

Aus der
Klinik für Pferde
allgemeine Chirurgie und Radiologie
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**Literaturübersicht über Messungen am Pferdehuf und
Ermittlung radiographischer Messparamater an Hufen
gesunder Ponies**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Katharina Thieme
Tierärztin aus Breslau

Berlin 2017
Journal-Nr.: 4007

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek
Erster Gutachter:	Univ.-Prof. Dr. Christoph Lischer
Zweiter Gutachter:	Univ.-Prof. Dr. Mahtab Bahramsoltani
Dritter Gutachter:	Univ.-Prof. Dr. Marcus Doherr

Deskriptoren (*nach CAB-Thesaurus*): horses, hooves, review, radiography,
mapping, reference values (MeSH)

Tag der Promotion: 10.10.2017

Für meine Eltern

Inhalt

1	Einleitung.....	1
2	Veröffentlichungen.....	4
	2.1 Morphometrische Messungen am Pferdehuf – eine Literaturübersicht.....	4
	2.2 Radiographic measurements of the hooves of normal ponies.....	15
3	Diskussion.....	25
4	Zusammenfassung.....	30
5	Summary.....	32
6	Referenzen für Einleitung und Diskussion.....	34
7	Publikationen.....	37
8	Danksagung.....	38
9	Selbstständigkeitserklärung.....	39

1 Einleitung

Hufprobleme sind eine häufige Ursache von Lahmheiten bei Sport- und Freizeitpferden (Kaneene et al., 1997) und werden mit Veränderungen der normalen Hufkonformation in Verbindung gebracht (Turner, 1986).

Die Hufkonformation ist die Beschreibung der Hufkapsel und der darin liegenden knöchernen Strukturen durch objektive Messparameter. Diese Messparameter setzen sich zusammen aus linearen Messungen und Winkelmessungen der Hufkapsel, der in der Hufkapsel liegenden knöchernen Strukturen und deren Verhältnis zueinander. Sie dienen der Beschreibung der normalen Hufform und der Quantifizierung von Abweichungen von dieser. Dadurch können Zusammenhänge zwischen bestimmten Hufkonformationen und orthopädischen Problemen erkannt und deren Korrektur exakt geplant werden sowie pathologische Formen diagnostiziert und deren Schweregrad eingeschätzt werden.

Je früher ein pathologischer Zustand erkannt wird, umso effektiver kann das Management angepasst werden. Im besten Fall kann ein pathologischer Prozess so früh gestoppt werden, dass keine morphologisch relevanten Schäden entstehen.

Morphometrische Messungen des Pferdehufes wurden vorwiegend direkt an der Hufkapsel, an digitalen Photographien und Röntgenbildern durchgeführt. Selten wurden auch Messungen an Magnetresonanztomographischen Bildern (Arble et al., 2009) sowie Ultraschallbildern (Olivier-Carstens, 2004) durchgeführt.

Die Röntgendiagnostik bietet sich für Konformationsmessungen aus folgenden Gründen besonders an:

(1) Bei der röntgenologischen Darstellung des Hufes werden, im Gegensatz zu Photographien und direkten Messungen, die Hufkapsel und die Knochen der distalen Gliedmaße gleichzeitig

dargestellt. Die inneren Strukturen des Hufes können nicht von der Form der Hufkapsel abgeleitet werden (Dyson et al., 2011b). In einer Studie an australischen Wildpferden (Hampson et al., 2013) wurde gezeigt, dass in einer Gruppe von Wildpferden, deren Hufe äußerlich einer optimalen Konformation nahe kamen, ein ausgeprägtes Maß an inneren Veränderungen festgestellt wurde, welche denen einer Belastungsreihe ähnelten. In einer anderen Gruppe hingegen, deren äußerlich erkennbare Hufkonformation suboptimal war, zeigten sich diese Veränderungen nicht.

(2) Das Erstellen von Röntgenbildern ist das einfachste Hilfsmittel, um die wichtigen Messdaten im Bereich von Huf und Hornkapsel zu erheben (Colles, 1983; Turner, 1992). Die meisten Pferdepraktiker verfügen über eine Röntgenanlage, dadurch sind eine einfache Verfügbarkeit und ein geringer finanzieller Aufwand mit der Anfertigung von Röntgenbildern zur Konformationsmessung gegeben.

