

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

Eine Studie über das Hornwachstum bei an chronischer Hufrehe erkrankten Pferden

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

vorgelegt von
Dana Teschner
Tierärztin aus Weimar

Berlin 2010

Journal-Nr. 3408

Meinen lieben Eltern

1	Einleitung	1
2	Schrifttum zur Hufrehe	2
2.1.	Anatomie des Pferdehufes	2
2.1.1	Die Hufunterhaut (Tela subcutanea unguulae).....	4
2.1.2	Die Huflederhaut (Corium unguulae).....	4
2.1.2.1	Die Saumlederhaut (Corium limbi)	4
2.1.2.2	Die Kronlederhaut (Corium coronae)	4
2.1.2.3	Die Wandlederhaut (Corium parietalis).....	5
2.1.2.4	Die Sohlenlederhaut (Corium soleae).....	5
2.1.2.5	Die Strahllederhaut (Corium cunei).....	5
2.1.2.6	Die Ballenlederhaut (Corium tori).....	5
2.1.3	Die Hufoberhaut (Epidermis unguulae)	6
2.1.4	Anatomie des Hufbeinträgers.....	8
2.2.	Physiologisches Hornwachstum am Pferdehuf	10
2.3.	Die Hornbildungsrate am Pferdehuf	12
2.4.	Hufrehe	12
2.4.1	Definition der Hufrehe	12
2.4.2	Ätiologie der Hufrehe.....	13
2.4.3	Die drei Phasen der Hufrehe	14
2.4.4	Pathogenese der Hufrehe.....	15
2.4.5	Klinische Symptome der Hufrehe	16
2.4.6	Makroskopisch - Anatomische Befunde bei der Hufrehe.....	17
2.4.7	Pathologisches Hornwachstum bei der Hufrehe.....	19
2.4.8	Röntgenologische Befunde bei Hufrehe.....	21
2.4.8.1	Hufbeinrotation.....	21
2.4.8.2	Laterale oder mediale Hufbeinrotation	22
2.4.8.3	Hufbeinsenkung.....	22
2.4.9	Prognose anhand der Röntgenbefunde	23
2.4.10	Therapie der Hufrehe.....	24
2.4.10.1	Allgemeine Maßnahmen.....	25
2.4.10.2	Medikamentöse Therapie.....	25
2.4.10.3	Orthopädische Maßnahmen	27
2.4.10.3.1	Trachtenerhöhung.....	27
2.4.10.3.2	Resektion der dorsalen Hufwand.....	28
2.4.10.3.3	Der orthopädische Hufbeslag	29
2.4.10.4	Chirurgische Maßnahmen.....	30
3	Eigene Untersuchungen	31
3.1.	Material und Methoden	31
3.1.1	Patientengut.....	31
3.1.2	Röntgenaufnahmen	33
3.1.2.1	Anfertigung der Röntgenaufnahmen.....	33
3.1.2.1.1	Die latero-laterale Aufnahme (90°-Aufnahme).....	33
3.1.2.1.2	Die dorso-palmar/ dorso-plantare Aufnahme (0°-Aufnahme).....	34
3.1.2.2	Auswertung der Röntgenaufnahmen.....	34
3.1.2.2.1	Bestimmung der Hufbeinrotation.....	34
3.1.2.2.2	Bestimmung der seitlichen Hufbeinrotation	35
3.1.2.2.3	Bestimmung der Hufbeinsenkung	35
3.1.2.2.4	Einteilung der Hufe in 5 Gruppen.....	36
3.1.3	Messungen	39
3.1.4	Sägeschnitte.....	41
3.1.4.1	Anfertigung der Sägeschnitte.....	41
3.1.4.2	Auswertung der Sägeschnitte.....	42
3.1.4.2.1	Der Längsschnitt durch den Huf	42

3.1.4.2.2	Der Querschnitt durch den Huf.....	43
3.1.5	Statistik.....	46
4	Ergebnisse	47
4.1.	Ergebnisse der Winkelmessung	47
4.1.1	Palmare/plantare Hufbeinrotation	47
4.1.2	Seitliche Hufbeinrotation	48
4.2.	Ergebnisse der Abstandsmessungen.....	49
4.3.	Einteilung der Hufbeinrotation/Hufbeinsenkung in Schweregrade.....	50
4.4.	Einteilung der seitlichen Hufbeinrotation in Schweregrade.....	51
4.5.	Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen.....	56
4.5.1	Bereich der dorsalen Hufwand.....	56
4.5.2	Bereich der seitlichen Hufwand	57
4.6.	Hufbeinrotation und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns	58
4.6.1	Bereich der Dorsalwand des Hufes	58
4.6.2	Bereich der seitlichen Hufwand	62
4.7.	Seitliche Hufbeinrotation und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns	66
4.7.1	Im Bereich der dorsalen Hufwand.....	66
4.7.2	Im Bereich der seitlichen Hufwand.....	69
4.8.	Hufbeinsenkung und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns.....	71
4.8.1	Bereich der dorsalen Hufwand	71
4.8.2	Bereich der Seitenwand.....	72
4.9.	Messergebnisse	73
5	Diskussion	75
5.1.	Auswahl der Hufe	75
5.2.	Röntgen	76
5.2.1	Die Hufbeinrotation	76
5.2.2	Seitliche Hufbeinrotation	78
5.2.3	Hufbeinsenkung	80
5.3.	Messung	80
5.3.1	Hufbeinrotation und Hornwachstum	81
5.3.2	Hufbeinsenkung und Hornwachstum	82
5.4.	Sägeschnitte	83
5.5.	Palmare/plantare Hufbeinrotation und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns.....	84
5.5.1	Bereich der dorsalen Hufwand.....	84
5.5.2	Bereich der seitlichen Hufwand	86
5.6.	Seitenrotation und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns.....	87
5.6.1	Bereich der dorsalen Hufwand.....	87
5.6.2	Bereich der seitlichen Hufwand	88
5.7.	Hufbeinsenkung und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns.....	89
5.8.	Hornwachstum bei chronischer Hufrehe.....	89
5.9.	Schlussfolgerung aus den Ergebnissen.....	93

6	Zusammenfassung.....	96
	Eine Studie über das Hornwachstum bei an chronischer Hufrehe erkrankten Pferden	96
7	Summary.....	98
	Study about the horn growth on chronic laminitic horses	98
8	Literaturverzeichnis.....	99
9	Abbildungsverzeichnis	111
10	Tabellenverzeichnis.....	113
11	Anhang	114
12	Danksagung.....	122
13	Selbstständigkeitserklärung	123

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

% Prozent

°C Grad Celsius

° Grad

< kleiner als

> größer als

A. Arteria

Abb. Abbildung

cm Zentimeter

et al. et alii (und andere)

etc. et cetera (und die Übrigen, und so weiter)

ggr. geringgradig

hgr. hochgradig

kV Kilovolt

mA Milliampere

mgr. mittelgradig

mm Millimeter

Tab. Tabelle

z.B. zum Beispiel

1 Einleitung

Das Pferd als Fluchttier ist seit jeher auf einen gesunden Bewegungsapparat angewiesen. Seine Gliedmaßen haben sich der schnellen Fortbewegung angepasst. Auch heute spielt die Gesundheit, speziell des Bewegungsapparates, für die Einsatzfähigkeit des Pferdes als Sport- oder Freizeitpferd eine entscheidende Rolle.

Die Hufrehe zählt schon seit dem Altertum zu den am meisten gefürchteten Erkrankungen des Pferdes und hat bis heute nichts an ihrer Bedeutung verloren. Obwohl sich die Menschen schon seit mehr als 2000 Jahren mit der Hufrehe des Pferdes auseinandersetzen, sind bis jetzt bei Weitem noch nicht alle Fragestellungen zu diesem Krankheitsbild geklärt und geben immer wieder Anlass für weitere Forschungen zu diesem Thema.

Die Hufrehe ist als eine äußerst schmerzhafte Entzündung der Huflederhaut definiert. Allerdings ist heute bekannt, dass dies nur als ein Teilaspekt eines komplexen systemischen Krankheitsgeschehens zu betrachten ist. So ist es nicht verwunderlich, dass keine einheitliche Therapie der Hufrehe existiert. Die Behandlung dieser Erkrankung ist oft langwierig, mit hohen Kosten verbunden und nicht immer von Erfolg gekrönt.

Die Veränderungen, die an einem Pferdehuf, der an Hufrehe erkrankt ist, auftreten können, sind schon seit Jahren dokumentiert. Ebenso ist bekannt, dass es durch die Hufrehe zu einer Störung im Hornwachstum des Hufes kommt.

Die vorliegende Arbeit soll klären, ob und wie stark eine Beeinflussung des Hornwachstums bei der chronischen Hufrehe vorliegt. Weiterhin soll untersucht werden, ob ein Zusammenhang zwischen einer Lageveränderung des Hufbeins im Rahmen einer chronischen Hufrehe und dem Auftreten von Störungen im Hornwachstum des erkrankten Hufes besteht. Es soll ermittelt werden, ab welchem Grad der Hufbeinverlagerung mit einer Veränderung des Hornwachstums möglicherweise zu rechnen ist.

Um diese Zusammenhänge zu beleuchten, wurden 117 Hufe von Pferden untersucht, die an chronischer Hufrehe erkrankt waren und aus verschiedenen Gründen euthanasiert wurden. Dabei stand das Hornwachstum solcher chronischen Rehehufe im Vordergrund der Betrachtungen.

2 Schrifttum zur Hufrehe

2.1. Anatomie des Pferdehufes

Der Huf (Ungula) des Pferdes wird auch als Zehenendorgan bezeichnet und stellt das distale Ende des einzeiligen Pferdebeins dar (Budras und Röck, 1997). Er besteht aus den zentralen Stützteilen, dem distalen Abschnitt des Kronbeins, dem Hufbein, dem Hufknorpel, dem Hufgelenk, dem Strahlbein sowie den elastischen Beuge- und Strecksehnen, der Bursa podotrochlearis und Bändern (Nickel et al., 1996; Loeffler, 2002). Sie werden umgeben von der modifizierten Haut, die man von außen nach innen in drei Abschnitte unterteilt:

Die Hufoberhaut (Epidermis unguiae), die Huflederhaut (Corium unguiae) und die Hufunterhaut (Tela subcutanea unguiae) (Nickel et al., 1996).

Der Huf wird weiterhin in fünf Segmente eingeteilt (Riegel und Hakola, 1999). Das Saumsegment (Limbus unguiae) schließt sich distal an die behaarte Haut an. Das Kronsegment (Corona unguiae) befindet sich distal des Saumsegmentes. Das Wandsegment (Pariet unguiae) ist durch eine konkav verlaufende Einziehung vom Kronsegment getrennt. Das Sohlensegment (Solea unguiae) liegt auf der distalen Huffläche. Das Ballen-Strahl-Segment bildet an der palmaren beziehungsweise plantaren Fläche des Hufes den Ballen (Torus unguiae) und den Strahl (Cuneus unguiae) (Budras und Röck, 1997).

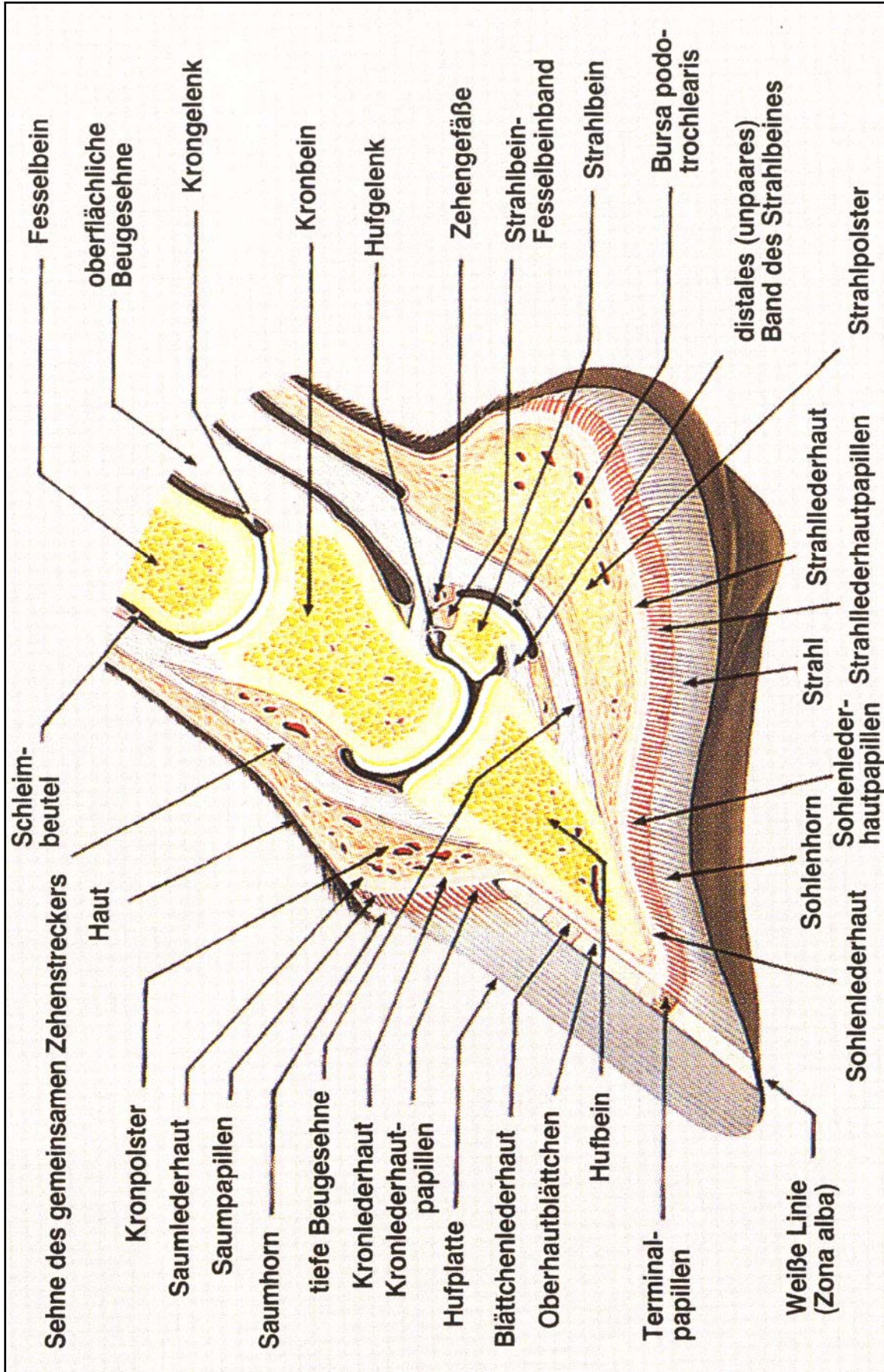


Abbildung 1: Sagittalschnitt durch den Pferdehuf (Pollitt, 1999)

2.1.1 Die Hufunterhaut (Tela subcutanea ungulae)

Den zentralen Stützorganen des Pferdehufes liegt zunächst die Tela subcutanea ungulae direkt auf. Wo sie die Flächen des Hufbeins oder die Hufknorpel berührt, wird sie zu deren Periost beziehungsweise deren Perichondrium (Nickel, 1996). Im Kron-, Strahl- und Ballensegment bildet sie durch Zunahme ihres Anteils an Bindegewebe und unter Einlagerung von Fett ein Polster, das dem Huf die typische Form verleiht und der Stoßbrechung dient (Liebich, 1993).

2.1.2 Die Huflederhaut (Corium ungulae)

Die Huflederhaut ist reich an Bindegewebe, Blutgefäßen und Nerven (Liebich, 1993). Sie dient der Ernährung der Epidermiszellen, mit denen sie fest verbunden ist. Die Lederhaut bildet im Saum-, Kron-, Sohlen-, Strahl- und Ballensegment unterschiedlich hohe Zotten (Papillae dermalis) aus, über denen das Röhrenhorn wächst, welches von interpapillärem Zwischenröhrenhorn umgeben ist. Im Bereich des Wandsegmentes hingegen bildet die Huflederhaut Blättchen (Lamellae dermalis) aus.

2.1.2.1 Die Saumlederhaut (Corium limbi)

Die Saumlederhaut ist circa vier bis sechs Millimeter breit und liegt zwischen dem Kronwulst und der behaarten Haut. Auf ihrer Oberfläche trägt sie ein bis zwei Millimeter hohe Papillen (Nickel et al., 1996). Über der Saumlederhaut wird das Saumhorn gebildet.

2.1.2.2 Die Kronlederhaut (Corium coronae)

Die Kronlederhaut überzieht das Kronpolster und schließt distal an die Saumlederhaut an (Nickel et al., 1996). Sie ist mit vier bis sechs Millimeter langen Zotten (Papillae coriales) ausgestattet, die in Reihen aufgestellt sind. Diese sind am Dorsalteil des Hufes gerade gerichtet, am Seitenteil des Hufes in einem Bogen angeordnet. Über der Kronlederhaut wird nicht nur das Kronhorn, sondern im Grenzbereich zur Wandlederhaut auch primäres Blättchenhorn gebildet (Nickel et al., 1996).

2.1.2.3 Die Wandlederhaut (*Corium parietalis*)

Im Wandsegment ist die Huflederhaut Teil des so genannten Hufbeinträgers, da sie hier direkt mit dem Hufbein verbunden ist (Budras und König, 1999). Sie stellt die distale Fortsetzung der Kronlederhaut dar. Palmar schlägt sie sich um und bildet den Eckstrebenenteil, Pars inflexa. Am Tragrand geht sie in die Sohlenlederhaut über. Ihre Außenfläche ist von feinen Blättchen, Lamellae coriales, besetzt. Diese reichen vom Kronrand bis zum Tragrand hinunter. Die Höhe dieser Lamellen liegt zwischen einem und vier Millimetern. Pro Huf finden sich ungefähr 600 dieser Lamellen (Nickel et al., 1996). Ihre Oberfläche ist durch Nebenblättchen (Sekundärblättchen) stark vergrößert. Sie bedingen das gefiederte Aussehen der Wandlederhautblättchen. Durch diese sekundären Blättchen wird eine innige Verzahnung zwischen der Lederhaut und dem epidermalen Hornschuh hergestellt (Nickel et al., 1996). Über diesen Blättchen wird das Blättchenhorn gebildet.

