

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

**Einfluss des Hufbeschlags auf die Durchblutung der Huflederhaut in der
Sohlenrandregion**

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

vorgelegt von
Alexandra Bruhnke
Tierärztin aus Berlin

Berlin 2013

Journal-Nr.: 3509

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. Johanna Plendl
Dritter Gutachter: Prof. Dr. a. D. Klaus- Dieter Budras

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

horses, lameness, hooves, blood vessels, shoeing, orthopaedics

Tag der Promotion: 09.02.2015

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

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

ISBN: 978-3-86387-647-0

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2013

Dissertation, Freie Universität Berlin

D 188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2015

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Meinen Eltern
in Dankbarkeit für die Ermöglichung des Studiums

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Schrifttum	5
2.1 Anatomische Grundlagen	5
2.2 Hufbeschlag	9
2.3 Arterielle Gefäße der Lederhaut	12
2.4 Bildgebende Verfahren der Gefäßdarstellung am Huf	19
2.5 Pathologische Veränderungen des Hufes (speziell der Lederhaut)	23
3 Eigene Untersuchungen	30
3.1 Material	30
3.2 Methode	32
3.2.1 Arteriographische Untersuchungen in vivo	32
3.2.2 Anfertigen der Präparate	35
3.2.3 Röntgentechnik	39
3.2.4 Präparatbeurteilung	41
3.3 Ergebnisse	43
3.3.1 Beurteilung Röntgenbilder	45
3.3.1.1 Normales Arteriogramm	45
3.3.1.2 Unterbrechung der Sohlenrandarterie	46
3.3.1.3 Besonderheiten	48
4 Diskussion	51
4.1 Material und Methode (Kritische Evaluation der Methodik und der angiographischen Technik)	51
4.2 Auswertung / Ergebnis	53
4.3 Schlussfolgerungen	56
5 Zusammenfassung	58
6 Summary	60
7 Abkürzungsverzeichnis	61
8 Literaturverzeichnis	62
9 Anhang	74
10 Danksagung	76
11 Selbständigkeitserklärung	77

Einleitung

In der Entwicklungsgeschichte des Menschen spielte das Pferd eine große Rolle. Es wurde für die Fortbewegung mit dem Wagen, im Militärwesen sowie auch zur Land- und Forstwirtschaft genutzt. Im Laufe des 20. Jahrhunderts hat sich die Bedeutung des Pferdes grundlegend gewandelt. Heute ist das Pferd in den Industrieländern nicht mehr Arbeitstier und Fortbewegungsmittel, sondern vorrangig Freizeit- und Sportpartner (SCHWARK 1987). Unabhängig vom Verwendungszweck kann jedoch das Pferd die geforderte Leistung nur erbringen, wenn es gesund ist. In dieser Hinsicht haben die Hufe des Pferdes und ihr Schutz bis heute eine herausragende Bedeutung.

Die ersten Aufzeichnungen über Versuche eines Hufschutzes finden sich bereits vor über 3.000 Jahren. Aus Materialien wie geflochtenem Ginster, Schilf und Bast wurden Sandalen hergestellt, die mit Riemen und Stricken am Huf befestigt wurden. Erst seit etwa 500 Jahren finden sich Hinweise auf genagelte Beschläge. In den letzten drei Jahrzehnten gab es enorm viele technische Neu- und Weiterentwicklungen, dennoch ist der heute am meisten genutzte Hufschutz das genagelte Eisen.

Alle Formen des Hufschutzes haben zum Ziel, die Hornkapsel vor übermäßiger Abnutzung zu schützen (HORVATH 1982, GUTENÄCKER 1901, LUNGWITZ 1928). Für viele Zucht- oder Freizeitpferde ist ein Hufbeschlag aufgrund der geringen Belastung und der überwiegenden Nutzung auf weichem Boden zumeist nicht mehr notwendig. Unverzichtbar ist jedoch ein Hufbeschlag bzw. ein Hufschutz für Pferde, die aufgrund ihres Einsatzes vor einem übermäßigen Abrieb des Horns geschützt werden müssen, z.B. Kutschpferde in Städten, die große Strecken auf befestigten Straßen zurücklegen müssen. Bei gewissen Sportarten soll ein entsprechender Hufbeschlag auch den Bewegungsablauf beeinflussen, z.B. bei Westernpferden, um das weite Gleiten beim Sliding Stop zu unterstützen oder bei Trabrennpferden, um die Schrittlänge zu verändern.

Selbst der schönste Hufbeschlag muss nur als notwendiges Übel bezeichnet werden, weil seit der ersten Anwendung auch immer wieder nachteilige Auswirkungen erkannt wurden (HERTSCH u. CARSTENSEN 1983).

Jeder Hufbeschlag stellt einen Eingriff in die Hufmechanik dar (STANEK 2006). Die Verformung des elastischen Pferdehufes in der Bewegung wird durch das Aufnageln eines starren Eisens verändert (HERTSCH et al. 1997). Mehrere Autoren sehen in dem Beschlag einen gravierenden Eingriff in die normale Lebensfunktion des Pferdehufes (HORVATH 1982, SCHWYTER 1918). LUNGWITZ (1886) postuliert gar, dass die beschlagenen Hufe mehr Schädlichkeiten ausgesetzt sind als die unbeschlagenen Hufe, denn der Beschlag selbst wirke nachteilig auf die Hufe ein“. Auch Umbildungen der Hornkapsel sowie Schwächung des Hufhornes können sich entwickeln (SPOHR 1910, HERTSCH et al. 1997).

Selbst bei korrekter Aufnagelung des Eisens können Schäden entstehen: So kann durch das Eisen ein Druck auf die Sohle auftreten, wobei besonders Pferde mit dünnen Sohlen und flachen Hufen sowie an Hufrehe erkrankte Pferde empfindlich reagieren (FLOYD u. MANSMANN 2009). Jeder Hufnagel hinterlässt ein Loch in der Hufwand, welches die Hornwand mechanisch schwächt und durch die Beschädigung der weißen Linie eine Eintrittsmöglichkeit für aufsteigende Infektionen darstellt (WISSDORF et al. 2010). Beim Vernieten der Nägel kann ein zu starker Druck auf die Hornwand auch den sensiblen Blättchenhornbereich beeinflussen (FLOYD u. MANSMANN 2009).

Alle bisher aufgeführten Aspekte für und wider einen Beschlag gehen von der korrekten Ausführung des Beschlags aus. Fehlerhaft angebrachte Hufbeschläge und eine fehlerhafte Auswahl von Beschlägen sind immer ein potentieller Auslöser oder die Ursache von Erkrankungen des Hufes und des gesamten Bewegungsapparates (PICK 1974, HERTSCH u. CARSTENSEN 1983, STASHAK 1989 LEUTHOLD 1951).

Das bekannteste Beispiel für einen fehlerhaft aufgebrauchten Beschlag ist die Vernagelung des Pferdes. Als Vernagelung bezeichnet man jede Verletzung der von der Hornkapsel umschlossenen Gewebe des Hufes durch einen Hufnagel beim Beschlagen (LEITZKE u. RAU 2012). Ursächlich können Materialfehler des Hufnagels, das Verhalten des Pferdes oder eine fehlerhafte Beschlagstechnik sein. Es wird zwischen einer direkten (blutigen) Vernagelung, bei der die Lederhaut direkt verletzt wird, Blut austritt und das Pferd sofort lahm ist und einer indirekten (unblutigen) Vernagelung unterschieden. Bei der indirekten Vernagelung wird die Huflederhaut nicht direkt verletzt, sondern durch die Nähe des Nagels gequetscht. Eine Entzündung und Lahmheit entsteht in diesen Fällen erst in den folgenden Tagen und nicht direkt im Anschluss an den Hufbeschlag (LIETZKE u. RAU 2012).

In neueren Arbeiten konnte nachgewiesen werden, dass es z.B. bei einer Sohlendicke unter 4mm (übermäßig gekürzt) und einer Temperatur von über 51°C (übermäßig langes Aufbrennen) zu histologisch nachweisbaren Schädigung der Lederhaut kommt (FRUCK 2007, WOLLANKE u. FRUCK 2008).

Obwohl es dazu keine wissenschaftlichen Veröffentlichungen gibt, kennen Schmiede, Tierärzte und Pferdebesitzer das „Klammgehen nach dem Beschlag“. Die gute Prognose und kurze Dauer der Lahmheit führen dazu, dass häufig nicht darüber berichtet wird. Die Beobachtungen ergeben, dass dieses Klammgehen auch in Fällen nach regelhaftem Beschlag beobachtet wird, in denen Ursachen wie fehlerhafter Beschlag, Vernageln, abrupte Stellungsänderung und zu starkes Kürzen der Sohle mit folgender Lahmheit nicht vorliegen.

Diese Beobachtungen geben Anlass zu Überlegungen über die Ursache dieses Klammgehens und darüber, ob ein direkter Zusammenhang mit dem Hufbeschlag besteht und dessen Ursache nachgewiesen werden kann.

Da beim Hufbeschlag das Hufeisen an der Sohle aufliegt, ist eine Druckeinwirkung auf die Lederhaut der Sohle mit folgendem Klammgehen nach dem Hufbeschlag vorstellbar. Das Zunieten presst das Eisen fester an die Sohle und verstärkt den Anpressdruck. Ein besonders starkes Kürzen der Sohle bewirkt zudem, dass das Hufeisen noch dichter an der sensiblen Lederhaut aufliegt, was die Schmerzempfindung weiter verstärken könnte.

Ein weiterer Aspekt ist der in die weiße Linie eingetriebene Hufnagel, der in unmittelbarer Nähe zur Lederhaut zu liegen kommt. Auch hier ist eine mögliche Reizung oder gar eine Kompression der Lederhaut vorstellbar. Bei einer besonders dünn zubereiteten Sohle kommt der Hufnagel noch dichter an der Lederhaut zu liegen, hierdurch könnte die Druckwirkung auf die Lederhaut und damit auch auf die darin enthaltene Sohlenrandarterie verstärkt werden. Es wird von Schmieden und Tierärzten beschrieben, dass zum Teil alleine das Lösen der Niet zu einer Aufhebung der Lahmheit führt. Während die Verletzungen der Hornwand durch das Nageln offensichtlich sind, bleibt die Ursache des Klammgehens nach dem korrekten Hufbeschlag ungeklärt.

HERTSCH (2007) hat nachgewiesen, dass sich angiographisch durch den Druck einer Hufuntersuchungszange auf die Sohle vor der Strahlspitze und die Hufwand eine Mangeldurchblutung zeigen lässt. Er vermutet, dass dieses Phänomen auch beim Anziehen der Niet des Hufnagels nachweisbar wäre. Dabei sei die erzeugte Mangeldurchblutung in ihrer Stärke abhängig von der Dicke der Sohle: Bei Pferden mit dünner Sohle, die dann hoch genagelt werden, während der Niet stark angezogen wird, könne allein hierdurch eine starke Ischämie im Bereich der Wand- und Sohlenlederhaut erzeugt werden. Je dicker die Sohle sei und je niedriger genagelt würde, desto geringer sei diese Gefahr. Die durch Nagelung provozierte Mangeldurchblutung wäre sicherlich infolge des Nachwachsens des Hufes kein wochenlang andauernder Zustand, aber könnte durchaus infolge der Ischämie für ein temporäres Lahmgehen verantwortlich sein.

Die hier vorliegende Arbeit beschäftigt sich speziell mit der Fragestellung, ob der korrekte Hufbeschlag durch den von ihm auf den Huf übertragenen Druck zu einer Verminderung der Durchblutung im Bereich der Gefäße der Sohlenrandarterie führen kann. Eine Verstärkung der mechanischen Einwirkung auf die Sohlenrandarterie wird bei Pferden mit dünnen Sohlen und bei verstärktem Anziehen der Nieten erwartet.

Ziel der Arbeit ist es, die Sohlenrandarterie des Hufes arteriographisch abzubilden und ihren Verlauf bei verschiedenen, definierten Hufbeschlägen im Unterschied zu unbeschlagenen Hufen zu vergleichen.

2 Schrifttum

2.1 Anatomische Grundlagen

„Der einzelne gesunde Huf (Organum digitale, Ungula) ist für die Einsatzfähigkeit eines Pferdes von besonderer Bedeutung, da an jeder Gliedmaße nur noch eine Zehe und damit nur ein Huf ausgebildet ist, der das Körpergewicht des Pferdes tragen muss“ (BUDRAS u. RÖCK 1997).

Der Huf ist das Zehenendorgan des auf den Phalanx III reduzierten Pferdefußes (NICKEL et al. 1996, KÖNIG u. LIEBICH 1999) und wird in der Literatur auf verschiedene Arten definiert. BUDRAS und RÖCK (1997) verwenden den Begriff „Huf“ ausschließlich im Zusammenhang mit der modifizierten Oberhaut, also der Hornkapsel. Eine Erweiterung führen KÖNIG und LIEBICH (1999) ein und bezeichnen den Huf als „elastisch verformbaren Hornschuh“ einschließlich der „zentralen Stützteile“. Die weitest gefasste Definition führen WISSDORF et al. (2010), die unter dem Huf die „Hornkapsel (...) mit allen von ihr eingeschlossenen Geweben und morphologischen Strukturen“ verstehen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll der Begriff „Huf“ in der Definition nach WISSDORF et al. (2010) verwendet werden.

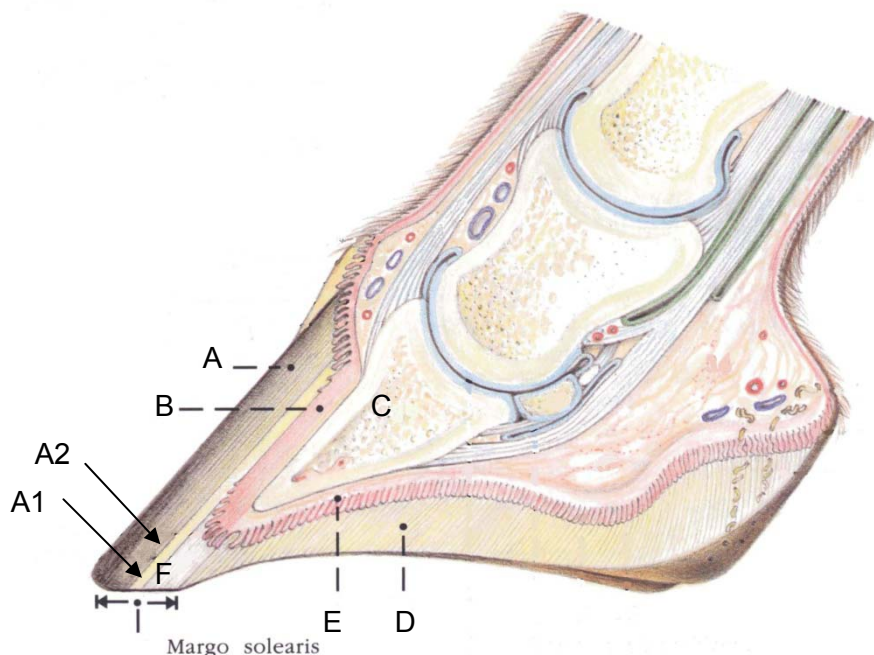


Abb. 1 – Längsschnitt durch den Huf (Modifiziert nach BUDRAS K.D. u. RÖCK S. 2009)

A Kronhorn / Hufplatte (Epidermis coronae), A1 Kappenhorn (Pars non pigmentosa / Verbindungsschicht), A2 Kronhorn (Stratum medium parietis cornei) meist pigmentiert, B Wandlerhautblättchen (Dermis parietis), C Hufbein (Os unguilare), D Hufsohle (Epidermis soleae), E Sohlenlederhaut (Dermis soleae), F Weiße Linie (Zona alba)

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit ist die Huflederhaut als gefäßtragende Struktur von besonderer Bedeutung. Die Huflederhaut ist die Verbindung zwischen Hufepidermis und Skelettanteilen des Hufes. Mithilfe von kollagenen Faserbündeln ist das Hufbein durch die Lederhaut an der Wand des Hornschuhs aufgehängt und bildet eine mechanisch stark belastbare Verbindung zwischen Hornschuh und Hufbein. Die Verbindung der Lederhaut und der auf ihr liegenden Epidermis ist in allen Abschnitten sehr fest. Durch diese Aufhängung des Hufbeins ist gewährleistet, dass bei Belastung nur ein Teil der Last von der Sohle getragen wird. Die Konsistenz der Lederhaut ist weich und bindegewebig. Sie enthält einen enormen Blutgefäßanteil sowie sensible und vegetative Nerven. Sie dient der Ernährung der Epidermiszellen (WISSDORF et al. 2010).

Die modifizierte Haut oder auch der Hornschuh des Pferdehufs wird in Anlehnung an die NAV (2012) in folgende Abschnitte unterteilt (WISSDORF et al. 1987): *Paries corneus* (Hornplatte), *Solea cornea* (Hornsohle), *Torus corneus* (Hornballen) und *Cuneus corneus* (Hornstrahl).

Die *Paries corneus* (Hornplatte, Hufplatte, Hornkapsel, Hufwand) lässt sich in einer groben Übersicht einteilen in die *Pars dorsalis* (Vorderwand, Zehenspitze), die *Pars medialis* bzw. *lateralis* (Seitenteil) und die *Pars mobilis medialis* bzw. *lateralis* (Trachtenteil) (Abb. 2).

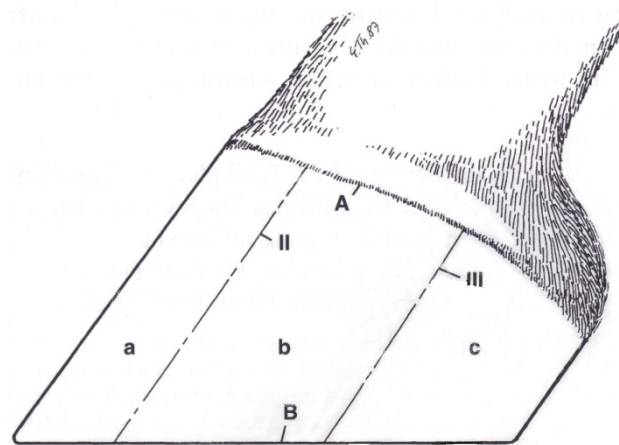


Abb. 2 – Linker Vorderhuf, Ansicht von lateral (modifiziert nach WISSDORF 2010)

A) Kronrand, B) Tragrand/ Sohlenrand, II) Grenze zwischen *Pars dorsalis* und *Pars lateralis*, III) Grenze zwischen *Pars lateralis* und *Pars mobilis lateralis*

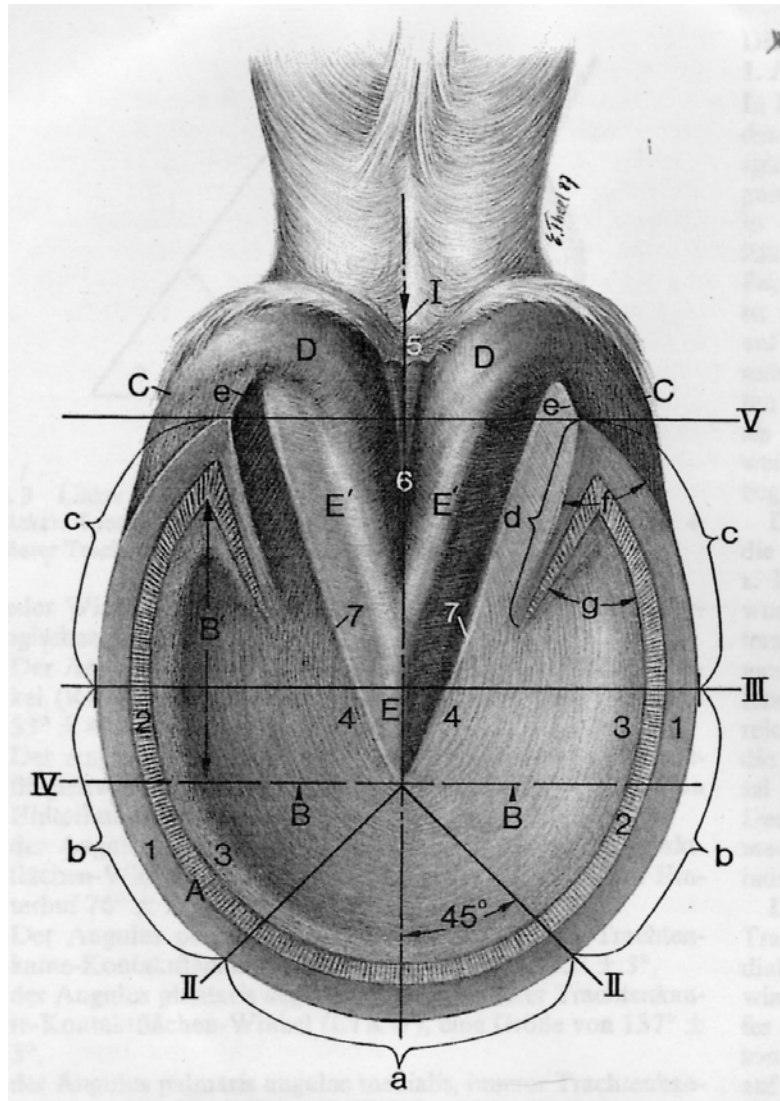


Abb. 3 – Linker Vorderhuf eines Pferdes / Ansicht der Sohlenfläche nach WISSDORF et al. 2010

A Hufplatte, B Sohlenkörper, B' Sohlenschenkel, C Saum, D Ballen, E Strahlspitze, E' Strahlschenkel

An der Platte: a Rückenteil (Pars dorsalis), b Seitenteil (Pars lateralis / medialis),

c Trachtenteil (Pars mobilis lateralis / medialis), d Eckstrebe (Pars inflexa medialis), e Margo palmaris medialis/lateralis, f Trachten-Eckstrebenwinkel, g Sohlenwinkel (angulus soleae),

1. Schutzschicht der Platte, 2. Zona alba, 3. Margo parietalis, 4. Margo centralis der Sohle,

5. Ballenfurche, 6. Mittlere – 7. Seitliche Strahlfurche, I Längsachse der Sohlenfläche = Hufachse, II Schenkel von 45°-Winkel vor der Strahlspitze,

III Transversale durch die weiteste Stelle des Hufes, IV Transversale an der Strahlspitze, die Sohlenkörper von Sohlenschenkeln abgrenzt, V Transversale durch die beiden Trachten-Eckstrebenwinkel zur Abgrenzung des Ballens gegen den Strahl

Die an der Hufwand definierten Abschnitte korrespondieren mit den Hilfslinien auf der Sohlenfläche (Abb. 2) (WISSDORF et al. 1987). Durch die Hilfslinien I-IV (Abb. 3) sind der Rückenteil, Pars dorsalis (a), sowie die Seitenteile, Pars lateralis (b) und Pars medialis (b), der Platte von palmar bzw. plantar definiert. Die Pars dorsalis wird begrenzt von zwei im 45°-Winkel von der Senkrechten der Hufachse auf Höhe der Strahlspitze abgehenden Linien (II). Die Pars lateralis/medialis reicht von der Grenze der Pars dorsalis bis zur weitesten Stelle des Hufes.