(3) Die Wiederholbarkeit und Akkuranz der Messungen an Röntgenbildern wurde untersucht und hängt in hohem Maße von der Röntgentechnik und Messgenauigkeit ab (Kummer et al., 2004; Rocha et al., 2004).

Der erste Teil dieser Arbeit befasst sich mit der Beschreibung von standardisierten Röntgentechniken. Häufig verwendete Messparameter werden hinsichtlich ihrer Wiederholbarkeit und klinischen Relevanz beurteilt und es wird eine Übersicht über publizierte Referenzwerte gegeben.

Zur Identifikation und Interpretation von Veränderungen der Weichteile und knöchernen Strukturen des Hufes ist die Kenntnis der normalen röntgenologischen Befunde eine zwingende Voraussetzung (Linford et al., 1993). Die bisher publizierten Referenzwerte zu Konformationsmessungen an Hufen von Ponies beschränken sich auf fünf Tiere in der Studie von Cripps und Eustace (1999). Der zweite Teil dieser Arbeit umfasst die Untersuchung von

81 Ponies mit dem Ziel, Referenzwerte für Ponies zu ermitteln sowie die Abhängigkeit der Messparameter von der Widerristhöhe zu untersuchen.

2 Veröffentlichungen

2.1 Morphometrische Messungen am Pferdehuf – eine Literaturübersicht

Katharina Thieme, Anna Ehrle und Christoph Lischer

Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie, Freie Universität Berlin

**Schlüsselwörter: Hufparameter / Referenzwerte / Normwerte / Röntgentechnik /
Relevanz / Orthopädie**

Englischer Titel:

Morphometric measurements of the horses hoof – A review of the literature

Online verfügbar

DOI: [10.21836/PEM20150201](https://doi.org/10.21836/PEM20150201)

Diese Arbeit wurde in der Pferdeheilkunde, 31 (2015) 2, 108 – 118, publiziert.

2.2 Radiographic measurements of the hooves of normal ponies

Katharina Thieme, Anna Ehrle und Christoph Lischer

Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie, Freie Universität Berlin

Schlüsselwörter: Pferd / Hufparameter / Hufkonformation / Pony / Referenzwerte

Deutscher Titel:

Radiologische Messungen an Hufen gesunder Ponies.

Online verfügbar

DOI: [10.1016/j.tvjl.2015.10.005](https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.10.005)

Diese Arbeit wurde in The Veterinary Journal, Volume 206, Issue 3, December 2015, 332-337, publiziert.

Appendix: Supplementary material



Fig. S1. Set up for the standardised radiographic protocol. The pony stands with both limbs simultaneously on a wooden block. The portable X-Ray unit is held in a level-adjustable metal construction attached to a wooden board. A hinge in the block allows 90° rotation to obtain radiographs in both lateromedial (LM) and dorsopalmar (DP) projections.

Table S1

Mean differences and paired *t*-test *P* values for parameters with significant differences between the medial and lateral aspects of the front feet and the distribution by percentage in this study, dorsopalmar view.

		Mean difference	<i>P</i>	Percentage	
				Medial bigger	Lateral bigger
<u>Angles (°)</u>					
MWA – LWA	Left	2.6	<0.0001	60.5	30.59
	Right	4.2	<0.0001	75.3	22.2
<u>Distances (mm)</u>					
LWL – MWL	Right	1.4	<0.0001	32.1	60.5
LCBD – MCB D	Right	0.7	0.03	37.0	50.6
P3BL – P3BM	Left	1.7	<0.0001	11.1	74.1
	Right	2.2	<0.0001	11.1	82.7

MWA, medial wall angle; LWA, lateral wall angle; LWL, lateral wall length; MWL, medial wall length; LCBD, lateral coronet to bottom distance; MCB D, medial coronet to bottom distance; P3BL, lateral distal phalanx to bottom distance; P3BM, medial distal phalanx to bottom distance.

Table S2

Mean differences and paired *t*-test *P* values for parameters with significant differences between the front and hind feet and the distribution by percentage in this study, lateromedial view.