2.1.2.4 Die Sohlenlederhaut (*Corium soleae*)

Die Sohlenlederhaut liegt der Sohlenfläche des Hufbeins fest an. Sie schließt sich der Wandlederhaut und der Strahllederhaut an. Sie besitzt zahlreiche Zotten, über denen das Sohlenhorn gebildet wird (Nickel et al, 1996).

2.1.2.5 Die Strahllederhaut (*Corium cunei*)

Die Strahllederhaut überzieht das Strahlpolster und ist mit ihm fest verbunden. Auch sie trägt sehr dicht stehende Zotten an ihrer Oberfläche, über denen das Strahlhorn gebildet wird (Nickel et al, 1996).

2.1.2.6 Die Ballenlederhaut (*Corium tori*)

Die Ballenlederhaut ist sehr dünn, überzieht die beiden Ballen und ist mit sehr feinen Papillen ausgestattet. Die auf ihr gelegenen Epidermiszellen bilden im proximalen Bereich die behaarte Haut, im distalen Abschnitt das weiche Ballenhorn (Nickel et al., 1996).

2.1.3 Die Hufoberhaut (Epidermis ungulae)

Die Hufoberhaut bildet das Hufhorn, den Überzug aller Lederhautbereiche. Entsprechend den Lederhautabschnitten lässt sich die Oberhaut ebenfalls in verschiedene Abschnitte einteilen. Sie lässt die gleichen Formen wie die Lederhaut erkennen und ist mit ihr durch das Ineinandergreifen der Blättchen, Zöttchen und Röhrrchen fest verbunden. Das Hufhorn besteht entweder aus Röhrrchenhorn, Blättchenhorn oder Zwischenhorn (Nickel et al., 1996). Der Aufbau der verhornenden Schicht (Stratum corneum) aus Hornzellen und deren Verbindung durch den Interzellularkitt, wird verglichen mit dem Aufbau eines Mauerwerkes aus Ziegelsteinen, denen die Hornzellen entsprechen und Mörtel, dem der Interzellularkitt entspricht (Budras und Huskamp, 1995).

Das Saumhorn, das Kron- und das Wandhorn bilden die Hufplatte (Paries corneus), die sich palmar beziehungsweise plantar im Eckstrebenwinkel in die Sohlenfläche umschlägt und den Tragrand bildet. Aus dem Saumsegment entsteht die dünne Deck- oder Glasurschicht (Stratum externum). Sie liegt über der sehr dicken Schutzschicht (Stratum medium), die von dem Kronsegment gebildet wird (Riegel und Hakola, 1999).

Diese Schutzschicht besteht aus Röhrrchen- und Zwischenröhrrchenhorn und wächst vom Kronrand zum Tragrand hinunter. Während ihre Außenschicht stark pigmentiert ist, ist die Innenschicht pigmentfrei und bildet die helle Einfassung der so genannten weißen Linie. Die Blättchenschicht (Stratum internum) ist die Innerste der drei Schichten der Hufplatte und besteht aus Blättchenhorn. Sie wird vom Wandsegment gebildet und ist immer pigmentfrei. Durch diese Schicht wird eine feste Verbindung zwischen der Wandlederhaut und der verhornten Hufplatte erreicht.

Die Sohlenoberhaut (Epidermis soleae) befindet sich zwischen Hufplatte, Eckstrebe und Strahl und bedeckt als Hufsohle die Sohlenlederhaut. Sie besteht aus Röhrrchenhorn und wird durch den Strahl in den Sohlenkörper und die zwei Sohlenschenkel geteilt. Der Hornstrahl wird gebildet von der Strahloberhaut und besteht aus weichem, elastischen Röhrrchenhorn (Nickel et al., 1996).

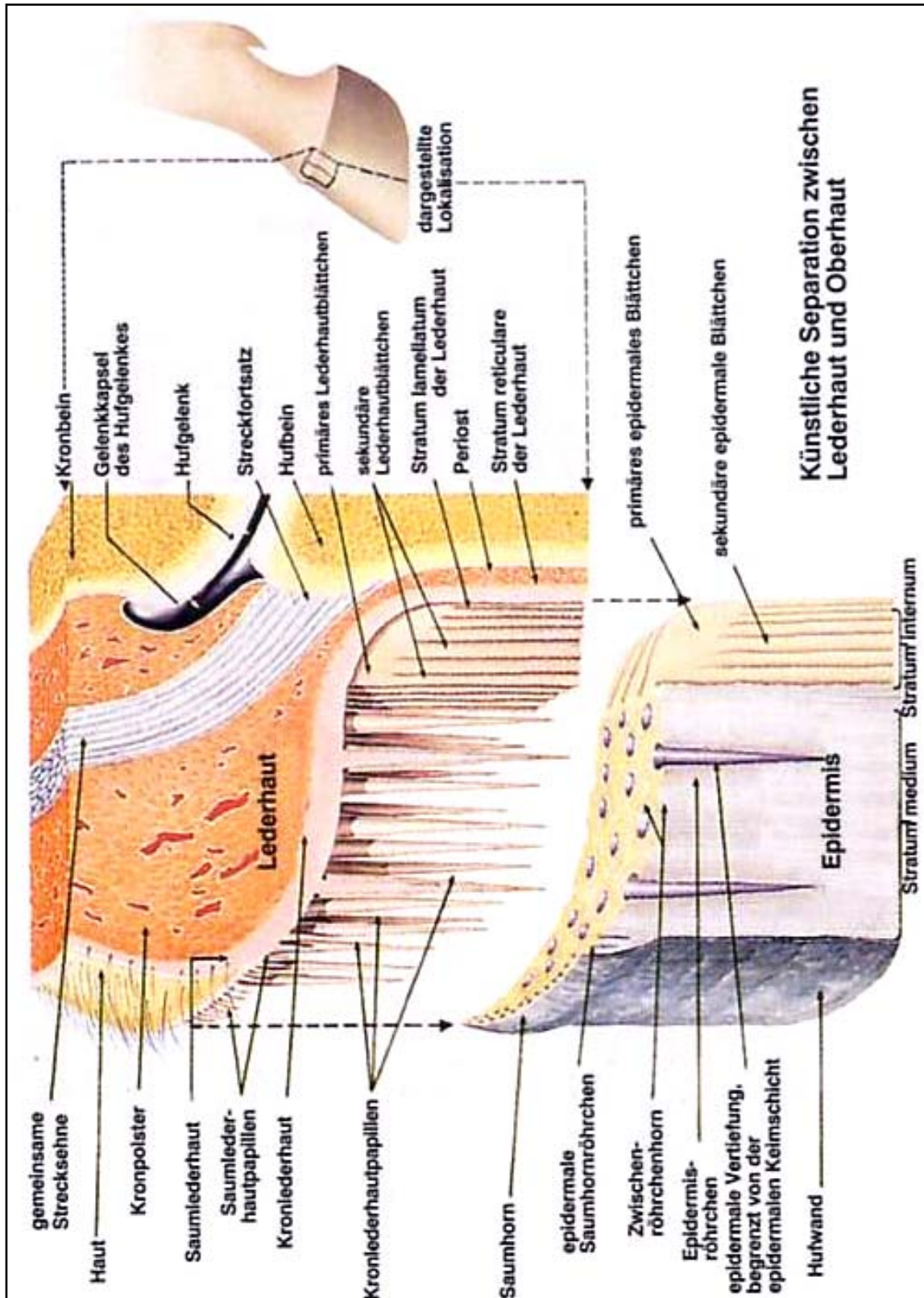


Abbildung 2: Anatomie der Hufwand (Pollitt, 1999)

2.1.4 Anatomie des Hufbeinträgers

Im Hufbeinträger, der zwischen dem Hufbein und der Hornplatte ausgespannt ist und aus einem bindegewebigen und einem epidermalen Teil besteht, wird die auf dem Hufbein lastende Druckkraft in eine Zugkraft umgewandelt (Budras und Huskamp, 1995). Das Hufbein wird somit vor unphysiologischer Druckbelastung geschützt (Budras und Huskamp, 1999; Patan und Budras, 2003; Budras et al., 2005). Der Hufbeinträger ist auch für den Hufmechanismus verantwortlich. Er besteht aus Verbindungshorn, der äußeren Hornschicht der Primärblättchen und den Kollagenfaserbündeln. Dabei ziehen die Kollagenfaserbündel des Verbindungshorns vom Hufbein zur Schutzschicht der Hufkapsel. Der Hufbeinträger inseriert über eine faserknorpelige Ansatzzone am Hufbein. Sein Funktionszustand lässt sich anhand der weißen Linie ablesen (Pellmann et al., 1996), die den Hufbeinträger vor aufsteigenden Infektionen schützt.

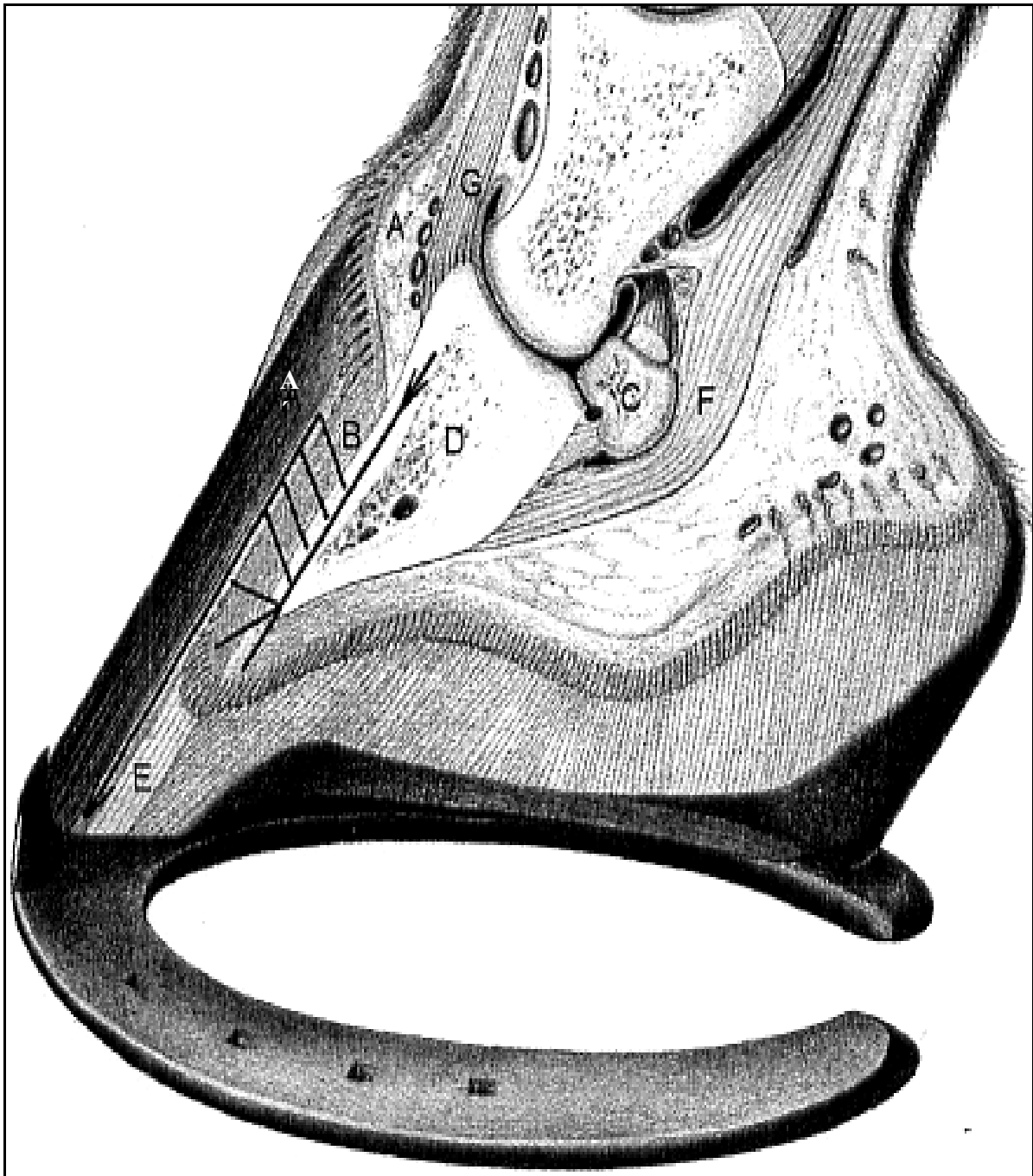


Abbildung 3: Sagittalschnitt durch den Pferdehuf mit schematischer Darstellung des Hufbeinträgers
(Budras et al., 2005)

- A: Kronhorn
- A': dermales Kronpolster
- B: Wandlerlederhautblättchen
- C: Strahlbein
- D: Hufbein
- E: Weiße Linie
- F: tiefe Beugesehne
- G: Strecksehne

2.2. Physiologisches Hornwachstum am Pferdehuf

Die Struktur des Hufes, die sich qualitativ und quantitativ den lokalen Zug- und Druckbelastungen anpasst, wird durch die während der Verhornung herrschenden Bedingungen beeinflusst. Jede Störung dieser Prozesse beeinflusst die Hornqualität und die Hornstruktur maßgeblich.

Die Differenzierung des Hufhorns verläuft in proximodistaler Richtung und beginnt mit der Keratinisierung in der lebenden epidermalen Matrix. Die Differenzierungsprozesse führen während der Keratinisierungsphase zur Synthese von keratinem Rohmaterial. Die anschließende Verhornung beginnt bei Eintritt des programmierten Zelltodes (Budras und Patan, 2003). Die Zellen der Epidermis schieben sich von der Epithelbasis zur Oberfläche hin und verhornen in dieser Zeit. Diesen Prozess nennt man Keratinisierung. Diese Zellen heißen deswegen auch Keratinozyten. Die Zellen lösen sich aus dem Epithelverband und schilfern ab.

Die Keratinozyten, die an der Spitze der Papille in die Verhornung übergehen, lösen sich von dieser und bilden als weiche Hornabschnitte das Mark des Röhrenhorns (Nickel et al., 1996). Dieses Horn wird dann suprapapilläres Horn genannt. Die seitlichen Anteile der Papille schilfern große Mengen hornreicher Keratinozyten ab, die sich zusammenfügen und die Rinde der Hornröhren bilden. Dieses Horn nennt man peripapilläres Horn. Die Rinde ist entscheidend für die Stabilität des Horns verantwortlich (Nickel, 1938). Das Horn zwischen zwei Papillen wird interpapilläres Horn genannt und ist weicher als das peripapilläre Horn (Liebich, 1993). Primäre und sekundäre Hornblättchen stehen in engem Kontakt zu dem inter- und dem peripapillären Horn.

Die Neubildung der keratinisierten Zellen steht im Gleichgewicht zur Abschilferung der toten, verhornten Zellen (Budras und Huskamp, 1995). Die kontinuierliche Abschilferung erfordert eine kontinuierliche Regeneration der Zellen (Pütz, 2006). Diese erfolgt vor allem im Kronsegment, wo die epidermalen Keimzellen neue Generationen an Keratinozyten hervorbringen. Die Architektur des Hornzellverbandes wird im Huf überwiegend von den Hornröhren geprägt. Diese sind vom Zwischenröhrenhorn geflechtartig umgeben. Die Hornröhren verlaufen im Kronhorn gerade und parallel in proximodistaler Richtung. Jedes Röhren wächst normalerweise lebenslang von der Krone bis zum Tragrand hinunter.

Im Wandsegment besteht das Hufhorn vorwiegend aus Blättchenhorn. Dies entsteht proximal am Übergang vom Kron- ins Wandsegment.



Abbildung 4: Längsschnitt durch den Huf

A: Hufbein

B: Kronbein

C: Saumhorn

D: Kronhorn

E: Wandlederhautblättchen

F: Sohlenhorn

2.3. Die Hornbildungsrate am Pferdehuf

Der regelmäßige Vorderhuf des Pferdes unterscheidet sich in seiner Form vom regelmäßig geformten Hinterhuf. Das Längenverhältnis der dorsalen Hufwand zu den Trachten beträgt an den Vordergliedmaßen 3:1. An den Hinterhufen ist das Verhältnis der Dorsalwand zu den Trachten nur 2:1 (Ruthe et al., 1997; Wissdorf et al., 2002). Das Herabwachsen aller Hornanteile vollzieht sich gleichmäßig in der Richtung von oben nach unten zum Tragrand hin im rechten Winkel zur Krone (Ruthe et al., 1997). Die Hornbildungsrate scheint von verschiedenen Faktoren abhängig zu sein. Das Wachstum der Hornwand beträgt durchschnittlich 7 bis 8 mm in vier Wochen (Ruthe et al., 1997). Mit zunehmendem Alter sinkt die Hornbildungsrate beim Pferd. Das Geschlecht dagegen hat keinerlei Einfluss auf die Hornbildung (Butler und Hintz, 1977). Bei unbeschlagenen Pferden ist eine höhere Hornbildung zu erwarten als bei beschlagenen Pferden (Ruthe et al., 1997). Auch die Farbe der Hufe scheint Einfluss auf die Hornbildung zu haben. So zeigen gemischtfarbige Hufe die geringste und helle Hufe die höchste Hornbildung, während die Hornbildungsrate dunkler Hufe dazwischen zu erwarten ist (Becker, 1998). Durch eine Erhöhung der Durchblutung der Huflederhaut, wie zum Beispiel nach körperlicher Belastung oder hyperämischer Einreibung des Kronsaumes, lässt sich eine quantitative Zunahme der Hornproduktion erreichen. Die Qualität des Horns dagegen bleibt unbeeinflusst (Pütz, 2006).

