura vertebralis caudalis*, welche mit der jeweils vor- bzw. nachfolgenden Einziehung das Zwischenwirbelloch, *Foramen intervertebrale*, bilden, durch das die Nerven des Rückenmarks austreten (NICKEL et al. 2004).

Median auf dem Wirbelbogen befindet sich je ein hoher Dornfortsatz, *Processus spinosus* (NICKEL et al. 2004). Diese nehmen bis zum vierten oder fünften Thorakalwirbel an Länge zu und bilden den beim Pferd prominent ausgeprägten Widerrist (NICKEL et al. 2004). Kaudal des fünften Brustwirbels verringert sich ihre Höhe stetig, bis sie ungefähr ab dem 12. Brustwirbel ihre Höhe bis zur Lendenwirbelsäule beibehalten (NICKEL et al. 2004). Die Dornfortsätze neigen sich im vorderen Brustwirbelsäulenabschnitt nach kaudal, im hinteren Abschnitt leicht nach kranial (NICKEL et al. 2004). Der Wirbel, welcher genau vertikal aufragt, wird antiklinaler Wirbel, *Vertebra anticlinalis*, genannt und ist beim Pferd meist der 16. (15.) Brustwirbel (NICKEL et al. 2004; DENOIX u. DYSON 2011). Ab dem dritten Thorakalwirbel ist an der dorsalen Spitze der Dornfortsätze eine *Tuberositas processus spinosi* ausgebildet, welcher bei Jungtieren zwischen T1 und T7 20 bis 50 mm große Knorpelkappen aufliegen, die im Laufe des Lebens zunehmend verknöchern (GRIMMELMANN 1977; NICKEL et al. 2004). Die im kranialen Abschnitt noch größeren lateralen Querfortsätze, *Processus transversi*, werden nach kaudal immer kleiner (NICKEL et al. 2004). Am Übergang zwischen Dornfortsatz und Wirbelbogen finden sich an jedem Wirbel vier Gelenkfortsätze, *Processus articulares craniales et caudales dextra et sinistra*, mit knorpelüberzogenen Gelenkflächen (NICKEL et al. 2004). Zusätzlich gibt es an den Brust- und Lendenwirbeln je zwei Zitzenfortsätze, *Processus mamillares*, die zwischen dem Querfortsatz und dem kranialen Gelenkfortsatz entspringen und sich ab dem 17. Brustwirbel mit den *Processus articulares craniales* zu den *Processus mamilloarticulares* vereinen (NICKEL et al. 2004).

### 2.1.1.2 Knochen der Lendenwirbelsäule des Pferdes

Das Pferd besitzt in der Regel 6, in Ausnahmefällen auch 5 oder 7, Lendenwirbel (NICKEL et al. 2004). Die Wirbelkörper sind länger als die der Brustwirbelsäule, die kranialen und kaudalen Artikulationsflächen jedoch flach (NICKEL et al. 2004). Die prominente *Crista ventralis* verschwindet am vierten oder fünften Lendenwirbel (NICKEL et al. 2004).



Die *Arcus vertebrae* sind hoch und bilden mit den *Corpora vertebrae* einen weiten Wirbelkanal, der die Lumbalschwellung des Rückenmarks aufnimmt (NICKEL et al. 2004). Die *Incisura vertebralis cranialis* ist auch hier weniger stark eingezogen als die *Incisura vertebralis caudalis* (NICKEL et al. 2004). Gemeinsam bilden sie die *Foramina intervertebralia*, welche beim Pferd zwischen L4 und S1 in ein dorsales und ein ventrales Zwischenwirbelloch unterteilt sind (NICKEL et al. 2004). Bis auf das weite *Spatium interarcuale lumbosacrale*, welches zwischen dem letzten Lenden- und dem ersten Kreuzwirbel ausgebildet ist und als Injektions- und Punktionsstelle genutzt werden kann, fehlen die übrigen *Spatia interarcualia* der Lendenwirbelsäule (NICKEL et al. 2004).

Die leicht kranial ausgerichteten Dornfortsätze sind von gleichbleibender Höhe und ihr freies Ende ist zwischen dem ersten und dem vierten Lumbalwirbel kammförmig ausgeprägt (NICKEL et al. 2004). Die horizontal ausgerichteten, großen *Processus transversi* werden hier wegen ihrer ursprünglichen Funktion auch als *Processus costales* bezeichnet (NICKEL et al. 2004). Die Ausrichtung im kranialen Bereich ist transversal, ab dem vierten Lendenwirbel leicht kranial (NICKEL et al. 2004). Wie an der kaudalen Brustwirbelsäule sind auch hier die kranialen Gelenkfortsätze mit den *Processus mamillares* zu den *Processus mamilloarticulares* verschmolzen (NICKEL et al. 2004).

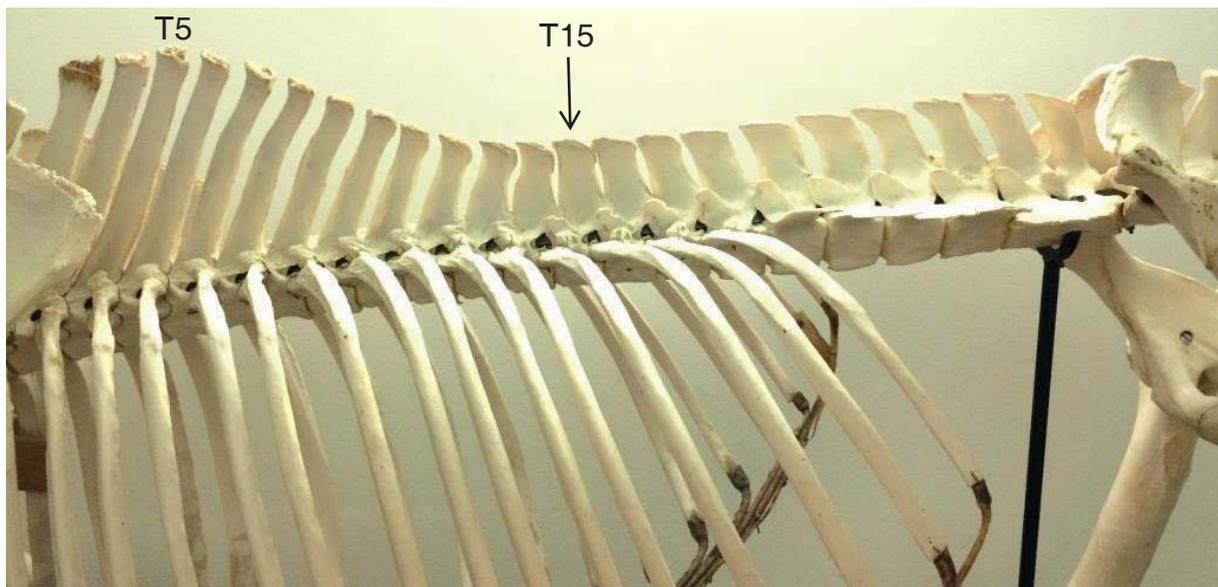


Abbildung 1: Stellung der Dornfortsätze im Verlauf der Wirbelsäule, antiklinaler Wirbel T15 (Pfeil)



### 2.1.2 Gelenke der Brust- und Lendenwirbelsäule

Die Knochen der Wirbelsäule werden durch viele Gelenke miteinander verbunden, die je nach Wirbelsäulenabschnitt in ihrer Anzahl pro Wirbel variieren und sich in ihrer Gesamtheit auf 137 synoviale und 48 fibrocartilaginöse Gelenke addieren (HAUSSLER 1999a). An der Brustwirbelsäule gibt es 12 (zwei *Disci intervertebrales*, vier synoviale Intervertebralgelenke, sechs Rippengelenke), an der kranialen Lendenwirbelsäule sechs (zwei *Disci intervertebrales*, vier synoviale Intervertebralgelenke) und an der kaudalen Lendenwirbelsäule zehn (zwei *Disci intervertebrales*, vier synoviale Intervertebralgelenke, vier Intertransversalgelenke) einzelne Gelenke pro Wirbel (HAUSSLER 1999a).

#### 2.1.2.1 Verbindungen der Wirbel miteinander

Die Wirbel der Brust- und Lendenwirbelsäule des Pferdes artikulieren über zwei verschiedene Gelenktypen miteinander: *Articulationes cartilagineae* und *Articulationes synoviales* (HAUSSLER 1999a; NICKEL et al. 2004).

Die *Extremitas caudalis* des jeweils vorangestellten Wirbels ist über eine Zwischenwirbelscheibe, *Discus intervertebralis*, mit der nachfolgenden *Extremitas cranialis* zu einer Zwischenwirbelfuge, *Symphysis intervertebralis*, verbunden, welche durch die *Ligamenta longitudinalia dorsales et ventrales* unterstützt wird (NICKEL et al. 2004). Die Zwischenwirbelscheiben werden von zentral nach peripher gebildet vom Gallertkern, *Nucleus pulposus*, sowie dem faserknorpeligen und peripher zunehmend fibrösen *Annulus fibrosus* (NICKEL et al. 2004). Als Besonderheiten beim Pferd sind die *Nuclei pulposi* in der thorakolumbalen Wirbelsäule nicht oder nur noch rudimentär vorhanden und die Zwischenwirbelscheiben zwischen den ersten drei Thorakalwirbeln sowie zwischen dem letzten Lumbal- und dem ersten Sakralwirbel auffallend dick (TOWNSEND u. LEACH 1984; DÄMMRICH et al. 1993; ROONEY u. ROBERTSON 1996; HAUSSLER 1999a).

Für die synovialen Gelenke zwischen den einzelnen *Processus articulares craniales et caudales* findet man in der Literatur verschiedene Termini: Wirbelbogengelenke, *Articulationes processuum articularium* (NICKEL et al. 2004), synovial intervertebral articulations (DENOIX u. DYSON 2011) bzw. synoviale Intervertebralgelenke, facet joints (DENOIX u. DYSON 2011) bzw. Facettengelenke. Hierbei handelt es sich um Schiebegelenke, *Articulationes planae*, bei denen sich die Gelenkflächen parallel zueinander verschieben können (NICKEL et al. 2004). Die *Processus craniales et*



*caudales* der kranialen Brustwirbelsäule sind weniger Gelenkfortsätze als Gelenkflächen, welche lateral am Übergang zwischen Wirbelbogen und Dornfortsatz ausgebildet sind (NICKEL et al. 2004). Die kranialen Gelenkflächen sind Teil des Wirbelbogens und kraniodorsal ausgerichtet, wohingegen die kaudalen Gelenkflächen am jeweiligen Dornfortsatzursprung liegen und kaudoventral orientiert sind (NICKEL et al. 2004). Kaudal des antiklinalen Brustwirbels werden aus den Gelenkflächen deutliche Gelenkfortsätze, wobei die *Processus articulares craniales* ab hier nach kaudal zunehmend mit den nur an Brust- und Lendenwirbelsäule ausgebildeten Zitzenfortsätzen zu den *Processus mamilloarticulares* verschmelzen (NICKEL et al. 2004).

Die Ausrichtung der Gelenkflächen unterscheidet sich auffallend im Verlauf der Wirbelsäule, was maßgeblich zu den spezifischen Bewegungsmöglichkeiten der verschiedenen Wirbelsäulenabschnitte beiträgt (TOWNSEND u. LEACH 1984; NICKEL et al. 2004). Haussler (1999a) beschreibt die Ausrichtung der Gelenkflächen wie folgt: Die großen, flachen und ovalen Gelenkflächen der zervikalen Facettengelenke sind im 45° Winkel zur Horizontalen ausgerichtet und stehen somit tangential zum *Arcus vertebrae*, wobei die kranialen Gelenkfortsätze nach dorsomedial und die kaudalen Gelenkfortsätze nach ventrolateral weisen. Dies ermöglicht ausgeprägte Bewegungsmöglichkeiten in allen drei Ebenen: Dorsoventrale Flexion und Extension, Lateroflexion und axiale Rotation (HAUSSLER 1999a).

Die thorakolumbale Wirbelsäule wird aufgrund der Gelenkmorphologie in vier Abschnitte eingeteilt: Das erste thorakale Intervertebralgelenk (T1-2), die kraniale und mittlere Brustwirbelsäule (T2-16), die kaudale Brust- zusammen mit der Lendenwirbelsäule (T16-L6) und das Lumbosakralgelenk (TOWNSEND u. LEACH 1984). Die Gelenkflächen des ersten thorakalen Facettengelenkes sind kleiner als die der Halswirbelsäule, aber ebenfalls im 45° Winkel ausgerichtet (TOWNSEND u. LEACH 1984; HAUSSLER 1999a). Zwischen dem 2. und dem 16. Thorakalwirbel sind die Artikulationsflächen ebenfalls kleiner als die der Halswirbelsäule, allerdings annähernd horizontal ausgerichtet (TOWNSEND u. LEACH 1984; HAUSSLER 1999a). Der Wechsel von der tangentialen zur horizontalen Stellung vollzieht sich am zweiten Brustwirbel, an dem die kranialen Gelenkfortsätze in ihrer Form und Ausrichtung noch der Halswirbelsäule, die kaudalen Artikulationsflächen der mittleren Brustwirbelsäule entsprechen (TOWNSEND u. LEACH 1984; HAUSSLER 1999a). Hieraus ergibt sich, dass in diesem Wirbelsäulenabschnitt, vor allem zwischen dem 9.



und dem 14. Brustwirbel, bedeutende Lateroflexion und axiale Rotation möglich ist, wohingegen eine dorsoventrale Bewegung nur in sehr geringem Maße ausgeführt werden kann (TOWNSEND u. LEACH 1984; HAUSSLER 1999a). Im kaudalen thorakalen und im lumbalen Bereich orientieren sich die Gelenkflächen hingegen zunehmend vertikal und sind somit sagittal zur Bogenwölbung ausgerichtet (HAUSSLER 1999a; NICKEL et al. 2004). Die *Processus articulares caudales* der kaudalen Brust- sowie der Lendenwirbelsäule sind nach kaudal zunehmend konvex und fügen sich tief in die gleichsinnig konkav geformten *Processus articulares craniales* ein, so dass es zu einer immer stärkeren Verzahnung zwischen den Facettengelenken kommt (TOWNSEND u. LEACH 1984; HAUSSLER 1999a). Diese anatomischen Besonderheiten führen gemeinsam mit der Ausbildung von lumbalen Intertransversalgelenken zu einer geringeren Beweglichkeit der kaudalen Brust- und der Lendenwirbelsäule (TOWNSEND u. LEACH 1984). Die Flächen der Facettengelenke des Lumbosakralgelenkes sind klein, flach und vertikal ausgerichtet, so dass eine ausgeprägte dorsoventrale Flexion und Extension, jedoch weder Rotation noch Lateroflexion möglich sind (TOWNSEND u. LEACH 1984).

Als Besonderheit beim Pferd finden sich zwischen den Querfortsätzen von L4 bis S1 synoviale Gelenke, die als Lateral- oder Intertransversalgelenke bezeichnet werden (STECHER u. GOSS 1961; TOWNSEND u. LEACH 1984; NICKEL et al. 2004).

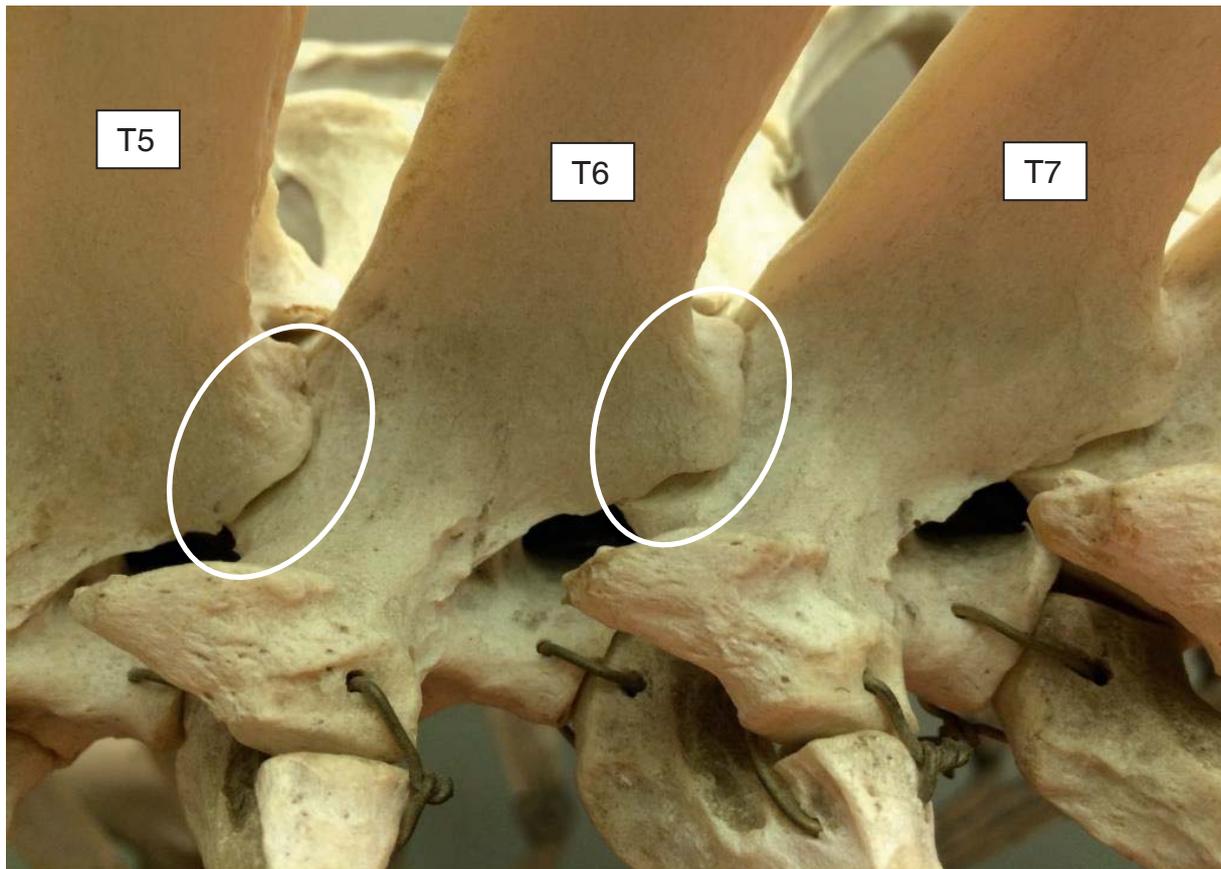


Abbildung 2: Annähernd horizontale Stellung der Facettengelenke im kranialen Bereich der Brustwirbelsäule

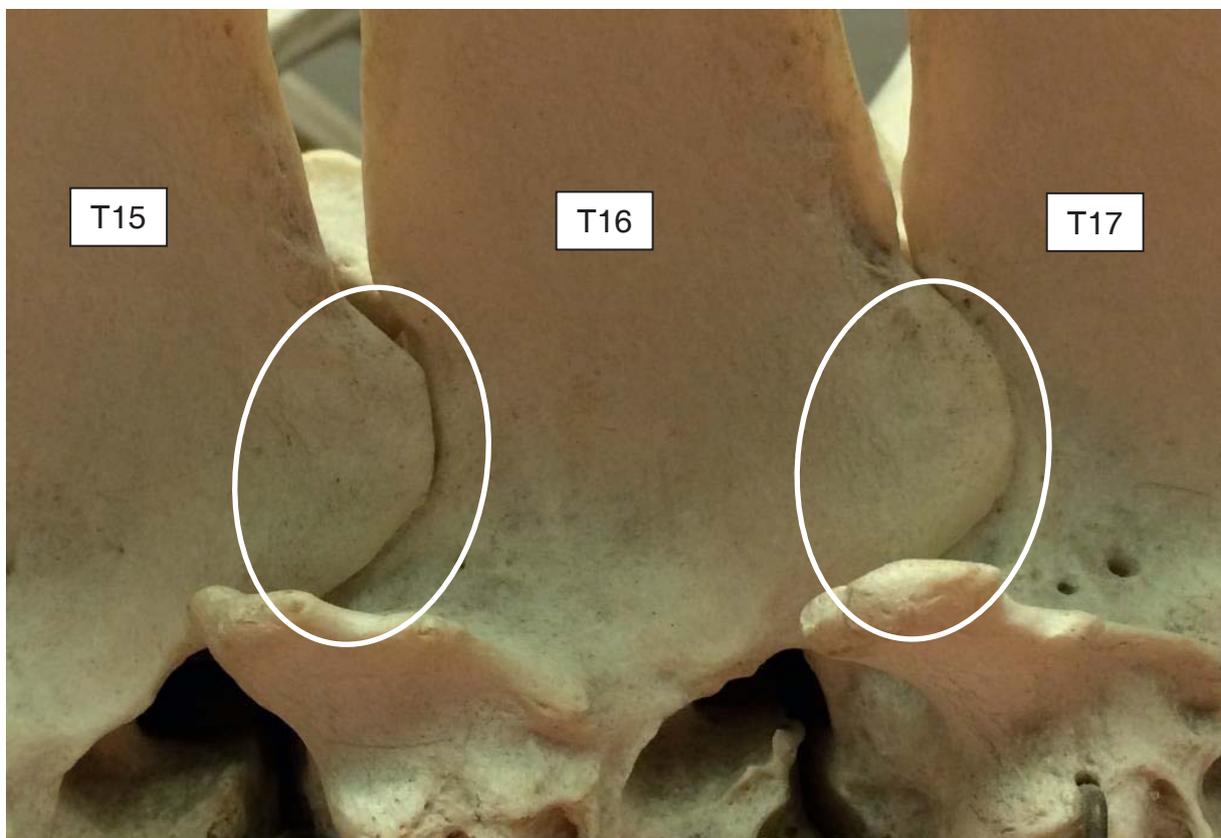


Abbildung 3: Zunehmend vertikale Stellung der Facettengelenke im kaudalen Bereich der Brustwirbelsäule

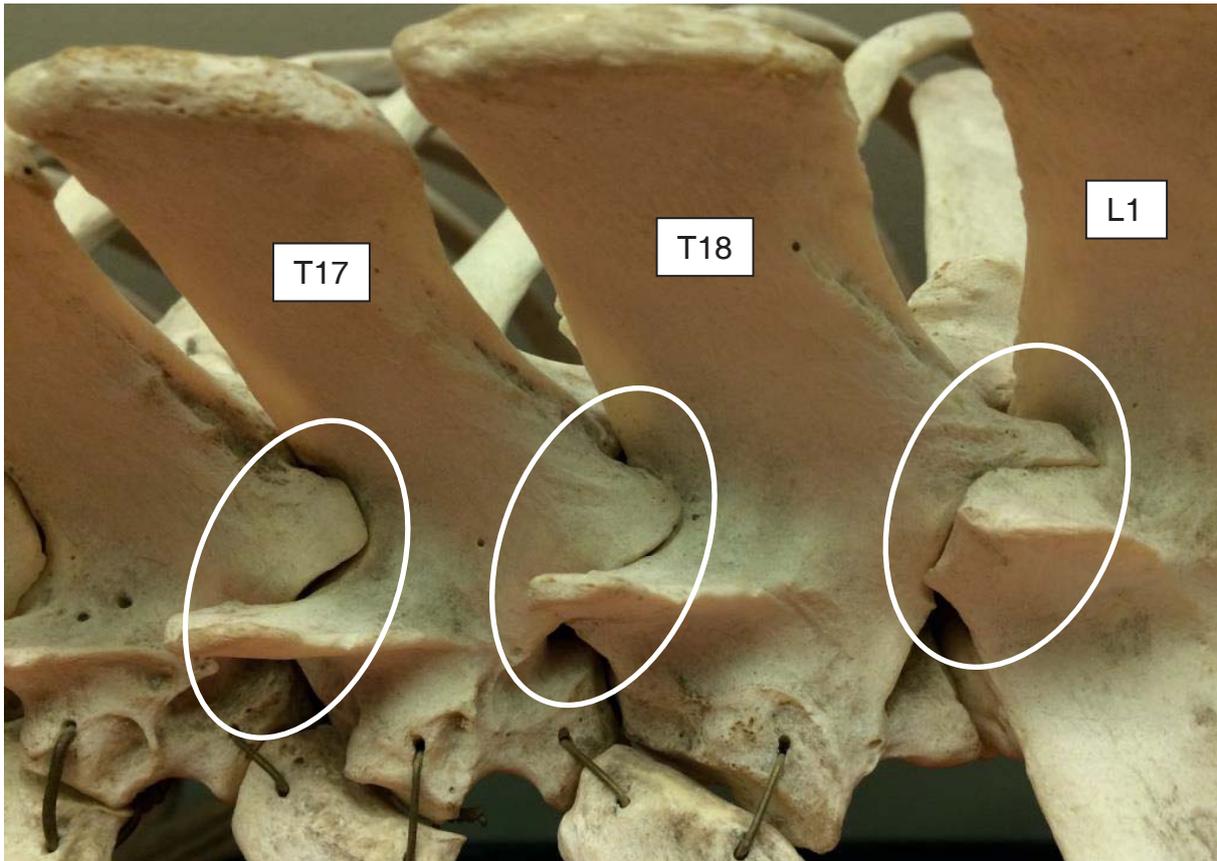


Abbildung 4: Stellung der Facettengelenke am thorakolumbalen Übergang, zunehmende Verzahnung, kaudaler Gelenkfortsatz weist ab T18 nach außen, *Proc. mamillaris* verschmilzt mit *Proc. articularis* zum *Proc. mamilloarticularis*

### 2.1.2.2 Verbindungen der Rippen mit den Wirbeln

Die *Articulationes costovertebrales* setzen sich jeweils aus einem Rippenkopfgelenk, *Articulatio capitis costae*, und einem Rippenhöckergelenk, *Articulatio costotransversaria*, zusammen (NICKEL et al. 2004). Zwei benachbarte Wirbel nehmen die beiden konvexen Gelenkflächen des Rippenkopfes auf und bilden ein Kugelgelenk mit einer zweigeteilten Gelenkhöhle (NICKEL et al. 2004). Die Rippenhöckergelenke sind straffe Gelenke, die zwischen den Gelenkflächen der Rippenhöcker und den entsprechenden *Foveae costales processus transversi* der Wirbel gebildet werden (NICKEL et al. 2004). An den letzten 2 bis 3 Thorakalwirbeln verschmelzen die Gelenkflächen der beiden Rippengelenke und ihre Gelenkhöhlen miteinander (NICKEL et al. 2004). Die beiden Gelenke agieren als Wechselgelenk zur Thoraxerweiterung und -verengung (NICKEL et al. 2004). Stabilisiert werden diese knöchernen Verbindungen durch zahlreiche Gelenkbänder (NICKEL et al. 2004).



### 2.1.3 Muskulatur des Rückens

LIEBICH et al. (1999) ordnen der Rückenmuskulatur diejenigen Muskeln zu, die ihren Ursprung und/oder ihren Ansatz an der Hals-, Brust- oder Lendenwirbelsäule bzw. am knöchernen Becken oder den regionalen Faszien haben. Hierzu zählen die besonderen Bewegungen der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule, die Schulter- und Beckengürtelmuskulatur sowie die Bauchmuskulatur. Dabei wird die Schultergürtelmuskulatur auch als oberflächliche, die besonderen Bewegungen der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule als tiefe Schicht der Stammesmuskulatur bezeichnet (LIEBICH et al. 1999). Die oberflächliche Muskelgruppe liegt dem Rumpf als „Muskeln der Seitenzone“ lateral an und wird wie auch die Bauchmuskeln vorwiegend von den *Rami ventrales* der entsprechenden *Nervi spinales* innerviert, wohingegen sich die profunde Schicht als „Muskeln der Achsenzone“ dorsolateral im Winkel zwischen den Dorn- und Querfortsätzen befindet und dort von den zugehörigen dorsalen Spinalnerven versorgt wird (LIEBICH et al. 1999; SEIFERLE u. FREWEIN 2004).

In der angloamerikanischen Literatur ist die Einteilung in die epaxiale und hypaxiale Stammesmuskulatur üblich (HAUSSLER 1999a; DENOIX u. DYSON 2011). Die epaxiale Muskulatur liegt dorsal der Querfortsätze, wird von den entsprechenden *Rami dorsales* der Spinalnerven innerviert und sorgt bei beidseitiger Kontraktion für das Strecken, bei einseitiger Kontraktion für die Lateroflexion der Wirbelsäule (SALOMON 2008). Zur epaxialen Stammesmuskulatur zählen die langen und kurzen Hals- und Rückenmuskeln (SEIFERLE u. FREWEIN 2004; SALOMON 2008). Die Beckengürtelmuskulatur entspringt ventral der *Processus transversi* und zählt somit zur hypaxialen Stammesmuskulatur (SEIFERLE u. FREWEIN 2004; SALOMON 2008). Sie werden von den lumbalen *Rami ventrales* versorgt und bewirken unter anderem ein Feststellen und Aufbiegen der Lendenwirbelsäule (SEIFERLE u. FREWEIN 2004; SALOMON 2008).

### 2.1.4 Neuroanatomie

Das im *Canalis vertebralis* verlaufende Rückenmark gliedert sich in das Hals-, Brust-, Lenden-, Kreuz- und Schwanzmark und ist durchgehend segmental organisiert (NICKEL et al. 1992). Als Segment bezeichnet man jeweils den Bereich, in dem die efferenten und afferenten *Fila radicularia* eines Spinalnerven aus dem Rückenmark aus- bzw. in das Rückenmark eintreten (NICKEL et al. 1992). Aus mehreren *Fila*



*radicularia* formen sich jeweils eine *Radix dorsalis*, welche afferente, somato- und viszerosensible Nervenfasern führt, und eine *Radix ventralis*, die aus efferenten, somato- und viszeromotorischen Nervenfasern, sowie im Brust-, Lenden- und Kreuzmark zusätzlich noch aus vegetativen viszeralen Efferenzen für die Innervation der Beckenhöhlenorgane, besteht (NICKEL et al. 1992). Noch im *Canalis vertebralis* vereinen sich die Nervenwurzeln segmental zu den *Trunci nervi spinales*, bevor diese dann durch das zugehörige, von zwei benachbarten Wirbeln gebildete, *Foramen intervertebrale* bzw. *vertebrale laterale* ziehen (NICKEL et al. 1992). Mit Ausnahme der *Nn. cervicales*, von denen alle Haussäugetiere acht besitzen, entspricht die Anzahl der Spinalnerven der Anzahl der Wirbel (NICKEL et al. 1992). In der Regel treten die *Trunci nervi spinales* in unmittelbarer Nachbarschaft aus dem entsprechenden *Foramen intervertebrale* bzw. *vertebrale laterale* aus; lediglich zwischen dem zweiten und neunten Brustwirbel und kaudal des dritten Lendenwirbels liegen die knöchernen Nervenaustrittslöcher weiter kaudal als der Ursprung der Nerven aus dem Rückenmark (NICKEL et al. 1992). Das liegt an dem so genannten *Ascensus medullae*, welcher das im Vergleich zum Rückenmark vermehrte Längenwachstum der Wirbelsäule beschreibt, wodurch es augenscheinlich zu einem „Aufstieg des Rückenmarks“ im *Canalis vertebralis* kommt (NICKEL et al. 1992).

Jeder Spinalnerv teilt sich in seinem Verlauf außerhalb des Rückenmarkkanals in einen *Ramus menigeus*, *Ramus dorsalis*, *Ramus ventralis* und *Ramus communicans albus* auf (NICKEL et al. 1992). Der zart ausgebildete *Ramus meningeus* zweigt schon unmittelbar nach dem Durchtritt durch das *Foramen intervertebrale* bzw. *vertebrale laterale* vom Spinalnerven ab und zieht zurück in den Wirbelkanal, um dort die Rückenmarkshäute und die Gefäße des *Canalis vertebralis* zu innervieren (NICKEL et al. 1992). Die *Rami dorsales* teilen sich in einen *Ramus medialis*, welcher segmental die dorsale Hals- und Rückenmuskulatur innerviert, und einen *Ramus lateralis* zur Innervation der Hautgebiete (NICKEL et al. 1992). Die kräftigen *Rami ventrales* ziehen in die ventrale Stammesmuskulatur, die Haut der Brust- und Bauchwand und die Gliedmaßen (NICKEL et al. 1992). Des Weiteren tragen die Letztgenannten zur Ausbildung der *Plexus cervicalis*, *brachialis*, *lumbalis* und *sacralis* bei, welche Verflechtungen der neuronalen Axone mehrerer Segmente darstellen (NICKEL et al. 1992). Die markhaltigen *Rami communicantes albi* bestehen aus präganglionären, sympathischen Fasern und afferenten, viszerosensiblen Nerven und verbinden die *Trunci spinales* mit den Grenzstrangganglien, *Ganglia trunci sympathici* (NICKEL et al.



1992). Die marklosen Fasern postganglionärer Neurone sympathischer Bahnen werden als *Rami communicantes grisei* bezeichnet und führen den Spinalnerven ihre sympathischen Fasern zu (NICKEL et al. 1992).

## 2.2 Biomechanik des Rückens

### 2.2.1 Biomechanische Konzepte zur Beschreibung des Pferderückens

Die Biomechanik des Pferderückens ist seit vielen Jahrhunderten Forschungsgegenstand verschiedener naturwissenschaftlicher Arbeitsgruppen. Vordergründiges Ziel ist es, die Funktionsweise dieser komplexen anatomischen Region besser zu verstehen, um so die Diagnostik und Therapie von Pathologien in diesem Bereich zu verbessern.

Erste beschreibende Modelle reichen ins zweite Jahrhundert zurück, als GALEN (129-200 n.Chr., zitiert von SLIJPER (1946)) den Rücken der Vierbeiner mit einem, von vier Säulen (den Gliedmaßen) getragenen, gewölbten Dach verglich. Diese Vorstellung ist, ebenso wie der Vergleich des Rückens mit verschiedenen Brückenkonstruktionen ((BERGMANN 1847; ZSCHOKKE 1892; KRÜGER 1939) zitiert in VAN WEEREN et al. (2010)), von dem Vergleich des Pferderückens mit einer Bogen-Sehnen-Konstruktion bzw. einer Bogensehnenbrücke abgelöst worden (SLIJPER 1946). Bei diesem heutzutage allgemein akzeptierten Modell bildet die thorakolumbale Wirbelsäule mit dem dazugehörigen Weichteilgewebe den Bogen und die untere Linie des Rumpfes, bestehend aus der *Linea alba*, dem *M. rectus abdominis* und dem *Sternum*, die Sehne (SEIFERLE u. FREWEIN 2004). Die Rippen und die Bauchmuskeln wirken als wichtige Verstrebung der durch Bauch- und Brusteingeweide druckbelasteten Sehne mit dem dorsalen Bogen (SEIFERLE u. FREWEIN 2004). Es gilt als erstes Modell, welches die Wirbelsäule nicht isoliert, sondern in Zusammenhang mit der Bewegung des Rumpfes sowie der Gliedmaßen und des Halses betrachtet (VAN WEEREN 2009). Dabei führen ein Zurückziehen der Vordergliedmaßen, das Vorführen der Hintergliedmaßen, das Anheben des Sternums sowie die Tätigkeit der abdominalen Muskulatur zu einer Flexion, also einer Aufwölbung des Rückenbogens (SEIFERLE u. FREWEIN 2004; MAIERL et al. 2005; VAN WEEREN 2009). Das Vorführen der Vordergliedmaßen, das Zurückziehen der Hinterbeine, der Zug der abdominalen Organe sowie die Kontraktion der abaxialen Rückenmuskulatur bewirken hingegen eine Streckung, also ein Durchbiegen des



Rückens (SEIFERLE u. FREWEIN 2004; MAIERL et al. 2005; VAN WEEREN 2009). Die Kopf-Hals-Position hat durch das *Lig. nuchae* Einfluss auf die Extension und Flexion des Rückens, in dem die Bewegung der langen Dornfortsätze des Widerrists als Hebelarm für die Bewegung der restlichen durch Bandstrukturen verbundenen Rückensegmente wirken (SEIFERLE u. FREWEIN 2004; MAIERL et al. 2005; VAN WEEREN 2009). Die Wirbelsäule muss also als sehr belastbares und gleichzeitig bewegliches und flexibles Konstrukt betrachtet werden.

### 2.2.2 Funktionelle Anatomie

Das Besondere an der Beweglichkeit der Wirbelsäule ist, dass sie erst durch die Summe der kleinen Bewegungen der einzelnen Wirbel zu einem flexiblen und gleichzeitig sehr stabilen Konstrukt wird (TOWNSEND 1985; DENOIX 1999; HAUSSLER 1999a; VAN WEEREN 2009). Betrachtet man ausschließlich die „Range of Motion“ (den Bewegungsumfang) der alleinstehenden Segmente, so ist diese durch Muskeln, Bänder, Gelenke und Rippen stark limitiert (JEFFCOTT u. DALIN 1980a; DENOIX 1999). Hierbei werden zwei aufeinanderfolgende Wirbel zusammen mit dem umliegenden Gewebe als „vertebral motion segment“ oder auch „intervertebral joint complex“ bezeichnet (WHITE 1971).

Die Biomechanik definiert sechs Grundbewegungen: drei Rotationsbewegungen und drei Parallelverschiebungen um die bzw. an den drei Achsen eines rechtshändigen kartesischen Koordinatensystems (TOWNSEND et al. 1983; VAN WEEREN 2009). Da die Amplituden der drei Parallelverschiebungen (longitudinale Kompression, vertikales und transversales Gleiten) an der Wirbelsäule kaum messbar sind, stehen ausschließlich die drei Rotationsbewegungen im Fokus der Forschung (TOWNSEND et al. 1983; VAN WEEREN 2009). Dabei wird die Rotation um die Z- oder auch dorsoventrale Achse als Lateroflexion, jene um die Y- oder auch kraniokaudale Achse als axiale Rotation und jene um die X- oder laterolaterale Achse als ventrodorsale Flexion und Extension definiert (TOWNSEND et al. 1983; VAN WEEREN 2009).

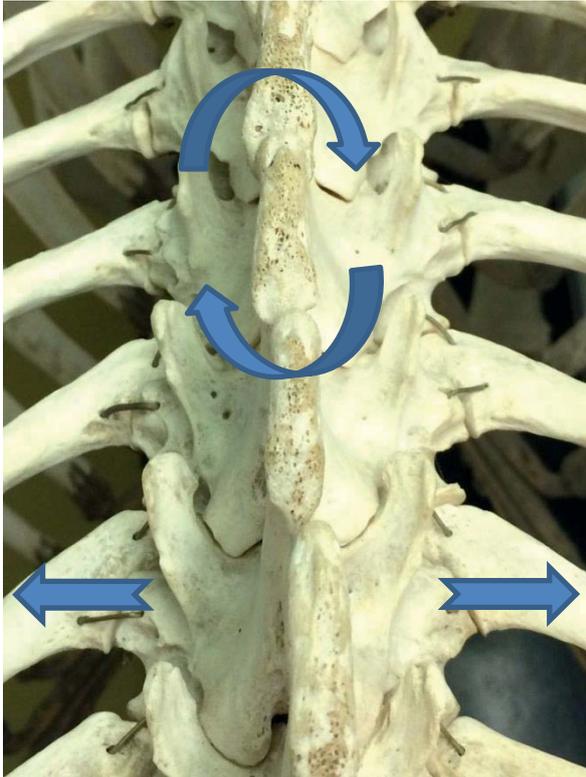


Abbildung 5: Axiale Rotation und Lateroflexion

Aufsicht von dorsal auf die BWS

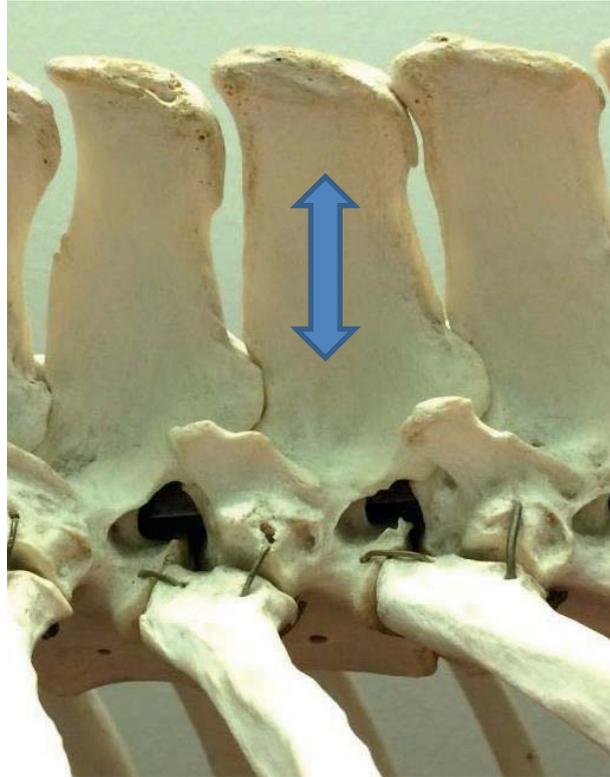


Abbildung 6: Flexion und Extension

Entlang der Wirbelsäule bedingt die unterschiedliche Ausformung der Wirbelkörper und der Wirbelfortsätze sowie die variierende Ausprägung der verschiedenen Bänder und der Bandscheiben eine segmental unterschiedliche Beweglichkeit (JEFFCOTT u. DALIN 1980a; TOWNSEND et al. 1983; TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985; TOWNSEND et al. 1986; DENOIX 1999; JONES 2015). Diese Tatsache führte dazu, dass TOWNSEND u. LEACH (1984) die thorakolumbale Wirbelsäule anhand ihrer funktionellen Anatomie in vier Segmente aufteilten.

Im Folgenden wird die Orientierung der *Procc. articulares craniales* als „tangential“ und „radiär“ beschrieben, wobei erstes einer nach dorsal und zweites einer nach axial zeigenden Gelenkfläche entspricht (SLIJPER 1946; TOWNSEND u. LEACH 1984).

Das erste thorakale Segment T1-2 weist relativ große dorsoventrale Flexion und Extension, aber nur wenig axiale Rotation und Lateroflexion auf (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Die Rotation um die Y- und um die Z-Achse wird hierbei weitestgehend durch die großen, radiär zur Y-Achse ausgerichteten und geringgradig ineinandergreifenden Facettengelenke sowie die sternalen Rippen beschränkt (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Die zwischen den beiden ersten Brustwirbeln prominent ausgebildete Bandscheibe sowie der kurze erste



thorakale Dornfortsatz, der nur durch schwache Bänder mit dem Dornfortsatz des nachfolgenden Wirbels verbunden ist, ermöglichen eine deutliche dorsoventrale Bewegung (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985).

Die „Range of Motion“ zwischen T2 und T9 ist durch die Anlage sternaler Rippen deutlich reduziert (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Anatomisch betrachtet, findet bezüglich der Gelenkfortsätze und der Bandscheiben ein fließender Übergang zwischen den zuvor beschriebenen Gegebenheiten im ersten thorakalen Wirbelsegment und jenen im Folgenden beschriebenen Ausformungen ab dem neunten Brustwirbel statt (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985).

Der Wirbelsäulenabschnitt von T9 bis T16 ist geprägt von großen Lateroflexions- und axialen Rotationsbewegungen (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Letztere werden durch die flachen, zunehmend tangential zur Y-Achse ausgerichteten, kleineren synovialen Intervertebralgelenke begünstigt (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Die dünnen und ovalen Bandscheiben sowie die stark ausgeprägten *Ligg. interspinalia* schränken die Flexion und Extension deutlich ein (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Die Ausbildung asternaler Rippen ermöglicht große Lateroflexionsbewegungen (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985).

Die Beweglichkeit der Wirbelsegmente T16 bis L6 ist insgesamt relativ klein. Anatomisch begründet ist dies in den *Processus articulares*, welche hier radiär zur Y-Achse ausgerichtet sind und tief ineinandergreifen (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985).

Der Übergang von der tangentialen zur radiären Orientierung der Facettengelenke geschieht an dem Wirbel, an dem der *Proc. articularis cranialis* mit dem *Proc. mammillaris* verschmilzt. Dies geschieht bei den meisten Pferden im Bereich T16/17, seltener bei T15/16 bzw. T17/18 (TOWNSEND u. LEACH 1984).

Das Lumbosakralgelenk ist der Rückenbereich mit der größten dorsoventralen Flexion und Extension (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Bedingt wird diese Beweglichkeit durch eine dicke, querovale Bandscheibe sowie die kaum durch Bänder verbundenen und divergierend ausgeprägten Dornfortsätze (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Die kleinen und vertikal orientierten Gelenkfortsätze der Wirbel und die Ausprägung eines Gelenks zwischen den *Processus transversi* und dem Kreuzbeinflügel reduzieren die Bewegungsmöglichkeit um die Y- und die Z-Achse (TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Die lumbalen Facettengelenke



werden von JEFFCOTT u. DALIN (1980a) als „hinge-like“, also scharnierähnlich, beschrieben. Dies führt zusätzlich zu einer hohen Stabilität und einer eingeschränkten Lateroflexion der Lendenwirbelsäule.

Zusammenfassend gilt also, dass die größte Beugung und Streckung des Rückens im Lumbosakralgelenk und dem ersten Thorakalsegment stattfindet (TOWNSEND et al. 1983; TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Die maximale Lateroflexion und axiale Rotation erfolgt im mittleren Brustwirbelbereich (v.a. um T11/12), wobei zu beachten ist, dass die Form und die Orientierung der *Procc. articulares* die beiden letztgenannten Bewegungen nur gemeinsam als „gekoppelten“ Bewegungsablauf ermöglichen (TOWNSEND et al. 1983; TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985).

**Tabelle 1: Beweglichkeit der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte je nach anatomischen Gegebenheiten**

Wirbelsäulenabschnitt	Anatomie	Beweglichkeit
<b>T1-T2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Große, radiäre, ggr. ineinandergreifende Facettengelenke</li> <li>▪ Dicke Bandscheibe</li> <li>▪ Schwache Bänder zwischen T1/2</li> <li>▪ Sternale Rippen</li> <li>▪ Anatomie der Facettengelenke s.o.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Große Flexion/Extension</li> <li>➤ Wenig axiale Rotation/Lateroflexion</li> </ul>
<b>T2-T9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fließender Übergang zwischen anatomischen Gegebenheiten Zwischen T1/2 und ab T9</li> <li>▪ Sternale Rippen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Relativ wenig Beweglichkeit</li> </ul>
<b>T9-T16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flache, zunehmend tangential, kleinere Facettengelenke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Große Lateroflexion und axiale Rotation</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Asternale Rippen</li> <li>▪ Dünne, ovale Bandscheiben</li> <li>▪ Starke <i>Ligg. interspinalia</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Wenig Flexion und Extension</li> </ul>
<b>T16-L6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Radiär orientierte, deutlich ineinandergreifende Facettengelenke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Relativ wenig Beweglichkeit</li> </ul>
<b>L6/S1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kaum durch Bänder verbundene, divergierend orientierte Dornfortsätze</li> <li>▪ Dicke Bandscheibe</li> <li>▪ Kleine, vertikal orientierte, tief ineinandergreifende Facettengelenke</li> <li>▪ Gelenke zwischen den <i>Procc. transversii</i> von L6 und S1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Größte dorsoventrale Flexion/Extension</li> <li>➤ Wenig Lateroflexion und axiale Rotation</li> </ul>

ZANEB et al. (2013) ergänzen die Ausführungen von TOWNSEND und seinen Kollegen (1983; 1984; 1985; 1986) durch weitere Angaben bezüglich bestimmter anatomischer Verhältnisse und den daraus resultierenden Bewegungsmöglichkeiten. So beschreibt die Arbeitsgruppe, dass die Wirbelkörperenden im Verlauf des Rückens von kranial nach kaudal konkaver werden und somit eine Lateroflexion zunehmend einschränken, ohne dabei die Dorsoflexion und -extension zu beeinträchtigen. Auch JONES (2015) untersucht den Einfluss der Wirbelkörperform und schlussfolgert, dass ein querovaler kürzerer Wirbelkörper die dorsoventrale Beweglichkeit erleichtert, wohingegen schmalere Wirbelkörper in Regionen mit großer Lateroflexion zu finden sind.



Die Ausrichtung der thorakalen Dornfortsätze, welche kranial des antiklinalen Wirbels (T15/16) eine kaudale Neigung und kaudal davon eine kraniale Ausrichtung zeigen, unterstützt die Stabilität der Wirbelsäule gegenüber den Kräften, die durch Vorder- und Hintergliedmaßen sowie den Kopf und den Hals auf sie wirken (ZANEB et al. 2013). SLIJPER (1946) vermutet, dass die Ausrichtung der *Procc. spinosi* jeweils im 90° Winkel zu den an ihnen inserierenden Muskeln und Bändern ökonomische Hebelbedingungen schafft.

Die Länge der Querfortsätze nimmt im thorakalen Abschnitt der Wirbelsäule von kranial nach kaudal ab und an den Lendenwirbeln wieder stark zu (TOWNSEND u. LEACH 1984; HAUSSLER 1999a; NICKEL et al. 2004; ZANEB et al. 2013). Neben den intertransversalen Gelenken, welche oftmals an der hinteren Lendenwirbelsäule ausgebildet sind, steigert diese lumbale Anatomie die Kraftübertragung von den Hinterbeinen auf die Wirbelsäule und schränkt zudem eine Rotation um die Y- und die Z-Achse deutlich ein (TOWNSEND u. LEACH 1984; HAUSSLER 1999a; NICKEL et al. 2004; ZANEB et al. 2013).

HAUSSLER (1999a) typisiert die Ausrichtung der Facettengelenke anders als TOWNSEND u. LEACH (1984) nicht als „radiär“ und „tangential“ zur Y-Achse, sondern als „horizontal“ und „vertikal“. Die Gelenke agieren als Schiebegelenke und folglich finden die Bewegungen immer parallel zur Gelenkfläche statt (NICKEL et al. 2004). Die Stellung verändert sich im Verlauf des Rückens von horizontal im Brustwirbelbereich, was eine Rotation und Lateroflexion ermöglicht, nach vertikal im Lendenwirbelbereich, was die Dorsoflexion und -extension unterstützt (HAUSSLER 1999a; NICKEL et al. 2004). Der Übergang findet im Bereich des 16. Thorakalwirbels statt (HAUSSLER 1999a; ZANEB et al. 2013). Dieser Wirbel wird als „antiklinale Wirbel“ bezeichnet (NICKEL et al. 2004).

Zusätzlich zu der knöchernen Anatomie der Wirbelsäule müssen die Weichteilstrukturen beachtet werden, die einen Einfluss auf die Biomechanik des Rückens haben.

Als Fortsetzung des *Lig. nuchae* schränkt das *Lig. supraspinale* ein übermäßiges Aufwölben und Durchbiegen der Wirbelsäule in der kranialen Brustwirbelsäule sowie der Lendenwirbelsäule ein (DENOIX 1999; NICKEL et al. 2004; LIEBICH u. KÖNIG 2005; ZANEB et al. 2013). Es fehlt hingegen über den Dornfortsätzen des Lumbosakralgelenks und ermöglicht so die große Flexion und Extension in diesem



Bereich (JEFFCOTT u. DALIN 1980a; LIEBICH u. KÖNIG 2005). Zudem entlastet das Nackenband die Halsmuskulatur, indem es durch das Gewicht des Kopfes dauerhaft auf Spannung gehalten wird (LIEBICH u. KÖNIG 2005). Die *Ligg. longitudinalis dorsalis et ventralis* verstärken die Zwischenwirbelscheiben (LIEBICH u. KÖNIG 2005).

Die kurzen Bänder der Wirbelsäule fördern die segmentale Stabilität und schützen somit ebenfalls das Rückenmark (ZANEB et al. 2013). Die *Ligg. interspinalia* verhindern ein dorsales Gleiten der Wirbel und limitieren eine übermäßige Aufwölbung (LIEBICH u. KÖNIG 2005). In Bereichen mit großer dorsoventraler Beweglichkeit ist der Bindegewebstyp der Bänder zugunsten der elastischen Fasern verschoben (NICKEL et al. 2004). Die Wirbel-Rippen-Bänder geben der Wirbelsäule zusätzliche Stabilität (ZANEB et al. 2013). Die stark ausgeprägten *Ligg. intertransversalia* der Lendenwirbelsäule wirken gegen eine Lateroflexion und axiale Rotation in diesem Wirbelsäulenabschnitt (HAUSSLER 1999a; LIEBICH u. KÖNIG 2005).

Die Dicke der Zwischenwirbelscheiben spielt eine entscheidende Rolle bei der segmental möglichen Dorsoflexion und –extension (TOWNSEND 1985; ZANEB et al. 2013). Ihre Dicke nimmt im kraniokaudalen Verlauf bis zur Mitte der Brustwirbelsäule ab, um anschließend wieder an Stärke zuzunehmen (TOWNSEND 1985; ZANEB et al. 2013). Die relativ dicken Bandscheiben, die in den Bereichen T1 bis T3 und L6 bis S1 vorliegen, ermöglichen eine größere Rotation um die X-Achse als dünnere Zwischenwirbelscheibe (TOWNSEND 1985; ZANEB et al. 2013).

Die Muskulatur, die die Wirbelsäule umgibt, gewährleistet eine dynamische Stabilität der Bogen-Sehnen-Konstruktion (SEIFERLE u. FREWEIN 2004; STUBBS et al. 2010). Eine besondere Rolle kommt hier den *Mm. multifidi* zu, welche mit fünf Muskelfaserbündeln unterschiedlicher Ausrichtung vom Dornfortsatz und dem Wirbelbogen kommend, in kraniodorsaler Richtung zu den *Procc. mammillares et articulares* verlaufen und hierbei ein bis fünf Zwischenwirbelräume überqueren (SEIFERLE u. FREWEIN 2004; STUBBS et al. 2010). Sie stabilisieren die Wirbelsäule bei dorsoventralen Bewegungen, indem sie als „sagittale Rotatoren des Ursprungswirbels“ wirken und somit schädigende übermäßige Bewegungsamplituden verhindern (STUBBS et al. 2010). Im kaudalen Lendenwirbelbereich wird diese Aufgabe von den *Mm. sacrocaudales dorsales laterales* erfüllt (SEIFERLE u. FREWEIN 2004; STUBBS et al. 2010).



Ein vollständiges Verständnis der biomechanischen Verhältnisse der Wirbelsäule des Pferdes ist essentiell, um die auftretenden vertebrealen Pathologien zu verstehen, welche im nachfolgenden Kapitel geschildert werden.

## **2.3 Erkrankungen der knöchernen Anteile der Brust- und Lendenwirbelsäule**

### **2.3.1 Veränderungen der Facettengelenke**

Die synovialen Gelenke der Wirbelsäule können auch beim Pferd im Sinne einer degenerativen Gelenkerkrankung verändert sein (RANDELHOFF 1997; HAUSSLER et al. 1999b; COUDRY et al. 2007; BUTLER et al. 2008; GIRODROUX et al. 2009; COUSTY et al. 2010; STUBBS et al. 2010; DENOIX u. DYSON 2011; STUBBS 2011). Der aufgrund von leistungsfähigen Röntgenanlagen in letzter Zeit mit zunehmender Häufigkeit diagnostizierten Osteoarthritis der kleinen Wirbelgelenke wird mittlerweile eine nicht unerhebliche klinische Relevanz bei den sogenannten Rückenschmerzen beim Pferd zugesprochen (GIRODROUX et al. 2009; COUSTY et al. 2010; DENOIX u. DYSON 2011; DYSON 2016b).

RANDELHOFF (1997) untersuchte 30 Wirbelsäulenpräparate von Pferden, die vorberichtlich nicht unter Rückenbeschwerden litten, auf makroskopische, röntgenologische und histologische Veränderungen gemäß einer *Spondylarthropathia deformans*. Makroskopisch konnten Unebenheiten und Usuren im Gelenkknorpel sowie eine Inkongruenz der Gelenkflächen und Randwulstbildungen festgestellt werden. Einige Facettengelenke wiesen zum Teil zottig-fibrös verdickte und geweitete Gelenkkapseln auf. An 5 von 30 Wirbelsäulen wurden Ankylosen zwischen benachbarten Gelenkfortsätzen nachgewiesen. Dabei wurden die schweren Veränderungen vor allem im Bereich T12 bis T18 und die schwersten Pathologien zwischen T18 und L4/5 festgestellt. Die röntgenologische Untersuchung erfolgte an median halbierten Wirbelsäulen nach Abnahme der Dornfortsätze im laterolateralen Strahlengang. Hierbei konnten unregelmäßige Gelenkränder, ungleichmäßig breite Gelenkspalten, vergrößerte Gelenkflächen und subchondrale Sklerosen dargestellt werden. Die Ergebnisse der histologischen Untersuchung unterteilt RANDELHOFF (1997) in adaptive Veränderungen (z.B. ungleichmäßig dicker Gelenkknorpel) und regressive Veränderungen (z.B. Knorpelzellnekrosen, Auffaserungen und Spaltenbildung im Gelenkknorpel).



Eine ähnliche pathologisch-anatomische Untersuchung führten HAUSSLER et al. (1999b) an 36 Wirbelsäulen von Vollblutpferden durch, bei denen 97 % der Pferde osteoarthrotische Befunde im Bereich der Facettengelenke zwischen T13 und S1 aufwiesen. Dabei handelte es sich bei 36 % um geringgradige, bei ebenfalls 36 % um mittelgradige und bei 25 % um hochgradige Pathologien. Die Arbeitsgruppe definiert die im Schweregrad aufsteigenden Befunde wie folgt:

- „Lipping of the articular surface“: periphere Bildung einer Knochenlippe, die meist mit einer Vergrößerung der Gelenkfläche einhergeht
- Osteophyten: intrasynoviale unregelmäßige Knochenproliferation
- Periartikuläre Erosionen: lytische oder zystoide Defekte im intrasynovialen, aber nicht gelenkflächenbildenden Knochen
- Intraartikuläre Erosionen: lytische oder zystoide Defekte im Gelenkknorpel
- Ankylosen: Fusion von zwei benachbarten Gelenkflächen mit knöchernem Ersatz ehemaliger Gelenkstrukturen

Die Veränderungen befinden sich vor allem am thorakolumbalen Übergang und an der Lendenwirbelsäule. Auffällig war ebenfalls, dass hochgradige Befunde ausschließlich in der kaudalen Brust- und der gesamten Lendenwirbelsäule auftraten.