		Mean difference	<i>P</i>	Percentage	
				Front bigger	Hind bigger
<u>Angles (°)</u>					
HA	Hoof angle	3.3	<0.0001	82.7	12.3
P3A	Distal phalanx angle	2.6	<0.0001	75.3	16.0
RotA	Rotation angle	0.7	<0.0001	28.4	60.5
P3BA	Solar angle	2.3	<0.0001	79.0	16.0
CA	Coronet angle	4.2	<0.0001	2.5	96.3
P3CA	Distal phalanx to coronet angle	1.5	0.001	32.1	67.9
LP3A	Angle of distal phalanx axis	3.1	<0.0001	82.7	13.6
<u>Distances (mm)</u>					
HP3D	Distal hoof wall thickness	0.9	<0.0001	12.3	74.1
FD	Founder distance	0.6	0.001	66.7	32.1
LP3	Length of distal phalanx	0.7	<0.0001	23.5	65.4
DWL	Dorsal wall length	2.6	<0.0001	17.3	76.5
P3F	Distal phalanx to frog distance	0.8	0.013	59.3	33.3
P3T	Distal phalanx to toe distance	3.3	<0.0001	12.3	82.7
FL	Foot length	7.9	<0.0001	4.9	95.1
HB	Hoofbalance (%)	2.4	<0.0001	25.9	74.1

3 Diskussion

Das Ziel der publizierten Literaturübersicht war es, dem Pferdepraktiker auf den aktuellen Wissensstand der morphometrischen Messungen am Pferdehuf zu bringen und eine Anleitung zur Anfertigung hochqualitativer, gut auswertbarer Röntgenbilder zu geben (Thieme et al., 2015a). Die selbstständige Literaturrecherche gestaltet sich häufig zeitaufwendig und mühsam, weshalb Literaturübersichten eine wertvolle Informationsquelle darstellen. Sie diene auch als Grundlage bei der Neuüberarbeitung des Röntgenleitfadens 2017.

Messungen morphometrischer Parameter an Röntgenbildern, insbesondere Streckenmessungen, weisen eine gute Wiederholbarkeit und Genauigkeit auf. Voraussetzung dafür sind eine gute Vorbereitung und Anwendung einer standardisierten Röntgentechnik.

Die Ausrichtung des Zentralstrahls ist von großer Bedeutung. Die proximo-distale Positionierung des Zentralstrahls hinsichtlich der zu untersuchenden Strukturen, die dorso-palmare/plantare hinsichtlich der Messgenauigkeit (Tacchio et al., 2002).

Röntgengedichte Marker werden eingesetzt als Referenzobjekte zur Kalibrierung der Messungen und als Markierungen für anatomische Orientierungspunkte. Die Autoren verwenden zum Teil unterschiedliche anatomische Orientierungspunkte zur Festlegung des Anfangs- und Endpunktes einer Messung. Unabhängig von der gewählten Methode ist eine konsequente Messung, immer am selben anatomischen Punkt, von ausschlaggebender Bedeutung. Entsprechende Computerprogramme können den Praktiker hierbei unterstützen (Rocha et al. 2004).

Die wichtigsten publizierten Messparameter wurden im Hinblick auf Messgenauigkeit, Wiederholbarkeit, klinische Relevanz und Aussagekraft beurteilt.

Messgenauigkeit und Wiederholbarkeit sind bei Einhaltung einer guten Röntgen – und Messtechnik gegeben (Kummer et al., 2004). Eine hohe Aussagekraft haben Parameter, welche eine geringe Variabilität bei gesunden Tieren aufweisen. Je größer die Spannweite an normalen Werten, welche über den Variationskoeffizienten (VK) definiert wurde, desto schwieriger ist die Abgrenzung zu pathologischen Zuständen. Parameter mit einem besonders kleinen VK sind der Hufwinkel, der Hufbeinwinkel, die Zehenlänge, die Hufbalance und die Wanddicke. Klinisch relevant sind Parameter, deren Veränderung eine klinische Auswirkung hat.

Ein zu kleiner Hufwinkels hat zum Beispiel einen nachweisbaren Einfluss auf die Zehenachse (Bushe et al., 1987; Chateau et al., 2004), die mechanische Belastung der tiefen Beugesehne und des Strahlbeines (Willemens et al., 1999; Eliashar et al., 2004; Moleman et al., 2006) sowie des Hufbeinträgers (McClinchey et al., 2003; Thomason et al., 2005). Pferde mit Erkrankungen der tiefen Beugesehne und des Strahlbeins hatten einen signifikant kleineren Hufbeinwinkel als Pferde ohne Erkrankung dieser Strukturen (Dyson et al., 2011a).

Die Zehenlänge hat Auswirkungen auf den Abrollpunkt und damit auf die Belastung der Sehnen und Bänder (Clayton, 1990a) sowie die Belastung des Hufbeinträgers (Thomason, 1998) und der Glutealmuskulatur (Mansmann et al., 2010).