Der Bereich des Hufes, der auf festem Boden Kontakt mit dem Untergrund hat und die Last direkt trägt, bildet die Kontaktfläche (Facies contactus) des Hufes. Dies sind namentlich der Tragrand der Platte (entspricht dem bodenseitigen Rand der Platte), die Zona alba (weiße Linie), der periphere Teil der Sohle in Stärke der Platte und die Strahlschenkel sowie ihr Übergang in den Ballen. Alle anderen Sohlenbereiche gehören zur Gewölbefläche (Facies fornicis) und haben nur auf weichem Untergrund Bodenberührung (WISSDORF et al. 1987, 2010).

Das Hufeisen liegt an der Margo solearis der Platte, der Zona alba (weiße Linie) und dem peripheren Teil der Sohle in Stärke der Platte an. Von besonderer Bedeutung ist die Zona alba (weiße Linie), der Bereich, in dem der Hufnagel beim Hufbeschlag platziert wird (Abb. 3). Sie stellt die Verbindung zwischen der Pars cornea (Hornplatte/Wandsegment) und der Solea cornea (Hornsohle /Sohlensegment) dar (WISSDORF et al. 1987).

Die weiße Linie verbindet das Sohlenhorn mit dem Kronhorn. Das Horn der weißen Linie besteht aus den Wandhornblättchen und den dazwischen liegenden Füllhornröhrchen, ist von weich-elastischer Konsistenz und an ihrer radiären Streifung erkennbar. Die weiße Linie wird nach außen hin von der inneren, meist weißen Kronhornschicht begrenzt. Die äußere Grenzlinie der weißen Linie ist der Ort der korrekten Platzierung der Hufnägel (LITZKE u. RAU 2012).

Das Horn der weißen Linie setzt sich aus drei verschiedenen Horntypen zusammen. Erstens aus Hornblättchen, von der Kron-Wandsegmentgrenze gebildet stellen den Hauptteil der weißen Linie dar. Zweitens dem dazwischen liegenden Füllhorn, welches vom Epidermisüberzug der Terminalzöttchen als Füllhornröhrchen gebildet wird und sich als braun gelbliche Füllung zwischen den oben beschriebenen radiären Streifen darstellt. Der dritte Horntyp sind die den äußeren Rand der weißen Linie bildenden Kappenhornröhrchen, gebildet von den Kappenzöttchen. An dieser Stelle soll der Hufnagel angesetzt werden (LITZKE u. RAU 2012). (Siehe auch Abb. 4.)

Die weiße Linie liegt in sehr enger räumlicher Nähe zur Huflederhaut. Mit dem Wissen, dass der Hufnagel in der weißen Linie platziert wird, wird nicht nur die Nähe der weißen Linie, sondern auch die des Hufnagels zur Lederhaut erkennbar. Eine weitere Bedeutung hat auch

die weich-elastische Konsistenz der weißen Linie, durch die eine Druckweiterleitung des eingetriebenen Nagels in Richtung Lederhaut möglich erscheint.

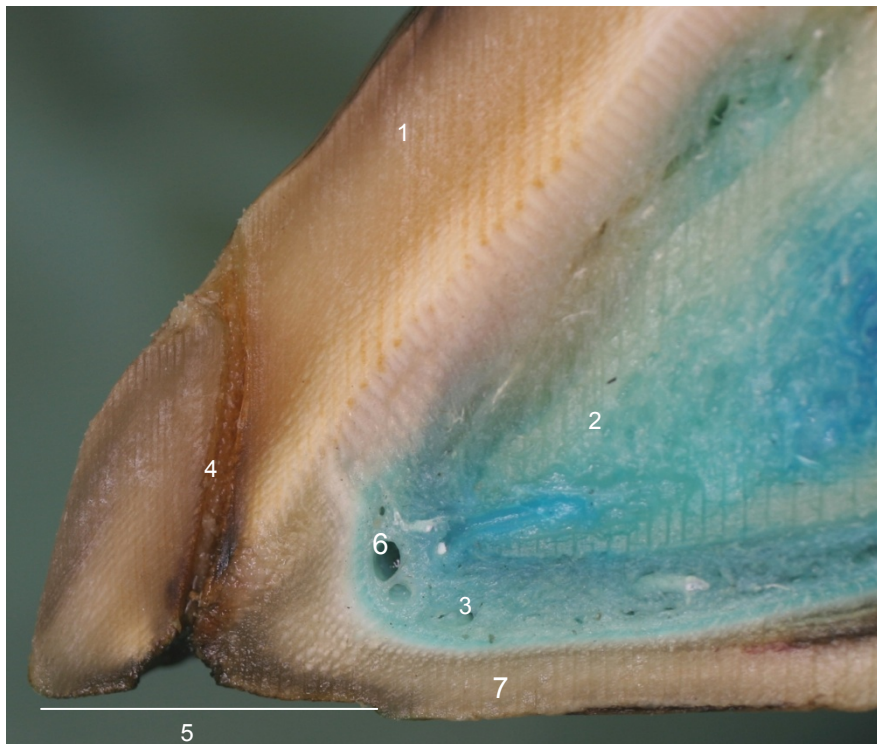


Abb. 4 – Lage des Hufnagelkanals in Relation zu den angrenzenden anatomischen Strukturen, Präparat 47 (linker Vorderhuf mit dünner Sohle), Präparatanschnitt in Frontalebene nach Kontrastmittelinfusion mit Disulfineblau

1 Hornplatte, 2 Hufbein, 3 Lederhaut, 4 Nagelkanal, 5 Auflagefläche des Hufeisens, 6 Sohlenrandarterie, 7 Hornsohle

2.2 Hufbeschlag

In Vorbereitung auf den Hufbeschlag wird der Huf gerichtet und vom Schmied für den Beschlag zubereitet. In diesem Arbeitsschritt wird unter anderem die Sohle gekürzt. Die Wahl des Hufeisens und der Hufnägel hängt von der Hornqualität und dem Verwendungszweck des Pferdes ab. Bei der Auswahl des Eisens kann zwischen unterschiedlichen Querschnitten und unterschiedlichen Lochungen gewählt werden. Es gibt verschiedene vorgefertigte Größen von Hufeisen im Handel, um bei der Anpassung eine optimale Unterstützungsfläche des Hufeisens in Verbindung mit der am Huf vorliegenden Tragfläche zu gewährleisten. Es folgt das Richten und Aufpassen des Eisens (FLOYD u. MANSMANN 2009). Zur Befestigung des Eisens wird das Hufeisen auf den gesäuberten Huf aufgelegt und im Anschluss werden zuerst die beiden Zehennägel angesetzt (LITZKE u. RAU 2012).

Zum korrekten Nageln wird die Nagelspitze am Außenrand der weißen Linie angesetzt. Die schräge Neigung an der Nagelspitze, die Zwicke, wird dabei nach innen gerichtet. Während des Eintreibens des Nagels erreicht zuerst die Zwicke die feste Hufwand, was zu einer Richtungsänderung des Nagels nach außen führt. Ca. 15-25mm oberhalb des Hufeisens tritt die Nagelspitze aus der Hornwand aus, wird dort abgekniffen und zum Niet umgebogen (WISSDORF 2010, POLLIT 1999, STASHAK 1989). In der Regel verlaufen ca. zwei Drittel des Nagels in der Hufwand, das letzte Drittel wird nach Durchbrechen der Hornwand abgekniffen. Die Notwendigkeit einer höheren Nagelung kann sich bei mangelnder Qualität des Wandhorns ergeben (LITZKE u. RAU 2012). Der Druck auf die Sohle, der beim Aufnageln entsteht, soll vermieden werden. Besonders Pferde mit dünnen Sohlen und flachen Hufen können empfindlich reagieren (FLOYD u. MANSMANN 2009). Die Anzahl der Nägel richtet sich nach der Hufgröße und die Platzierung der Nägel nach der weitesten Stelle des Hufs (LITZKE u. RAU 2012, STASHAK 1989). Durchschnittlich werden bei Großpferden mit regelmäßigen Hufen 6 Nägel pro Huf verwendet. Sie werden alle vor der weitesten Stelle eingeschlagen, da dahinter eingeschlagene Nägel den Hufmechanismus beeinträchtigen (LITZKE u. RAU 2012).

Die Nägel sollten fest angezogen werden, aber nicht so fest, dass es zu Nageldruck und klammem Gang kommt (STASHAK 1989).

Ein zu weit außen platzierter Nagel führt zu einem Ausbrechen der Wand, ein zu weit innen angesetzter, zu einer Vernagelung (WISSDORF 2010, POLLIT 1999).

Treten die Nägel zu hoch an der Hufwand aus, können sie ebenfalls zu einer Vernagelung führen. Ein zu niedrig aus der Wand tretender Nagel kann zu einem frühzeitigen Lockern des Eisens führen (FLOYD u. MANSMANN 2009).

Dass beschlagene Hufe mehr Nachteilen ausgesetzt sind als unbeschlagene, stellt LUNGWITZ (1928) fest. Er bezieht sich auf die nachteilige Einwirkung des korrekten Beschlags auf den Huf selbst, die Hornqualität, die Hornelastizität, die Hufform und das Hornwachstum und sagt aber auch: „Wird der Hufbeslag nicht sorgfältig ausgeführt, so macht er die Hufe krank und die Pferde lahm.“

In der Folge haben mehrere Autoren darauf hingewiesen, dass ein fehlerhafter Beslag großen Schaden anrichten kann (PICK 1974, HERTSCH u. CARSTENSEN 1983, STASHAK 1989).

Die bisherigen Arbeiten unterscheiden zwei Gruppen von Ursachen der durch den Hufbeslag entstehenden Probleme: Probleme, die auf Grundlage fehlerhafter Technik oder fehlerhaften Materials entstehen, und Probleme, die trotz korrekter Beslagstechnik und fehlerfreiem Material entstehen.

Wesentliche Voraussetzung für einen korrekten Beschlag ist zunächst die richtige Zubereitung des Hufes und des Eisens selbst. Bei fehlerhafter Ausführung können sich beispielsweise Abweichungen von der natürlichen Achsenstellung der Zehe, Veränderungen der Hufform oder zu dünne Sohlen ergeben, die jede für sich schon zu Verletzungen und Lahmheiten führen können (STASHAK 1989). Ebenso wichtig ist die korrekte Ausführung des Hufbeschlags. Bei fehlerhafter Anpassung des Eisens (zu kleine Eisen und zu dünne Sohlen) drohen z.B. Vernagelungen. Daneben begünstigt ein zu starkes Ausschneiden der Hornsohle das Entstehen von Huflederhautentzündungen, Steingallen und Hufrehe (PRIETZ 1985, LEUTHOLD 1951).

Das zu lange Belassen der Eisen lässt die Hufwände übermäßig lang werden und ändert ihr Längenverhältnis, dadurch wird der Gang mühsamer und der hintere Huftail überbelastet (LEUTHOLD 1951).

In einer neueren Arbeit ist die thermische Einwirkung auf den Huf untersucht worden und hat gezeigt, dass bei ausreichender Sohlendicke und normaler Aufbrennzeit, also korrekt ausgeführtem Hufbeschlag, keine histologisch nachweisbare Schädigung der Lederhaut eintritt, wohl aber bei einer Sohlendicke unter 4mm (übermäßig gekürzt) und einer Temperatur von über 51°C (übermäßig langes Aufbrennen) (FRUCK 2007, WOLLANKE u. FRUCK 2008). Auch verdeckte Materialfehler von Hufeisen und Nagel sind möglich, und können z.B. zu einer Vernagelung führen (DIETZ u. HUSKAMP 1999).

Folgen des Beschlags, die trotz fehlerfreier Technik auftreten, sind mangelhafter Gleitschutz, fehlende Elastizität und Stoßbrechung sowie langfristige Verformung des Hufes. Durch den Beschlag wird die Verteilung der Lastaufnahme verändert. Die Last wird nun nicht mehr von der ganzen Bodenfläche getragen, sondern fast nur noch vom Tragerand, was zu einer Änderung von Spannung und Druck im Huf führen kann (LEUTHOLD 1951).

Im Laufe der Zeit wurden eine Vielzahl von Hufschutzmitteln erprobt, dazu wurden insbesondere verschiedene Kunststoffe eingesetzt und verschiedene Befestigungsmethoden (z.B. Klebung, Spannvorrichtungen) versucht. Nachteile sind Scheuerstellen am Ballen, Verlängerung der Zehenspitze durch Überstehen des Schuhes an der Zehe und Einengung des Hufes bei Verwendung auf Dauer (HERTSCH 1982).

2.3 Arterielle Gefäße der Lederhaut

Die arterielle Blutversorgung der Zehe wird von verschiedenen Autoren (MARTIN 1915, SCHUMMER 1949b, STUMP 1967, COFFMANN et al. 1970, COFFMAN u. GARNER 1971, WINZER u. SCHLARMANN 1971, HERTSCH 1973, 1981, ACKERMANN et al. 1975, SCOTT et al. 1976, BORDALEI u. NIGAM 1977, ZIETZSCHMANN 1977, COLLES et al. 1979, POHLMAYER 1979, BECKER u. WILD 1981, HABERMEHL 1984, MARKS u. BUDRAS 1987, ALLEN 1989, KAINER 1989, POLLITT u. MOLYNEUX 1990) wie folgt beschrieben:

Das zuführende Hauptgefäß zur Durchblutung von Zehe und Fessel ist an der Vordergliedmaße (Abb. 5) die A. digitalis palmaris communis II und an der Hintergliedmaße die A. metatarsa dorsalis III (STUMP 1967, HERTSCH 1973, 1981, KAINER 1989, MADEICZK 1991).

Legende Abb. 5 u. 6

1	A. digitalis palmaris communis II	11	Medialer Ast des Ramus palmaris phalangis distalis
2	A. digitalis palmaris lateralis		
3	Ramus dorsalis phalangis proximalis	12	Dorsaler Zweig des lateralen Astes (Wandarterie)
4	Ramus palmaris phalangis proximalis	13	Arcus terminalis
		14	Sohlenrandarterie
5	Ramus tori digitalis	15	Rami dorsales phalangis distalis
6	Axialer Ast des Ramus tori digitalis	16	Äste an das Fesselgelenk
7	Ramus palmaris phalangis mediae	17	Palmarer Zweig des lateralen Astes des Ramus palmaris phalangis distalis
8	Ramus dorsalis phalangis mediae		
9	Ramus palmaris phalangis distalis		
10	Lateraler Ast des Ramus palmaris phalangis distalis		

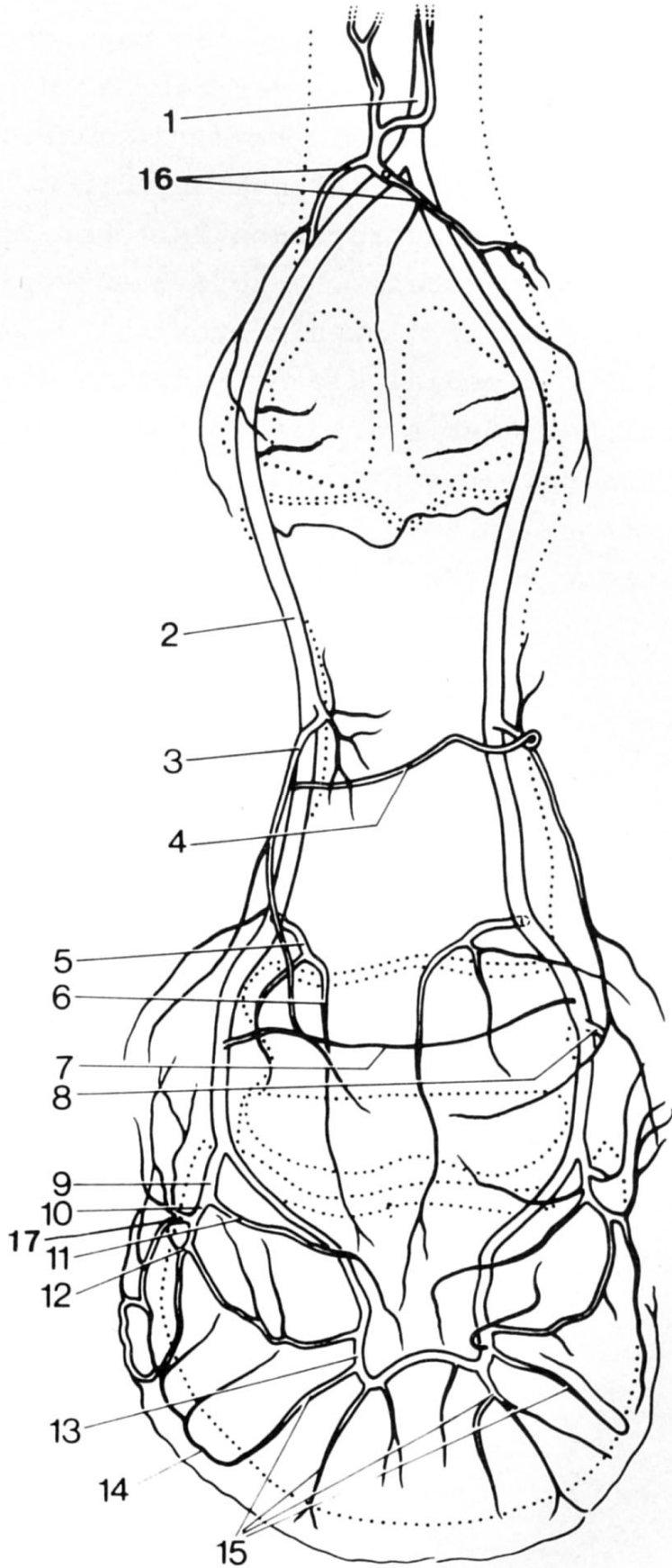


Abb. 5 – Arterien des linken Vorderfußes, Palmaransicht nach HERTSCH (1981)

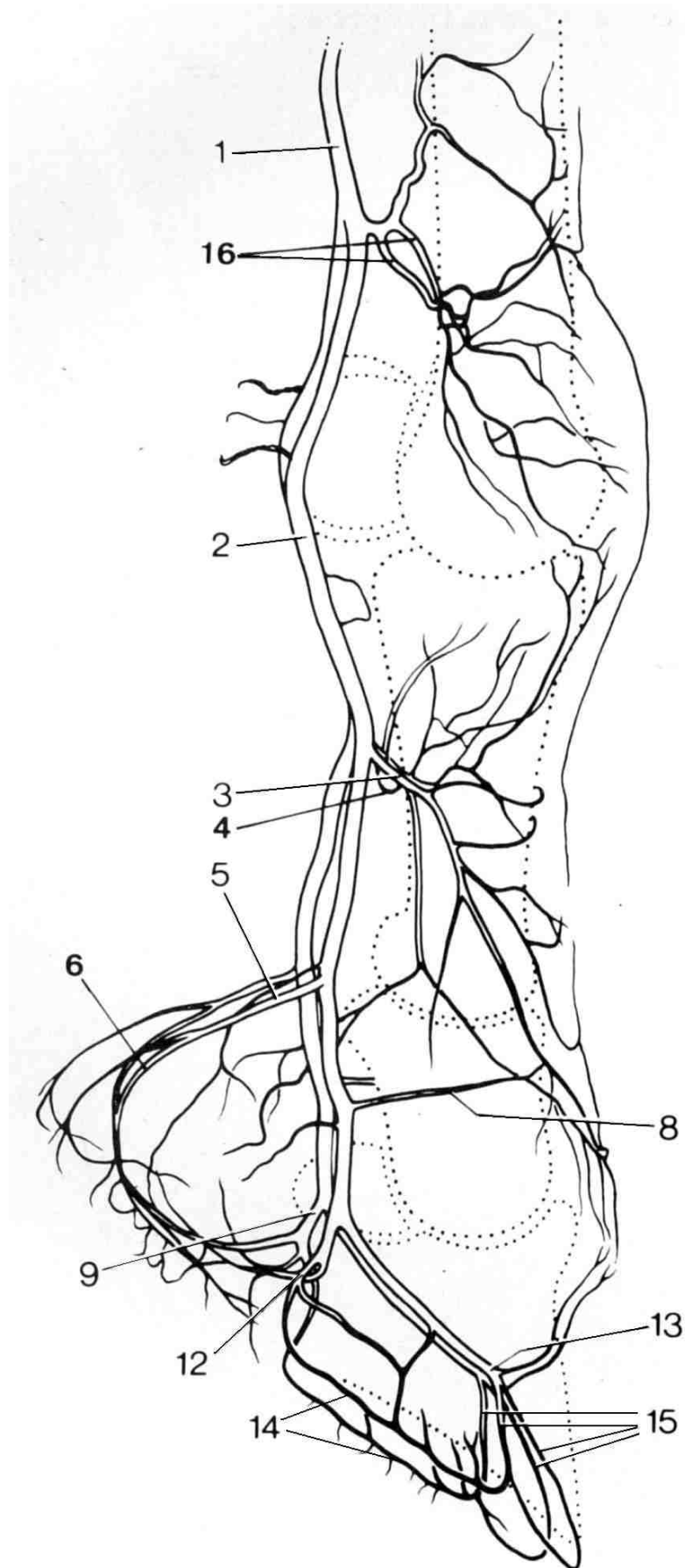


Abb. 6 – Arterien des linken Vorderfußes, Medialansicht nach HERTSCH (1981)

Proximal, in der Mitte der Gleichbeine, zweigen sich diese Gefäße jeweils in die *A. digitalis palmaris/plantaris lateralis et medialis* auf (MADEICZYK 1991).

Folgend wird zum besseren Verständnis nur der Verlauf der Gefäße an der Vordergliedmaße beschrieben, da kein wesentlicher Unterschied zur Hintergliedmaße in Bezug auf die Versorgung der Sohlenrandarterie besteht, und nur der Verlauf der lateralen Arterien, da dieser dem Verlauf der medialen Arterien gleicht (HERTSCH 1981).

Auf halber Höhe des Kronbeins entlässt die *A. digitalis palmaris lateralis* Zweige zur Versorgung des Kron- und Hufgelenkes und im weiteren Verlauf den etwa 1,5 cm langen Teil des *Ramus phalangis distalis* (Ziffer 9 in Abb. 5/6). Er teilt sich in einen lateralen (Ziffer 10 in Abb. 5/6) und einen medialen (Ziffer 11 in Abb. 5/6) Ast. Der mediale Ast (Strahlarterie), zieht in den Bereich der Strahlspitze (SCHUMMER 1949a, 1951a).

Der laterale Ast (Ziffer 10 in Abb. 5/6) teilt sich dann sogleich in einen palmaren und einen dorsalen Zweig. Der palmare Zweig (Ziffer 17 in Abb. 5/6) zieht trachtenwärts, wobei einige zum Sohlenrand ziehende Ästchen Gefäßbögen bilden und damit die im Trachtenbereich fehlende Sohlenrandarterie ersetzen.

Der dorsale Zweig (Ziffer 12 in Abb. 5/6) läuft in gleichbleibender Stärke in der Wandrinne des Hufbeins als Wandarterie bis zur Grenze der Seiten- und Dorsalwand, wo er über den *Arcus terminalis* Verbindung mit seinem contralateralen Gegenpart aufnimmt (Ziffer 13 in Abb. 5/6). Kurz danach gibt der dorsale Zweig einen starken Ast in Richtung Sohlenrand ab, der wesentlich zur Bildung der Sohlenrandarterie (*A. marginis solearis*) (Ziffer 14 in Abb. 5/6) beiträgt.