12 % der von GIRODROUX et al. (2009) untersuchten, klinisch rückenkranken Pferde wiesen röntgenologisch osteoarthrotisch veränderte synoviale Intervertebralgelenke auf, während kein Pferd aus der klinisch rückengesunden Gruppe röntgenologische Veränderungen hatte. Auch COUSTY et al. (2010) unterstützen die Annahme, dass röntgenologische Abweichungen verstärkt und diffuser bei Pferden mit klinisch manifesten Rückenschmerzen nachweisbar sind. Oftmals sind benachbarte Wirbel von Facettengelenksarthrose betroffen und einige Untersuchungen zeigen, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von „Kissing Spines“ und Veränderungen an den kleinen Wirbelgelenken gibt (KRELING u. LAUK 1996; HAUSSLER et al. 1999b; COUDRY et al. 2007; JOHNS et al. 2008; COUSTY et al. 2010).

Auf die röntgenologischen Kennzeichen einer Osteoarthrose der Facettengelenke wird im Kapitel „Untersuchung der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule - Bildgebende Verfahren“ näher eingegangen.

Als muskuläre Folge der oben genannten Befunde wird eine Atrophie der *Mm. multifidi* beschrieben (STUBBS et al. 2010; STUBBS 2011). Auslösend hierfür ist die durch Schmerz verursachte Dysfunktion in den betroffenen Gelenken und eine damit



einhergehende eingeschränkte Muskelaktivität der kleinen stabilisierenden Muskeln (STUBBS et al. 2010; STUBBS 2011). Dabei gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der Osteoarthrose und dem Grad der Muskelatrophie im betroffenen Wirbelsegment (STUBBS et al. 2010; STUBBS 2011).

### 2.3.2 Kissing Spines / Kissing Spines Syndrom

Das „Kissing Spines Syndrom“ (KSS) wird in der Literatur als die am häufigsten diagnostizierte Ursache für primäre klinische Rückenschmerzen beim Pferd genannt (JEFFCOTT 1980). Im angloamerikanischen Schrifttum wird gleichbedeutend auch von „impingement of the dorsal spinous processes“ gesprochen, was der deutschen Bezeichnung „Syndrom der sich nähernden und schließlich berührenden Dornfortsätze“ bzw. dem Ausdruck „Berühren und Überlagern der Dornfortsätze“ entspricht (JEFFCOTT 1975, 1978, 1979a; DÄMMRICH et al. 1993; DENOIX u. DYSON 2011). VON SALIS und HUSKAMP (1978) sowie PETTERSSON et al. (1987) verwenden die Begriffe „Thorakales“ bzw. „Thorakolumbales interspinales Syndrom“ (TIS bzw. TLI). 1968 beschreibt ROBERTS (1968) als erster Autor eng stehende Dornfortsätze mit knöchernen Veränderungen als Ursache für primäre klinische Rückenleiden beim Pferd. Heute wird das KSS definiert als „unphysiologischer Kontakt zwischen den Dornfortsätzen der Brust- und Lendenwirbelsäule“, wobei röntgenologisch eine Entwicklung von eng stehenden, sich berührenden und sich überlappenden Dornfortsätzen mit unterschiedlicher Ausprägung von Rarefizierung und Sklerose zu beobachten ist (SAGER 1997; WEAVER et al. 1999; WALMSLEY et al. 2002).

Pathogenetisch entscheidend für die Entstehung von „Kissing Spines“ ist laut DÄMMRICH et al. (1993) das wiederholte unphysiologische Durchbiegen des Rückens, wodurch es durch eine erhöhte Druckbelastung der *Ligg. inter- und supraspinalia* zu Fasernekrosen und Zusammenhangstrennungen im Bandapparat kommt. Es entstehen Insertionsverstärkungen und Knochenzubildungen an den Bandansätzen, welche den Interspinalraum verengen und so den Druck auf dazwischenliegende Bänder weiter verstärken (RANDELHOFF 1997). SAGER (1997) vermutet neben der soeben beschriebenen Pathogenese noch eine zweite mögliche Ursache: Die Entstehung des „Kissing Spines Syndroms“ nach juveniler Schädigung der Wirbelkörperperiphysenfugen und daraus resultierender pathologischer



Veränderung der Wachstumsrichtung, wodurch es ebenfalls zum Berühren und Überlappen fehlgerichteter Dornfortsätze kommen kann.

Die vornehmliche Lokalisation von „Kissing Spines“ liegt laut zahlreicher Autoren im Bereich der kaudalen Brustwirbelsäule zwischen dem 12. und dem 18. Brustwirbel (JEFFCOTT 1979a, 1985; TOWNSEND et al. 1986; DÄMMRICH et al. 1993; RANDELHOFF 1997; SAGER 1997; WEAVER et al. 1999; WALMSLEY et al. 2002; ERICHSEN et al. 2004; COUSTY et al. 2010; ZIMMERMAN et al. 2011).

Bei der Beurteilung röntgenologischer Befunde müssen zum einen die vorliegende Klinik und zum anderen altersbedingte Formveränderungen im Bereich der Dornfortsätze beachtet werden (RANNER u. GERHARDS 2002). Diese altersbedingten Formveränderungen entstehen durch verschiedene Druck- und Zugbelastungen, die über die *Ligg. supra- und intraspinalia* auf die Dornfortsatzspitzen wirken (DÄMMRICH et al. 1993; RANDELHOFF 1997). Die am Kranialrand der Dornfortsätze inserierenden *Ligg. interspinalia* üben auf ihre Ansatzfläche eine Zugkraft aus, die zu einer Verbreiterung der *Tuberositas spinae* sowie zu Exostosenbildung und einer Verlängerung der Kranialfläche des Dornfortsatzes führt (DÄMMRICH et al. 1993; RANDELHOFF 1997). Die Kaudalflächen der Dornfortsatzspitzen unterliegen während Extension und Flexion des Rückens dem Druck durch das *Lig. supraspinale*. Dies führt durch den Rückgang des Knorpelwachstums und der enchondralen Ossifikation zu einer nach ventral abgeflachten Kaudalfläche der Dornfortsätze (DÄMMRICH et al. 1993; RANDELHOFF 1997). RANDELHOFF (1997) nennt diese Art der Veränderung „adaptiv“. Hierbei sind röntgenologisch bis auf die Exostosenbildung „noch keine Hinweise auf ein beginnendes KSS“ zu erkennen, histologisch zeigen sich allerdings schon Veränderungen im *Lig. supraspinale*. Im „regressiven Stadium“ lassen sich histologisch deutliche Ab- und Umbauprozesse der bandartigen Strukturen nachweisen (RANDELHOFF 1997). Röntgenologisch erkennt man eine fortschreitende Formangleichung korrespondierender Kranial- und Kaudalflächen der Dornfortsätze sowie eine weiter zunehmende Verengung des Interspinalraumes (RANDELHOFF 1997). Dieses Stadium ist dem KSS zuzuordnen (RANDELHOFF 1997). Nach dem Verlust der ligamentösen Verbindungen zwischen den Dornfortsätzen spricht RANDELHOFF (1997) vom „reparativen Stadium“, in dem es zur dauerhaften Annäherung und Berührung der Dornfortsätze mit Entstehung von Sklerosen und Pseudarthrosen kommt. Zu den klassischen röntgenologischen



„Kissing- Spines“-Befunden gehören in variierendem Schweregrad die Verengung des Interspinalraums bis hin zur Berührung und Überlappung benachbarter Dornfortsätze, kraniale und kaudale Sklerosierung und Rarefizierung, Exostosenbildung sowie fokale radioluzente Bereiche (JEFFCOTT 1975, 1978, 1979a, 1980, 1985a; DÄMMRICH et al. 1993; RANDELHOFF 1997; SAGER 1997; ERICHSEN et al. 2004; BUTLER et al. 2008).

Da röntgenologische Veränderungen auch bei klinisch rückengesunden Pferden auftreten, muss zwischen dem klinisch apparentem „Kissing Spines Syndrom“ und den röntgenologisch erkennbaren „Kissing Spines“ ohne klinische Rückenschmerzen unterschieden werden (JEFFCOTT 1978, 1979a; TOWNSEND et al. 1986; RANDELHOFF 1997; SAGER 1997; RANNER u. GERHARDS 2002; ERICHSEN et al. 2004; BUTLER et al. 2008). TOWNSEND et al. (1986) und RANDELHOFF (1997) stellten bei 86 % bzw. 80,3 % ihrer untersuchten Wirbelsäulenpräparate knöcherne Veränderungen an den Dornfortsätzen fest. Bei *in situ* geröntgten Wirbelsäulen klinisch unauffälliger Pferde wiesen JEFFCOTT (1979a) und SAGER (1997) bei 33 % bzw. 38 % der Pferde abweichende röntgenologische Befunde nach. Die ermittelte Häufigkeit röntgenologischer Veränderungen bei klinisch auffälligen Rückenpatienten variiert je nach angelegtem Bewertungsmaßstab zwischen circa 35 % (JEFFCOTT 1978; JOHNS et al. 2008) und circa 85 % (GIRODROUX et al. 2009; ZIMMERMAN et al. 2011). Mit steigender Anzahl betroffener Dornfortsätze sowie zunehmendem Schweregrad der Veränderungen nimmt die Wahrscheinlichkeit der klinischen Relevanz zu (JEFFCOTT 1978; RANNER u. GERHARDS 2002; COUSTY et al. 2010; ZIMMERMAN et al. 2012).

Die durch „Kissing Spines“ hervorgerufene Veränderung der Biomechanik der Wirbelsäule prädisponiert die Entstehung weiterer pathologischer Wirbelsäulenveränderungen (BUTLER et al. 2008; GIRODROUX et al. 2009; ZIMMERMAN et al. 2011). Hierzu zählt vornehmlich die Osteoarthritis der Facettengelenke (GIRODROUX et al. 2009).

Der Einfluss von Alter, Rasse, Geschlecht und Nutzung wird in der Literatur kontrovers diskutiert. So ermitteln ERICHSEN et al. (2004), RANDELHOFF (1997) und ZIMMERMAN et al. (2011; 2012) einen Anstieg der röntgenologischen Befunde mit zunehmendem Alter. WALMSLEY et al. (2002) und RANNER u. GERHARDS (2002) finden „Kissing Spines“ vornehmlich bei 5- bis 10- bzw. 5- bis 9-Jährigen. Die Studien von JEFFCOTT (1979a), TOWNSEND et al. (1986) und SAGER (1997) ergeben keine



positive Korrelation zwischen zunehmendem Alter und dem Auftreten des KSS. Voll- und Halbblüter sollen am häufigsten, Ponys am seltensten „Kissing Spines“ aufweisen (JEFFCOTT 1979a, 1980, 1985). GIRODROUX et al. (2009) finden unter den Springpferden signifikant seltener klinisch rückenranke Pferde, wohingegen JEFFCOTT (1980, 1985) bei Spring- und Vielseitigkeitspferden am häufigsten röntgenologische Befunde im Sinne eines KSS nachwies. In der Studie von RANNER u. GERHARDS (2002) zeigten Stuten signifikant häufiger Kissing Spines als Hengste und Wallache, während ZIMMERMAN et al. (2011) und SAGER (1997) ein geschlechtsunabhängiges Auftreten des KSS vermuten.

### 2.3.3 Spondylosis deformans

HAUSSLER (1999) definiert die in der angloamerikanischen Literatur auch als „ossifying spondylosis“ (JEFFCOTT 1980) bezeichnete Veränderung an den ventralen Wirbelkörpern als ankyloisierende oder degenerative Gelenkerkrankung der Wirbelsäule, die mit Ausbildung großer Osteophyten einhergeht. Die Osteophyten treten häufig multipel und in der Regel ventral oder ventrolateral an den Wirbelkörpern der mittleren Brustwirbelsäule im Bereich der größten Lateroflexion und Rotation (T10-14) sowie gelegentlich auch an der Lendenwirbelsäule auf (JEFFCOTT 1980; TOWNSEND et al. 1986; ROONEY u. ROBERTSON 1996; WEAVER et al. 1999; DENOIX 2007; MEEHAN et al. 2009). Die knöchernen Zubildungen entwickeln sich progressiv und können im fortgeschrittenen Stadium zwei benachbarte Wirbel durch einen Knochensteg fest miteinander verbinden (JEFFCOTT 1980; ROONEY u. ROBERTSON 1996; WEAVER et al. 1999; MEEHAN et al. 2009). Röntgenologisch ermitteln JEFFCOTT (1980) und MEEHAN et al. (2009) bei klinisch rückenranken Pferden eine Inzidenz von circa 3 %, während TOWNSEND (1986) in seiner Studie an isolierten Wirbelsäulen von klinisch rückengesunden Pferden bei 36 % Osteophyten unterschiedlicher Größe nachweist. Bezüglich der durch *Spondylosis deformans* ausgelösten Klinik finden sich in der Literatur divergierende Einschätzungen der jeweiligen Autoren (JEFFCOTT 1980; HAUSSLER 1999b; WEAVER et al. 1999; MEEHAN et al. 2009). HAUSSLER (1999) geht von einem subklinischen Verlauf aus, solange die Osteophyten sich nicht berühren, bzw. nach vollständiger Ankylose der betroffenen Gelenke. JEFFCOTT (1980) beobachtet in der Regel einen klinischen Verlauf, der erst nach vollständiger Ankylose subklinisch wird, berichtet aber wie auch WEAVER (1999) von röntgenologischen Zufallsbefunden. Betroffen sind vor allem



über 6 Jahre alte Pferde, wobei Stuten häufiger betroffen zu sein scheinen als Wallache und Hengste (JEFFCOTT 1980; KENT ALLEN et al. 2010). Die Pathogenese ist noch nicht abschließend geklärt. Man vermutet eine akute oder chronisch rezidivierende Überlastung des *Annulus fibrosus* und des *Lig. spinale ventrale*, welche zu periostalen Reaktionen und daraus resultierend zu Osteophytenbildung führt (ROONEY u. ROBERTSON 1996; DENOIX 2007). Durch die Ankylose einer Zwischenwirbelfuge verändert sich die Biomechanik in den benachbarten Wirbelsäulensegmenten ebenfalls, was wiederum zu Knochenreaktionen führen kann und somit das multiple Auftreten der *Spondylosis deformans* erklärt (DENOIX 2007).

### 2.3.4 Insertionsdesmopathie

Als Insertionsdesmopathie werden pathologische Veränderungen im Ansatz- und Ursprungsbereich von Bändern, Sehnen und Gelenkkapseln bezeichnet, die bei Pferden an verschiedenen Lokalisationen auftreten können (HERTSCH et al. 1982; HUSKAMP u. NOWAK 1988). Ursächlich wird eine akute oder wiederholte Überbelastung der Insertionsstelle des Bindegewebes im Knochen und an der Knochenhaut vermutet (HUSKAMP u. NOWAK 1988; NOWAK u. HUSKAMP 1989; MEYER 1997; WEILER 1997, 2000). Eine solche chronische Beanspruchung führt im Bandgewebe zu metaplastischen Umbauprozessen im Sinne von Verkalkungen, Knorpelgewebsinseln mit und ohne Ossifikationskern und schlussendlich zu Exostosenbildung (HUSKAMP u. NOWAK 1988; NOWAK u. HUSKAMP 1989; WEILER 1997, 2000; DYSON 2003). Im Bereich der equinen Wirbelsäule ist dieses Phänomen insbesondere für den *Funiculus nuchae* mit seiner Insertion an der *Protuberantia occipitalis externa* der *Squama occipitalis* beschrieben (NOWAK u. HUSKAMP 1989; MEYER 1997; WEILER 1997, 2000; DYSON 2003; HÜNTEMANN 2007). WEILER (1997, 2000) vermutet aufgrund der histologischen Beschaffenheit des Nackenstrangs eine gewisse Prädisposition für die Entstehung einer Insertionsdesmopathie. Als Besonderheit des Ansatzes des *Funiculus nuchae* beschreibt er eine elastische Zone am Übergang zum Knochen, die an anderen anatomischen Lokalisationen aus Kollagenfasern besteht. Diese elastischen Fasern haben eine höhere Affinität zu Kalziumionen als kollagenes Bindegewebe und neigen somit zu Verkalkungen, die mit einer herabgesetzten Elastizität einhergehen. Des Weiteren zeichnen sich elastische Fasern zwar durch eine sehr gute Dehnbarkeit, aber eine relativ schwache Zugfestigkeit aus, was die Entstehung von Faserrupturen



begünstigt (WEILER 1997, 2000). Röntgenologisch und pathomorphologisch zeigen sich bei chronisch betroffenen Patienten Exostosen verschiedenster Ausformungen am Ansatzbereich der Bänder, Sehnen und/oder Gelenkkapseln (NOWAK u. HUSKAMP 1989; WEILER 1997, 2000; DYSON 2003; HÜNTEMANN 2007).

HÜNTEMANN (2007) vermutet einen Zusammenhang zwischen einer klinisch manifesten Insertionsdesmopathie im Nackenbereich und Rückenproblemen beim Pferd und begründet dies mit der durch die Schmerzen im Genick eingenommenen Schonhaltung, die zu Verspannungen und folglich zu knöchernen Veränderungen im Brust- und Lendenwirbelbereich führt. Bei erkrankten Pferden werden häufig Rittigkeitsprobleme im Sinne von Kopfschlagen, fehlender Losgelassenheit, unbefriedigender Stellung und Biegung, wenig Schwung und Hinterhandaktivität sowie Galoppieren im Kreuzgalopp als Folge der pathologischen Befunde beobachtet. Auch DYSON (2003) beschreibt ähnliche Symptome.

Im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule kann es im Verlauf des von VON SALIS u. HUSKAMP (1978) beschriebenen „Thorakolumbalen Interspinalen Syndroms Typ II“ zu Veränderungen im Sinne einer Insertionsdesmopathie kommen. Hierbei entstehen durch abnorme Zugbelastungen an den *Ligg. interspinalia* histologische und röntgenologische Befunde an den Ansatz- und Ursprungstellen der Bänder bei sonst physiologischen Abständen zwischen den Dornfortsätzen (HUSKAMP u. NOWAK 1988).

### **2.3.5 Deformation der Brust- und Lendenwirbelsäule**

Beim Pferd kommen sowohl angeborene als auch erworbene Missbildungen der Wirbelsäule selten vor (JEFFCOTT 1985a). Betroffene Pferde sind prädisponiert dafür, im Laufe ihres Lebens osteoarthrotische Veränderungen im Bereich der Wirbelsäule zu entwickeln (DENOIX 2005).

#### **2.3.5.1 Lordose, Kyphose, Skoliose**

Ein übermäßiges Durchbiegen vornehmlich der mittleren Brustwirbelsäule wird als Lordose bezeichnet und kann sowohl bei neugeborenen Fohlen als auch als senile Form vor allem bei älteren Zuchtstuten auftreten (ROONEY 1969; JEFFCOTT 1980; ROONEY u. ROBERTSON 1996; WONG et al. 2005). Ursächlich wird für die angeborene Form eine beidseitige Hypo- oder Aplasie der *Processus articulares* an



einem oder mehreren Brustwirbeln genannt, wobei nach ROONEY und ROBERTSON (1996) eine genetische Komponente nicht ausgeschlossen werden kann.

Der Ausdruck Kyphose beschreibt eine dorsokonvexe Aufwölbung der Wirbelsäule, die durch Missbildungen der Wirbelkörper (*Hemivertebrae*), nach Wirbelfrakturen, bei Pferden mit chronischer Hinterhandlahmheit sowie bei jungen Pferden mit beidseitiger Pathologie im Femoropatellargelenk (*Osteochondrosis dissecans*, *Epiphysitis*) auftreten kann (JEFFCOTT 1980; ROONEY u. ROBERTSON 1996; KOTHSTEIN et al. 2000; WONG et al. 2005; BUTLER et al. 2008; DE HEER u. NOUT 2011).

Eine einseitige Hypoplasie der thorakalen Gelenkfortsätze, das Auftreten von *Hemivertebrae* oder eine *Synostosis* eines oder mehrerer Wirbel führt zu einer laterolateral S-förmigen Verbiegung der Wirbelsäule, die als Skoliose bezeichnet wird (ROONEY 1969; JEFFCOTT 1980; ROONEY u. ROBERTSON 1996; WONG et al. 2006; BUTLER et al. 2008). In mehreren klinischen Fallberichten beschreiben die Autoren das Bild einer Kyphoskoliose, wobei es hauptsächlich durch die Ausbildung von *Hemivertebrae* zu einer Kombination aus lateraler und sagittaler Achsabweichung sowie einer Rotation der Wirbelsäule kommt (LERNER u. RILEY 1978; KIRBERGER u. GOTTSCHALK 1989; RYAN 1992; DENOIX 2005).

Das in der angloamerikanischen Literatur als „contracted foal syndrome“ bezeichnete Krankheitsbild beschreibt eine der häufigsten Missbildungen beim Fohlen (CROWE u. SWERCZEK 1985; CHAN u. MUNROE 1996; BINANTI et al. 2014). Hierbei kommt es zu einer beidseitigen Kontraktur der Gelenke der Vorder- und/oder Hintergliedmaßen, Skoliose, Kyphose, Lordose und/oder Torticollis sowie Schädelmissbildungen, was je nach Kombination und Schweregrad der Pathologien über die Lebensfähigkeit des Fohlens entscheidet (CROWE u. SWERCZEK 1985; CHAN u. MUNROE 1996; BINANTI et al. 2014).

### 2.3.6 Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule

Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule können am Wirbelkörper, dem Wirbelbogen sowie an den Wirbelfortsätzen auftreten, jedoch werden in der Literatur bestimmte prädisponierende Faktoren und Prädilektionsstellen beschrieben (MOYER u. ROONEY 1971; ROONEY 1971; JEFFCOTT u. WHITWELL 1976; JEFFCOTT 1985a; HAUSSLER u. STOVER 1998).

Frakturen der Wirbelkörper kommen fast ausschließlich in drei Bereichen der Brust- und Lendenwirbelsäule vor: Den ersten drei Brustwirbeln, der Rückenmitte (vor allem



zwischen T11 und T13) sowie der Lendenwirbelsäule (MOYER u. ROONEY 1971; ROONEY 1971; JEFFCOTT u. WHITWELL 1976; JEFFCOTT 1985a). JEFFCOTT (1985a) beobachtet bei Pferden, die aus einer hohen Geschwindigkeit heraus stürzen, vor allem Trümmerbrüche der Wirbelkörper, wohingegen nach einem Sturz an einem Sprung oder dem Zusammenprall mit einem festen Hindernis vermehrt Kompressionsfrakturen oder unvollständige Frakturen im mittleren Brustwirbelsäulenabschnitt auftreten (MOYER u. ROONEY 1971; JEFFCOTT 1985a). Die selten bei Fohlen nach hämatogener Streuung eines bakteriellen Herdes auftretende vertebrale Osteomyelitis kann zu pathologischen Frakturen der Wirbelkörper führen (MARKEL et al. 1986; STEWART et al. 2007). Frakturen der Wirbelkörper gehen ebenso wie die der Wirbelbögen in aller Regel mit neurologischen Ausfallerscheinungen einher, die die Prognose deutlich verschlechtern (ROONEY 1971; JEFFCOTT u. WHITWELL 1976; JEFFCOTT 1985a).

HAUSSLER und STOVER (1998) untersuchen das Auftreten von Stressfrakturen an den Wirbelbögen bei Vollblütern im Rennsport. Die hier beschriebenen Übermüdungsbrüche sind röntgenologisch gekennzeichnet durch eine unvollständige Frakturlinie und eine periostale Proliferation. Sie treten mitunter bilateral auf und sind eine wichtige Ursache für Leistungsschwäche und Lahmheiten bei Rennpferden (HAUSSLER u. STOVER 1998). Die Prädilektionsstelle für diese besondere Art der Fraktur befindet sich am Übergang zwischen dem *Processus articularis cranialis* und dem Dornfortsatz, wobei die Lendenwirbelsäule mit ihren ineinandergreifenden Facettengelenken besonders häufig betroffen ist (HAUSSLER u. STOVER 1998). Die Autoren beschreiben des Weiteren einen Zusammenhang zwischen der Lokalisation der Fraktur und dem Schweregrad von „Kissing Spines“ und degenerativen Veränderungen der Facettengelenke des frakturierten Wirbels sowie der Anzahl von intertransversalen Gelenken, die zwischen den *Processus transversi lumbales* ausgebildet sind (HAUSSLER u. STOVER 1998). JEFFCOTT und WHITWELL (1976) beobachten, dass chronisch degenerative Veränderungen im Bereich der Bänder und Zwischenwirbelscheiben sowie Synostosen oder eine skoliotische Verkrümmung der Wirbelsäule prädisponierend für vertebrale Frakturen ist.

Frakturen der Dornfortsätze treten häufig multipel auf und kommen insbesondere am Widerrist jüngerer Pferde nach einem Sturz auf den Rücken vor (JEFFCOTT u. WHITWELL 1976; JEFFCOTT 1985a; PIAT et al. 2012). Die Prognose ist gut, neurologische Ausfallerscheinungen fehlen und die Patienten genesen in der Regel



nach 4 bis 6 Monaten ohne negative Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit (JEFFCOTT u. WHITWELL 1976; JEFFCOTT 1985a; PIAT et al. 2012).

### 2.3.7 Diskospondylitis

*Diskospondylitis* beschreibt eine bei Pferden selten auftretende entzündliche Veränderung zweier benachbarter Wirbelkörperenden und der dazugehörigen Zwischenwirbelscheibe, wobei die Halswirbelsäule deutlich häufiger betroffen ist als andere Wirbelsäulenabschnitte (ADAMS et al. 1985; COLBOURNE et al. 1997; DENOIX 2007; THOMPSON 2007). Die Erkrankung tritt bei adulten Pferden häufiger auf als bei Fohlen (ADAMS et al. 1985). Ursächlich ist meistens eine Streuung hämatogener Bakterien, aber auch die Ausbreitung einer lokalen Infektion oder eine posttraumatische Entstehung sind in der Literatur beschrieben (ADAMS et al. 1985; COLBOURNE et al. 1997; SWEERS u. CARSTENS 2006; ALWARD et al. 2007; DENOIX 2007). Der bakterielle Nachweis der auslösenden Noxe gelingt nicht immer. Die Isolierung von *Staphylococcus aureus*, Coagulase-negativen Staphylokokken,  $\alpha$ -hämolisierenden Streptokokken und *Rhodococcus equi* ist in klinischen Fallberichten dokumentiert (ADAMS et al. 1985; CHAFFIN et al. 1995; COLBOURNE et al. 1997; SWEERS u. CARSTENS 2006). Die Krankheit verläuft progressiv und kann bei Kompression des Rückenmarks mit neurologischen Ausfallerscheinungen einhergehen (ADAMS et al. 1985; COLBOURNE et al. 1997; SWEERS u. CARSTENS 2006; ALWARD et al. 2007). Röntgenologisch erkennt man an den *Extremities craniales et caudales* osteolytische Prozesse, Kallusbildung sowie einen Sklerosesaum (ADAMS et al. 1985; COLBOURNE et al. 1997; SWEERS u. CARSTENS 2006; ALWARD et al. 2007). Der Zwischenwirbelraum erscheint zunächst verbreitert, bevor er kollabiert und röntgenologisch nicht mehr darstellbar ist, da die Zwischenwirbelscheibe nekrotisiert (ADAMS et al. 1985; COLBOURNE et al. 1997; SWEERS u. CARSTENS 2006).

### 2.3.8 Osteomyelitis

*Osteomyelitis* beschreibt eine zumeist bakterielle Entzündung der Knochenmarkhöhle (LEW u. WALDVOGEL 2004; THOMPSON 2007). Betroffen sind vornehmlich wenige Monate alte Fohlen mit einer hämatogen streuenden Herdinfektion, die sich sekundär in der Epi- oder Metaphyse langer Röhrenknochen oder in den Wirbelkörpern



manifestiert (MARKEL et al. 1986; GIGUÈRE u. LAVOIE 1994; OLCHOWY 1994; BOSWINKEL et al. 2006; GOODRICH 2006; THOMPSON 2007). Des Weiteren kann es bei Pferden jeden Alters posttraumatisch oder nach Osteosynthese zu einer *Osteomyelitis* kommen (MOORE et al. 1992; LEW u. WALDVOGEL 2004; GOODRICH 2006). Röntgenologisch finden sich pathologische Frakturen, Kallusbildung, Osteolyse der Wirbelkörper, unregelmäßig konturierte Wirbelkörperenden sowie Verbreiterung oder Verengung des Gelenkspalts zwischen zwei benachbarten Wirbelkörpern (MARKEL et al. 1986; GIGUÈRE u. LAVOIE 1994; OLCHOWY 1994; LEW u. WALDVOGEL 2004; BOSWINKEL et al. 2006). Die Veränderungen verlaufen progressiv und es kann im weiteren Verlauf zu einer Entzündung des umliegenden Weichteilgewebes, Sequesterbildung, paraspinalen Abszessen und einer Rückenmarkskompression kommen, wobei Letztere zu neurologischen Ausfallerscheinungen, häufig im Sinne einer Ataxie bzw. Parese der Hintergliedmaßen, führt (MARKEL et al. 1986; GIGUÈRE u. LAVOIE 1994; OLCHOWY 1994; LEW u. WALDVOGEL 2004; THOMPSON 2007). In mehreren Fallberichten wird *Rhodococcus equi* als auslösendes Bakterium beschrieben (GIGUÈRE u. LAVOIE 1994; OLCHOWY 1994; BOSWINKEL et al. 2006). Des Weiteren können oft *Enterobacteriaceae* und *Streptococcus ssp.* aus betroffenen Knochen isoliert werden (MARKEL et al. 1986; MOORE et al. 1992; THOMPSON 2007).

## **2.4 Untersuchung der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule**

### **2.4.1 Klinische Untersuchung des Halses**

#### **2.4.1.1 Anamnese**

Der Vorbericht, der eine Untersuchung des Halses indiziert, kann sehr vielfältig sein (DYSON 2003). In einigen Fällen berichten die Besitzer von einem erlittenen Trauma, in anderen Fällen sind ihnen eine ungewöhnliche Kopf-Hals-Haltung, eine Schwellung im Halsbereich, Abweichungen im Gangbild oder Rittigkeitsprobleme mit unwilliger Anlehnung oder unzureichender Stellung und Biegung aufgefallen (DYSON 2003). Des Weiteren kann eine Lahmheit der Vordergliedmaße vorliegen, deren Ursache nicht auf einen pathologischen Befund in der betroffenen Extremität zurückzuführen ist (DYSON 2003).



### 2.4.1.2 Klinische Untersuchung in Ruhe

#### Adspektion

Die klinische Untersuchung des Halses beginnt mit einer Adspektion des Pferdes in Ruhe in seiner gewohnten Umgebung. Hierbei achtet der Untersucher auf die Kopf-Hals-Position sowie die Gliedmaßenhaltung (BEECH 1976; COOK 1991; DYSON 2003). Kann ein Pferd beispielsweise seinen Kopf für die Futteraufnahme nicht bis auf den Boden senken, so versucht es dies durch ein abnorm weites Auseinanderstellen der Vordergliedmaßen zu kompensieren (NOWAK u. HUSKAMP 1989; DYSON 2003). Des Weiteren werden der Ansatz des Halses am Körper sowie seine Länge und Bemuskelung beurteilt (DYSON 2003; KAISER 2014). Bei der Muskulatur wird auf Quantität und Symmetrie geachtet, wobei Erstere immer im Einklang mit der Gesamtkonstitution des Individuums bewertet werden muss (COOK 1991; DYSON 2003; AUER u. STICK 2011; KAISER 2014). Eine gut ausgebildete Halsmuskulatur gibt einen ersten Hinweis auf den Ausbildungsstand und die Rittigkeit des Pferdes sowie das reiterliche Können (DYSON 2003). Hengste haben oft eine prominenter ausgebildete Muskulatur als ähnlich trainierte Wallache und Stuten (DYSON 2003). Lokalisiertes Schwitzen oder eine örtlich begrenzte Veränderung der Fellfarbe können ein Hinweis auf eine lokale Nervenschädigung sein (DYSON 2003; AUER u. STICK 2011; SPRAYBERRY u. ROBINSON 2015). Des Weiteren sollte auf Muskelfaszikulationen geachtet werden, die bei schmerzhaften Prozessen auftreten oder durch Palpation provoziert werden können (DYSON 2003).

#### Palpation

Die Palpation erfolgt immer seitenvergleichend und mit beiden Händen unter besonderer Beachtung von Muskelverhärtungen, Schwellungen, vermehrt warmen Bereichen und Muskelatrophien (COOK 1991; RIJKENHUIZEN 2002; DYSON 2003; KAISER 2014). Es ist erwähnenswert, dass eine geringgradige Asymmetrie in der Ausprägung der Muskulatur entlang des Halses ein häufiges Phänomen ist, da dem Pferd die Stellung und Biegung zu einer Körperseite naturgemäß individuell leichter fällt (BEECH 1976; DYSON 2003). Eine Tiefenpalpation der Halsmuskulatur kann Schmerzreaktionen an pathologisch veränderten Bereichen hervorrufen (DYSON 2003; MARKUS et al. 2004). Ferner werden die äußerlich zugänglichen knöchernen Strukturen beginnend am Atlasflügel über alle zervikalen *Procc. transversi* palpiert



(BEECH 1976; RIJKENHUIZEN 2002; EDINGER 2010; AUER u. STICK 2011; SPRAYBERRY u. ROBINSON 2015). Hierbei wird auf die Symmetrie der Querfortsätze sowie die Palpationsempfindlichkeit geachtet (RIJKENHUIZEN 2002; SPRAYBERRY u. ROBINSON 2015). Eine Schmerzhaftigkeit im Bereich des Atlantookzipitalgelenks, des Atlantoaxialgelenks sowie der darüber gelegenen Schleimbeutel kann durch manuellen Druck unter gleichzeitiger Bewegung des Kopfes in vertikaler Richtung überprüft werden (EDINGER 2010).

An die Palpation des Halses schließt sich die Überprüfung der Beweglichkeit der Halswirbelsäule an (NOWAK u. HUSKAMP 1989; SPEIRS 1997; RIJKENHUIZEN 2002; DYSON 2003; EDINGER 2010; AUER u. STICK 2011; KAISER 2014). Dabei wird zwischen der aktiv vom Patienten ausgeführten und der passiv vom Untersucher hervorgerufenen Mobilität unterschieden (SPEIRS 1997; DYSON 2003; MARKUS et al. 2004; EDINGER 2010; KAISER 2014). Da die passive Bewegung durch den untersuchenden Tierarzt häufig Widersetzlichkeit von Seiten des Patienten hervorruft, empfehlen mehrere Autoren die Beurteilung der aktiven Beweglichkeit, bei der das Pferd vorgehaltenem Futter folgt (DENOIX u. PAILLOUX 2000; DYSON 2003; EDINGER 2010; KAISER 2014). Der dabei mögliche Radius der Flexion, Extension sowie der gekoppelten Lateroflexion und axialen Rotation ist von der Ausformung der Gelenkfortsätze abhängig (KAISER 2014). So erlaubt das als Scharniergelenk ausgebildete Atlantookzipitalgelenk nur eine Beugung und Streckung, das Zapfengelenk zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel vornehmlich eine axiale Rotation des Halses (KAISER 2014). Die in der Halswirbelsäule prominent angelegten Facettengelenke verändern ihre Stellung von einem circa 45° Winkel an den Wirbeln C3 bis C6, zu einer annähernd transversalen Stellung der Gelenkflächen am Übergang zur Brustwirbelsäule (KAISER 2014). Diese anatomischen Gegebenheiten führen zu einer großen Beweglichkeit der zervikalen Wirbelsäule (KAISER 2014). Indem der Patient dem vorgehaltenen Futter zu unterschiedlichen Körperpunkten folgt, kann die Beweglichkeit in verschiedenen Halsabschnitten überprüft werden (DENOIX u. PAILLOUX 2000). Auf diese Weise überprüft die Dehnung in Richtung Schulter- bzw. Karpalgelenk die Mobilität der kranialen bzw. kaudalen Halswirbelsäule und die Bewegung zum Ellbogen bzw. zur Kniefalte die kombinierte Seitwärtsbiegung und Rotation des kranialen respektive kaudalen Halsbereichs (DENOIX u. PAILLOUX 2000). DYSON (2003) weist darauf hin, dass einige Pferde eine



Bewegungseinschränkung in der Lateroflexion der Halswirbelsäule durch ein übermäßiges Abknicken im Genick kompensieren. Kann der Patient eine Bewegung nur unzureichend oder widersetzlich ausführen, so muss daraus auf einen schmerzhaften Prozess oder auf eine mechanische Blockade geschlossen werden, deren Ursache durch weiterführende bildgebende Diagnostik abgeklärt werden sollte (SPEIRS 1997).

### **2.4.1.3 Beurteilung des Pferdes in Bewegung**

Im Anschluss an die Untersuchung in Ruhe erfolgt eine Beurteilung des Patienten in der Bewegung. Dies erfolgt im Schritt an der Hand sowie in allen drei Gangarten an der Longe und gegebenenfalls unter dem Reiter (DYSON 2003; KAISER 2014; SPRAYBERRY u. ROBINSON 2015). Symptome, die auf ein Leiden im Bereich der Halswirbelsäule hinweisen können, sind eine reduzierte Vorderhandaktion mit wenig Schwung und flacher Fußung der Vordergliedmaßen sowie eine verkrampfte Haltung des Halses, die eine losgelöste Vorwärts-Abwärts-Streckung erschwert oder gänzlich unmöglich macht (SPRAYBERRY u. ROBINSON 2015). Ob eine Sichtung unter dem Reiter nötig ist, hängt davon ab, ob sich die klinischen Symptome vorberichtlich vor allem oder ausschließlich während des Reitens gezeigt haben (DYSON 2003; KAISER 2014).

Da Erfahrungen ergeben haben, dass die Ergebnisse von Tag zu Tag variieren können, empfiehlt es sich bei bestimmten Fällen, den Patienten wiederholt zu untersuchen, um ein vollständiges Bild der Klinik zu erhalten (BEECH 1976).

## **2.4.2 Klinische Untersuchung des Rückens**

### **2.4.2.1 Anamnese**

Die Anamnese soll Aufschluss darüber geben, ob es sich um ein akutes oder ein chronisches Problem handelt und welche Symptome für den Besitzer bzw. den ständigen Reiter im Vordergrund stehen (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Hierbei werden häufig Rittigkeitsprobleme und Leistungsschwäche, aber auch Lahmheit und Probleme beim Umgang mit dem Pferd genannt. Seltener wird konkret von einer Schmerzhaftigkeit im Rückenbereich berichtet (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u.



SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Es muss erfragt werden, ob ein Sturz oder ein Trauma bekannt ist oder eine Verhaltensänderung des Pferdes beobachtet wurde (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Zudem sollten dem konsultierten Tierarzt das Signalement, das reiterliche Niveau, der Ausbildungsstand des Pferdes sowie das allgemeine Management bekannt sein (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011).

#### **2.4.2.2 Klinische Untersuchung in Ruhe**

Die Adspektion und Palpation können sowohl in der Box als auch im Untersuchungsstand durchgeführt werden (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997b; MARTIN u. KLIDE 1999). Das Pferd soll dabei entspannt sein und alle vier Gliedmaßen gleichmäßig belasten (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997b; MARTIN u. KLIDE 1999).

##### Adspektion

Das Pferd wird hinsichtlich seines Ernährungszustands und seiner Bemuskulung beurteilt, um zwischen einer Muskelatrophie und einem schlechten Ernährungszustand differenzieren zu können (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c). Des Weiteren wird auf Auffälligkeiten in der Sattellage, wie beispielsweise Narben, Schwellungen und Satteldruckstellen, geachtet (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Abweichungen von der physiologischen Rückenform (Kyphose, Skoliose, Lordose) werden notiert und die Widerrist- und Kruppenform sowie das Niveau der Hüft- und Kreuzbeinhöcker bewertet (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Außerdem muss die Symmetrie der Rücken- und Kruppenmuskulatur betrachtet werden, da eine Muskelatrophie auf eine Schonhaltung oder eine eingeschränkte Beweglichkeit und damit auf einen pathologischen Prozess in dem Bereich hinweisen kann (JEFFCOTT 1985; DENOIX u. DYSON 2011).

An die Adspektion des Patienten schließt sich eine klinische Allgemeinuntersuchung an (GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c).



## Palpation

Bei der Palpation des Pferdes muss jede Reaktion immer individuell unter Berücksichtigung des Temperaments des Pferdes beurteilt werden, um zwischen einer normalen Reaktion und einem Verhalten, welches auf Rückenbeschwerden hinweisen kann, unterscheiden zu können (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; DENOIX u. DYSON 2011).

Bei allen nachfolgend beschriebenen Untersuchungen wird jeweils auf Abwehrreaktionen und Schmerzäußerungen des Pferdes sowie deren Reproduzierbarkeit geachtet (GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Mögliche Reaktionen von Rückenbeschwerden äußern sich bei Pferden beispielsweise durch Ausschlagen, Steigen, Schweifschlagen, übermäßiges Anspannen der Rückenmuskulatur, Muskelfaszikulationen, Einknicken in der Hinterhand oder Stöhnen (GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011).

Die Spitzen der Dornfortsätze sowie die Interspinalräume werden vom Widerrist bis zum letzten Lendenwirbel palpiert. Dabei wird auf nach rechts oder links verschobene sowie auffällig prominente Dornfortsätze geachtet (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c, b; RIJKENHUIZEN 2002). Bei der Interpretation der Interspinalräume ist zu berücksichtigen, dass die Dornfortsätze an T12 sowie T15 physiologisch schmalere Zwischenräume aufweisen (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c, b; RIJKENHUIZEN 2002). Die Palpation erfolgt zunächst mit den Fingern und im Anschluss als Druckpalpation mit einem stumpfen Gegenstand (z.B. dem hölzernen Ende einer Oberlippenstrickbremse) (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c, b; RIJKENHUIZEN 2002). GUNDEL u. SCHATZMANN (1997c) beschreiben anschließend die Palpation des *M. longissimus dorsi*, des *Lig. supraspinale* und der *Fascia thoracolumbalis*, beginnend mit einer leichten oberflächlichen Palpation hin zu einer kräftigen Tiefenpalpation. Dabei untersucht der Tierarzt beide Seiten des Patientenrückens von der jeweils kontralateralen Seite (GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c). Ein erhöhter Muskeltonus, entweder entlang der gesamten Rückenlänge oder fokal, ein- oder beidseitig, kann hierbei einen Hinweis auf eine zugrundeliegende Pathologie im Bereich des Weichteilgewebes oder der knöchernen Strukturen geben (GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; DENOIX u. DYSON 2011).



Eine Schmerzpalpation am Übergang zwischen letztem Lendenwirbel und dem *Tuber sacrale* überprüft die Reaktion auf Manipulation im Bereich des Iliosakralgelenkes (GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c).

Zusätzlich wird die Beweglichkeit der Wirbelsäule getestet, indem das Pferd durch Manipulationstests dazu gebracht wird, eine Flexion, Extension sowie Lateroflexion des Rückens durchzuführen (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Möglich ist dies beispielsweise durch das Entlangstreichen eines Kugelschreibers oder eines anderen spitzen Gegenstandes paramedian entlang der Wirbelsäule über die Kruppe bis zur langen Sitzbeinmuskulatur (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Um ein seitenvergleichendes Bild zu erhalten, wird diese Untersuchung nacheinander an beiden Seiten durchgeführt (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. PAILLOUX 2000; DENOIX u. DYSON 2011).

DENOIX u. PAILLOUX (2000) beschreiben differenziertere Methoden zur Überprüfung der Beweglichkeit der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte. Sie überprüfen die Streckung der thorakalen bzw. der lumbosakralen Wirbelsäule durch manuellen Druck kaudal des Widerrists bzw. im vorderen Kruppenbereich. Die Aufwölbung der Brustwirbelsäule erreichen sie durch Hautstimulation unter dem Brustbein, die Beugung der gesamten Rückenlinie durch Druck im Bereich der langen Sitzbeinmuskulatur etwa eine Handbreit distal der Sitzbeinhöcker. Die Lateroflexion nach rechts und nach links kann provoziert werden, indem der Gegenstand entlang der hinteren Rippenbögen nach ventral geführt wird oder der Untersucher die Haut am kontralateralen Hüfthöcker sowie an der ipsilateralen letzten Rippe stimuliert (DENOIX u. PAILLOUX 2000). Zur Beurteilung muss die Aufsicht auf den Rücken des Pferdes gewährleistet sein (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Als klinisch signifikant wird das Festmachen in der Rückenmuskulatur sowie der Unwillen bzw. die Unfähigkeit, die Übung vollständig auszuführen, bewertet, während ein reflexartiges Ausweichen nicht als pathologischer Befund zu werten ist (JEFFCOTT 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011).



RIJKENHUIZEN (2002) beschreibt eine Perkussion der *Procc. spinosi* bei auffälligen Adspektions- oder Palpationsbefunden als weitere mögliche Untersuchung auf Schmerzhaftigkeit.

Um ein ganzheitliches Bild von der Beweglichkeit der Wirbelsäule zu erhalten, muss die aktive Halsbeweglichkeit ebenfalls überprüft werden (GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c).

Wenn ein Sturz oder ein ähnliches Trauma bekannt sind, so sollte je nach klinischem Bild eine transrektale Palpation des Beckenrings erfolgen (JEFFCOTT 1985; MARTIN u. KLIDE 1999).

### **2.4.2.3 Beurteilung des Pferdes in Bewegung**

#### An der Hand

Der Patient wird zunächst im Schritt und dann im Trab an der Hand auf hartem Boden und gerader Strecke betrachtet. Hierbei wird auf eventuell vorliegende Lahmheiten, Gangunregelmäßigkeiten und die Aktion der Hintergliedmaßen geachtet (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Anschließend wird das Pferd im Schritt in engen Wendungen links und rechts herumgeführt und dabei auf die Biegung der Wirbelsäule, die Kontraktion der Rückenmuskulatur sowie das Einbeugen der Sprunggelenke geachtet. Abschließend wird das Pferd an der Hand rückwärtsgerichtet (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Bei dem Verdacht auf eine Lahmheit können zusätzlich Beugeproben durchgeführt werden. Sollte sich eine Lahmheit bestätigen, ist ihre Ursache als erstes zu ergründen und eine adäquate Therapie einzuleiten (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011).

#### An der Longe

Es schließt sich eine circa zehn- bis fünfzehnminütige Beurteilung des nicht ausgebundenen Pferdes an der Longe auf weichem Boden in allen drei Grundgangarten an (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Pferde, die unter Rückenbeschwerden leiden, zeigen unter anderem ein breitbeiniges oder im Bogen eng nach innen geführtes („zopfartiges“ GUNDEL u. SCHATZMANN (1997b)) Bewegungsmuster der Hinterhand, Zehenschleifen der Hintergliedmaßen, eine



verminderte Rückentätigkeit mit stark kontrahierter Rückenmuskulatur, wenig Biegung, eine übermäßig hohe Kopf-Hals-Haltung und/oder den Eindruck eines herabgesetzten Allgemeinbefindens (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Des Weiteren kann öfter beobachtet werden, dass erkrankte Pferde nur unwillig traben und stattdessen angaloppieren, wobei sie unter Umständen vermehrt in den Außen- oder den Kreuzgalopp fallen (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011).

### In der alltäglichen Nutzung

Um einen abschließenden Eindruck des klinischen Bildes des vorgestellten Patienten zu bekommen, wird das Pferd nach der Betrachtung des Sattelns und Aufsitzens bzw. Einspannens in ein Geschirr in seiner gewohnten alltäglichen Arbeit beurteilt (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Hierbei sollen neben den drei Grundgangarten insbesondere die Situationen vorgestellt werden, in denen sich das Pferd unwillig oder nicht zufriedenstellend präsentiert. Ein gebundener Gang, die Verweigerung der reiterlichen Hand bzw. des Schenkels, wenig Hinterhandaktion sowie Steigen und Buckeln können Hinweise auf ein vorliegendes Rückenleiden sein. Die Symptome zeigen sich hierbei im Trab stärker als im Schritt und im Galopp (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011).

Abschließend wird das Pferd erneut rückwärtsgerichtet. Dabei können unter anderem Symptome wie das Schleifen der Vordergliedmaßen, ein übermäßig angehobener Kopf, verspannte Rückenmuskulatur sowie eine vollständige Verweigerung der Lektion beobachtet werden. (JEFFCOTT 1978, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011)

GUNDEL u. SCHATZMANN (1997a, 1997b) weisen darauf hin, dass die Symptome von Fall zu Fall sehr unterschiedlich sind und immer nur eine Auswahl aller klinisch auf eine Rückenerkrankung hinweisenden Anzeichen vorliegt. Hinzu kommt, dass die klinische Ausprägung nicht konstant ist, sondern von Tag zu Tag variiert, was eine mehrfache Untersuchung eines Patienten erfordert. Diese Tatsachen erschweren eine eindeutige Diagnose und erfordern eine systematische und umfassende Untersuchung (GUNDEL u. SCHATZMANN 1997a, b; MARTIN u. KLIDE 1999).



### **2.4.3 Orthopädische Untersuchung der Gliedmaßen**

Im Folgenden wird die orthopädische Lahmheitsuntersuchung beschrieben, wie sie auch im Rahmen der vorliegenden Publikation durchgeführt worden ist. In diesem Fall steht der Ausschluss einer klinisch manifesten Lahmheit im Vordergrund und somit ist der Untersuchungsgang mit dem einer klinischen Kaufuntersuchung vergleichbar.

#### **2.4.3.1 Anamnese**

Dem Untersucher müssen vor Beginn der Lahmheitsuntersuchung Alter, Rasse, Nutzung und Ausbildungsstand des Pferdes bekannt sein (HERTSCH 2002; RIJKENHUIZEN 2002). Ferner werden Fragen zu in der Vergangenheit stattgehabten orthopädischen Problemen beantwortet (HERTSCH 2002; RIJKENHUIZEN 2002).

#### **2.4.3.2 Klinische Untersuchung in Ruhe**

Um eine optimale Untersuchungsumgebung zu gewährleisten, muss in einer ruhigen Umgebung eine helle, plane Fläche sowie eine mindestens 30 x 3 Meter lange, ebene, harte und nicht zu glatte Vortrabstrecke sowie ein Longierzirkel bzw. eine Reithalle mit weichem Boden vorhanden sein (MEIJER et al. 2001; RIJKENHUIZEN 2002; EDINGER 2010).

#### Adspektion

Die Betrachtung des Pferdes erfolgt stets von allen vier Seiten und zunächst aus einer mittleren Entfernung zur Beurteilung des Gebäudes, der Bemuskulung, der Gliedmaßensymmetrie und der Haltung (HERTSCH 2002; RIJKENHUIZEN 2002; EDINGER 2010; BAXTER u. STASHAK 2011). Bei der Adspektion aus kurzer Distanz wird die Gliedmaßenstellung und die Hufform sowie Muskelatrophien, Auffälligkeiten an den synovialen Einrichtungen, die Kontur der Beugesehnen und Umfangsvermehrung an den Beinen beurteilt (KELLER 1976; HERTSCH 2002; RIJKENHUIZEN 2002; EDINGER 2010; BAXTER u. STASHAK 2011).

#### Palpation

Die Palpation erfolgt sowohl an der belasteten als auch an der aufgehobenen Gliedmaße (KELLER 1976; HERTSCH 2002; RIJKENHUIZEN 2002; BAXTER u. STASHAK 2011). Etwaige Entzündungsanzeichen sowie Umfangsvermehrungen und



Narben werden dokumentiert (KELLER 1976; HERTSCH 2002; RIJKENHUIZEN 2002; BAXTER u. STASHAK 2011). Anschließend werden alle der Palpation zugänglichen synovialen Einrichtungen, der weiche Ballen, der Hufknorpel, die Beugesehnen, die Gleich- und Griffelbeine am aufgehobenen Bein auf abnorme Befunde untersucht (KELLER 1976; HERTSCH 2002; RIJKENHUIZEN 2002; BAXTER u. STASHAK 2011). Vor der Beurteilung des Pferdes in der Bewegung müssen alle vier Gliedmaßen auf digitale Pulsation überprüft werden (KELLER 1976; HERTSCH 2002).

### 2.4.3.3 Beurteilung des Pferdes in Bewegung

Zur Beurteilung einer gegebenenfalls vorliegenden Lahmheit wird der Patient im Schritt und im Trab an der Hand auf gerader, ebener, befestigter Strecke vorgeführt. Die Lahmheit wird anhand ihrer Art (Hangbein-, Stützbein- oder gemischte Lahmheit), ihrer Ursache (Schmerz, mechanisches Hindernis, neuromuskuläres Problem) und ihres Grades eingeteilt (EDINGER 2010). Die Graduierung erfolgt an der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover nach folgendem Schema:

Tabelle 2: Lahmheitsgrade

Geringgradig undeutlich	(+)	1	Im Trab hörbar, aber nicht bei jedem Schritt sichtbar
Geringgradig deutlich	+	2	Im Trab bei jedem Schritt sichtbar
Mittelgradig	++	3	Im Schritt und im Trab deutlich sichtbar
Hochgradig	+++	4	Gliedmaße wird im Schritt nur kurz belastet
Höchstgradig	++++	5	Keine Lastaufnahme auf betroffener Gliedmaße



Im Anschluss hieran wird der Patient im Schritt auf beiden Händen auf das Vorliegen von Wendeschmerz untersucht (HERTSCH u. BERRHUES 1988; HERTSCH 2002; RIJKENHUIZEN 2002). Der Zirkel sollte circa 3 bis 6 Meter im Durchmesser betragen und sein Untergrund muss hart sein (HERTSCH u. BERRHUES 1988; HERTSCH 2002). HERTSCH u. BERRHUES (1988) bewerten eine verkürzte Stützphase sowie ein ruckartiges Hochziehen der Gliedmaße als positiven Ausfall der Wendeschmerzprobe. Bei Kaufuntersuchungen und beim Auftreten von geringgradigen Lahmheiten bei einer klinischen Lahmheitsuntersuchung können verschiedene Provokationsproben durchgeführt werden, um subtile Lahmheiten zu verstärken. Hierbei sollte ein Tierarzt die Beugeproben mit einer Kraft von circa 150 Newton über eine Dauer von 60 Sekunden durchführen (KEG et al. 1997; BUSSCHERS u. VAN WEEREN 2001).

Die Bewertung erfolgt anhand folgender Einteilung (HERTSCH 2002):

**Tabelle 3: Bewertung der Beugeproben nach HERTSCH (2002)**

Undeutlich positiv	1 bis 2 undeutlich lahme Tritte
Geringgradig positiv	1 bis 2 deutlich lahme Tritte
Mittelgradig positiv	Verzögertes Aufsetzen, über zehn deutlich lahme Tritte
Hochgradig positiv	Schonhaltung, langanhaltende hochgradige Lahmheit

Der Nutzen einer Durchführung von Beugeproben im Rahmen einer Kaufuntersuchung wird kontrovers diskutiert, da auch klinisch lahmfreie Pferde insbesondere mit zunehmendem Alter positiv auf die Provokation reagieren (BUSSCHERS u. VAN WEEREN 2001; RIJKENHUIZEN 2002). HERTSCH (2002) merkt an, dass eine gering- bis hochgradig positive Beugeprobe immer nur in Einklang mit weiteren Befunden, u.a. aus der bildgebenden Diagnostik, interpretiert werden darf.

Abschließend wird der Patient in allen drei Grundgangarten auf beiden Händen an der Longe auf weichem Boden vorgestellt (HERTSCH 2002; RIJKENHUIZEN 2002). RIJKENHUIZEN (2002) betont, dass auf weichem Boden vor allem die Hinterhand und die Rückentätigkeit besser zu beurteilen sind und die Präsentation an der Longe somit eine wichtige Ergänzung zu den vorangestellten Untersuchungen ist. Des Weiteren



sind Lahmheiten, die ursächlich auf eine Pathologie eines Weichteilgewebes zurückzuführen sind, oftmals auf weichem Boden deutlicher sichtbar (ROSS 2003).

An die oben beschriebenen klinischen Untersuchungen schließen sich gegebenenfalls diagnostische Anästhesien und eine bildgebende Untersuchung an, um eine ganzheitliche Einschätzung des Krankheitsbildes zu ermöglichen und eine entsprechende Therapie einzuleiten.

## **2.4.4 Bildgebende Verfahren**

### **2.4.4.1 Röntgenologische Untersuchung der Brust- und Lendenwirbelsäule**

#### **2.4.4.1.1 Standardaufnahmen**

Die röntgenologische Darstellung der equinen Brust- und Lendenwirbelsäule konnte bis in die 1970er Jahre aufgrund der großen zu durchdringenden Schichtdicke nur in Teilen und von wenigen Kliniken erfolgreich durchgeführt werden. Erst nach der Entwicklung leistungsstarker Röntgenanlagen und verschiedener Möglichkeiten, die hohe Streustrahlung zu reduzieren, war es in zunehmendem Maße möglich, qualitativ hochwertige Röntgenbilder der Wirbelsäule anzufertigen. In der Literatur werden verschiedene Techniken beschrieben: Die laterolaterale und ventrodorsale Aufnahme in Allgemeinanästhesie sowie die laterolaterale Aufnahme am stehenden Pferd mit schräger und mit vertikaler Röntgenkassette (JEFFCOTT 1975, 1979; KRELING u. LAUK 1996; SAGER 1997; RANNER et al. 1999; WEAVER et al. 1999; UELTSCHI 2001; BUTLER et al. 2008; GEIGER 2012).