Es wird davon ausgegangen, dass eine ausgeglichene Hufbalance die Voraussetzung für eine ungestörte Funktion der Gliedmaße ist. Die Hufbalance kann auf der lateralen (dorsopalmare bzw. –plantare Hufbalance) sowie auf der dorsopalmaren bzw. –plantaren Aufnahme (lateraomediale Hufbalance) beurteilt werden. Die dorsopalmare bzw. –plantare Hufbalance stellt den prozentualen Anteil des dorsalen Abschnittes der Fußungsfläche zur gesamten Fußungsfläche dar. Die klinischen Auswirkungen einer veränderten Hufbalance sind noch wenig untersucht. Auf Grund ihrer geringen Variabilität stellt sie einen brauchbaren Parameter dar und sollte in zukünftigen Untersuchungen mehr Beachtung finden.

Die Wanddicke wird hauptsächlich im Zusammenhang einer Untersuchung auf Hufrehe bestimmt (Eustace, 2010; Sherlock and Parks, 2013). Beide im Rahmen dieser Doktorarbeit veröffentlichten Artikel bestätigen, dass die Wanddicke mit einer geringen Variabilität gemessen werden kann und bei verschiedenen Pferderassen und Ponies eine relativ geringe Streuung aufweist. In einer Studie von Goulet et al. (2015) wurde die auf Röntgenbildern ermittelte Wanddicke aufgeteilt in eine oberflächliche Schicht, bestehend aus Stratum externum und Stratum medium, und eine tiefe Schicht, bestehend aus Stratum internum und Dermis parietis, sowie deren Verhältnis zueinander untersucht. Dies scheint eine vielversprechende Methode, um bereits dezente Veränderungen der frühen Phase der Hufrehe zu erkennen. Weitere Untersuchungen in diesem Bereich sind erforderlich, um diese Hypothese zu untermauern.

Parameter die einen sehr hohen VK aufweisen sind der Palmar- / Plantarwinkel, die Trachtenlänge, der Rotationswinkel und die Rehestrecke. Diese Parameter sollten mit Vorsicht interpretiert werden und gegebenenfalls durch Parameter mit geringerer Variabilität ersetzt werden. Insbesondere die Rehestrecke scheint sehr großen inter- und intraindividuellen Schwankungen zu unterliegen. In den eigenen Untersuchungen (Thieme et al., 2015b) betrug der maximale Unterschied der Rehestrecke zwischen den Vorderhufen eines Pferdes 4 mm, zwischen den Hinterhufen 3 mm und zwischen zwei beliebigen Hufen desselben Pferdes 5 mm. Dies kann unter anderem durch eine unterschiedliche Ausbildung der Hufe oder einer unterschiedlichen Form des Processus extensorius bedingt sein. In der Studie von Cripps und Eustace (1999a) betrug der maximale Unterschied der Wiederholungsmessungen der Rehestrecke desselben Hufes 3,2 mm, in der Studie von Kummer et al. (2006) bis zu 6,9 mm. Die Wiederholbarkeit der Messungen an toten Gliedmaßen war besser als bei lebenden Tieren (Kummer et al., 2004). Vermutlich beeinflusst die variierende Stärke der Belastung der Gliedmaße diesen Parameter ebenfalls.

Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, sollte ein Parameter niemals isoliert betrachtet werden. Eine Hilfestellung zur umfassenden Beurteilung ermittelter Messparameter könnten multivariate statistische Rechenmodelle bereitstellen (Collins et al., 2012), allerdings sind solche, soweit bekannt, noch nicht kommerziell erhältlich.

Auf Grund der unterschiedlichen Widerristhöhe der von uns untersuchten Ponies hatten wir die Möglichkeit den Einfluss der Widerristhöhe auf die am Huf gemessenen Parameter zu untersuchen.

Lineare Messungen am Ponyhuf haben überwiegend eine starke Korrelation zur Widerristhöhe, im Gegenteil zu Winkelmessungen, welche mit Messungen bei Warmblütern und Vollblütern vergleichbar waren. Daher ist es wichtig, am Huf gemessene Strecken um den Faktor Widerristhöhe zu korrigieren. Um dies zu ermöglichen wurde ein Regressionsmodell erstellt, bei dem die Widerristhöhe als Einflussgröße definiert wurde. Durch dieses Modell können für eine beliebige Widerristhöhe die Referenzwerte der einzelnen Messungen ausgerechnet werden.