In der Sohlenrinne (*Sulcus solearis*) gelangt die Zehenseitenarterie (*A. digitalis palmaris lateralis*) durch das Sohlenloch (*Foramen soleare*) in den Hufbeinkanal (*Canalis solearis*) und vereinigt sich hier mit der der Gegenseite, den *Arcus terminalis* (Ziffer 13 in Abb. 5/6) bildend. Aus ihm entspringen 8-12 stärkere, radiär verlaufende Gefäße (COFFMANN u. GARNER 1971, ACKERMANN et al. 1975, COLLES et al. 1979) mit einem mittleren Durchmesser von 1-2 mm (ACKERMANN, 1975), die *Rami dorsales phalangis distalis* (Ziffer 15 in Abb. 5/6) (HERTSCH 1973, 1981).

Sie treten aus den Sohlenrandlöchern des Hufbeins hervor und bilden im rechten Winkel abzweigend die Sohlenrandarterie und ziehen, sohlenwärts umschlagend, über die *Facies solearis*.

Die Sohlenrandarterie verläuft einige Millimeter vom Rand des Hufbeins entfernt in der Haut des Sohlenrandes. Sie begleitet als kräftiger Gefäßbogen den Sohlenrand nur im Aus-

dehnungsbereich des Hufbeins. Ihr Ende erreicht sie auf der Grenze zwischen Hufbein und Hufknorpel, an dieser Stelle nimmt sie den Seitenzweig des seitlichen Abschnitts der Wandarterie auf.

Nach proximal entlässt die Sohlenrandarterie dann jederseits etwa 8-10 Ästchen. Diese anastomosieren mit ihnen entgegenlaufenden Zweigen des dorsalen und seitlichen Abschnittes der Wandarterie. Zehenachsenwärts entlässt die Sohlenrandarterie jeweils 8-10 Ästchen, die im Sohlenkörperbereich mit solchen der Gegenseite im Gebiet der Sohlenschenkel mit Ästen der Strahlarterie Verbindungen eingehen. Zahlreiche kleine Äste der Sohlenrandarterie spalten sich in der Lederhaut des Sohlenrandes büschelförmig auf. Sie stellen die am weitesten distal gelegenen Gefäße der Gliedmaße dar (SCHUMMER 1949a, 1951a).

Ab dem Austrittspunkt aus dem Knochen verlaufen alle nachfolgend benannten Gefäßabschnitte innerhalb der Lederhaut.

Die Sohlenrandarterie zeigt im Bereich der Sohlenrandeinkerbung (Crena) regelmäßig eine Unterbrechung (Abb. 7) (HERTSCH 1981). Die Crena ist entgegen weitverbreiteter Behauptung nicht durch den Hufbeschlag verursacht (WISSDORF et al. 2010).



Abb. 7 – Darstellung der Sohlenrandarterie im Bereich der Hufbeinspitze, arteriographisches Röntgenbild, Präparat 17 linker Hinterhuf mit festem Niet beschlagen, Ausschnitt Pars dorsalis

Aus der Sohlenrandarterie treten nach distal weitere kleine Ästchen aus, die durch Anastomosenbildung miteinander ein symmetrisches, netzartig verzweigtes Gefäßmuster und einen zweiten Gefäßring (Ziffer 3 in Abb. 8) parallel zur Sohlenrandarterie (Ziffer 1 in Abb. 8) bilden (SCHUMMER 1949 b, HERTSCH 1973, 1981, COLLES et al. 1979).

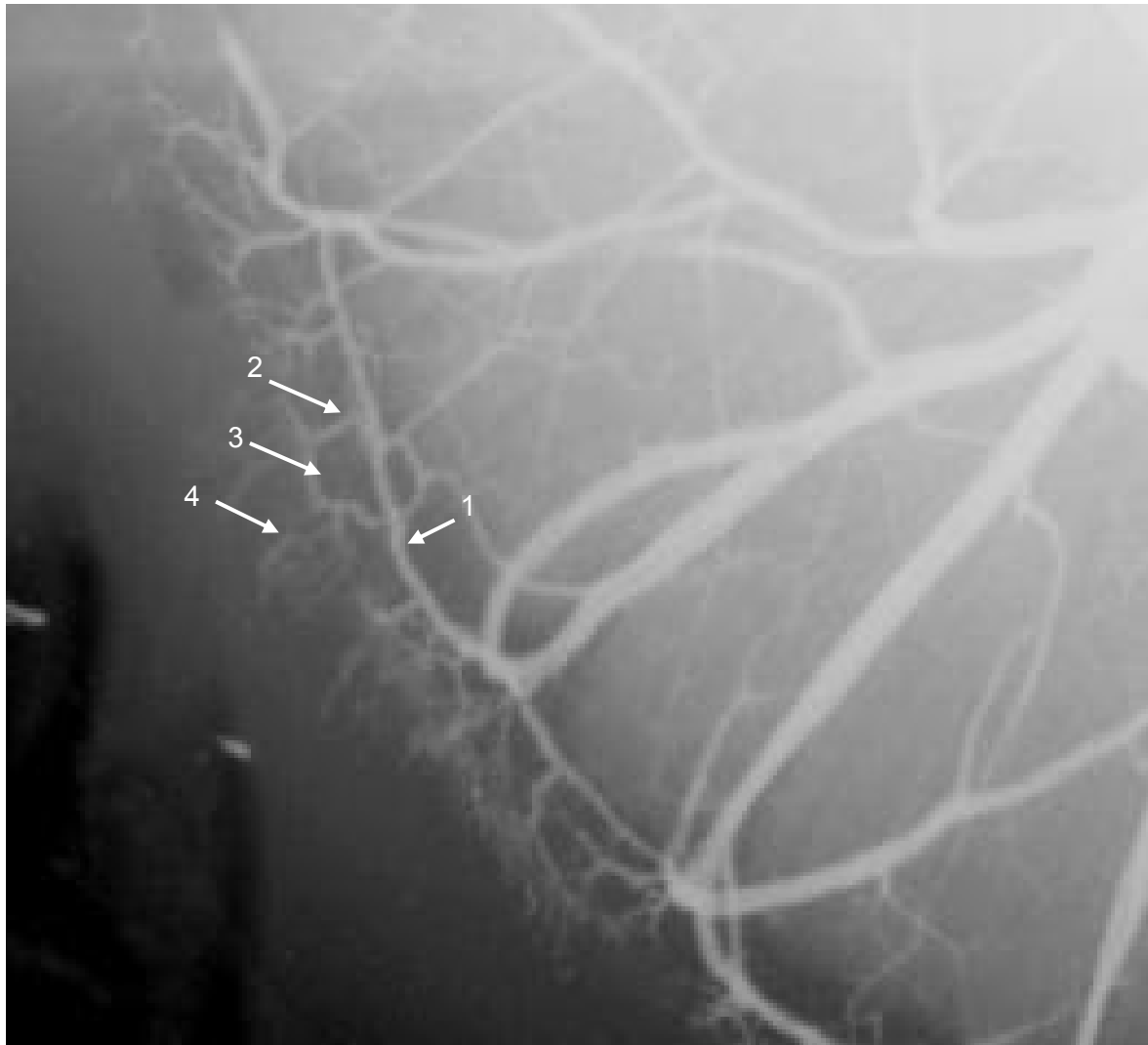


Abb. 8 – von der Sohlenrandarterie abgehende Arterien, arteriographisches Röntgenbild, Präparat 16, Ausschnitt Pars lateralis

1 Sohlenrandarterie, 2 Aus der Sohlenrandarterie abgehende Äste, 3 der zweiten Gefäßring, 4 Axialarterien

Aus ihr geht noch je ein Zweig für den distalen Rand eines jeden Koriumblättchens hervor (SCHUMMER 1949b, COLLES et al. 1979, MARKS u. BUDRAS 1987).

Sowohl die Arterien des zweiten Gefäßrings als auch die den Koriumblättchen angelagerten geben für die großen Lederhautzotten des Sohlenrandgebietes Zweige ab, welche von MADEICZK (1991) als Axialarterien (Ziffer 4 in Abb. 8) bezeichnet werden, von SCHUMMER (1949 b) sowie HIRSCHBERG und BRAGULLA (2007) als Aa. papillares. Sie bilden den von HERTSCH (1981) beschriebenen feinen Bürstenbesatz des Sohlenrandes.

Nach vielen unvollständigen oder widersprüchlichen Darstellungen und Beschreibungen legen HIRSCHBERG u. BRAGULLA 2007 eine systematische Beschreibung der Angioarchitektur in allen Segmenten der Lederhaut anhand von Mikrokorrosionspräparaten vor.

Zusammenfassend beruht die Architektur der arteriellen Versorgung des Zehenendorgans auf dem Prinzip mehrerer Gefäßbögen (Anastomosen zwischen den zuführenden Gefäßen der lateralen und medialen Seite, Arcus terminalis und Sohlenrandarterie), so dass durch sich überschneidende Versorgungsgebiete die Perfusion der abhängigen Strukturen abgesichert ist.

2.4 Bildgebende Verfahren der Gefäßdarstellung am Huf

In der Literatur findet man zahlreiche Beschreibungen und bildliche Darstellungen des Gefäßverlaufs im Huf des Pferdes, die die Sohlenrandarterie bzw. Papillararterien mit einbeziehen (POLLITT 1999, HERTSCH 1973, 1981, DENOIX 2007, STASHAK 1989, MADEICZK 1991, TERBERGER 1988, SCHUMMER 1949b, 1949a, 1951a, DREWES 1990, KRÜGER 1934, HIRSCHBERG u. BRAGULLA 2007).

Die Darstellung von Arterien und deren Verlauf mit zum Teil feinen und feinsten Aufzweigungen zur Klärung von Detailfragen liegt nicht nur im Interesse der Anatomen, sondern vor allem auch der Kliniker.

Hierbei zeigt sich das einfache Präparieren von Arterien als zu schwierig und zu ungenau. Eine Injektion von Tryptophanblau, chinesischer Tusche, Disulfonblau o.ä. in die Gefäße ermöglicht eine gute optische Darstellung der durchbluteten Bereiche. Diese Methode ermöglicht eine räumliche Zuordnung der dargestellten Strukturen im Präparat, jedoch keine Darstellung einzelner Gefäße (HERTSCH 1981).

Eine sehr detaillierte präparative Darstellung auch kleinster Blutgefäße wird durch die Nutzung von Mikroskopen erreicht. Lichtmikroskopische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen wurden von HIRSCHBERG (1999) an der Rinderklaue durchgeführt.

Um den dreidimensionalen Verlauf einzelner Gefäße und der vielfältigen Verzweigungen, insbesondere auch derer, die sich in festen Geweben (wie z.B. Knochen oder Horn) befinden, darzustellen, musste eine Technik entwickelt werden, mit Hilfe derer man entweder das feste Gewebe entfernt ohne die Gefäße zu beschädigen oder die festen Gewebe durchsichtig machen.

Die generellen Möglichkeiten der Gefäßdarstellung beinhalten sowohl Verfahren der direkten Präparation als auch indirekte bildgebende Verfahren mittels Kontrastmittel und Röntgenstrahlen.

Den direkten Verfahren ist gemeinsam, dass eine aushärtende Masse in die darzustellenden Gefäße injiziert wird. Daraus ergibt sich die weitere Gemeinsamkeit, dass all diese Verfahren nur in vitro durchgeführt werden können.

Wesentliche Unterschiede bestehen in den Materialeigenschaften der verwendeten Injektionsmassen und in der Darstellbarkeit der Arterien im Verhältnis zu anderen Geweben des Hufes.

Zelloidin und Zelluloid, die im Rahmen der Korrosionsmethode von STORCH (1894) beschrieben wurden, bringen die Gefäße sehr schön zur Darstellung, führen jedoch zum Verlust der Lagebeziehung der Gefäße zu den benachbarten Geweben und Organteilen.

Durch die Technik des Durchsichtigmachens von Präparaten, entwickelt von SPALTEHOLZ (1911), konnten die Gefäßverläufe innerhalb des Knochens dargestellt werden, aber die Lagebeziehung der Gefäße zu den Geweben blieb weiterhin erschwert.

Bei der Injektion von Gips nach KRÜGER (1934) ist aufgrund des schnellen Erstarrens des Gipses ein längeres Injizieren nicht durchzuführen, so dass die entstehenden Präparate nicht bis in die kleinen Gefäße gefüllt sind, aufgrund des Bröckeligwerdens des Gipses unansehnlich werden und eine geringe Haltbarkeit haben.

Die Injektion eines in Äther gelösten, gefärbten Gummis, genutzt von SCHUMMER (1949b), bringt das Problem einer langen Bearbeitungszeit der Präparate mit sich. Der Äther muss verdampfen, was zu einer Schrumpfung der eingefüllten Masse führt und ein ständiges Nachfüllen während drei bis vier Tagen notwendig macht. Die Mazeration der Hornteile führt zu Veränderungen an den Gefäßen, insbesondere an denen des unteren Hufbeinrandes. Bei dieser Methode kann der Verlauf der Gefäße im Knochen nicht dargestellt werden, dafür wurde eine gute Darstellbarkeit der Lagebeziehung zu den umliegenden Geweben erreicht.

Das so genannte Korrosionsverfahren von SCHUMMER (1949b, 1951b) führt zur Darstellung feinsten Gefäße im Hufbereich als bleibende anatomische Gefäßpräparate, insbesondere auch vom Huf.

Der zeitgleich von WINZER u. SCHLARMANN (1971) verwendete Kautschuk erhärtet durch Koagulation bei Einlegen in Alkohol. Ein Nachinjizieren wird damit überflüssig, und das Problem der Schrumpfung tritt nicht ein.

Durch die Anwendung eines Farbstoffes, der gleichzeitig einen Röntgenkontrast erzeugt, wie zum Beispiel Bleimennige (Pb_3O_4), besteht neben der Präparation die Möglichkeit der röntgenologischen Darstellung von Arterien (HERTSCH 1981, STEINMANN 1983).

Die Darstellung der Arterien im Bereich des Hufes mit Hilfe eines Röntgenkontrastmittels ermöglicht die Darstellung der Gefäße innerhalb der Hufkapsel entsprechend ihrem anatomischen Verlauf und somit auch die Darstellung mit einer räumlichen Lagebeziehung

zu bestimmten Hufabschnitten. Es lassen sich krankhafte Veränderungen der Gefäßwand erkennen sowie Gefäßverschlüsse und ihre Ausbreitung genau anzeigen (HERTSCH 2003). Die röntgenologische Darstellung hat gegenüber den bisher aufgeführten Methoden den großen Vorteil, dass eine aufwändige Präparation zur Sichtbarmachung der Gefäße entfällt. Die Angiographie, die röntgenologische Darstellung der Gefäße unter Verwendung von Kontrastmitteln, ist in der Humanmedizin bereits seit Jahrzehnten als diagnostisches Verfahren eine Routineuntersuchung (SCHMIDT u. JENNY 1976). Auch in die Veterinärmedizin hat diese Technik immer mehr Eingang gefunden (HERTSCH 1981). In arteriographischen Untersuchungen von GOETZ (1987), LOVING u. JOHNSTON (1993) wurde die Sohlenrandarterie dargestellt.

In der Tiermedizin wird zur Darstellung der Gefäße bevorzugt Bariumsulfat in einer Aufschwemmung verwendet, welches sich durch eine geringe Viskosität und eine äußerst feine Körnung (2μ) auszeichnet. Damit ist die Füllung auch der kleinsten Kapillaren ohne übermäßige Druckanwendung möglich (HERTSCH 1981).

Micropaque[®] ist eine Aufschwemmung eines bariumsulfathaltigen Pulvers mit einer Partikelgröße von $2\mu\text{m}$ und einer geringen Viskosität. Die Bariumsulfatteilchen können das Kapillarbett aufgrund der Siebwirkung der Kapillaren nicht passieren und verbleiben somit ausschließlich im arteriellen Gefäßsystem und sintern dort aus. Hierdurch kann eine exakte Abgrenzung zwischen arteriellem und venösem System getroffen werden. Da es bei diesem Kontrastmittel zu einem Aussintern und einem permanenten Verbleib im Gefäßsystem kommt ist eine Anwendung am Lebenden ausgeschlossen.

Hiermit ist eine Füllung kleinster Arterien ohne Anwendung eines übermäßigen Druckes möglich, wobei das Bariumsulfat in den Arterien erhärtet, so dass beim Präparieren keine Verunreinigung durch das Verschmieren des Kontrastmittels entsteht (POHLMAYER 1979, HERTSCH 1981, FRICKER et al. 1981).

Die röntgenologische Untersuchung erlaubt eine gute und genaue Darstellung der Gefäße entsprechend ihrem anatomischen Verlauf, sowohl im Weichteil- wie auch im Knochengewebe. Auch Gefäßverschlüsse und ihre Ausbreitung sowie krankhafte Veränderungen der Gefäßwand können in ihrer Ausbreitung genau erfasst werden (HERTSCH 1981, 2003).

Zur Darstellung der feinen Gefäße am Sohlenrand an Präparaten hat sich die Verwendung des Röntgenkontrastmittels Micropaque[®] – Damancy u. Co., England, als geeignet herausgestellt (POHLMAYER 1979, HERTSCH 1981, FRICKER et al. 1981).

Dieses wurde von verschiedenen Autoren in geringen Abwandlungen für verschiedene Fragestellungen an der Gliedmaße des Pferdes verwendet (SAMY 1977, DREWES 1990,

DAMMER 1986, ELSEED 2006, AUF DEM HÖVEL 1993, TERBERGER 1988, MADEICZYK 1991). In dieser Arbeit geht es um mögliche mechanische Verschlüsse der Arterien, diese sind mit Bariumsulfat gut darstellbar.

Ein anderes Kontrastmittel (Mikrofill®) auf Silikon-Bleibasis beschreibt SEIDENSTÜCKER (2008). Sie beschreibt eine signifikant stärkere Gefäßperfusion mit diesem Kontrastmittel als mit Bariumsulfat und stellt die Gefäße mit 3D Mikro-Computertomographie dreidimensional dar. Auch nach der radiologischen Darstellung bleiben die Präparate für weitere Untersuchungen (z.B. Histologie) erhalten. Die Kosten sind jedoch deutlich höher.

Die technischen Voraussetzungen zur diagnostischen arteriellen Angiographie in vivo sind heutzutage gegeben. Bei in vivo eingesetzten Kontrastmitteln haben sich jodhaltige bewährt. Insbesondere deren spezifische Eigenschaften in Bezug auf die Osmolalität und Viskosität und die damit verbundene Verträglichkeit und Fließeigenschaften machen sie für die Gefäßdarstellung geeignet. Eingesetzt werden hierbei die nichtionischen jodhaltigen Kontrastmittel. So ist dieses Verfahren in der Humanmedizin bereits seit Jahren Routine. Vorteil ist die Möglichkeit der Untersuchung am lebenden Pferd, was auch die Möglichkeit von Verlaufskontrollen eröffnet. Als Nachteil muß die Notwendigkeit einer Narkose aufgrund des entstehenden starken Hitzegefühls bei der Injektion erwähnt werden, was ein erhöhtes Risiko für das Pferd und einen relativ hohen Kostenaufwand nach sich zieht.

Im Bereich der Erkrankungen an der Zehe des Pferdes werden insbesondere im Zusammenhang mit der Hufrehe angiographische Untersuchungen durchgeführt. Im Gegensatz zu der Arteriographie ist die Untersuchung der Venen (Phlebographie) beim Pferd auch in Sedation am stehenden Pferd (ohne Narkose) möglich und wird zum Beispiel von D'ARPE et al. (2008a, 2008b) regelmäßig zur Untersuchung bei der Hufrehe genutzt. Die ersten arteriographischen Untersuchungen der Extremitäten an lebenden Pferden stammen von KULCZYCKI (1938).

Bei der Beurteilung der Angiogramme am Präparat wurde auf Gefäßabbrüche, Kalibersprünge, Stenosen, Verlaufsveränderungen und Schlingelungen geachtet (HERTSCH 1981, TERBERGER 1988, MADEICZYK 1991).

Bei der Interpretation der mit den oben genannten Methoden der Gefäßdarstellung erstellten Bilder ist es wichtig, zwischen der Darstellung des tatsächlichen Gefäßverlaufs und methodenbedingten Effekten (Artefakten) zu unterscheiden.

So muss bei der Interpretation eines plötzlichen Gefäßabbruchs z.B. berücksichtigt werden, ob es sich um einen tatsächlich an dieser Stelle vorbestehenden Gefäßverschluss handelt oder ob dieser Eindruck infolge eines methoden- oder materialbedingten Effekts im Sinne einer Strömungsbehinderung des Kontrastmittels (zum Beispiel durch einen postmortal entstandenen Thrombus) entstanden ist.

Bei den in vitro Untersuchungen sind Artefakte durch Gefäßspasmen als Reaktion auf das Kontrastmittel selbst oder den Injektionsdruck auszuschließen, da keine postmortale Reaktionsfähigkeit der Gefäße besteht.

2.5 Pathologische Veränderungen des Hufes (speziell der Lederhaut)

In der Literatur finden sich Hinweise auf mögliche Zusammenhänge von Hufkrankungen mit dem Hufbeschlag. Andere Erkrankungen haben keinen direkten Zusammenhang mit dem Hufbeschlag, betreffen aber dennoch die Lederhaut im hier untersuchten Bereich der Sohlenrandarterie. Es ist für diese Arbeit von Bedeutung um diese Erkrankungen zu wissen, da vorerkrankte Hufe mit Schädigungen in diesem Lederhautabschnitt nicht mit in die Studie gelangen dürfen.

Die wohl bekannteste Hufkrankung in direktem Zusammenhang mit dem Hufbeschlag stellt die Vernagelung dar. Unter einer Vernagelung versteht man die Verletzung des von der Hornkapsel umschlossenen Gewebes durch einen Hufnagel. Es sind zwei Formen der Vernagelung zu unterscheiden: die direkte und die indirekte Vernagelung.

Bei der indirekten Vernagelung, Nageldruck oder unblutigen Vernagelung kommt es zur Quetschung der in unmittelbarer Nähe des Nagels liegenden Lederhaut. Der Nagel kann dabei gestreckt bleiben oder gestaucht sein. Es kommt meistens erst einige Tage nach dem Beschlag zu einer zunächst geringgradigen Lahmheit durch eine nichteitrige Huflederhautentzündung. Durch das Nachwachsen des Hufhorns wird der Abstand des Nagels zur Huflederhaut allmählich vergrößert, wodurch der durch den Nagel verursachte Druck aufgehoben und die Lahmheit beseitigt wird. (PRIETZ 1985, MÖLLER u. FRICK 1921).

PRIETZ (1985), KÖRBER (1989), SILBERSIEPE et al. (1986) und HERTSCH et al. (1997) beschreiben bei indirektem Nageldruck eine Schmerzhaftigkeit in direkter Umgebung des Nagels. Dieses ist klinisch nachweisbar bei Zangendruck und bei Beklopfen des Nagelkopfes und der Wand. Zudem treten eine vermehrte Wärme des Hufes und eine verstärkte Pulsation

der Zehenseitenarterien auf. Die Autoren führen als Ursache fehlerhafte Nägel oder Hufeisen, falsches Zurichten des Hufes (zu dünne Sohle), falsches Nageln, unregelmäßige Hufform oder mangelhafte Hornbeschaffenheit sowie Unruhe und Widersetzlichkeit des Pferdes an.