2.4. Hufrehe

2.4.1 Definition der Hufrehe

Die Hufrehe ist als Pododermatitis aseptica diffusa von vielen Autoren benannt. Durch die ständige Weiterentwicklung der Forschung hat sich die Hufrehe von einer Krankheit, die nur die Hufe betrifft zu einer multifaktoriellen, systemischen Erkrankung unterschiedlicher Genese entwickelt, die ihre lokale Manifestation eines komplexen Krankheitsgeschehens an den Hufen des Pferdes zeigt (Garner et al., 1975; Coffmann, 1983; Funkquist, 1992; Schneider, 1999). Die Hufrehe wird als Degeneration der Bindegewebsblättchen (Moore et al., 1989) oder als eine Erkrankung mit Struktur- und Funktionsverlust des Hufbeinträgers gesehen (Marks, 1984; Budras et al., 1995; Budras und Huskamp, 1999).

Die Bezeichnung der Hufrehe als Kapillarerkrankung berücksichtigt auch die zentrale Rolle des Blutkreislaufes in den Hufen und dessen Beteiligung an dem Krankheitsgeschehen (Hertsch und Madeiczky, 1993; White, 1995; Hertsch und Madeiczky, 2008). Man geht davon aus, dass das pathologische Geschehen im Huf hauptsächlich auf einer Störung der peripheren Durchblutung beruht (Eustace, 1992; Hertsch und Madeiczky, 1993; White, 1995; Schüle und Appelbaum, 2005). Die Krankheit tritt meist paarig an den Vorder- oder den Hintergliedmaßen auf. Es können aber auch alle vier Gliedmaßen oder unter Umständen auch nur eine Gliedmaße betroffen sein (Schneider, 1999; Wintzer, 1999). An Hufrehe können prinzipiell alle Pferderassen und alle Altersgruppen erkranken. Auch gibt es keine Geschlechtsdisposition. Allerdings haben Pferde mit einer guten bis sehr guten Körperkondition, Ponies und schwere kaltblütige Schläge ein erhöhtes Risiko zu erkranken (Hertsch, 1995).

2.4.2 Ätiologie der Hufrehe

Die Hufrehe des Pferdes ist eine ausgedehnte, nicht eitrige Entzündung der Huflederhaut im Bereich der Vorderwand der Hufe (Ruthe et al., 1997). Sie kann alle vier Hufe betreffen, tritt aber meist an den Vordergliedmaßen auf (Hertsch, 1995). Die Hufrehe ist keine einheitliche Erkrankung. Es können völlig unterschiedliche Auslöser zu Grunde liegen (Schatzmann, 2007).

Als mögliche Ursachen für eine Hufrehe kommen die Aufnahme größerer Mengen Kohlenhydrate (French und Pollitt, 2004) durch reichhaltiges Gras, Kraftfutter oder Früchte in Betracht (Straiton, 1973; Moore et al., 1989; Stashak, 1989). Weiterhin spielen gastrointestinale Erkrankungen (Slater et al., 1995), wie Kolik, Diarrhoe und Typhlocolitis eine mögliche Rolle bei der Entstehung von Hufrehe (White, 1995; Venner et al., 2006).

Weitere Ursachen für eine Hufreheerkrankung sind Endotoxämien beziehungsweise Septikämien, wie sie beispielsweise durch eine Nachgeburtshaltung entstehen können (Geburtsrehe) (Stashak, 1989; White, 1995; Scheuerer und Grieshaber, 1996;

Schneider, 1999). Des Weiteren kann eine Überanstrengung der Pferde auf hartem Boden (Marschrehe) (Schüle und Appelbaum, 2005) oder die vermehrte Belastung der Gliedmaßen durch Entlastung eines Beines bei hochgradiger Lahmheit (Belastungsrehe) zu einer Hufrehe führen (Hertsch, 1995; Budras und Huskamp, 1999; Wintzer, 1999).

Auch endokrine Störungen wie zum Beispiel der Hyperadrenocortizismus (equines Cushing-Syndrom) oder eine periphere Insulintoleranz, (Kronfeld, 2005; Treiber et al., 2007) wie zum Beispiel beim equinen metabolischen Syndrom, können Ursache für eine Hufrehe sein (Venner et al., 2006; Grabner, 2008; Vervuert, 2008; Winkelsett und Vervuert, 2008).

Die Aufnahme von Giftstoffen, wie zum Beispiel Herbizide oder Mutterkornalkaloide oder von Giftpflanzen, wie Robinienrinde (Schüle und Appelbaum, 2005) oder schwarze Walnuss (Belknap et al., 2007; Loftus et al., 2007), kann neben verschiedenen Medikamenten, zum Beispiel Langzeitkortikosteroide (Johnson et al., 2002; Kietzmann et al., 2002;

Cornelisse, 2005; Bailey und Elliott, 2007; Bathe, 2007) oder Phenylbutazon zu einer Hufrehe führen (toxische Rehe) (Höppner, 2005). Als weitere Ursache kommen auch Infektionskrankheiten in Betracht (Hertsch, 1995).

2.4.3 Die drei Phasen der Hufrehe

Man unterscheidet drei Phasen der Hufrehe. Erstens die Entstehungsphase, zweites die akute und drittens die chronische Phase (Riegel und Hakola, 1999).

Als Initialstadium wird die Zeit zwischen dem Einwirken der ursächlichen Noxe und dem ersten Anzeichen einer akuten Lahmheit bezeichnet. Diese Phase dauert circa 24 bis 60 Stunden, beziehungsweise bis zu acht Tagen bei einer Belastungsrehe (Budras und Huskamp, 1999) und ist symptomlos (Pollitt, 2000; Budras und König, 2005; O`Grady, 2007). In dieser Phase kommt es zu einer Gewebeschädigung, die sich erst später in klinischen Symptomen äußert.

In der akuten Phase zeigt das Pferd die typischen Rehesymptome wie Lahmheit, Pulsation der Digitalarterien und vermehrte Wärme der Hufe (Höppner und Hertsch, 2006; Bingold, 2007). Diese Phase dauert 24 bis 72 Stunden.

Die chronische Phase folgt der akuten Phase und ist geprägt von mechanischen Veränderungen innerhalb der Hornkapsel, die zum Teil irreversibel sein können. In diesem Zeitabschnitt kann man die durch die Schädigung des Hufbeinträgers entstandenen Lageveränderungen des Hufbeins in der Hufkapsel röntgenologisch diagnostizieren (Hertsch und Brunken, 1988; Hemker und Hertsch, 2002; Höppner, 2006). Im Extremfall kommt es zum Ausschuhlen des Pferdes oder zum Sohlendurchbruch (Schatzmann, 2007).

2.4.4 Pathogenese der Hufrehe

Die Pathogenese der Hufrehe basiert im Initialstadium auf vier verschiedenen Ansätzen.

Die erste Theorie von Hood begründet sich auf einer Vasokonstriktion (Hood, 2002). Es kommt durch eine Umleitung des Blutstromes über arterio-venöse Shunts zu Mikrozirkulationsstörungen mit Hypoperfusion und Ischämie (Stashak, 1989; Eustace, 1992; Weiss et al., 1994; Craig, 2007).

Infolge dessen wird das kapilläre Endstromgebiet des Hufbeinträgers nicht ausreichend mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt (Yelle, 1986; Hinckley et al., 1995). Die Veränderungen der Mikrozirkulation während der späteren akuten oder chronischen Phase der Hufrehe sind als Folgeerscheinungen der Entzündung und der Hufbeinverlagerung zu sehen und somit sekundärer Natur (Höppner, 2003).

Die zweite Theorie von Pollitt geht von einer Hyperperfusion im Blutgefäßsystem des Hufbeinträgers aus (Pollitt, 1999; Pollitt, 2000). Diese Hypothese basiert auf der dermoepithelialen Separation des Hufbeinträgers bei der die Lysis der Basalmembran infolge der Aktivierung von Matrix-Metallo-Proteinasen (Bailey, 2004; Mülling und Budras, 2005) im Vordergrund steht.

Andere Autoren (Kronfeld, 2005; Venner et al., 2006; Treiber et al., 2007) gehen mit einer dritten Theorie von einer peripheren Insulintoleranz aus, wie sie bei hormonell-metabolischen Störungen, zum Beispiel beim Cushing-Syndrom des Pferdes, auftritt. Infolge dieser Insulinresistenz kann Glucose nicht ausreichend metabolisiert werden. Durch den daraus resultierenden Energiemangel bricht das Zytoskelett der epidermalen Basalzellen zusammen und es kommt zu einer dermoepithelialen Separation im Hufbeinträger (Schnitker et al., 2005).

Bei den mechanisch ausgelösten Hufreheformen, wie der Belastungsrehe, kommt es nach Budras und Huskamp (Budras und Huskamp, 1999) zu Mikrozirkulationsstörungen und nachfolgenden Gewebeschäden.

Bei allen Hypothesen kommt es im symptomlosen Initialstadium durch partielle Läsion und Überdehnung zu einer Beeinträchtigung der Struktur und Funktion des Hufbeinträgers, besonders im Bereich des Hufrückens.

Nach Budras sind jedoch je nach Ursache für die Hufrehe verschiedene Faktoren bedeutsam (Budras et al., 2005). Die verminderte Perfusion steht bei der Belastungshufrehe im Vordergrund (Dietz und Budras, 2000), während die Lysis der Basalmembran mit einhergehender Lazeration der dermoepithelialen Grenze des Hufbeinträgers eher bei der toxischen Hufrehe im Vordergrund steht (Mülling und Budras, 2005). Die Blutperfusion und die Lysis der Basalmembran sind funktionell nicht voneinander zu unterscheiden, weil die Matrix-Metallo-Proteinase gleichsam auf die Basalmembran und auf die dermoepitheliale Grenze wirken (Budras et al., 2005).

2.4.5 Klinische Symptome der Hufrehe

Das Initialstadium ist die Zeitspanne vom Einwirken der Noxe bis zum Auftreten der ersten klinischen Symptome. Diese Phase ist bei Pferden, die ein erhöhtes Risiko haben, an Hufrehe zu erkranken (Sepsis, Aufnahme von großen Mengen an Kohlenhydraten etc.) der optimale Zeitpunkt, um eine mögliche Hufrehe zu verhindern. Im Initialstadium der Hufrehe bleiben die dermalen arteriovenösen Anastomosen ungewöhnlich lange dilatiert. Das Kapillarbett der Huflederhaut wird somit umgangen. Der Bereich der Hufwand ist dadurch weniger durchblutet. Im Initialstadium kann man Temperaturunterschiede, die durch die veränderte Durchblutung bedingt sind, mittels Thermographie verdeutlichen. Die Symptome der akuten Hufrehe sind abhängig vom Schweregrad der Erkrankung und davon, wie viele und welche Gliedmaßen betroffen sind. Sind die beiden Vordergliedmaßen erkrankt, versucht das Pferd das Körpergewicht mit den Hinterbeinen zu tragen. Es stellt die Hinterbeine unter den Körper. Sind die beiden Hintergliedmaßen betroffen werden die Vorderbeine unter den Körper gestellt, um möglichst viel Körperlast auf die Vordergliedmaßen zu übertragen. Ein weiteres deutliches Symptom der akuten Hufrehe ist die Trachtenfußung. Dadurch wird versucht die Bereiche des Hufes zu belasten, die nicht von der Erkrankung betroffen und deshalb nicht schmerzhaft sind. Die Pulsation der Hauptmittelfußarterien (Aa. digitales palmares/ plantares) ist deutlich verstärkt und pochend. Die Pferde zeigen in der Bewegung einen klammen Gang. Die Hufwand fühlt sich vermehrt warm an. Zeichen für die starke Schmerzhaftigkeit einer akuten Hufrehe sind eine erhöhte Puls- und Atemfrequenz des Pferdes. Ebenso kann es zum Festliegen des Pferdes kommen. Im chronischen Stadium der Hufrehe kann es an den betroffenen Hufen zu adspektorisch erkennbaren Veränderungen kommen. Divergierende Ringe an der Hornwand, die durch eine Störung des Hornwachstums entstehen, können auftreten.

Die weiße Linie kann verbreitert sein. Eine Vorwölbung der Hufsohle vor der Strahlspitze ist bei einer starken Rotation des Hufbeins mit einem drohenden Sohlendurchbruch zu erwarten. Des Weiteren kann es bei mangelnder Hufpflege zur Ausbildung eines Knollhufes kommen. Die Diagnose der Hufrehe lässt sich anhand der genannten Symptome recht eindeutig stellen. Eine ergänzende Untersuchungsmöglichkeit stellt die Hufuntersuchungszange und die Perkussion des Hufes dar, wobei eine Schmerzreaktion an der Hufsohle beziehungsweise im Bereich der Hufwand zu erwarten ist. Auch die Thermographie als bildgebendes Verfahren kann ergänzend zur Diagnosestellung herangezogen werden (Höppner, 2002). Hierbei werden Temperaturunterschiede an der Hufwand mittels einer Thermographiekamera dargestellt.

Zur Einteilung der Lahmheit bei der akuten Hufrehe hat Obel (Obel, 1948) vier Grade benutzt, die auch heute noch Gültigkeit besitzen.

- Grad 1: Die Hufe werden in Ruhe ständig abwechselnd in der Belastung gewechselt.
- Grad 2: Das Pferd bewegt sich freiwillig im Schritt vorwärts. Das Aufheben eines Beins ist möglich.
- Grad 3: Das Pferd bewegt sich widerwillig. Das Aufnehmen einer Gliedmaße ist nur gegen den Widerstand des Pferdes möglich.
- Grad 4: Das Pferd weigert sich, sich vorwärts zu bewegen.

2.4.6 Makroskopisch - Anatomische Befunde bei der Hufrehe

Die akute Phase einer Hufrehe zeichnet sich durch eine exsudative Entzündung, Vasokonstriktion und Koagulopathie mit Folge einer eingeschränkten Mikrozirkulation aus (Hertsch und Madeiczky, 1993; Hinckley et al., 1995; Pellmann et al., 1996).

Bei der chronischen Hufrehe ist die Funktion des Hufbeinträgers so stark geschädigt, dass die durch das Körpergewicht des Pferdes wirkenden Kräfte nicht mehr adäquat aufgefangen werden können. Die Strukturen sind entweder ganz oder teilweise zerstört.

Der Schaden beginnt in der akuten Phase und zeigt sich histologisch mit Störungen der laminaren Epidermiszellen und Nekrose, verbunden mit der Loslösung der Verbindung zwischen den basalen Epithelzellen und der Basalmembran (Budras et al., 2005). Es kann zu Zerreißen und zur Kompression von normalem, nicht involviertem Gewebe kommen.

Dies führt zum Verlust der normalen Funktion des Hufbeinträgers (Budras und König, 2005) und somit zur Entstehung von Rotation und Senkung des Hufbeins. Das Hufbein verändert seine Lage nach Loslösung der Aufhängung im Bereich der dorsalen Zehenwand infolge des Gewichtes des Pferdes und durch den Zug der tiefen Beugesehne. Ein chronischer Rehehuf zeigt ein verändertes Hornwachstum. (Schatzmann, 2007).

Durch das Absinken und die Rotation des Hufbeins ist die Blutversorgung des Kronsaums gestört (Eustace, 1992; Buda und Hirschberg, 2005). Bei der Hufbeinrotation drückt die Hufbeinkappe auf die Kronlederhaut, es kommt zu verstärktem Zug an den Blättchen des Wandsegmentes und zu mechanischem Abdrücken der Blutgefäße unter der Hufbeinspitze. Im Kronsegment kommt es durch den Zug des Hufbeins zu Gefäßzerreißen. Die Störungen der Mikrozirkulation sind proportional zum Grad der Hufbeinrotation (Goetz, 1989).

Die Lageveränderung des Hufbeins bedingt dann sekundär auch Durchblutungsstörungen im Bereich der Krone und vor der Hufbeinspitze. Im Bereich der Wandlederhaut kommt es durch die Lageveränderung des Hufbeins zu Gefäßzerreißen- oder Verschluss durch Thromben. Bei der Hufbeinsenkung kommt der Blutfluss im Kronsegment völlig zum Erliegen (Höppner, 2003).

Der chronische Rehehuf zeigt oftmals eine konkave Dorsalwand, hervorgerufen durch das verminderte Hornwachstum im Kronsegment, während die Hornwachstumsrate an den Trachten nahezu physiologisch ist. Weiterhin zeigen sich Ringe, die zur Dorsalwand hin konvergieren, während sie trachtenwärts divergieren (Reheringe). Diese Ringe entstehen, weil das Hornwachstum am Kronsegment sistiert und die Trachten relativ normal wachsen (Pollitt, 1999). Wenn bei der Hufrehe das Hufbein von der inneren Hufwand gelöst ist, proliferieren die überlebenden Epidermiszellen der Blättchen zu einer desorganisierten Masse dyskeratotischen Materials und bilden einen schwachen lamellären Keil (Narbenkeil) (Ossent und Geyer, 2006). Dieser Keil füllt den Raum zwischen dem Hufbein und der Hufwand, ist aber zu keiner adäquaten Tragefunktion fähig.

Die Epidermisblättchen sind verlängert und haben keinen Kontakt mehr zur Lederhaut. Zwischen den Epidermisblättchen befindet sich Luft oder Flüssigkeit. Dieses Phänomen ist allerdings nur im Sagittalschnitt oder in einer seitlichen Röntgenaufnahme eines entsprechenden Hufes zu sehen.

Die weiße Linie stellt sich bei einem chronischen Rehehuf deutlich verbreitert dar, weil diese aus den dyskeratotischen Hornmassen (Narbenhorn-Keil) und aus amorphem Zelldetritus besteht (Ossent und Geyer, 2006). Ein weiteres charakteristisches Merkmal eines chronischen Rehehufes ist die halbmondförmige Vorwölbung der Sohle, die durch das eingesunkene Hufbein verursacht wird (Ossent und Geyer, 2006). Die Sohle erscheint konvex und ragt über das Niveau des Tragrandes hinaus. Die Sohlenlederhaut ist in diesem Bereich zwischen dem abgesunkenen Hufbein und dem festen Sohlenhorn gequetscht und kann nekrotisieren (Moore et al., 1989).