Die Aufnahmen in Allgemeinanästhesie in Rückenlage ermöglichen Röntgenbilder im ventrodorsalen Strahlengang zur Darstellung der kaudalen Lendenwirbelsäule und der Kreuz-Darmbein-Region (JEFFCOTT 1979). JEFFCOTT (1979) sieht hierbei als Vorteile, dass Bewegungsartefakte entfallen, eine optimale Positionierung von Röntgenröhre und -kassette möglich ist und die zu durchdringende Schichtdicke verringert wird. Des Weiteren sind keine Personen der Röntgenstrahlung ausgesetzt, weil sie den Raum während der Aufnahme verlassen können (JEFFCOTT 1979). Heutzutage haben die Fortschritte in der ultrasonographischen Diagnostik im Bereich der kaudalen Brustwirbelsäule die Notwendigkeit dieser Projektionstechnik weitestgehend abgelöst (DENOIX 1999a). Die Anfertigung laterolateraler Aufnahmen



der Brust- und Lendenwirbelsäule in Allgemeinanästhesie wie von UELTSCHI (2001) beschrieben, wird nach der Einschätzung von RANNER et al. (1999) nicht benötigt, um auswertbare Röntgenbilder zu erhalten und rechtfertigt somit nicht die Durchführung einer Allgemeinanästhesie.

Die unter anderem von SAGER (1997) beschriebene Technik im laterolateralen Strahlengang, der auf eine an den Brustkorb des Pferdes angelegte schräge Kassette trifft, bietet den Vorteil, dass der Film-Objekt-Abstand minimiert und die Bildqualität damit verbessert wird (KRELING u. LAUK 1996; SAGER 1997). Es entsteht allerdings eine Verzerrung des Röntgenbildes, wobei die abzubildenden Strukturen vergrößert dargestellt werden (SAGER 1997).

Die Röntgenaufnahmen im laterolateralen Strahlengang mit vertikaler Kassette erfolgt am stehenden sedierten Pferd (WEAVER et al. 1999; BUTLER et al. 2008; JOHNS et al. 2008). Es ist darauf zu achten, dass das Pferd die Gliedmaßen gleichmäßig belastet und der Kopf gerade und auf einer neutralen Position gehalten wird (JEFFCOTT 1979; BUTLER et al. 2008; BERNER et al. 2012; GEIGER 2012). Man benötigt eine leistungsstarke Röntgenröhre sowie hochverstärkende Seltene-Erden-Folien und Parallelrasterkassetten, um auswertbare Röntgenbilder anzufertigen (JEFFCOTT 1979; RANNER et al. 1999; WEAVER et al. 1999). WEAVER et al. (1999) beschreiben, dass ein Röntgengenerator mit einer Leistung von 150 kV und 500 mA nötig ist, um qualitativ ausreichende Aufnahmen zu erhalten. Da die Muskulatur von distal nach proximal deutlich zunimmt, wird die Verwendung eines Aluminiumkeils empfohlen (JEFFCOTT 1979; BUTLER et al. 2008; GEIGER 2012). Dieser wird vor den Bleibenden angebracht und reduziert so die Strahlendosis im Bereich der Dornfortsatzspitzen, was eine Bewertung der Dornfortsätze und der Wirbelkörper auf derselben Aufnahme ermöglicht (JEFFCOTT 1979; RANNER et al. 1999; BUTLER et al. 2008). Es werden röntgengedichte Markierungen entlang der Rückenlinie aufgebracht, um eine spätere Orientierung zu ermöglichen (WEAVER et al. 1999; BUTLER et al. 2008; GEIGER 2012). Der Fokus-Film-Abstand variiert in der Literatur zwischen 1,00 und 1,75 m, der Objekt-Film-Abstand zwischen 0,4 und 0,6 m (JEFFCOTT 1979; RANNER et al. 1999; WEAVER et al. 1999; GEIGER 2012). Im Unterschied zu einer schräg an den Brustkorb angelegten Röntgenkassette besteht bei vertikaler Kassette immer ein deutlicher Objekt-Film-Abstand (JEFFCOTT 1979). Dies hat allerdings den Vorteil, dass weniger Streustrahlung auf die Kassette trifft und so die Bildqualität verbessert wird (JEFFCOTT 1979). Die Belichtungswerte liegen je



nach Wirbelsäulenregion und dem entsprechenden Weichteilanteil sowie dem individuellen Grad der Bemuskelung zwischen 50 bis 120 kV bei 25 bis 250 mAs (JEFFCOTT 1979; RANNER et al. 1999; BUTLER et al. 2008; GEIGER 2012). Die Röntgenkassette muss in einem Kassettenhalter fixiert sein, der idealerweise an die Röntgenröhre gekoppelt ist (JEFFCOTT 1979; WEAVER et al. 1999; BUTLER et al. 2008). Aus Strahlenschutzgründen werden große Kassetten (35 x 43 cm) verwendet (JEFFCOTT 1979; WEAVER et al. 1999). Die Röntgenstrahlung durchdringt den Patienten im 90°- bzw. 270° Winkel, wobei der Zentralstrahl in etwa auf den Wirbelkanal, circa 15 bis 20 cm unterhalb der Rückenlinie, ausgerichtet ist (BUTLER et al. 2008). Am Widerrist soll die Kassette den höchsten Punkt des Rückens nur um wenige Zentimeter überragen (BUTLER et al. 2008). Um die Weichteilmasse möglichst klein zu halten, sollen die Röntgenaufnahmen am Ende der Expiration angefertigt werden (BUTLER et al. 2008). Des Weiteren ist es bei sehr gut bemuskelten Pferden insbesondere in der Lendenregion zusätzlich nötig, die Röntgenstrahlung durch Einblenden stärker zu zentrieren (UELTSCI 2001; JOHNS et al. 2008). Laut Literatur ist es möglich, die Brust- und Lendenwirbelsäule von T1 (BUTLER et al. 2008; JOHNS et al. 2008) bzw. T4 (GERHARDS et al. 2007) bis zum vierten Lendenwirbel darzustellen (JEFFCOTT 1997, BUTLER 2008, GERHARDS et al. 2007).

#### 2.4.4.1.2 Spezialaufnahmen

Da die Bewertung der thorakalen synovialen Intervertebralgelenke anhand laterolateraler Röntgenaufnahmen aufgrund von Überlagerungen durch gelenknahe Strukturen (Rippen, *Procc. mamillares*) schwierig ist, beschreibt REISINGER (2003) eine 20° dorsoventral-oblique Aufnahmetechnik zur seitenvergleichenden Darstellung der kleinen Wirbelgelenke. Die Aufnahmen werden am stehenden sedierten Pferd durchgeführt und ermöglichen eine gute Darstellung der Facettengelenke von T9 bis T16 (REISINGER 2003; REISINGER u. STANEK 2005). Es werden zwei überlappende Aufnahmen von jeder Seite, beginnend am hinteren Rand des Schulterblattes, angefertigt. Hierbei wird der Zentralstrahl auf Höhe des ventralen Hüftthöckerrandes und in einem 20° Winkel von ventral nach dorsal positioniert (REISINGER 2003; REISINGER u. STANEK 2005). Die Röntgenplatte wird ebenfalls im 20° Winkel geneigt, so dass Röntgenkassette und Röntgenstrahlen im rechten Winkel zueinanderstehen. Die Aufnahmen erfolgen jeweils in der maximalen Inspiration, um ein möglichst großes Lungenfeld als Luftkontrast zu erreichen



(REISINGER 2003; REISINGER u. STANEK 2005). Im kaudalen Bereich verhindert häufig die Überlagerung des Diaphragmas und der Bauchhöhlenorgane die Darstellung der kleinen Wirbelgelenke (REISINGER u. STANEK 2005). Die Darstellung der Facettengelenke im kranialen Brustwirbelsäulenbereich beschreiben REISINGER u. STANEK (2005) aufgrund der Verdeckung durch die *Scapula* als „schwerig bis unmöglich“.

Die verwendeten Belichtungswerte sowie der Fokus-Film- und der Objekt-Film-Abstand sind in der folgenden Tabelle abgebildet (REISINGER u. STANEK 2005):

**Tabelle 4: Daten zur Anfertigung der Röntgenbilder nach REISINGER u. STANEK 2005**

Röhrenspannung	102-141 kV
Belichtungszeit	30-50 mAs
Fokus-Film-Abstand	100-150 cm
Objekt-Film-Abstand	0,2-0,4 cm

#### **2.4.4.2 Interpretation der Röntgenbilder**

Bei der Beurteilung von röntgenologischen Aufnahmen der Brust- und Lendenwirbelsäule ist immer eine vollständige Bewertung der Dornfortsätze, der Wirbelkörper und der Facettengelenke durchzuführen, da verschiedene Pathologien oftmals gleichzeitig auftreten (KRELING u. LAUK 1996; BUTLER et al. 2008; JOHNS et al. 2008; COUSTY et al. 2010). Des Weiteren müssen röntgenologische Befunde immer im Zusammenhang mit der individuellen Klinik betrachtet werden, da es sich vielfach nur um Abweichungen vom röntgenologischen Normbefund handelt, deren individuelle klinische Relevanz nicht immer nachweisbar ist (RANNER u. GERHARDS 2002; HOLMER 2005; BUTLER et al. 2008; GIRODROUX et al. 2009).

##### **2.4.4.2.1 Beurteilung der thorakolumbalen Facettengelenke**

Die Form der synovialen Intervertebralgelenke der Brustwirbelsäule wird in der Literatur als „L-förmig“, oder als „weites V“ beschrieben (BUTLER et al. 2008; DENOIX u. DYSON 2011). Dabei stellt sich der flache Gelenkspalt als schmale radioluzente Linie dar, welche mit einem schrägen und längeren kranialen Schenkel und einem vertikalen kaudalen Schenkel von kranioventral nach dorsokaudal verläuft (BUTLER et al. 2008; DENOIX u. DYSON 2011). Zu beachten ist ebenfalls, dass sich die Stellung



der Gelenkflächen im Verlauf der Brust- und Lendenwirbelsäule von annähernd horizontal zu vertikal verändert. Ab dem thorakolumbalen Übergang sind die Gelenkspalten röntgenologisch weniger gut definiert. Die Gelenkflächen greifen hier fortschreitend ineinander und verlaufen linear in einem Winkel von circa 40° zur Horizontalen (DENOIX u. DYSON 2011). Die Form der lumbalen Facettengelenke beschreiben BUTLER et al. (2008) als „hinge-like“, also scharnierähnlich.

Die Dicke des subchondralen Knochens der kranialen *Procc. articulares* nimmt im Verlauf der Brust- und Lendenwirbelsäule ebenso wie die Größe der Gelenkflächen nach kaudal zu (DENOIX u. DYSON 2011).

Um die Facettengelenke ausreichend gut beurteilen zu können, ist es erforderlich Röntgenbilder im laterolateralen und im 20° ventrodorsal-obliquen Strahlengang anzufertigen (BUTLER et al. 2008; GIRODROUX et al. 2009). Hierbei sollten verdächtige Gelenke immer im Zentralstrahl liegen und ihre Form und Größe im Vergleich zu den benachbarten Gelenken bewertet werden (BUTLER et al. 2008; DENOIX u. DYSON 2011). GIRODROUX et al. (2009) beobachten bei einigen Röntgenaufnahmen vor allem am thorakolumbalen Übergang eine Überlagerung der Rippen und/oder des Zwerchfells über die Facettengelenke.

Röntgenologisch unauffällige Gelenke stellen sich mit einem regelmäßigen Gelenkspalt und einer gleichmäßigen Opazität der *Procc. articulares* dar (BUTLER et al. 2008). Zu beachten ist, dass sich der subchondrale Knochen der lumbalen Facettengelenke in der Regel sklerotischer darstellt, als im Bereich der Brustwirbelsäule (BUTLER et al. 2008).

In der Literatur werden verschiedene Bewertungsschemata für röntgenologische Veränderungen an den synovialen Intervertebralgelenken beschrieben, die mit einer Osteoarthrose der Facettengelenke assoziiert sind (RANDELHOFF 1997; HAUSSLER et al. 1999b; COUDRY et al. 2007; BUTLER et al. 2008; GIRODROUX et al. 2009; COUSTY et al. 2010; DENOIX u. DYSON 2011). Dabei werden immer der Gelenkspalt, der Sklerosierungsgrad des subchondralen Knochens, peri- und intraartikuläre Knochenzubildungen sowie osteolytische Prozesse beurteilt (RANDELHOFF 1997; HAUSSLER et al. 1999b; UELTSCHI 2001; COUDRY et al. 2007; BUTLER et al. 2008; GIRODROUX et al. 2009; COUSTY et al. 2010; DENOIX u. DYSON 2011).

Im Folgenden ist das Graduierungsschema nach GIRODROUX et al. (2009) modifiziert nach DENOIX (1999b) abgebildet:



Tabelle 5: Bewertungsschema der thorakalen Facettengelenke nach GIRODROUX et al. 2009 modifiziert nach DENOIX 1999b:

Grad	Veränderung	Beschreibung
1	Sklerose	Zunahme der Opazität (subchondraler Knochen, <i>Procc. articulares</i> , dorsal des Gelenks)
2	Osteolyse	Radioluzente Bereiche (subchondraler Knochen, <i>Procc. articulares</i> , dorsal des Gelenks)
3	Intra-/periartikuläre Umformungen	Vergrößerung der Gelenkfläche, unregelmäßige Gelenkränder (intra-/periartikulär)
4	Dorsale Erweiterung des Gelenks	Ausdehnung des Gelenks entlang der Dornfortsätze
5	Modifizierung und Asymmetrie des Gelenkspalts	Verengung/Vergrößerung/Asymmetrie des Gelenkspaltes, doppelter Gelenkspalt, kein klarer Gelenkspalt darstellbar
6	Ankylose	Vollständiger Verlust des Gelenkspaltes

#### 2.4.4.2 Beurteilung der thorakolumbalen Dornfortsätze

JEFFCOTT (1975) beschreibt die Form der Dornfortsatzspitzen als „Schnabelähnlich“, da sie sich mit fortschreitendem Alter zunehmend nach kranial ausziehen. Die *Procc. spinosi* der Brustwirbelsäule nehmen bis zum fünften oder sechsten Wirbel an Länge zu und formen so den Widerrist (JEFFCOTT 1975; WEAVER et al. 1999; BUTLER et al. 2008). Kaudal von T6 verlieren sie stetig an Höhe und bleiben ab dem zwölften Brustwirbel ähnlich lang wie die Dornfortsätze der Lendenwirbelsäule (JEFFCOTT 1975). Die thorakalen Dornfortsätze neigen sich in ihrer kaudalen Abfolge bis zum antiklinalen Wirbel (T15 oder T16) nach kaudal und anschließend nach kranial (JEFFCOTT 1975; WEAVER et al. 1999; SINDING u. BERG 2010). Im Bereich des antiklinalen Wirbels sind die Abstände zwischen den Dornfortsatzspitzen physiologischer Weise am geringsten (JEFFCOTT 1975; SINDING u. BERG 2010). Es besteht jedoch kein direkter Kontakt zwischen benachbarten Dornfortsätzen und es ist keine knöcherne Reaktion erkennbar. Die Knorpelkappen des 2. bis 8. Brustwirbels haben ab dem zweiten Lebensjahr einen eigenen Ossifikationskern, welcher im weiteren Verlauf vollständig verknöchert und nicht mit Frakturen oder osteolytischen Prozessen verwechselt werden darf (GRIMMELMANN 1977; WEAVER et al. 1999).



Die lumbalen *Procc. spinosi* sind alle ähnlich lang und leicht nach kranial geneigt. Am lumbosakralen Übergang sind die *Procc. spinosi* des letzten Brust- und des ersten Lendenwirbels divergierend orientiert.

Der Einfluss der Kopf-Hals-Haltung auf die Abstände zwischen den *Procc. spinosi* wird in der Literatur kontrovers diskutiert (HOLMER 2005; BRUNKEN et al. 2006; BERNER et al. 2012). Da eine Aufwölbung des Rücken beim Absenken des Kopfes und eine entsprechende Kyphose bei stark gehobener Kopfhaltung nicht ausgeschlossen werden können, müssen die laterolateralen Röntgenaufnahmen in einer neutralen Kopf-Hals-Position (Maul circa auf Buggelenkshöhe) angefertigt werden (BERNER et al. 2012). Des Weiteren ist zu beachten, dass das Pferd alle Gliedmaßen gleichmäßig belastet und die Rückenlinie gerade ist, um Rotationsartefakte zu vermeiden (HOLMER 2005). Die Röntgenstrahlung muss im 90° Winkel zur Wirbelsäule ausgerichtet sein (HOLMER 2005).

Im Folgenden sind zwei in der Literatur häufig angewandte Bewertungsschemata zur einheitlichen Beurteilung der Dornfortsätze der Brust- und Lendenwirbelsäule abgebildet.



Tabelle 6: Röntgenklassen nach dem RöLF 2007:

Röntgenklasse	Befund
RK I	- Zwischenräume > 8 mm ohne reaktive Veränderungen
RK II	- Zwischenräume 2-8 mm ohne reaktive Veränderungen - Dorsale Zubildung - Dorsale Zubildung, nasenförmig, nach kranial und/oder kaudal gerichtet
RK II-III	- Zwischenräume < 2 mm ohne reaktive Veränderungen - Zwischenräume 2-8 mm mit reaktiven Veränderungen - Zubildung/en an kranialer und/oder kaudaler Kontur - Nasenförmige Zubildung mit Aufhellungslinie - Dorsale Verschattung, kappenartig
RK III	- Berühren der Dornfortsätze ohne deutliche reaktive Veränderungen
RK III-IV	- Berühren der Dornfortsätze mit starker Sklerosierung und/oder Zubildung - Berühren der Dornfortsätze mit zystoiden Defekten - Dornfortsatz mit zystoidem Defekt - Überlappen (Überlagerung) der Dornfortsatzenden

Der oben abgebildete Röntgenleitfaden findet bei Ankaufsuntersuchungen Anwendung.



Bei dem unten abgebildeten Bewertungsschema nach SAGER (1997) entspricht der Grad V den so genannten „Kissing Spines“ und der Grad VI dem englischen Begriff „overriding“ der *Procc. spinosi*.

Tabelle 7: Bewertungsschema der Dornfortsätze nach SAGER 1997:

Grad	Befund
0	Ohne besonderen Befund
I	Dorsale Zubildungen an den distalen Dornfortsatzenden
II	„Nasenbildungen“ am kraniodorsalen Dornfortsatzende
III	Verkürzter Abstand ohne sonstige Veränderungen
IV	Verkürzter Abstand mit leichter Sklerosierung zwischen zwei oder mehreren Dornfortsätzen
V	Kontakt mit Rarefikation zwischen zwei oder mehreren Dornfortsätzen
VI	Überlappende Dornfortsätze mit Sklerosierung und/oder Rarefikation bei zwei oder mehreren Dornfortsätzen

In mehreren Studien wurde gezeigt, dass ein Abstand von 4 mm zwischen den Dornfortsätzen ohne Sklerosierungen und/oder osteolytische Bereiche bei der Mehrheit der untersuchten klinisch rückengesunden Pferde auftritt (KRELING u. LAUK 1996; RANNER u. GERHARDS 2002; ERICHSEN et al. 2004; HOLMER 2005; GEIGER 2012). SINDING u. BERG (2010) ermittelten bei Warmblutfohlen einen Dornfortsatzabstand von mindestens 4,7 mm mit dem geringsten Abstand zwischen T16/17 und dem weitesten Abstand zwischen T10 bis T12. Daher empfiehlt HOLMER (2005) die Definition im Röntgenleitfaden 2007 für zu eng stehende *Procc. spinosi* von kleiner als 8 mm anzupassen und künftig erst einen Abstand von unter 4 mm als „Engstand“ zu bezeichnen. Unterstützt wird dieser Vorschlag durch die Untersuchungen von GEIGER (2012), die mithilfe des RÖLF 2007 röntgenologische Aufnahmen der Brustwirbelsäule von 404 Pferden auswertete und keinen der Patienten der Röntgenklasse I (Zwischenräume > 8 mm ohne reaktive Veränderungen) zuordnen konnte.

Des Weiteren müssen altersabhängige Formveränderungen der Dornfortsätze berücksichtigt werden, die aufgrund biomechanischer Einflüsse entstehen (DÄMMRICH et al. 1993; RANDELHOFF 1997; RANNER u. GERHARDS 2002).



### 2.4.4.2.3 Beurteilung der thorakolumbalen Wirbelkörper

Die thorakolumbalen Wirbelkörper haben eine kraniale und eine kaudale Epiphyse, welche sich im Alter von 1 bzw. von 4 Jahren schließen (WEAVER et al. 1999). WEAVER et al. (1999) beschreibt die Intervertebralabstände als eng und die Erscheinung des kaudalen Pols der Wirbelkörper als relativ sklerotisch. Die Wirbelkörper werden auf den laterolateralen Röntgenaufnahmen bezüglich abweichender Befunde im Sinne einer *Spondylosis deformans* beurteilt. MEEHAN et al. (2009) entwickelten hierfür das nachfolgend abgebildete Bewertungsschema:

**Tabelle 8: Bewertungsschema der Wirbelkörper nach MEEHAN et al. (2009)**

Grad	Beschreibung
0	Keine Osteophyten
1	Osteophyt an einem Wirbelkörper, der den Intervertebralspalt nicht überbrückt
2	Osteophyten an zwei benachbarten Wirbelkörpern, keine Berührung
3	Osteophyten an zwei benachbarten Wirbelkörpern, Berührung aber keine Sklerosierung
4	Osteophyten an zwei benachbarten Wirbelkörpern, Berührung mit Sklerosierung
5	Brückenbildung mit vollständiger Ankylose der Zwischenwirbelfuge

---

## 3 Eigene Untersuchungen

### 3.1 Material und Methode

#### 3.1.1 Probanden und Kontrollgruppe

Für die vorliegende Studie wurden 42 Warmblutpferde von ihren Besitzern für die hier beschriebene Arbeit zur Verfügung gestellt. Als Kontrollgruppe dienten 27 Warmblutpferde, die in den vergangenen Jahren aufgrund von Rücken- und/oder Rittigkeitsproblemen in der Klinik für Pferde vorgestellt wurden. Die klinischen und röntgenologischen Untersuchungen dieser Probanden wurden retrospektiv ausgewertet.

Es handelte sich um 22 Stuten, 25 Wallache und 22 Hengste im Alter von 2 bis 24 Jahren (Durchschnitt 7,6 Jahre, Median 8,0 Jahre). Die Probanden wurden in vier Altersklassen (Altersgruppen I bis IV) unterteilt: ungeritten (1- bis 3-jährig, Altersgruppe I, n = 11), angeritten (bis 6-jährig, Altersgruppe II, n = 21), 7- bis 11-jährig (Altersgruppe III, n = 27) und älter als 11 Jahre (Altersgruppe IV, n = 10).

Die Probanden wogen zwischen 450 und 737 kg (Durchschnitt 566,7 kg, Median 571 kg), wobei die Angabe des Körpergewichts bei vier Pferden nicht zur Verfügung stand. Die Pferde wurden für zwei aufeinanderfolgende Tage in der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover in Einzelboxen eingestellt und untersucht. Die retrospektiv ausgewerteten Patienten waren teilweise mehrere Tage eingestallt und wurden ebenfalls mehrfach untersucht.

#### 3.1.2 Klinische Untersuchung der Pferde

Die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen wurden bei allen für diese Studie vorgestellten Probanden durchgeführt. Für die retrospektiv ausgewerteten Daten gibt es teilweise Abweichungen bezüglich der Untersuchungshäufigkeit, die in Tabelle 17 darstellt sind. Des Weiteren wurden die klinischen Hals- und Rückenuntersuchungen bei den Kontrollpferden von nur einem Untersucher, dem Untersucher 3 (US 3), durchgeführt. Bei den Untersuchern 1 und 2 (US 1 und 2) handelt es sich um die Tierärzte, welche die im Rahmen dieser Studie vorgestellten Pferde unabhängig voneinander untersucht haben. Die genaue Graduierung und Bewertung der einzelnen



Untersuchungsergebnisse wird in den Kapiteln 3.2.1 und folgende detailliert beschrieben.

### **3.1.2.1 Anamnese**

Im Rahmen der Anamnese wurden neben Rasse, Geschlecht, Alter und Gewicht auch Leistungsdaten der Pferde erhoben. Die jeweilige Nutzung als Dressur-, Spring-, Vielseitigkeits- oder Freizeitpferd sowie das entsprechende Leistungsniveau und die Häufigkeit von Turniereinsätzen wurden erfragt. Des Weiteren wurde der ständige Reiter gebeten, das Temperament, die Leistungsbereitschaft, Probleme beim Satteln und/oder Auftrensen sowie eventuelle Rittigkeitsprobleme zu beschreiben. Zudem wurden nur Pferde in die Gruppe der klinisch rückengesunden Probanden aufgenommen, wenn vorberichtlich keine Rückenerkrankung vorlag.

### **3.1.2.2 Klinische Allgemeinuntersuchung**

Gemäß dem nachfolgend abgebildeten Untersuchungsprotokoll wurde bei jedem Probanden eine klinische Allgemeinuntersuchung durchgeführt.



Tabelle 9: Protokoll der klinischen Allgemeinuntersuchung

<u>Klinische Allgemeinuntersuchung</u>	
<b>Parameter</b>	<b>Befund</b>
Verhalten	
Körperhaltung	
Ernährungszustand	
Pflegezustand	
Habitus	
Atemfrequenz	
Nasenausfluss	
<i>Lnn. mandibulares</i>	
Hustenreflex	
Schleimhäute	
Kapilläre Rückfüllungszeit	
<i>Vv. jugulares externae</i>	
Auskultation Herz	
Herzfrequenz	
Auskultation Lunge	
Darmperistaltik	
Körperinnentemperatur	



### 3.1.2.3 Klinische Halsuntersuchung

Die klinischen Hals- und Rückenuntersuchungen wurden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen jeweils von zwei unabhängigen Untersuchern durchgeführt. Dies geschah immer in einer ruhigen, dem Pferd vertrauten Umgebung. Das hierfür angewandte Untersuchungsprotokoll ist der untenstehenden Abbildung zu entnehmen.

Nach einer adspektorischen Beurteilung der Kopf-Hals-Haltung in Ruhe und in Bewegung wurden die Quantität sowie die Qualität und die Symmetrie der Halsmuskulatur palpatorisch eingestuft. Des Weiteren wurde das Vorliegen etwaiger Entzündungsanzeichen oder Umfangsvermehrungen ausgeschlossen. Für die vorliegende Studie wurde eine gute bis mäßige Bemuskelung mit weicher bis mäßig fester, schmerzfreier Muskulatur akzeptiert.

An die Adspektion und Palpation des Halses schloss sich die Überprüfung der Beweglichkeit der Halswirbelsäule (sog. "Möhrentest") an, indem das Pferd einem vorgehaltenen Futtermittel (Möhre, trockenes Brot o.ä.) zu vier definierten Körperregionen folgte. Hierbei wurde durch die Bewegung in Richtung Bug- bzw. Karpalgelenk die Beugung und Streckung des kranialen bzw. kaudalen Halsbereichs und durch die Bewegung zur Ellbogenspitze bzw. zur Kniefalte die kombinierte Seitwärtsbiegung und Rotation der kranialen bzw. kaudalen Halswirbelsäule überprüft. Eine gute Beweglichkeit lag vor, wenn das Pferd die Bewegung flüssig und ohne Schwierigkeiten durchführte.



### Klinische Halsuntersuchung

Kopf-Hals-Haltung in Ruhe:

Kopf-Hals-Haltung in der Bewegung:

Palpation:    o unauffällig  
                   o schmerzhaft            o Schwellung            o Umfangsvermehrung  
                   o vermehrt warm  
 Bemuskelung o gut            o mäßig            o schlecht  
                                   o weich            o mäßig fest    o fest, verhärtet  
                                   o symmetrisch            o asymmetrisch

### Aktive Beweglichkeit nach links:

Beugung und Streckung des kranialen Halsbereichs (Richtung Buggelenk)

o gut            o mäßig            o schlecht

Beugung und Streckung des kaudalen Halsbereichs (Richtung Karpalgelenk)

o gut            o mäßig            o schlecht

Kombinierte Seitwärtsbiegung und Rotation des kranialen Halsbereichs (Richtung distalen Schulterwinkel oberhalb der Ellbogenspitze)

o gut            o mäßig            o schlecht

Kombinierte Seitwärtsbiegung und Rotation des kaudalen Halsbereichs (Richtung Kniefalte)

o gut            o mäßig            o schlecht

### Aktive Beweglichkeit nach rechts:

Beugung und Streckung des kranialen Halsbereichs (Richtung Buggelenk)

o gut            o mäßig            o schlecht

Beugung und Streckung des kaudalen Halsbereichs (Richtung Karpalgelenk)

o gut            o mäßig            o schlecht

Kombinierte Seitwärtsbiegung und Rotation des kranialen Halsbereichs (Richtung distalen Schulterwinkel oberhalb der Ellbogenspitze)

o gut            o mäßig            o schlecht

Kombinierte Seitwärtsbiegung und Rotation des kaudalen Halsbereichs (Richtung Kniefalte)

o gut            o mäßig            o schlecht

### Seitwärtsbiegung & Rotation des gesunden Halses:

o vollständig            o eingeschränkt            o stark eingeschränkt

**Abbildung 5: Protokoll der klinischen Halsuntersuchung**



### 3.1.2.4 Klinische Rückenuntersuchung

Bei der klinischen Rückenuntersuchung wurden zunächst die Widerrist-, Rücken- und Kruppenform des Pferdes bewertet und Auffälligkeiten wie z.B. abgebrochene oder weiße Haare sowie Narben in der Sattellage notiert. Anschließend erfolgte die Einteilung der Quantität und Qualität der Rückenmuskulatur, bevor die Druckpalpation der Dornfortsätze, die Empfindlichkeit der langen Rückenmuskulatur auf manuellen Druck und die Beweglichkeit der Brust- und Lendenwirbelsäule überprüft wurden.

Die Quantität der Bemuskelung wurde in „gut“, „mäßig“ und „schlecht“ eingeteilt. Hierfür wurde die Sichtbarkeit der Dornfortsätze sowie die Palpation der Dornfortsatzkappen beurteilt. Um den Tonus der Rückenmuskulatur zu bewerten, wurde die Rückenlinie von beiden Seiten paramedian mit den flach aufgelegten Fingern beider Hände palpirt. Hierbei galt in der vorliegenden Studie sowohl eine insgesamt weiche als auch eine mäßig feste, jedoch schmerzfreie Rückenmuskulatur als unauffällig. Der so genannte „Krallengriff“ überprüft die Reaktion des Pferdes auf das Ausüben eines kräftigen manuellen Drucks mit den Fingerspitzen beider Hände auf die lange Rückenmuskulatur. Der „Krallengriff“ wurde nacheinander auf beiden Seiten durchgeführt, wobei ein klinisch rückengesundes Pferd mit einer geringgradigen Lateroflexion zur kontralateralen Seite und einer leichten Extension der Rückenlinie reagierte. Als geringgradig positives Ergebnis wurde ein Verspannen in der Rückenmuskulatur bewertet. Reagierte der Proband mit starker Abwehr (Steigen, Beißen, Einknicken in den Hintergliedmaßen o.ä.), so wurde dies als hochgradig positive Reaktion auf den „Krallengriff“ eingestuft.

Die Druckpalpation der Dornfortsätze erfolgte mit dem stumpfen Ende einer Oberlippenstrickbremse, mit dem auf jeden Dornfortsatz, am höchsten Punkt des Widerrists beginnend bis zu den *Tubera sacralia*, ein kräftiger Druck ausgeübt wurde. Hierbei wurde ein ruhiges, geringgradiges Nachgeben des Rückens unter dem Druck als physiologische Reaktion bewertet, wohingegen Ausweichen, Abwehrreaktionen, Stöhnen, Einknicken in der Hinterhand sowie das mittel- bis hochgradige Anspannen der Rückenmuskulatur als „empfindlich“ bzw. „Ausweichen, Abwehr“ dokumentiert wurde.

Die Überprüfung der Beweglichkeit des Rückens wurde mit Hilfe eines Kugelschreibers durchgeführt, dessen Spitze mit mäßigem Druck circa eine Handbreit paramedian entlang der Wirbelsäule, ausgehend vom Widerrist über die Kruppe bis zur langen Sitzbeinmuskulatur, gestrichen wurde. Ein klinisch rückengesundes Pferd



soll hierbei im Brustwirbelbereich nahezu gleichzeitig eine Extension und Lateroflexion ausführen und bei Provokation der langen Sitzbeinmuskulatur die Rückenlinie deutlich, aber unaufgeregt aufwölben.

Abschließend wurde die Rückenlinie mit dem weichen Ende eines Perkussionshammers perkutiert und die Reaktion des Pferdes in „schwingt“, „schwingt mäßig“, „schwingt nicht“ und „Schmerzreaktion/Ausweichen“ eingeteilt.



Klinische Rückenuntersuchung				
Aspektion:	Widerristform:	<input type="checkbox"/> flach	<input type="checkbox"/> mittel	<input type="checkbox"/> ausgeprägt und knochig
	Rückenform:	<input type="checkbox"/> obB	<input type="checkbox"/> Lordose	<input type="checkbox"/> Kyphose
			<input type="checkbox"/> Skoliose	
	Kruppenform:	<input type="checkbox"/> kurz und eben	<input type="checkbox"/> ggr.	<input type="checkbox"/> mgr.
			<input type="checkbox"/> hgr.	<input type="checkbox"/> abfallend
	Auffälligkeiten (z.B. Satteldruckstellen, Narben...):			
Palpation:	Bemuskelung:	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> schlecht
	Muskulatur:	<input type="checkbox"/> insg. weich, nicht schmerzhaft	<input type="checkbox"/> mäßig fest	
		<input type="checkbox"/> Muskulatur stark tonisiert, verhärtet		
		<input type="checkbox"/> Wegdrücken, Einknicken		
		<input type="checkbox"/> symmetrisch	<input type="checkbox"/> asymmetrisch	
		<input type="checkbox"/> Abwehrreaktionen?	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja
	Palpation der Dornfortsätze:	<input type="checkbox"/> obB	<input type="checkbox"/> Befund:	
	Druckpalpation der DSP:	<input type="checkbox"/> obB	<input type="checkbox"/> empfindlich	<input type="checkbox"/> Ausweichen, Abwehr
	Krallengriff:	<input type="checkbox"/> negativ	<input type="checkbox"/> ggr +	<input type="checkbox"/> mgr +
			<input type="checkbox"/> hgr +	
	Beweglichkeit:			
	Extension:	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> schlecht
		<input type="checkbox"/> übermäßig		
	Flexion:	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> schlecht
		<input type="checkbox"/> übermäßig		
	Lateroflexion nach links:	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> schlecht
		<input type="checkbox"/> übermäßig		
	Lateroflexion nach rechts:	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> schlecht
		<input type="checkbox"/> übermäßig		
	Perkussion:	<input type="checkbox"/> schwingt	<input type="checkbox"/> schwingt mäßig	<input type="checkbox"/> schwingt nicht
		<input type="checkbox"/> Schmerzreaktion, Ausweichen		

Abbildung 6: Protokoll der klinischen Rückenuntersuchung

**Legende Abb. 6:** ggr.: geringgradig      mgr.: mittelgradig      hgr.: hochgradig  
 +: positiv      DSP: Dornfortsätze      obB: ohne besonderen Befund  
 insg.: insgesamt



### **3.1.2.5 Klinische Lahmheitsuntersuchung**

Zum Ausschluss einer Lahmheit erfolgte eine klinische Lahmheitsuntersuchung im Schritt und im Trab auf planem, gepflastertem, trockenem Boden auf gerader Linie. Es wurden Übersichtsbeugeproben an den Vorder- und Hintergliedmaßen durchgeführt. Im Anschluss wurden die Probanden in der Reithalle mit Wassertrense ohne Ausbinder auf der rechten und der linken Hand in den drei Grundgangarten hinsichtlich der Halsbiegung, des Schwungs der Vorder- und Hintergliedmaßen sowie der Rückentätigkeit beurteilt. Die Beurteilung erfolgte im Konsens durch zwei Untersucher und wurde zeitlich nicht vor einer Rückenuntersuchung durchgeführt, um einen Einfluss der Bewegung auf das Ergebnis der Rückenuntersuchung zu vermeiden.





### 3.1.3 Röntgenologische Untersuchung der Pferde

#### 3.1.3.1 Röntgenanlage

In der vorliegenden Studie wurden digitale Röntgenaufnahmen in der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover angefertigt. Hierbei wurde das stationäre 2-Säulensystem mit gekoppeltem Röhren- und Detektorteleskop vom Typ Gierth HF 1000 (GIERTH X-Ray international GmbH, Riesa, Deutschland) und einem Röntgenschutzgehäuse vom Typ R108 der Firma Ralco Srl, Biassono, Italien verwendet. Die Anlage erbringt eine maximale elektrische Spannung von 150 kV und eine maximale elektrische Leistung von 1000 mA.

Als Detektor- und Entwicklungsausstattung stand das DX-S System der Firma Agfa HealthCare, Bonn, Deutschland zur Verfügung. Das hochauflösende Detektorsystem CR HD5.0 besteht aus einer CR HD5.0 Kassette im Format 35 x 43 cm mit der Nadelkristalldetektortechnologie Directrix (Agfa HealthCare, Bonn, Deutschland).

Bei allen Aufnahmen wurde ein fokussiertes Streustrahlenraster zur Reduktion der Sekundärstrahlung verwendet.

#### 3.1.3.2 Vorbereitung der Pferde

Die röntgenologische Untersuchung der Brust- und Lendenwirbelsäule erfolgte am sedierten Probanden, um Bewegungsartefakte zu minimieren und somit die Bildqualität zu optimieren und den Strahlenschutz für Mensch und Tier zu maximieren. Hierfür wurde den Pferden circa 0,01 mg/kg KGW Detomidin (Cepesedan® 10 mg/ml, Firma CP Pharma, Burgdorf, Deutschland) und circa 0,025 mg/kg KGW Butorphanol (Alvegesic® Vet 10 mg/ml, Firma CP Pharma, Burgdorf, Deutschland) in die *Vena jugularis externa* verabreicht. Die Sedierung der Kontrollpferde erfolgte ebenfalls intravenös mit einem  $\alpha$ 2-Agonisten in Kombination mit Butorphanol. Die Pferde wurden so positioniert, dass sie ihre vier Gliedmaßen gleichmäßig belasteten und gerade im Raum ausgerichtet waren. Als Röntgenmarker wurden, aufgrund der genormten Durchmesser und dadurch möglichen Zuordnung auf dem Röntgenbild, Münzen verwendet. Diese wurden mit Klebeband in definierter Reihenfolge median auf der Rückenlinie der Probanden fixiert. Die Markierung der Rückenlinie der Kontrolltiere variierte von keinem Marker zu Markern unbekannter Länge.



Abbildung 8: Röntgenmarker entlang der Rückenlinie

Die Strahlenschutzmaßnahmen (Röntgenschürze, Schilddrüsenschutz, Bleiglasbrille und personalisiertes Dosimeter) wurden zu jeder Zeit von allen beteiligten Personen eingehalten.

### 3.1.3.3 Röntgenologische Untersuchung der Brustwirbelsäule

Für die vorliegende Studie wurden zur Darstellung der Wirbelkörper sowie der Dornfortsätze laterolaterale Aufnahmen und zur Darstellung der Facettengelenke 20° ventrodorsale Schrägaufnahmen angefertigt.

**Tabelle 10:** Belichtungsdaten für die röntgenologische Darstellung der Brustwirbelsäule mit laterolateralem Strahlengang, individuelle Anpassung an Bemuskelung und Körperbau des Pferdes nötig

Körperregion	kV	mAs	mA
Rücken I	70	40	400
Rücken II	84	136	679
Rücken III	98	160	800
Rücken IV	110	160	500

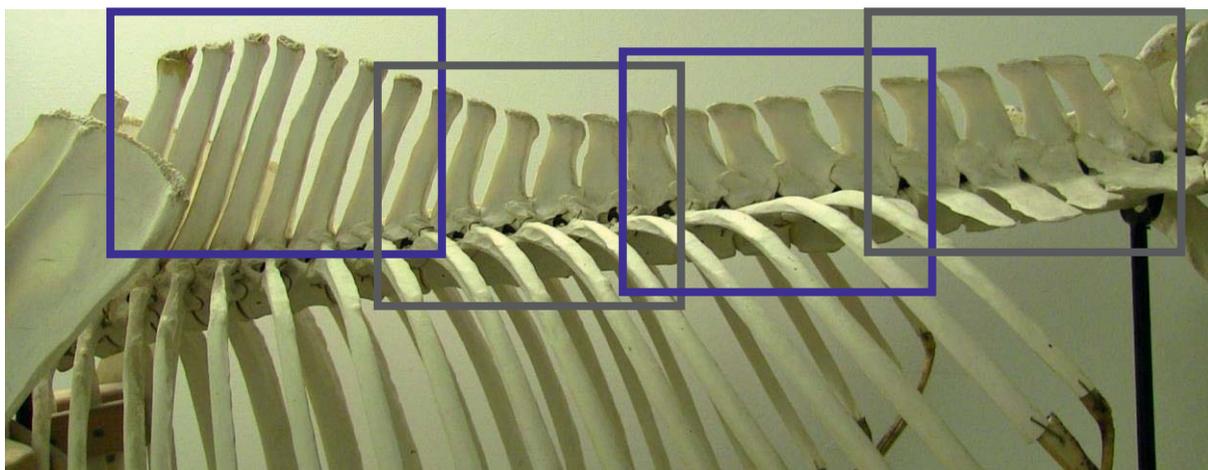
**Legende zu Tabelle 10:**

kV: Kilovolt

mAs: Milliamperesekunden

mA: Milliampere

Für die Röntgenaufnahmen mit laterolateralem Strahlengang wurde ein Aluminiumkeil vor dem Strahlenaustrittsfenster befestigt. Der Fokus-Film-Abstand betrug hierbei circa 120 cm und der Objekt-Film-Abstand wurde so klein wie möglich gehalten. Der Zentralstrahl wurde auf den Übergang zwischen Wirbelkörper und Dornfortsatz ausgerichtet. Die Aufnahmen wurden überlappend vom Widerrist bis zur lumbalen Wirbelsäule angefertigt. Die angewandten Belichtungsdaten stimmten zwischen der Probandengruppe und der Kontrollgruppe in etwa überein und sind der oben abgebildeten Tabelle 10 zu entnehmen.



**Abbildung 9:** Darstellung der überlappend angefertigten Röntgenaufnahmen im laterolateralen Strahlengang

Die röntgenologische Darstellung der thorakalen Facettengelenke erfolgte nach der von REISINGER (2003) publizierten 20° ventrodorsal-obliquen Aufnahmetechnik. Diese ermöglicht die seitenvergleichende Beurteilung der thorakalen synovialen Intervertebralgelenke. Pro Seite wurden zwei bis drei Aufnahmen angefertigt. Die Röntgenröhre wurde hierbei um 20 Grad nach dorsal und parallel dazu der Detektor mit dem Streustrahlenraster im selben Winkel nach ventral gewinkelt. Das Primärstrahlenbündel wurde auf einer gedachten Linie zwischen dem Buggelenk und dem *Tuber coxae* positioniert. Die Aufnahmen wurden mit einem Fokus-Film-Abstand von circa 100 cm und einem geringen Objekt-Film-Abstand angefertigt. Mit der vor dem Strahlenaustrittsfenster vorhandenen Blende wurde der Zentralstrahl auf die nötige Größe verkleinert. Damit bei diesen Aufnahmen eine Zuordnung der Wirbel möglich war, wurde darauf geachtet, dass auch hier die Röntgenmarker mit abgebildet waren. Um einen maximal großen Kontrast zwischen der luftgefüllten Lunge und den Wirbeln zu erreichen, wurde in der maximalen Inspirationsphase ausgelöst. Die verwendeten Belichtungswerte betragen 109 kV und 100 mAs (500 mA bei 0,2 Sekunden).

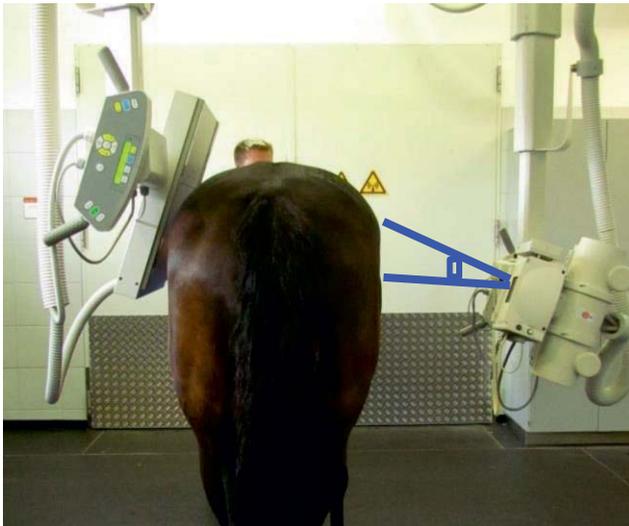


Abbildung 10: Positionierung des Patienten für die 20° ventrodorsalen Schrägaufnahmen, Ansicht von kaudal

### 3.1.3.4 Röntgenologische Untersuchung der Lendenwirbelsäule

Zur röntgenologischen Darstellung der Lendenwirbelsäule wurden Aufnahmen im laterolateralen Strahlengang angefertigt. Aufgrund der deutlich größeren Weichteilmasse, die die Lendenwirbel umgibt, entsteht mehr Streustrahlung, die die Bildqualität in großem Maße reduziert. Der Film-Objekt-Abstand sowie der Film-Fokus-Abstand wurden auf ein Minimum reduziert und der gewünschte Bildausschnitt mithilfe



der Bleibblenden vor dem Streustrahlenraster entsprechend eingeblendet (WEAVER et al. 1999). Die Belichtungswerte wurden an die jeweilige Größe und Bemuskelung des Probanden angepasst. Sie lagen zwischen 98 und 110 kV mit einem mAs-Produkt von 160, wobei der elektrische Strom zwischen 500 und 800 mA gewählt wurde mit entsprechenden Belichtungszeiten zwischen 0,2 und 0,32 Sekunden. Das Primärstrahlenbündel wurde auf die lumbalen Querfortsätze zentriert.

## **3.2 Auswertung**

### **3.2.1 Auswertung der klinischen Untersuchungen**

#### **3.2.1.1 Auswertung der Anamnese und der klinischen Allgemeinuntersuchung**

Die Anamnese wurde durch einen Fragebogen erhoben, der vor den Untersuchungen von dem ständigen Reiter des jeweiligen Probanden ausgefüllt wurde. Bei der Nutzung der Pferde waren Mehrfachnennungen möglich, wobei das Leistungsniveau entweder anhand der Turniernennungen oder anhand der Angaben des ständigen Reiters festgelegt wurde. Bei Problemen beim Satteln und Auftrensen sowie bei in der Vergangenheit liegenden, dem Besitzer bzw. dem Reiter bekannten, Rückenproblemen, erfolgte der Ausschluss aus der klinisch rückengesunden Probandengruppe.

In der vorliegenden Studie wurden des Weiteren nur Patienten berücksichtigt, die klinisch allgemeingesund waren.

#### **3.2.1.2 Auswertung der klinischen Halsuntersuchung**

Die Palpation des Halses erfolgte von beiden Seiten, indem der Untersucher den Hals von links, von rechts sowie von beiden Seiten vergleichend untersuchte. Bei einer „guten“ Halsbemuskelung war der Bereich zwischen der Halswirbelsäule und der Halsoberlinie gleichmäßig gut mit Muskulatur ausgefüllt. Zusätzlich war die dorsale und laterale Kontur bei gut bemuskelten Hälsen konvex. Bei der Bewertung der Quantität wurden das Alter und der Ausbildungsstand des Tieres berücksichtigt. Bei einem ungerittenen Jungpferd wurde eine geringgradig konvexe laterale Halskontur als normal bewertet. Die Halsmuskulatur stellt sich physiologischer Weise im entspannten Zustand „weich“ dar. Dieser Zustand war jedoch sehr stark vom Erregungszustand des Individuums abhängig. So wirkte sie umgehend „mäßig fest“, wenn das Pferd



aufmerksam den Kopf hob und mit seiner Umwelt interagierte, ohne dass dies als ein von der Norm abweichender Befund bewertet wurde. Die symmetrische Bemuskelung des Halses wurde als Normalbefund bewertet.

Die aktive Beweglichkeit des Halses wurde untersucht, indem das Pferd einem interessanten Gegenstand zu definierten Körperstellen folgte. Dabei muss berücksichtigt werden, dass ein Objekt gewählt wird, welches genug Motivation bietet, ihm mit dem Kopf zu folgen. Hierzu dienten Futtermittel (z.B. Möhren, Äpfel, getrocknetes Brot) oder benutzte Putzbürsten.

Die Beweglichkeit wurde mit „gut“ beurteilt, wenn das Pferd den definierten Körperpunkt berührte oder die Bewegung sogar darüber hinaus ausführen konnte. Dabei sollte die Bewegung flüssig und mühelos erfolgen. Die Beweglichkeit wurde als „mäßig“ bewertet, wenn das Pferd einen unterbrochenen Bewegungsablauf zeigte, mehrere Versuche brauchte und/oder die Körperregion nicht ganz erreichte. Als „schlecht“ galt ein kontinuierliches Ausweichen mit der Hinterhand oder das Zurückweichen des Pferdes, wobei der Proband die Körperstelle mit deutlichem Abstand nicht erreichte. Die Gesamtwertung der Halsbeweglichkeit nach rechts und nach links wurde als „vollständig“ eingestuft, wenn das Pferd die Mehrheit der Bewegungen „gut“ und die restlichen Bewegungen „gut bis mäßig“ ausführen konnte. „Geringgradig eingeschränkt“ war die Halsbeweglichkeit, wenn mindestens eine Körperregion nur „mäßig“ erreicht wurde. Die Beweglichkeit des Halses wurde als „stark eingeschränkt“ beurteilt, sobald das Pferd nicht in der Lage war, einen bestimmten Bewegungsablauf durchzuführen und dieser dementsprechend mit „schlecht“ bewertet wurde.

In die hier beschriebene Studie wurden nur klinisch halsgesunde Pferde inkludiert, welche keine Anzeichen für Entzündung oder Schmerzhaftigkeit sowie eine physiologische Halsbemuskelung und -beweglichkeit aufwiesen.

In der untenstehenden Tabelle ist die Codierung und Bewertung der einzelnen Untersuchungsbefunde der klinischen Halsuntersuchung abgebildet.



Tabelle 11: Codierung und Bewertung der Befunde aus der klinischen Halsuntersuchung

Bedeutung	Code	Bewertung
Palpation des Halses	H1	0 = unauffällig 1 = schmerzhaft 2 = Umfangsvermehrung 3 = vermehrt warm
Bemuskelung des Halses	H2	0 = gut 1 = gut bis mäßig 2 = mäßig 3 = mäßig bis schlecht 4 = schlecht
Qualität der Muskulatur	H3	0 = weich 1 = mäßig fest 2 = fest, verhärtet
Symmetrie der Bemuskelung	H4	0 = symmetrisch 1 = asymmetrisch
Aktive Beugung und Streckung des kranialen Halsbereichs in Richtung linkes bzw. rechtes Buggelenk	H5 bzw. H10	0 = gut 1 = gut bis mäßig 2 = mäßig 3 = mäßig bis schlecht 4 = schlecht 5 = nicht beurteilbar
Aktive Beugung und Streckung des kaudalen Halsbereichs in Richtung linkes bzw. rechtes Karpalgelenk	H6 bzw. H11	s.o.
Kombinierte Seitwärtsbewegung und Rotation des kranialen Halses in Richtung linker bzw. rechter Ellbogenspitze	H7 bzw. H12	s.o.
Kombinierte Seitwärtsbewegung und Rotation des kaudalen Halses in Richtung linker bzw. rechter Kniefalte	H8 bzw. H13	s.o.
Seitwärtsbiegung und Rotation des gesunden Halses nach links bzw. rechts	H9 bzw. H14	0 = vollständig 1 = ggr. eingeschränkt 2 = stark eingeschränkt



### 3.2.1.3 Auswertung der klinischen Rückenuntersuchung

Die Beurteilung der Bemuskulung des Rückens erfolgte aus der Adspektion und der Palpation der Rückenlinie. Bei einem „gut“ bemuskelten Rücken waren die Dornfortsatzspitzen weder zu sehen noch deutlich zu fühlen. Der *M. longissimus dorsi* war prominent und wölbte sich bei sehr gut bemuskelten Tieren konvex über die Mittellinie des Rückens vor. Als „mäßige“ Bemuskulung wurde ein Rücken bewertet, dessen Dornfortsatzspitzen adspektorisch erkennbar und bei der Palpation klar zu ertasten waren. Betrachtete man den Rücken von hinten, so wirkte eine gute Rückenmuskulatur eher konkav als konvex. Bei einem schlecht bemuskelten Rücken traten die Dornfortsätze deutlich hervor und waren nicht nur in ihrem Spitzenbereich sichtbar. Die Rückenmuskulatur zwischen den Dorn- und Querfortsätzen war somit unterentwickelt.

Im physiologischen Zustand ist die Rückenmuskulatur symmetrisch sowie weich bis mäßig fest und nicht schmerzhaft bei der Palpation. Auch hier war der Muskeltonus vom Grad der Aufmerksamkeit des Pferdes abhängig und nahm bei gesteigertem Maß an Umwelteinflüssen zu. Als abweichende Befunde waren eine übermäßige lokale oder diffuse Tonisierung sowie Schmerzhaftigkeit bei Berührung zu nennen.

Beim Betasten der Dornfortsätze wurde auf von der Achse abweichende Orientierung sowie unterschiedliche Prominenz der *Procc. spinosi* geachtet.

Die Extension, Flexion und Lateroflexion sollten vom Pferd ruhig, flüssig und deutlich erkennbar ausgeführt werden. Bei eher aufgeregten Probanden konnte es zu einer übermäßigen Reaktion auf die Provokationsproben kommen, ohne dass dies als pathologischer Befund bewertet wurde.

Bei der Druckpalpation der Dornfortsätze sollte das Pferd insbesondere in der mittleren Sattellage mit leichtem und ruhigem Nachgeben nach ventral reagieren. Reagierte der Proband mit deutlicher Extension oder Ausweichen, Stöhnen, Beißen, Schlagen, Einknicken in den Hintergliedmaßen oder Ohrenanlegen, so wurde dies als pathologischer Befund bewertet („Ausweichen, Abwehr“). Ebenfalls galt als unphysiologisch, wenn das Pferd bei der Manipulation durch eine übermäßige Kontraktion der Rückenmuskulatur der Extension des Rückens entgegenwirkte („empfindlich“).

Der so genannte „Krallengriff“ testete die Empfindlichkeit der Muskulatur auf manuellen Druck. Als normales Verhalten wurde hierbei ebenfalls eine leichte Extension des Rückens, welche meist mit einer geringgradigen Lateroflexion zur kontralateralen Seite



einherging, ohne Abwehrverhalten beurteilt. Ein „hochgradig positives“ Ergebnis beschreibt ein Pferd, das auf den „Krallengriff“ mit deutlicher Abwehr reagierte, die sich oftmals in einem übermäßigen und ruckartigen Durchdrücken des Rückens und einer Winkelung der Hinterbeine äußerte. Auch Ausweichen und Ausschlagen konnten hierbei beobachtet werden.

Die Perkussion des Rückens erfolgte mit der weichen Seite eines Perkussionshammers entlang der Rückenlinie. Die Reaktion auf diese Provokation ist in der Literatur noch nicht abschließend beschrieben. In der vorliegenden Studie reichte das Spektrum von einem gleichmäßig entspannten Schwingen des Rückens, welches insbesondere bei der Perkussion des thorakolumbalen Übergangs bei insgesamt ausgeglichenen und kooperativen Individuen zu beobachten war, bis zur Reaktionslosigkeit oder anfänglich nervösem Ausweichen. Im Untersuchungsbogen wurden die Ausprägungen mit schwingt, schwingt mäßig, schwingt nicht und Schmerzreaktion/Ausweichen dokumentiert.

In der untenstehenden Tabelle ist die Graduierung der einzelnen Untersuchungsbefunde der klinischen Rückenuntersuchung abgebildet.



Tabelle 12: Graduierung und Bewertung der Befunde aus der klinischen Rückenuntersuchung

Bedeutung	Code	Bewertung (Zahl = Summand)
Widerristform	R1	0 = flach 1 = mittel      2 = ausgeprägt/knochig
Rückenform	R2	0 = obB 1 = Lordose    2= Kyphose    3 = Skoliose
Kruppenform	R3	0 = kurz und eben 1 = ggr.      2 = mgr.      3 = hgr. abfallend
Auffälligkeiten (haarlose/weiße Stellen...)	R4	0 = nein 1 = ja
Bemuskelung des Rückens	R5	0 = gut 1 = gut bis mäßig 2 = mäßig 3 = mäßig bis schlecht 4 = schlecht
Qualität der Muskulatur	R6	0 = insgesamt weich, nicht schmerzhaft 1 = mäßig fest 2 = stark tonisiert, verhärtet 3 = Wegdrücken, Einknicken bei Palpation
Symmetrie der Rückenmuskulatur	R7	0 = symmetrisch 1 = asymmetrisch
Abwehrreaktionen bei Palpation	R8	0 = nein      1 = ja
Palpation Dornfortsätze	R9	0 = obB      1 = Befund/Schmerzreaktion
Extension	R10	0 = gut      1 = gut bis mäßig 2 = mäßig    3 = mäßig bis schlecht 4 = schlecht    5 = übermäßig/Abwehr
Flexion	R11	s.o.
Lateroflexion nach links	R12	s.o.
Lateroflexion nach rechts	R13	s.o.
Druckpalpation der Dornfortsätze	R14	0 = obB 1 = empfindlich      2 = Ausweichen, Abwehr
Krallengriff	R15	0 = negativ 1 = ggr.      2 = mgr.      3 = hgr. positiv
Perkussion	R16	0 = schwingt 1 = schwingt mäßig 2 = schwingt nicht 3 = Schmerzreaktion, Ausweichen



In dieser Studie wurden definierte Befunde aus allen erfolgten klinischen Untersuchungen zu den im Folgenden benannten übergeordneten Gruppen addiert (Summanden der Bewertungen s. Tabelle 12). In einem zweiten Schritt erfolgte dann die Errechnung von Mittelwerten aus den einzelnen Untersuchungen (1 bis 4 Untersuchungszeitpunkte), sodass für jedes Pferd abschließend der Grad der klinischen Rückenerkrankung festgelegt werden konnte.