Bei der blutigen oder direkten Vernagelung, wird die Huflederhaut unmittelbar verletzt. Hierbei kommt es neben einer heftigen Schmerzreaktion und zumeist auch zu einem Austritt von Blut – also einer direkten Gefäßverletzung. Tritt der Nagel nicht aus der Wand aus, spricht man von einem Nagelstich (PRIETZ 1985, KÖRBER 1989 LITZKE u. RAU 2012).

Der im Zusammenhang mit der indirekten Vernagelung stehenden Pathomechanismus ist anteilig Bestandteil der Fragestellung dieser Arbeit.

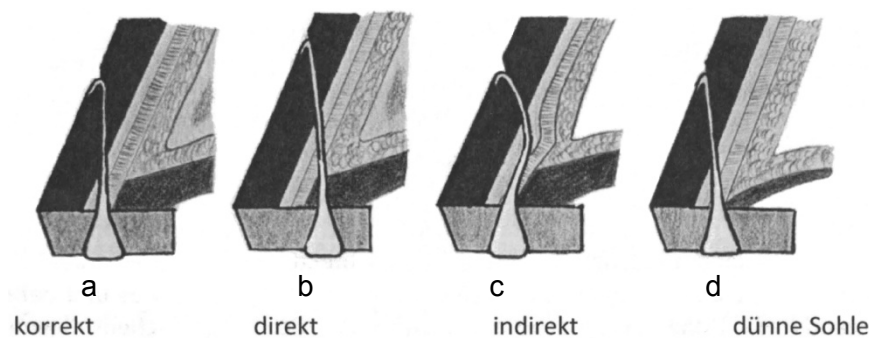


Abb 9. – Modifiziert nach LITZKE u. RAU 2012

a) korrekter Sitz des Nagels/ regelmäßige Nagelung, b) direkte Vernagelung: Das Hufeisen ist zu tief gelocht, der zu tief angesetzte Nagel verletzt die Huflederhaut, c) indirekte Vernagelung: Der falsch vernietete Nagel hat sich verzogen und drückt auf die Huflederhaut, d) indirekte Vernagelung bei dünner Sohle: Durch falsche Hufzubereitung (Sohle und Tragrand sind zu stark gekürzt) kommt der Nagel zu nahe an die Huflederhaut

Verschiedene weitere Hufkrankungen oder -verletzungen können zu Veränderungen der Lederhaut, insbesondere der Lederhautabschnitte des Sohlenrandes, und damit zu Veränderungen an der Sohlenrandarterie führen.

Entzündungen der Huflederhaut können in aseptische und infektiöse Entzündungen unterteilt werden (SILBERSIEPE et al. 1986). Mögliche Ursachen der akuten aseptischen

Pododermatitis können verschiedene Traumen (Druck, Quetschung, leichte Quetschungen der Sohle, Nageldruck, thermische Traumen) sein. Demgegenüber steht die septische Pododermatitis (z.B. durch Nageltritte, Vernagelungen, eiternde Steingallen, eiternde Hornspalten, Sohlen- oder Wandgeschwüre) bzw. die nekrotisierende Pododermatitis (u.a. mit der Folge der Nekrose der Huflederhaut und evtl. des Ausschuhens).

Der Hufabszess, die Pododermatitis infectiosa, ist eine fokale infektiöse Huflederhautentzündung, die in Abhängigkeit der Ausdehnung einen massiven Druck auf das umliegende Gewebe und damit letztlich auch auf die Huflederhaut ausüben kann (DIETZ u. HUSKAMP 1999).

Als Steingallen werden durch Quetschung oder Zerrung der Huflederhaut entstandene kapilläre Einblutungen in die Huflederhaut bezeichnet. Ursache kann z.B. ein unzureichender Hufbeschlag (auch Druck des Nagels bei Vernagelung), unregelmäßige Gliedmaßen- und Zehenstellungen oder eine fehlerhafte Hufbeschaffenheit sein. Gewöhnlich besteht nur eine Quetschung ersten Grades mit Hyperämie und geringer Blutung an der Oberfläche der Huflederhaut. Einmalige Quetschungen geringen Grades verursachen gewöhnlich nur einen klammen schwunglosen Gang oder eine geringe Stützbeinlahmheit, die mit der Beseitigung der Ursache und dem Abklingen der Entzündung spontan wieder verschwinden (SILBERSIEPE et al. 1986).

Durchblutungsstörungen der Huflederhaut können aufgrund der engen Beziehung zwischen Durchblutung und Hornproduktion zu einer Beeinflussung des Hufwachstums führen, z.B. Hornringe und Knollenhufbildung infolge Hufrehe. Ebenso können aber auch Hornwachstumsstörungen die Durchblutung der Huflederhaut beeinträchtigen.

Eine vermehrte Hornbildung mit möglicher sekundärer Beeinträchtigung der Durchblutung kann z.B. auftreten bei Hornsäulen, Hornschwielen und Hufkrebs. Hierbei kommt es mechanisch zu einer Kompression der Gefäße durch die Hornzubildung (WISSDORF et al. 2010, SILBERSIEPE et al. 1986).

In Abhängigkeit ihrer Ausprägung, Lage und Verlaufs können Hornspalten (insbesondere durchdringende) im Rahmen der bei Belastung auftretenden Kräfte zu Verletzungen der Huflederhaut und der darin verlaufenden Gefäße führen (WISSDORF et al. 2002). Es kommt häufig zu Quetschungen der Wandlederhautblättchen und Blutungen oder Eiterungen. Aus einem Hornspalt kann sich eine Hornsäule entwickeln (LITZKE u. RAU 2012).

Bei der Hufrehe handelt es sich um eine nichtinfektiöse Entzündung der Huflederhaut. Neben den bekannten systemischen Ursachen können auch lokale Phänomene wie unverhältnismäßiger Hornabrieb, Lederhautläsionen, ein fehlerhafter Hufbeschlag oder eine

übermäßige Hufbearbeitung als Ursache zur Auslösung der Hufrehe diskutiert (STASHAK 1989).

Von verschiedenen Autoren sind im Zusammenhang mit Untersuchungen der Hufrehe Röntgenbilder der Venen und Arterien erstellt worden, denen ein sich wiederholendes Gefäßmuster beim Vorliegen einer Hufrehe gemeinsam ist. In diversen Schriften sind derartige Röntgenbilder publiziert worden (ADAMS 1972, ACKERMANN et al. 1975, HOOD 1979, SILBERSIEPE et al. 1986, HERTSCH 1981, DREWES 1990, MADEICZYK 1991, DENOIX 2007, D'ARPE 2008a, FLOYD u. MANSMANN 2009).

Eine Ostitis des Hufbeins stellt sich als fokale oder diffuse Knochenresorption im Bereich des Sohlenrandes des Hufbeins und als Erweiterung der Gefäßkanäle des Hufbeins im Röntgenbild dar. Als Ursache werden verschiedene Ereignisse, die eine Hyperämie und fokalen Druck am Sohlenrand des Hufbeins hervorrufen, vermutet. Prädisponierend sollen zu kleine Hufe sein (STASHAK 1989). Eine persistierende Entzündung dieser Hufregion ist die wahrscheinlichste Ursache für den Knochenverlust und die reaktive Knochenneubildung. Die Ostitis des Hufbeins kann eine primäre Erkrankung sein, tritt aber gewöhnlich sekundär zu anderen Erkrankungen wie Hufrehe, fokale submurale Sepsis, Typ VI Frakturen des Hufbeins, chronische subsolare Quetschung, Biegedeformität des Hufgelenks, Hornsäulen und Punktionswunden auf (FLOYD u. MANSMANN 2009).

Frakturen des Hufbeins treten auf bei Rennpferden, Pferden mit Verhaltensproblemen (Scharren, gegen die Boxenwand treten), bei Hufrehe, bei der Ostitis des Hufbeins und bei Osteomyelitis. Auch ein unausbalanciertes Ausschneiden oder bei unausbalancierten Hufeisen sind als prädisponierende Faktoren für eine Hufbeinfraktur beschrieben.

Die Hufbeinfrakturen werden in sieben Frakturtypen unterteilt, wobei alle Frakturtypen außer Typ IV (osteocondrale Fragmente in der Nähe des Processus extensorius) den Sohlenrand mit betreffen (FLOYD u. MANSMANN 2009).

Krankhafte Veränderungen der arteriellen Gefäße lassen sich z.B. anhand der Äthiopathogenese einteilen in:

- Traumatische Gefäßerkrankungen
- Angeborene Gefäßerkrankungen, Missbildungen
- Funktionelle Gefäßerkrankungen (Vasospasmus)
- Entzündliche Gefäßerkrankungen
- Degenerative Gefäßerkrankungen

Traumatisch bedingte Gefäßverletzungen entstehen durch eine auf ein Gefäß einwirkende Gewalt, wie z.B. stumpfe Gewalteinwirkung oder perforierende Fremdkörper (z.B. Vernagelung). Es kann dabei zu Ein- bzw. Abrissen kommen, bis zu kompletten Durchtrennungen des betroffenen Gefäßes.

Bei entsprechend vorgeschädigten Gefäßen (pathologische Veränderungen der Gefäßwand, Aneurysmen, etc.) können auch Spontanrupturen auftreten (DAHME u. WEISS 1999).

Missbildungen der Blutgefäße sind beschrieben in den großen Arterien des Herzbereichs, in den Arterien des Kiemenbogensystems (z.B. Aorta) und in den übrigen arteriellen Verzweigungsgebieten. So entstehen Variationen von Gefäßverläufen und/oder vom Gefäßkaliber, mit und ohne funktionelle Bedeutung (DAHME u. WEISS 1999).

Von den altersgerechten normalen Strukturveränderungen sind die stoffwechselstörungsbedingten Veränderungen abzugrenzen.

Zu den altersgerechten Umbauvorgängen des Arteriensystems werden die Dickenzunahme der Gefäßwand, besonders der Intima, die stärkere Ausbildung von Intimapolstern an den Gefäßaufzweigungen und der Elastizitätsverlust der Gefäßwand gezählt (DAHME u. WEISS 1999). Raue Profilinien infolge kleiner wandständiger Schattenausparungen, die sich histologisch als Intimavorwölbungen herausstellten, wurden bereits von KULCZYCKI (1938) erwähnt.

Zu den pathologischen Veränderungen der Gefäße werden u.a. die stoffwechselbedingten Ablagerungen von Lipiden (Lipidosen) und von Kalk (Sklerose) in der Arterienwand gezählt (DAHME u. WEISS 1999). Verengungen und Obliterationen infolge Arteriosklerose wurden arteriographisch und histologisch von NEMETH (1972) am Strahlbein dargestellt. Neben den die Gefäßwand betreffenden Veränderungen sind im Weiteren noch embolisch bzw. thrombenbedingte Verlegungen der Gefäße zu nennen (DAHME u. WEISS 1999).

Das Abbrechen der Arterienzeichnung infolge von Thrombose wird z.B. von KULCZYCKI (1938) beschrieben. Im Zusammenhang mit den Untersuchungen zur Podotrochlose gehen COLLES u. HICKMANN (1977) ursächlich von einer fortschreitenden Thrombosierung oder

Enderteriitis aus. 1979 stellen COLLES et al. Thrombosen an den distalen Aa. nutriciae des Strahlbeins fest.

Entzündungen können zum einen von benachbarten Organen auf die Arterien übergreifen, zum anderen können Noxen primär auf die Gefäßwand wirken und zu örtlichen oder systemischen Arteriitiden führen (z.B. Geburtsrehe infolge Toxinausschüttung). Je nach Ursache kommt es hierbei zu serös-eitrigen (phlegmonösen), nekrotisierenden oder thrombosierenden Arteriitiden.

Zu den auf bestimmte Regionen begrenzten Arteriitiden zählen die Luftsackmykose, bei der es zu einer nekrotisierend oder granulomatös verlaufenden Arteriitis in diesem Bereich kommen kann und parasitär bedingten Gefäßentzündungen (verminöse Enderteriitis).

Als Ursache von entzündlichen Gefäßerkrankungen müssen neben den bereits genannten Ursachen auch Viren genannt werden (Equine Arteriitis des Pferdes) (DAHME u. WEISS 1999).

Die Enderteriitis obliterans der A. digitalis palmaris ist eine durch mechanische Traumen (z.B. „Streifen“ im Bewegungsablauf) hervorgerufene Entzündung der Gefäße im Bereich der Zehenarterien des Pferdes. Durch die in diesem Bereich bestehende ausgeprägte Kollateralversorgung kommt es in der Regel zu keiner klinischen Auffälligkeit (DAHME u. WEISS 1999).

Der Anatom SCHUMMER (1949 b) und die Pathologen KÖHLER (1951) u. BIBRACK (1961) berichten über Obliterationen der Zehenarterien. Arteriographisch nachgewiesene Verschlüsse der Zehenarterien als Lahmheitsursache wurden von HERTSCH (1974), FRICKER et al. (1981), FRICKER (1982) und DIETZ et al. (1984) festgestellt.

Im Zusammenhang mit verschiedenen Erkrankungen an der distalen Gliedmaße des Pferdes finden sich in der Literatur Beschreibungen angiographisch dargestellter Gefäßveränderungen am Röntgenbild.

Gefäßabbrüche, Unterbrechungen des Gefäßverlaufs oder Nichtdarstellbarkeit von Gefäßen werden unter anderem von MADEICZYK (1991) und ACKERMANN et al. (1975) im Zusammenhang mit der Hufrehe, von TERBERGER (1988) bei pathomorphologisch verändertem Processus extensorius erwähnt.

AUF DEM HÖVEL (1993) erwähnt Gefäßstenosen infolge Verkalkungen der Sehnen und HERTSCH (2007) bei zystenähnlichen Prozessen im Knochen und arthrotischen Veränderungen, insbesondere der Krongelenksschale.

Verlaufsänderungen der Arterien im Sinne eines Abknickens und diffuser Kontrastmittelaustritt werden von MADEICZYK (1991) und HERTSCH (1981) angegeben. Der diffuse Kontrastmittelaustritt wird von diesen Autoren als Folge einer Permeabilitätsstörung in der Mikrozirkulation begründet.

Auffällige Verästelungen, korkenzieherartig gewundene Gefäße, vermehrte Schlingelungen, besonders starke Ausprägung der Gefäße und vermehrt von arteriellen Blutgefäßen durchzogene Bereiche sind von verschiedenen Autoren (z.B. HERTSCH 1981 und TERBERGER 1988), insbesondere im Zusammenhang mit entzündlichen Veränderungen an der Gliedmaße des Pferdes angeführt.

Auch bei Untersuchungen, die sich schwerpunktmäßig mit den krankheitsbedingten Veränderungen der Venen befassen, konnten Veränderungen dargestellt werden (ELSEED 2006, D'ARPE 2008b, THOMPSON et al. 1993, REDDEN 2003, RUCKER 2003, ROBINSON 1998).

So wie Gefäßveränderungen am Pferdehuf im Zusammenhang mit Huferkrankungen nachgewiesen wurden, wurden auch Gefäßveränderungen im Zusammenhang mit Klauenerkrankungen bei Rindern nachgewiesen. Hier bestehen deutliche Parallelen (HIRSCHBERG 1999).

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material

Im Vorfeld der Untersuchungen wurden im Rahmen eines angezeigten und genehmigten Tierversuchs zwei Arteriographien an jeweils einem rechten Hinterbein von zwei lebenden unbeschlagenen Pferden durchgeführt. Einerseits sollte so das Phänomen der Gefäßauslöschung infolge Drucks auf die Hornkapsel bildhaft belegt werden und andererseits die Auswirkungen eines Hufbeschlags auf die Gefäße kurz nach dem Aufbringen des Beschlags am reaktionsfähigen lebenden Gefäßsystem untersucht werden.

Für die präparativen Untersuchungen wurden insgesamt 71 Präparate der Zehen von 31 Pferden erstellt. Bei den Pferden handelte es sich um Patienten der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin, die aufgrund von nicht die Gliedmaßen betreffenden Erkrankungen euthanasiert oder geschlachtet werden mussten oder verstorben sind. Zur Euthanasie wurde Pentobarbital (Eutha[®] 77, Essex Tierarznei, München, Deutschland) verwendet.

Gliedmaßen mit äußerlich sichtbaren, vorberichtlich bekannten Huferkrankungen oder röntgenologischen Anzeichen einer Huferkrankung wurden nicht verwendet.

60 Präparate (von 27 Pferden)	:	euthanasiert
3 Präparate (von 1 Pferd)	:	geschlachtet
8 Präparate (von 4 Pferden)	:	verstorben

Anamnestisch wurde zu den Pferden erfragt, in welcher Haltungsform sie gehalten wurden (Box, Paddock, Weide, Offenstall), wann der letzte Hufbeschlag erfolgte, ob vorangegangene Erkrankungen der Hufe bekannt waren, Name, Alter, Geschlecht und Rasse des Pferdes sowie der Grund der Euthanasie, des Versterbens oder der Schlachtung. Eventuelle Besonderheiten wurden ebenfalls erfasst.

Es wurden sowohl Hintergliedmaßen als auch Vordergliedmaßen in die Untersuchungen einbezogen. Bei der Gewinnung der Zehen wurde auf eine gleichmäßige Repräsentation der Gliedmaßen geachtet. Es hat sich jedoch gezeigt, dass das rechte Vorderbein häufig im Rahmen der nach der Euthanasie notwendigen Transporte der Pferde nicht verwendet werden konnte.

Verteilung der Gliedmaßen	Anzahl Präparate	Prozent
Hinten links	18	25,4
Vorne links	19	26,7
Hinten rechts	20	28,2
Vorne rechts	14	19,7
Gesamt	71	100,0

Tabelle 1 – Verteilung der zur Präparation verwendeten Gliedmaßen

Die Pferde waren im Alter von 2 Monaten bis 34 Jahren. 57,7% der Pferde waren zwischen 6 und 20 Jahre alt, 31% der untersuchten Pferde waren jünger und 11,3 % der untersuchten Pferde waren älter.

Hengste, Wallache und Stuten kamen in folgender Verteilung zur Untersuchung:

Geschlechterverteilung	Anzahl Präparate	Prozent
Stute	34	47,9
Wallach	29	40,8
Hengst	8	11,3
Gesamt	71	100,0

Tabelle 2 – Verteilung des Geschlechts auf die verwendeten Präparate

Die Haltungsbedingungen wurden dokumentiert, da je nach Bodenverhältnissen (z.B. Härte und Feuchtigkeitsgehalt) ein Einfluss auf die Hufbeschaffenheit möglich gewesen wäre. Ein Anteil von 71,83% aller 71 Präparate stammte von 22 Großpferden, die übrigen 28,17% stammen von 9 Ponys verschiedener Rassen. Bei der Auswahl der Hufe wurde darauf geachtet, dass sie keine ausgeprägten Abweichungen von der regelmäßigen Hufform aufwiesen. Zur Präparation kamen Zehen, die vorberichtlich keine das Gefäßsystem beeinflussenden Erkrankungen an den Gliedmaßen und insbesondere an den Hufen aufwiesen und die innerhalb von 30 Minuten nach Eintritt des Todes zur Präparation zur Verfügung standen.

Zum Spülen der Blutgefäße und zur Injektion des Kontrastmittels wurden Venenverweilkatheter (Vasocan® der Firma B. Braun Melsungen AG Deutschland) mit Luer-Lock-System in der Größe 2,2 x 50 mm, 343 ml Durchfluss/Minute, verwendet, bei einigen Präparaten (bei Jungtieren unter 1 Jahr und Ponys) Braunülen in der Größe 1,3 x 45 mm mit 96 ml Durchfluss/Minute.

Die Präparate wurden mit Leitungswasser gespült und als Kontrastmittel wurde die Aufschwemmung eines bariumsulfathaltigen Pulvers (Micropaque® flüssig, Guerbet GmbH, Sulzbach Deutschland – 100 ml enthalten 100 g Bariumsulfat) genutzt.

Dieses hat gegenüber anderen, handelsüblichen Kontrastmitteln den Vorteil, dass durch seine feine Körnung und die geringe Viskosität der Suspension bei der Infusion unter physiologischen Druckverhältnissen eine Füllung kleinster Arterien ermöglicht wird.

Für einige Präparate wurde der Kontrastmittellösung der Farbstoff Disulfonblau (Disulfonblau VN 150, Merck KGaA Darmstadt, Deutschland) zugesetzt.

Die Schmiede der Lehrschieme der Freien Universität Berlin führten die Beschlagsarbeit entsprechend der Vorgaben der Autorin durch.

Für die Erstellung der Röntgenaufnahmen wurde ein handelsübliches portables Röntgengerät verwendet (Typ Medinos 100/60C, F.-Nr. 201903). Es wurde eine Oxspringaufnahme mit einem Film-Fokus-Abstand von 1 m und einer Exposition von 48-60 kV und 20-25 mAS erstellt. Die Zentrierung erfolgte auf die Mitte der Vorderwand des Hufschuhs. Es wurden 24 x 30 cm Kassetten eines digitalen Speicherfoliensystems verwendet (Cavo CR Casette). Zur Digitalisierung der Bilder wurde ein Laser X-Reader genutzt (VetRay® CR 35V der Firma VetRay® GmbH; kleinste Pixelgröße: 12,5 µm; Auflösung max. 40 Lp/mm). Als Bearbeitungssoftware stand die VetRay Vision 4.4.a zur Verfügung. Die Bilder wurden im DICOM-Format gespeichert und an einem medizinischen Befundmonitor ausgewertet.

3.2 Methode

Zur Darstellung der Arterien wurde die Technik der Arteriographie in vivo und in vitro benutzt.

3.2.1 Arteriographische Untersuchungen in vivo

Die arteriographische Untersuchungen wurde in Vollnarkose durchgeführt. Die Prämedikation erfolgte 30 Minuten vor Narkoseeinleitung mit Romifidin (Sedivet® 0,5 mg/100 kg KG i.v.) und Levomethadon (Polamivet® 2-3 ml/ 100 kg KGW). Die Narkoseeinleitung erfolgte mit Ketamin® (2,2 mg/100 kg KGW) und Diazepam® (20 mg/500 kg KGW). Die Narkoseerhaltung wurde durch Isofluraninhalation über einen Tubus, nach Wirkung und Sauerstoff/Air Gemisch 6 Liter sichergestellt. Die Dauer des Untersuchungsganges zwischen Narkoseeinleitung und Ende der Narkose betrug ca. 90 Minuten.

Die Arterien an den untersuchten Hinterbeinen wurden freipräpariert, eine Esmarchsche Blutleere erzeugt und 20 ml des Kontrastmittels (Ultravist[®]-300, Schering Deutschland GmbH, Wirkstoff: Iopromid) innerhalb von 10 Sekunden injiziert. Direkt im Anschluss an die Injektion wurde jeweils ein Röntgenbild erstellt, eine weitere Aufnahme im Abstand von ca. 4 Sekunden zeigte bereits eine Füllung der venösen Gefäße. Eine Aufnahme wurde jeweils als Leeraufnahme (ohne Hufbeschlag) angefertigt. Bei beiden Pferden zeigte sich ein unauffälliges Gefäßmuster.