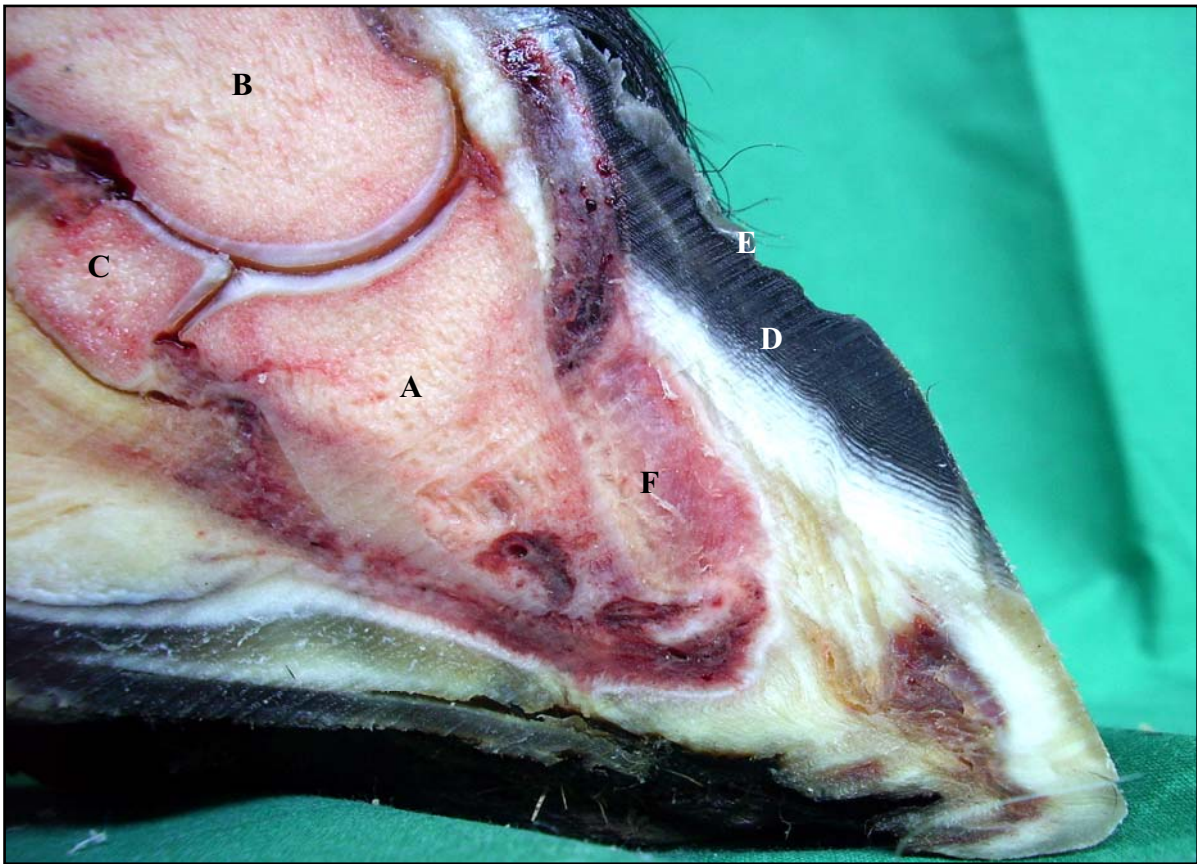
Ist die Hufbeinrotation stark, so kann die Hufbeinspitze zusammen mit der Huflederhaut das Sohlenhorn vollständig perforieren (Pollitt, 1999). Es kommt zum Sohlendurchbruch. Über der Krone lässt sich durch das eingesunkene Hufbein eine deutliche Mulde feststellen (Pollitt, 1999). Die gefäßhaltigen koronalen Lederhautzöttchen werden aus ihren Epidermisröhrchen gezogen und abgerissen, wodurch Blutungen entstehen, die in pigmentlosen Hufen besonders deutlich zu sehen sind (Budras und Huskamp, 1999).

Es ist auch zu beachten, dass das abgesunkene Hufbein das Wachstum der Hornröhrchen im Kronsegment in seiner proximodistalen Richtung verändert. Die normalerweise gestreckt verlaufenden Kronhornröhrchen verlaufen nun um 120° abgeknickt und anfangs in der aufgebogenen Verlaufsstrecke gewellt, was durch eine stufenweise Absenkung des Hufbeins entsteht (Goetz, 1989; Eustace, 1992; Budras und Huskamp, 1999; Ossent und Geyer, 2006). Auch diese Veränderung kann man nur in einem Sagittalschnitt eines Rehehufes sehen. Zusätzlich kann es zum Ausschuheln (Exungulation), dem totalen Funktions- und Strukturverlust des Hufbeinträgers, bei dem das Pferd seine Hornkapsel verliert, kommen.

2.4.7 Pathologisches Hornwachstum bei der Hufrehe

Die im Zuge einer Hufrehe entstanden Hornzellen sind klein und weisen eine glatte Oberfläche auf. Somit ist eine Verzäpfung zu den Nachbarzellen nicht möglich. Auch wird die Zell-Zell-Adhäsion durch die Bildung von minderwertigem Interzellularkitt zusätzlich beeinträchtigt (Marks und Budras, 1987). Bei chronischer Hufrehe folgt die Hornbildung einem charakteristischen Muster. Durch die Minderdurchblutung der Huflederhaut ist die Hornproduktion im Zehenrückenteil stark reduziert, während sie im Trachtenbereich meist unverändert bleibt. Folglich kommt es zu einer Verminderung der Hornbildungsrate in der dorsalen Hufwand, während diese im Trachtenteil erhöht ist.

Es kommt zur Entstehung von Hornringen, welche von der Zehe zu den Trachten hin divergieren (Goetz, 1987; Pütz, 2006).



**Abbildung 5: Sagittalschnitt durch einen chronischen Reehuf;
makroskopische Veränderungen durch die chronische Hufrehe bedingt**

- A: Hufbein, rotiert**
- B: Kronbein**
- C: Strahlbein**
- D: dorsale Hufwand, Kronhornröhrchen in Falten**
- E: Reheringe an der Hufwand**
- F: Narbenhornkeil**

2.4.8 Röntgenologische Befunde bei Hufrehe

Um die Hufrehe eindeutig zu diagnostizieren und um eine Aussage über den Schweregrad und die Prognose treffen zu können, ist die radiologische Untersuchung unerlässlich (Cripps und Eustace, 1999). Weiterhin kann anhand des Röntgenbildes der Krankheitsverlauf kontrolliert werden. Außerdem bildet ein Röntgenbild die Grundlage für eine orthopädische Hufkorrektur (Hertsch und Brunken, 1988; Hemker, 2001). Eine Lageveränderung des Hufbeins kann schon neun Stunden (Hemker und Hertsch, 2002), laut anderen Autoren, zwölf bis 72 Stunden (Allmers et al., 2006) nach dem Auftreten der ersten klinischen Symptome erfolgen. Bei Pferden, die an Hufrehe erkrankt sind, werden Röntgenbilder im latero-medialen Strahlengang (90°) erforderlich, um die Lageveränderungen des Hufbeins zu evaluieren. Diese Aufnahmen sollten an der belasteten Gliedmaße erfolgen, wobei der Tragrand durch eine strahlendurchlässige Unterlage (z.B. Holzklötz) (Schultz, 1942; Hertsch und Brunken, 1988), mindestens fünf Zentimeter (Allmers et al., 2006) vom Boden entfernt sein sollte. Hufeisen sollten vor Anfertigung einer Aufnahme entfernt werden, um Überdeckung von Strukturen durch Nägel oder Eisen zu vermeiden. Die Röntgenaufnahme sollte in einer geringen Strahlendosis belichtet werden oder die dorsale Hufwand mit einer Metallmarkierung versehen werden. Die Filmkassette liegt medial parallel zur Zehenachse dem Huf an. Der Zentralstrahl sollte auf die Mitte der Seitenwand gerichtet werden. Röntgenaufnahmen, die von anterior nach posterior gerichtet sind (0°) bieten zusätzlich Auskunft über den Zustand des Hufbeins und eine eventuell vorliegende Seitenrotation des Hufbeins (Hertsch und Brunken, 1988).

2.4.8.1 Hufbeinrotation

Eine Hufbeindrehung ist auf der seitlichen Röntgenaufnahme aufgrund der Divergenz zwischen der Kontur der Hufwand und der dorsalen Kontur des Hufbeins offensichtlich. Nach Kameya (Kameya, 1973), Stick et al. (Stick et al., 1982), Brunken (Brunken, 1985), Hertsch (Hertsch und Brunken, 1988) und Linford (Linford et al., 1993) lässt sich der Grad der Hufbeinrotation anhand des Hufbeinwinkels und des Hufwinkels berechnen. Der Hufbeinwinkel wird gebildet durch den Winkel der dorsalen Fläche des Hufbeins zum Boden. Der Hufwinkel wird bestimmt durch den Winkel der dorsalen Hufplatte zum Boden.

Der Winkel der Hufbeinrotation wird durch die Bildung der Differenz zwischen dem Hufbeinwinkel und dem Hufwinkel berechnet. Die chronische Hufrehe kann nach dem Ausmaß der Hufbeinrotation in drei Grade eingeteilt werden. Liegt eine Rotation von 2° - 8° vor, so handelt es sich um eine geringgradige Hufbeinrotation (Hertsch und Brunken, 1988). Von einer mittelgradigen Rotation spricht man, wenn der Rotationswinkel 8° - 20° beträgt. Ist die Rotation größer als 20° , so handelt es sich um eine hochgradige Hufbeinrotation (Hertsch und Brunken, 1988).

Bei der Rotation wird zwischen der kapsulären und der phalangealen Rotation unterschieden (Zadow und Becker, 2006; Schatzmann, 2007). Die kapsuläre Rotation entsteht durch Loslösung der dorsalen Hufwand, die vom Hufbein getrennt wird. Unter der phalangealen Rotation versteht man die Verschiebung des Hufbeins (Flexion) gegenüber dem Kron- und Fesselbein. Für die phalangeale Rotation ist in erster Linie der Zug der tiefen Beugesehne verantwortlich (Castelijns, 2003), der neben der Ablösung der dorsalen Wand später auch das unterschiedliche Wachstum des Hufes zwischen Zehe und Trachten bedingt (Schatzmann, 2007).

2.4.8.2 Laterale oder mediale Hufbeinrotation

Nach O`Grady kann das Hufbein nicht nur palmar/plantar, sondern auch nach der lateralen oder der medialen Seite rotieren (O`Grady, 2007; O`Grady, 2008). Diese Lageveränderung des Hufbeins ist in einer 0° -Röntgenaufnahme zu sehen. Der Winkel der Rotation wird bestimmt durch den Winkel der Sohlenfläche des Hufbeins zur Bodenfläche. Dieser Winkel errechnet sich, aus einer Geraden, die durch die beiden Foramina soleare (laterale et mediale) des Hufbeins gezogen wird, zur Bodenfläche. Diese Gerade wird an den distalen Rändern der beiden Foramina angelegt. Normalerweise sollte das Hufbein parallel zum Boden in der Hufkapsel liegen.

2.4.8.3 Hufbeinsenkung

Eine Hufbeinsenkung (Ptosis) ist gekennzeichnet von der Zunahme der Wanddicke, dem Abstand zwischen der Hufwand und dem Hufbein (Hertsch und Brunken, 1988). Dabei wird ein Mittelwert von 15 bis 18 Millimetern bei allen Rassen als normal angesehen (Hertsch und Brunken, 1988; Höppner, 2003).

Die Hufbeinsenkung ist schwieriger zu diagnostizieren und hat eine schlechtere Prognose als eine Hufbeinrotation. Die Senkung weist darauf hin, dass es in allen Teilen des Hufbeinträgers zu einer Trennung gekommen ist und das Gewicht des Pferdes das Hufbein nun nach unten drückt. Daher ist anzunehmen, dass die Schädigung des Aufhängeapparates schwerwiegender ist, als bei der Hufbeinrotation

(Goetz, 1987; Huskamp, 1990; Herthel und Hood, 1999; Morgan et al., 1999). Durch die totale Separation der epidermalen von den dermalen Blättchen sinkt das Hufbein förmlich in die Hornkapsel hinein (Pollitt, 1999).

Sie ist deshalb schwieriger zu diagnostizieren, weil die Parallelität von Hufbein und Hufwand erhalten bleibt. Der Abstand vergrößert sich aber und es kann zu einer Stufenbildung am Übergang vom weichen Gewebe des Kronsaums auf den Hornschuh kommen, da das Gewebe durch das abgesenkte Hufbein hinab gezogen wird

(Hertsch und Brunken, 1988; Goetz, 1989; Herthel und Hood, 1999). Dabei ergibt sich im seitlichen Röntgenbild ein über 18 mm vergrößerter Abstand zwischen Hornkapsel und Hufbein (Höppner, 2003).

Die Dicke der Hufplatte wird an drei Stellen bestimmt (Linford et al., 1993). Der erste Messpunkt liegt proximal, 2 Millimeter unterhalb des Übergangs des Processus extensorius zur Dorsalfläche des Hufbeins. Der zweite Messpunkt befindet sich distal 6 Millimeter oberhalb der Hufbeinspitze. Der dritte Messpunkt liegt in der Mitte dieser beiden Punkte. Diese Methode ist allerdings nur bei Pferden ohne Knollhuf und ohne vorangegangene Hufkorrektur möglich (Hemker, 2001; Hemker und Hertsch, 2002).

2.4.9 Prognose anhand der Röntgenbefunde

Bei einer Rotation des Hufbeins bis zu 5° kann mit voller Einsetzbarkeit des Pferdes gerechnet werden (Stick et al., 1982). Bei einer stärkeren Rotation bis zu 11° kann das Pferd wieder symptomlos laufen, die frühere Leistungsfähigkeit wird allerdings nicht wieder erreicht (Stick et al., 1982). Bei einer weitergehenden Rotation oder einem Hufbeindurchbruch kann es zu einer Gebrauchsunfähigkeit kommen (Scheuerer und Grieshaber, 1996).

Eine ungünstige Prognose ist auch bei einer Formatrophie des Sohlenrandes oder einer Hufbeindeformation, zum Beispiel einer Hufbeinatrophie zu stellen (Brunken, 1985). Eine Hufbeinsenkung lässt eine schlechtere Prognose zu als eine Hufbeinrotation (Hemker und Hertsch, 2002). Nach Hertsch und Brunken (Hertsch und Brunken, 1988) ist eine vollständige Heilung nur bis zu einem Rotationswinkel von 8° und ohne pathologische Veränderungen des Hufbeins möglich. Viele Autoren hingegen geben dem Röntgenbild für die Prognose eine geringere Bedeutung. Sie sehen eher das klinische Bild, die Schwere der Reheerkrankung, die Anzahl der betroffenen Gliedmaßen, den Therapieerfolg und letztlich die Ursache als entscheidende Anhaltspunkte für die Prognosestellung (Cripps und Eustace, 1999; Herthel und Hood, 1999; Glöckner, 2002).

2.4.10 Therapie der Hufrehe

Es besteht kein Zweifel daran, dass die Hufrehe mit höchstgradigen Schmerzen einhergeht. Ursachen für die starken Schmerzen sind zum einen, eine Vermehrung von Entzündungsmediatoren (Hood, 2002), ein erhöhter Druck innerhalb der festen Hufkapsel (Höppner, 2006), Zerrung und Zerreißung von Nervenfasern, Blutgefäßen und Kollagenfasern, Druck des Hufbeins auf die Sohle, übermäßiger Zug auf Sehnen und Bänder und zum anderen Durchblutungsstörungen der Huflederhaut. Eine Druckerhöhung innerhalb der Hufkapsel wird hervorgerufen durch Ödeme, Serome und Blutungen. Gewebeerreiungen führen wiederum zu Entzündungen und Schmerzen (Caldwell, 2002).

Trotz intensiver Forschungen bleibt die Therapie der Hufrehe eine Herausforderung für Praktiker, Kliniker und Hufschmiede. Allgemeingültige Regeln zur Therapie bestehen nicht, schon allein wegen der vielen möglichen Ursachen, die die Hufrehe haben kann. Grundsätzlich entscheidend für die Wahl der Therapie ist die Dauer der Erkrankung. Es ist zwischen der Entstehungsphase ohne klinische Symptome, der akuten Phase mit den typischen Rehesymptomen und der chronischen Phase, in der bereits radiologisch Veränderungen des Hufbeins feststellbar sind, zu unterscheiden. Es gibt verschiedene Ansatzpunkte, die bei der Therapie der Hufrehe miteinander kombiniert werden sollten: die pharmakologische, die orthopädische, die chirurgische und die unterstützende Behandlung.

2.4.10.1 Allgemeine Maßnahmen

Die akute Hufrehe ist immer als Notfallsituation zu sehen. Die Behandlung sollte möglichst vor dem Einsetzen des Funktions- und Strukturverlustes des Hufbeinträgers erfolgen und das Auftreten einer Hufbeinverlagerung verhindern (Yelle, 1986).

Bei der Therapie der Hufrehe ist es wichtig, die Ursachen, soweit sie bekannt sind, zu behandeln. Liegt der Verdacht einer fütterungsbedingten Hufrehe durch die Aufnahme größerer Mengen Kraftfutter nahe, sollte die Resorption der entstehenden Toxine im Darm durch die Gabe von Paraffinöl per Nasenschlundsonde verhindert werden. Auch endokrine Störungen, wie das equine Cushing-Syndrom sollten begleitend behandelt werden (Kreling, 2007). Liegt die Ursache der Hufrehe in einer Erkrankung des Gastrointestinaltraktes (Typhlocolitis, Diarrhoe) oder des Genitaltraktes, sollte diese begleitend mit der Gabe von Infusionen, Antibiotika und Antitoxinserum behandelt werden (Scheuerer und Grieshaber, 1996). Am besten wäre natürlich die Prävention der Hufrehe, wenn diese durch einen bestimmten Krankheitsverlauf zu erwarten ist (zum Beispiel eine Belastungsrehe bei hochgradiger Lahmheit). Jeder Hufrehepatient sollte in der akuten Phase der Hufrehe ergänzend zur medikamentösen und orthopädischen Therapie begleitende Maßnahmen erhalten.