Mit der so ermittelten Auswertung wurden die Pferde anhand des entsprechenden Schweregrades wie folgt in „klinisch rückengesund“ (Grad 0), „klinisch geringgradig auffällig“ (Grad 1) und „klinisch deutlich auffällig“ (Grad 2) gruppiert:

**Tabelle 13: Bezeichnung und Ursprung der Befundgruppen, Mittelwerte sowie daraus resultierende Graduierung der klinischen Rückenerkrankung**

<b>Bezeichnung</b>	<b>Befunde</b>	<b>Summe der Untersuchungsparameter aus allen erfolgten Untersuchungen (s. Tab. 12)</b>	<b>Anzahl der Untersuchungen</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Grad</b>
		<i>Addition</i>	<i>Division</i>	<i>Interpretation</i>	
Muskelschmerz	Qualität Rückenmuskulatur, Abwehrreaktionen bei Palpation und Krallengriff	Min. = 0 Max. = 16	Min. = 1 Max. = 4	≤ 0,5 ≤ 1 > 1	0 1 2
Knochenschmerz	Palpation der Dornfortsätze und Druckpalpation der Dornfortsätze	Min. = 0 Max. = 12	Min. = 1 Max. = 4	≤ 0,5 ≤ 1 > 1	0 1 2
Beweglichkeit	Extension, Flexion und Lateroflexion nach links/rechts	Min. = 0 Max. = 80	Min. = 1 Max. = 4	≤ 4 ≤ 8 > 8	0 1 2

**Legende zu Tabelle 13:**

Min. = Minimum                      Max. = Maximum



Pferde, die in einer oder mehreren Schmerzkategorie/n und/oder in der Beweglichkeit des Rückens in Grad 1 eingestuft wurden, wurden in der Gesamtkategorie „Schmerz/Beweglichkeit“ als „geringgradig klinisch auffällig“ (Grad 1) bewertet. Probanden die in den oben genannten Kategorien einmal oder mehrfach in Grad 2 eingruppiert wurden, wurden als „klinisch rückenkrank“ (Grad 2) eingestuft.

### **3.2.1.4 Auswertung der klinischen Lahmheitsuntersuchung**

Bei der für diese Studie bei jedem Pferd einmal durchgeführten klinischen Lahmheitsuntersuchung standen der Ausschluss einer Grundlahmheit sowie die Beurteilung der Bewegung an der Longe auf weichem Boden im Vordergrund. Um in die Gruppe der klinisch rückengesunden Pferde eingeordnet zu werden, durften die Pferde im Schritt und im Trab auf hartem und auf weichem Boden keine Lahmheit zeigen und nach den durchgeführten Übersichtsbeugeproben maximal ein bis zwei undeutlich lahme Schritte machen (Beugeprobe geringgradig positiv, (+)). Des Weiteren durfte kein Wendeschmerz vorliegen und das Aufheben der Hintergliedmaßen sowie das Rückwärtsrichten mussten ohne Abwehr des Pferdes möglich sein. Bei den noch nicht ausgebildeten Jungpferden wurde die Lahmheitsuntersuchung auf den Ausschluss einer Grundlahmheit beschränkt. In der klinisch auffälligen Kontrollgruppe fielen mehrere Pferde mit Vorderhand- oder Hinterhandlahmheiten auf, welche weiter differenziert wurden in geringgradig undeutlich (nur im Trab und hier nicht konstant sichtbar) und dementsprechend nicht anästhesiefähig und geringgradig deutlich (im Trab eindeutig zu erkennen, im Schritt lahmfrei) und dadurch für diagnostische Anästhesien geeignet.

### **3.2.1.5 Beurteilung der Rittigkeit**

Die Beurteilung der Rittigkeit orientiert sich an den vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft veröffentlichten „Leitlinien für die Veranlagungsprüfung von Hengsten der deutschen Reitpferdezuchten“ ([http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/350097690E66C016C12573F60048448D/\\$FILE/2008%20-%20Leitlinien%20f%C3%BCr%20Veranlagungspruefungen.pdf](http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/350097690E66C016C12573F60048448D/$FILE/2008%20-%20Leitlinien%20f%C3%BCr%20Veranlagungspruefungen.pdf)). Abruf am 25.01.2017). Dabei beurteilen ausgebildete Reiter die überwiegend 3-jährigen Hengste bezüglich ihrer Taktreinheit, Losgelassenheit, Maultätigkeit und dem Herantreten an das Gebiss sowie die Fähigkeit sich auszubalancieren, selbst zu tragen und sich zu



dehnen. Die Bereitschaft reiterlichen Hilfen nachzukommen, steht ebenso im Fokus, wie das Sitzgefühl und die Elastizität des Pferdes. Die oben genannten Eigenschaften wurden in der Studie auf Wallache und Stuten übertragen und an das jeweilige Leistungsniveau und das Alter des Pferdes angepasst. Hierfür ist die Bewertung anhand der entsprechenden Stufe der Ausbildungsskala der klassischen Reitlehre zu berücksichtigen (GORDON u. RIESKAMP 2011).

In der vorliegenden Untersuchung wurde der überwiegende Teil der Kontrollpferde von einem ausgebildeten Pferdewirt in der Klinik für Pferde Hannover geritten und beurteilt. Für die anderen Probanden lag die Bewertung der Rittigkeit durch den ständigen Reiter vor.

### **3.2.2 Auswertung der Röntgenbilder**

Alle auf den Röntgenbildern abgebildeten Wirbel wurden jeweils zweimal von zwei erfahrenen Untersuchern nach den im folgenden Textteil der Arbeit beschriebenen Auswertungsschemata analysiert, sodass schließlich für jeden Topos vier Bewertungen vorlagen.

#### **3.2.2.1 Auswertung der thorakalen Facettengelenke**

Die Aufnahme der Röntgenbilder zur seitenvergleichenden Darstellung der thorakalen Facettengelenke erfolgte im 20° ventrodorsal-obliquen Strahlengang. Da zum aktuellen Zeitpunkt noch keine gesicherten Erkenntnisse darüber vorliegen, welche röntgenologischen Veränderungen mit welchem Schweregrad der klinischen Erkrankung einhergehen, wurden die abweichenden Befunde ausschließlich benannt, dabei jedoch auf eine Graduierung verzichtet. Das Bewertungsschema wurde modifiziert von GIRODROUX et al. (2009) modifiziert nach DENOIX (1999b) übernommen. Dabei war das gemeinsame Auftreten mehrerer Befunde an einem einzelnen Intervertebralgelenk möglich.



Tabelle 14: Modifiziertes Bewertungsschema nach GIRODROUX *et al.* (2009) modifiziert nach DENOIX (1999b) zur Beurteilung der thorakolumbalen Facettengelenke

Befund	Beschreibung (Lokalisation)
Sklerose	Zunahme der Opazität (subchondraler Knochen, <i>Procc. articulares</i> und/oder dorsal des Gelenks)
Osteolyse	Radioluzente Bereiche (subchondraler Knochen, <i>Procc. articulares</i> und/oder dorsal des Gelenks)
Intra-/periartikuläre Umformungen	Vergrößerung der Gelenkfläche, unregelmäßige Gelenkränder (intra-/periartikulär)
Dorsale Erweiterung des Gelenks	Ausdehnung des Gelenks entlang der Dornfortsätze
Modifizierung und Asymmetrie des Gelenkspalts	Verengung/Vergrößerung/Asymmetrie des Gelenkspaltes, doppelter Gelenkspalt, kein klarer Gelenkspalt darstellbar
Ankylose	Vollständiger Verlust des Gelenkspaltes

### 3.2.2.2 Auswertung der lumbalen Facettengelenke

Da eine seitenvergleichende Darstellung der lumbalen synovialen Intervertebralgelenke zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht möglich ist, werden diese ebenfalls auf den laterolateralen Aufnahmen bewertet. Dabei kommt der für die thorakalen Facettengelenke beschriebene Score zur Anwendung (s. Tab. 14).

### 3.2.2.3 Ermittlung des exemplarischen Facettengelenksscores

Um Zusammenhänge zwischen den röntgenologischen Ergebnissen der Veränderungen an den Facettengelenken und den anderen erhobenen Daten betrachten zu können, war es nötig, einen Scorewert für die einzelnen Probanden zu erstellen. Hierbei wurde zunächst ein Mittelwert aus den aufsummierten Befunden der vier Auswertungen (je zwei Auswertungen von zwei Untersuchern) jeweils für die thorakalen und die lumbalen Facettengelenke eines Pferdes gebildet. Da pro Pferd unterschiedlich viele Gelenke beurteilt wurden, war es in einem weiteren Schritt nötig, den errechneten Mittelwert durch die Anzahl der individuell ausgewerteten Gelenke zu dividieren, um so einen exemplarischen Facettengelenksscore jeweils für die Brust-



und die Lendenwirbelsäule für jeden Probanden zu erhalten. Dieser wurde mit der Bezeichnung „FG\_mean\_BWS“ und „FG\_mean\_LWS“ abgekürzt.

### 3.2.2.4 Auswertung der Dornfortsätze der Brust- und Lendenwirbelsäule

Die Dornfortsätze wurden auf den laterolateralen Röntgenaufnahmen bewertet. In der nachfolgenden Tabelle ist das Beurteilungsschema von SAGER (1997) in der, in dieser Studie angewandten, modifizierten Form abgebildet.

Tabelle 15: Bewertungsschema modifiziert nach SAGER (1997) zur Beurteilung der Dornfortsätze

Grad	Befund
0	Ohne besonderen Befund
1	Dorsale Zubildungen am distalen Dornfortsatzende (= Dornfortsatzspitze)
2	„Nasenbildungen“ am kraniodorsalen Dornfortsatzende
3	Verkürzter Abstand (< 4 mm) ohne sonstige Veränderungen
4	Abstand > 4 mm, aber leichte Sklerosierung
5	Verkürzter Abstand (< 4 mm) mit leichter Sklerosierung zwischen zwei Dornfortsätzen
6	Zystoider Defekt
7	Kontakt mit Rarefikation und/oder Sklerosierung zwischen zwei Dornfortsätzen
8	Zwei überlappende Dornfortsätze mit Rarefikation und/oder Sklerosierung

Anders als in der Untersuchung von SAGER (1997), welcher den höchsten vorkommenden Befund als Gesamtwert für den Probanden annahm, werden die Befunde (auch Mehrfachnennungen) für jeden einzelnen Zwischendornenbereich beschrieben.

Der Grad 1 entspricht einer Knochenzubildung an der Dornfortsatzspitze, wohingegen Grad 2 eine Ausziehung am kraniodorsalen Dornfortsatzende meint, welche als Vorstufe zur „Kissing Spines“-Bildung gilt. Als verkürzter Abstand zwischen zwei Dornfortsätzen gilt ein Abstand, welcher an der engsten Stelle weniger als 4 mm beträgt. Dies kann sowohl mit (Grad 5 bis 8) als auch ohne (Grad 3) weitere reaktive knöcherne Veränderungen (Sklerosierung, Rarefikation/Osteolyse) einhergehen. In selteneren Fällen können geringgradige sklerotische Veränderungen auch an



Dornfortsätzen beobachtet werden, die einen größeren Abstand als 4 mm haben (Grad 4). Die Befunde 7 und 8 wurden nachfolgend mit der Beschreibung „Kissing Spines“ zusammengefasst. Pferde mit „Kissing Spines“ zwischen zwei Dornfortsätzen wurden in der vorliegenden Studie mit „Kissing Spines“-Grad 1 bewertet. Traten „Kissing Spines“ an mehreren Lokalisationen auf, so ergab dies einen „Kissing Spines“-Grad 2. Vergleichbar wurden auch Veränderungen an den Wirbelkörpern im Sinne einer ventralen Spondylose (Grad 1 und 2), zystoide Defekte (Grad 1 und 2) und Engstände (Grad 1 und 2) eingruppiert.

### 3.2.2.5 Auswertung der Wirbelkörper

Die Wirbelkörper wurden auf den laterolateralen Aufnahmen mithilfe des von MEEHAN et al. (2009) entwickelten Schemas zur Ausbildung von ventralen Osteophyten (*Spondylosis deformans*) beurteilt.

Tabelle 16: Bewertungsschema nach MEEHAN et al. (2009) zur Beurteilung der Wirbelkörper

Grad	Beschreibung
0	Keine Osteophyten
1	Osteophyt an einem Wirbelkörper, der den Intervertebralspalt nicht überbrückt
2	Osteophyten an zwei benachbarten Wirbelkörpern, keine Berührung
3	Osteophyten an zwei benachbarten Wirbelkörpern mit Berührung, aber ohne Sklerosierung
4	Osteophyten an zwei benachbarten Wirbelkörpern mit Berührung und Sklerosierung
5	Brückenbildung mit vollständiger Ankylose der Zwischenwirbelfuge



### 3.2.3 Statistische Auswertung

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit der Statistiksoftware SAS Enterprise Guide® (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

Um einfache Häufigkeiten und Verteilungen innerhalb einzelner Gruppen, wie beispielsweise die Anzahl klinisch rückenkranker Pferde in den verschiedenen Altersgruppen, darzustellen, wurde für viele Daten eine einfache deskriptive Statistik zugrunde gelegt.

Der Test auf Normalverteilung wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Die Nullhypothese nimmt hierbei die Normalverteilung der univariaten Daten an, sodass bei  $p > 0,05$  die Werte als normalverteilt gelten.

Das „inter- und intrarater agreement“ wurde mit Hilfe des einfachen Kappa-Koeffizienten für 2 x 2-Feldertafeln und des gewichteten Kappa-Koeffizienten für Vielfelder-Tafeln berechnet. Für nähere Details bezüglich der Bewertung siehe Kapitel 4.5.1.1.

Der Test von McNemar wurde bei verbundenen Stichproben mit dichotomen Merkmalen gewählt, um die Ergebnisse der klinischen Untersuchungen zwischen den Untersuchern und den Untersuchungszeitpunkten zu vergleichen. Bei größeren quadratischen Tafeln wurde der McNemar-Bowker-Test auf Symmetrie ausgewertet. Zur Beschreibung von Zusammenhängen zwischen zwei kategoriellen Werten, wie beispielsweise Altersgruppe, „Kissing Spines“-Grad oder Muskelschmerz, fand der Exakte Test von Fisher Anwendung. Der Exakte Test von Fisher ist das Äquivalent des Chi-Quadrat-Tests. Letzterer wurde bei Stichgrößen über 60 und einer erwarteten Mindestanzahl von fünf Pferden pro Tabellenfeld gewählt.

Für die Betrachtung des Zusammenhangs zwischen einem stetigen (z.B. FG\_mean\_BWS) und einem ordinal skalierten, nicht normalverteilten Merkmal (z.B. klinisch rückenkrank) wurde eine nicht-parametrische ANOVA (Analysis of Variance) ausgewählt. Hierbei handelte es sich bei zwei unverbundenen Stichproben um den Wilcoxon Zweistichprobentest (auch Mann-Whitney-U-Test) und bei mehr als zwei unverbundenen Stichproben um den Kruskal-Wallis-Test.

In der vorliegenden Studie wurden alle Wahrscheinlichkeiten  $p < 0,05$  als einfach signifikant (\*) bewertet. Als weitere Differenzierung wurde  $p < 0,005$  als hochsignifikant



(\*\*),  $p < 0,0005$  als höchstsignifikant (\*\*\*) und  $0,1 > p < 0,05$  als statistisch auffällig bewertet.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisse der Anamnese

Von den 69 Pferden waren 11 Pferde noch ungerittene Jungtiere und 13 Probanden wurden überwiegend als Freizeitpferd eingesetzt. Die überwiegende Mehrheit der Sportpferde (Dressur, Springen und Vielseitigkeit) dieser Studie wurden in den Leistungsklassen A und L vorgestellt. Eine Mehrfachnutzung als Dressur- und Springpferd war möglich.

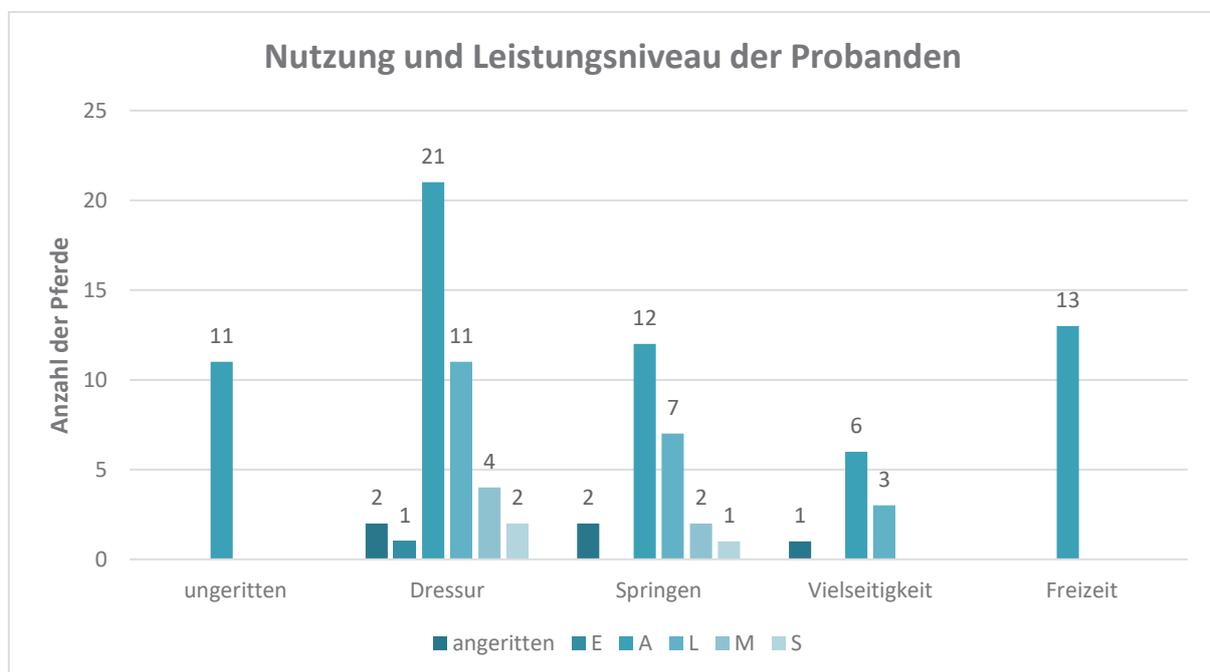


Abbildung 11 Nutzung und Leistungsniveau der Probanden, Mehrfachnutzung Dressur und Springen möglich

### 4.2 Ergebnisse der klinischen Allgemeinuntersuchung

Alle 69 Pferde, die in der vorliegenden Studie untersucht wurden, bzw. deren Daten retrospektiv ausgewertet wurden, waren zum Zeitpunkt ihrer klinischen und röntgenologischen Untersuchung klinisch allgemeingesund.



### 4.3 Ergebnisse der klinischen Halsuntersuchung

Alle 40 klinisch halsuntersuchten Patienten wurden als klinisch halsgesund bewertet und wiesen somit eine gute bis mäßig gute, symmetrische, weiche bis mäßig feste Halsmuskulatur sowie eine physiologische Halsbeweglichkeit auf. Bei 29 retrospektiv betrachteten Rückenpatienten lagen keine vollständigen Ergebnisse für eine Halsuntersuchung in der Krankenkarte vor. Weil es weder vorberichtlich noch im Rahmen der klinischen Untersuchung Hinweise für eine Halserkrankung gab, wurden diese Pferde als halsgesund betrachtet.

Es ergab sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der Bewertung der Muskulatur als „weich“ und „mäßig fest“ durch den Untersucher 2 an den beiden Untersuchungstagen ( $p = 0,035$ ). So wurde die Halsmuskulatur der Pferde an dem einen Tag signifikant häufiger als „weich“ und an dem anderen Tag als „mäßig fest“ eingestuft. Eine ähnliche Tendenz wiesen auch die Aufzeichnungen des Untersuchers 1 auf, dies Ergebnis war jedoch nicht signifikant ( $p = 0,052$ ).

Auf alle anderen Ergebnisse der klinischen Untersuchungsparameter hatten weder der Untersuchungszeitpunkt noch die beiden Untersucher einen signifikanten Einfluss.

### 4.4 Ergebnisse der klinischen Rückenuntersuchung

Wie im Material- und Methodenteil dieser Studie schon erwähnt, handelte es sich bei den Untersuchern 1 und 2 um die Tierärzte, die die für diese Studie vorgestellten Probanden untersucht haben. Der Untersucher 3 war jeweils ein erfahrener Tierarzt, der die retrospektiv ausgewerteten Pferde klinisch untersucht hat.

Die Ergebnisse der klinischen Rückenuntersuchung der 69 Probanden unterschieden sich weder an den Untersuchungstagen bei den jeweiligen Probanden noch zwischen den Untersuchern 1 und 2 signifikant. Für den Untersucher 3 konnte ebenfalls eine signifikante Übereinstimmung der Untersuchungsergebnisse zu den verschiedenen Messzeitpunkten belegt werden.

Mittels einer Varianzkomponentenanalyse wurde ebenfalls gezeigt, dass die Untersucher keinen signifikanten Einfluss auf die zusammengefassten Ergebnisse der Rückenuntersuchungen hatten ( $p = 0,3$  bis  $1$ ). Daraus ergab sich, dass das untersuchte Pferd und der Messzeitpunkt als Einflussgrößen für bestehende Unterschiede bezüglich der Untersuchungsergebnisse verblieben. Der Messzeitpunkt hatte einen Einfluss auf das Ergebnis der klinischen Rückenuntersuchung. So war er



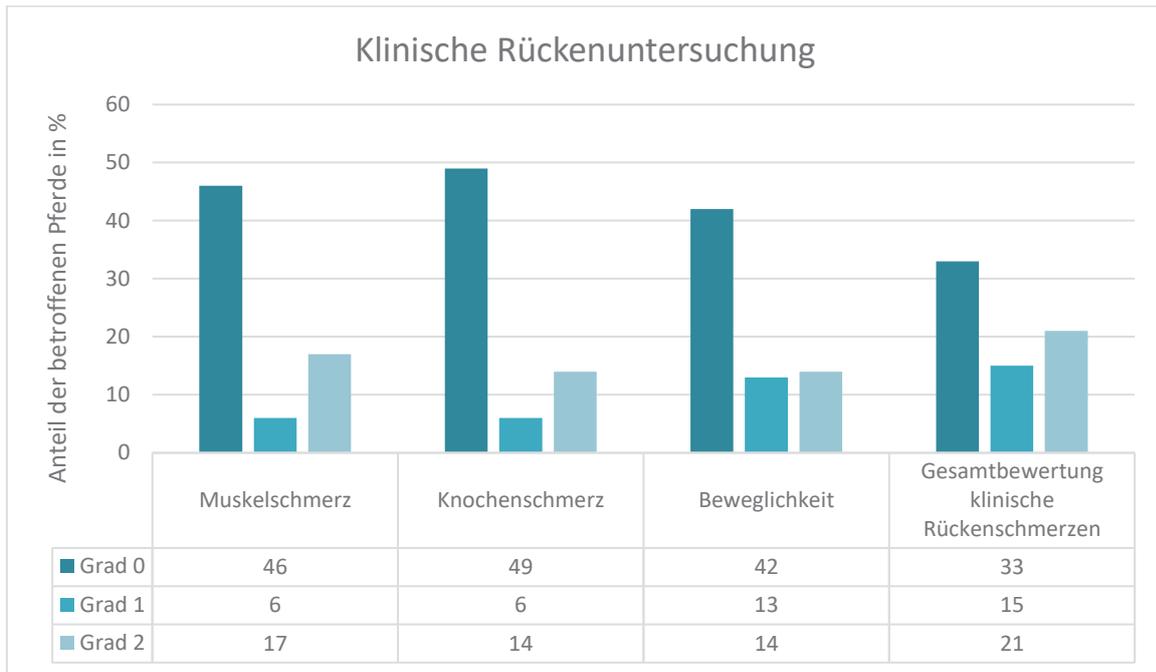
zu 14,97 bis 30,15 % für die Varianz zwischen den Messungen verantwortlich. Am deutlichsten unterschieden sich die Beweglichkeit der Brust- und Lendenwirbelsäule zwischen den einzelnen Messzeitpunkten. Der untersuchte Proband hatte einen höchstsignifikanten Einfluss ( $p < 0,0001$ ) auf das Ergebnis der klinischen Rückenuntersuchung und bestimmte zu 69,84 bis 85,03 % das Resultat.

Die klinische Rückenuntersuchung wurde bei 64 Pferden (92,75 %) mehrfach durchgeführt. Bei fünf der retrospektiv ausgewerteten Warmblutpferde (7,25 %) lag das Ergebnis nur von einer Untersuchung durch einen Untersucher vor.

**Tabelle 17: Anzahl der durchgeführten klinischen Rückenuntersuchungen pro Pferd**

<b>Anzahl der durchgeführten Untersuchungen</b>	<b>Anzahl der Pferde (n = 69)</b>	<b>Prozentanteil</b>
4	48	69,57 %
3	3	4,35 %
2	13	18,84 %
1	5	7,25 %

Anhand der Ergebnisse der klinischen Rückenuntersuchung wurden alle Probanden nach dem in Kapitel 3.2.1 beschriebenen Schema (Tabelle 13) eingeteilt. Somit waren 33 Studienteilnehmer „klinisch rückengesund“ (Gesamtbewertung der klinischen Rückenschmerzen = Grad 0), 21 Pferde waren hochgradig „klinisch rückenkrank“ (Grad 2) und bei weiteren 15 Probanden wurden geringgradige Auffälligkeiten (Grad 1) festgestellt. In den Gruppen wurde weiter in Pferde mit Muskel- bzw. Knochenschmerz und Pferde mit einer eingeschränkten Beweglichkeit der Brust- und Lendenwirbelsäule differenziert (s. Abb.).



**Abbildung 12: Gruppierung der Studienpferde anhand ihrer klinischen Untersuchungsergebnisse**

#### 4.5 Ergebnisse der orthopädischen Untersuchung

Bei 68 von 69 Pferden wurde eine klinische Lahmheitsuntersuchung durchgeführt. Hierbei zeigten drei Pferde eine Vorderhandlahmheit, sechs Pferde eine Hinterhandlahmheit und zwei Pferde sowohl eine Vorder- als auch eine Hinterhandlahmheit. Die Auflistung nach Alter, Geschlecht und reiterlicher Nutzung ist der untenstehenden Tabelle zu entnehmen.

**Tabelle 18: Geschlecht, Alter und reiterliche Nutzung der in der orthopädischen Untersuchung mit einer Lahmheit aufgefallenen Pferde**

<b>Geschlecht</b>	<b>Alter in Jahren</b>	<b>Lahmheit vorne</b>	<b>Lahmheit hinten</b>	<b>Reiterliche Nutzung (Niveau)</b>
Wallach	24	Nein	Ja	Dressur (S)
Stute	9	Nein	Ja	Dressur (A)
Wallach	6	Nein	Ja	Keine Angabe
Stute	22	Nein	Ja	Freizeit
Stute	6	Nein	Ja	Dressur (E)
Stute	8	Nein	Ja	Dressur (M)
Stute	8	Ja	Ja	Springen (M)



## Ergebnisse

Wallach	13	Ja	Ja	Freizeit
Wallach	10	Ja	Nein	Dressur (A)
Stute	6	Ja	Nein	Dressur (A)
Stute	13	Ja	Nein	Dressur und Springen (L)

### 4.6 Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung

Alle Röntgenbilder wurden jeweils in zwei Messrunden und von zwei unabhängigen, erfahrenen Untersuchern (US 1 und 2) ausgewertet.

#### 4.6.1 Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung der Facettengelenke

##### 4.6.1.1 Übereinstimmung der Untersucher bei der Auswertung der Röntgenbilder

Tabelle 19: Richtwerte für die Interpretation des Übereinstimmungskoeffizienten ( $\kappa$ ) nach LANDIS u. KOCH (1977)

Übereinstimmungskoeffizient ( $\kappa$ )	Güte der Übereinstimmung
< 0,00	Schlecht
0,01 - 0,20	Leicht
0,21 - 0,40	Ausreichend
0,41 - 0,60	Moderat
0,61 - 0,80	Umfangreich
> 0,81	Exzellente („almost perfect“)

Mithilfe des Übereinstimmungskoeffizienten Kappa ( $\kappa$ ) wurde die Bewertung der Röntgenaufnahmen innerhalb der beiden Untersucher (intrarater agreement) sowie zwischen den Untersuchern (interrater agreement) überprüft. Der Untersucher 1 erreichte bei der Bewertung der Facettengelenke für die Kriterien Ankylose, Erweiterung, Sklerose und Umformung exzellente Kappa-Koeffizienten ( $\kappa = 0,80$  bis  $0,885$ ). Die intrarater reliability des Untersuchers 1 für die Befunde Gelenkspalt ( $\kappa = 0,626$ ) und Osteolyse ( $\kappa = 0,661$ ) war als umfangreich zu bezeichnen. Für den



Untersucher 2 ergab sich eine ausgezeichnete Einigkeit mit seinen Ergebnissen zu den beiden Messzeitpunkten ( $\kappa = 0,832$  bis  $1,0$ ).

**Tabelle 20** Kappa-Koeffizienten (intrarater agreement) der beiden Untersucher (US), aufgeschlüsselt nach den röntgenologischen Befunden an den Facettengelenken

	Sklerose	Osteolyse	Intra- /periartikuläre Umformungen	Dorsale Erweiterung des Gelenks	Modifizierung/ Asymmetrie des Gelenkspaltes	Ankylose
<b>US1</b>	0,885	0,661	0,830	0,821	0,626	0,80
<b>US2</b>	0,923	0,888	0,961	0,832	0,946	1,0

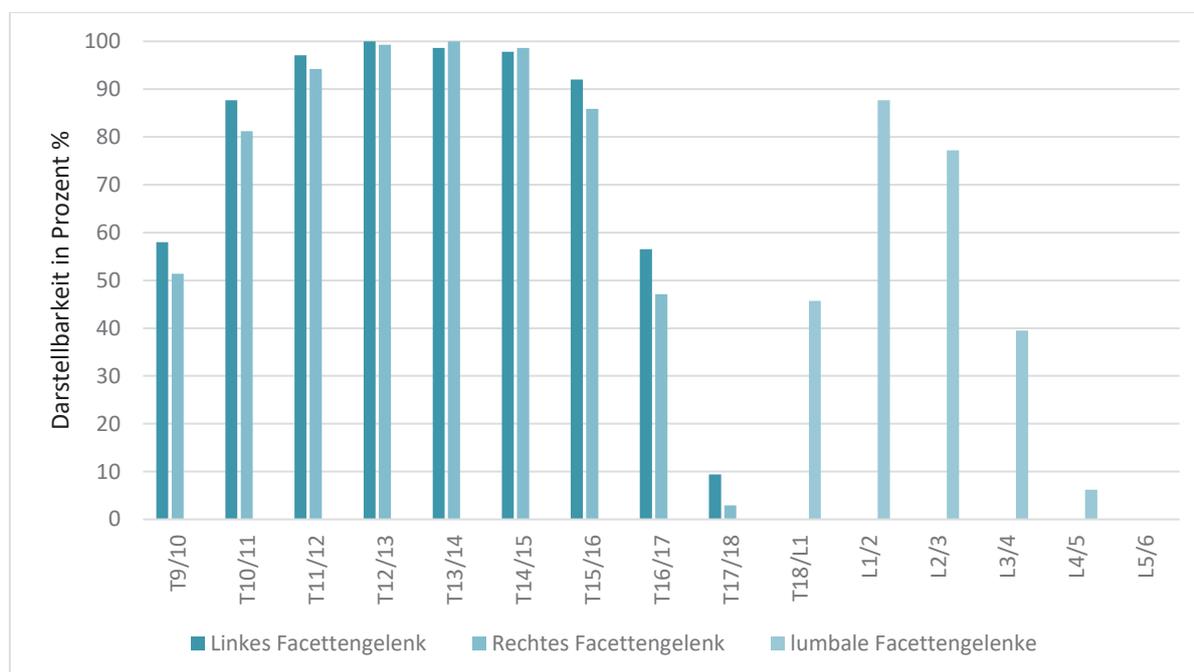
Die Einigkeit der beiden Untersucher untereinander ergab für die Bewertung der Ankylose eine exzellente Übereinstimmung ( $\kappa = 0,80$  bis  $1,0$ ). Für die Beurteilung der Sklerose ( $\kappa = 0,559$  bis  $0,624$ ), der Osteolyse ( $\kappa = 0,263$  bis  $0,424$ ), der Umformung ( $\kappa = 0,473$  bis  $0,521$ ), der dorsalen Erweiterung ( $\kappa = 0,213$  bis  $0,324$ ) und der Veränderungen des Gelenkspalts ( $\kappa = 0,244$  bis  $0,423$ ) ergab sich eine ausreichende bis umfangreiche Übereinstimmung zwischen den Untersuchern 1 und 2. Insgesamt bewertete der Untersucher 2 die Röntgenbilder tendenziell mit einem höheren exemplarischen Gesamtscore im Vergleich zu Untersucher 1.

**Tabelle 21** Kappa-Koeffizienten (interrater agreement) zwischen den beiden Untersuchern (US) zu den beiden Messzeitpunkten, aufgeschlüsselt nach den röntgenologischen Befunden an den Facettengelenken

	Sklerose	Osteolyse	Intra- /periartikuläre Umformungen	Dorsale Erweiterung des Gelenks	Modifizierung/ Asymmetrie des Gelenkspaltes	Ankylose
<b>MZP1</b>	0,624	0,424	0,521	0,324	0,423	0,80
<b>MZP2</b>	0,559	0,263	0,473	0,213	0,244	1,0

#### 4.6.1.2 Auswertbarkeit der Facettengelenke im Verlauf der Brust- und Lendenwirbelsäule

In der vorliegenden Dissertation wurde jedes in ausreichender Qualität dargestellte Facettengelenk zwischen T9 und L5 jeweils zweimal durch die beiden Untersucher, also insgesamt viermal, bei jedem Pferd beurteilt. Dementsprechend lagen pro Facettengelenkslokalisierung (z.B. T12 links) für die 69 geröntgten Pferde maximal 276 Beurteilungen vor. Die folgende Abbildung zeigt die tatsächlich beurteilten Facettengelenke im Verlauf der Wirbelsäule in Prozent.



**Abbildung 13: Röntgenologische Darstell- und Auswertbarkeit der Facettengelenke entlang der BWS und LWS der 69 Warmblüter dieser Studie in %**

Das Säulendiagramm veranschaulicht im Bereich der Brustwirbelsäule, dass die Darstellbarkeit im Bereich T10 bis T16 mit über 80 % sehr gut war. Die Facettengelenke zwischen T9 und T10 sowie zwischen T16 und T17 waren jeweils noch zu etwa 50 % beurteilbar, wohingegen die Facettengelenke zwischen dem vorletzten und dem letzten Brustwirbel bei weniger als 10 % der Probanden bewertet wurden. Auffällig war, dass, mit Ausnahme der Facettengelenke zwischen dem 13. und dem 15. Brustwirbel, die linken Facettengelenke häufiger beurteilbar waren, als die rechten.

Die Darstellbarkeit der lumbalen Intervertebralgelenke verhielt sich ähnlich, wie die der Brustwirbelsäule mit der besten Darstellbarkeit im Bereich der mittleren



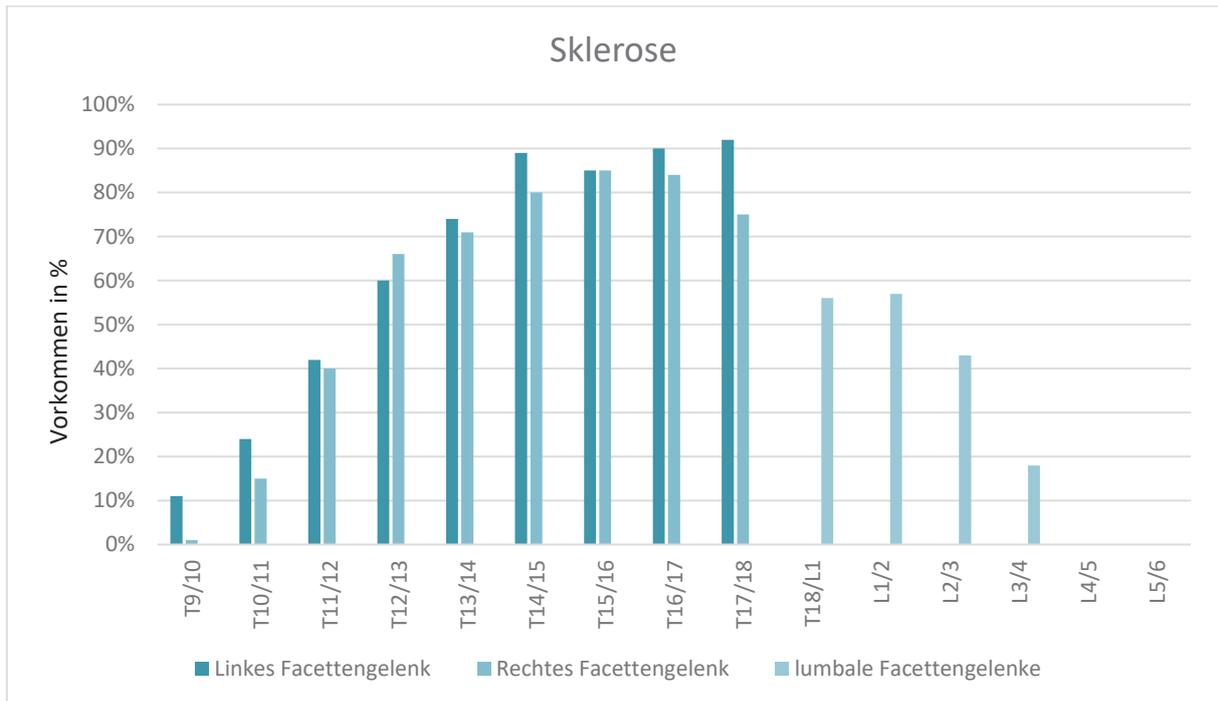
Lendenwirbelsäule (ca. 80 % zwischen L1 und L3). Kranial und kaudal von diesem Bereich nahm die Qualität der Darstellung sukzessive ab (T18/L1 sowie L3/4 ca. 40 %, L4/5 ca. 5 %). Die Facettengelenke zwischen dem fünften und dem sechsten Lendenwirbel wurden bei keinem der Probanden in auswertbarer Qualität abgebildet. Dass im Lendenwirbelbereich keine Unterschiede zwischen der rechten und der linken Seite dokumentiert wurden, ist der Tatsache geschuldet, dass an dieser Lokalisation keine seitenvergleichenden Aufnahmen möglich waren.

### **4.6.1.3 Röntgenologische Veränderungen an den thorakolumbalen Facettengelenken der Studienpopulation**

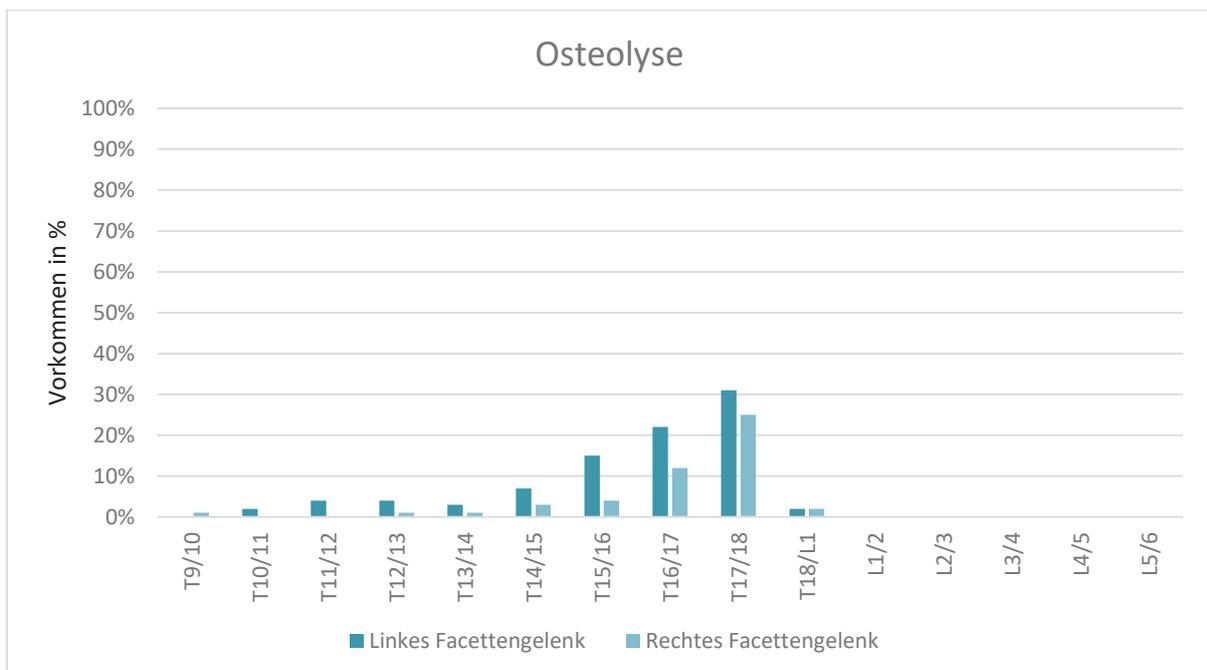
Alle 69 Pferde dieser Studie hatten unterschiedlich stark ausgeprägte Veränderungen an den Facettengelenken der Brust- und Lendenwirbelsäule.

Die unten abgebildeten Säulendiagramme zeigen das gewichtete Auftreten der beurteilten röntgenologischen Abweichungen. Hierbei wurde die individuelle Anzahl der ausgewerteten Gelenke pro Pferd berücksichtigt, so dass ein Einfluss der unterschiedlich guten Darstellbarkeit der einzelnen Gelenke ausgeschlossen wurde.

## Ergebnisse

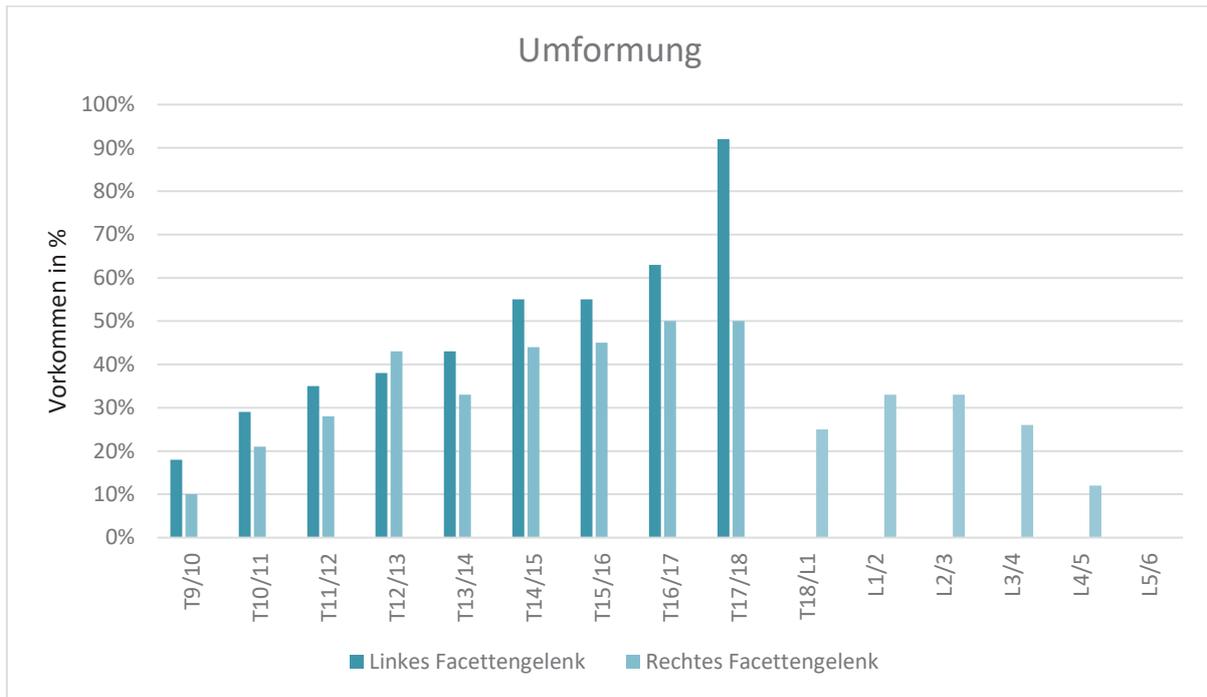


**Abbildung 14: Vorkommen des röntgenologischen Befunds „Sklerose“ an den Facettengelenken in % im Verlauf der Wirbelsäule**

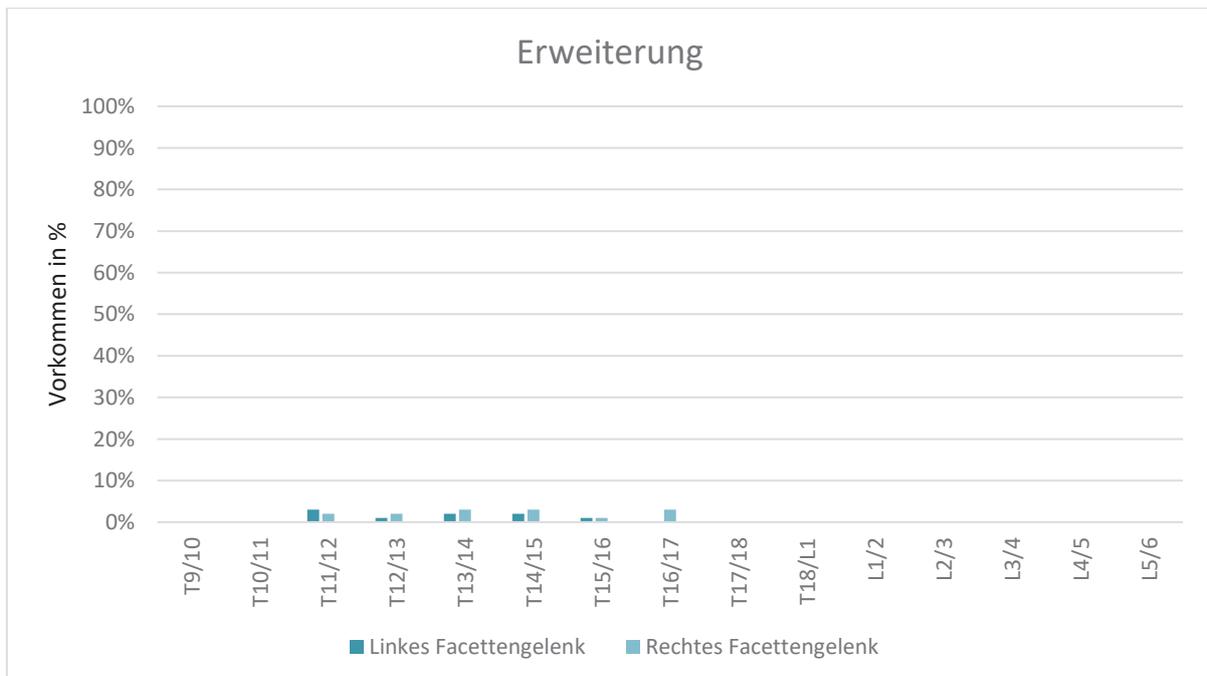


**Abbildung 15: Vorkommen des röntgenologischen Befunds „Osteolyse“ an den Facettengelenken in % im Verlauf der Wirbelsäule**

## Ergebnisse



**Abbildung 16: Vorkommen des röntgenologischen Befunds „intra- und periartikuläre Umformungsprozesse“ an den Facettengelenken in % im Verlauf der Wirbelsäule**



**Abbildung 17: Vorkommen des röntgenologischen Befunds „Dorsale Erweiterung des Gelenks“ in % im Verlauf der Wirbelsäule**

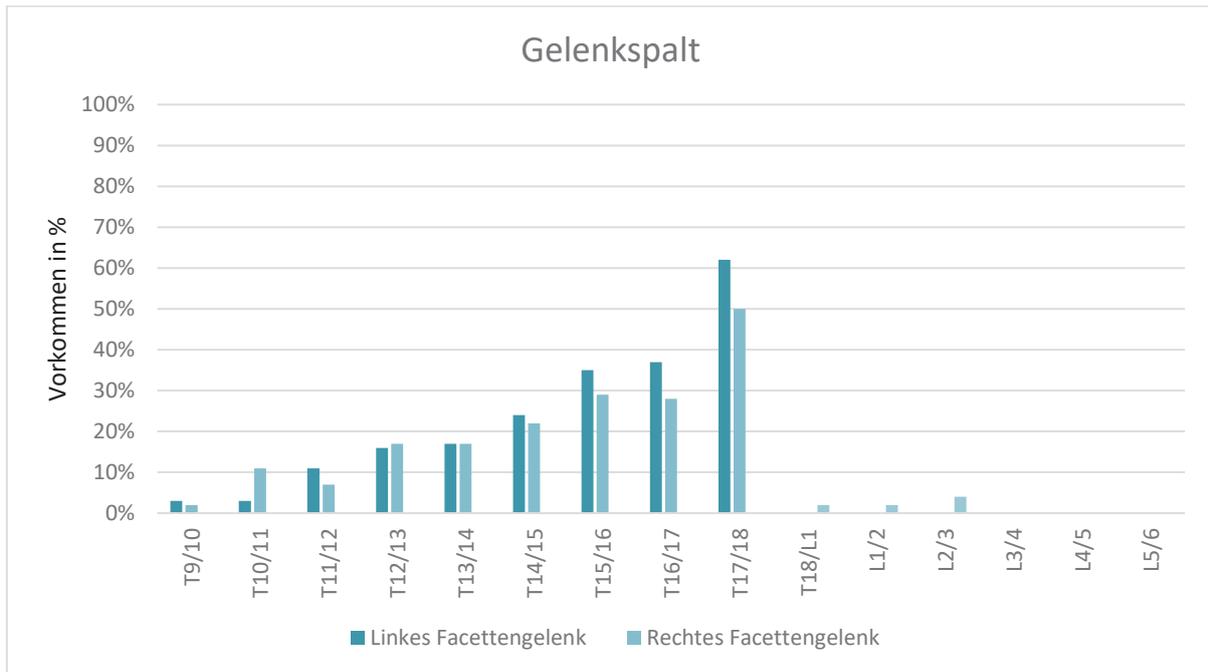


Abbildung 18: Vorkommen des röntgenologischen Befunds „Gelenkspaltveränderungen“ in % im Verlauf der Wirbelsäule

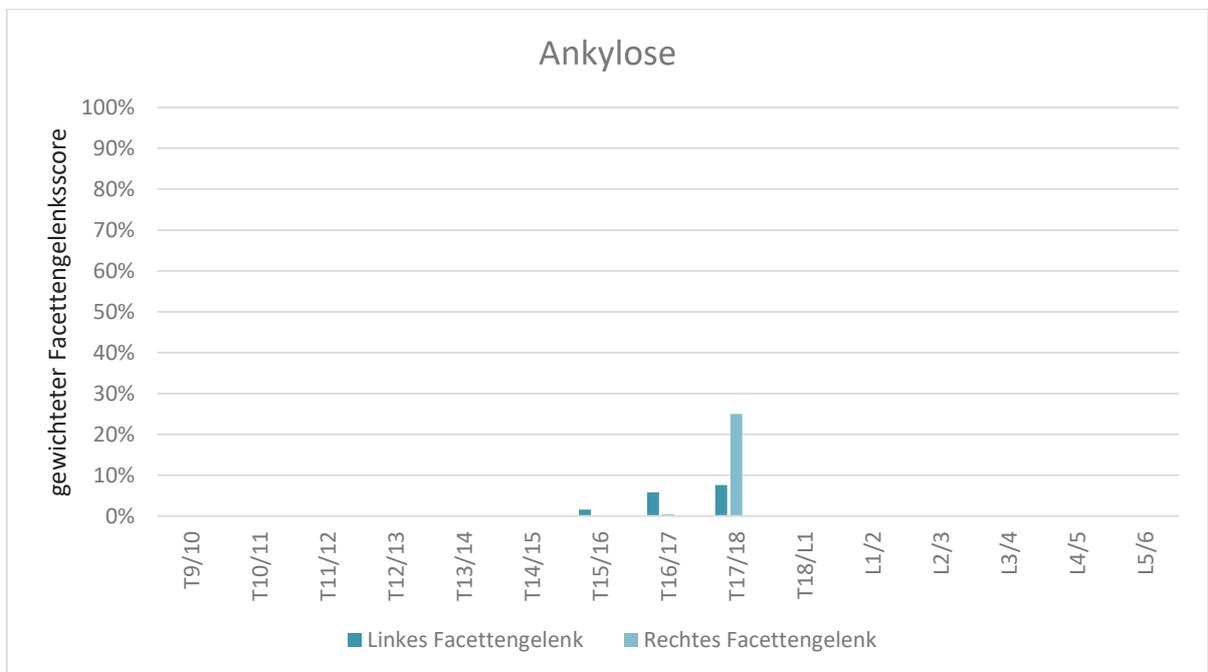


Abbildung 19: Vorkommen des röntgenologischen Befunds „Ankylose der Facettengelenke“ in % im Verlauf der Wirbelsäule



Die häufigste röntgenologische Veränderung, die in der vorliegenden Untersuchung dokumentiert wurde, war die Sklerose der Facettengelenksflächen, mit einem Maximum im Bereich von T13 bis T18, wo 71 bis 92 % der beurteilten Facettengelenke röntgenologisch betroffen waren. Kranial und kaudal von diesen Bereichen nahm die Häufigkeit der sklerotischen Veränderungen gleichmäßig ab, sodass zwischen T9 und T11 sowie zwischen L3 und L4 weniger als ein Viertel der Facettengelenke diese Veränderungen aufwiesen und kaudal des vierten Lendenwirbels röntgenologisch keine Sklerose mehr dokumentiert wurde.

Osteolytische Prozesse wurden relativ selten beobachtet und konzentrierten sich auf den kaudalen Brustwirbelsäulenbereich. Das Maximum lag hier mit 12 bis 31 % im Bereich T15 bis T18. An der Lendenwirbelsäule kamen osteolytische Prozesse röntgenologisch nicht vor.

Umformungen der Gelenkflächen und der -umgebung im Sinne von knöchernen Zubildungen waren die zweithäufigsten sichtbaren Prozesse. Sie traten von kranial nach kaudal im Verlauf der Brustwirbelsäule mit zunehmender Häufigkeit auf. Die betroffene Facettengelenksanzahl steigerte sich von 10 bis 18 % an T9/10 auf 50 bis 92 % am letzten Brustwirbelpaar. Im Lendenwirbelbereich wurden knöcherne Umformungen zwischen L1 und L4 mit einer ähnlichen Häufigkeit von circa 30 % an allen Facettengelenken diagnostiziert.

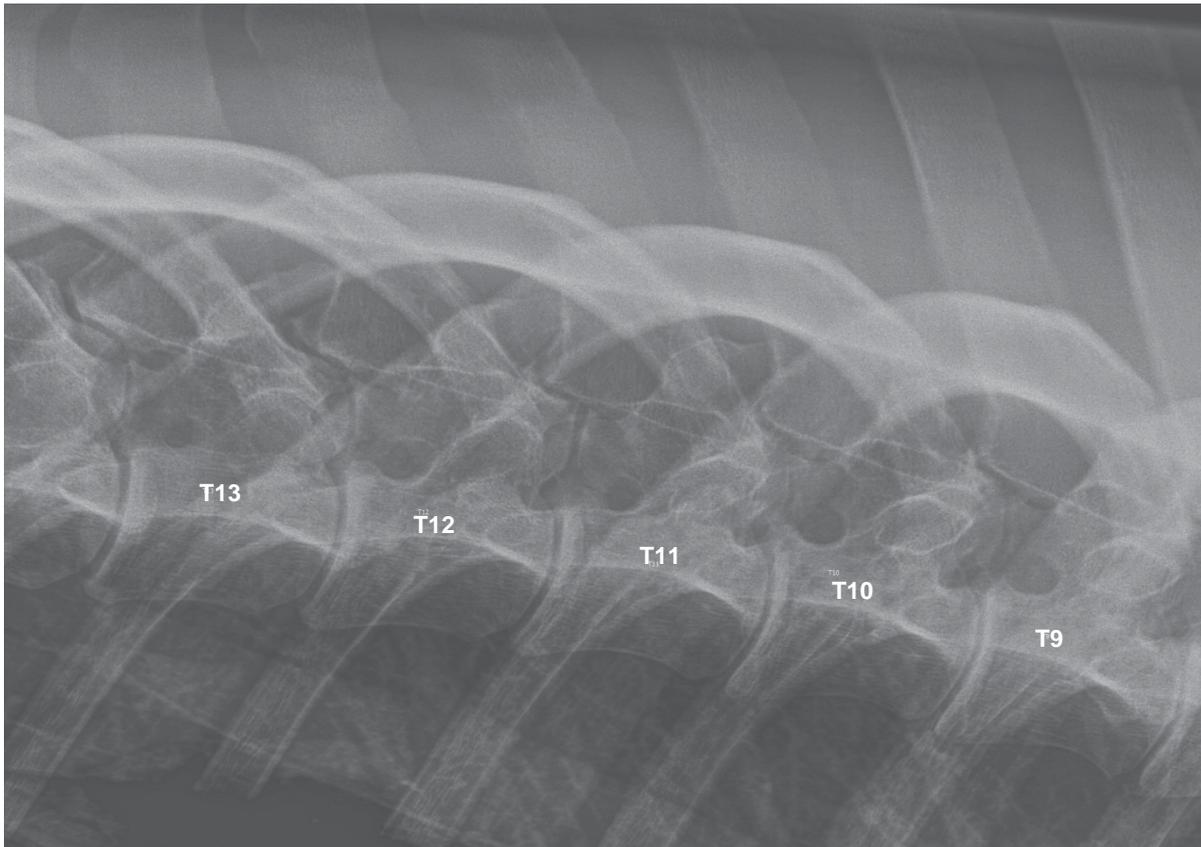
Dorsale Erweiterungen des Gelenkspalts konnten mit einer Häufigkeit von maximal 3 % nur an einzelnen Gelenken zwischen T11 und T17 beschrieben werden und wurden, wie auch die Osteolyse, nicht an den lumbalen Facettengelenken festgestellt.