Anschließend wurde über eine Hufzange (Hufuntersuchungszange rund, 25/10 cm H. Hauptner & Richard Heberholz GmbH & Co. KG Deutschland), angelegt an die Sohle vor der Strahlspitze und an die Hufwand, Druck ausgeübt bei gleichzeitiger Bolusgabe von 20 ml des Kontrastmittels und im Punktum maximum der Kontrastmittelkonzentration an der Zehenspitze ein Röntgenbild erstellt. In mehreren Versuchen wurde so stark gedrückt, bis eine Auslöschung der von dem Arcus terminalis abgehenden Gefäße bis einschließlich der Axialarterien in der Umgebung der Druckeinwirkung der Hufzange dargestellt werden (Abb. 8).

Der mit der Hufuntersuchungszange ausgeübte Druck, der zu dem beschriebenen Auslöschungsphänomen führte, entspricht dem üblicherweise bei Hufuntersuchungen angewandten Druck. Dieser Druck wurde mit einem Newtonmeter gemessen und wurde bei einem Kraftmoment von 18-25 Nm erzielt.



Abb. 10 – Röntgenbild einer angiographischen Untersuchung, in vivo, mit sichtbarem Auslöschungsphänomen im Bereich der Druckeinwirkung der angelegten Hufuntersuchungszange

Im Anschluss an die Untersuchung mit der Hufuntersuchungszange wurde der Huf jeweils noch während der Narkose mit einem Kunststoffbeslag ohne Aufzüge mit 6 Nägeln beschlagen und dann eine Röntgenaufnahme nach erneuter Kontrastmittelapplikation angefertigt. Der Kunststoffbeslag wurde genutzt, um eine Überlagerung der Arterien mit dem Eisen zu vermeiden.

3.2.2 Anfertigen der Präparate

Innerhalb von 30 Minuten nach Todeseintritt der Pferde wurden die Hufe makroskopisch auf Anzeichen einer Hufkrankung (Ringbildung, Verformungen, Hornspalten, u.s.w.) gesichtet. Bei Hufen ohne Anzeichen einer Erkrankung wurden die Füße im Fesselgelenk horizontal abgesetzt. Auf diese Weise sind die Aa. digitalis palmaris/plantaris lateralis/medialis schnell und sicher zugänglich (MADEICZYK 1991). Sie wurden mit einer Pinzette erfasst, ein Veneverweilkatheter wurde in den Gefäßstumpf geschoben und mit einer Ligatur fixiert. So konnte auch die Abdichtung des Gefäßes erreicht werden.

Innerhalb von 60 Minuten nach dem Todeseintritt wurde mit dem Spülen der Gefäße begonnen, um das Risiko einer möglichen postmortalen Thrombosierung so gering wie möglich zu halten.

Im Anschluss an das Befestigen der Braunüle erfolgte die Infusion unter Verwendung zweier Infusionsbestecke (Infusionsgeräte Luer/Lock mit Filter) an jeweils einen geöffneten Infusionsbeutel, der mit handwarmem Leitungswasser befüllt war. Der Infusionsbeutel wurde in 150-180 cm Höhe über dem Präparat aufgehängt. Auf diese Weise wurde das Gefäßsystem mit annähernd physiologischem Druck von 120 mm Hg gespült, bis eine klare Flüssigkeit aus den Gefäßen austrat. Dazu wurde das aufgebaute Spülsystem für mindestens 24 Stunden belassen. Während des Spülvorganges wurden die Zehen mehrfach gebeugt und gestreckt und der Kronbereich massiert (TERBERGER 1988, MADEICZYK 1991).

Im Anschluss an diesen Spülvorgang wurden die Gefäßstümpfe zur Vermeidung der Austrocknung mit einem feuchten Tuch abgedeckt und die Zehe in einen Kühlraum verbracht. Dort wurden sie für 48 Stunden bei 6°C gelagert, um die Lösung des post mortem entstandenem Gefäßspasmus abzuwarten.

Nach dieser Zeit wurden die Gefäße erneut für ca. eine Stunde an handwarmes Leitungswasser angeschlossen und eventuelle Blutreste herausgespült. Während dieser Zeit wurde die Zehe erneut mehrfach massiert und gebeugt, um eine gleichmäßige Spülung aller Gefäße zu gewährleisten. Der Spülvorgang wurde beendet, wenn die austretende Flüssigkeit aus den Venen keine sichtbaren Spuren von Blut mehr aufwies.

Im Anschluss daran wurden die Hufe in drei Gruppen eingeteilt:

a) Kontrollgruppe:

25 Hufe von Pferden, die noch nie, bzw. länger als ein Jahr nicht beschlagen waren, wurden ohne Beschlag belassen

b) Vergleichsgruppe:

18 Hufe waren zum Zeitpunkt der Euthanasie beschlagen; dieser Hufbeschlag wurde unverändert belassen

c) Versuchsgruppe:

28 Pferde wurden vor dem Einbringen des Kontrastmittels von den Schmieden der Lehrschmiede der Freien Universität Berlin nach Vorgaben der Autorin beschlagen. In dieser Gruppe finden sich sowohl Pferde, die vor der Untersuchung schon mal beschlagen waren, aber seit mindestens einem Jahr unbeschlagen sind (n=18), als auch Pferde, die noch nie einen Hufbeschlag hatten (n=10).

Bei 11 Hufen erfolgte ein Beschlag mit besonders festem Anziehen der Niet, bei 8 Hufen wurde der Niet nicht angezogen und bei 9 Hufen wurde die Sohle vor dem Beschlagen dünn geraspelt, d.h. sie wurde so stark gekürzt, dass sie im Tragerandbereich mit dem Daumen leicht eindrückbar war (entspricht < 6 mm Sohlendicke).

In einem Fall der mit dünner Sohle vorbereiteten Hufe wurde ein Kunststoffbeschlag verwendet.

Zur Eingabe des Kontrastmittels wurden die Gefäße über ein Infusionsbesteck an einen mit Kontrastmittel und Wasser im Verhältnis 2:1 gefüllten Infusionsbeutel angeschlossen, da das verwendete Präparat Micropaque® flüssig alleine eine für diesen Zweck zu hohe Viskosität aufweist. Bei ca. 80% Präparaten wurde zusätzlich Disulfonblau zugesetzt.

Vor Beginn der Kontrastmittelinfusion wurde darauf geachtet, kleinere Arterien (Hautgefäße) auf der Ebene des Anschnittes des Präparates abzudichten (z.B. mit Ligaturen oder Klemmen auf den Gefäßstümpfen), da es sonst über diese zu einem Verlust an Infusionsdruck und Kontrastmittel kommt. Die Kontrastmittellösung wurde bis zum Sistieren des Tropfens über 24 bis 48 Stunden infundiert. Die Kontrastmittellösung musste in dieser Zeit regelmäßig durchmischt werden (alle 6-7 Stunden), um ein Absinken der schwereren Bestandteile zu verhindern. Wie auch während des Spülvorganges wurden die Zehen hierbei mehrfach gebeugt und gestreckt und der Kronbereich massiert. Während des ganzen Vorgangs der Kontrastmittelinfusion wurde auf ein aufrechtes Stehen der Präparate geachtet.



Abbildung 11 – Präparat in seitlicher Ansicht nach Kontrastmittelinfusion und Kunststoffbeschlag (Präparat 71), 1 Lage der Braunülen zur Kontrastmittelinfusion

Während der Kontrastmittelinfusion trat tropfenweise eine fast klare (bei Zusatz von Disulfidinblau bläulich-klare) Flüssigkeit aus den eröffneten Vv. digitalis palmaris/plantarisch medialis/lateralis und den venösen Gefäßstümpfen aus, mit teilweiser geringer Beimengung von weißen Bariumsulfatteilchen.

Die Präparate wurden sodann in einen Gefrierraum verbracht und dort aufrecht stehend für 48 Stunden bei -20°C belassen, bis sie komplett durchgefroren waren. Sie können im tiefgefrorenen Zustand jahrelang aufbewahrt werden. Zur weiteren Untersuchung wurden sie aus dem Gefrierraum entnommen.

Die Hufeisen wurden vor dem Röntgen entfernt, da sie den dem Hufeisen nahe liegenden Gefäßverlauf sonst überdecken. Im Anschluss daran wurden alle Hufe in gefrorenem Zustand nach Oxspring geröntgt.

Aus allen drei Versuchsgruppen wurden willkürlich je 2 Präparate ausgewählt und mit Hilfe einer Bandsäge aufgesägt, so dass die Lage des Hufbeschlags in Bezug auf die Lederhaut sichtbar gemacht werden konnte. Dabei erfolgte die Schnitfführung orientiert an der Frontalebene ausgehend jeweils von dem Bereich der Pars medialis oder lateralis des Tragerandes nach trachtenwärts reichend. Es wurde darauf geachtet, die unmittelbare

Umgebung eines Hufnagels einschließlich der Lederhaut darzustellen. Ein direktes Durchsägen der Nägel war technisch bedingt nicht möglich.



Abb. 12 – frontale Schnittebene (Präparat 71)



Abb. 13 – Ausschnitt aus frontaler Schnittfläche (Präparat 47), rechter Vorderhuf, Links im Bild der Anschnitt eines Nagelkanals aus der Pars lateralis
1 Nagelkanal, 2 Lederhaut, 3 Hufbein, 4 Arcus terminalis, 5 Solenrandarterie

3.2.3 Röntgentechnik

Es wurde eine Oxspringaufnahme mit einem Film-Fokus-Abstand von 1 m und einer Exposition von 48-60 kV und 20-25 mAS erstellt. Die Zentrierung erfolgte auf die Mitte der Vorderwand des Hufschuhs. Der verwendete Oxspringklotz hatte einen Winkel von 60° und die Zehenspitze befand sich 15 cm über dem Boden. Die Kassetten wurden direkt an den

Oxspringklotz angelegt. Auf Höhe der weitesten Stelle des Hufes wurde eine röntgendichte Markierung (Bleiplättchen) angebracht.

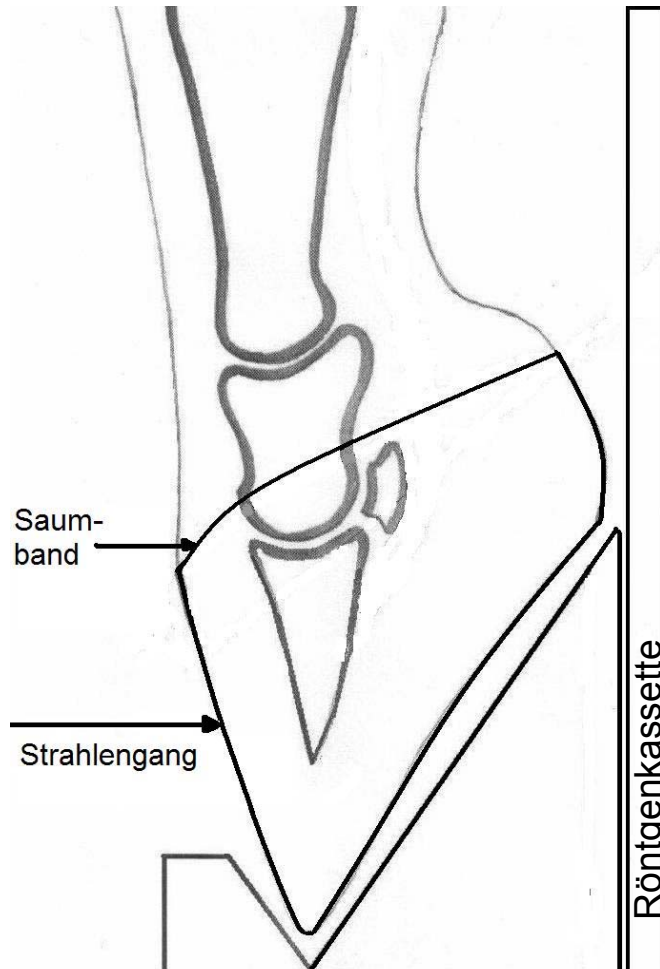


Abb. 14 – Versuchsanordnung Lagerung der Zehe

Die Aufnahmen wurden einheitlich mit einem Film-Fokus-Abstand von 1 m angefertigt, und es wurden Belichtungszeiten von 48-60 kV und 20-25 mAS verwendet. Das Röntgengerät wurde für die Untersuchungen an einem Stativ befestigt.

Der Zentralstrahl wurde bei allen Präparaten auf die Mitte der Vorderwand des Hufschuhs gerichtet und traf die Kassette in einem rechten Winkel (Abb.14).

Die Röntgenaufnahme wurde digital entwickelt und das entstandene DICOM-Bild auf einem medizinischen Befundungsmonitor ausgewertet.

Die Digitalisierung der Befundung erfolgte wie auf Seite 32 beschrieben.

3.2.4 Präparatbeurteilung

Die 71 Präparate wurden für die Auswertung in drei Gruppen zusammengefasst:

1. Kontrollgruppe = unbeschlagene
2. Vergleichsgruppe = Beschlag vorbestehend
3. Versuchsgruppe = beschlagene

Beschlagsverteilung	Anzahl Präparate	Prozent
Kontrollgruppe	25	35,2%
Vergleichsgruppe	18	25,4%
Versuchsgruppe	28	39,4%
Gesamt	71	100,0%

Tabelle 3 – Verteilung der Hufbeschlagsarten der Präparate in die drei Gruppen

Die Präparate, bei denen bereits ein Hufbeschlag vorlag, wurden der **Vergleichsgruppe** zugeordnet. Hierbei konnte kein Einfluß auf die Art des Hufbeschlags genommen werden, es handelt sich ausnahmslos um Pferde, bei denen der Hufbeschlag zum Zeitpunkt der Euthanasie bereits seit mindestens 14 Tagen aufgebracht war. Bei der Einbringung des Kontrastmittels wurde der Beschlag unverändert belassen und erst zur Erstellung der Röntgenbilder entfernt. Es handelt sich hierbei um 18 Präparate (25,4% aller angefertigten Präparate).

Der **Kontrollgruppe** (unbeschlagene Hufe) wurden 25 Präparate (35,2% aller angefertigten Präparate) zugeordnet, die von Zehen von Pferden angefertigt wurden, die zuvor gar nicht oder mindestens ein Jahr lang nicht mehr beschlagen waren und auch für die Untersuchung nicht beschlagen wurden. Bei allen Präparaten wurde anhand der erhobenen Auswahlkriterien eine absehbare Gefäßveränderung durch Verletzung oder Krankheit bzw. durch einen vorhergehenden Hufbeschlag ausgeschlossen.

Bei der Erstellung der Präparate der Versuchsgruppe wurden verschiedene Konstellationen erstellt:

- Beschlag mit normaler Sohlendicke und losem Niet (8 Präparate)
- Beschlag mit normaler Sohlendicke und festem Niet (11 Präparate)
- Beschlag mit dünner Sohle und regelhaftem Niet (9 Präparate)

Anschließend wurde die Auswirkung der verschiedenen Beschläge auf die Sohlenrandarterie im Röntgenbild beurteilt. Dazu wurde der in den Röntgenbildern sichtbare Anteil der Sohlenrandarterie analog der Einteilung von WISSDORF et al. (1987) in Anlehnung an die NAV (2012) in drei Abschnitte unterteilt: Pars dorsalis (a), Pars lateralis (b) und medialis (b) (Abb. 15).

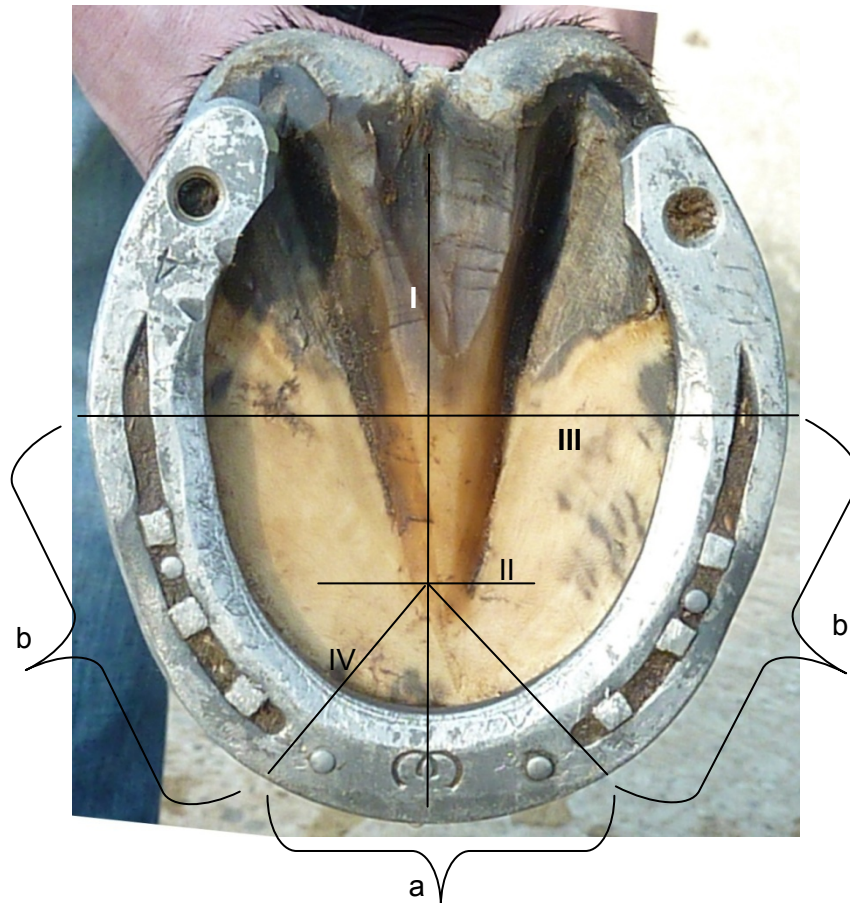


Abb. 15 – Lage der Hufnägel in Projektion

I Längsachse der Sohlenfläche = Hufachse, II Schenkel von 45°-Winkel vor der Strahlspitze, III Transversale durch die weiteste Stelle des Hufes, IV Transversale an der Strahlspitze
a Rückenteil, pars dorsalis, b Seitenteil, pars lateralis / medialis

Zur Lokalisation eventueller Veränderungen im Arteriogramm wurde eine Schablone mit den Hilfslinien von WISSDORF et al. (1987) angefertigt und bei der Auswertung über die Röntgenaufnahmen gelegt.

Die Bestimmung der Längsachse der Sohlenfläche (I) erfolgte, indem eine Linie entlang der halbierenden Achse von Fesselgelenk, Fesselbein und durch die Hufmitte gelegt wurde.

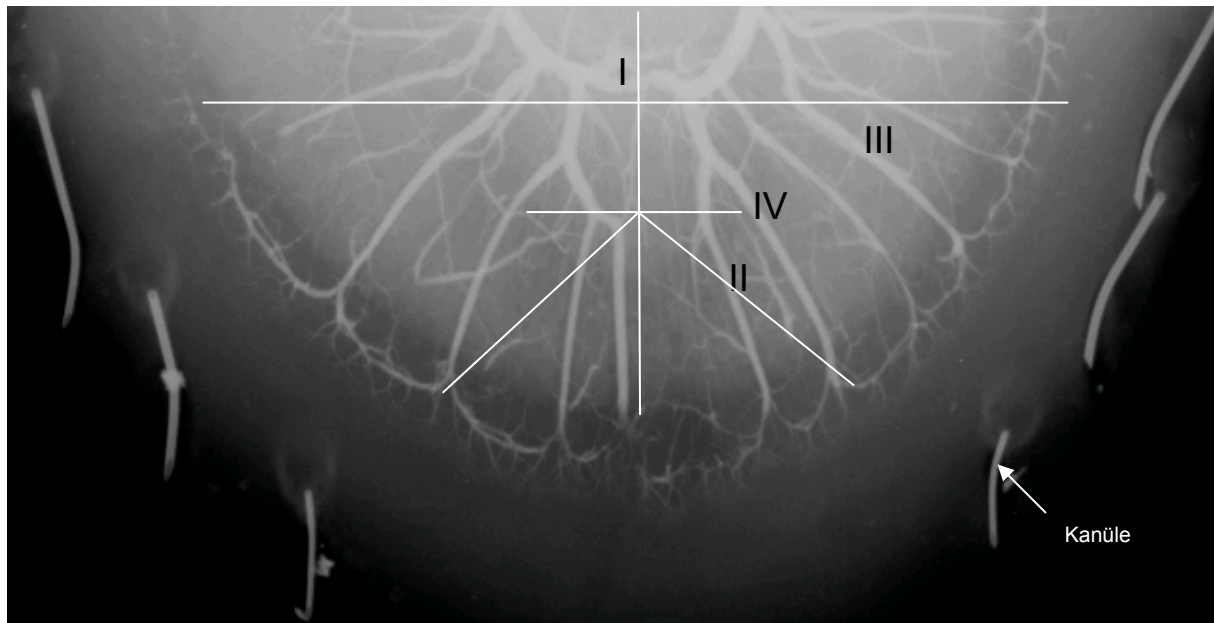


Abb. 16 – Schablone nach Wissdorf et al. 1987 über ein Röntgenbild gelegt, in dem die Nagelkanäle mit Kanülen markiert sind (Kanülen stecken in den Nagelkanälen)

Methodenbedingt war eine Gefäßdarstellung vor Aufbringen der Hufeisen nicht möglich.

Die arteriographischen Bilder eines Präparates nach Hufbeschlag konnten somit nicht direkt mit dem Ausgangszustand vor Hufbeschlag verglichen werden.

In der Beurteilung der Sohlenrandarterie wurde als sicherer Nachweis einer Kompression nur zwischen Sichtbarkeit bzw. Unsichtbarkeit im Sinne des Auslöschungsphänomens unterschieden. In jedem Abschnitt wurde die Sohlenrandarterie auf ihre vollständige Darstellung hin untersucht und Gefäßabbrüche dokumentiert.

3.3 Ergebnisse

In dem in vivo Versuch konnte das Auslöschungsphänomen im Einflussgebiet der Hufuntersuchungszange entsprechend der Abb. 10 auf Seite 34 dargestellt werden. Sowohl vor als auch nach dem Hufbeschlag mit einem Kunststoffbeschlag konnte die Sohlenrandarterie gut und ohne Unterbrechungen dargestellt werden.

An insgesamt 6 von 71 Präparaten wurde in mindestens einer Pars eine Unterbrechung der Sohlenrandarterie gefunden (Tab. 4).

Präparate // Sohlenrandarterie:	Kontroll- gruppe	Vergleichs- gruppe	Versuchs- gruppe	Gesamt (Messabschnitte)
unterbrochen	3	1	2	6
nicht unterbrochen	22	17	26	65
Gesamt	25	18	28	71

Tabelle 4 – Anzahl der Befunde / Versuchsgruppe

Bei der Kontrollgruppe kamen diese Unterbrechungen in allen drei Teilbereichen vor. Präparat 1 wies Unterbrechungen in der Pars lateralis und der Pars dorsalis auf, Präparat 2 wies Unterbrechungen in allen drei Teilbereichen auf und Präparat 41 nur in der Pars lateralis. In der Versuchsgruppe betrafen die Unterbrechungen in beiden Fällen die Pars medialis (Präparat 8 und 28) und in der Vergleichsgruppe nur die Pars dorsalis (Präparat 21).

Betrachtet man die Unterbrechungen der Sohlenrandarterie in Bezug auf die drei Partes innerhalb eines Präparates lässt sich darstellen, dass in allen drei Partes jeweils an 3 von 71 Präparaten Unterbrechungen der Sohlenrandarterie gefunden wurde.