Boxenruhe in einer tief eingestreuten Box (Straiton, 1973; Faisst, 2006; Höppner, 2006) ist laut verschiedenen Autoren die beste Unterbringung für solche Patienten. Weiterhin sind Angussverbände an den Hufen sinnvoll (Faisst, 2006), weil sie entzündungshemmend und schmerzlindernd wirken (Höppner und Hertsch, 2006). Eine Futterumstellung auf eine strenge Heudiät ist anzuraten. Generell ist bei einem an Hufrehe erkrankten Pferd auf eine ausreichende Versorgung mit Zink, Vitamin A und Biotin zu achten, damit die Regeneration der Hornsubstanz ungestört erfolgen kann. Eine gesunde Hornproduktion kann darüber hinaus mit Lorbeeröl-Salbe, aufgebracht auf den Kronsaum, erreicht werden.

2.4.10.2 Medikamentöse Therapie

Der seit langem bekannte Aderlass hat nach wie vor seine Berechtigung in der Therapie der Hufrehe (Scheuerer und Grieshaber, 1996; Back, 2008). Es wird eine Hämodilution und somit eine verbesserte Durchblutung der Zehe erreicht.

Ein Teil der vasokonstriktiven Substanzen und zirkulierenden Toxine wird zudem aus dem Körper entfernt (Scheuerer und Grieshaber, 1996). Der Aderlass sollte unter ständiger Kreislauf-, und Hämatokritkontrolle erfolgen. Deshalb ist der Aderlass mit Reinfusion isotonischer NaCl-Lösung bei jeder akuten und zum Teil auch bei einer chronischen Hufrehe angezeigt (Höppner, 2005).

Für die Verbesserung der Perfusion der Lederhautblättchen kommt das Antikoagulanz Heparin zum Einsatz. Mehreren Autoren ist ein positiver Effekt von Heparin in der Hufregetherapie gelungen (Belknap und Moore, 1989; Cohen et al., 1994). Für eine bessere Perfusion kann auch Acetylsalicylsäure sorgen. Sie bewirkt eine Verminderung der Thrombozytenaggregation und beugt somit der Bildung von Mikrothromben vor (Baxter und Moore, 1987; Baxter, 1992). Einige Autoren sehen den Einsatz von Antikoagulantien in der Hufregetherapie als nicht gerechtfertigt, weil sie davon ausgehen, dass diese Therapie im Stadium der akuten Hufrehe zu spät kommt, weil in diesem Stadium bereits eine Gerinnung innerhalb der Gefäße im Endstromgebiet der Lederhaut stattgefunden hat (Höppner, 2005).

Der Einsatz von nichtsteroidalen Entzündungshemmern (NSAID) ist umstritten. Im Vordergrund der meisten Therapien steht die Schmerzfreiheit, wissend, dass diese das lokale Geschehen im Huf verschlimmern könnte (Hood, 2002). Während es wünschenswert ist, dass ein Pferd mit einer akuten Hufrehe seine Hufe schmerzbedingt entlastet und viel liegt, steht auf der anderen Seite die Tatsache, dass ein entzündungshemmender Effekt in den Gliedmaßen durchaus erwünscht ist

(Hood, 2002; Craig, 2007; Schatzmann, 2007; Gerhards, 2008). Zur Blockierung des Schmerz- Vasokonstriktions- Kreislaufs kommen nichtsteroidale Entzündungshemmer häufig zum Einsatz. Die dabei am häufigsten verwendeten Wirkstoffe sind Phenylbutazon und Flunixin, das auch wegen seiner „Anti-Endotoxin“-Wirkung von vielen Praktikern häufig genutzt wird (Scheuerer und Grieshaber, 1996).

Dimethylsulfoxid und Isoxsuprin verbessern möglicherweise die rheologischen Eigenschaften des Blutes und kommen deshalb zum Einsatz. Weiterhin kann die Durchblutung im Endstromgebiet der Lederhaut verbessert werden, wenn vasodilatatorisch wirkende Medikamente verwendet werden. Zusätzlich zu dem genannten Isoxsuprin kommt hier auch Acepromazin (Hunt et al., 1994) zur Anwendung. Neben seiner blutdrucksenkenden und vasodilatatorischen Wirkung, wird es vor allem wegen seinem sedativen Effekt genutzt. Der Rehepatient kommt viel zum Liegen und entlastet somit seine Hufe.

2.4.10.3 Orthopädische Maßnahmen

2.4.10.3.1 Trachtenerhöhung

Eine orthopädische Maßnahme in der Hufregetherapie ist die Hochstellung der Trachten bis zu einem Winkel der vorderen Hufwand von circa 90° (Hertsch, 1995; Hood, 2002; Hertsch, 2008). Durch die Trachtenhochstellung wird die biomechanische Entlastung des in seiner Tragfähigkeit geschwächten Hufbeinträgers gewährleistet, weil dem Zug der tiefen Beugesehne entgegen gewirkt wird und die gesunden Bereiche der Trachten, Ballen und des Strahls belastet werden (Klunder, 2000). Bei konsequenter Trachtenerhöhung von Beginn der Erkrankung an, kommt es durch die verbesserte Durchblutung im Kronsaum zum parallelen Nachwachsen des Kronhorns (Höppner, 2005; Hertsch, 2008). Das Prinzip der orthopädischen Therapie besteht aus der Hochstellung der Trachten durch eine Keilplatte. Dabei werden unterschiedliche Techniken beschrieben. Baxter (Baxter, 1994) verwendet einen Hufschuh mit erhöhten Trachten und eingearbeiteter Strahlstütze.

Als Sofortmaßnahme rät Hertsch (Hertsch, 1995; Hertsch, 2008) zu einem Hufschuh mit Trachtenerhöhung durch einen Holzklötz oder einen Plastikkeil, den man unter den Huf schnallen kann. Die Sohlenseite wird mit Silikonkautschuk oder Hufleder kitt ausgefüllt. Die vorhandenen Hufeisen sollten möglichst entfernt werden (O`Grady, 2007). Weiterhin kann die Trachtenhochstellung durch einen Hufschuh mit einer abschraubbaren Plastikkeil-Platte erfolgen. Diesen Hufschuh kann man unter den Huf kleben (Hertsch et al., 1997; Zadow und Becker, 2006).

Huskamp (Huskamp, 1990) beschreibt je nach Schweregrad der Erkrankung drei Arten einer Gipsbandage, den so genannten Rehegips. Bei gering- bis mittelgradigen Reheanfällen wird das Ballen-Strahl-Segment mittels einer Gipsbandage erhöht und zur Belastung herangezogen. Sind auch die hinteren Anteile des Hufes betroffen, wird versucht durch einen mittleren Gipsverband bis unter das Karpalgelenk den Fesselgelenksbereich zum Tragen heranzuziehen. Einen hohen Gipsverband bis über das Karpalgelenk schlägt er bei dem Ausschuh des Pferdes vor (Huskamp, 1990). Andere Autoren sprechen sich gegen eine Erhöhung der Trachten aus (Eustace und Caldwell, 1989 a; Strasser, 1991; Häusler-Naumburger, 2003; Faisst, 2006), weil sie eine Kompression der Blutgefäße im Kronsaumbereich fördert (Neubert, 2007) und somit das Hornwachstum stört.

Die in der Literatur beschriebene Methode des Trachtenkürzens wird in Kombination mit einem orthopädischen Beschlag verwendet (Wintzer, 1999). Auf einen orthopädischen Beschlag bei gekürzten Trachten wird nach der Methode nach Strasser verzichtet (Strasser, 1991). Auch im chronischen Stadium der Hufrehe, welches gekennzeichnet ist von Lageveränderungen des Hufbeines, in Form einer Rotation oder Senkung oder einer Kombination aus beiden, ist die Trachtenhochstellung angezeigt. Weiterhin ist die Sohle vor dem Strahl so gut wie möglich zu schützen. Durch das abgesunkene oder rotierte Hufbein ist der Druck auf die Sohlenlederhaut sehr groß. Deshalb ist die Durchblutung in diesem Bereich erheblich reduziert. Folge davon ist, dass die Hornneubildung in diesem Bereich nahezu erliegt und es auch Wochen später zum Sohlendurchbruch kommen kann. Druckentlastung des Sohlenbereiches ermöglicht eine verbesserte Durchblutung sowie die Neubildung des Sohlenhorns. Zum Ausgleich müssen deshalb hintere Anteile des Hufes, besonders die Trachten zum Tragen herangezogen werden (Castelijns, 2003). Die Sohle wird durch Ausfüllen mit einer knetfähigen Masse vom Druck entlastet (Hertsch, 1995; Zadow und Becker, 2006; Hertsch, 2008).

2.4.10.3.2 Resektion der dorsalen Hufwand

Eine weitere orthopädische Maßnahme ist die Resektion der dorsalen Hufwand (vollständige Entfernung des Zehenteils der Hufwand einschließlich des Narbenhorns) (Eustace und Caldwell, 1989 a; Peremans et al., 1991; D`Arpe et al., 2008; Eustace, 2008; Rucker, 2008). Diese Methode kann nach Huskamp (Huskamp, 1990) und Castelijns (Castelijns, 2003) Anwendung finden, wenn 3 bis 4 Tage nach einem akuten Reheanfall sicher ist, dass die Erkrankung in ein chronisches Stadium übergegangen ist und das Hufbein seine Lage nicht weiter verändert. Die Entfernung des Narbenschildes sollte relativ radikal, aber immer in Verbindung mit einem aktuellen Röntgenbild erfolgen. Beginnend dicht unter der Krone wird die Hufwand abgeraspelt, bis die Farbe des Horns von dunkel zu cremig-weiß wechselt (Goetz, 1989).

Eingestellt wird das Abtragen kurz vor dem Austritt kapillarer Blutungen aus den Lederhautgefäßen. Es wird soviel Horn entfernt, dass wieder Parallelität zwischen der Vorderkontur des Hufes und dem Hufbein besteht (Hertsch, 1995; Neubert, 2007).

Entscheidend ist die völlige Druckentlastung des Kronsegmentes und des von ihm aus nachwachsenden Horns. Die Druckentlastung muss nach Huskamp so weit erfolgen, bis die nicht erkrankten Bezirke erreicht sind.

Diese Grenzlinie ist von Fall zu Fall unterschiedlich. Wird diese Maßnahme exakt durchgeführt, wächst das Horn vom Kronsaum lateral, medial und dorsal ungehindert und parallel zum Hufbein (Huskamp, 1990; Scheuerer und Grieshaber, 1996). Um überschießendes Narbengewebe und Infektionen in diesem Bereich einzudämmen und das Horn vor Austrocknung zu schützen, verbleiben die Hufe unter einem Verband (Eustace und Caldwell, 1989 b; Peremans et al., 1991; Rucker, 2008). Bei Bedarf sollten Antibiotika und nichtsteroidale Antiphlogistika zum Einsatz kommen (Peremans et al., 1991).

Eine sehr wichtige Begleitmaßnahme der orthopädischen Therapie ist das Vorbeugen von Hufgeschwüren. Die geschwächte Verbindungsschicht, nekrotisches Gewebe und eine verbreiterte weiße Linie tragen zu einer erhöhten Anfälligkeit für Hufgeschwüre bei (Castelijns, 2003). Zur Bekämpfung muss ein Schutz der Sohle durch eine Platte erfolgen. Weiterhin sind leicht abnehmbare Hufschuhe oder Sohlenpolster sinnvoll, damit eine lokale Behandlung möglich ist. Bei lahmfreier Funktion und wenn keine weitere Verschlechterung der Hufbeinposition eingetreten ist, kann langsam ein Bewegungsprogramm begonnen werden. Das Pferd sollte weiterhin eine Trachtenerhöhung haben, kann jetzt aber im weichen, trockenen Sand im Schritt bewegt werden. Zeigt sich keine Verschlechterung des Zustandes, kann die Trachtenerhöhung um die Hälfte reduziert werden. In jedem Fall ist in dieser Übergangsphase auf eine deutliche Zehenrichtung zu achten. Die Dauer und die Häufigkeit der Bewegung kann unter Kontrolle der Pulsation langsam gesteigert werden (Höppner, 2006).

2.4.10.3.3 Der orthopädische Hufbeschlag

Der orthopädische Hufbeschlag, zu Beginn einer allmählich gesteigerten Belastung, sollte immer noch die hinteren Hufabschnitte zum Tragen heranziehen und die dorsale Hufwand schonen. Für einen Rehebeschlag stehen mehrere Hufeisen zur Verfügung. Pflug (Pflug, 1893) beschreibt ein Hufeisen mit einem Steg quer über die Mitte des Strahls. Bolz (Bolz, 1939) modifizierte dieses Eisen dahingehend, dass die Schenkel verbreitert sind, sodass die Eckstreben, die Sohlenschenkel und der Tragrand bedeckt sind (Hertsch, 1995; Körner, 2005; Hertsch, 2008; Lingens, 2008). Körber (Körber, 1977) beschreibt ein Hufeisen mit eingeschweißtem Steg circa 1 cm hinter der Strahlspitze, einer starken Zehenrichtung und aufgebogenen Schenkeln. Um die hinteren Hufabschnitte mit zum Tragen heranzuziehen, wurde die Sohle unterpolstert. Fischer (Fischer, 1941) verwendete ein aufzuschraubendes Deckeleisen mit einer Gipseinlage.

Von vielen Autoren beschrieben wurde das Herzeisen (Heart-bar-shoe), welches den Strahl bei dem Tragen der Körperlast einbezieht (Thiebaut, 2002). Hierbei wird ein, dem Strahl exakt angepasstes Eisen, an den Schenkelenden aufgeschweißt (Caldwell, 2002). Mit einer Justierschraube kann man den Druck auf den Strahl variieren (Goetz, 1989; Lingens, 2008). Damit sollte eine Rotation des Hufbeins in der Hornkapsel verhindert werden (Stashak, 1989). Huskamp steht diesem Eisen allerdings kritisch gegenüber (Huskamp, 1990). Gemäß neueren Studien aus den USA kann ein Eisen mit stark abgerundeter Standfläche („Rock and Roll“ - oder „Banana“ - Eisen) Vorteile bringen. Dieses Eisen erlaubt dem Pferd, laut Schatzmann (Schatzmann, 2007), eine möglichst angenehme Stellung einzunehmen. Zusätzlich erfolgt durch die ständige passive Bewegung eine bessere Durchblutung, wodurch das Hornwachstum gefördert wird (Schatzmann, 2007). Bei stabiler Ausheilung kann schließlich ein planes Eisen mit gerader Zehenrichtung, Seitenaufzügen und eingeschweißtem Schlusssteg verwendet werden, bevor wieder ein regelmäßiges Hufeisen aufgebracht werden kann oder gar kein Beschlag mehr notwendig ist. Bei konstant gebesserter Funktion kann allmählich auch die Dorsalwand gestreckt korrigiert werden, soweit das durch die Wandresektion noch nicht erfolgt ist. Hufkorrekturen sollten prinzipiell nach Röntgenkontrolle erfolgen. Der Huf wird so korrigiert, dass das Pferd möglichst über die Hufbeinspitze abrollen kann (Höppner, 2004).

2.4.10.4 Chirurgische Maßnahmen

Die chirurgische Therapie im chronischen Stadium der Hufrehe kann einmal als Tenotomie der tiefen Beugesehne oder als Desmotomie des Unterstützungsbandes der tiefen Beugesehne erfolgen. Die Technik der Desmotomie erfolgt genauso wie bei der Therapie eines Bockhufes. Für diese Operation ist das Pferd in Vollnarkose in Seitenlage zu verbringen. Weitaus radikaler ist die Tenotomie der tiefen Beugesehne, die von Göbel und Baumüller (Göbel und Baumüller, 1951) und anderen Autoren (Allen et al., 1986; Hunt et al., 1991) empfohlen wird. Indikation für diese Operation ist nach Hertsch (Hertsch, 1995) ein erhebliches Nachrotieren des Hufbeins nach einer Hufkorrektur. Für diese Operation ist keine Vollnarkose notwendig (Rucker, 2008). Sie kann im Stehen am sedierten Patienten erfolgen (Neubert, 2007; Rucker, 2008). Die Selbstheilung der Tenotomie- oder Desmotomielücke ist laut Hertsch (Hertsch, 1995) nach sechs Wochen zu erwarten.

Nach Eastman et al. (Eastman et al., 1999) und anderen Autoren ist diese Therapie eine gute Alternative zu den konventionellen Ansätzen (Rucker, 2008).

3 Eigene Untersuchungen

3.1. Material und Methoden

3.1.1 Patientengut

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 117 Beine von 47 Pferden, die an Hufrehe im chronischen Stadium erkrankt waren, untersucht. Dabei handelte es sich um 27 Warmblüter (57,5 %), 14 Ponies (29,8 %), 4 Haflinger (8,5 %), einen Kaltblüter (2,1 %) und einen Esel (2,1 %). Die Diagnose der Hufrehe wurde bei allen Tieren von einem Tierarzt gestellt oder lag dem Schlachthof als Vorbericht vor. Die Pferde wurden aufgrund der bestehenden Hufrehe oder aus anderen Gründen euthanasiert oder geschlachtet. Die Beine der Pferde wurden von verschiedenen Tierkliniken, Tierärzten und Schlachthöfen zur Verfügung gestellt. Angaben zum Alter und Geschlecht sowie zur Dauer oder Behandlung der Erkrankung lagen nicht bei allen Pferden vor. Aus diesem Grund wurde auf eine Auswertung dieser Angaben verzichtet. Die Pferdebeine beziehungsweise die Hufe der Pferde wurden alle unabhängig voneinander einzeln untersucht und bewertet. Dabei handelte es sich um 59 Hufe der Rasse Warmblut (50,4 %), 42 Hufe von Ponies (35,9 %), 10 Haflingerhufe (8,5 %), 2 Hufe, die von einem Kaltblut stammten (1,7 %) und 4 Hufe von einem Esel (3,4 %).