Röntgenologische Veränderungen des Gelenkspalts nahmen im kraniokaudalen Verlauf der Brustwirbelsäule zu, wurden allerdings selten an den synovialen Intervertebralgelenken der Lendenwirbelsäule beobachtet (2 bis 4 %). Die Steigerung der Häufigkeit vollzog sich hierbei von 2 bis 3 % an den Facettengelenken zwischen T9 und T10 bis auf über 50 % am kaudalsten Brustwirbelpaar.

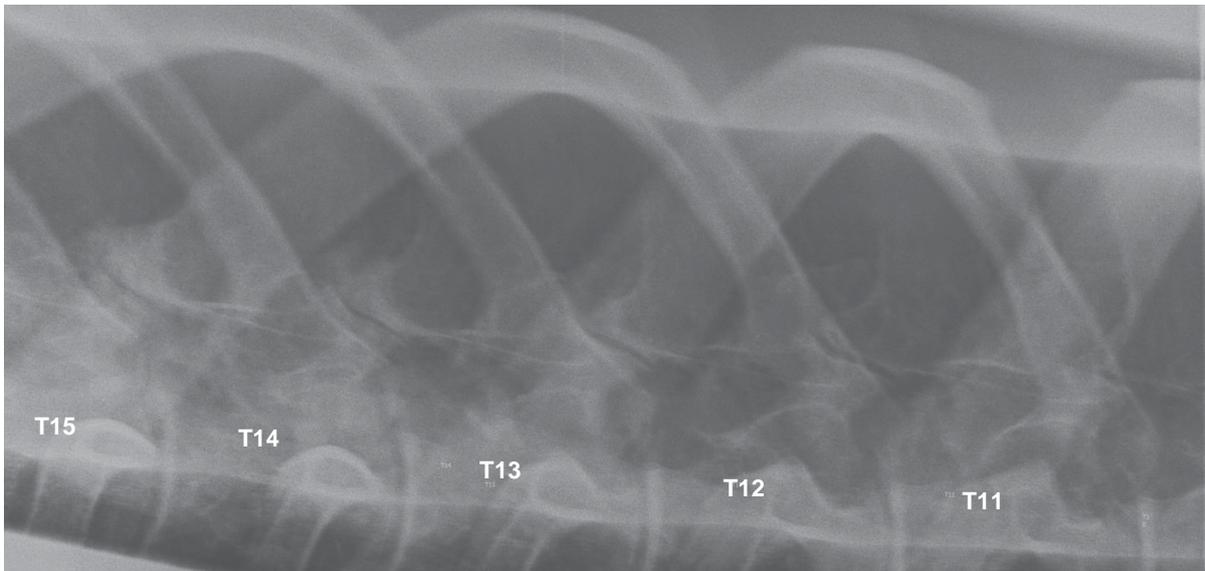
Röntgenologische Verdachtsbereiche, die auf eine vollständige Ankylose zwischen den Gelenkflächen hinwiesen, wurden ausschließlich in der kaudalen Brustwirbelsäule diagnostiziert. Hier kamen sie bei maximal 25 % der auswertbaren Facettengelenke vor. Betroffen waren in diesem Fall zwei klinisch rückenranke Pferde und ein klinisch rückengesundes Pferd.



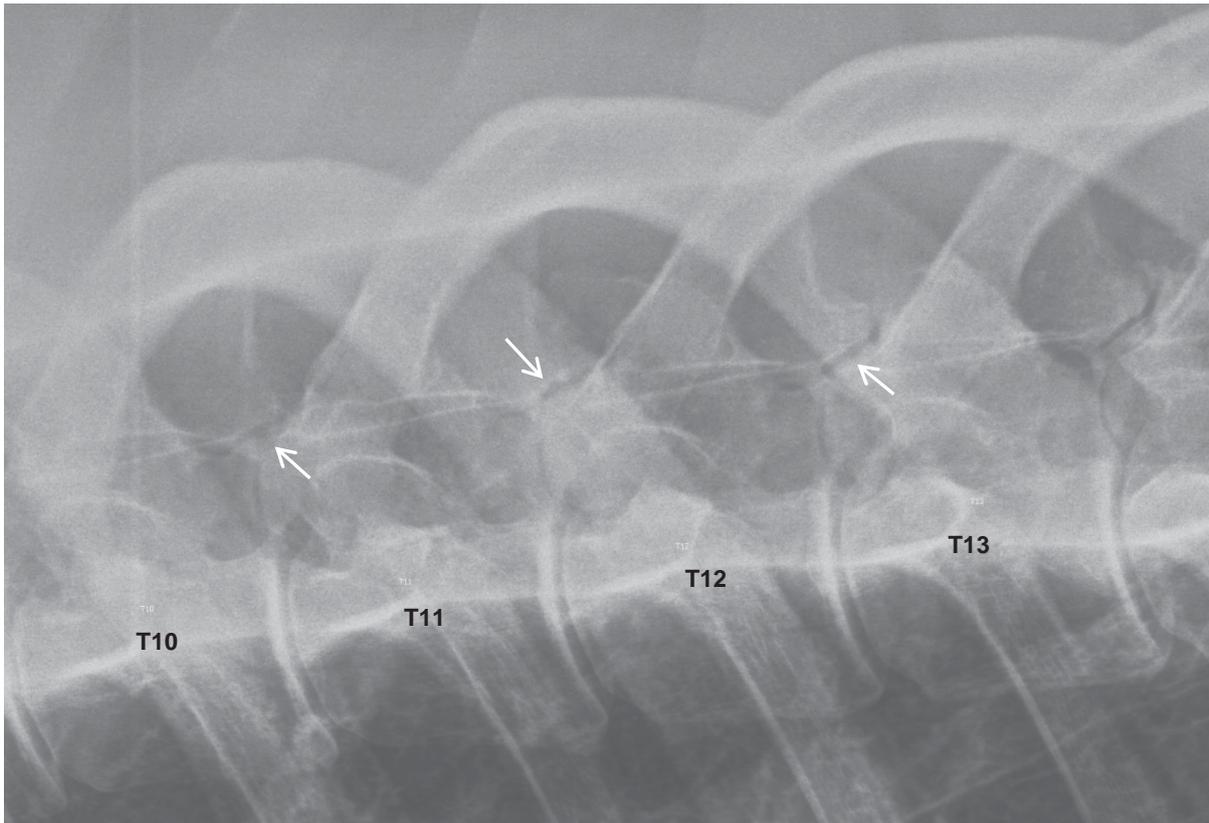
Im Folgenden sind einige Beispielbilder aus dem in dieser Studie entstandenen Röntgenbildmaterial zu verschiedenen röntgenologischen Befunden an den Facettengelenken abgebildet.



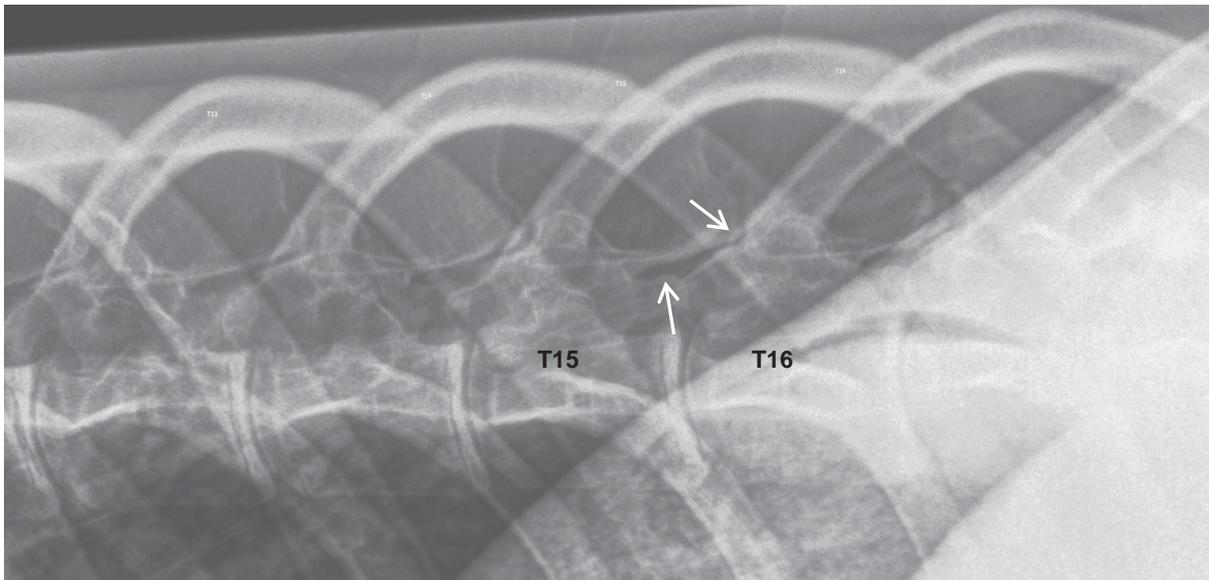
**Abbildung 20:** Physiologische Veränderung der Gelenkstellung im Verlauf der Brustwirbelsäule, 20 ° ventrodorsal-oblique Aufnahme der rechten Facettengelenke, Pferd Nr. 13, 6-jähriger Oldenburger Wallach, klinisch rückengesund, keine „Kissing Spines“, mehrere Engstände (< 4mm) zwischen den Dornfortsätzen T15 und T17 einhergehend mit Sklerosen



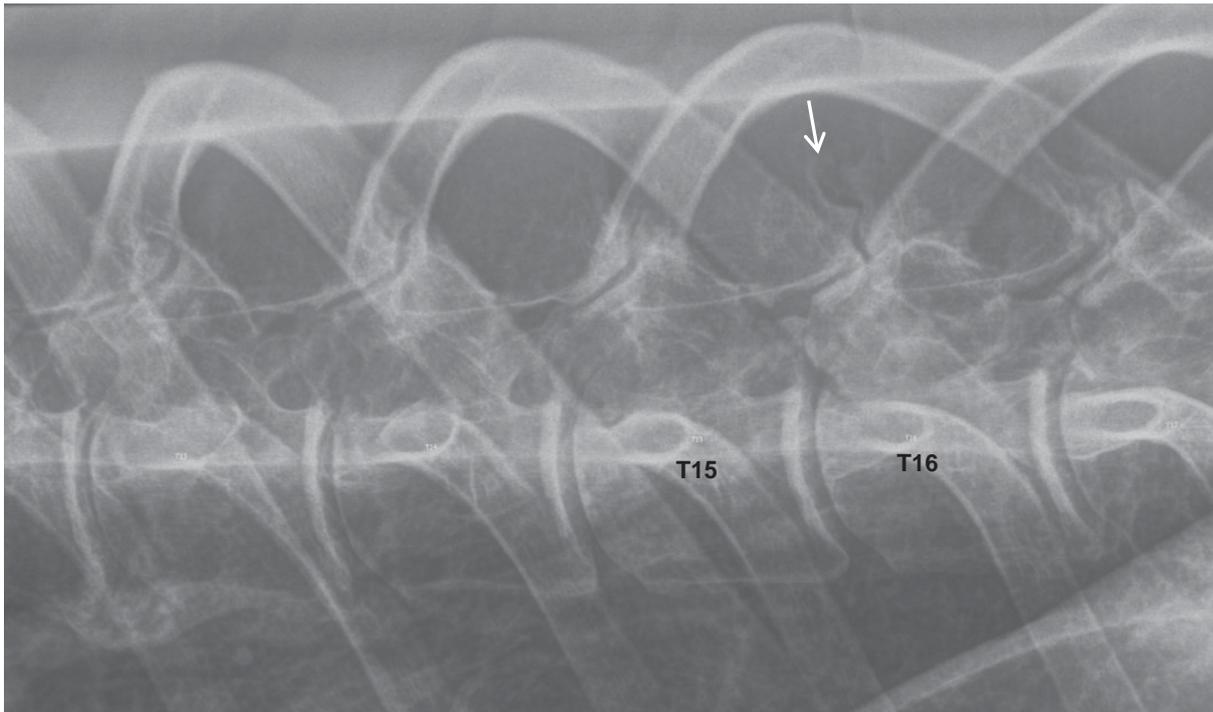
**Abbildung 21:** Verschiedene Sklerosierungsgrade bzw. Remodelling oder physiologische Formvariante an den Facettengelenken,stellungsänderung der kleinen Wirbelgelenke entlang der Wirbelsäule, 20 ° ventrodorsal-oblique Aufnahme der rechten Facettengelenke, Pferd Nr. 42, 14-jährige Sachsen-Anhaltiner Stute, klinisch rückengesund, keine knöchernen Veränderungen an den Dornfortsätzen oder den Wirbelkörpern entlang der beurteilten Brust- und Lendenwirbelsäule



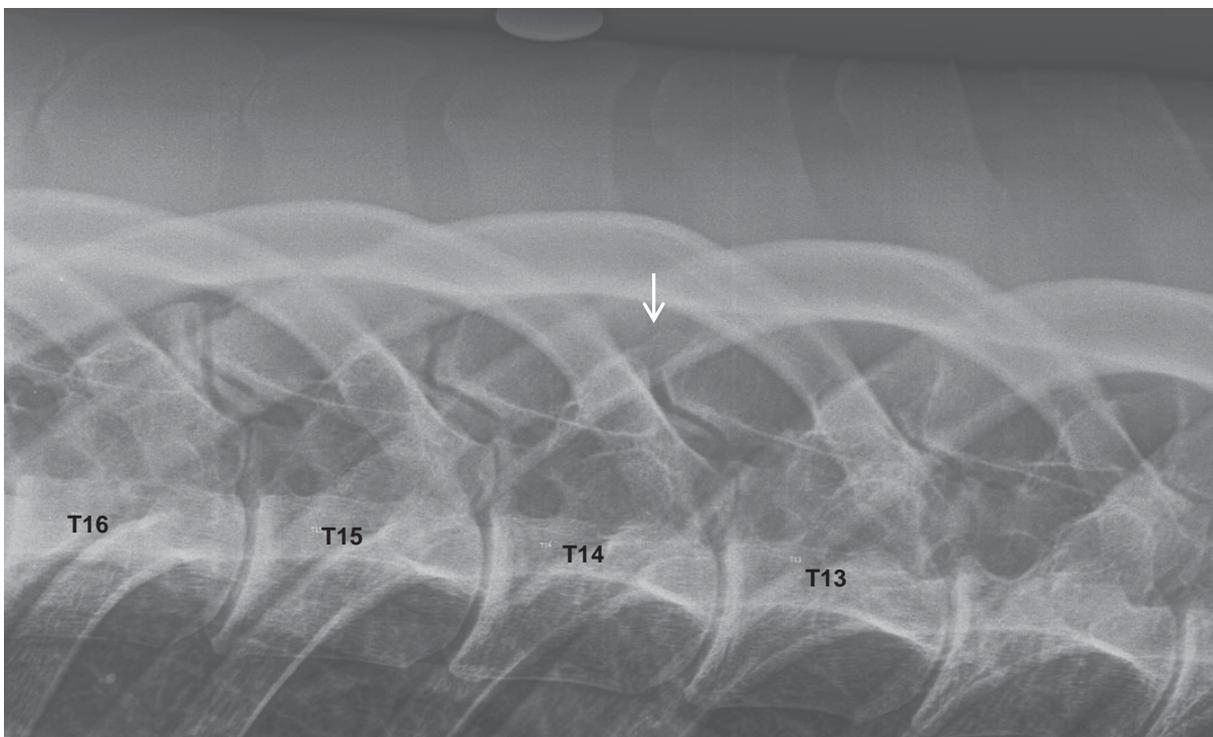
**Abbildung 22: Geringgradige Osteolyse (Pfeile), unregelmäßige Gelenkflächen, 20 ° ventrodorsal-oblique Aufnahme der linken Facettengelenke, Pferd Nr. 67, 7-jährige Oldenburger Stute, klinisch rückenkrank, „Kissing Spines“ zwischen T14 und L3**



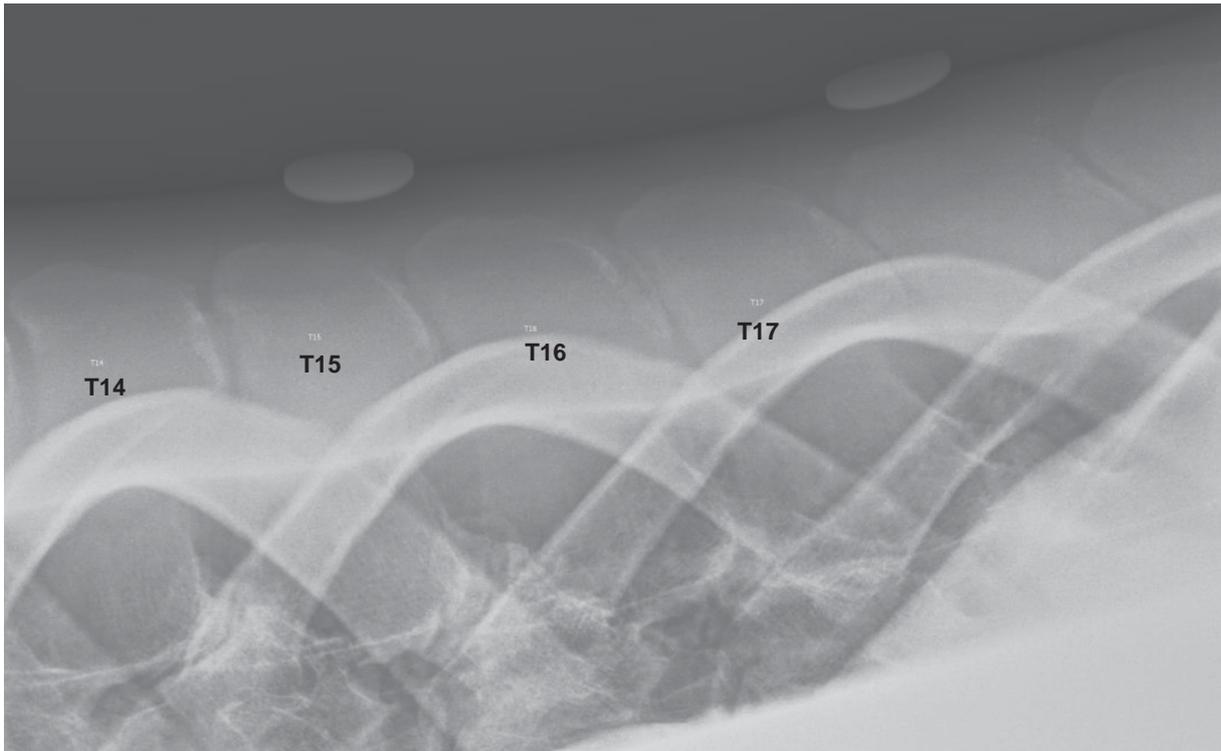
**Abbildung 23: Intraartikuläre Zubildungen, asymmetrischer Gelenkspalt zwischen T15/16 (Pfeile), 20 ° ventrodorsal-oblique Aufnahme der linken Facettengelenke, Pferd Nr. 16, 4-jährige Hannoveraner Stute, klinisch rückengesund, keine „Kissing Spines“, Engstand (< 4 mm) zwischen T16/17 mit Sklerose**



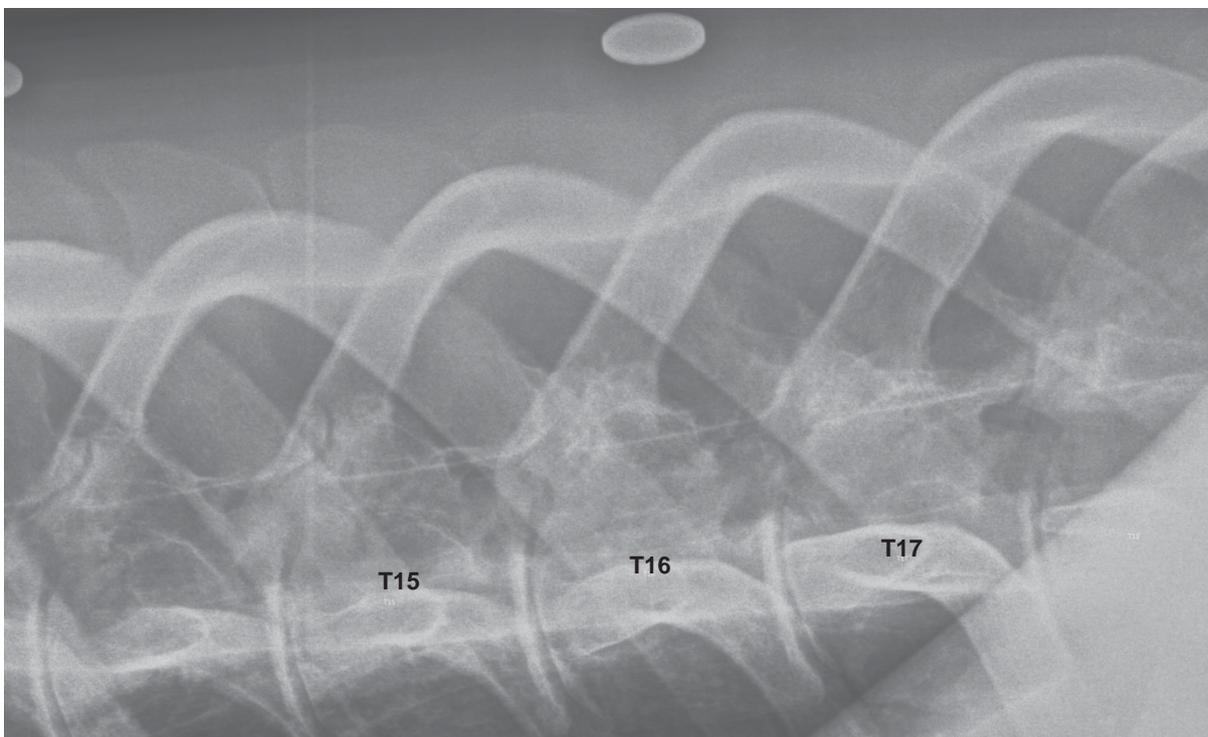
**Abbildung 24:** Dorsale Erweiterung des Gelenkspalts entlang der Dornfortsätze (Pfeil), 20 ° ventrodorsal-oblique Aufnahme der linken Facettengelenke, Pferd Nr. 64, 22-jährige Hannoveraner Stute, ggr. auffällig bei der klinischen Rückenuntersuchung, ggr. deutliche Hinterhandlahmheit, „Kissing Spines“ zwischen T15/16, T17/18 und L4/5, überbrückende ventrale Spondylose zwischen T12/13



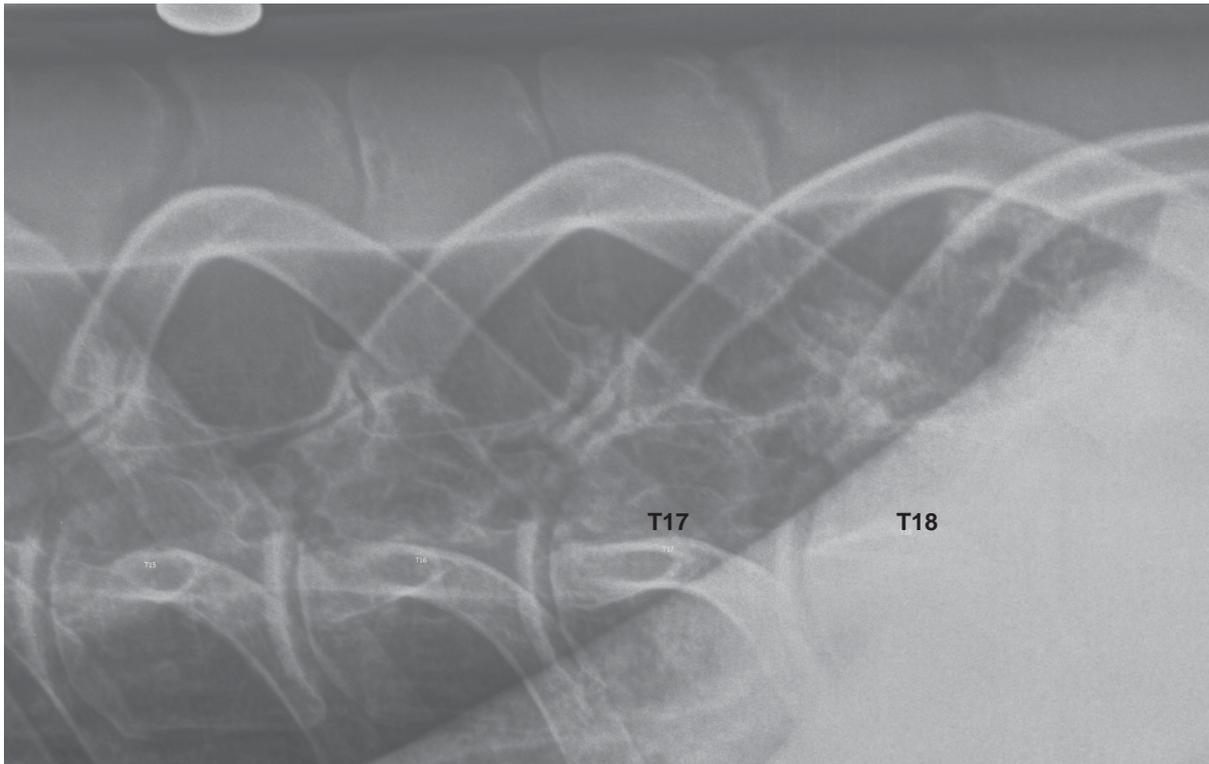
**Abbildung 25:** Doppelter Gelenkspalt zwischen T15/16, ggr. erweiterter Gelenkspalt (Pfeil), 20 ° ventrodorsal-oblique Aufnahme der rechten Facettengelenke, Pferd Nr. 13, 6-jähriger Oldenburger Wallach, klinisch rückengesund, keine „Kissing Spines“, mehrere Engstände (< 4mm) zwischen den Dornfortsätzen zwischen T15 und T17 einhergehend mit Sklerosen



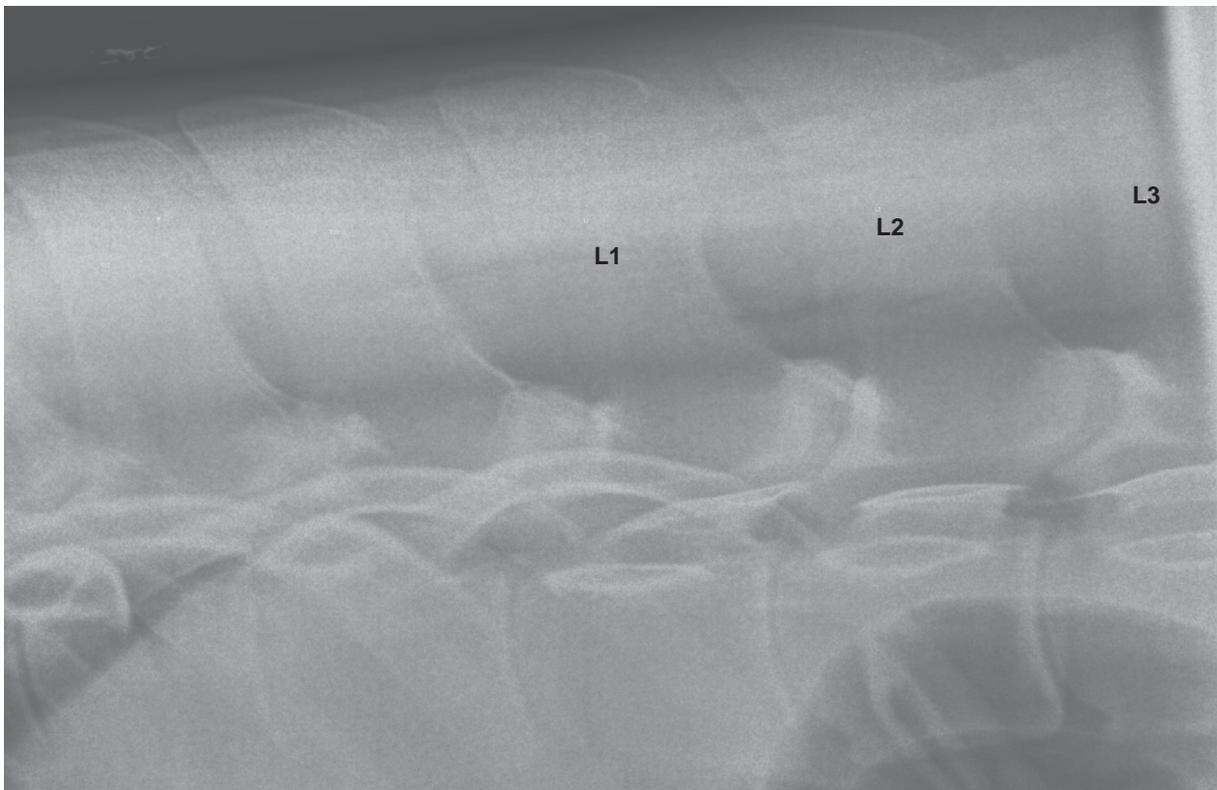
**Abbildung 26: Keine klaren Gelenkspalten erkennbar zwischen T15/16 und T16/17, Pferd Nr. 51, 10-jährige Rheinländer Warmblutstute, klinisch rückenkrank, „Kissing Spines“ im kaudalen Brustwirbelsäulenbereich, vorberichtliche Rittigkeitsprobleme**



**Abbildung 27: Verdacht auf Ankylose zwischen den linken Facettengelenken von T15/16 und T16/17 (Gelenkspalten an den kranial und kaudal davon liegenden Facettengelenken sind erkennbar), 20 ° ventrodorsal-oblique Aufnahme der linken Facettengelenke, Pferd Nr. 67, 7-jährige Oldenburger Stute, klinisch rückenkrank, „Kissing Spines“ zwischen T14 und L3**



**Abbildung 28: Verdacht auf Ankylose des linken Facettengelenks zwischen T17/18, 20 ° ventrodorsal-oblique Aufnahme der linken Facettengelenke, Pferd Nr. 64, 22-jährige Hannoveraner Stute, ggr. auffällig bei der klinischen Rückenuntersuchung, ggr. deutliche Hinterhandlahmheit, „Kissing Spines“ zwischen T15/16, T17/18 und L4/5, überbrückende ventrale Spondylose zwischen T12/13**



**Abbildung 29: Darstellung der sklerosiert wirkenden lumbalen Facettengelenke, laterolaterale Aufnahme der lumbalen Facettengelenke, Pferd Nr. 48, 6-jährige Oldenburger Stute, klinisch rückengesund, Engstände (< 4 mm) zwischen T14 und T17 mit Sklerose, ggr. deutliche Vorderhandlahmheit, vorberichtliche Rittigkeitsprobleme**

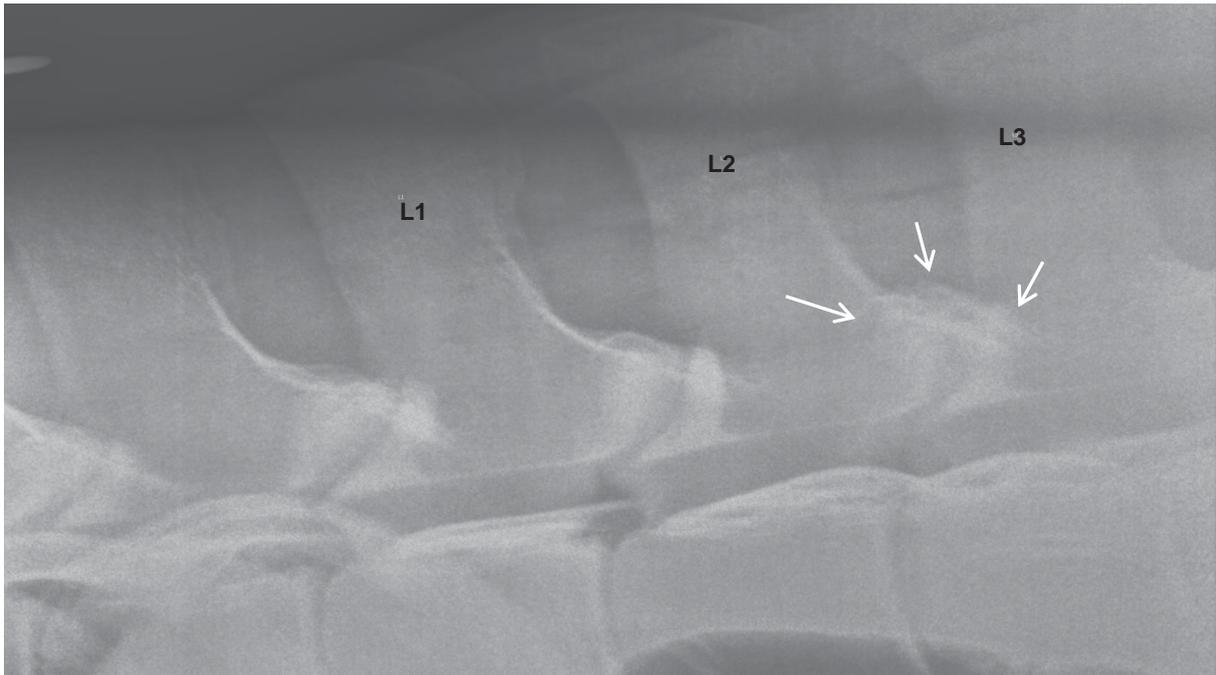


Abbildung 30: Periartikuläre Zubildungen (Pfeile), Gelenkspaltunregelmäßigkeiten zwischen L2/3, laterolaterale Aufnahme der lumbalen Facettengelenke, Pferd Nr. 34, 11-jährige Hannoveraner Stute, klinisch rückengesund, Engstände (< 4 mm) zwischen T13/14, T16/17 und „Kissing Spines“ zwischen L4/5

Im Folgenden sollen Zusammenhänge zwischen röntgenologischen Veränderungen an den thorakolumbalen Facettengelenken und anderen Daten wie beispielsweise dem Alter und der klinischen Rückengesundheit beschrieben werden. Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass bei jedem Pferd eine unterschiedliche Anzahl an Facettengelenken ausgewertet werden konnte, wurde wie bereits erwähnt der ermittelte individuelle Facettengelenkgesamtscore durch die Anzahl der beurteilten Gelenke dividiert und so für jedes Pferd ein exemplarischer Score für ein einzelnes Gelenk errechnet („exemplarischer Facettengelenksscore“). Dieser wird nachfolgend mit „FG\_mean\_BWS“ und „FG\_mean\_LWS“ bezeichnet.

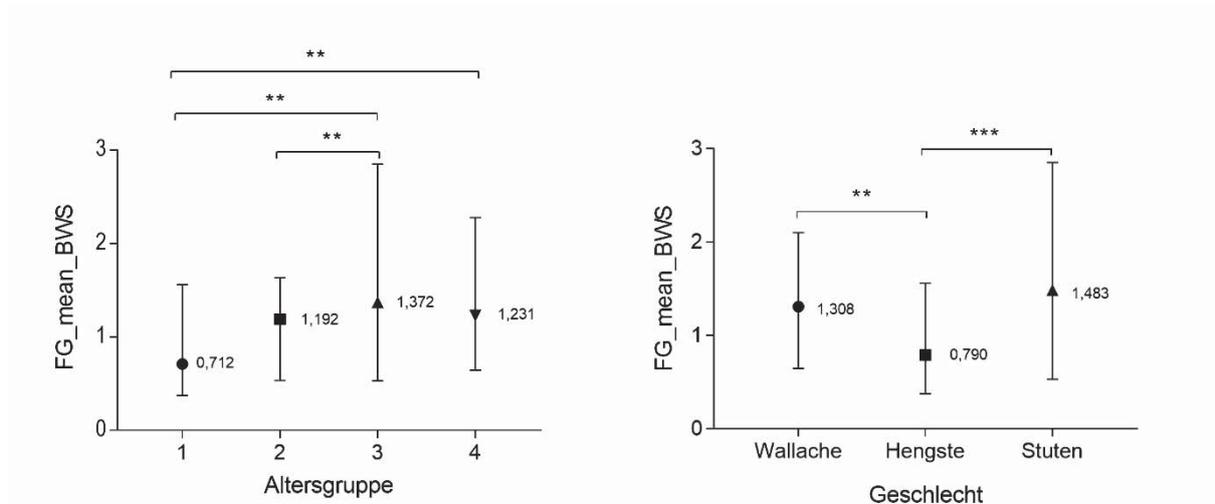
#### 4.6.1.4 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der Facettengelenke und dem Alter und dem Geschlecht

Es konnte ein hochsignifikanter Einfluss des Alters auf die Höhe der Graduierung der Röntgenbefunde an den thorakalen Facettengelenken nachgewiesen werden ( $p = 0,005$ ). Hierbei wiesen Pferde der Altersgruppe III und IV signifikant stärkere röntgenologische Befunde als die ungerittenen Probanden der Altersgruppe I auf. Des Weiteren hatten Pferde der Altersgruppe III einen signifikant höheren



Facettengelenksscore als Probanden der Altersgruppe II. Für die Lendenwirbelsäule wurde kein signifikanter Zusammenhang gezeigt ( $p = 0,403$ ).

Des Weiteren hatten die Stuten und Wallache dieser Untersuchung signifikant stärkere röntgenologische Veränderungen an den thorakalen Facettengelenken als die Hengste (Stuten/Hengste:  $p = 0,0002$ , Wallache/Hengste:  $p = 0,006$ ). Für die Lendenwirbelsäule ließ sich keine statistische Tendenz in Bezug auf das Geschlecht nachweisen ( $p = 0,186$ ).



**Abbildung 31 Zusammenhang zwischen den exemplarischen Facettengelenkscores und der Altersgruppe und dem Geschlecht, Darstellung des Medians sowie des Minimums und des Maximums**

Legende zu Abb. 31: \*\* = hochsignifikant    \*\*\* = höchstsignifikant

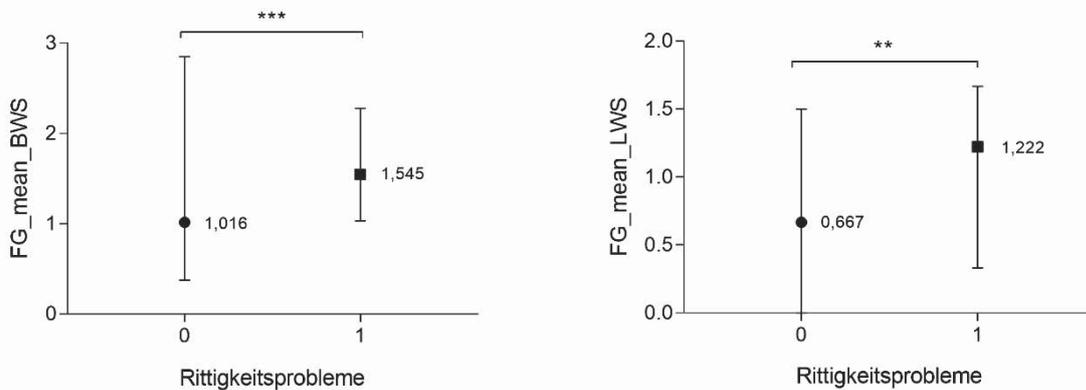
#### 4.6.1.5 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der Facettengelenke und leistungsabhängigen Daten der Probanden

Für die Häufigkeit der Turniereinsätze und das Leistungsniveau wurden keine signifikanten Zusammenhänge mit den Röntgenveränderungen hergestellt.

Pferde mit Rittigkeitsproblemen zeigten hingegen höchst- bzw. hochsignifikant stärkere röntgenologische Veränderungen an den synovialen Intervertebralgelenken der Brust- und Lendenwirbelsäule als gut rittige Pferde (BWS:  $p < 0,0001$ , LWS:  $p = 0,0024$ ).

Dressur- und Springpferde waren signifikant stärker von röntgenologischen Anzeichen einer thorakalen Facettengelenksarthrose betroffen als ungerittene Jungpferde (Dressur:  $p = 0,001$ , Springen:  $p = 0,016$ ). Zusätzlich wurde gezeigt, dass Pferde, die

im Dressur- und Springsport eingesetzt wurden, weniger röntgenologische Veränderungen hatten als ausschließlich Dressur gerittene Pferde ( $p = 0,020$ ). Für die Lendenwirbelsäule wurden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Nutzung und dem Facettengelenksscore nachgewiesen ( $p = 0,827$ ).



**Abbildung 32 Zusammenhang zwischen den exemplarischen Facettengelenkscores und der Rittigkeit, Darstellung des Medians sowie des Minimums und des Maximums**

Legende zu Abb. 32: X-Achse: Grad 0 = keine Rittigkeitsprobleme, Grad 1 = Rittigkeitsprobleme

\*\* = hochsignifikant      \*\*\* = höchstsignifikant

#### 4.6.1.6 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der Facettengelenke und der klinischen Rückengesundheit

Klinisch rückenranke Pferde ( $n = 33$ ) hatten signifikant schwerwiegendere röntgenologische Befunde an den Facettengelenken als klinisch rückengesunde Patienten ( $n = 21$ ) (BWS:  $p = 0,0001$ , LWS:  $p = 0,022$ ). Hierbei hatten Pferde mit hochgradigen klinischen Befunden (Grad 2,  $n = 33$ ) einen signifikant höheren exemplarischen Facettengelenkscore im Vergleich sowohl zu den klinisch rückengesunden Probanden (Grad 0,  $n = 21$ ) ( $p < 0,0001$ ) als auch zu den klinisch geringgradig auffälligen Warmblutpferden (Grad 1,  $n = 15$ ) ( $p = 0,036$ ).

Des Weiteren wurde die Ausprägung des klinischen Bilds in Muskel- und Knochenschmerz sowie die Beweglichkeit der Brust- und Lendenwirbelsäule differenziert und die Zusammenhänge mit den exemplarischen Facettengelenkscores für die Brust- und Lendenwirbelsäule ausgewertet. Diese Auswertung ergab, dass Pferde mit ausgeprägtem Muskelschmerz (Grad 2) hochsignifikant mehr röntgenologische Veränderungen an den Facettengelenken hatten als Probanden mit



nur leichtem oder ohne Muskelschmerz (Grad 1 bzw. 0) (BWS:  $p < 0,0001$ , LWS:  $p = 0,0021$ ). Ein ähnliches Bild ergab sich auch für die Beweglichkeit der Brust- und Lendenwirbelsäule (BWS:  $p < 0,0001$ , LWS:  $p = 0,005$ ). Pferde mit einem ausgeprägten Knochenschmerz (Grad 2) wiesen in dieser Studie einen höheren FG\_mean\_BWS jedoch keinen höheren FG\_mean\_LWS auf als Pferde mit geringer oder fehlender Schmerzreaktion bei der Dornfortsatzpalpation (BWS:  $p = 0,004$ , LWS:  $p = 0,224$ ).

In der vorliegenden Untersuchung wurde des Weiteren gezeigt, dass Pferde mit schlecht bemuskeltem Rücken signifikant deutlichere Röntgenbefunde an den thorakalen, nicht aber an den lumbalen Facettengelenken aufwiesen als gut bemuskelte Pferde (BWS:  $p = 0,032$ , LWS:  $p = 0,112$ ).

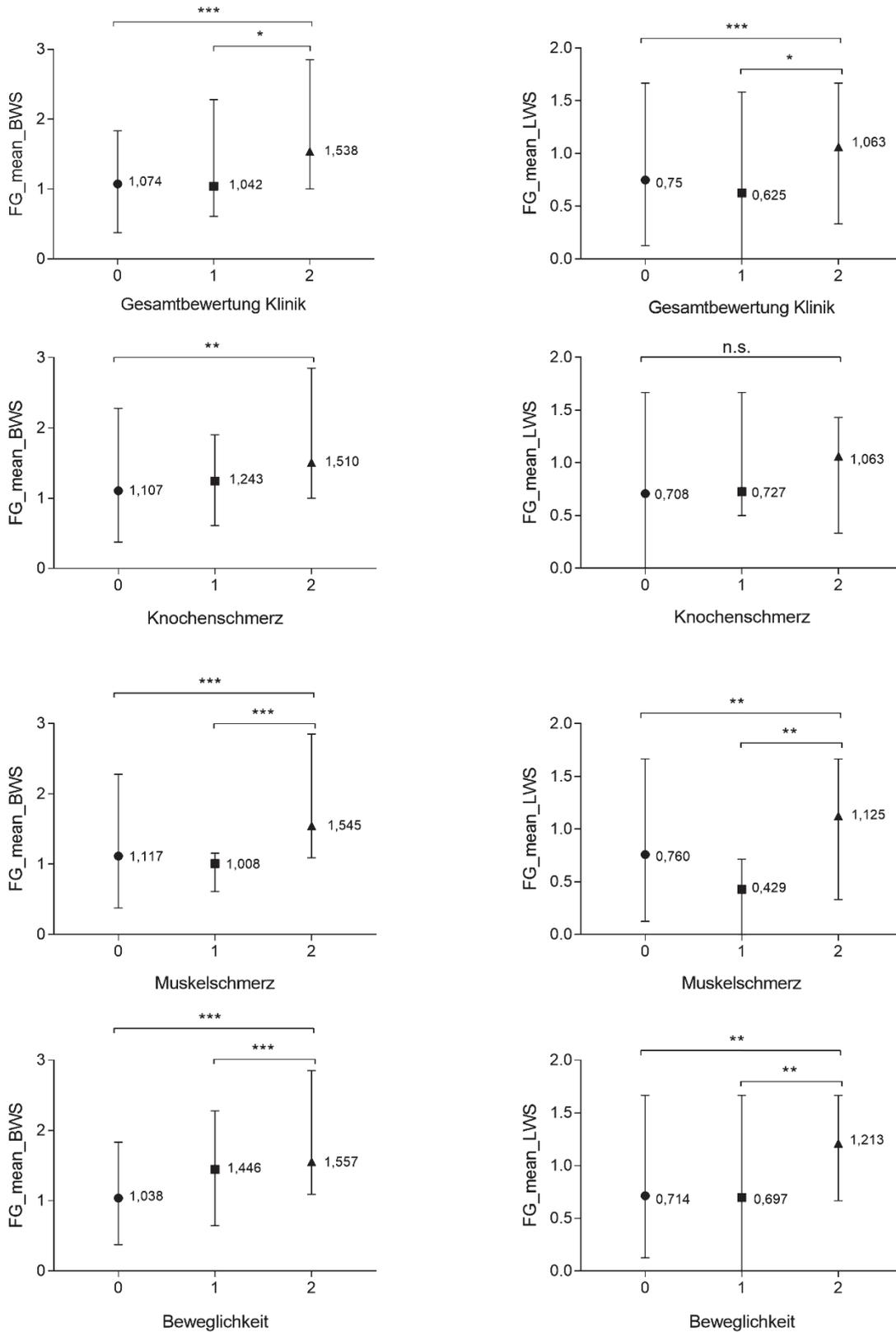
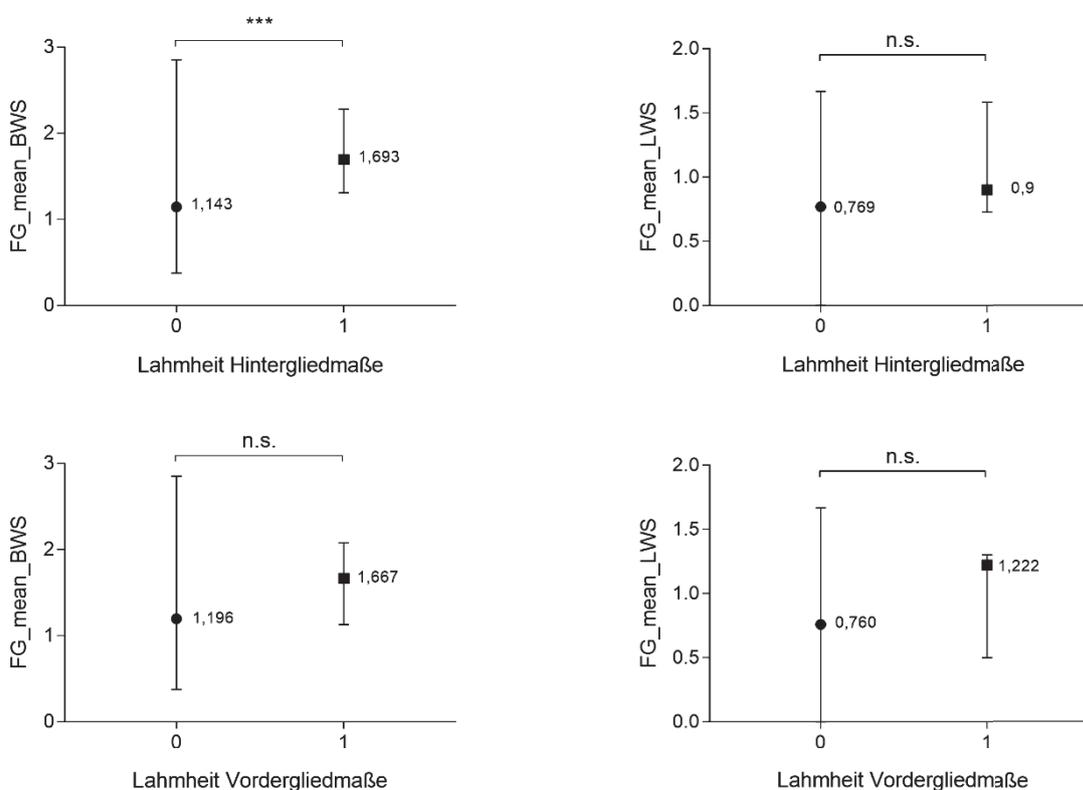


Abbildung 33: Zusammenhänge zwischen den exemplarischen Facettengelenkscores und den Ergebnissen der klinischen Rückenuntersuchung, Darstellung des Medians sowie des Minimums und des Maximums

Legende zu Abb. 33: X-Achse enthält den Grad der klinischen Ausprägung (Grad 0 bis 2)  
 \* = einfach signifikant      \*\* = hochsignifikant      \*\*\* = höchstsignifikant      n.s.: nicht signifikant

#### 4.6.1.7 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der Facettengelenke und der orthopädischen Untersuchung

Pferde mit einer Hinterhandlahmheit hatten höchstsignifikant mehr Befunde an den thorakalen Intervertebralgelenken als lahmfreie Pferde ( $p = 0,0009$ ). Dieser Zusammenhang wurde weder für lumbale röntgenologische Facettengelenksveränderungen ( $p = 0,195$ ) noch für Vorderhandlahmheiten (BWS:  $p = 0,059$ , LWS:  $p = 0,272$ ) nachgewiesen.



**Abbildung 34 Zusammenhang zwischen den exemplarischen Facettengelenkscores und den Ergebnissen der orthopädischen Untersuchung, Darstellung des Medians sowie des Minimums und des Maximums**

Legende zu Abb. 34: X-Achse: (Grad 0 = lahmfrei, Grad 1 = ggr. Undeutlich bis deutlich lahm)

\*\*\* = höchstsignifikant n.s.: nicht signifikant

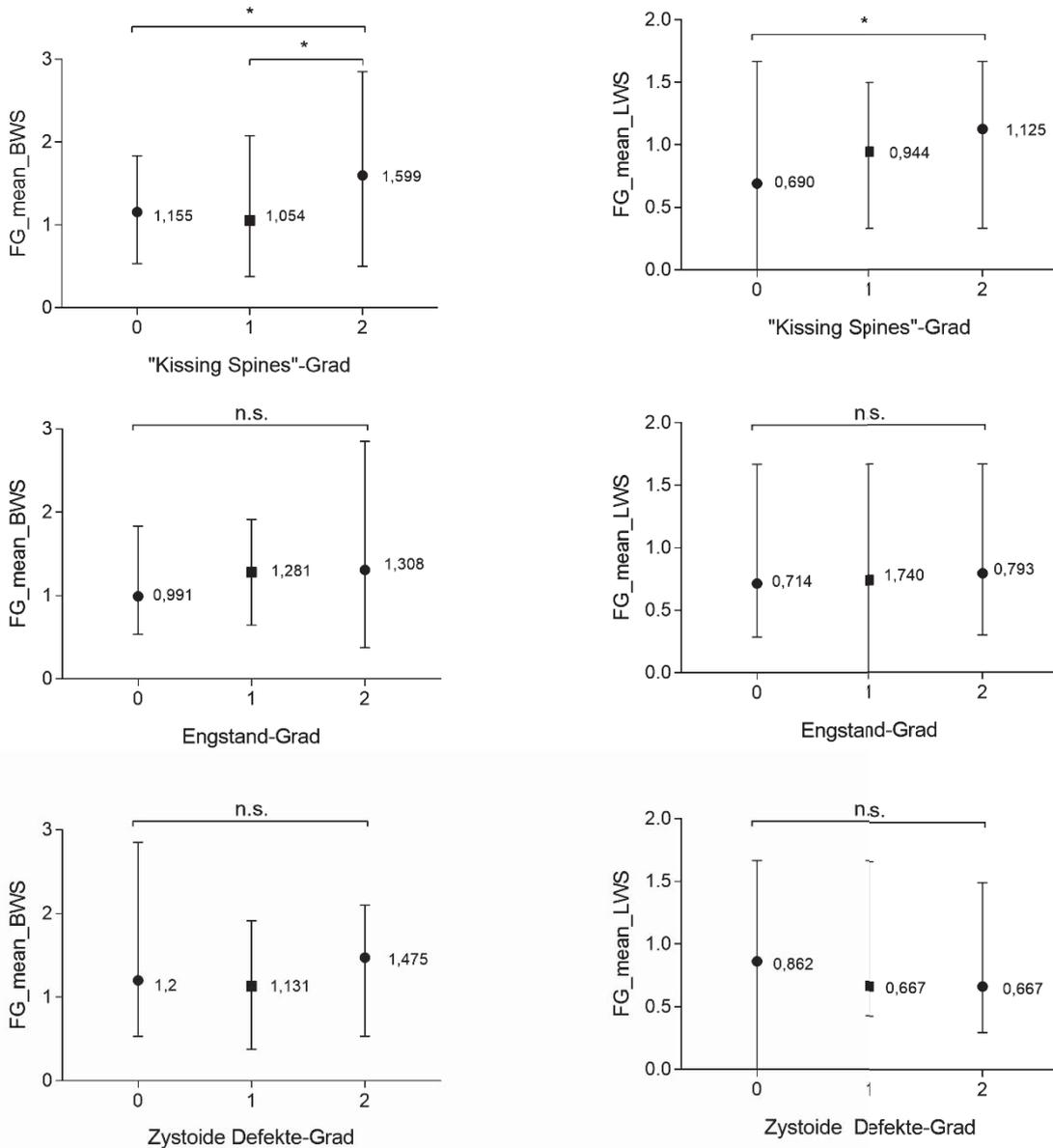


#### **4.6.1.8 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der Facettengelenke und Befunden an den thorakolumbalen Dornfortsätzen**

Die Auswertung der Röntgenbilder zeigte, dass Pferde mit „Kissing Spines“-Befunden signifikant mehr Veränderungen an den thorakalen synovialen Intervertebralgelenken aufwiesen als Probanden ohne „Kissing Spines“ ( $p = 0,013$ ). Ein vergleichbarer Zusammenhang bestand auch bei Warmblutpferden mit „Kissing Spines“-Befunden an zwei oder mehr Lokalisationen und Anzeichen einer lumbalen Facettengelenksarthrose ( $p = 0,021$ ).

Kein signifikanter Zusammenhang wurde hingegen zwischen zu eng stehenden Dornfortsätzen ( $< 4$  mm) und den untersuchten Facettengelenkspathologien nachgewiesen (BWS:  $p = 0,158$ , LWS:  $p = 0,690$ ).

Des Weiteren bestanden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Pferden mit zystoiden Defekten an den Dornfortsatzspitzen und Pathologien an den thorakolumbalen Facettengelenken (BWS:  $p = 0,584$ , LWS:  $p = 0,506$ ).