Bei dieser Betrachtung zeigt sich unabhängig von der untersuchten Gruppe, dass in jeder Partition jeweils drei Unterbrechungen der Sohlenrandarterie gemessen wurden. Bezogen auf die Gesamtheit aller untersuchten Partes (213) konnte nur in 4,23% (9 Partes) eine Unterbrechung der Sohlenrandarterie dargestellt werden. Bei Berücksichtigung aller beschlagenen Präparate (Versuchs- und Vergleichsgruppe) im Vergleich zu der Gesamtheit der Partes (213) entspricht das einem Anteil von 1,41% (3 Partes).

Messabschnitte // Sohlenrandarterie:	Kontroll- gruppe	Vergleichs- gruppe	Versuchs- gruppe	Gesamt (Messabschnitte)
unterbrochen	6	1	2	9
nicht unterbrochen	69	53	82	204
Gesamt	75	54	84	213

Tabelle 5 – Unterbrechungen der Sohlenrandarterie / Gesamtheit aller Partes

Anhand der vorliegenden Messergebnisse ist eine Beeinflussung des Gefäßverlaufs der Sohlenrandarterie durch einen Hufbeschlag nicht nachzuweisen, da die Veränderungen

weder häufiger nach dem Beschlag auftraten, noch einen Zusammenhang mit festem Niet, dünner Sohle oder vorherbestehendem Beschlag erkennen lassen.

Auffällig war, dass in allen Röntgenbildern, in denen Unterbrechungen der Sohlenrandarterie sichtbar waren, die Papillararterien in der direkten Umgebung sichtbar blieben.

3.3.1 Beurteilung Röntgenbilder

3.3.1.1 Normales Arteriogramm

Auf 65 von 71 Arteriogrammen stellte sich die Sohlenrandarterie kontinuierlich in ihrem Verlauf dar.

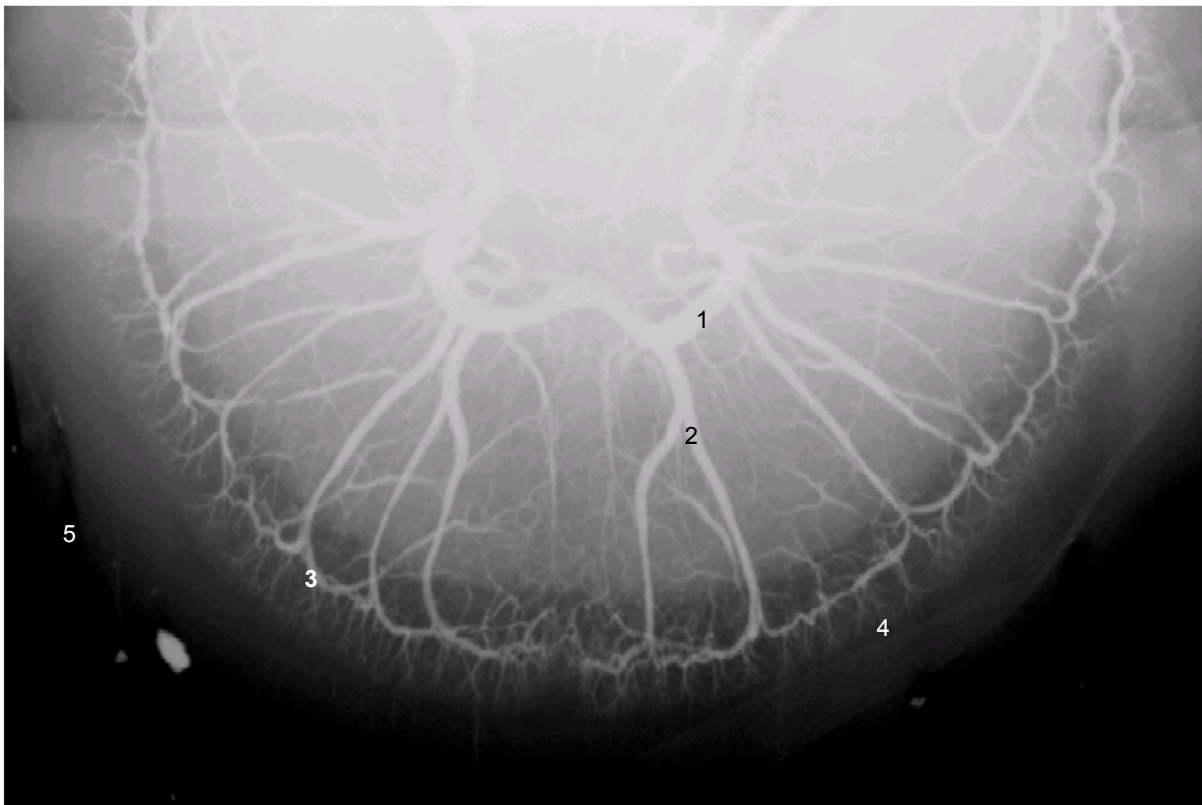


Abb. 17 – Angiographisches Bild eines gefäßgesunden Pferdes (mit loser Niet beschlagen) (Präparat 17), 1 Arcus terminalis, 2 Rami dorsales, 3 Sohlenrandarterie, 4 Aa. Papillares, 5 Nagelkanäle

3.3.1.2 Unterbrechung der Sohlenrandarterie

An insgesamt sechs Hufen wurden Unterbrechungen im Verlauf der Sohlenrandarterie festgestellt (Abb. 18-20).

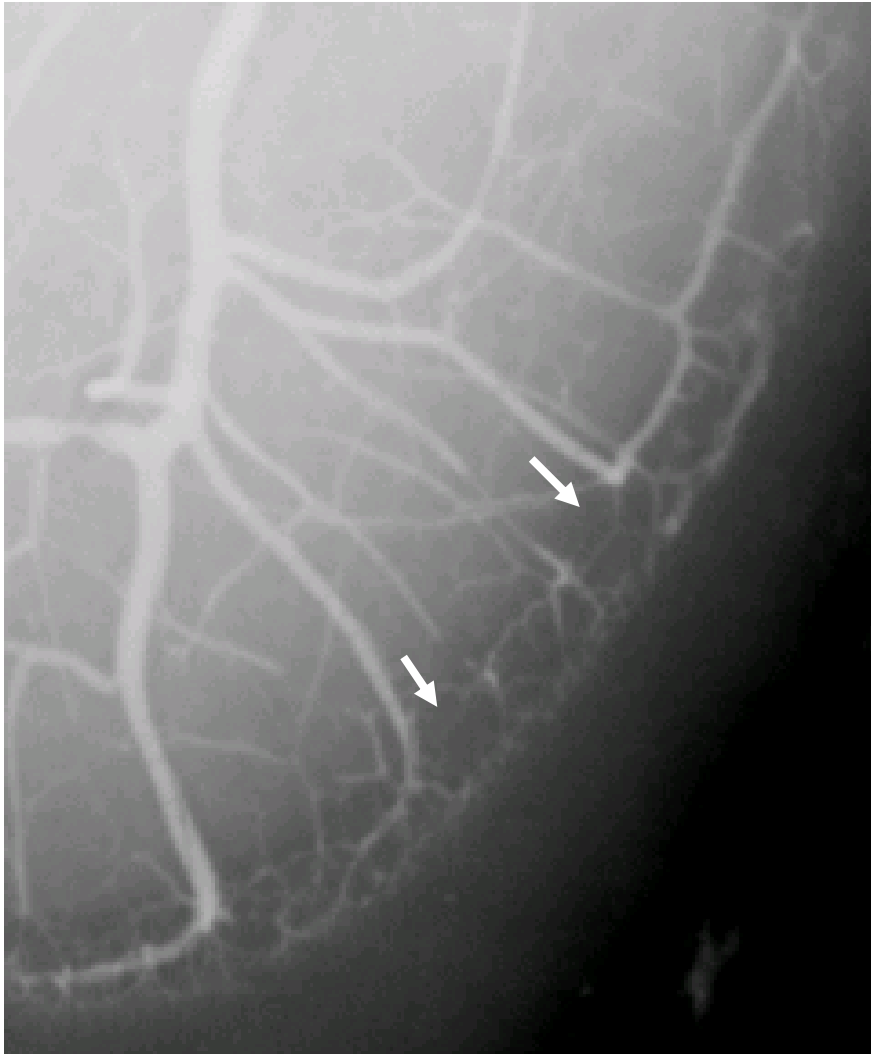


Abb. 18 – Pars lateralis Präparat 41, rechter Hinterhuf, unbeschlagen, Sohlenrandarterie an zwei Stellen unterbrochen (s. Pfeile)

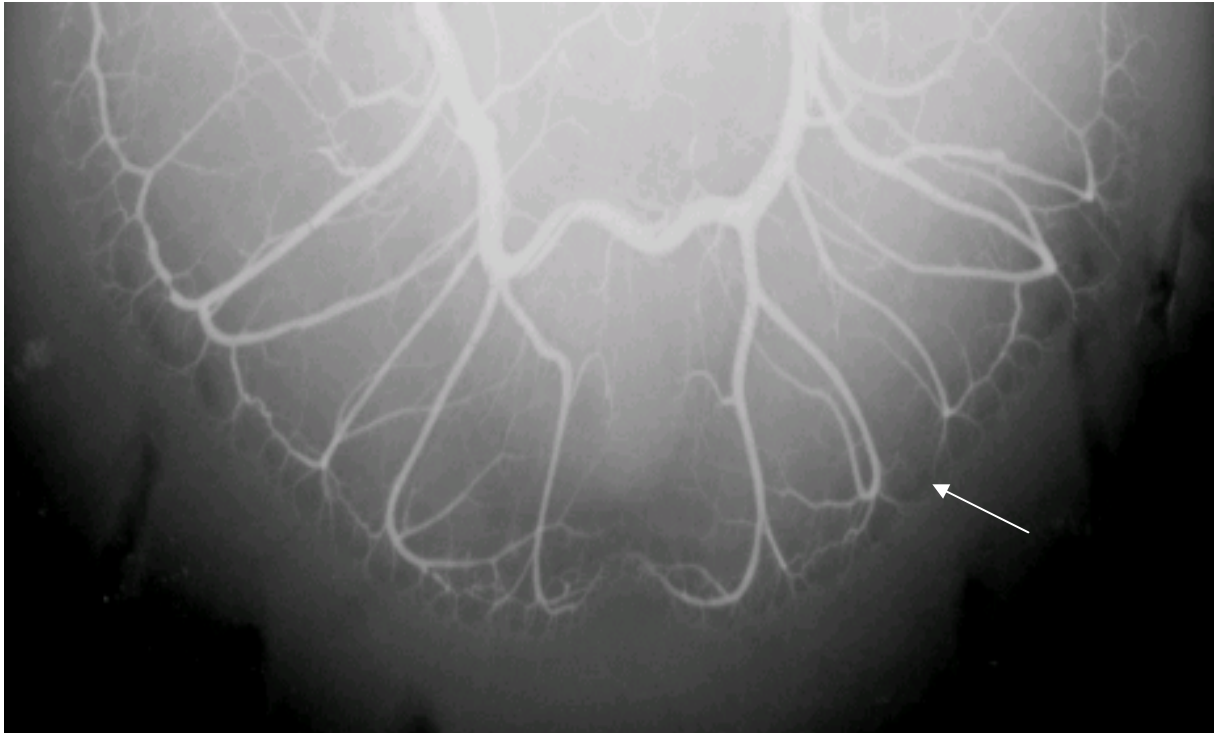


Abb. 19 – Präparat 28, rechter Vorderhuf, Beschlagen mit losem Niet, Unterbrechung der Sohlenrandarterie in der Pars medialis (Pfeil)

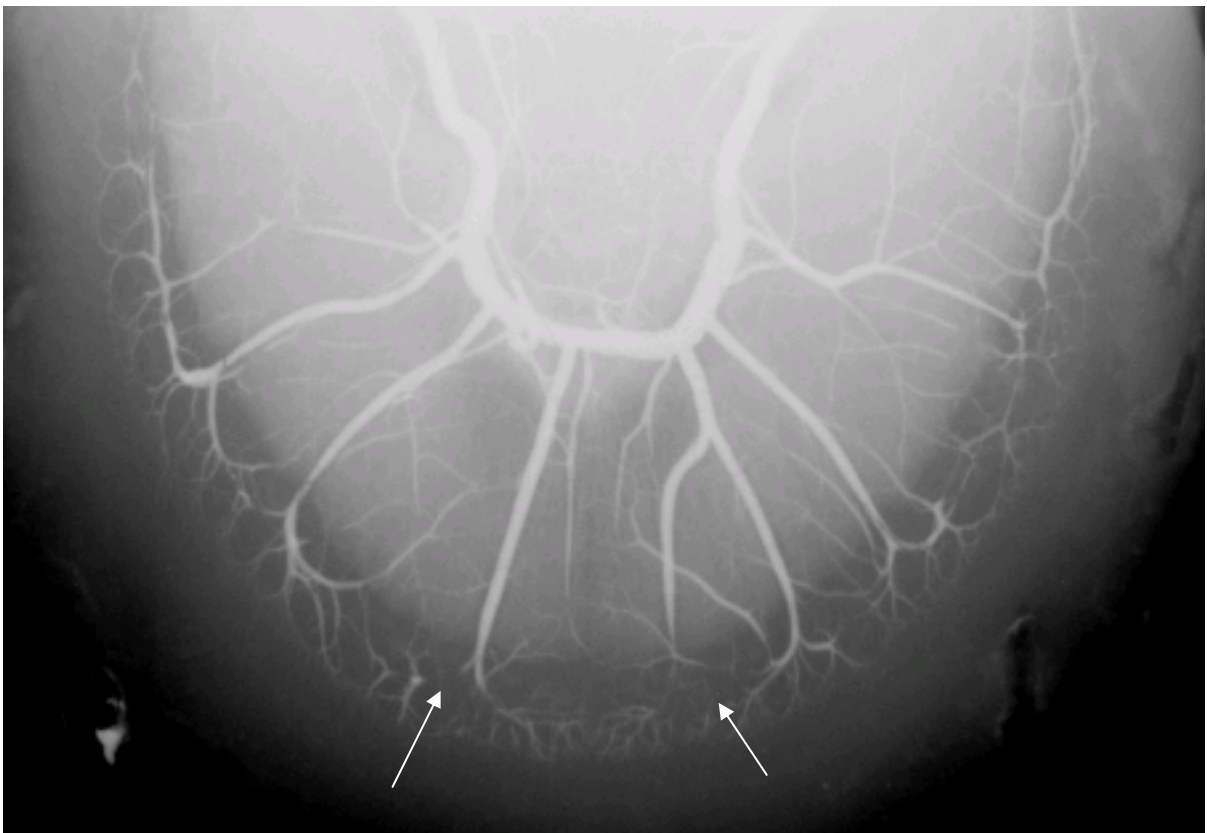


Abb. 20 – Präparat 21, linker Hinterhuf, vorbestehender Beschlag wurde belassen, Unterbrechung der Sohlenrandarterie in der Pars dorsalis (Pfeile)

3.3.1.3 Besonderheiten

An 11 Arteriogrammen wurden weitere Auffälligkeiten in Bereich der Sohlenrandarterie beobachtet, die in den folgenden Abbildungen illustriert sind (Abb. 21-23).

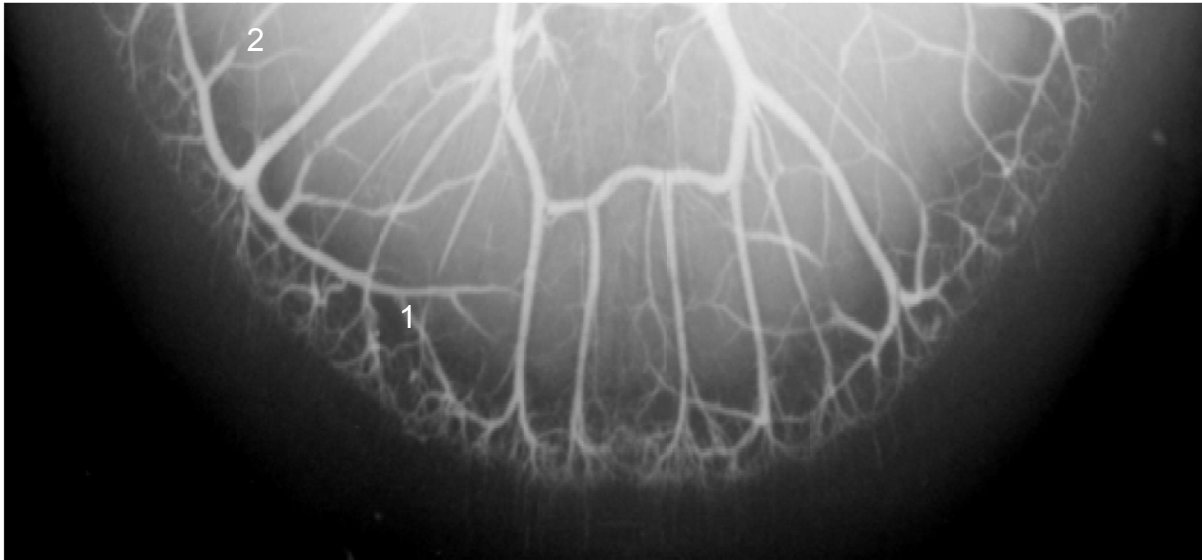


Abb. 21 – Präparat 31, rechter Hinterhuf, unbeschlagen, 1 Verlauf der Sohlenrandarterie, 2 verengter Ramus dorsalis

Der Verlauf der Sohlenrandarterie in der Abb. 20 Ziffer 1 ist different zu den anderen Arteriogrammen. Ein Ramus dorsalis (Ziffer 2 in Abb. 20) in der Pars lateralis ist verengt.



Abb. 22 – Präparat 55, linker Vorderhuf, unbeschlagen, 1 Ramus dorsalis unterbrochen, 2 Arcus terminalis, 3 Sohlenrandarterie mit geschlängeltem Verlauf und Doppelung oder Teilung

Auffällig in der Abb. 21 sind der Arcus terminalis und die Sohlenrandarterie mit ihrem geschlängelten Verlauf und der doppelten Anlage. Weiterhin ist ein Abbruch der Gefäßzeichnung eines Ramus dorsalis bei erhaltener Sichtbarkeit der Sohlenrandarterie zu erkennen (Ziffer 1 in Abb. 21).



Abb. 23 – Präparat 17, rechter Vorderhuf mit dünner Sohle beschlagen, 1 geschlängelter Verlauf der Sohlenrandarterie, 2 geteilter Verlauf der Sohlenrandarterie

4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob der Druck, den das glatte Hufeisen und/oder die Hufnägel auf die Hufkapsel ausüben, ausreicht, um eine mechanische Gefäßkompression im Bereich der Sohlenrandarterie zu erzeugen. Am lebenden Tier kann mittels arterieller Angiographie gezeigt werden, dass ein lokaler Druck mit der Hufuntersuchungszange auf die Sohlenfläche am Sohlenrand zu einer deutlichen Auslöschung der Sohlenrandarterie führt.

Die Hypothese war, dass solche lokalen Druckphänomene durch den Hufbeschlag auch an Hufen von frisch getöteten Tieren mittels Kontrastmittelstudien der Sohlenrandarterien sichtbar gemacht werden können. Diese Untersuchung hat jedoch gezeigt, dass zwischen Hufen mit aufgenageltem Hufeisen im Vergleich zu unbeschlagenen Hufen keine Unterschiede im Hinblick auf das Arteriogramm der Sohlenrandarterie zu erkennen sind. Dies bedeutet, dass der Druck des Hufbeschlags auf die Lederhaut nicht ausreicht, um eine Gefäßkompression zu erreichen oder dass die in dieser Arbeit verwendete Methode der postmortalen Arteriographie nicht geeignet ist, um mögliche Beeinträchtigungen der Arterien im Sohlenrandbereich darzustellen.

4.1 Material und Methode (Kritische Evaluation der Methodik und der angiographischen Technik)

Die Präparate repräsentieren sowohl Klein- als auch Großpferde verschiedener Altersklassen, als auch verschiedener Haltungsformen und Geschlechter. Es wurden bei der Präparatgewinnung ausschließlich Tiere aus der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin verwendet.

Der grundsätzliche methodische Ansatz der Untersuchung basiert auf der von HERTSCH (1981) beschriebenen Technik der Arteriographie. Abweichend dazu wurde das Präparat nicht wie bei HERTSCH (1981) auf Höhe des Carpal- oder Tarsalgelenkes abgesetzt, sondern in Anlehnung an die Erfahrungen von MADEICZYK (1991) auf Höhe des Fesselgelenkes (Articulatio metacarpophalangea/-tarsophalangea). Neben den bereits von MADEICZYK (1991) erwähnten Vorteilen des verkürzten Weges der Spülflüssigkeit und des Kontrastmittels in den Hufbereich und der Reduktion der Gefahr technischer Fehler, waren bei dieser Methode die A. digitalis palmaris/plantar lateral u. medialis sehr gut und schnell zugänglich.

Die durchgehend gute Kontrastmittelfüllung der Arterien in allen Präparaten wurde nach vorheriger Spülung der Gefäße mittels Leitungswasser und anschließendem manuellen

Kneten des Präparates erzielt. Diese Methode wurde bereits von TERBERGER (1988) und MADEICZYK (1991) erfolgreich angewendet. Hier hatte sich auch gezeigt, dass die Verwendung von physiologischer Kochsalzlösung und der Zusatz von Heparin keinen Vorteil brachten. Das Leitungswasser wurde gewebeschonend unter physiologischen Druckverhältnissen infundiert, analog den Arbeiten von SAMY (1977), HERTSCH (1981), DREWES (1990) und DAMMER (1986). Abweichend von den bisher verwendeten Techniken erfolgte im Versuchsansatz der vorliegenden Untersuchung ein weiterer Spülvorgang nach der Kühlung und vor der Infusion mit dem Kontrastmittel, um sicherzustellen, dass alle Reste von Blut aus den Gefäßen entfernt wurden. Andere Autoren frieren die Präparate vor dem Ausspülen des Blutes für eine Woche ein. Eine Thrombenbildung post mortem ist nicht absolut auszuschließen, auf die Sohlenrandarterie bezogen ist jedoch sicher zu sagen, dass das Ergebnis bezüglich der Wirkung des Hufbeschlags auf die Sohlenrandarterie nicht durch mögliche Thromben/Blutreste verfälscht wurde.

Wie schon in den Arbeiten von HERTSCH (1981), DAMMER (1986), TERBERGER (1988) und MADEICZYK (1991) hat sich das Verfahren der Arteriendarstellung mit einer Aufschwemmung eines bariumsulfathaltigen Pulvers (Micropaque®flüssig, Guerbet GmbH, Sulzbach Deutschland – 100 ml enthalten 100 g Bariumsulfat) bewährt. Auch die Infusion des Kontrastmittels erfolgte unter physiologischen Druckverhältnissen, um eine methodenbedingte Beeinflussung der Arterien auszuschließen. Die leichte Trübung der nach Infusion des Kontrastmittels aus dem venösen Schenkel austretenden Flüssigkeit lässt sich auf eine geringe Beimengung weißer Bariumsulfateilchen zurückführen. Schon TERBERGER (1988) beschreibt dieses Phänomen und begründet es mit arteriovenösen Anastomosen, die einen Übertritt der Bariumsulfateilchen in den venösen Schenkel ermöglichen. Bei Kontrolluntersuchungen stellte er fest, dass es nicht zu einer Beeinflussung des angiographischen Bildes im Bereich des Huf- und des distalen Kronbeins führte. Die in dieser Arbeit erstellten Arteriogramme entsprechen bezüglich Qualität und Gefäßanatomie den Angaben und Abbildungen der Arteriogramme anderer Autoren (HERTSCH 1981, DAMMER 1986, TERBERGER 1988, MADEICZYK 1991, DENOIX 2007), so dass hier nicht von einer versehentlichen Kontrastmittelfüllung der Venen auszugehen ist.