Häufigkeiten der verschiedenen Pferderassen			
		Häufigkeit	Prozente
Gültig	Warmblut	59	50,4
	Pony	42	35,9
	Kaltblut	2	1,7
	Haflinger	10	8,5
	Esel	4	3,4
Gesamt		117	100,0

Tabelle 1: Häufigkeiten der verschiedenen Pferderassen

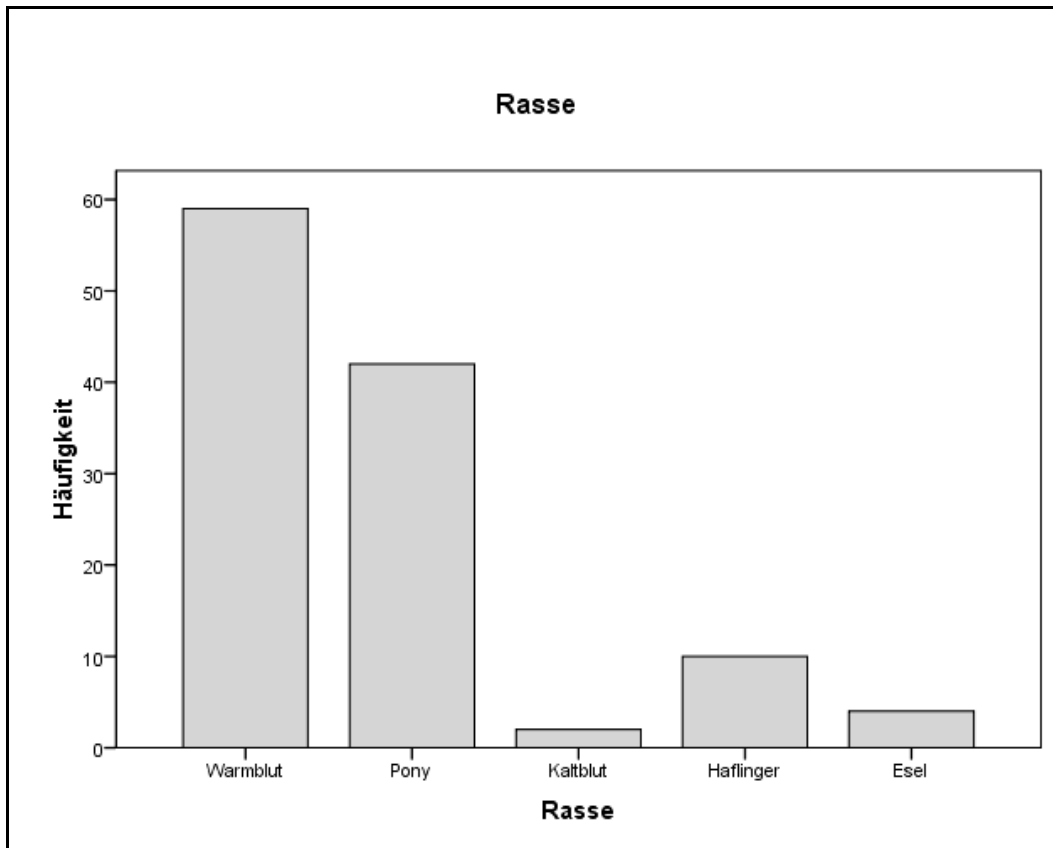


Abbildung 6: Häufigkeiten der einzelnen Pferderassen

Von den 117 untersuchten Beinen waren 43 linke Vorderbeine (36,8 %), 42 rechte Vorderbeine (35,9 %), 17 linke Hinterbeine (14,5 %) und 15 rechte Hinterbeine (12,8 %) vorhanden.

Aufteilung der untersuchten Hufe nach Gliedmaßen			
		Anzahl der Hufe	Prozent
Gliedmaße	vorn rechts	43	36,8
	vorn links	42	35,9
	hinten links	17	14,5
	hinten rechts	15	12,8
	Gesamt	117	100

Tabelle 2: Unterteilung der Pferdehufe in Gliedmaßen

Die Hufe wurden im Fesselgelenk exartikuliert und vorhandene Hufeisen, Verbände, Gipseinlagen etc. entfernt. Während des gesamten Zeitraumes der Untersuchung wurden die Beine tief gefroren bei minus 25 °C in einem Tiefkühlraum gelagert.

3.1.2 Röntgenaufnahmen

3.1.2.1 Anfertigung der Röntgenaufnahmen

Um eine Aussage über die Lageveränderungen des Hufbeins innerhalb der Hufkapsel treffen zu können, wurden die Hufe in drei Ebenen geröntgt. Die röntgenologische Untersuchung wurde mit dem digitalen Röntgensystem der Firma VetRay CR 35 V durchgeführt. Hierbei wurden das Röntgengerät Medinos 100/60 der Firma Gierth International GmbH und die Röntgenkassetten CAWO CR 24 mal 30 cm der Firma photochemisches Werk GmbH verwendet. Die Hufe wurden auf einen 5 cm hohen Holzklötz verbracht, um den Zentralstrahl richtig positionieren zu können. Alle Hufeisen, Einlagen, Hufschuhe etc. wurden entfernt, um Überlagerungen durch Hufeisen oder Hufnägel zu vermeiden. Die Hufe wurden gereinigt, um ebenfalls Überlagerungen durch Schmutz zu verhindern. Die Röntgenkassette wurde auf dem Erdboden stehend an eine Wand angelehnt.

3.1.2.1.1 Die latero-laterale Aufnahme (90°-Aufnahme)

Der entsprechende Huf wurde, auf dem Holzklötz stehend, direkt an die Kassette angelehnt, sodass die Hornkapsel der Röntgenkassette direkt anlag. Von den Hufen wurde zunächst eine latero-laterale Aufnahme angefertigt, wobei die Dorsalwand mit einer Bleimarkierung versehen wurde, die vom Kronsaum bis zum Tragrand reichte. Der Zentralstrahl wurde in dieser Aufnahme auf die Mitte der seitlichen Hufwand gerichtet (siehe Abb. 7). Die Belichtungszeit betrug 0,1 Sekunden. Die Spannung betrug 70 kV und die Stromstärke 55 mA.

3.1.2.1.2 Die dorso-palmar- / dorso-plantare Aufnahme (0°-Aufnahme)

Um eine mediale oder laterale Hufbeinrotation feststellen zu können, wurden die Hufe anschließend im dorso-palmaren Strahlengang (0°-Aufnahme) geröntgt. Auch hierfür stand der entsprechende Huf auf einem 5 cm hohen Holzklötzchen. Die Kassette war erneut an der Wand angelehnt und der Huf stand direkt vor ihr, so dass der Trachten- beziehungsweise der Ballenbereich der Kassette anlagen. Für diese Aufnahme wurden zwei Bleimarkierungen an der seitlichen Hufwand verwendet. Eine Markierung wurde an der medialen und eine an der lateralen Hufwand, jeweils an der breitesten Stelle des Hufes angebracht. Diese Markierungen reichten wiederum vom Kronsaum bis zum Tragrand des Hufes. Die Belichtungszeit bei diesen Aufnahmen betrug 0,15 Sekunden, während eine Spannung von 75 kV und eine Stromstärke von 50 mA verwendet wurden. Der Zentralstrahl wurde auf die Mitte der dorsalen Hufwand gerichtet (siehe Abb. 8).

3.1.2.2 Auswertung der Röntgenaufnahmen

Alle Hufe wurden sowohl im latero-lateralen Strahlengang (90°) als auch im dorso-palmar- / plantaren Strahlengang (0°) geröntgt. Die Röntgenaufnahmen wurden anschließend auf handelsüblichem DIN-A 4-Papier ausgedruckt. In den 90°-Aufnahmen wurde der Grad der palmar- / plantaren Hufbeinrotation und die Hufbeininkerbung bestimmt, während in den 0°-Aufnahmen die laterale / mediale Hufbeinrotation bestimmt wurde. Der Grad der Rotation wurde im Rahmen dieser Arbeit jeweils dreimal gemessen. Die Ermittlung der Hufbeinrotation erfolgte mit Hilfe eines durchsichtigen Winkelmessers und eines Lineals.

3.1.2.2.1 Bestimmung der Hufbeinrotation

Die Rotation des Hufbeins wird bestimmt aus der Differenz zwischen dem Hufbeinwinkel, dem Winkel zwischen dem Boden und der dorsalen Kontur des Hufbeins, und dem Hufwinkel, dem Winkel zwischen dem Boden und der dorsalen Fläche der Hufkapsel. Um den Hufbeinwinkel zu bestimmen, wurde eine Gerade entlang der dorsalen Kontur des Hufbeins gezogen. Der Winkel dieser Geraden zum Boden wurde bestimmt. Der Hufwinkel wurde durch die Bodenlinie und eine Gerade entlang der Kontur der dorsalen Hufplatte bestimmt.

Zur Beurteilung des Rotationsgrades wurde anschließend der Winkel des Hufes von dem Winkel des Hufbeins subtrahiert. Formveränderungen der Hufkapsel, die zur Ausbildung eines so genannten Knollhufes führen, erschweren die exakte Bestimmung der Hufbeinrotation. Daher wurde an Knollhufen eine Ideallinie zwischen dem Kronsaum und dem distalen Rand der Knolle gezogen, die die Normalverhältnisse bei unveränderter Hufkapselform widerspiegeln sollte. Hufe, bei denen sowohl eine Hufbeinrotation, als auch eine Hufbeinsenkung vorlag, wurden nur als rotiert gesehen, um eine übersichtlichere Einteilung erreichen zu können.

3.1.2.2.2 Bestimmung der seitlichen Hufbeinrotation

Die laterale oder mediale Hufbeinrotation wird bestimmt durch den Winkel der Sohlenfläche des Hufbeins zum Boden. Hierfür wird eine Gerade durch die beiden Foramina soleare laterale et mediale des Hufbeins gezogen. Dabei ist zu beachten, dass diese Gerade an den distalen Rändern der beiden Foramina gezogen wird. Anschließend wird der Winkel dieser Geraden zum Boden bestimmt. Dieser Winkel ist der laterale oder mediale Rotationswinkel des Hufbeins (O`Grady, 2008). Außerdem wurde zwischen einer medialen Hufbeinrotation und einer lateralen Rotation unterschieden. Die seitliche Hufbeinrotation wurde unabhängig von der palmaren/plantaren Hufbeinrotation betrachtet.

3.1.2.2.3 Bestimmung der Hufbeinsenkung

Die Dicke der Hufplatte wurde an drei Stellen gemessen (siehe Abb. 7). Zunächst wurde der proximale Punkt (a) bestimmt. Dieser befand sich 2 Millimeter unterhalb des Übergangs des Processus extensorius auf die Facies parietalis des Hufbeins.

Der zweite Punkt (b) befand sich distal, 6 Millimeter oberhalb der Hufbeinspitze. Anschließend wurde der dritte Punkt (c) bestimmt. Dieser befand sich in der Mitte einer Strecke, die die beiden Punkte a und b verband. Der Abstand zur Hufwand wurde im rechten Winkel zu dieser Strecke gemessen (Hertsch und Brunken, 1988).

Diese Messung konnte nur bei Hufen angewendet werden, die keine Umformung in Form eines Knollhufes gezeigt haben. Eine Zunahme des Abstandes zwischen Hufbein und Hufwand spiegelt die Hufbeinsenkung wider.

Bei einer Senkung des Hufbeins kommt es zu einer Verdickung der Hufplatte, die sich im Röntgenbild als Weichteilschatten darstellt. Es wurden nur Hufe in die Gruppe der Hufbeinsenkung aufgenommen, die ausschließlich eine Senkung des Hufbeins zeigten. Hufe, die eine Hufbeinrotation und eine Senkung des Hufbeins aufwiesen, wurden als rotiert angesehen.

3.1.2.2.4 Einteilung der Hufe in 5 Gruppen

Um eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse zu erhalten, wurden in Anlehnung an Hertsch (Hertsch und Brunken, 1988) nach der Bestimmung des Rotationswinkels des Hufbeins fünf verschiedene Schweregrade festgelegt.

Der erste Schweregrad (Grad 0) umfasst die Pferdebeine, die eine Rotation des Hufbeins von maximal 1° zeigten. Laut Hertsch (Hertsch und Brunken, 1988) ist eine Hufbeinrotation von weniger als 2° noch nicht als ein Anzeichen für chronische Hufrehe zu deuten. Es handelt sich um Zufallsbefunde unterschiedlicher Genese. Somit wurden in Grad 0 alle Hufe zusammengefasst, die keine oder nur eine Rotation von maximal 1° zeigten. In den Bereich des zweiten Grades (Grad 1) fielen die Hufe, die eine geringgradige Hufbeinrotation zeigten. Als geringgradig wurden hier Rotationswinkel von 2° - 8° angesehen. Als Schweregrad drei (Grad 2) galten Hufe mit einer mittelgradigen Hufbeinrotation. Als mittelgradig wurden Rotationswinkel von 9° - 20° festgelegt. Der vierte Schweregrad (Grad 3) beinhaltet Pferdehufe, die eine hochgradige Rotation des Hufbeins zeigten. Eine hochgradige Hufbeinrotation wurde bei einem Rotationswinkel von mehr als 20° angenommen. Der fünfte Schweregrad (Grad 4) wurde von Hufen gebildet, die keine Rotation des Hufbeins, sondern ausschließlich eine Hufbeinsenkung zeigten.

Grad 0: Hufbeinrotation bis 1°

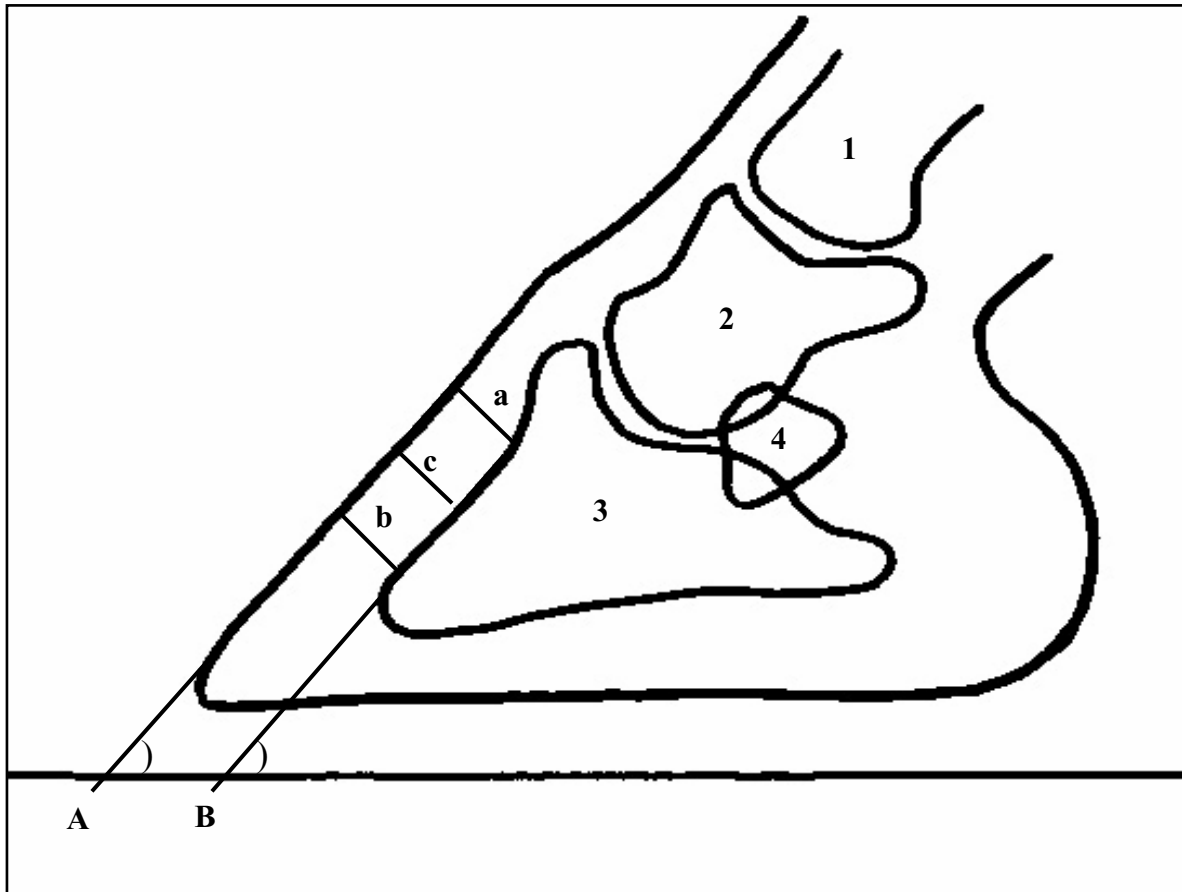
Grad 1: geringgradige Hufbeinrotation: 2° - 8°

Grad 2: mittelgradige Hufbeinrotation: 9° - 20°

Grad 3: hochgradige Hufbeinrotation: $>20^\circ$

Grad 4: Hufbeinsenkung

Die Einteilung in die Schweregrade erfolgte gemäß der Einteilung von Hertsch und Brunken (Hertsch und Brunken, 1988).