**Abbildung 35 Zusammenhang zwischen den exemplarischen Facettengelenkscores und anderen röntgenologischen Veränderungen an den Dornfortsätzen, Darstellung des Medians sowie des Minimums und des Maximums**

Legende zu Abb. 35:

X-Achse: Grad 0 = kein DSP betroffen, Grad 1 = 1 DSP betroffen, Grad 2 = 2 oder mehr DSP betroffen

DSP: Dornfortsatz/Dornfortsätze \* = einfach signifikant n.s.: nicht signifikant

#### 4.6.1.9 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der Facettengelenke und Befunden an den Wirbelkörpern

Pferde, die knöcherne Zubildungen an den ventralen Wirbelkörpern aufwiesen, hatten signifikant mehr röntgenologische Veränderungen an den thorakalen synovialen



Intervertebralgelenken als Probanden ohne Anzeichen einer ventralen Spondylose (BWS:  $p = 0,0098$ ). Dieser Zusammenhang wurde für die Lendenwirbelsäule nur in Bezug auf hochgradig ausgeprägte Spondylose (Grad 2, Brückenbildung zwischen zwei Wirbelkörpern) im Vergleich zu Pferden ohne Pathologien an den Wirbelkörpern nachgewiesen ( $p = 0,027$ ).

#### 4.6.2 Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung der thorakolumbalen Dornfortsätze

##### 4.6.2.1 Übereinstimmung der Untersucher bei der Auswertung der Röntgenbilder

Mithilfe des Übereinstimmungskoeffizienten Kappa ( $\kappa$ ) wurde die Übereinstimmung der beiden Untersucher bei der Auswertung der Röntgenbilder überprüft. Diese Berechnung ergab bezüglich zystoiden Defekten, „Kissing Spines“ und Engständen < 4 mm ein umfangreiches bis exzellentes inter- und intrarater agreement.

Tabelle 22 Kappa-Koeffizienten für die beiden Untersucher für die Bewertung der thorakolumbalen Dornfortsätze, intrarater agreement

	Zystoide Defekte	Engstände < 4 mm	„Kissing Spines“
<b>US1</b>	0,926	0,958	0,941
<b>US2</b>	0,895	0,988	0,976

Tabelle 23 Kappa-Koeffizienten für die beiden Messzeitpunkte für die Bewertung der thorakolumbalen Dornfortsätze, interrater agreement

	Zystoide Defekte	Engstände < 4 mm	„Kissing Spines“
<b>US_ZP 1</b>	0,755	0,970	0,917
<b>US_ZP 2</b>	0,817	0,955	0,934

#### 4.6.2.2 Auswertbarkeit der Dornfortsätze im Verlauf der Brust- und Lendenwirbelsäule

In dem unten abgebildeten Säulendiagramm ist dargestellt, dass die thorakalen Dornfortsätze zu fast 100 % röntgenologisch auswertbar waren. Die lumbalen *Procc. spinosi* sind im kraniokaudalen Verlauf in abnehmender Qualität darstellbar, so dass es in der vorliegenden Studie nur noch bei circa 11,0 % der Aufnahmen möglich war, den Übergang zwischen dem vorletzten und dem letzten Dornfortsatz röntgenologisch zu dokumentieren.

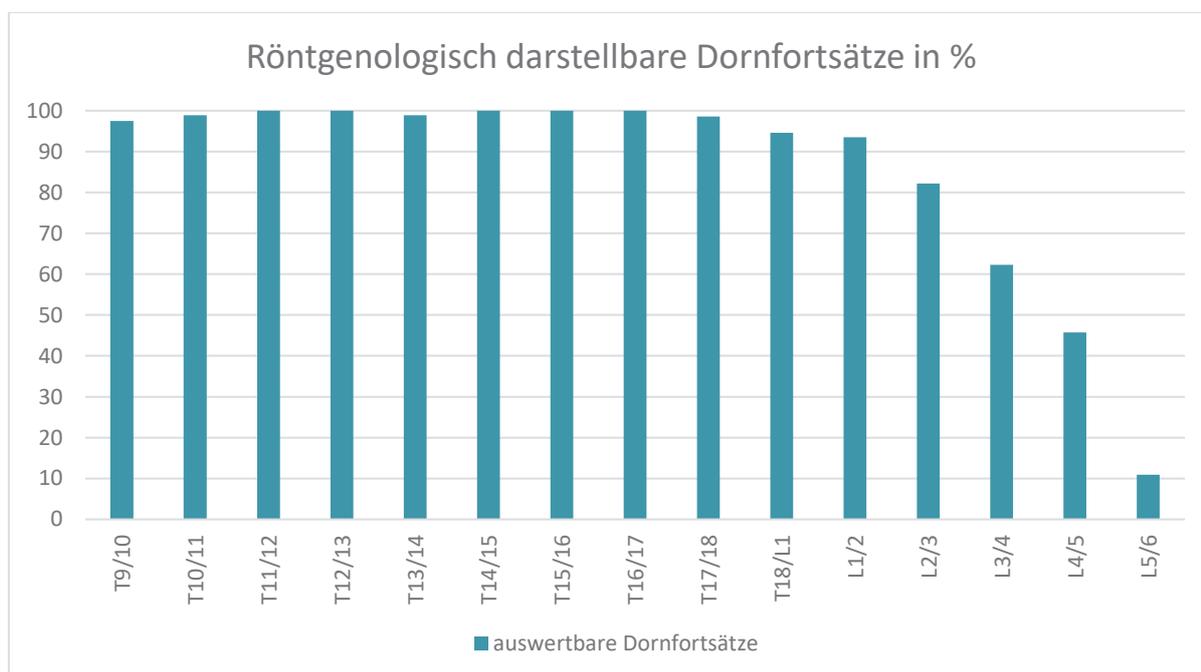


Abbildung 36: Röntgenologische Darstell- und Beurteilbarkeit der Dornfortsätze entlang der BWS und LWS der 69 Warmblüter dieser Studie in %

#### 4.6.2.3 Röntgenologische Veränderungen an den thorakolumbalen Dornfortsätzen der Studienpopulation

Die folgenden Abbildungen zeigen die röntgenologischen Veränderungen an den Dornfortsätzen der Studienpferde entlang der Wirbelsäule in Prozent der auswertbaren *Procc. spinosi*.

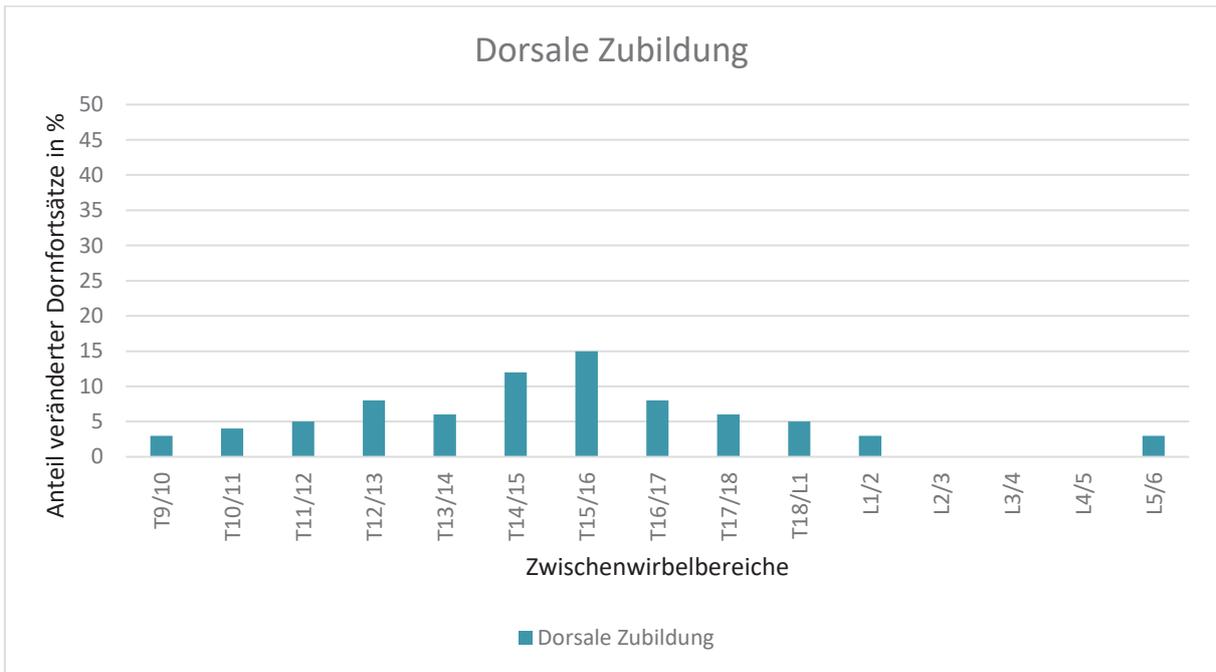


Abbildung 37: Dorsale Zubildungen an den Dornfortsätzen im Verlauf der Wirbelsäule

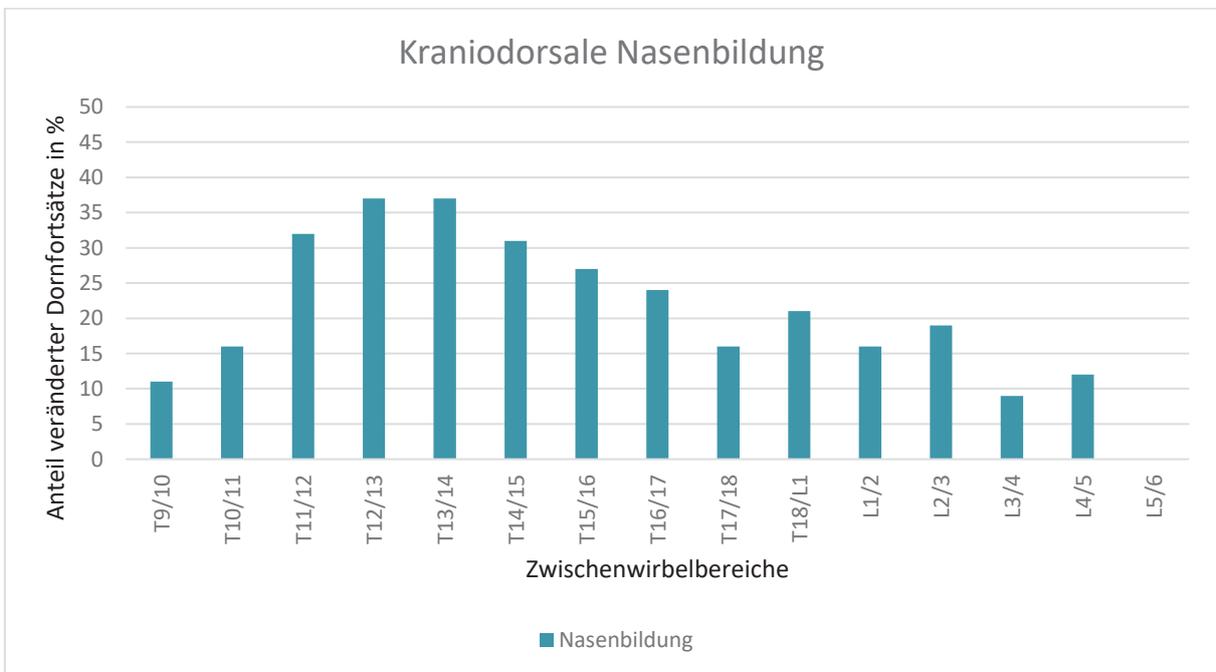


Abbildung 38: Kraniodorsale Nasenbildung an den Dornfortsätzen im Verlauf der Wirbelsäule

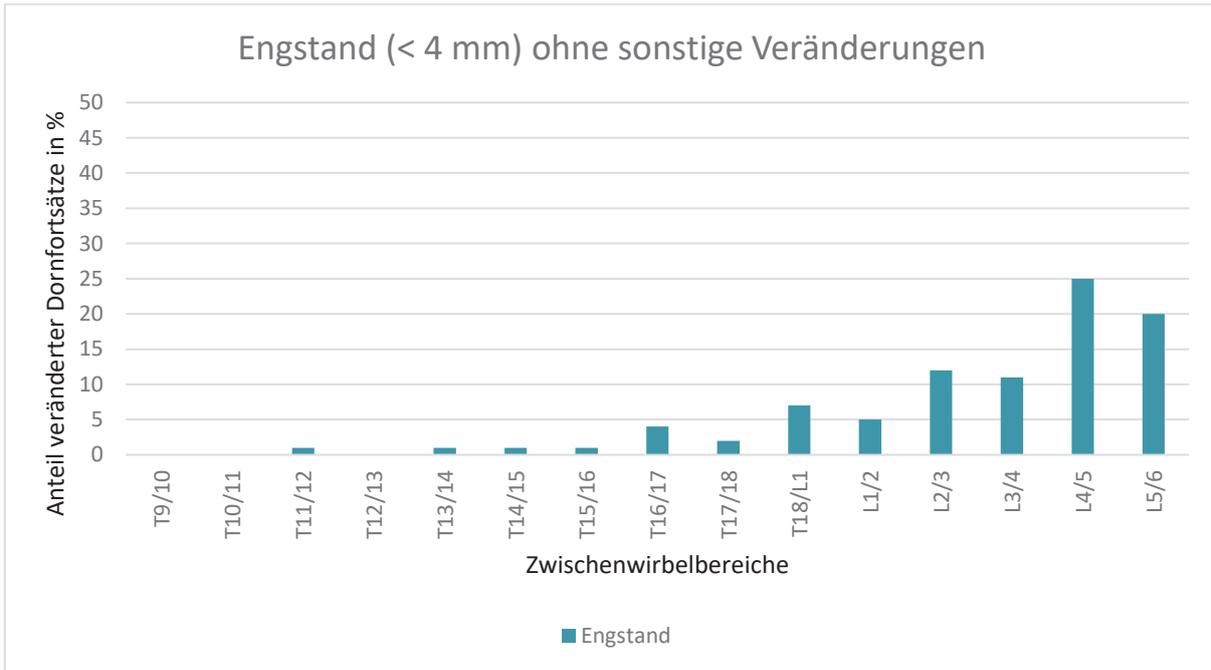
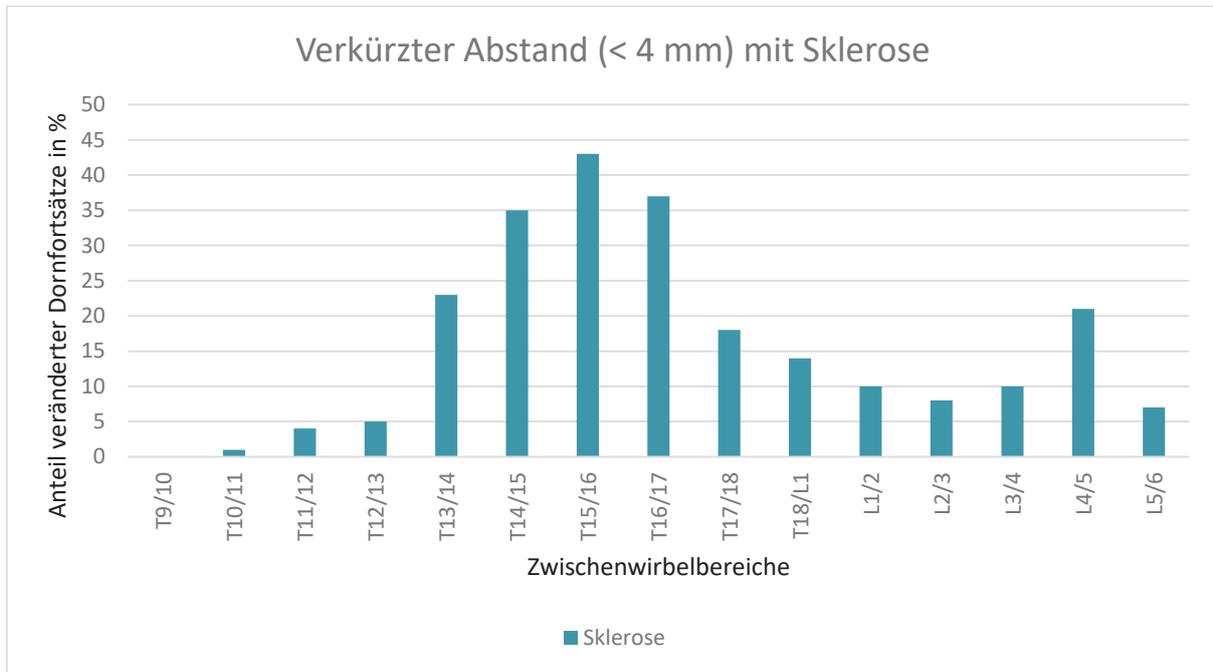


Abbildung 39: Engstand ohne sonstige Veränderungen an den Dornfortsätzen im Verlauf der Wirbelsäule

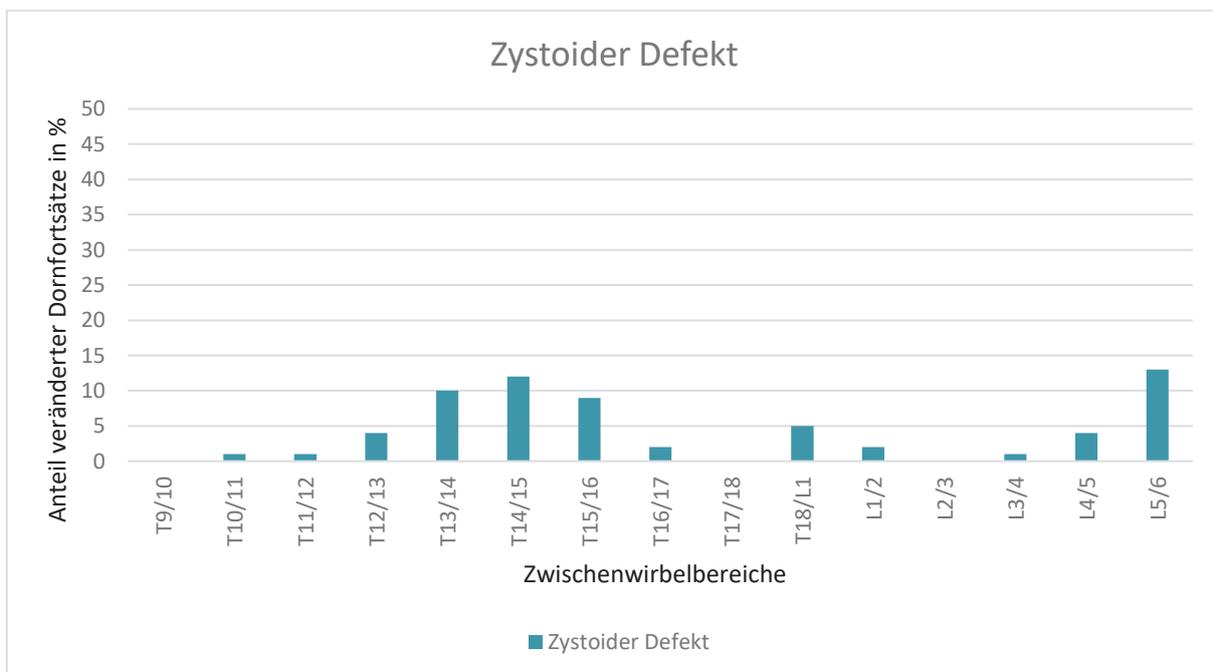


Abbildung 40: Sklerose ohne verkürzten Abstand zwischen den Dornfortsätzen im Verlauf der Wirbelsäule

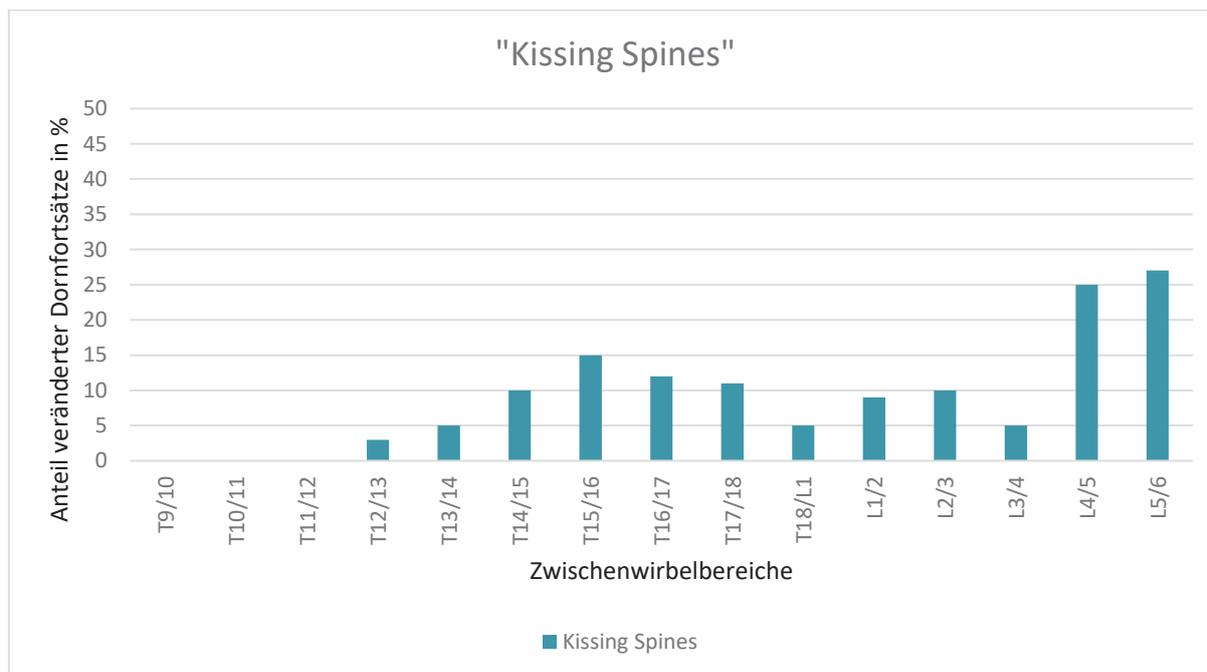
## Ergebnisse



**Abbildung 41: Verkürzter Abstand zwischen zwei Dornfortsätzen mit Sklerose im Verlauf der Wirbelsäule**



**Abbildung 42: Zystoide Defekte oder ausgeprägte Osteolyse im Verlauf der Wirbelsäule**



**Abbildung 43: Sich berührende oder überlappende Dornfortsätze im Verlauf der Wirbelsäule**

In der vorliegenden Studie wurde die Sklerose als häufigste röntgenologische Veränderung an den Dornfortsätzen der Brust- und Lendenwirbelsäule festgestellt. So wiesen 43 % der Dornfortsätze zwischen T15 und T16 sklerotische Veränderungen und gleichzeitig einen verkürzten Abstand zwischen den *Procc. spinosi* auf. Bei Dornfortsätzen mit einem Abstand von mehr als 4 mm kamen sklerotische Veränderungen mit 41 % am häufigsten zwischen T13 und T14 vor. Das Säulendiagramm zeigt, dass sklerotische Veränderungen in dieser Untersuchung insbesondere im Bereich des antiklinalen Brustwirbels diagnostiziert wurden.

Kraniodorsale Nasenbildungen waren in der vorliegenden Untersuchung ebenfalls häufig und wurden insbesondere zwischen dem 11. und dem 16. Brustwirbel beobachtet, wo 27 bis 37 % der Dornfortsätze diesen röntgenologischen Befund aufwiesen.

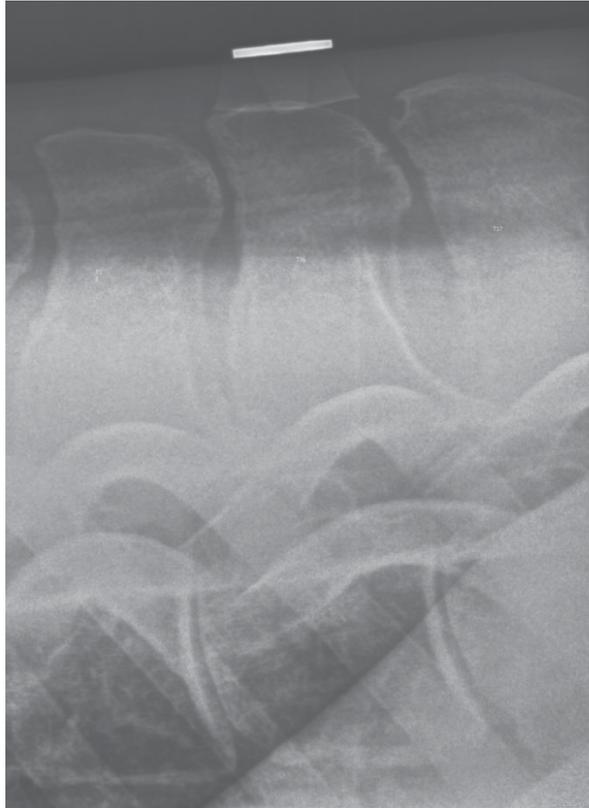
Dorsale Zubildungen an den Dornfortsätzen lagen hingegen fast ausschließlich an den thorakalen Dornfortsätzen vor und wurden bei maximal 15 % der *Procc. spinosi* zwischen T15 und T16 diagnostiziert.

Der Befund „Engstand ohne sonstige röntgenologische Veränderungen“ wurde fast ausschließlich an der Lendenwirbelsäule festgestellt. Das Maximum lag hier mit 25 % zwischen L4 und L5.

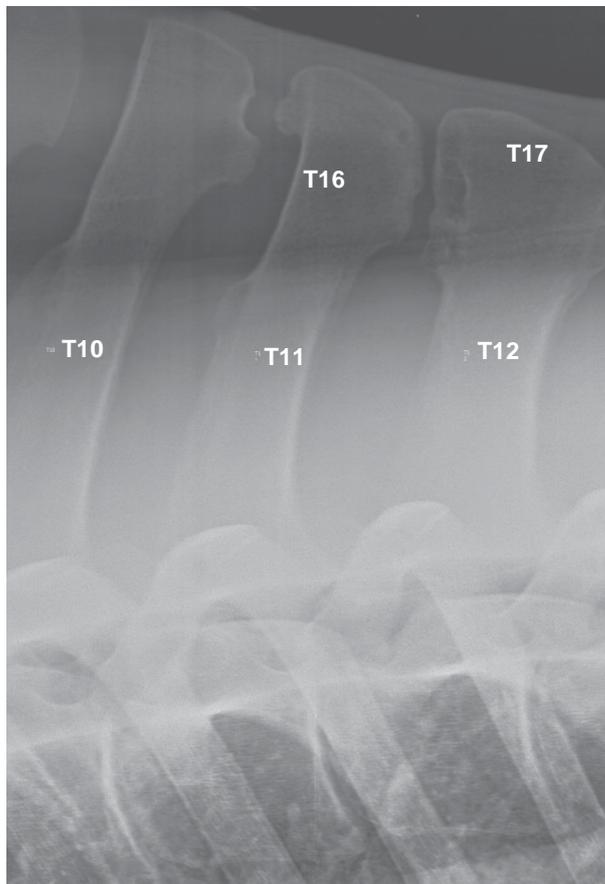
Zystoide Defekte gehörten ebenfalls zu den selteneren Veränderungen mit einem Maximum zwischen T13 und T16 (9 bis 12 %) sowie L5 und L6 (13 %).



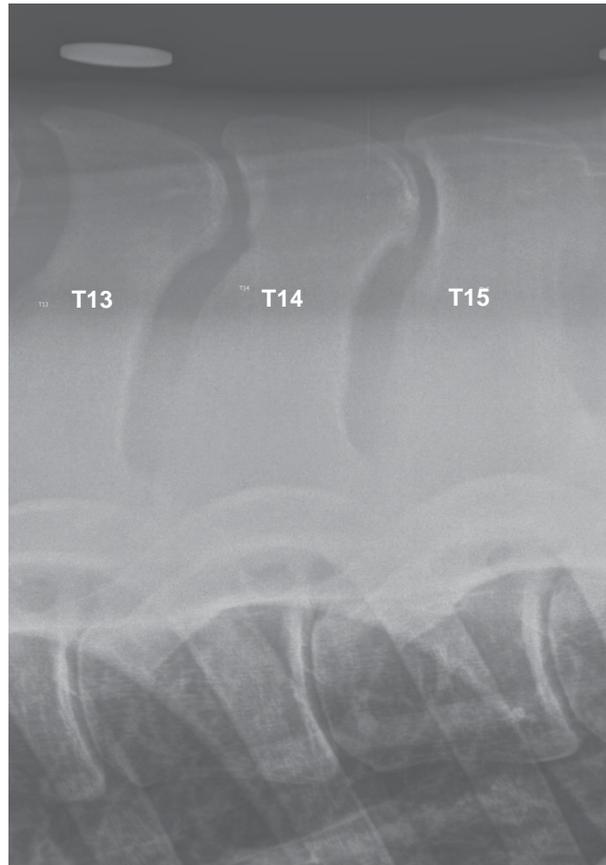
In der vorliegenden Studie wurden sowohl bei klinisch rückengesunden als auch bei rückenkranken Pferden röntgenologisch „Kissing Spines“ dokumentiert. Diese kamen an der Brustwirbelsäule mit 10 bis 15 % am häufigsten im kaudalen Bereich zwischen T14 und T18 vor. Von den lumbalen Wirbeln waren mit über 25 % insbesondere die Dornfortsätze L4/5 und L5/6 betroffen. Bei der Auswertung der „Kissing Spines“ wurden sowohl sich berührende als auch überlappende Dornfortsätze berücksichtigt. Einige Beispiele für verschiedene röntgenologische Befunde aus der vorliegenden Studie sind auf den unten abgebildeten Röntgenbildern dokumentiert.



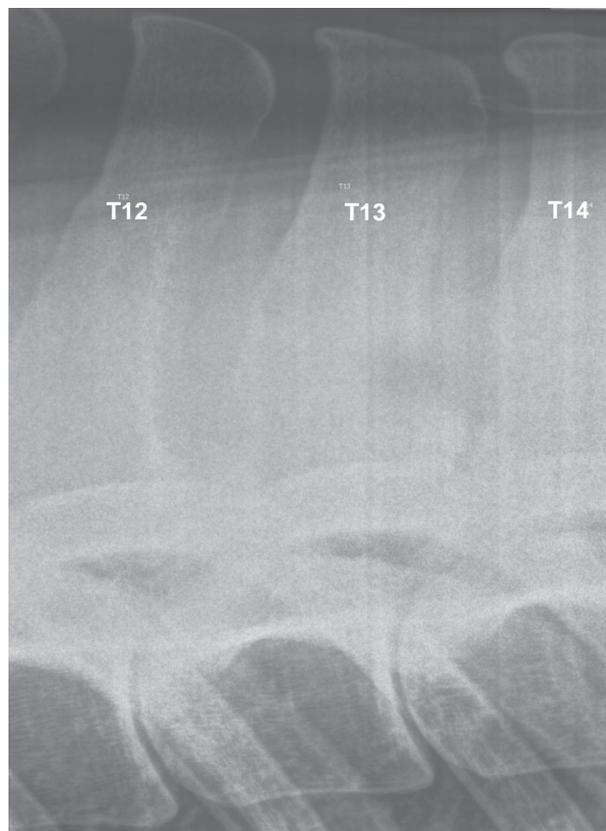
**Abbildung 44: Zystoider Defekt an T17, laterolaterale Aufnahme, Pferd Nr. 43, 24-jähriger Hannoveraner Wallach, klinisch rückenkrank**



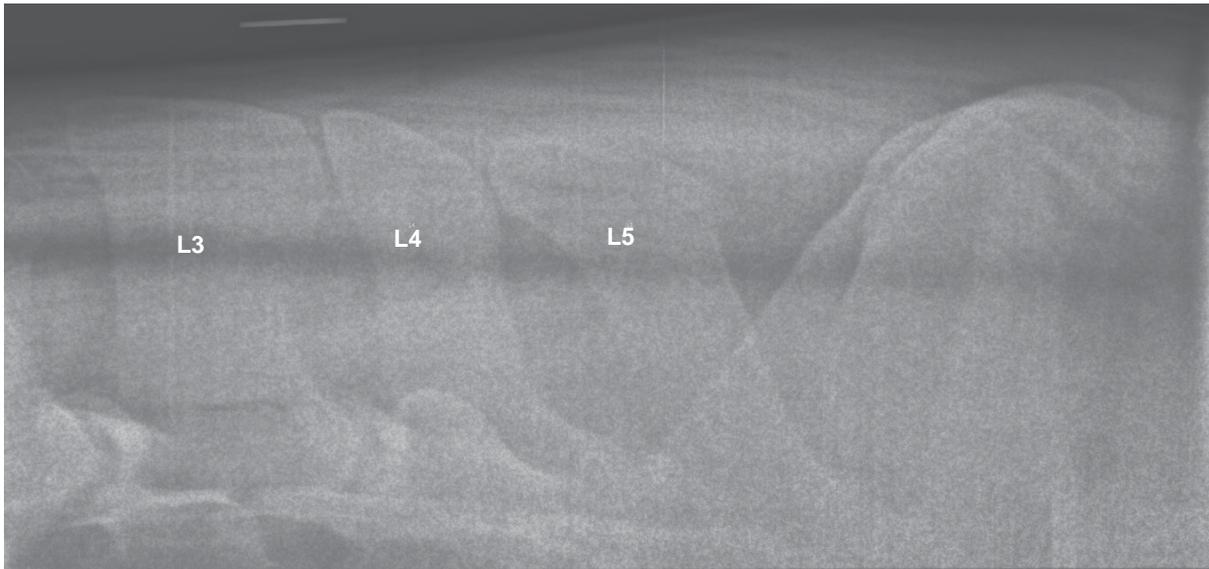
**Abbildung 45: Nasenbildung an T11, Osteolyse und Engstand zwischen T11/12, laterolaterale Aufnahme, Pferd Nr. 66, 9-jähriger Irish Sporthorse Wallach, klinisch rückenkrank, vorberichtliche Rittigkeitsproblematik**



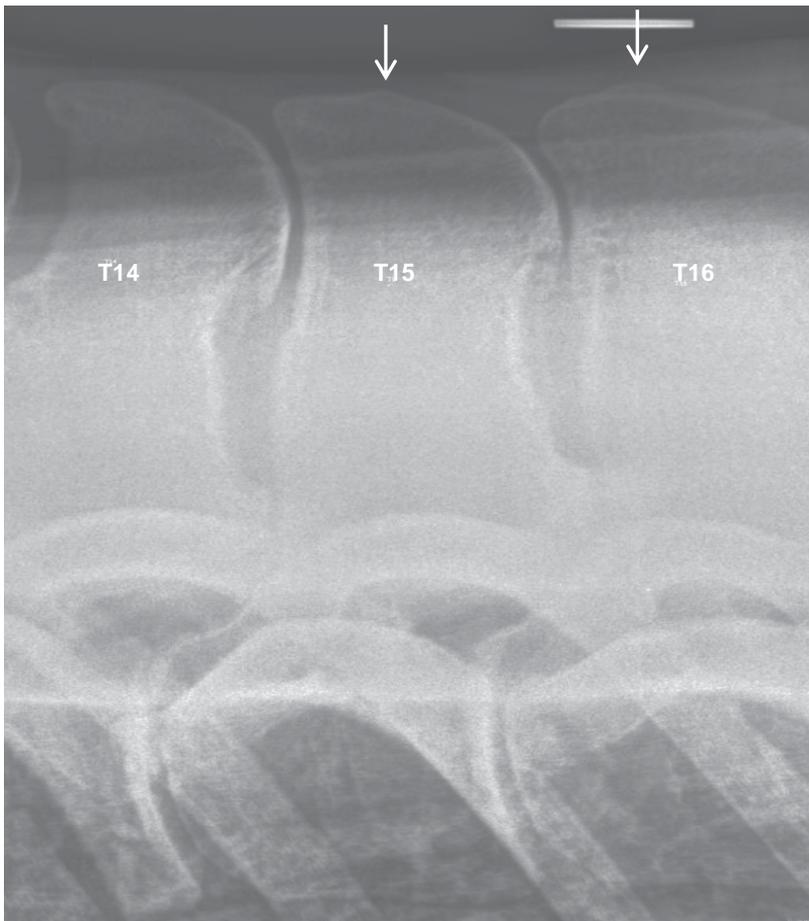
**Abbildung 46: Engstand mit Sklerose zwischen T13/14 und T14/15, ggr. Nasenbildung an T15, laterolaterale Aufnahme, Pferd Nr. 29, 8-jährige Oldenburger Stute, klinisch rückengesund**



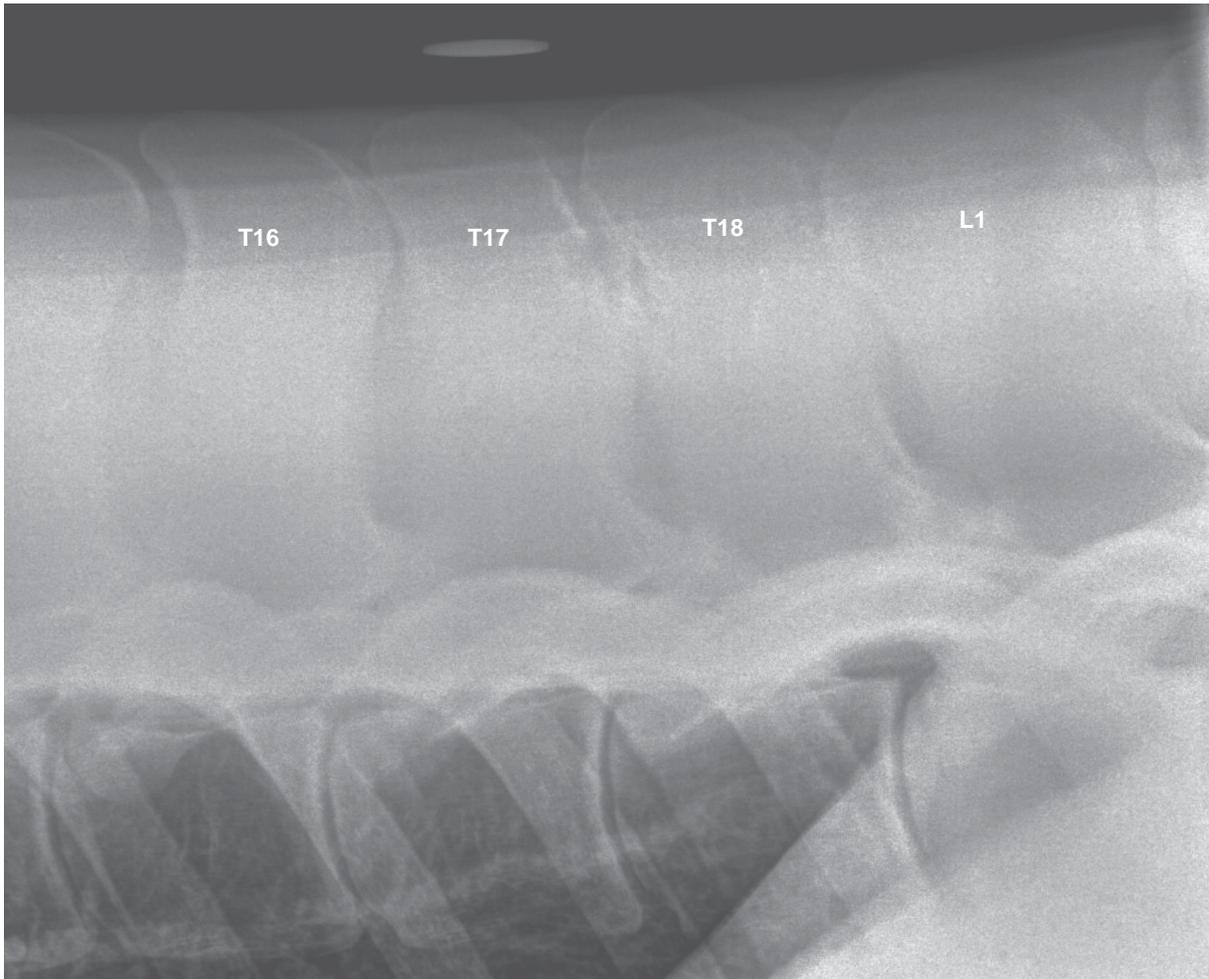
**Abbildung 47: leichte Sklerose ohne verkürzten Abstand, laterolaterale Aufnahme, Pferd Nr. 13, 6-jähriger Oldenburger Wallach, klinisch rückengesund**



**Abbildung 48: Engstand ohne sonstige Veränderungen an der Lendenwirbelsäule, nur fünf Lendenwirbel, Pferd Nr. 27, 10-jährige Hannoveraner Stute, klinisch rückengesund**



**Abbildung 49: Zubildung an den Dornfortsatzspitzen von T15 und T16 (Pfeile), Engstand mit leichter Sklerosierung zwischen T14/15 und T15/16, Pferd Nr. 29, 8-jährige Oldenburger Stute, klinisch rückengesund**



**Abbildung 50: „Kissing Spines“ mit sich berührenden und überlappenden Dornfortsätzen an der kaudalen Brustwirbelsäule, laterolaterale Aufnahmen, Pferd Nr. 55, 6-jährige Westfalenstute, klinisch rückenkrank, vorberichtliche Rittigkeitsprobleme**



#### **4.6.2.4 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der thorakolumbalen Dornfortsätze und dem Alter und dem Geschlecht**

In dieser Untersuchung gab es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Altersgruppe der Probanden und der Ausprägung von „Kissing Spines“ (Grad 1 und 2) ( $p = 0,167$ ), zystoiden Defekten (Grad 1 und 2) ( $p = 0,456$ ) oder Engständen zwischen benachbarten Dornfortsätzen (Grad 1 und 2) ( $p = 0,509$ ).

Stuten hatten signifikant schwerere „Kissing Spines“-Befunde als Hengste und Wallache ( $p = 0,008$ ). Des Weiteren wurde dokumentiert, dass Hengste signifikant seltener Engstände  $< 4$  mm zwischen benachbarten Dornfortsätzen hatten als Stuten und Wallache ( $p = 0,041$ ). Bezüglich der zystoiden Defekte gab es in dieser Studie keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Geschlecht der Probanden ( $p = 0,283$ ).

#### **4.6.2.5 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der thorakolumbalen Dornfortsätze und leistungsabhängigen Daten der Probanden**

Die Probanden zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den untersuchten Veränderungen an den *Procc. spinosi* und der Leistungsbereitschaft ( $p = 0,855$ ), dem Leistungsniveau ( $p = 0,565$ ) und der reiterlichen Nutzung ( $p = 0,960$ ). Des Weiteren waren Pferde mit „Kissing Spines“ statistisch tendenziell häufiger unrittig als gut rittige Pferde ( $p = 0,058$ ). Darüber hinaus wurden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Rittigkeit und den untersuchten röntgenologischen Dornfortsatzbefunden gezeigt.

#### **4.6.2.6 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der thorakolumbalen Dornfortsätze und der klinischen Rückengesundheit**

In der vorliegenden Studie gab es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Ergebnis der klinischen Rückenuntersuchung und dem Auftreten von Engständen ( $p = 0,159$ ), „Kissing Spines“ ( $p = 0,315$ ) oder zystoiden Defekten ( $p = 0,383$ ).



#### **4.6.2.7 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der thorakolumbalen Dornfortsätze und der orthopädischen Untersuchung**

In der präsentierten Untersuchung wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen der klinischen Lahmheitsuntersuchung und dem Vorkommen röntgenologischer Befunde an den Dornfortsätzen nachgewiesen.

#### **4.6.2.8 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der thorakolumbalen Dornfortsätze und der Ausprägung einer ventralen Spondylose**

Von den fünf Studienpferden, bei denen eine ventrale Spondylose röntgenologisch diagnostiziert wurde, hatten vier Pferde deutliche und ein Pferd geringgradige „Kissing Spines“-Befunde. Des Weiteren wurde dokumentiert, dass nur ein Pferd neben einer ventralen Spondylose ebenfalls einen zystoiden Defekt aufwies. Die Anzahl der betroffenen Pferde war mit fünf Probanden zu gering für die Berechnung statistischer Signifikanzen.

### **4.6.3 Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung der thorakolumbalen Wirbelkörper**

#### **4.6.3.1 Übereinstimmung der Untersucher bei der Auswertung der Röntgenbilder**

Um die Wiederholbarkeit der röntgenologischen Bewertung der ventralen Wirbelkörper zu überprüfen, wurde der gewichtete Kappa Koeffizient ( $\kappa$ ) berechnet. Dieser ergab eine umfangreiche bis exzellente Übereinstimmung zwischen und innerhalb der beiden Untersucher. So lag das intrarater agreement des Untersuchers 1 bei 0,877 und das des Untersuchers 2 bei 0,929. Das interrater agreement lag beim ersten Untersuchungszeitpunkt bei 0,783 und beim zweiten Zeitpunkt bei 0,846.

#### 4.6.3.2 Auswertbarkeit der ventralen Wirbelkörper im Verlauf der Brust- und Lendenwirbelsäule

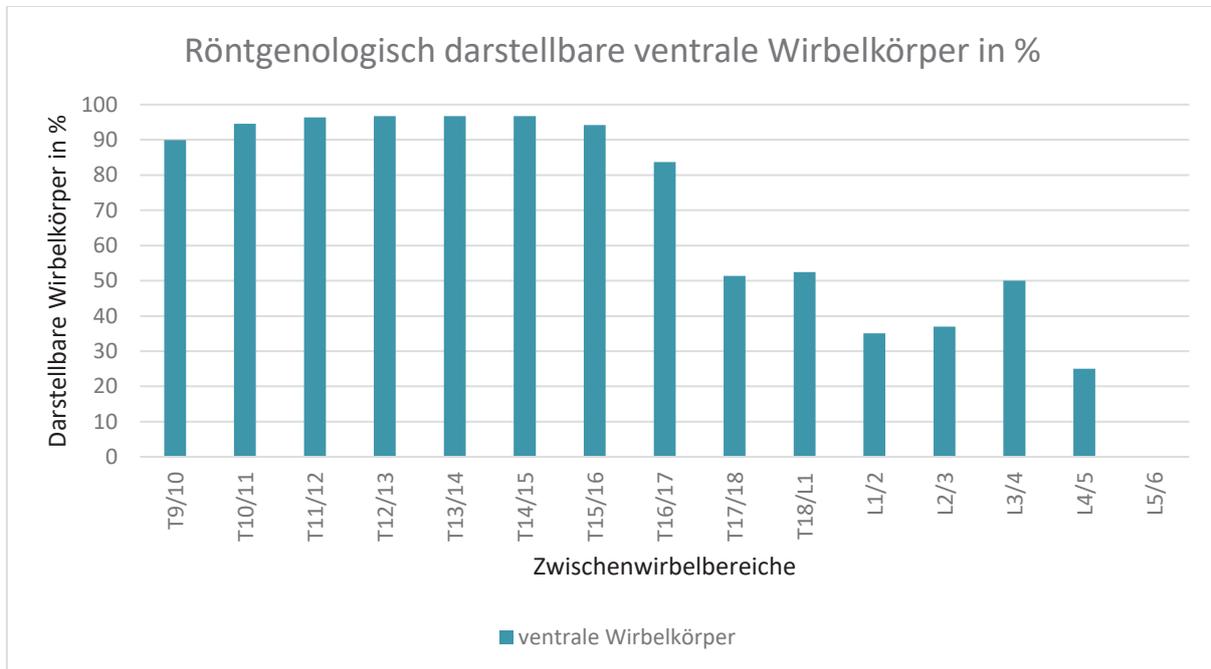


Abbildung 51: Röntgenologisch darstellbare ventrale Wirbelkörper zur Beurteilung der ventralen Spondylose entlang der Wirbelsäule

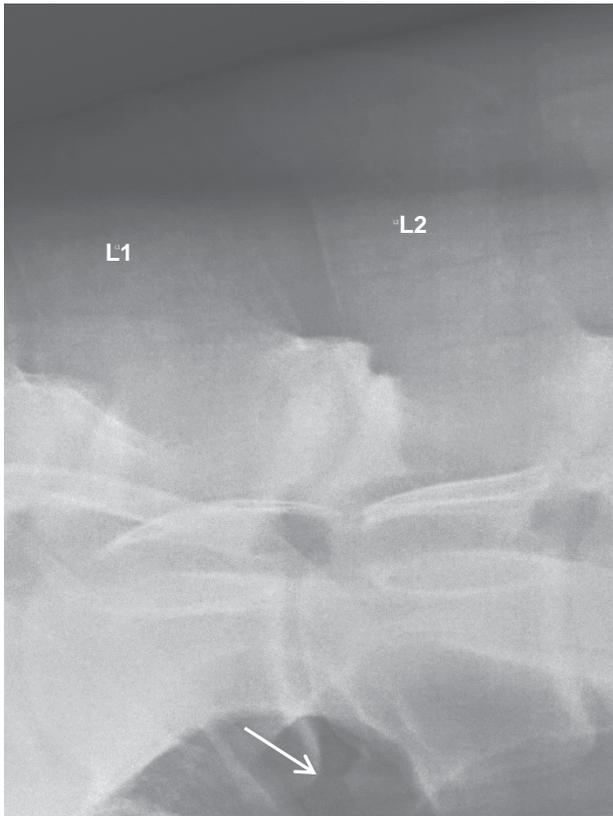
Die röntgenologische Darstellbarkeit der ventralen Wirbelkörper war an der Brustwirbelsäule vergleichbar mit der der thorakalen Dornfortsätze. Die Qualität der abgebildeten lumbalen Wirbelkörper war jedoch schlechter als die der *Procc. spinosi lumbales*.



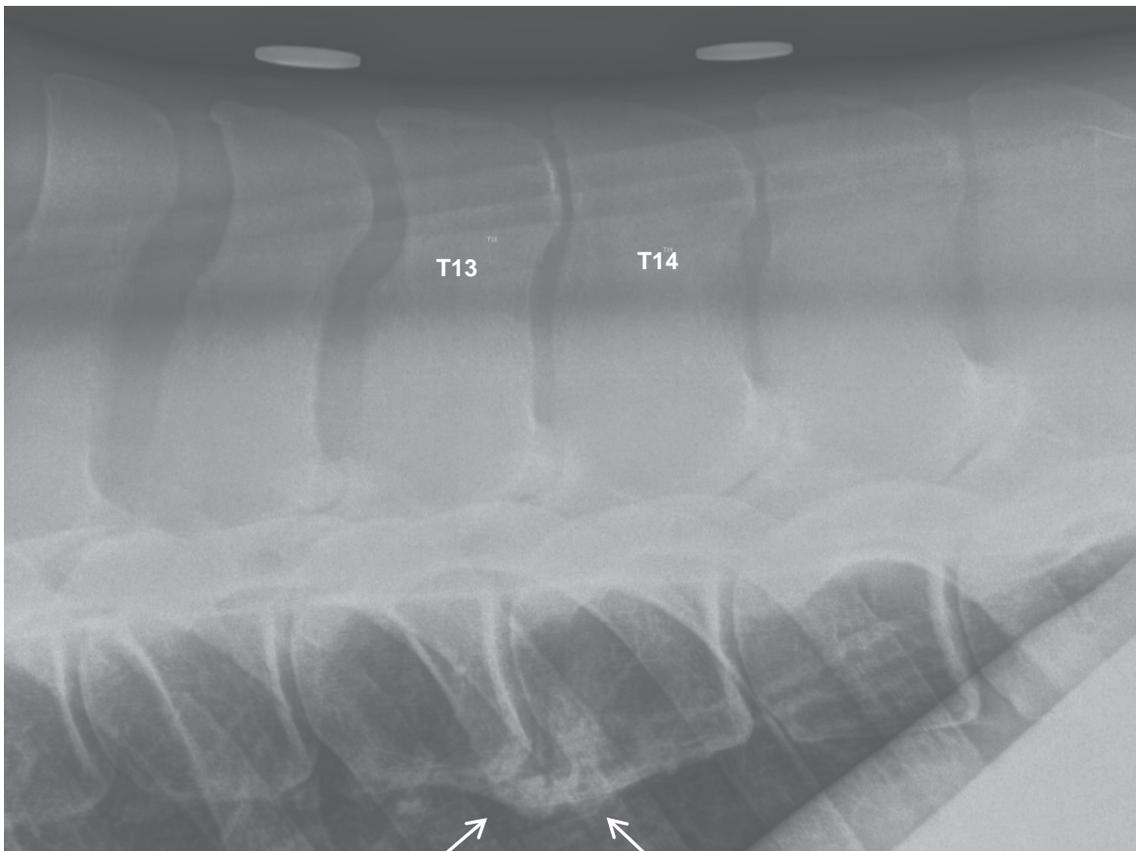
#### **4.6.3.3 Röntgenologische Veränderungen der thorakolumbalen Wirbelkörper der Studienpopulation**

Insgesamt wurden bei drei Studienpferden röntgenologische Veränderungen im Sinne einer ventralen Spondylose mit Überbrückung des Zwischenwirbelbereichs (Grad 5) festgestellt. Bei zwei dieser Pferde waren die Wirbelkörper zwischen T12 und T13 betroffen. In einem Fall der Zwischenwirbelbereich T13/14. Zwei dieser drei Probanden hatten zusätzlich geringgradige knöcherne Zubildungen an den ventralen Wirbelkörpern im Verlauf der Brust- und Lendenwirbelsäule, die den Zwischenwirbelspalt nicht überbrückten.

Des Weiteren hatten zwei Pferde kleine knöcherne Zubildungen an lumbalen Wirbelkörpern und wurden daher mit einer Spondylose Grad 1 bewertet.



**Abbildung 52: Osteophyt am Wirbelkörper von L2 (Pfeil), laterolaterale Aufnahme, Pferd Nr. 63, 13- jährige Oldenburger Stute, klinisch rückenkrank**



**Abbildung 53: Spondylosis deformans, vollständige Brückenbildung zwischen den Wirbelkörpern von T13/14, laterolaterale Aufnahme, Pferd Nr. 63, 13- jährige Oldenburger Stute, klinisch rückenkrank**



#### **4.6.3.4 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der thorakolumbalen Wirbelkörper und dem Alter und dem Geschlecht**

Von den fünf Pferden mit *Spondylosis deformans* waren jeweils zwei Pferde in Altersgruppe III und IV und ein Pferd in Altersgruppe II. Es wurde keine ventrale Spondylose bei ungerittenen Probanden beobachtet.

Bei den betroffenen Pferden handelte es sich in dieser Studie ausschließlich um Stuten.

#### **4.6.3.5 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der thorakolumbalen Wirbelkörper und leistungsabhängigen Daten der Probanden**

Von den Probanden mit einer ventralen Spondylose wurden zwei Pferde im Dressursport (Klasse A und L), ein Pferd im Springsport (Klasse M) und ein Pferd in beiden Disziplinen (Klasse L bzw. A) eingesetzt. Bei dem fünften Pferd handelte es sich um ein Freizeitpferd.

#### **4.6.3.6 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der thorakolumbalen Wirbelkörper und der klinischen Rückengesundheit**

Alle Pferde mit *Spondylosis deformans* waren geringgradig bis deutlich klinisch rückenkrank.

#### **4.6.3.7 Zusammenhang zwischen röntgenologischen Veränderungen der thorakolumbalen Wirbelkörper und der orthopädischen Untersuchung**

Die Pferde, die in der röntgenologischen Untersuchung mit einer hochgradigen ventralen Spondylose auffielen, zeigten in der orthopädischen Untersuchung eine Lahmheit. Zwei der Probanden wiesen eine Vorderhandlahmheit und drei von ihnen eine Hinterhandlahmheit auf.



#### **4.7 Weitere Erkenntnisse bezüglich der Rittigkeitsprobleme und den erhobenen Daten der Studienpopulation**

21 der 55 in dieser Studie untersuchten Reitpferde waren laut Aussagen des ständigen Reiters unrittig. Betrachtet man nun den Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der klinischen Rückenuntersuchung und der Rittigkeit, so waren unrittige Pferde signifikant häufiger klinisch rückenkrank ( $p = 0,004$ ). Hierbei wiesen sie deutlicheren Muskelschmerz ( $p = 0,009$ ) und Knochenschmerz ( $p = 0,003$ ) sowie eine eingeschränkte Beweglichkeit ( $p = 0,0001$ ) der Brust- und Lendenwirbelsäule auf.

Fünf von sechs Probanden mit einer Hinterhandlahmheit wurden aufgrund von Rittigkeitsproblemen in der Klinik vorgestellt. Zwei weitere Pferde zeigten ebenfalls eine Lahmheit der Hintergliedmaße, jedoch fehlten in beiden Fällen die Angaben bezüglich der Rittigkeit. Von fünf Probanden mit einer Vorderhandlahmheit wurden drei als unrittig beschrieben. In einem Fall lagen keine Angaben in Bezug auf die Rittigkeit vom ständigen Reiter vor.

Der Zusammenhang zu anderen röntgenologischen Veränderungen entlang der Wirbelsäule wurde in den vorangestellten Kapiteln dargelegt.

#### **4.8 Weitere Erkenntnisse bezüglich der orthopädischen Untersuchung und den erhobenen Daten der Studienpopulation**

Pferde mit einer Hinterhandlahmheit ( $n = 8$ ) wurden aufgrund der Befunde der klinischen Rückenuntersuchung signifikant häufiger als klinisch rückenkrank (Grad 2) eingestuft als lahmfreie Pferde ( $n = 57$ ) ( $p = 0,008$ ). Hierbei reagierten die Probanden häufiger schmerzhaft bei der Überprüfung des Druckschmerzes entlang der Dornfortsätze ( $p = 0,031$ ) und zeigten eine reduzierte Beweglichkeit der Wirbelsäule ( $p = 0,002$ ).

Für Lahmheiten an den Schultergliedmaßen ( $n = 5$ ) konnten keine vergleichbaren Zusammenhänge nachgewiesen werden.