Für die Erstellung der Röntgenaufnahmen wurde die Oxspringtechnik gewählt, da in dieser Projektion eine vollständige Darstellung der Sohlenrandarterie in einer Aufnahme gelingt. Durch die Verwendung der für jede Aufnahme gleichen Technik, mit einem immer gleichen Winkel der Sohlenfläche zur Röntgenkassette, wurde die Vergleichbarkeit der Röntgenaufnahmen untereinander sichergestellt. Aufgrund der Überlagerung mussten die Eisenteile (Hufeisen und Nägel) vor dem Röntgen entfernt werden.

Zur topographischen Darstellung der Lage des Hufnagels in Relation zu den umgebenden Strukturen wurden einzelne Präparate in einer Frontalebene aufgesägt und die gereinigte Schnittfläche photographisch dargestellt. Anhand dieser Präparate ist die topographische Nähe von Hufeisen und Hufnagel zur Sohlenrandarterie erkennbar. Trotz der topographischen Nähe des Nagels und des Hufeisens zur Sohlenrandarterie befindet sich noch Horn zwischen Eisenteilen und Sohlenrandarterie. Es erscheint möglich aber unwahrscheinlich, dass der durch den Hufbeschlag entstehende Druck so stark ist, dass er durch das Horn zu einer Kompression der Sohlenrandarterie führen kann.

In dieser Untersuchung wurde das Eigengewicht der Pferde auf den Huf nicht berücksichtigt. Eine Gefäßreaktion auf den Hufbeschlag ist post mortem nicht möglich, so dass eine analog zur indirekten Vernagelung entstehende Entzündungsreaktion in den Folgetagen hier keine Berücksichtigung finden kann. Die postmortale Gefäßfüllung folgt allein den physikalischen Gesetzen der Gefäßwand und ihres umgebenden Gewebes sowie den rheologischen Gegebenheiten des Injektionsmittels.

4.2 Auswertung / Ergebnis

Die Unterteilung der Zehenregionen nach WISSDORF et al. (1987) ermöglichte eine reproduzierbare und vergleichbare Einteilung der Sohlenrandarterie in drei Abschnitte. Die Kanäle der Hufnägel liegen überwiegend in der Pars lateralis/medialis. Die der Zehenspitze am nächsten gelegenen Nägel bilden sich in Abhängigkeit der Hufform im Übergang der Pars lateralis/medialis zur Pars dorsalis ab. Um eine optimale Ausrichtung der Schablone über dem Röntgenbild zu erreichen, wurden die Hufe vor dem Röntgen vermessen und entsprechend röntgendichte Markierungen an der weitesten Stelle angebracht (zwecks Vergrößerung der Abbildungen nicht abgebildet).

Das Vorgehen mit der Hufuntersuchungszange im Tierversuch zeigte ein reproduzierbares typisches Muster in der Angiographie insofern, als dass die in das Gebiet der Druckeinwirkung führenden Arterien sich zunächst kräftig darstellen und mit zunehmender Nähe zum Punkt der Druckeinwirkung schwächer abgebildet sind. Die Arterien in unmittelbarer Nähe der Druckeinwirkung sind nicht mit Kontrastmittel angefüllt und im angiographischen Bild nicht sichtbar (Auslöschungsphänomen). Dieses gilt auch für die aus diesen Arterien abgehenden Äste. In Ableitung dieser Beobachtung wurde das Vorhandensein einer Unterbrechung des im angiographischen Bild sichtbaren Gefäßverlaufs der Sohlenrandarterie als druckbedingte Auslöschung gewertet.

Bei den Versuchen am lebenden Tier konnten keine Unterbrechungen der Sohlenrandarterie direkt nach dem Hufbeschlag festgestellt werden. Die Beobachtung, dass viele Pferde nicht direkt nach dem Beschlag klamm gehen, sondern diese Lahmheit sich erst in den folgenden Stunden einstellt, lässt eine beschlagsbedingte pathophysiologische Gewebsantwort im Sinne einer entzündlich- oder druckbedingten Reaktion möglich erscheinen.

Auch ist zu berücksichtigen, dass in Narkose das Gewicht und die Bewegung des Pferdes nicht einwirken. Unter natürlichen Bedingungen muss immer die Möglichkeit der Einwirkung der Hufbearbeitung auf die Stellung und die damit mögliche Einwirkung auf die Sehnen und Gelenke bei Stellungsänderung des Hufes mit daraus folgender Lahmheit berücksichtigt werden.

Ein entzündungsbedingtes Ödem hätte in einem Gewebe, das zwischen zwei festen Strukturen (Hufwand und Hufbein) gelegen ist, wenig Raum zur Ausdehnung (RUCKER 2003, ROBINSON 1998) und könnte somit eine komprimierende Wirkung auf die Lederhautgefäße haben. Insofern sollte die Betrachtung der Lederhaut und ihrer Gefäße in der weiteren Forschung in diesem Zusammenhang nicht aus den Augen verloren werden.

Eine Untersuchung am Folgetag des Hufbeschlags könnte durchgeführt werden, um den Huf auf nachträglich entstehende Gefäßreaktionen hin zu untersuchen. Es ist ggf. zu prüfen, ob eine solche Auswirkung auf die kleineren Papillararterien einwirkt.

Die Unterbrechungen in der Sohlenrandarterie an sechs von 71 Präparaten stellten sich als kurze Abschnitte innerhalb der jeweiligen Pars dar, bei denen die Kontrastmittelfüllung abrupt abbrach. Diese Gefäßabbrüche zeigten sich innerhalb aller untersuchten Gruppen, ohne Häufung in der Versuchsgruppe. Bei Hufen, bei denen die Sohle vor dem Aufbringen des Hufeisens stark gekürzt wurde, konnte in keinem Fall eine Unterbrechung dargestellt werden, obwohl in diesen Fällen das Hufeisen selbst näher an der Huflederhaut zu liegen kommt und auch der Hufnagel sich der Huflederhaut annähert. Aufgrund dieses Ergebnisses ist ein Zusammenhang der beobachteten Gefäßunterbrechungen mit dem Hufbeschlag nicht herzustellen. Als mögliche Gründe dieser Unterbrechungen sind Artefakte, wie Thromben oder Lufteinschlüsse, sowie vorhergehende unerkannte Erkrankungen, wie eine nicht bemerkte Steingalle, oder anatomische Varianten vorstellbar. Zur genaueren Untersuchung der Ursachen ist diese Methode nicht geeignet. In Anbetracht der Verwendung einer bereits mehrfach erprobten Technik und keinem Anhalt auf Gefäßabbrüche, die in einem Zusammenhang mit dem Hufbeschlag entstehen, ist durch eine Berücksichtigung einer größeren Versuchsgruppe kein anderes Ergebnis zu erwarten.

Ein Vergleich des Gefäßstatus eines Präparates vor und nach dem Beschlag war methodenbedingt nicht möglich. Das einmal eingebrachte Kontrastmittel härtet aus und ein

erneutes Freispülen und Wiederbefüllen ist nicht möglich. Dieses wäre aber eine Voraussetzung für einen Vergleich vor und nach Hufbeschlag eines Pferdes gewesen.

Die durch das Hufeisen und die Nägel tatsächlich ausgeübte Krafteinwirkung auf den Huf zu messen, hätte einen hohen technischen Aufwand bedeutet. Im Hinblick auf den fehlenden Nachweis einer Beeinflussung der Sohlenrandarterie durch den Beschlag bei allen hier untersuchten Beschlagsformen wurde hierauf verzichtet, ebenso wie auf eine exakte Messung der Sohlendicke.

Anhand dieser Untersuchung von Präparaten lässt sich beweisen, dass der Beschlag mit glattem Eisen und Nägeln bei korrekt ausgeführter Beschlagtechnik bei toten Gliedmassen keinen Druck auf das Hufhorn ausübt, der so auf die Lederhaut übertragen wird, dass es zu einer mit dieser Technik nachweisbaren Auslöschung der Sohlenrandarterie kommt. Nicht berücksichtigt wurden die Faktoren der Belastung im Stand und in der Bewegung.

Im Stand wirken durch das Eigengewicht des Pferdes hohe Kräfte auf den Huf ein, die sich im Falle eines Beschlags auf die Fläche des Hufeisens konzentrieren. Hierdurch wäre auch ein im Stand erhöhter Anpressdruck des Hufeisens denkbar.

Im Vergleich zu der Untersuchung mit der Hufuntersuchungszange ist zu berücksichtigen, dass die Fläche, auf die die Hufuntersuchungszange einwirkt, deutlich geringer ist, als die im Verhältnis dazu recht große Auflagefläche des Hufeisens. Etwa die Hälfte des Hufeisens liegt der sehr wenig elastischen Hornwand an. Die große Auflagefläche des Hufeisens und die Härte des Wandhorns, welches einen Teil der Auflagefläche des Hufeisens darstellt, werden ein Eindringen des Hufeisens in Richtung Sohlenrandarterie deutlich erschweren.

Noch höher sind die auf den Huf einwirkenden Kräfte in der Bewegungsbelastung, da hier nochmals größere Kräfte zum Tragen kommen. An dieser Stelle muss der Effekt des Hufbeintragapparates Berücksichtigung finden, wonach der Huf im Hornschuh aufgehängt ist und bei Belastung somit nicht das reine Gewicht des Pferdes als zusätzlicher Anpressdruck des Hufeisens zu erwarten ist.

Ebenso wurde die Bandbreite der orthopädischen Hufeisen nicht berücksichtigt. Es ist noch zu erforschen, ob zum Beispiel eine Erhöhung der Trachten oder die Sohleneinlagen eine Auswirkung auf die Durchblutung des Pferdehufes haben.

Um diese Fragen zu klären, wird es notwendig sein, nicht nur am Präparat zu forschen, sondern entsprechende angiologische Untersuchungen am lebenden Pferd durchzuführen.

4.3 Schlussfolgerungen

In einigen der im Rahmen dieser Arbeit angefertigten Arteriographien wurden Abweichungen vom sonst üblichen Gefäßverlauf gezeigt. Der Gefäßabbruch an den Rami dorsalis (Abb. 20 und 21) ist meines Erachtens genauso als Artefakt, unerkannte Erkrankung oder anatomische Variante zu werten, wie für die Sohlenrandarterie oben beschrieben. Bei der Beobachtung des Arcus terminalis konnten in mehreren Röntgenbildern unterschiedliche Formen dargestellt werden. Diese wurden in dieser Arbeit nicht ausgewertet. Hier wäre zu untersuchen, inwiefern eine ausgeprägte Schlingelung oder Doppelung des Arcus terminalis (Abb. 21) und/oder der Sohlenrandarterie (Abb. 21 und 22) mit einem bestehenden, vorangegangenen oder chronischen Entzündungsprozess einhergehen. Bei dem von der Norm abweichenden Verlauf der Sohlenrandarterie in Abb. 20 scheint nur die Lage des Gefäßes verändert zu sein. Die Sohlenrandarterie ist in Richtung Kronrand verlagert, die von der Sohlenrandarterie abgehenden Gefäße sind entsprechend länger, so dass ein gleichmäßiger Gefäßsaum um das Hufbein herum entsteht. Eine länger abgeheilte Verletzung/Erkrankung wurde hier vorberichtlich nicht als mögliche Ursache erwähnt.

Um anatomische Varianten von krankheitsbedingten Veränderungen zu unterscheiden, sind weitere systematische Untersuchungen zur Darstellung des physiologischen arteriellen Verlaufs der Gefäße des Hufes notwendig, um eine Abgrenzung zu Hufkrankungen zu ermöglichen.

Die postmortale arteriographische Untersuchung mittels Bariumsulfat wurde mehrfach verwendet um Gefäße und auch pathologische Gefäßveränderungen bei Hufrehe oder Strahlbeinerkrankungen darzustellen. Deshalb sind wir davon ausgegangen, dass diese Methode geeignet ist, den Nachweis einer mechanisch-/druckbedingten Komprimierung der Sohlenrandarterie nachzuweisen. Der fehlende Nachweis einer Komprimierung der Sohlenrandarterie im Zusammenhang mit dem dieser Arbeit zugrundeliegenden Versuchsansatzes ist somit so zu deuten, als dass die mechanischen Kräfte von Hufeisen und Hufnagel nicht stark genug sind, die Sohlenrandarterie abzudrücken.

Die Arbeit hat keinen Hinweis einer beschlagsbedingten Gefäßveränderung der Sohlenrandarterie ergeben, die eine Erklärung für das Phänomen des direkt nach dem Beschlag auftretenden Schmerzes gibt.

Durch das oben genannte Ergebnis ist aber nicht belegt, dass der Beschlag als solcher nicht indirekt Auslöser der im direkten Anschluss an das Aufbringen des Hufeisens auftretenden Lahmheiten, respektive Ursache einer Lahmheit auslösenden Ischämie sein kann. Ein geringerer Druck ist möglicherweise nur in der Lage, die feineren von der Sohlenrandarterie abgehenden Gefäße abzudrücken.

Wie oben bereits erwähnt muss infrage gestellt werden, ob es durch den Hufbeschlag überhaupt zu einer Ischämie im Bereich der Sohlenrandarterien kommt. Eine einige Tage später auftretende Entzündungsreaktion oder eine Beteiligung von nervalen Strukturen sollte auch in Erwägung gezogen und gegebenenfalls geprüft werden.

Auch betrifft die nach dem Hufbeschlag auftretende Lahmheit nur wenige aller beschlagenen Pferde. Auf diese Gruppe von Pferden sollten sich weitere Untersuchungen beziehen.

Es bleibt die Beobachtung, dass bei einem in vivo Versuchs mittels arteriographischer Darstellung mit Ultravist[®] -300 (Iopromid) eine druckbedingte Auslöschung der Sohlenrandarterie bei Abdrücken des Hufes mit einer Hufuntersuchungszange nachgewiesen werden konnte.

5 Zusammenfassung

In Ableitung zweier Beobachtungen, dem immer wieder beschriebenen „Klammgehen“ frisch beschlagener Pferde und dem Nachweis der Gefäßauslöschung im Bereich der Huflederhaut durch Druck mittels einer Hufuntersuchungszange, ergab sich die Fragestellung, ob durch einen regelhaft durchgeführten Hufbeschlagn mit glatten Eisen und Nägeln eine Kompression der Sohlenrandarterie und ihres Versorgungsgebietes aufgrund des durch den Beschlagn direkt einwirkenden Druckes ausgelöst werden könnte und damit Grundlage für diverse akute und chronische Folgen des Hufbeschlagns sei.

Von den Gliedmaßen von 31 krankheitsbedingt euthanasierten oder verstorbenen hufgesunden Pferden aus dem Patientengut der Pferdeklinik der Freien Universität Berlin wurden insgesamt 71 Präparate der Hufe erstellt.

Die Präparate wurden in drei Gruppen eingeteilt: 28 Präparate wurden mit unterschiedlicher Technik beschlagen (feste Nieten, lose Nieten, dünne Sohle), bei 18 Präparaten wurde der vorbestehende Hufbeschlagn belassen, und 25 Präparate zuvor unbeschlagener Pferde wurden ohne Beschlagn belassen und dienten als Kontrollgruppe.

Die Darstellung der Arterien im Sohlenrandbereich erfolgte mittels einer röntgenologischen Kontrastmittelstudie des Hufbeines.

Die Angiogramme wurden hinsichtlich einer Unterbrechung der Kontrastmittelfüllung im Verlauf der Sohlenrandarterie untersucht.

Mit den vorliegenden Ergebnissen konnte kein Zusammenhang zwischen Gefäßunterbrechungen an der Sohlenrandarterie und dem Hufbeschlagn erkannt werden. Von der unbeschlagenen Kontrollgruppe zeigten 12,0% (3/25), aus der Vergleichsgruppe 5,6% (1/18) und aus der Gruppe der experimentell beschlagenen 7,1% (2/28) mindestens eine Unterbrechung der Sohlenrandarterie.

Mittels Beschlagn mit glattem Eisen und Nägeln und in korrekt ausgeführter Beschlagntechnik konnte am Präparat auch bei dünnen Sohlen keine Komprimierung der Sohlenrandarterie provoziert werden.

Die Versuchsanordnung lässt keine Aussage zu, ob unter zusätzlicher Berücksichtigung des Eigengewichts des Pferdes und der Bewegungsbelastung eine durchblutungsrelevante Kompression der Gefäße im Sohlenrandbereich entstehen kann.

Ebenso konnten beschlagnsbedingte pathophysiologische Gewebsreaktionen nicht berücksichtigt werden, die ihrerseits eine Kompression der Gefäße bzw. eine Mangel durchblutung auslösen können oder schmerzverursachende Veränderungen

bewirken. Gefäßuntersuchungen an lebenden Pferden unter Berücksichtigung aller beeinflussenden Faktoren sowie der Gewebsreaktionen wären notwendig, um die Fragestellung zu klären.

6 Summary

Effect of horse shoeing on the perfusion of the corium in the solear margin

From the following two phenomena the question arises whether shoeing horses regularly with iron horse shoes and nails may determine a compression of the circumflex artery of the sole and the area it supplies initiated by the direct pressure of the shoeing and thus be the cause for various acute and chronic dysfunctions occurring in hoof shoeing. The first phenomena is the often observed clammy movement of newly shod horses and the second is the detectable extinction of blood vessel patterns in the corium of the hoof when compressed by a hoof examination forceps.

From 31 horses with healthy hooves that died or were euthanized at the Equine hospital of the Free University of Berlin, 71 specimens of hooves were obtained. The specimens were divided in three Groups: 28 of the formerly unshod specimens were shod by different techniques (tightly studded, loosely studded, and normally studded but weakened hoof sole), 18 of the specimens were already shod when obtained and left that way and 25 of the formerly unshod stayed unshod as reference group. The circumflex artery of the sole has been displayed by a radiographic contrast agent study of the coffin bone. Subsequently, the angiograms were examined for disruptions of the contrast filling in the circumflex artery of the sole.

The results of this study did not reveal a correlation between filling defects at the circumflex artery of the sole and shoeing. Twelve percent (3/25) of the unshod reference group, 5,6% (1/18) of the previously shod and 7,1% (2/28) of the experimentally shod specimen showed at least one disruption of the circumflex artery of the sole.

Shoeing horses with iron horse shoes and nails using correct shoeing technique could not produce a compression of the circumflex artery of the sole - even in specimens with thin soles. The experimental assembly did not allow any conclusion as to whether a compression of the circumflex artery of the sole relevant to blood flow could be induced when body weight of the horse and strain of movement are taken into consideration. Furthermore, pathophysiologic mechanism of tissue due to shoeing such as local inflammation triggering contraction of blood vessels and reduction of blood flow could not be observed with this study design. In vivo angiographic studies would be necessary to further evaluate these important questions.

7 Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
d.h.	das heißt
et al.	et aliter
FU	Freie Universität
ggf.	gegebenenfalls
i.v.	intravenös
KG	Körpergewicht
kg	Kilogramm
KV	Kilovolt
Lp	Linienpaare
μ	mikro
mg	Milligramm
μm	Mikrometer
mm	Millimeter
mAs	milli Ampere Sekunde
ml	Milliliter
NAV	Nomina Anatomica Veterinaria
Nm	Newtonmeter
Nr.	Nummer
o.ä.	oder ähnliches
o.g.	oben genannten
s.	siehe
sec.	Sekunden
u.	und
u.a.	unter anderem
u.ä.m.	und ähnliches mehr
usw.	und so weiter
Vv.	Venae
v.Chr.	vor Christus
z.B.	zum Beispiel

8 Literaturverzeichnis

ACKERMAN, N., GARNER, H.E., COFMAN, J.R., CLEMENT, J.W. (1975):

Angiographic Appearance of the Natural equine Foot and Alterations in Chronic Laminitis,
JAVMA Vol **166** (1), 58-62

ADAMS, O.R. (1972):

Vascular changes in experimental laminitis
Proc. 18th Ann.Conv. Am Assoc. Equine
Pract., 359-374

ALLEN, D. jr. (1989):

Contribution of digital vasculature to the development of acute equine laminitis
3rd Laminitis symposium; Lexington, Kentucky

AUF DEM HÖVEL, H.C. (1993):

Mikroangiographische Untersuchungen an den Beugesehnen des Pferdes mit Hilfe der
Fein-Focus-Röntgentechnik
Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

BECKER, M., WILD, P. (1981):

Microzirkulation und Hufrehe
Tierärztl. Prax. **9**, 495-502

BIBRACK, B. (1961):

Über die formale und kausale Genese der Zehenarterienobliterationen beim Pferd
Zentralbl. Veterinärmed. Reihe A **10**, 67-84

BORDALEI, C.C., NIGAM, J.M. (1977):

Angiographic studies of the donkey foot (normal and abnormal)
J. Am. Vet. Radiol. **18**, 90-92

BUDRAS, K.D. u. RÖCK, S. (1997):

Atlas der Anatomie des Pferdes
Verlag Schlütersche, 3. Aufl., 24-27

COFFMANN, J.R., JOHNSON, J.H., FINOCCHIO, E.J., GUFFY, M.M. (1970):

Hoof circulation in equine laminitis

J. Am. Vet. Med. Ass. **156**, 76-83

COFFMANN, J.R., GARNER, H.E. (1971):

Acute laminitis

J. Am. Vet. Med. Assoc. **161**, 1280-1283

COLLES, C.M., GARNER, H.E., COFFMAN, L.B. (1979):

The blood supply of the horse's foot

Proc. 25th, Ann. Con. Am. Ass. Equine Pract., 385-389

COLLES, C.M., HICKMANN, J. (1977):

The arterial supply of the navicular bone and its variations in navicular disease

Equine Vet. J. **9**, 150-154

DAHME E., WEISS, E. (1999)

Grundriß der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere

5. Auflage, Stuttgart, Enke, 27-45

DAMMER, H. (1986):

Kontrastmitteluntersuchungen der Strahlbeine (Arteriographie und Arthrographie) bei Pferden mit und ohne Podotrochlose mit der Fein-Focus-Röntgentechnik

Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

D'ARPE, L., COPPOLA, L.M., BERNADINI, D. (2008a):

Neueste Modifikationen der digitalen Venographie am stehenden Pferd

In: Internationales Symposium „Hufrehe“ Berlin 2008

FN Verlag, Warendorf, 144-146

D'ARPE, L., MOREAU, X., COPOLLA, L.M., BERNADINI, D., MASIEROT, S. (2008b):

Venogramm der equinen Zehe in Verbindung zur Biomechanik

In: Internationales Symposium „Hufrehe“ Berlin 2008

FN Verlag, Warendorf, 82-84

DENOIX, J. M. (2007):

The equine distal limb

5. Auflage, Manson Publishing Ltd., London, 15

DIETZ, O., LIETZKE, L.F., NAGEL, E. (1984):

Was leistet die Angiographie in der Diagnostik von Erkrankungen der Gliedmaßen, bzw. der Zehe bei Rind und Pferd?