In früheren Untersuchungen wurde bereits festgestellt, dass eine Asymmetrie zwischen linken und rechten Hufen besteht (Perreaux, 2002; Kummer et al., 2006), insofern, dass bei 70-80% der Pferde die linken Hufe größer und flacher sind, was auch in dieser Studie bestätigt werden konnte (Thieme et al., 2015b). Diese Ergebnisse stimmen mit der Beobachtung überein, dass Pferde eine Präferenz zur linken Hand beim Reiten (Meij and Meij, 1980) und Grasen (McGreevy and Rogers, 2005) zeigen.

Die meisten gemessenen Parameter unterschieden sich signifikant zwischen Vorder- und Hinterhufen. Hinterhufe sind flacher und haben eine längere Zehe, also zeigen im Vergleich zu den Vorderhufen eine sogenannte „long tow – low heel“ Konformation. Dies steht im

Kontrast zu bisherigen Angaben (Balch et al., 1991; Parks, 2010), in denen der Hufwinkel der Hinterhufe als 3° steiler als der Vorderhufe angegeben wurde.

Im Verhältnis zur Widerristhöhe zeigten Ponies relativ größere Hufe als Warmblüter einer vergleichbaren Studie (Kummer et al., 2006).

Der Zusammenhang zwischen morphometrischen Parametern des Pferdehufs und deren Auswirkung auf die Gesundheit der Tiere (Drumond et al., 2016) sowie die Möglichkeiten der Beeinflussung der Hufkonformation durch Hufbearbeitung und –beschlag (Kummer et al., 2006; Kummer et al., 2009; Huppler et al., 2016; Hagen et al., 2017) sind nach wie vor Gebiete intensiver Forschung.

Durch unsere Studien konnte ein Leitfaden zur Anfertigung eines gut auswertbaren Röntgenbildes entworfen werden. Morphometrische Messparameter wurden bezüglich Ihrer Messgenauigkeit, Wiederholbarkeit, klinischen Relevanz und Aussagekraft beurteilt und eine Datenbank an Normwerten für morphometrische Messparameter beim Pony erstellt.

Das Ziel sollte jedoch sein, diese Grundlagen zu nutzen um zu erforschen, welche Auswirkungen Abweichungen von den Normwerten auf den Leistungs- und Gesundheitszustand der Tiere haben und wie der Praktiker diese positiv beeinflussen kann.

4 Zusammenfassung

Morphometrische Messungen auf Röntgenbildern von Pferdehufen werden durchgeführt, um die Hufkonformation zu beschreiben. Abweichungen von der normalen Hufkonformation sind prädisponierende Faktoren für gewisse Krankheitsbilder und beweisend für andere, wie z.B. die Hufrehe.

Wiederholbare und akkurate Konformationmessungen erfordern eine gründliche Vorbereitung der Hufe und eine standardisierte Röntgentechnik. Zur Interpretation der Messparameter müssen die Referenzwerte einer gesunden Population und die rassenspezifischen Unterschiede bekannt sein.

Anhand einer umfassenden Literaturrecherche wurden die verschiedenen röntgenologischen Messparameter am Huf im Hinblick auf Messgenauigkeit und klinische Relevanz untersucht. Morphometrische Parameter mit einer besonders kleinen Variabilität und somit guter Aussagekraft sind der Hufwinkel, der Hufbeinwinkel, die Hufbalance, die Zehenlänge und die Wanddicke. Eine besonders große Variabilität und somit geringe Aussagekraft haben der Palmar- / Plantarwinkel, die Trachtenlänge, der Rotationswinkel und die Rehestrecke.

Unter strikter Anwendung einer standardisierten Röntgentechnik wurden die Referenzwerte für morphometrische Messungen am Huf von Ponies ermittelt. Dazu wurden die Hufe der Vordergliedmaßen (im lateromedialen und dorsopalmaren Strahlengang) und Hintergliedmaßen (im lateromedialen Strahlengang) von 81 Ponies mit einer Widerristhöhe zwischen 81,5 cm und 148 cm standardisiert geröntgt.