#### **4.9 Weitere Erkenntnisse bezüglich der klinischen Rückenbemuskelung und den erhobenen Daten der Studienpopulation**

Betrachtet man die Rückenbemuskelung im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Provokationsproben, so waren Pferde mit einer schlechteren Rückenbemuskelung signifikant häufiger klinisch rückenkrank ( $p = 0,003$ ). Hierbei traten signifikant mehr



Muskelschmerzen ( $p = 0,014$ ) und eine schlechtere Beweglichkeit der Wirbelsäule ( $p = 0,002$ ) auf als bei Pferden, die aufgrund der klinischen Rückenuntersuchung als klinisch rückengesund eingestuft wurden. Für den Knochenschmerz hingegen wurde keine Signifikanz nachgewiesen ( $p = 0,312$ ). Des Weiteren waren Pferde mit einer schlechteren Rückenbemuskelung signifikant häufiger unrittig ( $p = 0,006$ ).

Bezüglich der untersuchten Veränderungen an den Dornfortsätzen und den ventralen Wirbelkörpern wurden keine signifikanten Zusammenhänge zur Rückenbemuskelung nachgewiesen.

---

## 5 Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die klinische Relevanz röntgenologisch darstellbarer knöcherner Veränderungen an den thorakolumbalen Facettengelenken bei Warmblutpferden zu klären. Des Weiteren wurde das Vorkommen bestimmter Pathologien an den synovialen Intervertebralgelenken im Verlauf der Brust- und Lendenwirbelsäule beschrieben und der Zusammenhang mit Veränderungen an den Dornfortsätzen und den ventralen Wirbelkörpern dargestellt. Im Folgenden werden das Probanden- und Patientenmaterial, die Methodik und die Ergebnisse der Studie diskutiert.

### 5.1 Diskussion der Methode

#### 5.1.1 Probandengut

Das ausgewählte Pferdmaterial bestand aus insgesamt 69 Warmblütern, wovon 42 Pferde im Rahmen dieser Studie untersucht wurden und die Untersuchungsprotokolle und Röntgenaufnahmen von 27 weiteren Probanden retrospektiv ausgewertet wurden. Die retrospektiv ausgewählte Kontrollgruppe ist nach dem Vorliegen umfassender klinischer Untersuchungsprotokolle und qualitativ guter und auswertbarer Röntgenbilder ausgewählt worden, um für alle Probanden eine ideale Vergleichbarkeit aufgrund der vollständigen Datenlage zu gewährleisten.

Es handelte sich ausschließlich um Warmblüter, sodass eine relativ homogene Probandengruppe in Bezug auf Gewicht und Stockmaß vorlag. Die Pferde repräsentierten die typische Nutzung des Warmblutpferdes in Deutschland in den Disziplinen Dressur, Springen und Freizeit. Es kann angenommen werden, dass die Altersstruktur mit einer Altersspanne zwischen 2 und 24 Jahren (Durchschnitt 7,6 Jahre, Median 8,0 Jahre) einen ausgeglichenen Querschnitt durch die als Reitpferd gehaltenen Warmblutpferde abbildet. Alle Pferde dieser Studie, mit Ausnahme der ungerittenen Jungpferde, wurden regelmäßig reiterlich genutzt. Der vorgestellten Probandengruppe fehlte eine Gruppe älterer ungerittener Pferde. Daher müssen Aussagen über Zusammenhänge beispielsweise zwischen dem Alter und röntgenologischen Veränderungen immer vor dem Hintergrund des Einflusses einer reiterlichen Belastung betrachtet werden.



Das Niveau der Reiter variierte stark durch das gesamte Spektrum zwischen sehr erfahrenen und gut ausgebildeten Turnierreitern und Freizeitreitern. Daraus resultiert unter anderem die Gefahr, dass vorberichtlich aufgenommene Aussagen, insbesondere bezüglich der Rittigkeit, von Seiten der Reiter falsch eingeschätzt wurden. So ist es möglich, dass ein schwächerer Reiter eine Unrittigkeit seines Pferdes übersieht beziehungsweise diese „Unrittigkeit“ auf ein reiterliches Unvermögen zurückzuführen ist und dadurch bei einem besseren Reiter nicht auftreten würde. Der Reiter ist ein wichtiger Einflussfaktor für die „performance“ des Pferdes (DYSON 2016b). Die Auswahl einer heterogenen Reiterschaft spiegelt die Realität im Hinblick auf das Klientel vieler Pferdepraxen und -kliniken in Deutschland wider, sodass dieser Faktor auch in klinischen Alltagssituationen berücksichtigt werden muss.

### 5.1.2 Klinische Rückenuntersuchung

Alle Warmblüter wurden in der Regel mehrfach von erfahrenen Tierärzten unter vergleichbaren Bedingungen in der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover untersucht. Das Protokoll für die klinische Rückenuntersuchung wurde auf der Basis von Angaben aus der Literatur erstellt (JEFFCOTT 1975, 1985; GUNDEL u. SCHATZMANN 1997a, b, c; MARTIN u. KLIDE 1999; DENOIX u. DYSON 2011). Die Auswertung zeigte, dass der Untersucher keinen nennenswerten Einfluss auf das Ergebnis der Untersuchungen hatte. Somit war das zugrundeliegende Protokoll gut für die klinische Rückenuntersuchung geeignet.

Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung zwischen den einzelnen Untersuchungszeitpunkten unterschieden sich in der vorliegenden Studie zwar nicht grundlegend, dennoch ist es auch in der Praxis anzuraten, abhängig vom Temperament des Pferdes, die Untersuchung am Folgetag erneut durchzuführen, wenn das Pferd sich an die Umgebung und die Situation gewöhnt hat. Ist dies nicht möglich, so ist mindestens auf eine ruhige Atmosphäre zu achten, damit Ergebnisse, beispielsweise bezüglich des Muskeltonus und der Beweglichkeit, eine belastbare Aussage ermöglichen. Es ist zu beachten, dass ein erhöhter Tonus der Rückenmuskulatur nicht zwangsläufig auf eine Schmerzbehaftung zurückgeführt werden darf, da der Tonus des langen Rückenmuskels ein Spiegel des Angst- bzw. Erregungszustandes des Fluchttieres Pferd ist (DENOIX u. PAILLOUX 2000). Daher muss die klinische Rückenuntersuchung, nicht selten an mehreren Untersuchungstagen, immer auch unter Berücksichtigung des Erregungszustandes des Pferdes erfolgen.



In der Literatur ist beschrieben, dass die Untersuchung in einem Untersuchungsstand stattfinden sollte (JEFFCOTT 1985). Die Probanden der vorliegenden Arbeit wurden alle in ihren Einzelboxen untersucht. Dies hatte den Vorteil, dass das Pferd in seiner gewohnten Umgebung möglichst entspannt war. Des Weiteren entspricht es häufig den Praxisbedingungen in einer Fahrpraxis. Dennoch kann es bei besonders schmerzhaften und/oder aggressiven Patienten aus Sicherheitsgründen nötig sein, die Untersuchung in einem Zwangsstand durchzuführen, um das Verletzungsrisiko für das beteiligte Personal so gering wie möglich zu halten. Beachtet werden muss dann allerdings, dass es durch die ungewohnte Umgebung möglicherweise zu einer erhöhten Erregung des Patienten kommt, wodurch die Aussagekraft bestimmter Untersuchungsergebnisse eingeschränkt sein kann (z.B. erhöhter Muskeltonus).

### 5.1.3 Röntgenologische Untersuchung

Alle Pferde wurden für die röntgenologische Untersuchung sediert. Dies ermöglichte in allen Fällen eine sichere Arbeitssituation für das Personal und die Technik und reduzierte Bewegungsartefakte auf ein Minimum (JOHNS et al. 2008).

Die Qualität der Röntgenbilder war durch die hochwertige Röntgenausstattung in der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover sehr gut. Dies war eine Grundvoraussetzung für die genaue radiologische Evaluierung, insbesondere der thorakalen Facettengelenke. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, war es zwingend erforderlich, dass Röntgenbilder von vergleichbar guter Qualität zur Verfügung standen (GERHARDS et al. 2007).

Um ein vollständiges Bild bezüglich der röntgenologischen Veränderungen im Bereich der Wirbelsäule und ihre potentielle klinische Bedeutung zu erhalten, ist es essentiell bei jedem Rückenpatienten die Dornfortsätze, die Wirbelkörper und die Facettengelenke darzustellen (UELTSCHI 2001; DYSON 2016b). Daher wurden in der vorliegenden Arbeit, trotz des Schwerpunktes auf den synovialen Intervertebralgelenken, auch die *Procc. spinosi* und die Wirbelkörper bewertet.

Die Aufnahmen im laterolateralen Strahlengang für die Bewertung der Dornfortsätze, der Wirbelkörper und der lumbalen Facettengelenke sind vielfach in der Literatur beschrieben und werden seit langem routiniert in der täglichen Praxis durchgeführt (RANNER et al. 1999; WEAVER et al. 1999; BUTLER et al. 2008). Die Darstellung der thorakalen Facettengelenke erfolgte mit der von REISINGER (2003) publizierte 20° ventrodorsal-obliquen Aufnahmetechnik. Auch in der vorgestellten Studie konnten so



die Wirbel T9/10 bis T15/16 in der Regel zufriedenstellend dargestellt und beurteilt werden. Kranial bzw. kaudal davon kommt es laut REISINGER u. STANEK (2005) zu Überlagerungen mit der *Scapula* bzw. mit dem Zwerchfell und den Eingeweiden. Des Weiteren haben möglicherweise individuelle Faktoren, wie der Zwerchfellstand und der Füllungszustand des Dickdarms, einen Einfluss auf die Darstellbarkeit der kaudalen kleinen Brustwirbelgelenke. Bei einigen Patienten war es möglich auch die Facettengelenke des letzten Brustwirbelpaars röntgenologisch abzubilden. Bei der Beurteilung der kaudalen thorakalen Facettengelenke ist die im Verlauf der Wirbelsäule veränderte Stellung der Gelenkflächen zu berücksichtigen. BUTLER et al. (2008) weisen darauf hin, dass röntgenologisch verdächtige Gelenke immer mittig im Zentralstrahl positioniert werden sollten. Die deutliche Verbesserung der Erkennung von Facettengelenkarthrose mit Hilfe der Schrägaufnahmetechnik im Vergleich zu den laterolateralen Aufnahmen zeigten auch die Untersuchungen von GIRODROUX et al. (2009). Die Arbeitsgruppe diagnostizierte eine Facettengelenksarthrose in 12,0 % der Fälle, in denen nur laterolaterale Aufnahmen zur Bewertung der kleinen Wirbelgelenke zur Verfügung standen und bei circa 24,0 % der Pferde, bei denen zusätzlich auch Schrägaufnahmen angefertigt wurden.

Die lumbalen synovialen Intervertebralgelenke konnten aus verschiedenen Gründen nicht mittels der oben genannten Schrägaufnahmen seitenvergleichend dargestellt werden. So fehlt das kontrastgebende Lungenfeld, die Querfortsätze behindern die überlagerungsfreie Darstellung der Facettengelenke und die Stellung der thorakalen synovialen Intervertebralgelenke weicht deutlich von der Stellung der kleinen Wirbelgelenke im Lendenbereich ab. In dieser Studie wurden die rechten und linken lumbalen Facettengelenke zusammen auf einer laterolateralen Aufnahme bewertet. Dies führte zwangsläufig zu Überlagerungen und lässt vermuten, dass die Etablierung einer anderen Aufnahmetechnik die Häufigkeit der diagnostizierbaren Facettengelenksläsionen ebenfalls anheben würde. Somit kann davon ausgegangen werden, dass das Vorkommen der lumbalen Facettengelenksarthrose unterschätzt wurde. Verhindert wird eine bessere Darstellbarkeit bislang durch die große Weichteilmasse, die die Lendenwirbelsäule umgibt, sowie die ausgeprägten Querfortsätze der lumbalen Wirbel und das *Tuber coxae*.

Um abschließend beurteilen zu können, mit welcher Sensitivität und Spezifität durch die röntgenologische Untersuchung eine Facettengelenksläsion richtig diagnostiziert wurde, wäre zusätzlich eine pathohistologische und -morphologische Untersuchung



nötig gewesen (HAUSSLER 1999b). Dies war im Rahmen der präsentierten Studie nicht möglich. Bei der pathologischen Untersuchung erfolgen nach der Euthanasie der Probanden die Isolierung der knöchernen Wirbelsäule und die makroskopische und mikroskopische Beurteilung der Gelenkflächen und der Gelenkumgebung. Da es bei dieser Methode keine Überlagerungen durch umliegende Strukturen, zu hohe Schichtdicken durch einen hohen Weichteilanteil und mangelhafte Bildqualität gibt, wie sie bei den bildgebenden Diagnostika Röntgen, Sonographie und Szintigraphie vorkommen, ist die pathohistologische Untersuchung als Goldstandard für die Beurteilung von knöchernen Strukturen anzusehen. Dennoch liefert die vorliegende Studie sehr wertvolle Erkenntnisse in Bezug auf die Beschreibung der vorkommenden röntgenologischen Befunde und der Zusammenhänge zwischen dem Grad der Facettengelenkläsionen und den beschriebenen klinischen Parametern. Insbesondere, da das Probandengut im Hinblick auf eine regelmäßige reiterliche Nutzung, klinische Allgemeingesundheit und mehrfach durchgeführte klinische Rückenuntersuchungen und eine vollständige röntgenologische Untersuchung der Brust- und Lendenwirbelsäule selektiert werden konnte. Diese Qualität des Patientenguts kann für eine pathologische Untersuchung und der dafür erforderlichen Euthanasie nicht mit der notwendigen Anzahl an Pferden zur Verfügung stehen. Neben den knöchernen Veränderungen der Facettengelenke wurden auch röntgenologisch darstellbare Befunde an den Dornfortsätzen ausgewertet. Die Darstellbarkeit der thorakalen Dornfortsätze war exzellent, die der Lendenwirbelsäule nahm entsprechend der Zunahme des umliegenden Weichteilgewebes von kranial nach kaudal ab. Dies spiegelt die Erfahrungen anderer Autoren wider (RANNER et al. 1999; BUTLER et al. 2008; JOHNS et al. 2008).

### **5.1.3.1 Auswahl und retrospektive Bewertung der angewandten Bewertungsschemata**

#### Facettengelenke

Im Gegensatz zu der großen Anzahl an Bewertungsschemata, die für die Dornfortsätze zur Verfügung stehen, sind für die Befundung der Facettengelenke insbesondere beim Pferd noch relativ wenige Möglichkeiten beschrieben. In dieser Untersuchung wurde der in der Pferdemedizin am häufigsten zitierte Score von GIRODROUX et al. (2009) benutzt, der in Anlehnung an DENOIX (1999b) modifiziert wurde (GILLEN et al. 2009; MEEHAN et al. 2009; FUGLBJERG et al. 2010;



ZIMMERMAN et al. 2011; DYSON 2016b). Grund für die Modifizierung war eine große Uneinigkeit bei der Auswertung der Facettengelenke nach dem System von DENOIX (1999b) (GIRODROUX et al. 2009). In der vorliegenden Studie werteten zwei erfahrene Untersucher alle Röntgenbilder zweimal verblindet aus. Um das Bewertungsschema auf seine „Praxistauglichkeit“ zu überprüfen, fand keine Abstimmung zwischen den Untersuchern statt. Dies stand im Gegensatz zu anderen Untersuchungen, in denen vor der eigentlichen Bewertung der Röntgenbilder eine „Übungsphase“ für die bewertenden Untersucher stattfand, bzw. zu Studien, bei denen abschließend nur ein Gutachter die Röntgenbilder beurteilte (GIRODROUX et al. 2009; LITTLE et al. 2015). In der vorliegenden Studie standen den Untersuchern lediglich die von GIRODROUX et al. (2009) veröffentlichten Beispielbilder zur Verfügung, die zur Orientierung für die einzelnen Befunde herangezogen wurden. Als Ergebnis resultierten in dieser Studie sehr gute Übereinstimmungen innerhalb der beiden Gutachter. Die interrater agreements waren für die Befunde Ankylose, Sklerose und intra- und periartikuläre Umformungen überzeugend. Für die anderen Läsionen wurde ebenfalls eine ausreichende Übereinstimmung gezeigt. Eine sehr gute Übereinstimmung ist aufgrund der Komplexität nicht zu erwarten, dennoch ist für die Zukunft die Entwicklung und Anwendung eines Scores mit einem noch besseren interrater agreement wünschenswert, weil die Bewertung dadurch einheitlicher und damit praxistauglicher wäre. Vergleicht man die Kappa-Koeffizienten mit Werten aus humanmedizinischen Untersuchungen, so sind die inter- und intrarater agreements der vorliegenden Studie schon jetzt als zufriedenstellend zu bewerten. So erreichten LITTLE et al. (2015) ein maximales intrarater agreement von  $\kappa = 0,54$  und interrater agreements von  $\kappa = 0,37$  bis  $0,39$  vor einem dreiwöchigen „Trainingsintervall“ und  $\kappa = 0,57$  bis  $0,68$  nach der Übungsphase.

Der Untersucher 2 bewertete in der vorliegenden Studie in der Tendenz insgesamt strenger, was in höheren exemplarischen Facettengelenkscores resultierte, als der Untersucher 1. Dies unterstützt die Annahme, dass es immer eine gewisse Variabilität zwischen mehreren Gutachtern gibt, die unvermeidbar ist (STADLER et al. 2015). Ein Abgleich mit dem Ergebnis des interrater agreements aus der Studie von GIRODROUX et al. (2009) war nicht möglich, da die abschließende Bewertung der Bilder dort nur von einem Untersucher vorgenommen wurde.

Vergleicht man das angewandte Bewertungsschema mit Scores aus der Humanmedizin und für Hunde, so fällt auf, dass das Schema nach GIRODROUX et al.



(2009) eine sehr detaillierte Graduierung fordert (CÔTÉ et al. 1997; KETTLER u. WILKE 2006; LARSSON 2014). Das von LARSSON (2014) entwickelte Bewertungsschema für Hunde betrachtet lediglich die Ausbildung von Sklerosen, Osteophyten und intraartikulären Umformungen – also die Befunde, bei denen auch in der vorliegenden Untersuchung die besten Übereinstimmungen erzielt werden konnten. Eine detaillierte Beschreibung des oben genannten Scores ist in der unten stehenden Tabelle abgebildet (LARSSON 2014). Ein ähnliches Graduierungssystem für die Beurteilung der Facettengelenke auf laterolateralen Röntgenaufnahmen schlugen auch COUSTY et al. (2010) für das Pferd vor, die lediglich den Grad von Sklerose und periartikulärer Proliferation betrachteten. Da insbesondere Veränderungen wie ein verbreiteter oder verschmälerter Gelenkspalt, ein doppelter Gelenkspalt oder eine dorsale Erweiterung des Gelenkspalts schwer zu diagnostizieren sind und ihre klinische Bedeutung teils unklar bleibt, ist zu überlegen, ob der Einsatz eines eindeutigeren bzw. um diese Parameter gekürzten Bewertungssystems zukünftig zu präferieren wäre. Ein weiteres Argument dafür ist zusätzlich, dass das System nach DENOIX (1999b) und GIRODROUX et al. (2009) alle generell möglichen knöchernen Veränderungen an den Facettengelenken beschreibt. Für die Bewertung der Facettengelenksarthrose könnte die Dokumentation und Graduierung von Sklerose sowie intra- und periartikulären Umformungsprozessen aber ausreichend sein und die Einschätzung des Schweregrads der Erkrankung eventuell sogar erleichtern. Zusätzlich könnte als höchster Grad der Osteoarthrose die Ankylose aufgenommen werden.

Tabelle 23: Graduierungssystem nach LARSSON (2014) für die Facettengelenksarthrose beim Hund

Grad der Osteoarthrose	Bedeutung
0	Röntgenologisch unverändertes Facettengelenk
1	Verdacht auf Osteophyten an den Rändern der <i>Procc. articulares</i>
2	Osteophyten und subchondrale Sklerose
3	Moderate Osteophyten, subchondrale Sklerose und leicht irreguläre Gelenkflächen
4	Viele Osteophyten, hochgradige Sklerose und irreguläre Gelenkflächen



### Dornfortsätze

In der Literatur ist eine Vielzahl von Protokollen für die Befunddokumentation an den Dornfortsätzen beschrieben (JEFFCOTT 1975, 1980; PETTERSSON et al. 1987; KRELING u. LAUK 1996; ERICHSEN et al. 2004; GERHARDS et al. 2007; ZIMMERMAN et al. 2011). In der vorliegenden Studie wurde für die Bewertung das 1997 von SAGER publizierte Bewertungsschema in modifizierter Form angewandt. So wurde die Beurteilung in der vorliegenden Studie für jeden Zwischendornenbereich einzeln dokumentiert und die Befunde „Abstand > 4 mm, mit geringgradiger Sklerosierung“ und „zystoider Defekt“ hinzugefügt. Des Weiteren wurden die beiden letzten Befunde („Kontakt mit Rarefikation und/oder Sklerosierung zwischen zwei Dornfortsätzen“ und „Zwei überlappende Dornfortsätze mit Rarefikation und/oder Sklerosierung“) in der abschließenden Bewertung unter dem Oberbegriff „Kissing Spines“ zusammengefasst. Dies ergab sich aus den Zweifeln, ob das auf einigen Röntgenaufnahmen dokumentierte „Überlappen“ zweier Dornfortsätze eventuell projektionsbedingt aufgetreten ist und deshalb nicht dem tatsächlichen *Situs* entsprach. Unterstützt wurde diese Hypothese durch einige Beispiele, in denen ein Zwischenwirbelbereich auf zwei Aufnahmen abgebildet war und auf einer Aufnahme ein „Überlappen“ vermutet wurde, welches sich auf dem anderen Röntgenbild lediglich als „Berühren“ herausstellte. Eine ähnliche Beobachtung machte auch HOLMER (2005). Sie beobachtete das Phänomen insbesondere dann, wenn die betroffenen Dornfortsätze nicht im Zentrum der Röntgenaufnahme abgebildet waren. Zusätzlich bleibt fraglich, ob es eine unterschiedliche klinische Bedeutung der beiden Befunde gibt.

Die Kappa-Koeffizienten ergaben für die betrachteten Befunde (Engstand, „Kissing Spines“, Zystoider Defekt) eine umfangreiche bis exzellente Übereinstimmung sowohl innerhalb der Untersucher als auch zwischen den beiden Untersuchern. Diese gute Übereinstimmung ist unter anderem darin begründet, dass die Befundung der Veränderungen an den Dornfortsätzen seit Jahren häufig durchgeführt wird. Des Weiteren sind die Befunde an den *Procc. spinosi* weniger subtil als beispielsweise die Befunde an den kleinen Wirbelgelenken. Die Bedeutung der Abstandsmessung an der engsten Stelle der Dornfortsatzspitze wird im folgenden Kapitel kritisch diskutiert.



### Wirbelkörper

Die Befundung der Ausprägung von Osteophyten an den ventralen und ventrolateralen Wirbelkörpern wurde mit Hilfe des Bewertungsschemas nach MEEHAN et al. (2009) durchgeführt. Ein vergleichbarer Score wurde auch bei Hunden beschrieben (MORGAN et al. 1967). Das sehr gute inter- und intrarater agreement unterstützt auch die zukünftige Anwendung des Graduierungssystems in dieser Form für die seltener beobachtete ventrale Spondylose.

## **5.2 Diskussion der Ergebnisse**

### Facettengelenke

Seit einigen Jahren rücken röntgenologische Veränderungen an den equinen thorakolumbalen Facettengelenke zunehmend in den Fokus der Wissenschaft (GILLEN et al. 2009; GIRODROUX et al. 2009; FUGLBJERG et al. 2010). Grund dafür ist unter anderem die Vermutung, dass die Osteoarthrose der Facettengelenke eine bedeutende klinische Relevanz bezüglich der Entstehung von primären Rückenschmerzen hat (DENOIX 1999b). Unbekannt war bis dato jedoch das Vorkommen von Facettengelenksläsionen bei klinisch rückengesunden Reitpferden (GIRODROUX et al. 2009; DYSON 2016b). In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass auch bei klinisch rückengesunden Pferden röntgenologische Befunde an den kleinen Wirbelgelenken der Brust- und Lendenwirbelsäule auftreten. Jeder der 69 untersuchten Probanden wies zu einem gewissen Grad röntgenologisch darstellbare Pathologien auf, hierunter am häufigsten Sklerosen der Gelenkflächen und intra- und periartikuläre Umformungen. Ankylosen wurden selten diagnostiziert und lagen primär im Bereich der kaudalen Brustwirbelsäule. Das Maximum befand sich bei T17/18 mit Ankylosen von 25 % der auswertbaren Facettengelenke in dem genannten Bereich. Die kaudale Brustwirbelsäule konnte bei vielen Patienten aufgrund der Überlagerung des Diaphragmas oder der Rippe nicht mit einer ausreichenden Qualität dargestellt werden. Dies lässt möglicherweise auf eine höhere Prävalenz schließen, als sie in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesen werden konnte (DYSON 2016b). Eine ähnliche Erfahrung machten auch GIRODROUX et al. (2009) und empfehlen daher bei Patienten, bei denen dieser wichtige Bereich auf den Schrägaufnahmen nicht beurteilbar ist, zusätzlich laterolaterale Röntgenaufnahmen anzufertigen (REISINGER u. STANEK 2005). Ankylosen wurden bei zwei klinisch



deutlich rückenkranken und einem klinisch rückengesunden Pferd diagnostiziert. Das bedeutet, dass ein solcher Befund nicht immer mit klinischen Rückenschmerzen einhergehen muss.

Das Auftreten der einzelnen Befunde an den Facettengelenken entsprach den Angaben in der Literatur. So kamen insbesondere Sklerosen, peri- und intraartikuläre Umformungsprozesse sowie Gelenkspaltveränderungen vor (GIRODROUX et al. 2009). Sklerosen traten mit einem Maximum von 71 bis 92 % betroffenen Facettengelenken zwischen T13 und T18 auf und knöcherne Umformungen im Gelenkbereich wurden mit 50 bis 92 % am häufigsten am letzten Brustwirbelpaar diagnostiziert, an dem 50 % der Facettengelenke ebenfalls einen veränderten Gelenkspalt hatten. Hierbei muss die Zunahme der in der vorliegenden Arbeit als Sklerosen bezeichneten Veränderungen, die mit zunehmender Röntgendichte von den kranialen zu den kaudalen Brustwirbeln einhergehen, mit pathohistologischen Kontrolluntersuchungen verifiziert werden. Aufgrund der Veränderung der Stellung der Gelenksflächen im Verlauf der Wirbelsäule ist eine Zunahme der Röntgendichte aufgrund einer physiologisch größeren Knochenmasse der weiter kaudal liegenden Gelenkpaare nicht auszuschließen. Somit bleibt bis dahin unklar, ob es sich tatsächlich um ein Remodelling im Sinne von Sklerosen oder lediglich um eine physiologische Formvariante bzw. Umformung handelt, wie sie von DÄMMRICH et al. (1993) auch für die Dornfortsätze beschrieben wurde. Ähnlich kritisch muss der in dieser Studie nur in Einzelfällen aufgetretene Befund „Doppelter Gelenkspalt“ betrachtet werden, da eine anatomische Erklärung hierfür fehlt und es naheliegt, dass dieser Befund projektionsbedingt auftreten kann.

Anders als GIRODROUX et al. (2009) beschrieben haben, wurden dorsale Erweiterungen des Gelenkspalts entlang des Dornfortsatzes mit maximal 3 % der Wirbel zwischen T11 und T17 selten dokumentiert und es zeigte sich ein relativ schwaches intrarater agreement für die Beurteilung dieses Befundes. Das zeigt, dass es hier möglicherweise *in praxi* und auch in der vorliegenden Studie zu einer Unter- bzw. Überschätzung der Veränderung kommen kann bzw. gekommen ist und erfordert vor einer Bewertung des Befunds zukünftig eine detailliertere Definition. Betrachtet man das Beispielbild in Abbildung 24, so wäre eine mögliche Erklärung für diesen Befund möglicherweise auch, dass es sich nicht etwa um eine dorsale Erweiterung des Facettengelenks handelt, sondern um eine knöcherne Zubildung am distalen Dornfortsatz, der zu einer Fehlinterpretation führt.



Die stärksten röntgenologischen Veränderungen traten im kaudalen Bereich der Brustwirbelsäule sowie am thorakolumbalen Übergang auf, eine Beobachtung, die auch andere Autoren beschrieben haben (UELTSCHI 2001; GIRODROUX et al. 2009; COUSTY et al. 2010). So nennen GIRODROUX et al. (2009) die Lokalisationen zwischen T15 und L1 als Bereiche mit den am stärksten veränderten Facettengelenken. Betrachtet man diese Tatsache vor dem Hintergrund der Biomechanik, so handelt es sich bei der kaudalen Brustwirbelsäule um einen Wirbelsäulenabschnitt, der relativ wenig Beweglichkeit zulässt (TOWNSEND et al. 1983; TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Ermöglicht der Bereich zwischen T2 und T16 durch die flachen Gelenkflächen der synovialen Intervertebralgelenke noch viel axiale Rotation und Lateroflexion, verändert sich die Stellung der kleinen Wirbelgelenke nach kaudal von tangential nach radiär und die Gelenkflächen greifen tiefer ineinander (TOWNSEND et al. 1983; TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Somit ist die Beweglichkeit zwischen T16 und L6 in allen Ebenen stark eingeschränkt (TOWNSEND et al. 1983; TOWNSEND u. LEACH 1984; TOWNSEND 1985). Eine mögliche Erklärung für das vornehmliche Auftreten der schwerwiegendsten Läsionen in diesem Wirbelsäulenabschnitt, könnten die hohe Empfindlichkeit der Facettengelenke gegenüber starken axialen Kräften sein und die eingeschränkten Möglichkeiten, hier auftretende Kräfte zu kompensieren. Zwar beschreibt TOWNSEND (1985) lediglich das vermehrte Auftreten von Frakturen der *Procc. articulares* und nicht von Facettengelenksarthrose in diesem Wirbelsäulenabschnitt, GIRODROUX et al. (2009) übertragen den biomechanischen Ansatz jedoch auf letzteres Krankheitsbild. Sie bezeichnen die Region als „transitional area“, in der viele anatomische Veränderungen abliefen, was sie dadurch empfindlicher gegenüber einwirkenden Scherkräften machte. Unterstützt wird diese Annahme durch die Tatsache, dass die ungerittenen Jungpferde in der vorliegenden Studie einen signifikant kleineren exemplarischen Facettengelenkscore aufwiesen als ältere Reitpferde. Es bleibt zu diskutieren, ob das zunehmende Alter oder die gesteigerten Bewegungsabläufe bei gerittenen Pferden die Entwicklung von Facettengelenkläsionen maßgeblich beeinflussen. Dabei nimmt man an, dass auf die Wirbelsäule von ungerittenen Jungpferden nur die physiologischen Kräfte wirken. Bei Reitpferde kommen in unterschiedlichem Maße unphysiologische oder ausgeprägtere Bewegungsabläufe hinzu, die in nicht unerheblichem Maße von der Wirbelsäule kompensiert werden müssen. Allerdings waren die älteren Probanden dieser Studie



ausschließlich regelmäßig gerittene Pferde. Um diese Hypothese also abschließend nachzuweisen, wäre eine ältere Gruppe ungerittener klinisch rückengesunder Pferde nötig gewesen, die in dieser Studie leider nicht zur Verfügung stand, aber Raum für Folgestudien lässt. Wobei angemerkt werden muss, dass ältere ungerittene und ungenutzte Pferde in der Population der Warmblüter sehr schwer zu finden sind. WENNERSTRAND et al. (2004) beschreiben bei Pferden mit induzierten klinischen Rückenschmerzen einen Rückgang der dorsoventralen Flexibilität im Bereich des thorakolumbalen Übergangs, was auf eine muskuläre Kompensation bei fortschreitender Osteoarthrose zur Stabilisierung schmerzhafter Bereiche schließen lässt. Durch die Fixierung der Gelenke in einer starren Position wird die Absorption biomechanischer Kräfte zunehmend eingeschränkt und die Schädigung der Gelenke nimmt ohne frühzeitige Therapie fortschreitend zu (HAUSSLER et al. 1999a; VAN WESSUM 2011b). In diesen Fällen sollte an eine strikte Befolgung des Trainings nach der klassischen Reitweise, insbesondere an Maßnahmen zur Förderung von Takt und Losgelassenheit im Sinne der Skala der Ausbildung gedacht werden (DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG E.V. 2015).

Die deutliche Abweichung zwischen den in der Literatur beschriebenen Prävalenzen für Facettengelenksarthrose beim Pferd steht zur Diskussion. GIRODROUX et al. (2009) dokumentierten eine Prävalenz von 23,7 % bei klinisch rückenkranken Pferden bei Anwendung der 20° ventrodorsal-obliquen Aufnahmetechnik. Ähnliche Ergebnisse wies die Studie von ZIMMERMAN et al. (2011) mit einer veröffentlichten Prävalenz von 25,0 % auf. Die vorliegenden Daten beschreiben bei allen untersuchten Pferden geringgradige bis deutliche Befunde an den synovialen Intervertebralgelenken - vergleichbar mit dem Ergebnis einer pathologisch-anatomischen Untersuchung (97,0 %), die HAUSSLER (1999b) bei Vollblütern durchgeführt hat. Eine sehr hohe Prävalenz beschreiben auch COUSTY et al. (2010). Zu einem solchen Ergebnis wie in unserer Studie kommt man insbesondere dann, wenn keine weitere Graduierung zwischen milden Abweichungen, die eventuell noch nicht als Osteoarthrose zu bezeichnen sind, und deutlichen knöchernen Läsionen vorgenommen wird. Ziel dieser Studie war es, zu erarbeiten, wie häufig Befunde, insbesondere zum Beispiel milde Sklerosen, an den thorakolumbalen Facettengelenken bei Warmblutpferden sind. Auf eine Rangordnung der Befunde wurde bewusst verzichtet, da nicht bewertet werden kann, ob z.B. ein „doppelter Gelenkspalt“ artefaktbedingt ist und wenn nicht, ob dieser Befund klinisch schlechter einzuschätzen ist als osteolytische Prozesse (vgl.



GIRODROUX et al. (2009): Osteolyse entspricht Grad 2, Doppelter Gelenkspalt Grad 5). Es gibt lediglich Hinweise darauf, dass periartikuläre Zubildungen einen weiter fortgeschrittenen Prozess einer Arthrose anzeigen als eine Sklerose (COUSTY et al. 2010). Daher wurde hier bei jedem Pferd ein exemplarischer Facettengelenkscore, jeweils für die Brust- und die Lendenwirbelsäule, errechnet. Dieser setzte sich jeweils aus der Summierung aller Veränderungen an den Facettengelenken eines Pferdes, mit der anschließenden Division durch die individuell beurteilte Anzahl an Gelenken zusammen. Diese Methode ermöglichte unter Berücksichtigung aller darstellbaren Veränderungen eine sehr detaillierte Beschreibung des individuellen Ausprägungsgrads der knöchernen Facettengelenksbefunde und die Betrachtung der Korrelationen mit anderen Befunden.

Insgesamt lag in der vorliegenden Studie ein signifikanter Zusammenhang zwischen klinischen Symptomen und dem Schweregrad der röntgenologischen Veränderungen vor. Hierbei hatten insbesondere klinisch auffallend symptombehaftete Pferde starke Veränderungen der Facettengelenke entlang der Brust- und Lendenwirbelsäule. Eine vergleichbare Hypothese hatte auch DENOIX (1999b) aufgestellt. Die Ergebnisse decken sich mit Erfahrungen aus der Humanmedizin, in der vertebrale Facettengelenksarthrosen bekanntermaßen primäre Rückenschmerzen verursachen (BOGDUK 1995; BORENSTEIN 2004; STÄNDER et al. 2006). Liegt der Fokus in der Humanmedizin jedoch vor allem auf Veränderungen an der Lendenwirbelsäule, gibt es in dieser Studie Hinweise, dass insbesondere die thorakale Facettengelenksarthrose stärker mit den klinischen Befunden und weiteren Veränderungen des knöchernen Skelettes der Brust- und Lendenwirbelsäule korreliert. Dies könnte mit der unterschiedlichen Biomechanik der Wirbelsäule bei Zwei- und Vierbeinern zusammenhängen. Es darf allerdings auch nicht unterschätzt werden, dass die Brustwirbelsäule im Vergleich zur Lendenwirbelsäule röntgenologisch qualitativ besser und seitenvergleichend ausgewertet werden konnte. Des Weiteren wurden ausschließlich warmblütige Reitpferde untersucht, die vor allem im Dressur- und Springsport eingesetzt wurden. Einerseits wirkt das Reitergewicht direkt im Bereich um den antiklinalen Wirbel ein. Andererseits sei die Lateroflexion, wie sie unter dem Reiter gefordert wird, die primäre Funktion der thorakalen Facettengelenke (VAN WESSUM 2009). Auch diese Studie ergab eine signifikant geringere Beweglichkeit der Wirbelsäule bei Pferden mit einem höheren Score der thorakolumbalen Facettengelenke. Bei Rennpferden wurde dagegen eine



Verschlechterung der Galopparbeit gesehen, wenn vorrangig Veränderungen in den lumbalen Gelenken auftraten (VAN WESSUM 2009). Die vorliegende Studie bestätigt die Erkenntnisse anderer Autoren, dass Facettengelenksarthrosen häufiger ursächlich für klinische Rückenschmerzen beim Pferd sind als „Kissing Spines“ und zystoide Defekte an den Dornfortsätzen (ZIMMERMAN et al. (2012). Anders als die Areale um die Dornfortsätze ist die Gelenkkapsel der intervertebralen Synovialgelenke mit Schmerzrezeptoren ausgestattet. Das könnte erklären, dass primäre Rückenschmerzen bei osteoarthrotischen Veränderungen häufiger auftreten als bei dem Röntgenbefund „Kissing Spines“ (VANDEWEERD et al. 2007).

Ähnlich wie Studien anderer Autoren (COUDRY et al. 2007; GIRODROUX et al. 2009; VAN WESSUM 2009; KENT ALLEN et al. 2010) zeichneten sich auch hier die röntgenologisch stärker betroffenen Patienten klinisch insbesondere durch einen signifikanten Rückgang der Beweglichkeit der Wirbelsäule und durch einen höheren Muskelschmerz aus. Hierbei wird häufig ein lokaler oder generalisierter Spasmus der Rückenmuskulatur als Kompensation eines schmerzhaften knöchernen Prozesses angenommen (VAN WESSUM 2009; WENNERSTRAND et al. 2009). Es kann vermutet werden, dass chronische Rückenschmerzen beim Pferd langfristig mit einer Atrophie der Rückenmuskulatur, insbesondere der stabilisierenden *Mm. multifidi*, als Folge der reduzierten Beweglichkeit einhergehen (STUBBS et al. 2010; STUBBS 2011). In der vorliegenden Untersuchung waren Pferde mit stärkeren röntgenologischen Veränderungen an den thorakalen Facettengelenken im Bereich des *M. longissimus dorsi* adspektorisch signifikant schlechter bemuskelt als Pferde mit weniger Facettengelenksläsionen. Eine ultrasonographische Untersuchung der *Mm. multifidi* wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht durchgeführt, es ist aber denkbar, dass die lange Rückenmuskulatur analog zu der Atrophie der tiefen Rückenmuskulatur aufgrund des alterierten Bewegungsmusters zurückgebildet wird. Für „Kissing Spines“ konnte in der vorliegenden Arbeit kein vergleichbarer Zusammenhang in Bezug auf die Bemuskelung festgestellt werden, was erneut die Hypothese unterstützt, dass Läsionen an den Facettengelenken klinisch relevanter sind als andere knöcherne Pathologien an der Wirbelsäule.

Des Weiteren wurde auch in der vorliegenden Studie ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem gleichzeitigen Auftreten von „Kissing Spines“ und Facettengelenksläsionen nachgewiesen. Dieses Ergebnis unterstützt die Feststellungen vorangegangener Untersuchungen, bei denen die Vergesellschaftung



von Veränderungen der Facettengelenke mit „Kissing Spines“ zu einer stärkeren Ausprägung der klinischen Symptomatik führte (DÄMMRICH et al. 1993; GIRODROUX et al. 2009; ZIMMERMAN et al. 2011). NOWAK (1988) vermutete schon früh eine klinische Relevanz der Facettengelenksarthrose bei Pferden, die nach einer chirurgischen Dornfortsatzresektion keine klinische Besserung zeigten. ZIMMERMAN et al. (2011) fanden heraus, dass es eine signifikante Korrelation zwischen Facettengelenksläsionen und dem Schweregrad der Veränderungen an den Dornfortsätzen gibt. Die Autoren vermuten ebenfalls einen biomechanischen Einfluss der „Kissing Spines“, welcher prädisponierend auf die Entstehung von Osteoarthrose an den kleinen Wirbelgelenken wirke. Veränderungen an den Dornfortsätzen alleine gehen allerdings oftmals nicht mit klinischen Erscheinungen einher (ERICHSEN et al. 2004; BUTLER et al. 2008; DYSON 2016b).

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Hypothese bestätigt, dass ältere Patienten signifikant stärker von Osteoarthrose an den thorakalen Facettengelenken betroffen sind als ungerittene Jungpferde. Dies widerspricht zwar den Ergebnissen von GIRODROUX et al. (2009) und COUSTY et al. (2010), unterstützt aber Forschungsergebnisse bei anderen Tierarten und aus der Humanmedizin (DÄMMRICH et al. 1993; HAUFE u. MORK 2010; DUNCAN et al. 2011; LARSSON 2014). Des Weiteren ist bemerkenswert, dass die beschriebene Korrelation mit dem Alter hingegen für den Befund „Kissing Spines“ in dieser Studie nicht nachgewiesen wurde. Dies unterstützt die Hypothese, dass röntgenologische Veränderungen an den kleinen Wirbelgelenken möglicherweise eine Reaktion auf biomechanische Alterationen ist, die im Laufe der Zeit über eine Gelenkknorpelschädigung zu knöchernen Umbauprozessen an den Facettengelenken führen (LANDMAN et al. 2004; GIRODROUX et al. 2009). Die Pathogenese der Osteoarthrose ist multifaktoriell, aber oftmals als „Verschleißprozess“ echter Gelenke zu betrachten, welcher sich unter anderem mit zunehmendem Alter und starker Beanspruchung der Gelenke bzw. wiederholtem Trauma der Gelenkkapsel und des -knorpels ausprägt (VAN WESSUM 2009). Hierbei nimmt man an, dass die Facettengelenke im Vergleich zu den Dornfortsätzen biomechanisch stärker beansprucht werden als die Region der Dornfortsätze. Sehr ausführlich beschreiben DÄMMRICH et al. (1993) die Ätiologie der „Kissing Spines“ und den Zusammenhang zwischen „Kissing Spines“ und der von den Autoren als „Spondylarthropathia deformans“ bezeichneten Osteoarthrose der kleinen Wirbelgelenke. KRELING u. LAUK (1996) beobachteten ebenfalls, dass die meisten



Pferde mit veränderten Dornfortsätzen ebenfalls Läsionen an den Facettengelenken aufweisen. Sie schlussfolgern daraus, dass das „Kissing Spines Syndrom“ ein „komplexes pathologisches Geschehen am ganzen Wirbelkörper ist“.

Es wird ebenfalls diskutiert, ob Lahmheiten durch den Einfluss auf die Biomechanik des Rückens schon vorhandene Läsionen entlang der Wirbelsäule klinisch relevant werden lassen (GIRODROUX et al. 2009; VAN WESSUM 2011a). Allerdings wurde auch beobachtet, dass schmerzhafte Prozesse entlang des Rückens über einen Spasmus der Rückenmuskulatur zu Veränderungen des Gangbildes und zu Lahmheiten führen (LANDMAN et al. 2004; WENNERSTRAND et al. 2009). In der vorliegenden Untersuchung bestand ebenfalls eine hochsignifikante Korrelation zwischen dem Auftreten von Lahmheiten der Beckengliedmaße und Facettengelenkspathologien an der Brustwirbelsäule. VAN WESSUM (2009) beschreibt den entzündlichen Prozess an den Facettengelenken, der mit einer Schmerzhaftigkeit einhergeht, als „facet joint syndrom“. Als Auslöser für diesen Entzündungsprozess sieht der Autor für das Pferd eine akute Schädigung des Gelenks durch einen Sturz oder ein ähnliches Trauma. Hieraus folgt ein kompensatorischer Muskelspasmus in der Gelenksumgebung, welcher das geschädigte Gelenk stabilisiert und so die Wirbelsäule partiell immobilisiert. Da fortan eine unphysiologische Bewegungseinschränkung vorliegt, kommt es bei weiterer Belastung zur fortschreitenden Verletzung des Gelenks und zur chronischen Schädigung (VAN WESSUM 2009). Auch in der vorliegenden Untersuchung gibt es viele Hinweise darauf, dass das „facet joint syndrom“ beim Pferd ein noch weiter zu erforschender Komplex aus Schmerzhaftigkeit, Bewegungsalteration und Auswirkungen auf das Gangbild ist, der häufig darin resultiert, dass die Patienten dem Tierarzt nicht aufgrund von Rückenschmerzen, sondern häufiger aufgrund einer Lahmheit oder einer Unrittigkeit vorgestellt werden. Pferde mit stärkeren Befunden an den thorakolumbalen Facettengelenken waren in der vorliegenden Studie signifikant häufiger vorberichtlich unrittig. Dies deckt sich ebenfalls mit den Angaben in der Literatur (DENOIX 1999b; KENT ALLEN et al. 2010). Pferde zeigten unter anderem eine schlechte Anlehnung sowie Widerwillen beim Ausführen von Seitengängen und von Verstärkung und Versammlung. Bei weniger gut ausgebildeten Pferden/Reitern beschränkte sich die Aussage zum Teil auf eine generalisierte Ablehnung der reiterlichen Hilfen sowie Buckeln oder andere „Unarten“. Ähnliche Angaben finden sich in diesem Zusammenhang auch in vielfältiger Literatur (JEFFCOTT 1975; VAN WESSUM 2011a;



DYSON 2016b, a). VAN WESSUM (2011) beobachtet je nach Disziplin unterschiedliche klinische Hinweise. So beschreibt er für Dressurpferde insbesondere Probleme beim Ausführen von Pirouetten, einen wenig raumgreifenden Schritt sowie Schwierigkeiten bei der Versammlung. Bei Springpferden beobachtet er eine nachlassende Balance über dem Sprung, wenig Kraft aus der Hinterhand und ein unwilliges Springverhalten. In der vorliegenden Studie waren für eine detaillierte Korrelation der spezifischen Rittigkeitsprobleme mit der reiterlichen Nutzung keine ausreichenden Daten vorhanden. Es konnte lediglich festgestellt werden, dass Dressurpferde signifikant stärkere Befunde an den Facettengelenken aufwiesen, als im Dressur- und Springsport eingesetzte Probanden. Die Interpretation dieses Befunds bleibt aber spekulativ. GIRODROUX et al. (2009) hatten die Hypothese aufgestellt, dass Dressurpferde möglicherweise häufiger ein klinisches „facet joint syndrom“ aufwiesen, da sie viel unter einem aussitzenden Reiter und in Seitwärtsgängen gearbeitet würden und eine stärkere Versammlung gefordert würde. Sie konnten diese Hypothese aber nicht durch ihre Untersuchungsergebnisse belegen.

Die Tatsache, dass bei Stuten und Wallachen signifikant häufiger Veränderungen an den thorakalen Facettengelenken beobachtet wurden, widerspricht der Hypothese, dass das Geschehen geschlechtsunabhängig auftritt (GIRODROUX et al. 2009; COUSTY et al. 2010). Berücksichtigt werden muss allerdings, dass Hengste in der ungerittenen Jungpferdegruppe überrepräsentiert waren. Dies war durch die Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Landgestüt Celle begründet, welches klinisch lahmfreie Junghengste für die jüngste Altersgruppe zur Verfügung stellte, denen eine klinisch rückenranke Kontrollgruppe weitestgehend fehlte. Diese Tatsache ist nachzuvollziehen, da eventuell schon angelegte Pathologien entlang der Brust- und Lendenwirbelsäule in der Regel erst bei gerittenen Pferden und/oder bei einer Ankaufsuntersuchung klinisch auffallen. Somit ist die Tatsache, dass Hengste in dieser Studie weniger röntgenologische Anzeichen für eine thorakale Facettengelenksarthrose hatten, mit hoher Wahrscheinlichkeit selektionsbedingt.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Ausfall von diagnostischen Anästhesien im Bereich des Rückens nicht in die Auswertung inkludiert, weil nicht bei allen retrospektiv ausgewerteten Patienten mit Rückenproblemen diagnostische Anästhesien durchgeführt wurden. In einer anderen Untersuchung von Pferden mit Rückensymptomatik konnten diagnostische Anästhesien an den synovialen Intervertebralgelenken eine deutliche Verbesserung der Symptome bewirken



(GIRODROUX et al. 2009). Allerdings ist auch bei klinisch rückengesunden Pferden eine verbesserte Beweglichkeit nach Lokalanästhesie der Dornfortsätze beobachtet worden (ROETHLISBERGER-HOLM et al. 2006). Eine mögliche Erklärung für die verbesserte Beweglichkeit auch bei klinisch unauffälligen Pferden geben VAN WEEREN et al. (2010). Sie vermuten, dass es durch die anästhetische Wirkung und die Volumenzunahme an den *Mm. multifidi* zu einer verschlechterten Propriozeption kommt und die Muskelgruppe so ihrer stabilisierenden Funktion schlechter nachkommen kann. Trotzdem ist es aufgrund der multiplen Ursachen für das diverse Krankheitsbild der „Rückenerkrankungen“ weiterhin essentiell, die betroffenen Gelenke bzw. Dornfortsätze zu anästhesieren, um eine gezielte Aussage über die klinische Relevanz der röntgenologischen Veränderungen machen zu können (FUGLBJERG et al. 2010; DYSON 2016b). Liegen zeitgleich geringgradig deutliche Lahmheiten vor, so gilt es zunächst auch hier anhand diagnostischer Anästhesien eine Ursache in den Gliedmaßen auszuschließen. Verschwinden die klinischen Anzeichen entlang der Wirbelsäule nach der Therapie der Lahmheitsursache, so handelt es sich um sekundäre Rückenschmerzen (VAN WESSUM 2011a). Bei „eindeutigen Pathologien“, wie der Facettengelenksarthrose, Desmopathien der Spinalbänder, Kreuzdarmbeinerkrankungen oder Frakturen im Wirbelsäulenbereich, handele es sich um primäre Rückenerkrankungen (VAN WESSUM 2011a).

Zusammenfassend müssen, insbesondere bei Pferden mit weniger deutlichen klinischen Symptomen entlang der Wirbelsäule, neben der bildgebenden Diagnostik des Rückens andere Ursachen für Leistungseinbußen, Lahmheiten, Rittigkeitsprobleme und/oder Verhaltensänderungen abgeklärt werden. DYSON (2016b) empfiehlt die röntgenologische Untersuchung der Brust- und Lendenwirbelsäule nur bei Patienten mit deutlichem Palpations- und Manipulationsschmerz, verhärteter und/oder atrophierter Rückenmuskulatur und reduzierter Beweglichkeit durchzuführen.

### Dornfortsätze

In der vorliegenden Studie werden vorwiegend Engstände der Dornfortsätze unter 4 mm, zystoide Defekte bzw. deutliche Osteolysen und Berührung bzw. Überlappung der Dornfortsätze („Kissing Spines“), d.h. höhergradige röntgenologische Läsionen an



den *Procc. spinosi*, untersucht ((RANDELHOFF 1997; SAGER 1997; HOLMER 2005; GEIGER 2012).

Auch andere Autoren definieren einen „Engstand“ der Dornfortsätze ab 4 mm Distanz zwischen der kaudalen Kontur des kranialen und der kranialen Kontur des kaudalen Dornfortsatzes (JEFFCOTT u. DALIN 1980a; KRELING u. LAUK 1996; RANNER u. GERHARDS 2002; ERICHSEN et al. 2004; ZIMMERMAN et al. 2011). Die Hauptlokalisierung von Engständen mit Sklerose und „Kissing Spines“ befand sich im Bereich des antiklinalen Wirbels. Dies bestätigt die bisherigen Angaben aus der Literatur (JEFFCOTT 1975; UELTSCHI 2001; WALMSLEY et al. 2002; HOLMER 2005; GEIGER 2012). Engstände ohne weitere knöchernen Veränderungen, wie z.B. Sklerosen, wurden nahezu ausschließlich an der Lendenwirbelsäule beobachtet. Zu diskutieren ist, ob mildere Sklerosen hier aufgrund der reduzierten Bildqualität im Bereich der Lendenwirbel nicht wahrgenommen wurden oder ob es durch die physiologischer Weise eingeschränkte Beweglichkeit in dieser Region tatsächlich weniger zu sekundären knöchernen Reaktionen an den Dornfortsätzen kommt. Da auch in der vorliegenden Untersuchung keine Korrelation zwischen dem Auftreten von Engständen und klinischen Anzeichen für Rückenschmerzen nachgewiesen wurde, ist zu überlegen, ob es grundsätzlich sinnvoll ist, auch zukünftig eine Abstandsmessung zwischen den Dornfortsätzen vorzunehmen oder auf diesen Befund zu verzichten. Engstände kommen bei vielen klinisch rückengesunden Pferden vor und ihre klinische Relevanz wird, insbesondere wenn keine deutliche Sklerose und/oder Rarefizierung vorliegt, als gering eingeschätzt (ERICHSEN et al. 2004; HOLMER 2005; GEIGER 2012). HOLMER (2005) stellte bei über der Hälfte (54,2 %) der von ihr untersuchten klinisch rückengesunden Warmblutpferde Engstände mit knöchernen Umbauprozessen fest und leitete daraus ab, dass diese Veränderungen bei Reitpferden einen physiologischen Prozess darstellen. Alternativ zur Abstandsmessung könnte man bei eindeutigen klinischen Anzeichen für eine Rückenerkrankung nur „Kissing Spines“ mit deutlichen knöchernen Reaktionen als Indikation für weitere diagnostische Maßnahmen heranziehen, insbesondere dann, wenn diese zusammen mit Veränderungen an den synovialen Intervertebralgelenken einhergehen. Für die Tatsache, dass es in dieser Untersuchung keinen Zusammenhang zwischen Veränderungen an den Dornfortsätzen und dem klinischen Erscheinungsbild gab, gibt es weitere Studien, die diese Ergebnisse untermauern. MARKERT (2016) dokumentierte bei Pferden, deren Wirbelsäule im Rahmen der



Ankaufsuntersuchung geröntgt wurde, eine gleichmäßige Verteilung zwischen Pferden mit und ohne Befunden an den Dornfortsätzen und der damit einhergehenden Klinik. So zeigten nur circa 13,0 % der Pferde mit röntgenologischen Befunden an den Dornfortsätzen auch einen schmerzhaften Palpationsbefund am Rücken. Dementsprechend waren 87,0 % der Probanden mit einem Röntgenbefund an den Dornfortsätzen zum Zeitpunkt der Untersuchung klinisch beschwerdefrei. 9,4 % der Pferde ohne röntgenologische Läsionen waren auffällig bei der klinischen Rückenuntersuchung (MARKERT 2016). HOLMER (2005) dokumentiert bei 91,5 % der 295 klinisch rückengesunden Warmblutpferde von der Norm abweichende Befunde. Hieraus ergibt sich ihre Empfehlung, Röntgenaufnahmen des Rückens im Rahmen von Kaufuntersuchungen nur in Einzelfällen durchzuführen. Wie häufig Röntgenbefunde entlang der Brust- und Lendenwirbelsäule sind, zeigte auch die Untersuchung von GEIGER (2012), die keinem der 404 geröntgten Patienten die Röntgenklasse I des Röntgenleitfadens 2007 zuordnen konnte. Hierbei konnte allerdings ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Klinik und der Röntgenklasse III-IV dokumentiert werden. Bei Studien, die eine positive Korrelation zwischen dem klinischen Bild und den pathologischen röntgenologischen Befunden an den Dornfortsätzen beschreiben, wurde allerdings keine Bewertung der thorakolumbalen Facettengelenke vorgenommen (JEFFCOTT 1980; RANNER u. GERHARDS 2002; GEIGER 2012). In diesem Zusammenhang könnten Dornfortsatzveränderungen zu falschen Rückschlüssen bezüglich der klinischen Relevanz von „Kissing Spines“ geführt haben. Beachtet man, dass in der vorliegenden Studie den „Kissing Spines“ keine klinische Relevanz zugewiesen werden konnte, Facettengelenkläsionen hingegen signifikant deutlich häufiger bei klinisch rückenkranken Pferden vorkamen, so bestätigt das diese Hypothese. Ferner ergab sich ein signifikanter Zusammenhang bezüglich des Vorkommens von „Kissing Spines“ und gleichzeitig auftretender Facettengelenkläsionen. Daraus darf keinesfalls der Rückschluss gezogen werden, dass „Kissing Spines“ über den Umweg der Induktion von Spondylarthrosen klinisch bedeutsamer sind als bisher angenommen. Ein derartiger Zusammenhang wurde in der vorliegenden Arbeit nicht nachgewiesen. Die solitäre Beurteilung der Dornfortsätze ohne gleichzeitige Befundung der Facettengelenke könnte zukünftig in Frage gestellt werden. Ähnliches forderten auch die Autoren des Röntgenleitfadens 2007, die bei der Auswertung der Dornfortsätze zusätzlich die Dokumentation von Befunden an den Wirbelgelenken und -körpern verlangen. Hierbei wurde bislang jedoch keine



Klassifizierung zur Verfügung gestellt (GERHARDS et al. 2007). Eine breitere Anwendung von Röntgenuntersuchungen der Facettengelenke der Brustwirbelsäule im Rahmen von Kaufuntersuchungen ist wegen der hohen Belichtungswerte aus Strahlenschutzgründen, aufgrund der immer noch nicht flächendeckenden Verfügbarkeit von hochwertigen Röntgenaufnahmen und nicht zuletzt wegen der fehlenden Möglichkeit einer Prognose im Einzelfall fragwürdig.