**Abbildung 7: Schematische Darstellung der Messungen an den seitlichen Röntgenbildern
(Sagittalschnitt durch die distale Gliedmaße)**

- 1: Fesselbein**
- 2: Kronbein**
- 3: Hufbein**
- 4: Strahlbein**
- A: Winkel der Geraden entlang der dorsalen Hufplatte zum Boden (Hufwinkel)**
- B: Winkel der Geraden entlang der dorsalen Fläche des Hufbeins zum Boden (Hufbeinwinkel)**
- a: Abstand des dorsalen Messpunktes am Hufbein zur Dorsalplatte des Hufes**
- b: Abstand des distalen Messpunktes am Hufbein zur Dorsalplatte des Hufes**
- c: Abstand des mittleren Messpunktes am Hufbein zur Dorsalplatte des Hufes**

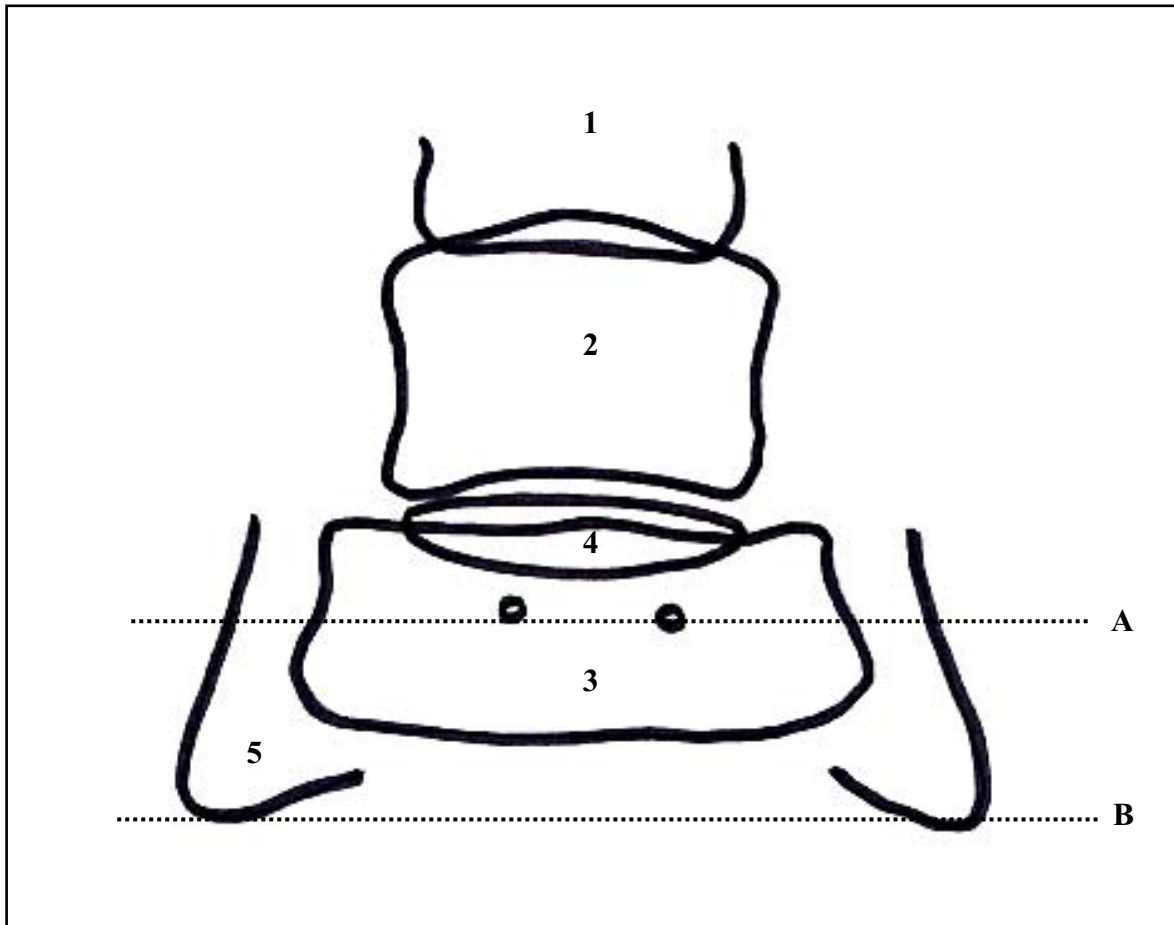


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Messung der seitlichen Hufbeinrotation an den Röntgenbildern (0°-Aufnahme)

1: Fesselbein

2: Kronbein

3: Hufbein

4: Strahlbein

5: Hornkapsel

A: Gerade durch die Foramina soleare laterale und mediale

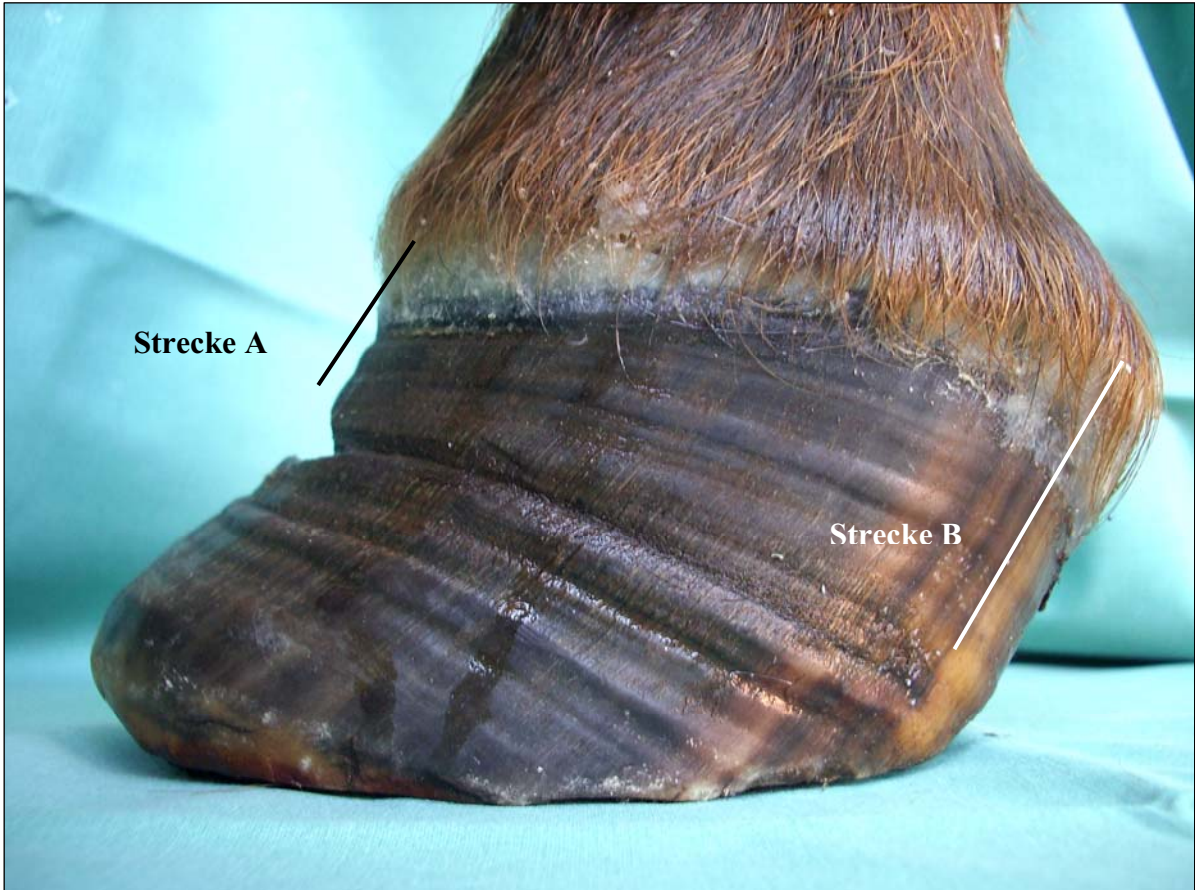
B: Boden

3.1.3 Messungen

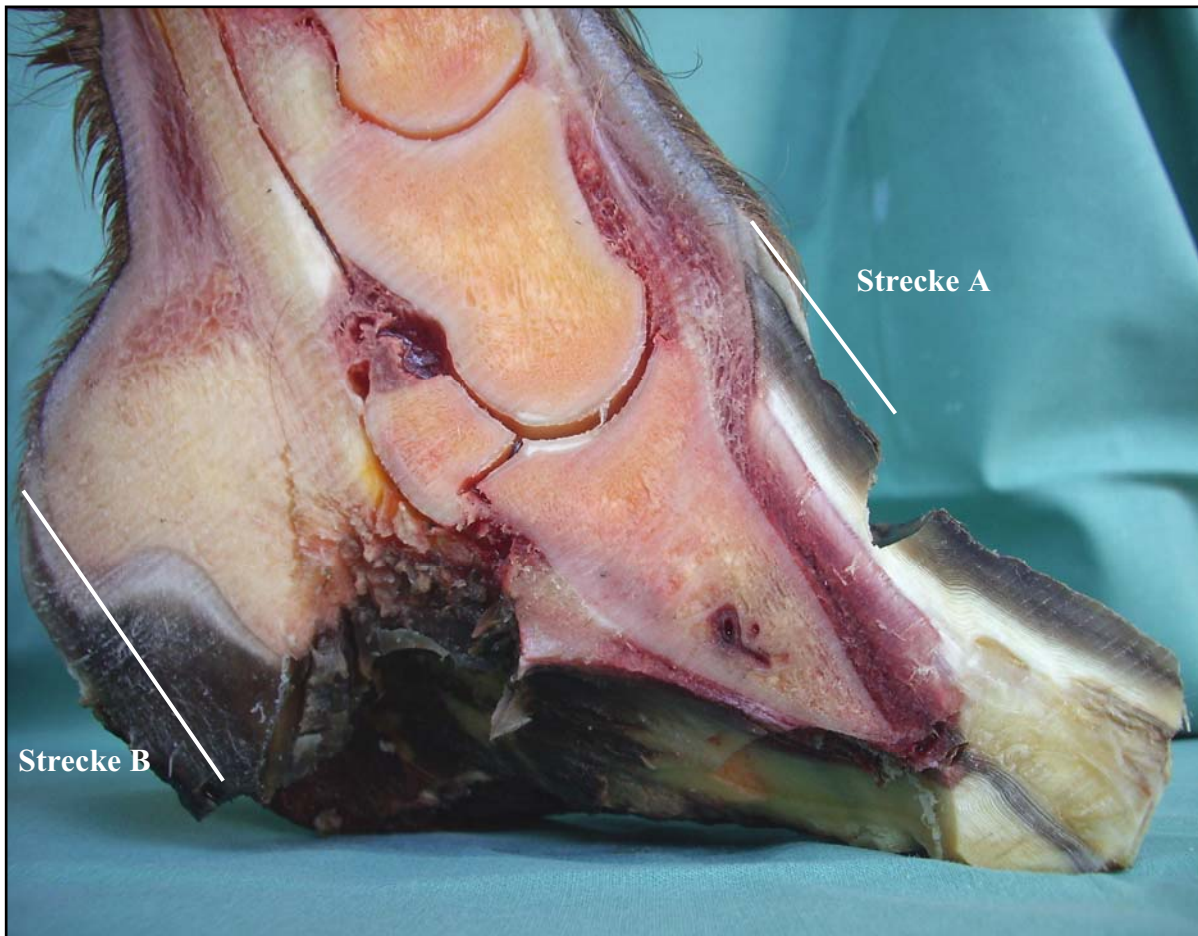
Um eine Aussage über die Länge verschiedener Wandabschnitte eines an chronischer Hufrehe erkrankten Hufes treffen zu können, wurde die Länge der Dorsalwand und die der Trachten bestimmt. Ein Huf, der an chronischer Hufrehe erkrankt ist oder war, zeigt meist divergierende Ringe an der Hufwand (Reheringe). Aus diesem Grund wurden die Messungen zwischen dem Kronsaum und dem ersten Rehering angefertigt. Der Kronsaum wurde definiert, als der Bereich, an dem die behaarte Haut in das Hufhorn übergeht. Hierbei wurde ein handelsübliches, geeichtes Maßband verwendet. Alle Angaben erfolgten in Zentimeter.

Für die Bestimmung der Länge der Dorsalwand wurde das Maßband direkt am Kronsaum, in der Mitte der Dorsalwand angelegt und die Strecke bis zu dem ersten Rehering gemessen (siehe Abb. 9 und 10). Diese Strecke wurde im Folgenden als Strecke A bezeichnet. Die zweite Messung erfolgte an den Trachten. Auch hier wurde die Strecke zwischen dem Kronsaum und dem ersten Rehering gemessen. Diese Strecke wurde als Strecke B bezeichnet. Dabei wurde zunächst die Strecke an der medialen Trachte des Hufes gemessen. Anschließend wurde dieselbe Messung auch im lateralen Trachtenbereich durchgeführt. Diese beiden Messwerte wurden miteinander addiert und anschließend ihr Mittelwert gebildet. Dieser Mittelwert wurde als der tatsächliche Wert für die Strecke B angenommen.

Weiterhin wurde das Verhältnis der Strecke zwischen dem Kronsaum und dem ersten Rehering an den Trachten (Strecke B) und der Strecke zwischen dem Kronsaum und dem ersten Rehering an der Dorsalwand (Strecke A) berechnet. Der Quotient (C) aus Strecke B und Strecke A wurde berechnet, um eine Aussage über die Hornwachstumsrate und somit das Längenwachstum an den Trachten im Vergleich zur Dorsalwand eines an chronischer Hufrehe erkrankten Hufes treffen zu können. Diese Messungen konnten nur an Hufen durchgeführt werden, die deutliche Reheringe zeigten. Bei Hufen, die keine Reheringe aufwiesen, wurde diese Messung nicht durchgeführt.



**Abbildung 9: Seitenansicht eines chronischen Rehehufes mit Rehringen:
Schematische Darstellung der Messstrecken am Pferdehuf**



**Abbildung 10: Derselbe Huf wie Abbildung 9, Ansicht von medial:
Schematische Darstellung der Messstrecken**

3.1.4 Sägeschnitte

3.1.4.1 Anfertigung der Sägeschnitte

Um pathologische Veränderungen im Rahmen der Erkrankung an Hufrehe im Bereich der Hornkapsel, zum Beispiel eine Richtungsänderung der Kronhornröhrchen feststellen zu können, wurden die Hufe mit Hilfe einer Tischsäge zunächst longitudinal halbiert. Dabei ist anzumerken, dass die Hufe ausschließlich tief gefroren gesägt wurden. Die Hufe wurden mit einer Fleischereibandsäge K 330 der Firma Kolbe bei 900 Umdrehungen pro Minute gesägt. Das hierbei verwendete Sägeblatt der Firma Bertram & Graf GmbH hatte die Maße von 2,4 cm in der Breite, 160 cm in der Länge und 0,16 cm in der Dicke.



Abbildung 11: Sägeschnitte durch den Huf

Anschließend wurden die halbierten Hufe an ihrer breitesten Stelle parallel zur Dorsalwand transversal wiederum halbiert (siehe Abb. 11).

3.1.4.2 Auswertung der Sägeschnitte

3.1.4.2.1 Der Längsschnitt durch den Huf

Der Längsschnitt durch die Hufkapsel dient der Darstellung einer eventuell vorkommenden Änderung der Richtung der normalerweise gestreckt verlaufenden Kronhornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand (Falten). Diese Hornröhren lassen bei dem Vorhandensein einer Faltenbildung in ihrem Verlauf eine Abknickung erkennen und verlaufen in der abgelenkten Anfangsstrecke deutlich gewellt (siehe Abb. 12, 13 und 14).

Diese Veränderung ist makroskopisch mit bloßem Auge erkennbar. Hierbei wurde ausschließlich das Vorkommen dieser Faltenbildung beurteilt und dokumentiert. Auf eine Einteilung in Schweregrade wurde verzichtet.

3.1.4.2.2 Der Querschnitt durch den Huf

Der zweite Sägeschnitt, parallel zur Dorsalwand der Hufe, wurde angefertigt, um eine eventuell auftretende Faltenbildung der Kronhornröhrchen im Bereich der Seitenwand, an der breitesten Stelle des Hufes, darstellen zu können. Auch hier verlaufen die Kronhornröhrchen, wenn eine solche Richtungsänderung vorhanden ist, in ihrem Anfangsabschnitt deutlich gewellt und lassen eine Abknickung erkennen. Diese Veränderung ist makroskopisch ohne Hilfsmittel erkennbar. Hier wurde ebenfalls auf eine Einteilung in Schweregrade verzichtet. Das Auftreten einer solchen Veränderung wurde dokumentiert.

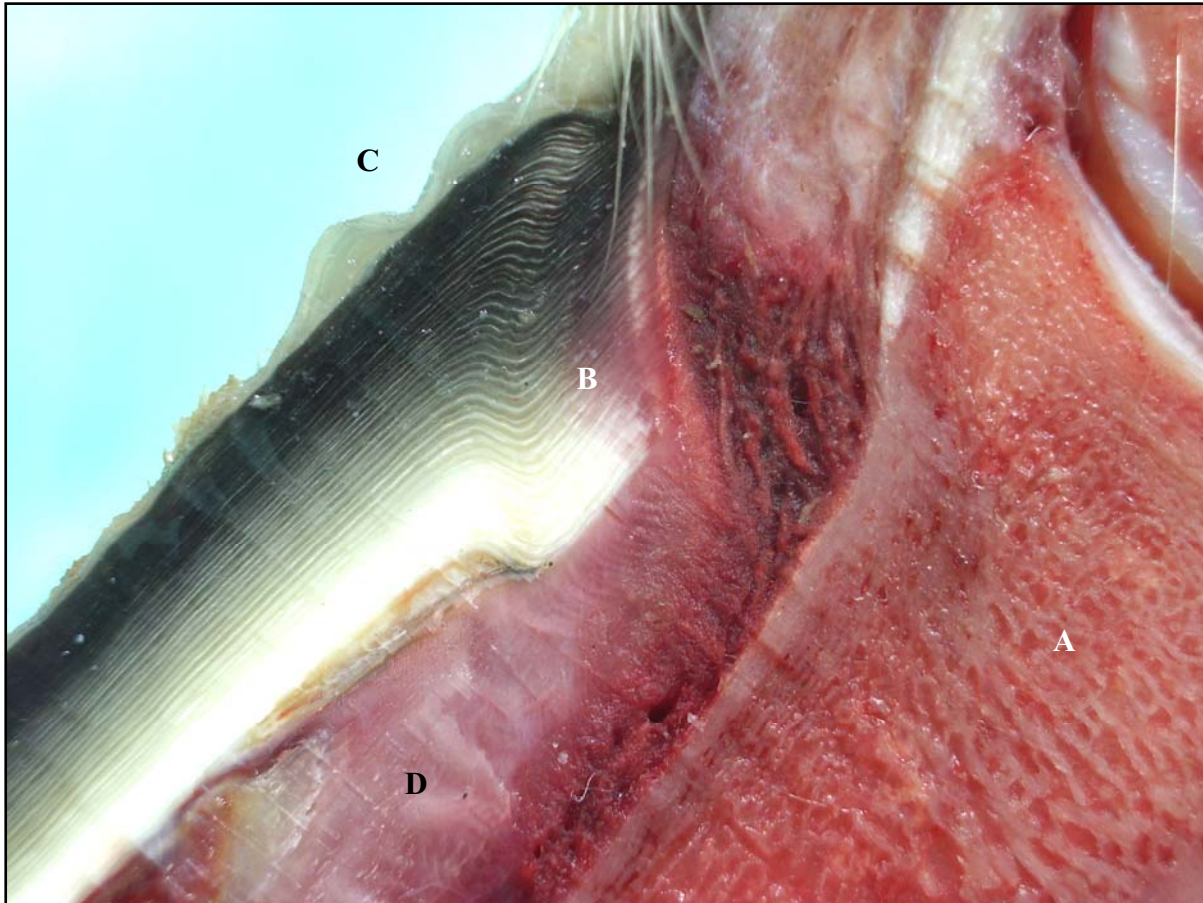


Abbildung 12: Sagittalschnitt durch den Huf: Kronhornröhrchen im Bereich der dorsalen Hufwand verlaufen gewellt