Lineare Messungen an den Ponyhufen haben überwiegend eine starke Korrelation zur Widerristhöhe, im Gegenteil zu Winkelmessungen, welche mit Messungen bei Warmblütern und Vollblütern vergleichbar waren. Mit Hilfe des linearen Regressionsmodells wurden

linearen Messungen für ein Standardpony von 120 cm Widerristhöhe definiert. Die Zu- bzw. Abnahme der linearen Masse kann anhand der individuellen Widerristhöhe berechnet werden.

Die Angaben aus der Literaturrecherche und aus der Röntgenstudie können als Referenzwerte bei der Beurteilung von Hufrontenbildern von Pferden und Ponies verwendet werden.

5 Summary

Review of measurements of the horses hoof and evaluation of radiographic measurements of the hooves of normal ponies.

Morphometric measurements of the horse's hoof are performed to describe hoof conformation. Deviations from the normal hoof conformation are predisposing factors for certain disease patterns and proving to others, e.g. laminitis.

Repeatable and accurate measurements of the hoof conformation require a thorough hoof preparation and a standardised radiographic protocol. An interpretation of the measurements and findings is only possible if normal baseline values with breed-specific differences are available.

On the basis of a comprehensive literature research, the various radiographic parameters of the hoof were examined with regard to measurement accuracy and clinical relevance.

Morphometric parameters with a particularly small variability and therefore high significance include the hoof angle, the distal phalanx angle, the hoof balance, the toe length and the hoof wall thickness. The palmar / plantar angle, the heel length, the angle of rotation and the founder distance have a particularly high range of normal values and therefore a lower significance.

The reference values for morphometric measurements on the pony hooves were determined under strict application of a standardised radiographic protocol. Radiographic examination of the hooves of the front feet (lateromedial and dorsopalmar view) and hind feet (lateromedial view) of 81 ponies with a withers height between 81.5 cm and 148 cm was performed.

A strong correlation between linear measurements and height at the withers was shown. In contrast, angular measurements were comparable to those found in Warmbloods and Thoroughbreds. Using a linear regression model, linear measurements were defined for a standard pony of 120 cm withers' height. The increase or decrease of the linear measurements can be calculated on the basis of the individual withers' height.

The data obtained during the literature research and the radiographic study provides useful reference values for the evaluation of hoof radiographs of horses and ponies.

6 Referenzen für Einleitung und Diskussion

- Arble, J.B., Mattoon, J.S., Drost, W.T., Weisbrode, S.E., Wassenaar, P.A., Pan, X.L., Hunt, R.J., Belknap, J.K., (2009) Magnetic resonance imaging of the initial active stage of equine laminitis at 4.7 t. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 50, 3-12
- Balch, O., White, K., Butler, D., (1991) Factors involved in the balancing of equine hooves. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 198: 11, 1980-1989
- Bushe, T., Turner, T. A., Poulos, P. W., Harwell, N. M. (1987). The effect of hoof angle on coffin, pastern and fetlock joint angles. *Proceedings of the Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners* 33, 729 - 738
- Chateau, H., Degueurce, C., Denoix, J. M. (2004). Effects of 6 degrees elevation of the heels on 3D kinematics of the distal portion of the forelimb in the walking horse. *Equine Veterinary Journal* 36, 649-654
- Clayton, H. M. (1990a). The effect of an acute hoof wall angulation on the stride kinematics of trotting horses. *Equine Veterinary Journal Supplements* 86-90.
- Colles, C. M. (1983). Interpreting radiographs 1: the foot. *Equine Veterinary Journal* 15, 297-303
- Collins, S.N., Dyson, S.J., Murray, R.C., Newton, J.R., Burden, F., Trawford, A.F., (2012) Development of a quantitative multivariable radiographic method to evaluate anatomic changes associated with laminitis in the forefeet of donkeys. *American Journal of Veterinary Research* 73, 1207-1218. Dyson, S. J., Tranquille, C. A., Collins, S. N., Parkin, T. D. H., Murray, R. C. (2011). External characteristics of the lateral aspect of the hoof differ between non-lame and lame horses. *The Veterinary Journal* 190, 364-371
- Drumond, B., Ginelli, A.M.G., Faleiros, R.R., de Magalhaes, J.F., Coelhos, C.S., (2016) Hoof capsule distortion and radiographic measurements of the front feet in mangalarga marchador horses subjected to athletic training. *Pferdeheilkunde* 32, 110-118
- Dyson, S.J., Tranquille, C.A., Collins, S.N., Parkin, T.D.H., Murray, R.C., (2011a) External characteristics of the lateral aspect of the hoof differ between non-lame and lame horses. *The Veterinary Journal* 190, 364-371
- Dyson, S.J., Tranquille, C.A., Collins, S.N., Parkin, T.D.H., Murray, R.C., (2011b) An investigation of the relationships between angles and shapes of the hoof capsule and the distal phalanx. *Equine Veterinary Journal* 43, 295-301
- Eliashar, E., McGuigan, M. P., Wilson, A. M. (2004). Relationship of foot conformation and force applied to the navicular bone of sound horses at the trot. *Equine Veterinary Journal* 36, 431-435
- Eustace, R. A. (2010). Clinical Presentation, Diagnosis, and Prognosis of Chronic Laminitis in Europe. *Veterinary Clinics of North America – Equine Practice* 26, 391-399