In der hier präsentierten Studie wurde wie bei anderen Autoren (PETERSSON et al. 1987; JEFFCOTT 1980; TOWNSEND et al. 1986), und anders als bei GEIGER (2012) kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von „Kissing Spines“ und der Altersgruppe der Probanden nachgewiesen. DÄMMRICH et al. (1993) beschreiben eine physiologische Umformung der Dornfortsatzspitzen, bei der mit dem Alter durch biomechanische Einflüsse eine Zunahme der Verformung der *Tuberositates spinae* hervorgerufen werde.

Stuten hatten signifikant häufiger „Kissing Spines“ als Hengste und Wallache. Dieses Ergebnis widerspricht der zunächst aufgestellten Hypothese eines geschlechtsunabhängigen Auftretens, konnte aber in den Untersuchungen von RANNER u. GERHARDS (2002) und HOLMER (2005) ebenfalls beobachtet werden. Eine schlüssige Erklärung hierfür kann nicht gegeben werden.

Die Tatsache, dass es in der Untersuchung keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der vorberichtlich ermittelten Qualität der Rittigkeit und dem Auftreten von „Kissing Spines“ gab, bestärkt erneut das Ergebnis, dass das klinische Bild ebenfalls nicht mit „Kissing Spines“-Befunden korrelierte. Eine mögliche Ursache für schlechte Rittigkeit ist eine Schmerzhaftigkeit im Rücken; so scheinen Läsionen an den Dornfortsätzen nur in seltenen Fällen für eine klinische Symptomatik im Sinne einer Rückenerkrankung verantwortlich zu sein und deswegen mit einem unrittigen Verhalten einherzugehen. JEFFCOTT (1975) beschreibt einige Verhaltensänderungen bei Pferden mit „Kissing Spines“. Hierunter werden unter anderem ein steifer Rücken, schlechte Hinterhandaktion, Probleme beim Springen und Veränderungen des Temperaments genannt. Zu erwähnen ist jedoch auch hier, dass eventuell ebenfalls vorliegende Läsionen an den Facettengelenken nicht diagnostiziert wurden und somit nicht klar ist, welche Pathologie tatsächlich ursächlich für die beschriebenen reiterlichen Probleme war.



Auch in dieser Studie wurden bei einigen Pferden zystoide Defekte an den *Procc. spinosi* dokumentiert. Diese Veränderungen werden von RANDELHOFF (1997) als zystenähnliche Läsionen und von UELTSCHI (2001) als „Trümmerzysten“ beschrieben. Ihre Ätiologie ist nicht abschließend geklärt. In der Untersuchung von GEIGER (2012) waren Pferde mit zystoiden Defekten signifikant häufiger klinisch auffällig. Insgesamt zeigten circa 15,0 % der Pferde einen entsprechenden Röntgenbefund (GEIGER 2012). Im Gegensatz hierzu konnten HOLMER (2005) nur bei einem von 295 Pferden und MARKERT (2016) nur bei 1 bis 2 % der untersuchten Probanden eine solche Läsion nachweisen. Der Röntgenleitfaden 2007 ordnet zystoide Defekte der Röntgenklasse III-IV zu (GERHARDS et al. 2007). Dies entspricht der Bewertung zwischen „Akzeptanzzustand“ und „Risikozustand“, bei denen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens klinischer Erscheinungen in unbestimmter Zeit auf fünf bis über 50 % geschätzt wird (GERHARDS et al. 2007). Die vorliegenden Ergebnisse lassen annehmen, dass ihnen keine herausragende klinische Bedeutung beigemessen werden kann, da keine Korrelation zwischen klinischer Rückenerkrankung und dem Auftreten von zystoiden Defekten nachgewiesen wurde.

### Wirbelkörper

Bei fünf der 69 Probanden (7,25 %) wurden Osteophyten an den ventralen Wirbelkörpern festgestellt. Diese Zahl spiegelt in etwa die Prävalenz dieses Befundes von 2,7 % in der Studie von JEFFCOTT (1980) wider, wenn man den Fortschritt in der Röntgentechnik seit 1980 berücksichtigt. In pathologischen Untersuchungen liegt die Prävalenz zum Teil höher (TOWNSEND et al. 1986). Die Lokalisation der größten Zubildungen bei den Pferden dieser Studie zwischen T12 und T14 ist mit den Angaben in der Literatur vergleichbar (TOWNSEND et al. 1986; MEEHAN et al. 2009). Des Weiteren entspricht auch das überwiegende Vorkommen bei Stuten und bei Pferden, die älter als sechs Jahre sind, vorherigen Untersuchungsergebnissen (MORGAN et al. 1967; JEFFCOTT 1980; KENT ALLEN et al. 2010). In dieser Studie waren alle Probanden mit hochgradiger Spondylose klinisch rückenkrank, sodass vermutet werden kann, dass das Krankheitsbild häufig mit klinischen Rückenschmerzen und reduzierter Leistungsfähigkeit einhergeht (JEFFCOTT 1980; MEEHAN et al. 2009). Röntgenologisch ergaben sich Hinweise auf signifikante Zusammenhänge in Bezug auf das gemeinsame Auftreten der Spondylose mit „Kissing Spines“ und knöchernen



Veränderungen an den thorakolumbalen Facettengelenken. Ein vergleichbares Vorkommen von Spondylose, Spondylarthrose und „Kissing Spines“ an der Brust- und Lendenwirbelsäule beschreiben auch MEEHAN et al. (2009). Diese Tatsache und die kleine Anzahl affektierter Probanden macht eine abschließende Einschätzung der klinischen Relevanz der Spondylose schwer. Es lässt sich jedoch eine Tendenz erkennen und bestärkt die Vermutung, dass biomechanische Einflüsse bei der Entstehung knöcherner Veränderungen im Bereich der Wirbelsäule mitwirken.

### Zusammenhang knöcherner Veränderungen im Bereich der Wirbelsäule mit Lahmheit

In der vorliegenden Studie wurden signifikante Zusammenhänge zwischen Hinterhandlahmheiten und klinischen sowie röntgenologischen Veränderungen festgestellt. Hierbei fiel auf, dass Pferde mit einer manifesten Hinterhandlahmheit (Grad 1 bis 2 aus 5) signifikant stärkere röntgenologische Befunde an den thorakalen Facettengelenken hatten und signifikant häufiger klinisch rückenkrank waren als lahmfreie Pferde. Des Weiteren waren alle Pferde mit knöchernen Veränderungen an den ventralen Wirbelkörpern in der klinischen Lahmheitsuntersuchung auffällig. Bei der klinischen Untersuchung konnten insbesondere eine reduzierte Beweglichkeit des Rückens sowie eine Druckempfindlichkeit der Dornfortsätze dokumentiert werden. Dieser Zusammenhang wird durch die Untersuchungen von ALVAREZ et al. (2008) unterstützt, welche statistisch signifikante Auswirkungen einer induzierten Hinterhandlahmheit auf die Biomechanik des Rückens nachweisen konnten und daraus schlussfolgerten, dass eine chronische Lahmheit einer Hintergliedmaße möglicherweise zu klinischen Rückenschmerzen führen könnte. LANDMAN et al. (2004) bestätigen eine hohe Prävalenz von Lahmheiten bei Pferden mit Rückenproblemen und *vice versa*. In einer anderen Untersuchung mit induzierten muskulären Rückenschmerzen konnten danach zwar eine verminderte Beweglichkeit der Brust- und Lendenwirbelsäule sowie eine Leistungseinbuße bei hohen Geschwindigkeiten, jedoch keine dadurch ausgelöste Lahmheit nachgewiesen werden (JEFFCOTT et al. 1982).

Die vorliegende Untersuchung zeigte keine signifikanten Zusammenhänge bezüglich des Auftretens einer Lahmheit an der Schultergliedmaße und klinischen oder röntgenologischen Veränderungen. ALVAREZ et al. (2007) zeigten, dass Vorderhandlahmheiten einen Einfluss auf die biomechanischen Abläufe der



Wirbelsäule haben, forderten aber weitere Studien, um die genaue Wechselwirkung zu klinischen Rückenschmerzen weiter zu untersuchen.

Eine mögliche Erklärung für das Zusammenspiel zwischen Lahmheit und Rückentätigkeit liegt in den vermuteten Kompensationsmechanismen eines lahmen Pferdes (BUCHNER et al. 1996). Hierdurch wird auch eine mögliche Erklärung für den Unterschied zwischen Vorderhand- und Hinterhandlahmheiten gegeben. Bei orthopädischen Problemen der Schultergliedmaßen kann der Hals und der Kopf als langer ausgleichender Hebel für eine Verschiebung der Kräfte weg von der betroffenen Gliedmaße genutzt werden (BUCHNER et al. 1996). Ein solcher Hebel fehlt bei Hinterhandlahmheiten, sodass es zu einer Kompensation durch veränderte Bewegungsmuster, insbesondere der axialen Rotation, im Wirbelsäulenbereich kommt (BUCHNER et al. 1996). Da die Rotation vornehmlich entlang der kleinen Wirbelgelenke stattfindet, könnte eine chronische Lahmheit der Beckengliedmaßen durchaus einen begünstigenden Effekt auf die Ausbildung einer Osteoarthritis in diesen Gelenken haben.

Unklar bleibt in vielen Fällen, ob die klinischen Rückenschmerzen aufgrund eines anderen orthopädischen Problems sekundär zu biomechanischen Alterationen entlang der Wirbelsäule entstehen oder ob ein primärer pathologischer Prozess vorliegt und es so gegebenenfalls sogar zu subtilen Lahmheiten kommen kann (LANDMAN et al. 2004; STUBBS 2011; VAN WESSUM 2011a). DYSON (2016b) nennt den Rücken des Pferdes den „Spiegel“ der muskuloskeletalen Gesundheit des Pferdes, auf den sich pathologische Prozesse in anderen biomechanisch wirksamen Körperteilen auswirken und umgekehrt. Ursache und Wirkung dieses komplexen Zusammenspiels konnten auch in der vorliegenden Studie nicht abschließend geklärt werden, es scheint aber klar, dass die Gliedmaßen und der Rücken biomechanisch eng miteinander verbunden sind und somit ihre Physiologie bzw. Pathologie einander bedingen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, dass mithilfe der heute verfügbaren Qualität von Röntgenaufnahmen des Rückens inzwischen auch qualitativ hochwertige Bilder der Facettengelenke erstellt und auch geringgradige Veränderungen in diesem Bereich röntgenologisch dargestellt werden können. Es werden Zusammenhänge zwischen dem Schweregrad der Facettengelenksläsionen



und der klinischen Rückengesundheit sowie weiteren röntgenologischen Veränderungen an den Dornfortsätzen und den Wirbelkörpern aufgezeigt.

Im Hinblick auf die geäußerte Unsicherheit in Bezug auf die Befunde Sklerose, doppelter Gelenkspalt und dorsale Erweiterung des Gelenks ist eine Folgestudie mit einer gemeinsamen Auswertung der röntgenologischen Befunde mit den entsprechenden pathohistologischen und -morphologischen Ergebnissen wünschenswert. Hierbei muss geklärt werden, ob der Befund Sklerose einem physiologischen Umformungsprozess bzw. der Stellungsänderung der kleinen Wirbelgelenke im Wirbelsäulenverlauf geschuldet ist, oder ob ein tatsächliches knöchernes Remodelling zugrunde liegt. Weiterhin müsste untersucht werden, ob und wenn ja welches anatomische Korrelat die Befunde doppelter Gelenkspalt und dorsale Erweiterung entlang des Dornfortsatzes haben, die auch in der vorliegenden Arbeit in Einzelfällen röntgenologisch dokumentiert wurden. Bei einer solchen Untersuchung ist allerdings anzunehmen, dass keine reiterlich vollwertig genutzte, klinisch allgemeingesunde Probandengruppe zur Verfügung stehen wird, sodass der Schwerpunkt vermutlich nur im Bereich der Korrelation zwischen röntgenologischen und pathologischen Befunden liegen wird und keine Zusammenhänge zwischen klinischer Rückengesundheit betrachtet werden können.

Die Ergebnisse der präsentierten Arbeit zeigen auch, dass im Rahmen der Diagnostik von Rückenerkrankungen beim Pferd eine qualitativ ausreichende röntgenologische Darstellung der kleinen Wirbelgelenke nicht fehlen sollte. Wie bedeutsam die einzelnen hier aufgetretenen Röntgenbefunde an den Facettengelenken in Bezug auf die Schmerzbehaftung von Rückenpatienten sind, müssen zukünftige Arbeiten, z.B. mit Hilfe von gezielten diagnostischen Anästhesien der unterschiedlich veränderten Regionen, erbringen.

---

## 6 Zusammenfassung

Sara Witte (2017)

### **Röntgenologische Darstellung und Beurteilung knöcherner Veränderungen der thorakolumbalen synovialen Intervertebralgelenke bei Warmblutpferden**

Ziel dieser Studie war es, die klinische Relevanz von röntgenologischen Veränderungen an den thorakolumbalen Facettengelenken bei Warmblutpferden herauszuarbeiten und den Zusammenhang zwischen „Kissing Spines“ und ventraler Spondylose zu betrachten. Des Weiteren wurde die Lokalisation der Befunde entlang der Wirbelsäule dokumentiert und die Korrelation der knöchernen Veränderungen entlang der Wirbelsäule mit dem Alter, dem Geschlecht und den leistungsbezogenen Daten der Pferde überprüft.

Für die vorliegende Arbeit wurden insgesamt 69 Warmblutpferde klinisch und röntgenologisch untersucht. Hierbei handelte es sich um 22 Stuten, 25 Wallache und 22 Hengste im Alter von 2 bis 24 Jahren (Durchschnitt 7,6 Jahre, Median 8,0 Jahre), welche im Dressur-, Spring- und Freizeitsport eingesetzt wurden. 33 dieser Pferde waren klinisch rückengesund, 21 deutlich klinisch rückenkrank und weitere 15 geringgradig auffällig bei der klinischen Rückenuntersuchung, die an mehreren Tagen unter gleichen Untersuchungsbedingungen durchgeführt wurde. Die klinische Halsuntersuchung verlief bei allen Patienten ohne besonderen Befund. Bei der orthopädischen Untersuchung zeigten 11 Probanden eine geringgradig undeutliche bis deutliche Lahmheit an ein bis zwei Gliedmaßen.

Die röntgenologische Untersuchung der Probanden erfolgte am sedierten Patienten in der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover. Für die Beurteilung der Dornfortsätze, der Wirbelkörper und der lumbalen Facettengelenke wurden laterolaterale Röntgenbilder angefertigt. Die seitenvergleichende Bewertung der thorakalen Facettengelenke erfolgte auf 20° ventrodorsal-obliquen Röntgenaufnahmen.

Die seitenvergleichende Darstellung der thorakalen Facettengelenke war bis T15/16 sehr zufriedenstellend, am thorakolumbalen Übergang war die Bewertung nur bei



einigen Pferden möglich. Die Projektion der Dornfortsätze und Wirbelkörper war sehr gut und nahm im lumbalen Bereich proportional zur Weichteilzunahme ab.

Bei jedem der 69 untersuchten Pferde konnten röntgenologische Läsionen im Bereich der synovialen Intervertebralgelenke dokumentiert werden. Hierunter waren die Sklerose, intra- und periartikuläre Umformungen sowie Veränderungen des Gelenkspalts die häufigsten Veränderungen. Ankylosen wurden selten und nur im Bereich des thorakolumbalen Übergangs beobachtet.

Zur Ermittlung der Zusammenhänge mit anderen Daten wurde für jedes Pferd ein exemplarischer Facettengelenksscore für die Brust- und Lendenwirbelsäule ermittelt. Die Summe der Veränderungen stieg mit zunehmendem Alter und dadurch zunehmender reiterlicher Nutzung signifikant an. Des Weiteren hatten Hengste signifikant seltener Anzeichen für eine Facettengelenksarthrose als Stuten und Wallache. Es konnte eine signifikante Korrelation zwischen der Klinik und dem Schweregrad der Veränderungen nachgewiesen werden. Dies betraf sowohl die Ergebnisse bezüglich des Muskel- und Knochenschmerzes sowie der Beweglichkeit als auch der Bemuskelung und der Rittigkeit der Probanden. So waren schlechter bemuskelte und unrittige Pferde signifikant deutlicher von Facettengelenksläsionen betroffen als andere Pferde. Pferde mit einer Hinterhandlahmheit hatten signifikant stärkere Hinweise auf eine Facettengelenksarthrose als lahmfreie Patienten.

Die dargestellten Zusammenhänge galten insbesondere für die Betrachtung der Brustwirbelsäule und in geringerem Maße für die der lumbalen Facettengelenke.

An den Dornfortsätzen wurden „Kissing Spines“, zystoide Defekte sowie Engstände (< 4 mm) beurteilt. Hierbei wurde kein signifikanter Zusammenhang mit dem Alter, der korrespondierenden Klinik, der Rittigkeit und auftretenden Lahmheiten nachgewiesen.

„Kissing Spines“ traten signifikant häufiger bei Stuten auf.

Bei 5 Pferden wurden überbrückende Spondylosen festgestellt. Diese befanden sich zwischen T12 und T14 und betrafen ausschließlich ältere Stuten. Alle betroffenen Pferde waren klinisch rückenkrank und in der orthopädischen Untersuchung auffällig. Mit der vorliegenden Studie wurde die klinische Relevanz der Facettengelenksarthrose, insbesondere im Bereich der Brustwirbelsäule, gezeigt. Des Weiteren ergaben sich neue Erkenntnisse bezüglich der Verteilung der einzelnen Veränderungen und der Korrelation mit anderen röntgenologischen Läsionen. Das Zusammenspiel zwischen Facettengelenksarthrosen und Unrittigkeit sowie Lahmheiten bieten Raum für weitere Untersuchungen.

---

## 7 Summary

Sara Witte (2017)

### **Thoracolumbar facet joint lesions in Warmbloods: Radiographic findings and clinical significance**

The objective of this study was to document the occurrence, localisation and the clinical impact of radiographic findings of the thoracolumbar facet joints in Warmbloods. Furthermore, the correlation of these results with age, sex and performance was reviewed.

For this study a total of 69 Warmblood horses (22 mares, 25 geldings, 22 stallions) ranging in age from 2 to 24 years were clinically and radiologically examined. The clinical back examination was performed on multiple days by experienced clinicians and under controlled conditions. 33 of these horses did not have any clinical symptoms of back pain, 15 of them showed minor alterations in the clinical back examination and 21 horses had severe clinical signs of back pain. None of the horses had significant findings in the examination of the cervical spine. In the clinical lameness examination 11 horses presented with a mild lameness on one or two limbs.

The radiographic examination of the thoracolumbar spine was performed in the sedated horse in the Equine Clinic of the University of Veterinary Medicine Hannover. For the imaging of the dorsal spinous processes, the vertebral bodies and the lumbar facet joints laterolateral X-rays were made. The left and right thoracic facet joints were imaged by performing 20 ° ventrodorsal-oblique projections.

The latter images were properly assessable to the level of T15/16. However, at the thoracolumbar interface the facet joints could only reliably be assessed in under 10 percent of the horses.

The projections of the spinous processes and vertebral bodies were of high diagnostic value, with a decrease in the quality of the images in the lumbar area proportional to the increasing amount of soft tissue mass.

In all the 69 horses, there were radiological changes in the facet joints. Sclerosis, intra- and peri-articular remodeling and asymmetry of the joint space were the most observed findings.



For the purpose of comparing the radiological findings with other relevant parameters such as the results from the clinical examination, an exemplary facet joint score was determined for each horse. The total of radiological changes increased with age, possibly the consequence of the repeated loading of the vertebral column. Facet joint arthrosis was observed more often in mares and geldings compared to stallions. There was a significant correlation between the radiological changes in the facet joints and the clinical findings, including the reaction to palpation, mobility, muscular development and the responsiveness/compliance to the rider (“Rittigkeit”). Horses with hind limb lameness had significantly more findings indicating facet joint arthrosis compared to sound horses. In the dorsal spinous processes, “Kissing Spines”, cystoid lesions and decreased interspinous width (< 4mm) were observed. There was no significant relation between these radiological findings and the clinical examination of the back, response to the rider and lameness. “Kissing Spine” lesions were more often documented in mares than in male horses.

All these documented relations were more predominant in the thoracic than in the lumbar area.

In 5 horses, there was severe spondylosis of the ventral aspect of the vertebral body. These were located between T12 and T14, and were exclusively found in older mares. These horses had clinical symptoms of back pain and presented with mild lameness. In the current study, the clinical relevance of facet joint arthrosis has been demonstrated, especially for the thoracic region. Furthermore, new insights concerning the distribution of radiological findings of the facet joints were yielded and the correlation between different radiological lesions of the vertebral column was documented. The interaction between facet joint arthrosis, riding performance and lameness offers opportunities for future studies.

---

## Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Peter Stadler für die Überlassung des sehr interessanten und aktuellen Themas und die stets konstruktive Kritik in allen Phasen der Durchführung und Ausfertigung meiner Arbeit bedanken!

Ein sehr großer Dank geht des Weiteren an meine Betreuerin Dr. Maren Hellige für die Unterstützung während der klinischen Untersuchungen sowie die Beurteilung aller Röntgenaufnahmen und die Korrektur meiner Dissertation!

Des Weiteren möchte ich meinem Zweitgutachter Herrn Prof. Dr. Michael Fehr sehr für die schnelle Korrektur, das Interesse am Thema und die angenehme Prüfungsatmosphäre während meines Rigorosums danken.

Mein Dank geht auch an Herrn Dr. Karl Rohn, der mich viele Stunden bei der Anfertigung der Statistik dieser Arbeit unterstützt und den Glauben an meine statistischen Fähigkeiten nie aufgegeben hat.

Der Gesellschaft für Pferdemedizin e.V. (GPM) danke ich für die großzügige finanzielle Unterstützung meines Projekts.

Meinen großartigen Kollegen in der Pferdeklinik danke ich von Herzen für die vielen unvergesslichen Momente innerhalb und außerhalb der Klinik während meiner gesamten Doktorandenzeit. Ihr seid einfach toll!

Ganz besonders möchte ich mich bei Lisa Rotsch bedanken, die mich unermüdlich bei allen Röntgenaufnahmen unterstützt hat und der nie ein Handgriff zu viel war. Tausend Dank!

Ebenfalls danke ich meinen lieben Freunden, die mich durch mein ganzes Studium und darüber hinaus begleitet haben und noch begleiten. Mit euch kann man wirklich Pferde stehen.

Meinem liebevollen Mann Robert danke ich von ganzem Herzen fürs Dasein, Unterstützen, Zuhören, Ablenken, Zeit schenken und Lachen. Du bist großartig!

Mein abschließender und größter Dank geht an meine wundervolle Familie, die mich zu jeder Sekunde unterstützt und gefördert hat, mir diesen Weg ermöglichte und einfach die tollste Familie ist, die ich mir wünschen kann.

---

## 8 Literaturverzeichnis

ADAMS, S. B., R. STECKEL u. W. BLEVINS (1985):

Diskospondylitis in five horses.

J Am Vet Med Assoc 186, 270-272

ALVAREZ, C. B. G., M. F. BOBBERT, L. LAMERS, C. JOHNSTON, W. BACK u. P. R. VAN WEEREN (2008):

The effect of induced hindlimb lameness on thoracolumbar kinematics during treadmill locomotion.

Equine Veterinary Journal 40, 147-152

ALVAREZ, C. B. G., J. WENNERSTRAND, M. F. BOBBERT, L. LAMERS, C. JOHNSTON, W. BACK u. P. R. V. WEEREN (2007):

The effect of induced forelimb lameness on thoracolumbar kinematics during treadmill locomotion.

Equine Veterinary Journal 39, 197-201

ALWARD, A. L., A. P. PEASE u. S. L. JONES (2007):

Thoracic discospondylitis with associated epaxial muscle atrophy in a Quarter Horse gelding.

Equine Veterinary Education 19, 67-71

AUER, J. A. u. J. A. STICK (2011):

Nervous System.

In: Equine Surgery

Elsevier/Saunders, St. Louis, Missouri, S. 682

BAXTER, G. M. u. T. S. STASHAK (2011):

Examination for Lameness: History, Visual Exam, Palpation and Manipulation.

In: Adams und Stashak`s Lameness in Horses

6, Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, S. 109-151

BEECH, J. (1976):

Cervical Cord Compression and Wobbles in Horses.

Proceedings of the American Association of Equine Practitioners 22, 79-89

BERGMANN, C. (1847):

Über die Verhältnisse der Wärme-Ökonomie der Thiere zu ihrer Größe.

Göttinger Studien 3, 595-708

BERNER, D., K. WINTER, W. BREHM u. K. GERLACH (2012):

Influence of head and neck position on radiographic measurement of intervertebral distances between thoracic dorsal spinous processes in clinically sound horses.

Equine Veterinary Journal 44, 21-26

BINANTI, D., D. D. ZANI, D. DE ZANI, T. TURCI, G. ZAVAGLIA u. P. RICCABONI (2014):

Contracted Foal Syndrome Associated with Multiple Malformations in Two Foals.

Anatomia, Histologia, Embryologia 43, 71-74



- BOGDUK, N. (1995):  
The Anatomical Basis for Spinal Pain Syndromes.  
Journal of manipulative and physiological therapeutics 18(9), 603-609
- BORENSTEIN, D. (2004):  
Does osteoarthritis of the lumbar spine cause chronic low back pain?  
Current Pain Headache Reports 8(6), 512-517
- BOSWINKEL, M., J. J. VAN DER LUGT u. M. M. SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN (2006):  
Vertebral osteomyelitis caused by Rhodococcus equi in a three-and-half-month-old Dutch Warmblood foal.  
Tijdschr Diergeneeskd 131, 612-616
- BRUNKEN, G., N. DE BESI u. D. KONIGSMANN-BRUNKEN (2006):  
Radiological examinations on the spinal processes of the vertebra.  
Prakt Tierarzt 87, 617-621
- BUCHNER, H. H. F., H. H. C. M. SAVELBERG, H. C. SCHAMHARDT u. A. BARNEVELD (1996):  
Head and trunk movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness.  
Equine Veterinary Journal 28, 71-76
- BUSSCHERS, E. u. P. R. VAN WEEREN (2001):  
Use of the Flexion Test of the Distal Forelimb in the Sound Horse: Repeatability and Effect of Age, Gender, Weight, Height and Fetlock Joint Range of Motion.  
Journal of Veterinary Medicine Series A 48, 413-427
- BUTLER, J., C. COLLES, S. J. DYSON, S. KOLD u. C. POULUS (2008):  
Thoracolumbar Spine.  
In: Clinical Radiology of the Horse  
Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, S. 535-572
- CHAFFIN, M. K., C. M. HONNAS, M. R. CRABILL, H. L. SCHNEITER, G. W. BRUMBAUGH u. R. P. BRINER (1995):  
Cauda equina syndrome, diskospondylitis, and a paravertebral abscess caused by Rhodococcus equi in a foal.  
J Am Vet Med Assoc 206, 215-220
- CHAN, C. C. H. u. G. A. MUNROE (1996):  
Congenital defects of the equine musculoskeletal system.  
Equine Veterinary Education 8, 157-163
- COLBOURNE, C. M., S. L. RAIDAL, J. V. YOVICH, J. M. HOWELL u. J. L. RICHARDSON (1997):  
Cervical diskospondylitis in two horses.  
Aust Vet J 75, 477-479



COOK, W. R. (1991):

A Protocol for the Clinical Examination of the Head, Neck and Chest of the Horse.  
In: 37th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, San Francisco, California, 459-480

CÔTÉ, P., J. D. CASSIDY, K. YONG-HING, J. SIBLEY u. J. LOEWY (1997):

Apophysial joint degeneration, disc degeneration, and sagittal curve of the cervical spine. Can they be measured reliably on radiographs?  
Spine (Phila Pa 1976) 22, 859-864

COUDRY, C., D. THIBAUD, B. RICCIO, F. AUDIGIÉ, D. DIDIERLAURENT u. J.-M. DENOIX (2007):

Efficacy of tiludronate in the treatment of horses with signs of pain associated with osteoarthritic lesions of the thoracolumbar vertebral column.  
American Journal of Veterinary Research 68 (3), 329-335

COUSTY, M., C. RETUREAU, C. TRICAUD, O. GEFFROY u. S. CAURE (2010):

Location of radiological lesions of the thoracolumbar column in French trotters with and without signs of back pain.  
Veterinary Record 166, 41-45

CROWE, M. W. u. T. W. SWERCZEK (1985):

Equine congenital defects.  
American Journal of Veterinary Research 46, 353-358

DÄMMRICH, K., A. RANDELHOFF u. B. WEBER (1993):

Ein morphologischer Beitrag zur Biomechanik der thorakolumbalen Wirbelsäule und zur Pathogenese des Syndroms sich berührender Dornfortsätze (Kissing Spines Syndrom) bei Pferden.  
Pferdeheilkunde 9, 267-281

DE HEER, N. u. Y. S. NOUT (2011):

Congenital kyphosis secondary to lumbar vertebral hypoplasia causing paraparesis in a Friesian foal.  
Equine Veterinary Education 23, 231-234

DENOIX, J.-M. (1999):

Spinal biomechanics and functional anatomy.  
Veterinary Clinics of North America: Equine Practice 15, 27-60

DENOIX, J.-M. (1999a):

Ultrasonographic evaluation of back lesions.  
Veterinary Clinics of North America: Equine Practice 15 (1), 131-159

DENOIX, J.-M. (1999b):

Lesions of the vertebral column in poor performance horses.  
Proceedings of the World Equine Veterinary Association 1999, 99-109

DENOIX, J.-M. (2005):

Thoracolumbar malformations or injuries and neurological manifestations.  
Equine Veterinary Education 17, 191-194



- DENOIX, J.-M. (2007):  
Discovertebral pathology in horses.  
Equine Veterinary Education 19, 72-73
- DENOIX, J.-M. u. S. J. DYSON (2011):  
Thoracolumbar Spine.  
In: Diagnosis and Management of Lameness in the Horse  
2, Elsevier Saunders, St. Louis, Missouri, S. 592-605
- DENOIX, J.-M. u. J.-P. PAILLOUX (2000):  
Methode und Techniken der Bewegungstherapie.  
In: Physiotherapie und Massage bei Pferden - Bewegungstherapie nach den Gesetzen  
der Biomechanik  
Ulmer Stuttgart, S. 89-127
- DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG E.V., FN (2015):  
Grundausbildung für Reiter und Pferd; Richtlinien für Reiten und Fahren, Band 1.  
FN Verlag, Warendorf
- DUNCAN, A. E., R. J. COLMAN u. P. A. KRAMER (2011):  
Longitudinal Study of Radiographic Spinal Osteoarthritis in a Macaque Model.  
Journal of Orthopaedic Research August 2011, 1152-1160
- DYSON, S. J. (2003):  
The Cervical Spine and Soft Tissues of the Neck.  
In: Diagnosis and Management of Lameness in the Horse  
Saunders, St. Louis, Missouri, S. 522-531
- DYSON, S. J. (2016a):  
Evaluation of poor performance in competition horses: A musculoskeletal perspective.  
Part 1: Clinical assessment.  
Equine Veterinary Education 28, 284-293
- DYSON, S. J. (2016b):  
Evaluation of poor performance in competition horses: A musculoskeletal perspective.  
Part 2: Further investigation.  
Equine Veterinary Education 28, 379-387
- EDINGER, A. P. D. J. (2010):  
Grundlagen der klinischen Propädeutik, Orthopädische Untersuchung der Gliedmaßen  
und der Wirbelsäule.  
In: Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes  
3, Verlag M. & H. Schaper GmbH, Hannover, S. 890-926
- ERICHSEN, C., P. EKSELL, K. ROETHLISBERGER HOLM, P. LORD u. C.  
JOHNSTON (2004):  
Relationship between scintigraphic and radiographic evaluations of spinous processes  
in the thoracolumbar spine in riding horses without clinical signs of back problems.  
Equine Veterinary Journal 36 (6), 458-465



FUGLBJERG, V., J. V. NIELSEN, P. D. THOMSEN u. L. C. BERG (2010):  
Accuracy of ultrasound-guided injections of thoracolumbar articular process joints in horses: a cadaveric study.  
Equine Veterinary Journal 42, 18-22

GEIGER, C. (2012)  
Radiologische Befunderhebung an der Brustwirbelsäule des Pferdes gemäß des Röntgenleitfadens 2007 unter Berücksichtigung der klinischen Relevanz.  
München, Zentrum für klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, Inaugural-Dissertation.

GERHARDS, H., B. HERTSCH, W. JAHN u. G. BRUNKEN (2007):  
Röntgenleitfaden (RöLF 07)  
Leitfaden für die röntgenologische Beurteilung bei der Kaufuntersuchung des Pferdes - überarbeitete Fassung 2007.  
Bundestierärztekammer e.V., Bonn  
Gesellschaft für Pferdemedizin e.V., Dortmund

GIGUÈRE, S. u. J. P. LAVOIE (1994):  
Rhodococcus equi vertebral osteomyelitis in 3 quarter horse colts.  
Equine Veterinary Journal 26, 74-77

GILLEN, A., S. DYSON u. R. MURRAY (2009):  
Nuclear scintigraphic assessment of the thoracolumbar synovial intervertebral articulations.  
Equine Veterinary Journal 41, 534-540

GIRODROUX, M., S. J. DYSON u. R. MURRAY (2009):  
Osteoarthritis of the thoracolumbar synovial intervertebral articulations: Clinical and radiographic features in 77 horses with poor performance and back pain.  
Equine Veterinary Journal 41 (1), 130-138

GOODRICH, L. R. (2006):  
Osteomyelitis in horses.  
Vet Clin North Am Equine Pract 22, 389-417, viii-ix

GORDON, G. S. V. u. B. RIESKAMP (2011):  
Die klassische Reitlehre gemäß der H.Dv. 12.  
In: Die klassische Reitlehre gemäß der H.Dv. 12  
Georg Olms Verlag AG, Hildesheim, Marbach

GRIMMELMANN, E. (1977)  
Ossifikationsvorgänge an den Dornfortsätzen der Brustwirbelsäule beim Pferd.  
Hannover, Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover, Inaugural-Dissertation.

GUNDEL, M. u. U. SCHATZMANN (1997a):  
Rückenprobleme beim Pferd: 1. Eine Literaturzusammenfassung zur klinischen Untersuchung.  
Pferdeheilkunde 13, 199-204



GUNDEL, M. u. U. SCHATZMANN (1997b):  
Rückenprobleme beim Pferd: 2. Ein Vergleich der klinischen Untersuchung in Abhängigkeit von Rasse und Nutzung.  
Pferdeheilkunde 13, 207-212

GUNDEL, M. u. U. SCHATZMANN (1997c):  
Rückenprobleme beim Pferd: 3. Vorschlag eines klinischen Untersuchungsprotokolls zur Abklärung einer Rückenproblematik beim Reitpferd.  
Pferdeheilkunde 13, 213-218

HAUFE, S. M. W. u. A. R. MORK (2010):  
Endoscopic Facet Debridement for the treatment of facet arthritic pain - a novel new technique.  
International Journal of Medical Sciences 7, 120-123

HAUSSLER, K. K. (1999a):  
Anatomy of the thoracolumbar vertebral region.  
Veterinary Clinics of North America: Equine Practice 15, 13-26

HAUSSLER, K. K. (1999b):  
Osseous spinal pathology.  
Veterinary Clinics of North America: Equine Practice 15, 103-112

HAUSSLER, K. K., J. E. A. BERTRAM u. K. GELLMAN (1999a):  
In Vivo Segmental Kinematics of the Thoracolumbar Spinal Region in Horses and Effects of Chiropractic Manipulations.  
Proceedings of the American Association of Equine Practitioners 45, 327-329

HAUSSLER, K. K. u. S. M. STOVER (1998):  
Stress fractures of the vertebral lamina and pelvis in Thoroughbred racehorses.  
Equine Veterinary Journal 30, 374-381

HAUSSLER, K. K., S. M. STOVER u. W. N. H. (1999b):  
Pathologic changes in the lumbosacral vertebrae and pelvis in Thoroughbred racehorses.  
American Journal of Veterinary Research 60 (2), 143-153

HERTSCH, B. (2002):  
Der klinisch-orthopädische Untersuchungsgang im Rahmen der Kaufuntersuchung beim Pferd.  
Praktischer Tierarzt 83:1, 40-48

HERTSCH, B. u. U. BERRHUES (1988):  
Der Wendeschmerz als Symptom bei der Lahmheitsuntersuchung des Pferdes - Pathomorphologische, röntgenologische und klinische Untersuchung.  
Pferdeheilkunde 4 (1), 15-22

HERTSCH, B., H. WISSDORF u. R. ZELLER (1982):  
Die sogenannten Gefäßlöcher des Strahlbeins und ihre Beziehung zum Hufgelenk.  
Tierärztliche Praxis 10, 365-379



HOLMER, M. (2005)

Röntgenbefunde an den Dornfortsätzen klinisch rückengesunder Warmblutpferde.  
München, Klinik für Pferde der Tierärztlichen Fakultät, Inaugural-Dissertation.

HÜNTEMANN, G. (2007)

Vorkommen und Bedeutung der Insertionsdesmopathie des Ligamentum nuchae bei Pferden mit Rittigkeitsproblemen - eine radiologische und klinische Studie.  
Berlin, Klinik für Pferdekrankheiten, allgemeine Chirurgie und Radiologie des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, Inaugural-Dissertation.

HUSKAMP, B. u. M. NOWAK (1988):

Insertionsdesmopathie beim Pferd und einige ihrer Lokalisationen.  
Pferdeheilkunde 4, 3-12

JEFFCOTT, L. B. (1975):

(2) The Diagnosis of Diseases of the Horse's Back.  
Equine Veterinary Journal 7, 69-78

JEFFCOTT, L. B. (1978):

Klinische und röntgenologische Diagnostik der Wirbelsäulenerkrankungen des Pferdes.  
Der praktische Tierarzt 4, 272-281

JEFFCOTT, L. B. (1979):

Radiographic Examination of the Equine Vertebral Column.  
Veterinary Radiology 20, 135-139

JEFFCOTT, L. B. (1979a):

Radiographic Features of the Normal Equine Thoracolumbar Spine.  
Veterinary Radiology 20, 140-147

JEFFCOTT, L. B. (1980):

Disorders of the thoracolumbar spine of the horse — a survey of 443 cases.  
Equine Veterinary Journal 12, 197-210

JEFFCOTT, L. B. (1985):

The examination of a horse with a potential back problem.  
Proceedings of the American Association of Equine Practitioners 31, 271-284

JEFFCOTT, L. B. (1985a):

Conditions causing thoracolumbar pain and dysfunction in horses.  
Proceedings of the American Association of Equine Practitioners 31, 285-296

JEFFCOTT, L. B. u. G. DALIN (1980a):

Natural rigidity of the horse's backbone.  
Equine Veterinary Journal 12, 101-108

JEFFCOTT, L. B., G. DALIN, S. DREVEMO, I. FREDRICSON, K. BJÖRNE u. A. BERGGUIST (1982):

Effect of induced back pain on gait and performance of trotting horses.  
Equine Veterinary Journal 14(2), 129-133



- JEFFCOTT, L. B. u. K. E. WHITWELL (1976):  
Fractures of the thoracolumbar spine of the horse.  
Proceedings of the American Association of Equine Practitioners 22, 91-102
- JOHNS, S., A. KENT ALLEN u. L. A. TYRRELL (2008):  
How to obtain digital radiographs of the thoracolumbar spine in the standing horse.  
Proceedings of the American Association of Equine Practitioners 54, 455-458
- JONES, K. E. (2015):  
Preliminary data on the effect of osseous anatomy on ex vivo joint mobility in the equine thoracolumbar region.  
Equine Veterinary Journal 0, 1-7
- KAISER, S. (2014):  
Die klinische Untersuchung des Halses.  
Der praktische Tierarzt, 1031-1036
- KEG, P. R., P. R. V. WEEREN, W. BACK u. A. BARNEVELD (1997):  
Influence of the force applied and its period of application on the outcome of the flexion test of the distal forelimb.  
Veterinary Record 141, 463-466
- KELLER, H. (1976):  
Lahmheitsdiagnostik beim Pferd.  
Tierärztliche Praxis 4, 349-358
- KENT ALLEN, A., S. JOHNS, S. S. HYMAN, M. D. SISLAK, S. DAVIS u. J. AMORY (2010):  
How to diagnose and treat back pain in the horse.  
Proceedings of the American Association of Equine Practitioners 56, 384-388
- KETTLER, A. u. H. J. WILKE (2006):  
Review of existing grading systems for cervical or lumbar disc and facet joint degeneration.  
Eur Spine J. 15(6), 705-718
- KIRBERGER, R. M. u. R. D. GOTTSCHALK (1989):  
Developmental kyphoscoliosis in a foal.  
Journal of the South African Veterinary Association 60, 146-148
- KOTHSTEIN, T., A. M. RASHMIR-RAVEN, M. W. THOMAS u. M. K. BRASHIER (2000):  
Radiographic Diagnosis: Thoracic spinal fracture resulting in a kyphosis in a horse.  
Veterinary Radiology & Ultrasound 41, 44-45
- KRELING, I. u. H. D. LAUK (1996):  
Die operative Behandlung des "Kissing Spines"-Syndroms beim Pferd - 50 Fälle. Teil 1: Diagnostische Methoden.  
Pferdeheilkunde 12 (2), 79-85



- KRÜGER, W. (1939):  
Über Schwingungen der Wirbelsäule - insbesondere der Wirbelbrücke - des Pferdes in der Bewegung.  
Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift 13, 129-133
- LANDIS, J. R. u. G. G. KOCH (1977):  
The measurement of observer agreement for categorical data.  
Biometrics 33, 159-174
- LANDMAN, M. A., J. A. DE BLAAUW, P. R. VAN WEEREN u. L. J. HOFLAND (2004):  
Field study of the prevalence of lameness in horses with back pain.  
Veterinary Record 155(6), 165-168
- LARSSON, J. (2014)  
Incidence of spinal osteoarthritis in dogs.  
Uppsala, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
- LERNER, D. J. u. G. RILEY (1978):  
Congenital kyphoscoliosis in a foal.  
Journal of the American Veterinary Medical Association 172, 274-276
- LEW, D. P. u. F. A. WALDVOGEL (2004):  
Osteomyelitis.  
Lancet 364, 369-379
- LIEBICH, H.-G. u. H. E. KÖNIG (2005):  
Skelett des Stammes (Skeleton axiale).  
In: Anatomie der Haussäugetiere  
Schattauer, Stuttgart, S. 47-108
- LITTLE, J. W., T. J. GRIEVE, G. D. CRAMER, J. A. RICH, E. E. LAPTOOK, J. P. STIEFEL u. K. LINAKER (2015):  
Grading Osteoarthritic Changes of the Zygapophyseal Joints from Radiographs: A Reliability Study.  
Journal of manipulative and physiological therapeutics 38 (5), 344-351
- MAIERL, J., H.-G. LIEBICH u. H. E. KÖNIG (2005):  
Statik und Dynamik.  
In: Anatomie der Haussäugetiere  
Schattauer, Stuttgart, S. 275-281
- MARKEL, M. D., J. E. MADIGAN, C. A. LICHTENSTEIGER, S. M. LARGE u. W. J. HORNOF (1986):  
Vertebral body osteomyelitis in the horse.  
Journal of the American Veterinary Medical Association 188, 632-634
- MARKERT, S. (2016)  
Vorkommen von Befunden des Röntgenleitfadens 2007 bei Kaufuntersuchungen in einer deutschen Pferdeklinik und Erfassung des darauffolgenden Turniereinsatzes von Wamblutpferden.  
Hannover, Klinik für Pferde, Inaugural-Dissertation.



- MARTIN, B. B. u. A. M. KLIDE (1999):  
Physical examination of horses with back pain.  
Veterinary Clinics of North America: Equine Practice 15, 61-70
- MEEHAN, L., S. DYSON u. R. MURRAY (2009):  
Radiographic and scintigraphic evaluation of spondylosis in the equine thoracolumbar spine: A retrospective study.  
Equine Veterinary Journal 41, 800-807
- MEIJER, M. C., E. BUSSCHERS u. P. R. VAN WEEREN (2001):  
Which joint is most important for the positive outcome of a flexion test of the distal forelimb of a sound horse?  
Equine Veterinary Education 13, 319-323
- MOORE, R. M., R. K. SCHNEIDER, J. KOWALSKI, L. R. BRAMLAGE, L. M. MECKLENBURG u. C. W. KOHN (1992):  
Antimicrobial susceptibility of bacterial isolates from 233 horses with musculoskeletal infection during 1979–1989.  
Equine Veterinary Journal 24, 450-456
- MORGAN, J. P., G. LJUNGGREN u. R. READ (1967):  
Spondylosis deformans (vertebral osteophytosis) in the dog. A radiographic study from England, Sweden and U.S.A.  
J Small Anim Pract 8, 57-66
- MOYER, W. A. u. J. R. ROONEY (1971):  
Vertebral fracture in a horse.  
Journal of the American Veterinary Medical Association 159, 1022-1024
- NICKEL, R., A. SCHUMMER u. E. SEIFERLE (1992):  
Peripheres Nervensystem.  
In: Lehrbuch der Anatomie der Haussäugetiere, Bd. 4  
3, Paul Parey, Stuttgart, S. 230-235, 267-272, 269-273
- NICKEL, R., A. SCHUMMER, K.-H. WILLE u. H. WILKENS (2004):  
Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem.  
In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. 1  
8, Parey Verlag, Stuttgart, S. 30-35, 38-41, 60f, 223-229, 341-346, 361, 366-368
- NOWAK, M. (1988):  
Die klinische, röntgenologische und szintigraphische Untersuchung bei den sogenannten Rückenproblemen des Pferdes.  
Pferdeheilkunde 4, 193-198
- NOWAK, M. u. B. HUSKAMP (1989):  
Über einige spezielle Befunde bei Erkrankungen der Halswirbelsäule des Pferdes.  
Pferdeheilkunde 5 (2), 95-107
- OLCHOWY, T. W. (1994):  
Vertebral body osteomyelitis due to *Rhodococcus equi* in two Arabian foals.  
Equine Veterinary Journal 26, 79-82



PETTERSSON, H., B. STRÖMBERG u. I. MYRIN (1987):  
Das thorakolumbale, interspinale Syndrom (TLI) des Reitpferdes - Retrospektiver Vergleich konservativ und chirurgisch behandelter Fälle.  
Pferdeheilkunde 3, 313-319

PIAT, P., L. BLOND, M. SPRIET, L. GALUPPO u. S. LAVERTY (2012):  
Fractures of the withers in horses.  
Equine Veterinary Education 24, 582-588

RANDELHOFF, A. (1997)  
Pathologische-anatomische und -histologische Untersuchung zur Pathogenese von Wirbelsäulenveränderungen bei Pferden.  
Berlin, Institut für Veterinär-Pathologie des Fachbereichs Veterinärmedizin, Inaugural-Dissertation.

RANNER, W. u. H. GERHARDS (2002):  
Vorkommen und Bedeutung von Rückenerkrankungen - insbesondere des "Kissing Spine"-Syndroms - bei Pferden in Süddeutschland.  
Pferdeheilkunde 18 (1), 21-33

RANNER, W., W. SCHILL u. H. GERHARDS (1999):  
Die röntgenologische Untersuchung der Wirbelsäule bei "Rückenproblemen" am stehenden Pferd.  
Tierärztliche Praxis 27 (G), 122-127

REISINGER, R. (2003)  
Röntgenologische und sonographische Darstellbarkeit der Intervertebralgelenke an der Brust- und Lendenwirbelsäule des Pferdes.  
Wien, Inaugural-Dissertation.

REISINGER, R. u. C. STANEK (2005):  
Vergleich der 20°- und 30°-Technik zur radiologischen Darstellung der Intervertebralgelenke an der Brustwirbelsäule des Pferdes.  
Pferdeheilkunde 21 (3), 225-228

RIJKENHUIZEN, A. B. M. (2002):  
Kaufuntersuchung - Klinisch orthopädischer Untersuchungsgang.  
Pferdeheilkunde 18 (3), 231-240

ROBERTS, E. J. (1968):  
Resection of thoracic or lumbar spinous processes for the relief of pain responsible for lameness and some other locomotor disorders of horses.  
Proceedings of the American Association of Equine Practitioners 14, 13-30

ROETHLISBERGER-HOLM, K., J. WENNERSTRAND, U. LAGERQUIST, P. EKSELL u. C. JOHNSTON (2006):  
Effect of local analgesia on the movement of the equine back.  
Equine Veterinary Journal 38, 65-69



- ROONEY, J. R. (1969):  
Congenital equine scoliosis and lordosis.  
Clinical orthopaedics and related research 62, 25-30
- ROONEY, J. R. (1971):  
Spinal cord.  
In: Clinical neurology of the horse  
KNA Press Inc., Kannett Square, Pennsylvania, S. 46
- ROONEY, J. R. u. J. L. ROBERTSON (1996):  
Vertebral column.  
In: Equine Pathology  
1, Iowa State University Press, Ames, Iowa, S. 216-223
- ROSS, M. W. (2003):  
Lameness Examination - Movement.  
In: Diagnosis and Management of Lameness in the Horse  
1, Saunders, St. Louis, Missouri, S. 60-74
- RYAN, J. A. (1992):  
Kyphoscoliosis in two miniature horses.  
Equine Practitioner 14, 21-23
- SAGER, J. (1997)  
Die Erkrankung der Processus spinosi der Brust- und Lendenwirbelsäule des Pferdes  
- eine klinische und röntgenologische Studie.  
Berlin, Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie des Fachbereichs  
Veterinärmedizin Inaugural-Dissertation.
- SALOMON, F.-V. (2008):  
Bewegungsapparat.  
In: Anatomie für die Tiermedizin  
2, Enke Verlag, Stuttgart, S. 170f
- SEIFERLE, E. u. J. FREWEIN (2004):  
Aktiver Bewegungsapparat, Muskelsystem, Myologia.  
In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere  
Parey Verlag, Stuttgart, S. 333-400
- SINDING, M. F. u. L. C. BERG (2010):  
Distances between thoracic spinous processes in Warmblood foals: A radiographic  
study.  
Equine Veterinary Journal 42 (6), 500-503
- SLIJPER, E. J. (1946):  
Comparative biologic-anatomical investigations on the vertebral column and spinal  
musculature of mammals.  
Kon. Ned. Akad. Wet Verh 47, 1-128
- SPEIRS, V. C. (1997):  
The Nervous System.  
In: Clinical Examination of Horses  
1, W. B. Saunders, St. Louis, Missouri, S. 73-84



SPRAYBERRY, K. A. u. N. E. ROBINSON (2015):

Neck Pain and Stiffness.

In: Robinson`s Current Therapy in Equine Medicine

7, Elsevier/Saunders, St. Louis, Missouri, S. 97-101

STÄNDER, M., U. MÄRZ u. U. STEUDE (2006):

The facet joint syndrome: frequent cause of chronic backaches.

Fortschritte der Medizin 26, 33-34

STECHER, R. M. u. L. J. GOSS (1961):

Ankylosing lesions of the spine of the horse.

Journal of the American Veterinary Medical Association 138, 248-258

STEWART, A. J., P. SALAZAR, B. M. WALDRIDGE, J. HATHCOCK, E. M. WHITLEY

u. E. G. WELLES (2007):

Computed tomographic diagnosis of a pathological fracture due to rhodococcal osteomyelitis and spinal abscess in a foal.

Equine Veterinary Education 19, 231-235

STUBBS, N. C. (2011):

Epaxial musculature, motor control and its relationship with back pain in the horse: Objective clinical physical therapy, pathological and imaging studies.

Proceedings of the American Association of Equine Practitioners 57, 153-156

STUBBS, N. C., C. M. RIGGS, P. W. HODGES, L. B. JEFFCOTT, D. R. HODGSON, H. M. CLAYTON u. C. M. MC GOWAN (2010):

Osseous spinal pathology and epaxial muscle ultrasonography in Thoroughbred racehorses.

Equine Veterinary Journal 42, 654-661

SWEERS, L. u. A. CARSTENS (2006):

Imaging features of discospondylitis in two horses.

Veterinary Radiology and Ultrasound 47 (2), 159-164

THOMPSON, K. (2007):

Bones and joints.

In: Pathology of domestic animals

5, Elsevier Saunders, St. Louis, Missouri, S. 92-101, 173

TOWNSEND (1985):

The relationship between biomechanics of the thoracolumbar spine and back problems in the horse.

Proceedings of the American Association of Equine Practitioners 31, 307-316

TOWNSEND u. D. H. LEACH (1984):

Relationship between intervertebral joint morphology and mobility in the equine thoracolumbar spine.

Equine Veterinary Journal 16, 461-465



- TOWNSEND, D. H. LEACH, C. E. DOIGE u. W. H. KIRKALDY-WILLIS (1986):  
Relationship between spinal biomechanics and pathological changes in the equine thoracolumbar spine.  
Equine Veterinary Journal 18, 107-112
- TOWNSEND, D. H. LEACH u. P. B. FRETZ (1983):  
Kinematics of the equine thoracolumbar spine.  
Equine Veterinary Journal 15, 117-122
- UELTSCHI, G. (2001):  
Radiologie und Szintigraphie der Wirbelsäule.  
7th Geneva Congress of Equine Medicine and Surgery, 47-51
- VAN WEEREN, P. R. (2009):  
Kinematics of the Equine Back.  
In: Equine Back Pathology  
Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, S. 39-59
- VAN WEEREN, P. R., C. MCGOWEN u. K. K. HAUSSLER (2010):  
Science overview: Development of a structural and functional understanding of the equine back.  
Equine Veterinary Journal 42, 393-400
- VAN WESSUM, R. (2009):  
Vertebral Facet Joint Syndrome.  
In: Current therapy in equine medicine  
Saunders Elsevier, St. Louis, Missouri, S. 479-482
- VAN WESSUM, R. (2011a):  
Lameness associated with the axial skeleton.  
In: Adams and Stashak`s lameness in horses  
Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, S. 833-870
- VAN WESSUM, R. (2011b):  
The Thoracolumbar Spine.  
In: Adams and Stashak`s Lameness in Horses  
Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, S. 854-865
- VANDEWEERD, J. M., F. DESBROSSE, P. CLEGG, V. HOUGARDY, L. BROCK, A. WELCH u. P. CRIPPS (2007):  
Innervation and nerve injections of the lumbar spine of the horse: a cadaveric study.  
Equine Veterinary Journal 39, 59-63
- VON SALIS, B. u. B. HUSKAMP (1978):  
Vorläufige Erfahrungen mit der konservativen und chirurgischen Behandlung der Wirbelsäulenerkrankung der Pferde.  
Der praktische Tierarzt 4, 281-284
- WALMSLEY, J. P., H. PETTERSSON, F. WINBERG u. F. MCEVOY (2002):  
Impingement of the dorsal spinous processes in two hundred and fifteen horses: case selection, surgical technique and results.  
Equine Veterinary Journal 34, 23-28



- WEAVER, M. P., L. B. JEFFCOTT u. M. NOWAK (1999):  
Radiology and Scintigraphy.  
Veterinary Clinics of North America: Equine Practice 15 (1), 113-129
- WEILER, H. (2000)  
Insertionsdesmopathien beim Pferd - Ein Beitrag zur Orthologie und Pathologie von Sehnen-, Band- und Gelenkkapselverankerungen beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung der Insertion des Funiculus nuchae an der Squama occipitalis.  
Berlin, Institut für Veterinär-Pathologie der Freien Universität Berlin, Habilitationsschrift.
- WENNERSTRAND, J., C. B. G. ALVAREZ, R. MEULENBELT, C. JOHNSTON, P. R. VAN WEEREN, K. ROETHLISBERGER-HOLM u. S. DREVEMO (2009):  
Spinal kinematics in horses with induced back pain.  
Vet Comp Orthop Traumatol 22, 448-454
- WENNERSTRAND, J., C. JOHNSTON, K. ROETHLISBERGER-HOLM, C. ERICHSEN, P. EKSELL u. S. DREVEMO (2004):  
Kinematic evaluation of the back in the sport horse with back pain.  
Equine Veterinary Journal 36, 707-711
- WHITE, A. A. (1971):  
Kinematics of the normal spine as related to scoliosis.  
Journal of biomechanics 4, 405-411
- WONG, D. M., K. MILES u. B. SPONSELLER (2006):  
Congenital scoliosis in a Quarter Horse filly.  
Veterinary Radiology & Ultrasound 47, 279-282
- WONG, D. M., W. K. SCARRATT u. J. ROHLEDER (2005):  
Hindlimb paresis associated with kyphosis, hemivertebrae and multiple thoracic vertebral malformations in a Quarter Horse gelding.  
Equine Veterinary Education 17, 187-194
- ZANEB, H., C. PEHAM u. C. STANEK (2013):  
Functional anatomy and biomechanics of the equine thoracolumbar spine: a review.  
Turk J Vet Anim Sci 37, 380-389
- ZIMMERMAN, M., S. DYSON u. R. MURRAY (2012):  
Close, impinging and overriding spinous processes in the thoracolumbar spine: The relationship between radiological and scintigraphic findings and clinical signs.  
Equine Veterinary Journal 44, 178-184
- ZIMMERMAN, M., S. DYSON u. R. MURREY (2011):  
Comparison of radiographic and scintigraphic findings of the spinous processes in the equine thoracolumbar region.  
Veterinary Radiology and Ultrasound 52 (6), 661-671
- ZSCHOKKE, E. (1892):  
Untersuchungen über das Verhältnis der Knochenbildung zur Statik und Mechanik des Vertebratenskeletts.  
Zurich: Orell Fussli