Proc. European Society of Veterinary Surgery, 15th Congress, Berne

DIETZ, O., HUSKAMP, B. (1999):

Handbuch Pferdepraxis

2. Auflage, Stuttgart Enke, 911-944

DREWES, H. (1990):

Angiographische Untersuchungen der Zehe bei der Hufrehe des Pferdes

Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

ELSEED, K.E.D.E.K. (2006)

The venous Blood Supply of the Navicular Bone and its Variations in Radiographic Visible Nutrient Foramen in the Horse

Berlin, FU Berlin, Diss.

FLOYD, A. E., MANSMANN, R. A. (2009)

Hufkrankheiten, Diagnostik-Therapie-orthopädischer Beschlag

1. Auflage, München Urban und Fischer, 255-404

FRICKER, CH., RIEK, W., HUGELSHOVER, J. (1981):

Der Verschluß der Digitalarterien als Lahmheitsursache beim Pferd

Schweiz. Arch. Tierheilk. **123**, 235-240

FRICKER, CH.(1982):

Occlusion of the digitalarteries- a model for pathogenesis of navicular disease

Equine Vet. Journal **14**, 203-207

FRUCK, M. (2007):

Einfluss der Sohlendicke auf die Thermoisolation der Hornkapsel beim Equiden

München, Tierärztlichen Fakultät der LMU München, Diss.

GOETZ, T. E. (1987):

Anatomic hoof and shoeing considerations for the treatment of Laminitis in Horses
JAVMA, Vol **190**, No 10, May, 15, 1323-1987

GUTENÄCKER, F. (1901):

Die Hufkrankheiten des Pferdes
Verlag Enke, Stuttgart

HABERMEHL, K.H. (1986):

Haut und Hautorgane In Nickel, R., Schummer, A., Seiferle E.:
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. III: Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane,
Verl. Paul Parey, 3. Aufl., Berlin, 557-576

HERTSCH, B. (1973):

Zur Arteriographie der Zehe des Pferdes
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 86, 461-465

HERTSCH, B. (1974):

Angiographie der Zehe
Vortrag auf der 3. Arbeitstagung der Fachgruppe Pferdekrankheiten der deutschen
veterinärmedizinischen Gesellschaft in Wien am 27. September 1974

HERTSCH, B. (1981):

Arteriographische Untersuchung an den Extremitäten beim Pferd
Hannover, Tierärztliche Hochschule, Habil.-Schr.

HERTSCH, B (1982):

Verwendung von Kunststoffen im Hufbeslag
Vortrag auf der 8. Arbeitstagung der Fachgruppe Pferdekrankheiten der deutschen
veterinärmedizinischen Gesellschaft in Freiburg, Oktober 1982, 68-74

HERTSCH, B. (2003):

Die Durchblutungsstörungen im Huf und an der Zehe
Tierklinik Salzhofen, 12. Gem. Hufbeslagstagung für Hufschmiede und Tierärzte am
08.November 2003 in Pforzheim,

HERTSCH, B. (2007):

Die Hufrehe als forensisches Problem - Beispiele

15. Hufbeschlagstagung für Hufschmiede und Tierärzte am 24. Feb. 2007 in Berlin

HERTSCH, B., CARSTENSEN, V. (1983):

Notwendiges Übel: Hufbeschlag

Reiter Revue 5, 520-526

HERTSCH, B., HÖPPNER, S., DALLMER, H. (1997):

Der Huf und sein nagelloser Hufschutz

FN- Verlag, Warendorf 26-31

HIRSCHBERG, R. M., (1999):

Die Feinstruktur der Blutgefäße an der gesunden und erkrankten Rinderklaue

Berlin, FU Berlin, Diss.

HIRSCHBERG, R. M., BRAGULLA, H.H. (2007)

Funktionelle Aspekte der Angioarchitektur des Pferdehufs

Pferdeheilkunde **23**, 27-38

HOOD, D.M. (1979):

Current concepts of the physiopathology of laminitis

Proc. 25th. Ann.Conv. Am. Ass. Equine Pract., 13-25

HORVATH, J. (1982):

Orthopädischer Reitpferdebeschlag

Vortrag auf der 8. Arbeitstagung der Fachgruppe Pferdekrankheiten 1982 Freiburg, 61-68

KAINER, R.A. (1989):

Clinical Anatomy of the Equine Foot

Vet. Clin. North Am: Equine Practice 5, Nr.1, 1-46

KÖHLER, H. (1951):

Endarteriitis obliterans der Zehenarterien beim Pferd

Frankf. Z. Pathol. **62**, 326-344

KÖNIG, H.E., LIEBICH H.-G. (1999):

In : Anatomie der Haussäugetiere, Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis
2.Aufl,Verlag Schattauer, Stuttgart, Band 1, 167-170

KÖRBER, H.D. (1989):

Huf, Hufbeschlag, Hufkrankheiten
Franckh'sche Verlagshandlung Stuttgart, 112-114

KRÜGER, G. (1934):

Über die Blutgefäßversorgung der Zehe und besonders des Zehenendorgans des
Pferdes
Gegenbauers Morphologisches Jahrbuch, Jahrbuch für Morphologie und Mikroskopische
Anatomie Erste Abteilung **74.** Band, Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H. Leipzig,
639-669

KULCZYCKI, J. (1938):

Arteriographie und Pneumoröntgenographie der Pferdeextremität
Zürich, Interlaken, 1938, Bd.1, 331-340

LEUTHOLD, A. (1951):

Leitfaden des Hufbeschlags
Landwirtschaftsdirektion des Kantons Bern, 5. Aufl., 123-129

LITZKE, L.-F., RAU, B. (2012)

Der Huf, Lehrbuch des Hufbeschlags
Verlag: Enke, 6. überarbeitete Aufl. Stuttgart, 95-261

LOVING, N.S., JOHNSTON, A.M. (1993):

Veterinary Manual for the Performace Horse
Blackwell Science Ltd., 80-91

LUNGWITZ, A. (1886):

Der Lehrmeister im Hufbeschlag. - Ein Leitfaden für die Praxis und Prüfung
2. Auflage G. Schönfeld's Verlagsbuchhandlung, Dresden

LUNGWITZ, U. (1928):

Der Lehrmeister im Hufbeschlag
Verlag M. u. H. Schaper, 21. Aufl., Hannover

MADEICZYK, V. (1991):

Mikroangiographische Untersuchungen bei der Hufrehe des Pferdes mit der Fein-Focus-Methode
Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

MARKS, G., BUDRAS, K.D. (1987):

Licht- und Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die akute Hufrehe des Pferdes
Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 100, 82-87

MARTIN, P. (1915):

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere
II Bd., 2. Hälfte: Eingeweide, Gefäße, Nerven, Sinnes- und Hautorgane des Pferdes
Verlag Schickhardt und Ebener, Stuttgart, 2. Aufl.

MÖLLER, H., FRICK, H. (1921):

Möllers Lehrbuch der Speziellen Chirurgie für Tierärzte
Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart, 6. Aufl.

NEMETH, F. (1972)

Vascularization of normal and pathological proximal sesamoid bones in the horse.
Tijdschr Diergeneeskd; 97: 1117-1126

NICKEL, R., SCHUMMER, A., SEIFERLE, E.(1996):

Haut und Hautorgane einschließlich Blutgefäße des Pferdes
in: HABERMEHL, K.H., VOLLMERHAUS, B., WILKENS, H. und WAIBL, H.
(Hrsg.): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd 3: Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane 3. Auflage Verlag Paul Parey im Blackwell Wissenschaftsverlag GmbH
Berlin, Wien S. 557-576

PICK, M. (1974):

Handbuch der Pferdekrankheiten, Ursache, Diagnose und Behandlung
Franckhsche Verlagshandlung, Stuttgart

POHLMAYER, K. (1979):

Die arteriellen Versorgungsgefäße und deren intraossärer Verlauf in den
Extremitätenknochen beim Pferdefohlen
IV Ossa digitorum manus,
Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. **86**, 113-119

POLLITT, C. (1999):

Farbatlas Huf
Verlag Schütersche, Hannover, 19-27

POLLITT, C.C., MOLYNEUX, G.S. (1990):

A scanning electron microscopical study of the dermal microcirculation of the equine foot
Equine Vet. J. **22** (2), 79-87

PRIETZ, G. (1985):

Huf und Klauenkunde mit Hufbeschlagslehre
Karger Verl., Basel

REDDEN, R.F. (2003):

Preventing laminitis in the Contralateral Limb of Horses with Non-Weight-Bearing
Lamness
Proc. of the 49th Annual Convention of the American Association of Equine Pract.

ROBINSON, N.E. (1998):

Step by painful step: increasing Knowledge about laminitis
Equine Vet. J. **30** (2), 124-130

RUCKER, A. (2003):

Aspects of the normal digital venogram: anatomy, parameters and variations in
Proceedings
16th Bluegrass Laminitissymposium 2003; 27-32

SAMY, M.T. (1977):

Osteochondrosis dissecans (O.D.) beim Mensch, Hund und Pferd
Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

SCHMIDT, S., JENNY, U. (1976):

Zur Angiographie beim Pferd – zwei Anwendungsbeispiele
Schweiz. Arch. Tierheilkd. **118**, 257-261

SCHUMMER, A. (1949a):

Blutgefäße und Zirkulationsverhältnisse im Zehenendorgan des Pferde
Hannover, Tierärztliche Hochschule, Habil.-Schr.

SCHUMMER, A. (1949b):

Zirkulationsfördernde Einrichtungen am Zehenendorgan des Pferdes
Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. **56**, 36-38

SCHUMMER, A. (1951a):

Blutgefäße und Zirkulationsverhältnisse im Zehenendorgan des Pferdes
Moroph. Jb. Leipzig **91**, 586-649

SCHUMMER, A. (1951b):

Vereinfachtes Plastoid-Korrosionsverfahren
Anat. Anz. **98**, 288-290

SCHWARK, H. J. (1987):

Pferdezucht.
VEB Dt. Landwirtschaftsverlag, Berlin

SCHWYTER, H. (1918):

Der schweizerische Militär-Hufschmied
Bern: Stämpfli

SCOTT, L.A., THRALL, D.E., SANDLER, G.A. (1976):

Arteriographie of equine metacarpus and phalanges: alterations with medial palmar artery
and medial palmar digital artery ligation
Am. J. Vet. Res. **37**, 869-873

SEIDENSTÜCKER, J. (2008)

Kontrastverstärkung zur Quantifizierung des fetoplazentaren Gefäßbaumes in der 3D Mikro-Computertomographie: Barium versus Blei
Gießen, Justus-Liebig-Universität Gießen, Diss.

SILBERSIEPE, E., BERGE, E., MÜLLER, H. (1986):

Krankheiten des Hufes
In: Lehrbuch der speziellen Chirurgie für Tierärzte und Studierende
Hrsg. E. SILBERSIEPE; M. BERGE u. H. MÜLLER.
Stuttgart: Enke Verlag, 16. Aufl., 477-506

SPALTEHOLZ, W. (1911):

Über das Durchsichtigmachen von menschlichen und tierischen Präparaten und seine theoretischen Bedingungen
Leipzig, Hirzel-Verlag, 3. Auflage

SPOHR, P. (1910):

Die Bein- und Hufleiden der Pferde, ihre Entstehung, Verhütung und arzneilose Heilung.
Leipzig: Wilhelmi, 8. Aufl.

STANEK, Ch. (2006):

Hufpflege und -beschlag beim Fohlen und Sportpferd.
In: Dietz, Huskamp (Hrsg.), Handbuch Pferdepraxis. Stuttgart: Enke, 1009-1019

STASHAK, T. S. (1989):

Adams: Lahmheit bei Pferden.
Alsfeld: Schaper, 796-832

STEINMANN, W.F. (1983):

Makroskopische Präparationsmethoden in der Medizin
Verlag Thieme, Stuttgart

STORCH, C. (1894):

Zur Anatomie der venösen Gefäße des Hufes
Oesterr. Mschr.f. Thierheilk., Bd. 18

STUMP, J.E. (1967):

Anatomy of the normal equine foot, including microscopic features of the laminar region
J. Am. Vet. Med. Ass. 151, 1588-1598

TERBERGER, M. (1989):

Die differentialdiagnostische Abgrenzung der Erkrankungen des Processus extensorius
des Hufbeins beim Pferd
Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

THOMPSON, K.N., CHEUNG, T.K., SILVERMAN, M. (1993):

The effect of toe angle, ligament and hoofwall strains in vitro
J. Equine Vet. Sci. 13, 651-654

WAIBL, H., GASSE, H., CONSTANTINESCU, G.M., HASHIMOTO, Y., SIMOENS, P. (2012)

Nomina Anatomica Veterinaria
5th edition (revised version)
Editorial Committee Hannover (Germany), Columbia, MO (U.S.A.), Ghent (Belgium),
Sapporo (Japan)

WINZER, H.J., SCHLARMANN, B. (1971):

Zur arteriellen Blutversorgung des Strahlbeins und der Gleichbeine beim Pferd
Zentralbl. Veterinärmed. Reihe A 18, 646-652

WISSDORF H., HERTSCH, B., WILKENS, H. (1987):

Beitrag zur Nomenklatur am Pferdehuf – Capsula ungulae
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 100, 400-404

WISSDORF, H., GERHARDS, H., HUSKAMP, B., DEEGEN, E. (2010):

Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes
Verl. Schaper, 3 Aufl., Alfeld; Hannover 375-405

WOLLANKE, B., FRUCK, M. (2008):

Untersuchungen zu Temperaturveränderungen im Innern der Hornkapsel beim
Heißschlag in Abhängigkeit von der Dicke der Hornsohle,
20. Arbeitstagung der Fachgruppe „Pferdekrankheiten“ 29. Februar und 1. März in
Hannover, Vortrag 31, 75

ZIETZSCHMANN, O. (1977):

Die Arterien

In: Ellenberger und Baum: Handbuch der Vergleichenden Anatomie der Haustiere,

Verl. Springer Berlin, 18. Aufl., 661-662

9 Anhang

Präparate- nummer	Zehe	Alter in Jahren	Rasse	Geschlecht	Haltungsform	Euthanasiegrund/ Todesursache	Todesart	Beschlag	Sohlenrandarterie Pars lateralis	Sohlenrandarterie Pars medialis	Sohlenrandarterie Pars dorsalis
1	Hinten links	7	Pony	Wallach	Box	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	Unterbrechung	keine Unterbrechung	Unterbrechung
2	Vorne links	7	Pony	Wallach	Box	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	Unterbrechung	Unterbrechung	Unterbrechung
3	Vorne links	21	Fjordpferd	Stute	Box und Weide	Tumor	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
4	Vorne links	2	Schettlandpony	Wallach	Weide	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
5	Vorne links	5	Traber	Hengst	Box	Kolik	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
6	Vorne rechts	1	Araber	Stute	Weide	Trauma	Euthanasiert	beschlagen, fester Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
7	Vorne links	1	Araber	Stute	Weide	Trauma	Euthanasiert	beschlagen, loser Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
8	Hinten rechts	10	Haflingermix	Stute	Offenstall	Kolik	Euthanasiert	beschlagen, loser Niet	keine Unterbrechung	Unterbrechung	keine Unterbrechung
9	Hinten links	10	Haflingermix	Stute	Offenstall	Kolik	Euthanasiert	beschlagen, fester Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
10	Vorne rechts	12	Warmblut	Stute	Box	Herzerkrankung	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
11	Vorne links	12	Warmblut	Stute	Box	Herzerkrankung	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
12	Hinten rechts	12	Warmblut	Stute	Box	Herzerkrankung	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
13	Hinten links	12	Warmblut	Stute	Box	Herzerkrankung	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
14	Hinten rechts	16	Warmblut	Wallach	Box	Trauma	Euthanasiert	beschlagen, dünne Sohle	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
15	Hinten links	16	Warmblut	Wallach	Box	Trauma	Euthanasiert	beschlagen, fester Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
16	Vorne rechts	20	Warmblut	Wallach	Box und Weide	Herzerkrankung	Verstorben	beschlagen, loser Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
17	Vorne rechts	15	Brandenburger	Stute	Weide	chronische Erkrankung	Euthanasiert	beschlagen, loser Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
18	Vorne links	15	Brandenburger	Stute	Weide	chronische Erkrankung	Euthanasiert	beschlagen, fester Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
19	Vorne rechts	5	Traber	Stute	Box	Trauma	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
20	Hinten rechts	5	Traber	Stute	Box	Trauma	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
21	Hinten links	5	Traber	Stute	Box	Trauma	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	Unterbrechung
22	Vorne rechts	24	Pony	Stute	Box und Weide	chronische Erkrankung	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
23	Vorne links	24	Pony	Stute	Box und Weide	chronische Erkrankung	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
24	Hinten links	24	Pony	Stute	Box und Weide	chronische Erkrankung	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
25	Vorne links	8	Pony	Stute	Weide	Trauma	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
26	Hinten links	8	Pony	Stute	Weide	Trauma	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
27	Hinten rechts	8	Pony	Stute	Weide	Trauma	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
28	Vorne rechts	0,5	Warmblut	Hengst	Box	Trauma	Euthanasiert	beschlagen, loser Niet	keine Unterbrechung	Unterbrechung	keine Unterbrechung
29	Vorne links	0,5	Warmblut	Hengst	Box	Trauma	Euthanasiert	beschlagen, dünne Sohle	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
30	Hinten rechts	0,5	Warmblut	Hengst	Box	Trauma	Euthanasiert	beschlagen, fester Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
31	Hinten rechts	5	Warmblut	Stute	Weide	Herzerkrankung	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
32	Hinten links	5	Warmblut	Stute	Weide	Herzerkrankung	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
33	Vorne links	5	Warmblut	Stute	Weide	Herzerkrankung	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
34	Vorne rechts	0,5	Rheinländer	Stute	Weide	Behandl.-kompl.	Verstorben	beschlagen, loser Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
35	Vorne links	0,5	Rheinländer	Stute	Weide	Behandl.-kompl.	Verstorben	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
36	Hinten rechts	0,5	Rheinländer	Stute	Weide	Behandl.-kompl.	Verstorben	beschlagen, fester Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
37	Hinten links	0,5	Rheinländer	Stute	Weide	Behandl.-kompl.	Verstorben	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
38	Vorne rechts	8	Pony	Stute	Weide	Kolik	Verstorben	beschlagen, loser Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
39	Vorne links	8	Pony	Stute	Weide	Kolik	Verstorben	beschlagen, dünne Sohle	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
40	Hinten rechts	8	Pony	Stute	Weide	Kolik	Verstorben	beschlagen, fester Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
41	Hinten rechts	0,5	Warmblut	Hengst	Box und Weide	Trauma	Euthanasiert	unbeschlagen	Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
42	Hinten links	0,5	Warmblut	Hengst	Box und Weide	Trauma	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
43	Vorne rechts	11	Hannoveraner	Wallach	Box	Trauma	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
44	Hinten rechts	11	Hannoveraner	Wallach	Box	Trauma	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
45	Hinten links	11	Hannoveraner	Wallach	Box	Trauma	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
46	Vorne rechts	25	Hannoveraner	Wallach	Paddock	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
47	Vorne links	25	Hannoveraner	Wallach	Paddock	Kolik	Euthanasiert	beschlagen, dünne Sohle	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung

Präparate- nummer	Zehe	Alter in Jahren	Rasse	Geschlecht	Haltungsform	Euthanasiegrund/ Todesursache	Todesart	Beschlag	Sohlenrandarterie Pars lateralis	Sohlenrandarterie Pars medialis	Sohlenrandarterie Pars dorsalis
48	Hinten rechts	25	Hannoveraner	Wallach	Paddock	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
49	Vorne rechts	8	Hannoveraner	Wallach	Paddock	Kolik	Euthanasiert	beschlagen, dünne Sohle	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
50	Hinten rechts	8	Hannoveraner	Wallach	Paddock	Kolik	Euthanasiert	beschlagen, fester Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
51	Hinten links	8	Hannoveraner	Wallach	Paddock	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
52	Vorne rechts	10	Haflinger	Wallach	Paddock	Tumor	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
53	Hinten rechts	10	Haflinger	Wallach	Paddock	Tumor	Euthanasiert	beschlagen, loser Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
54	Hinten links	10	Haflinger	Wallach	Paddock	Tumor	Euthanasiert	beschlagen, loser Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
55	Vorne links	12	Hannoveraner	Wallach	Box	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
56	Hinten links	12	Hannoveraner	Wallach	Box	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
57	Hinten rechts	11	Traber	Wallach	Box	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
58	Hinten links	11	Traber	Wallach	Box	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
59	Hinten rechts	7	Brandenburger	Stute	Box und Weide	Kolik	Euthanasiert	beschlagen, dünne Sohle	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
60	Vorne links	7	Brandenburger	Stute	Box und Weide	Kolik	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
61	Vorne links	12	Warmblut	Wallach	Box und Weide	Kolik	Euthanasiert	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
62	Hinten links	12	Warmblut	Wallach	Box und Weide	Kolik	Euthanasiert	beschlagen, fester Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
63	Hinten rechts	12	Traber	Hengst	Box	Tumor	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
64	Vorne links	12	Traber	Hengst	Box	Tumor	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
65	Hinten rechts	25	Warmblut	Wallach	Weide	Kolik	Euthanasiert	beschlagen, dünne Sohle	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
66	Vorne rechts	8	Haflinger	Stute	Box	Kolik	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
67	Hinten rechts	8	Haflinger	Stute	Box	Kolik	Euthanasiert	Beschlag belassen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
68	Hinten links	8	Warmblut	Wallach	Box	Behandl.-kompl.	Euthanasiert	beschlagen, dünne Sohle	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
69	Hinten rechts	6	Oldenburger	Wallach	Box	chronische Erkrankung	Geschlachtet	unbeschlagen	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
70	Vorne links	6	Oldenburger	Wallach	Box	chronische Erkrankung	Geschlachtet	beschlagen, fester Niet	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung
71	Hinten links	6	Oldenburger	Wallach	Box	chronische Erkrankung	Geschlachtet	beschlagen, dünne Sohle	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung	keine Unterbrechung

10 Danksagung

Meinem Doktorvater, Herrn Professor Bodo-Wolfhard Hertsch danke ich für die Überlassung dieses interessanten Themas und die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit. Weiterhin gilt mein Dank insbesondere auch Professor Chrisoph Lischer, der dankenswerterweise die weitere Betreuung dieser Arbeit übernommen hat.

Den Mitarbeitern der Klinik für Pferde der FU- Berlin danke ich für die Hilfe bei der Durchführung der Arbeit, insbesondere danke ich Herrn Gratopp, Herrn Schendel und den Mitarbeitern den Lehrschmiede für die Hilfe bei der Ausführung des Hufbeschlags, Frau Beate Münzer für die Unterstützung bei den Röntgenuntersuchungen, den freundlichen und geduldigen Mitarbeitern der veterinärmedizinischen Bibliothek der FU Berlin und Frau Monika Köhler-Konde.

Meinen Freunden danke ich für die Geduld und Unterstützung insbesondere in der Zeit des Schreibens, insbesondere Danke ich meinen Freunden Hannes, Michaela und Irina für die Unterstützung mit der Software und das sorgfältige Korrekturlesen dieser Arbeit.

Meinen Eltern danke ich für die Unterstützung und Ermöglichung des Studiums der Tiermedizin und der Anfertigung der Dissertationsarbeit.

11 Selbständigkeitserklärung

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.

Tremsdorf, den 27. Juni 2013

Alexandra Bruhnke