- Goulet, C., Olive, J., Rossier, Y., Beauchamp, G., (2015) Radiographic and anatomic characteristics of dorsal hoof wall layers in nonlaminitic horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 56, 589-594
- Hagen, J., Huppler, M., Geiger, S.M., Mader, D., Hafner, F.S., (2017) Modifying the height of horseshoes: Effects of wedge shoes, studs, and rocker shoes on the phalangeal alignment, pressure distribution, and hoof-ground contact during motion. *Journal of Equine Veterinary Science* 53, 8-18
- Hampson, B.A., de Laat, M.A., Mills, P.C., Walsh, D.M., Pollitt, C.C., (2013) The feral horse foot. Part b: Radiographic, gross visual and histopathological parameters of foot health in 100 australian feral horses. *Australian Veterinary Journal* 91, 23-30
- Huppler, M., Hafner, F., Geiger, S., Mader, D., Hagen, J., (2016) Modifying the surface of horseshoes: Effects of eggbar, heartbar, open toe, and wide toe shoes on the phalangeal alignment, pressure distribution, and the footing pattern. *Journal of Equine Veterinary Science* 37, 86-97
- Kaneene, J.B., Ross, W.A., Miller, R., (1997) The michigan equine monitoring system. 2. Frequencies and impact of selected health problems. *Preventive Veterinary Medicine* 29, 277-292
- Kummer, M., Lischer, C., Ohlerth, S., Vargas, J., Auer, J., (2004) Evaluation of a standardised radiographic technique of the equine hoof. *SAT, Schweizer Archiv fur Tierheilkunde* 146, 507-514
- Kummer, M., Geyer, H., Imboden, I., Auer, J., Lischer, C., (2006) The effect of hoof trimming on radiographic measurements of the front feet of normal warmblood horses. *The Veterinary Journal* 172, 58-66
- Kummer, M., Gygax, D., Lischer, C., Auer, J., (2009) Comparison of the trimming procedure of six different farriers by quantitative evaluation of hoof radiographs. *The Veterinary Journal* 179, 401-406
- Linford, R.L., O'Brien, T.R., Trout, D.R., (1993) Qualitative and morphometric radiographic findings in the distal phalanx and digital soft tissues of sound thoroughbred racehorses. *American Journal of Veterinary Research* 54, 38-51
- Mansmann, R.A., James, S., Blikslager, A.T., Orde, K.V., (2010) Long toes in the hind feet and pain in the gluteal region: An observational study of 77 horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 30, 720-726
- McClinchey, H.L., Thomason, J.J., Jofriet, J.C., (2003) Isolating the effects of equine hoof shape measurements on capsule strain with finite element analysis. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 16, 67-75
- McGreevy, P.D., Rogers, L.J., (2005) Motor and sensory laterality in thoroughbred horses. *Applied Animal Behaviour Science* 92, 337-352
- Meij, H.S., Meij, J.C.P., (1980) Functional asymmetry in the motor system of the horse. *South African Journal of Science* 76, 552-556

- Moleman, M., Van Heel, M.C.V., Van Weeren, P.R., Back, W., (2006) Hoof growth between two shoeing sessions leads to a substantial increase of the moment about the distal, but not the proximal, interphalangeal joint. *Equine Veterinary Journal* 38, 170-174
- Olivier-Carstens, A., (2004) Ultrasonography of the solar aspect of the distal phalanx in the horse. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 45, 449-457
- Parks, A., (2010) The foot and shoeing. In: *Diagnosis and management of lameness in the horse*. W. B. Saunders, St. Louis, pp. 250-271. Kaneene, J.B., Ross, W.A., Miller, R., 1997. The Michigan equine monitoring system. 2. Frequencies and impact of selected health problems. *Preventive Veterinary Medicine* 29, 277-292
- Perreaux, E., (2002) Observations of asymmetrical horses. *The Farrier* 96, 10 - 24
- Rocha, J.V., Lischer, C.J., Kummer, M., Hassig, M., Auer, J.A., (2004) Evaluating the measuring software package metron-px for morphometric description of equine hoof radiographs. *Journal of Equine Veterinary Science* 24, 8, 347-354
- Sherlock, C., Parks, A., (2013) Radiographic and radiological assessment of laminitis. *Equine Veterinary Education* 25, 524-535
- Tacchio, G., Davies, H.M.S., Morgante, M., Bernardini, D., (2002) A radiographic technique to assess the longitudinal balance in front hooves. *Equine Veterinary Journal*, 2002.
- Thieme, K., Ehrle, A., Lischer, C., (2015a) Morphometrische Messungen am Pferdehuf - eine Literaturübersicht. *Pferdeheilkunde* 31, 108-118
- Thieme, K., Ehrle, A., Lischer, C., (2015b) Radiographic measurements of the hooves of normal ponies. *The Veterinary Journal* 206, 332-337
- Thomason, J.J., (1998) Variation in surface strain on the equine hoof wall at the midstep with shoeing, gait, substrate, direction of travel, and hoof shape. *Equine Veterinary Journal* 30, 86-95
- Thomason, J.J., McClinchey, H.L., Faramarzi, B., Jofriet, J.C., (2005) Mechanical behavior and quantitative morphology of the equine laminar junction. *The Anatomical Record* 283A, 366-379
- Turner, T.A., (Year) of Conference Navicular disease management: Shoeing principles. In: *Proceedings of the Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners* 32, 625-633
- Turner, T.A., (1992) The use of hoof measurements for the objective assessment of hoof balance. *Proceedings of the Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners* 38, 389-395
- Willemen, M.A., Savelberg, H.H.C.M., Barneveld, A., (1999) The effect of orthopaedic shoeing on the force exerted by the deep digital flexor tendon on the navicular bone in horses. *Equine Veterinary Journal* 31, 25-30. Rocha, J. V., Lischer, C. J., Kummer, M., Hassig, M., Auer, J. A. (2004). Evaluating the measuring software package Metron-PX for morphometric description of equine hoof radiographs. *Journal of Equine Veterinary Science* 24, 347-354

7 Publikationen

Thieme, K., Ehrle, A., Lischer, C. (2015) 'Morphometrische Messungen am Pferdehuf – eine Literaturübersicht' *Pferdeheilkunde* 31(2); pp. 108-118

Thieme, K., Ehrle, A., Lischer, C. (2015) 'Radiographic measurements of the hooves of normal ponies' *The Veterinary Journal* 206(3); pp. 332-337

8 Danksagung

Die Erstellung dieser Arbeit war nur durch tatkräftige Unterstützung zahlreicher Personen möglich.

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Christoph Lischer für die Möglichkeit der Anfertigung dieser Dissertation sowie die hervorragende Betreuung und unermüdliche Geduld bedanken.

Besonderer Dank gilt dir, liebe Anna. Ohne dich hätte ich diese Arbeit wahrscheinlich niemals fertig gestellt. Danke für deine Unterstützung, Hilfe und die gelegentlichen Beschimpfungen. Und nicht minder für deine Freundschaft. Im selben Atemzug möchte ich mich bei Gordon Sidlow für seine Englischkorrekturen bedanken. Er hat den Artikel wahrscheinlich öfter durchgewalkt als ich selbst.

Auch wenn ihr nicht direkt bei dieser Arbeit mitgeholfen habt, so wart ihr mir eine große Stütze in den vergangenen Jahren. Vielen Dank für Eure Freundschaft Annett, Maria, Lorcan und Kai.

Ganz besonders möchte ich meiner engsten Familie danken, meinem Bruder Michael und vor allem meinen Eltern Barbara Thieme und Andrzej Tymczyszyn. Ihr seid Eltern, wie man sie sich nur wünschen kann. Ich liebe euch von ganzem Herzen und möchte mich für alles, wirklich alles, bei euch bedanken. Ihr seid die Besten!

9 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, den 10. Oktober 2017

Katharina Thieme