A: Hufbein

B: Kronhorn der dorsalen Hufwand, in Falten

C: Saumhorn

D: Narbenhornkeil

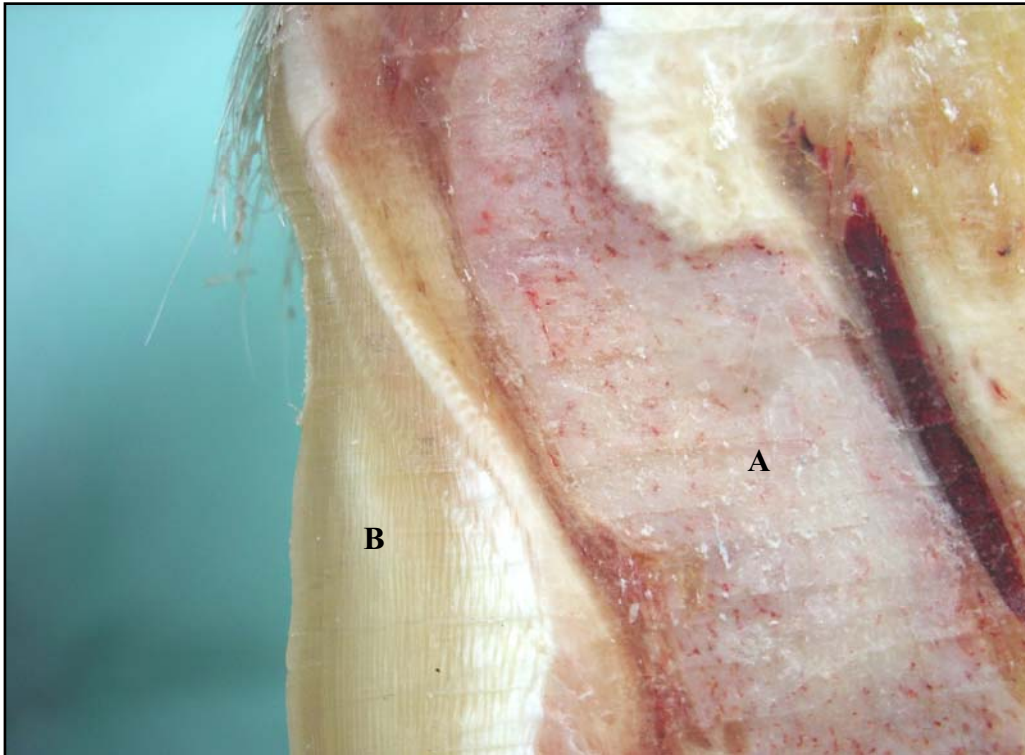


Abbildung 13: Transversalschnitt durch den Huf: Kronhornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand verlaufen in ihrem Anfangsteil gewellt

A: Hufbein

B: Kronhornröhrchen, in ihrem Anfangsteil gewellt verlaufend

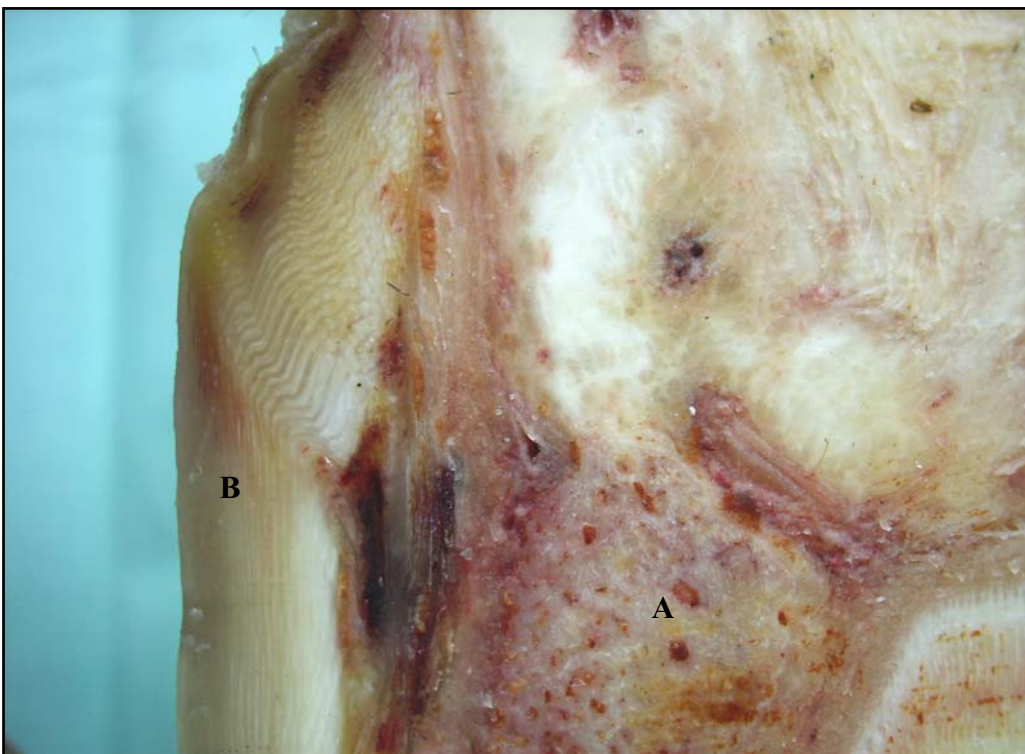


Abbildung 14: Transversalschnitt durch den Huf: Kronhornröhrchen verlaufen in ihrem Anfangsteil gewellt

3.1.5 Statistik

Folgende Fragestellung sollte in dieser Arbeit mit einer statistischen Methode untersucht werden: Besteht eine Verbindung zwischen dem Grad der Hufbeinrotation bei der Hufrehe und dem Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen sowohl im Bereich der Dorsalwand als auch im Bereich der Seitenwand des Hufes?

Die statistische Auswertung der Daten wurde am Computer mit dem Programm SPSS Version 16.0 für Windows durchgeführt. Das SPSS-Programm ermöglicht eine deskriptive Darstellung der Befunde durch Tabellen und Graphiken. Zur graphischen Darstellung wurden Boxplots oder Balkendiagramme verwendet.

Ein Boxplot zeigt graphisch die Lage und Verteilung der Werte einer Variablen auf. Die Box wird oben und unten durch Perzentile begrenzt. Die obere Grenze kennzeichnet das 75%-Perzentil, während die untere Grenze das 25%-Perzentil darstellt. Die horizontale Linie innerhalb der Box kennzeichnet die Lage des Meridians (50%-Perzentil). Die dünnen Querstriche ober- und unterhalb der Box geben den größten bzw. den kleinsten Wert, der jeweiligen Stichprobe an, der noch keinen Ausreißer darstellt. Als Ausreißer oder Extremwerte werden die Werte gekennzeichnet, die um mehr als das 1,5fache der Höhe der Box ober- oder unterhalb liegen. Die Entfernung der Ausreißer zur Box beträgt das 1,5fache bis 3fache der Boxenhöhe. Extremwerte liegen mehr als das Dreifache über dem 75%-Perzentil bzw. unterhalb des 25%-Perzentils. Ausreißer werden in der Graphik durch Kreise, Extremwerte durch Sternchen dargestellt.

Des Weiteren wurde ein nichtparametrisches Testverfahren, der so genannte Paarvergleich bei zwei unabhängigen Stichproben, der Mann-Whitney-U-Test, durchgeführt. Die zu prüfende Hypothese, dass ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Hufbeinrotation und dem Vorkommen einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Kronbereich besteht, wird angenommen, wenn die Überschreitungswahrscheinlichkeiten (p-Werte) das vorgegebene Signifikanzniveau von 5% ($\alpha = 0,05$) unterschreiten. Dann kann von Gruppenunterschieden gesprochen werden. Die Verallgemeinerung der gefundenen Ergebnisse ist nicht ohne weiteres möglich. Dazu sollte eine weitere, auf den hier gewonnenen Ergebnissen basierende Studie angeschlossen werden.

4 Ergebnisse

4.1. Ergebnisse der Winkelmessung

4.1.1 Palmare/plantare Hufbeinrotation

Bei 93 der 117 untersuchten Pferdehufe (79,5%) wurde eine palmare/plantare Hufbeinrotation gemessen. 19 Hufe (16,2%) zeigten keine Rotation des Hufbeins. Bei fünf Hufen (4,3%) wurde eine Hufbeinrotation von 1° gemessen. Weil laut Literaturangaben (Hertsch und Brunken, 1988) eine Hufrehe erst ab einem Winkel von 2° besteht, wurden diese Hufe als nicht rotiert angesehen. Die Winkel der Hufbeinrotation reichten von 2° bis 36°. Diese Ergebnisse zeigt Abbildung 15. Hufe, bei denen sowohl eine Hufbeinrotation, als auch eine Hufbeinsenkung vorlag, wurden ausschließlich als rotiert angesehen.

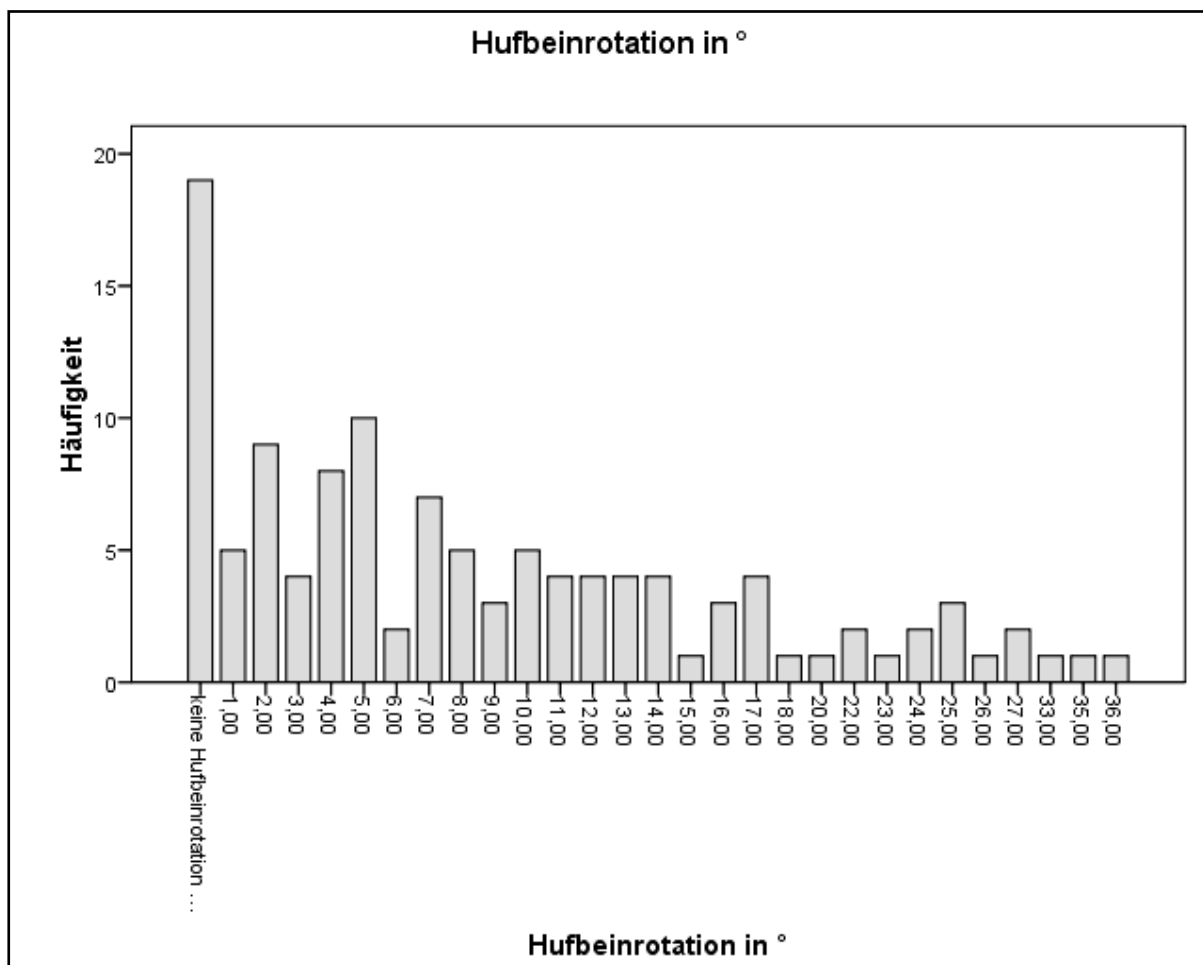


Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung der Winkel der Hufbeinrotation

4.1.2 Seitliche Hufbeinrotation

Eine seitliche Hufbeinrotation konnte bei 69 der 117 Hufe (59%) festgestellt werden. Der kleinste Rotationswinkel lag bei 2°, während der größte Rotationswinkel 16° betrug. 26 Hufe (22,2%) zeigten einen Rotationswinkel von 1°. Sie wurden in Anlehnung an die Untersuchungen von Hertsch und Brunken (Hertsch und Brunken, 1988) zur palmaren/plantaren Hufbeinrotation ebenfalls als nicht rotiert angesehen. 22 Hufe (18,8%) hingegen zeigten keine laterale oder mediale Rotation des Hufbeins (siehe Tabelle 3).

	Seitenrotation in °	Häufigkeit	Prozente
Gültig	keine	22	18,8
	1,00	26	22,2
	2,00	21	17,9
	3,00	14	12,0
	4,00	11	9,4
	5,00	7	6,0
	6,00	5	4,3
	7,00	6	5,1
	8,00	3	2,6
	9,00	1	,9
	16,00	1	,9
	Gesamt	117	100,0

Tabelle 3: Häufigkeiten der seitlichen Hufbeinrotation

Weiterhin wurde zwischen einer medialen und einer lateralen Hufbeinrotation unterschieden. Eine mediale Rotation des Hufbeins war bei 38 (32,5%) der 117 Hufe feststellbar. Dagegen zeigten 31 Hufe (26,5%) eine laterale Hufbeinrotation. Von der Anzahl der Hufe ausgehend, die eine Seitenrotation des Hufbeins zeigten (69), konnte bei 55,1% eine mediale Rotation und bei 44,9% eine laterale Hufbeinrotation diagnostiziert werden.

Dies verdeutlicht Tabelle 4.

	Seitenrotation	Häufigkeit	Prozente
Gültig	keine	48	41,0
	Medial	38	32,5
	Lateral	31	26,5
	Gesamt	117	100,0

Tabelle 4: Differenzierung der medialen und lateralen Seitenrotation

Es konnte keine Verbindung zwischen dem Schweregrad der palmaren/plantaren Hufbeinrotation und der seitlichen Hufbeinrotation bestätigt werden.

4.2. Ergebnisse der Abstandsmessungen

Bei allen 117 Hufen wurde der Abstand der dorsalen Hufplatte zur Facies parietalis des Hufbeins an den genannten drei Punkten gemessen. Es wurden nur Hufe in die Gruppe der Hufbeinsenkung aufgenommen, die ausschließlich eine Senkung des Hufbeins zeigten. Hufe, die eine Hufbeinrotation und eine Senkung des Hufbeins aufwiesen, wurden als rotiert angesehen. Wie in den Tabellen 5 und 6 beschrieben ist, war bei 103 Hufen keine Senkung des Hufbeins vorhanden. Eine Hufbeinsenkung zeigten 14 Hufe. Dabei lagen die Werte zwischen 18,42 und 23,53 Millimetern.

	Hufbeinsenkung	Häufigkeit	Prozente
Gültig	keine Senkung	103	88,0
	Senkung vorhanden	14	12,0
	Gesamt	117	100,0

Tabelle 5: Vorkommen einer Hufbeinsenkung

Hufbeinsenkung in mm						
	Mittelwert	N	Standard- abweichung	Median	Minimum	Maximum
Hufbeinsenkung vorhanden	20,37	14	1,32	20,66	18,42	23,53
Insgesamt	20,37	14	1,32	20,66	18,42	23,53

Tabelle 6: Hufbeinsenkung im mm

4.3. Einteilung der Hufbeinrotation/Hufbeinsenkung in Schweregrade

Um eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse zu erhalten, wurden die Winkel der Rotation des Hufbeins, beziehungsweise das Vorhandensein einer Hufbeinsenkung in verschiedene Schweregrade eingeteilt. Im Grad 0 wurden die Hufe zusammengefasst, die eine Hufbeinrotation bis 1° zeigten. Grad 1 fasste die Rotationswinkel von 2° - 8° zusammen. Zum Grad 2 gehörten die Hufe mit einem Rotationswinkel von 9° - 20° . Ein Rotationswinkel von mehr als 20° galt als Grad 3. Eine Hufbeinsenkung, gleichgültig wie stark, wurde im Grad 4 berücksichtigt (Hertsch und Brunken, 1988).

10 Hufe (8,5%) entsprachen dem Grad 0. Diese Hufe hatten eine Hufbeinrotation zwischen 0° und 1° und gelten somit als nicht rotiert. 45 Hufe (38,5%) zeigten eine geringgradige Hufbeinrotation zwischen 2° und 8° . Sie wurden im Grad 1 zusammengefasst. Eine mittelgradige Rotation von 9° - 20° zeigten 34 Hufe (29,1%). Sie gelten als Grad 2. Bei 14 Hufen (12%) wurde eine hochgradige Rotation des Hufbeins ($>20^\circ$) gemessen. Diese sind im Grad 3 dargestellt. Eine Hufbeinsenkung und somit eine Zugehörigkeit zu Grad 4 zeigten ebenfalls 14 Hufe (12%).

Die graphische Darstellung erfolgte in Abbildung 16.

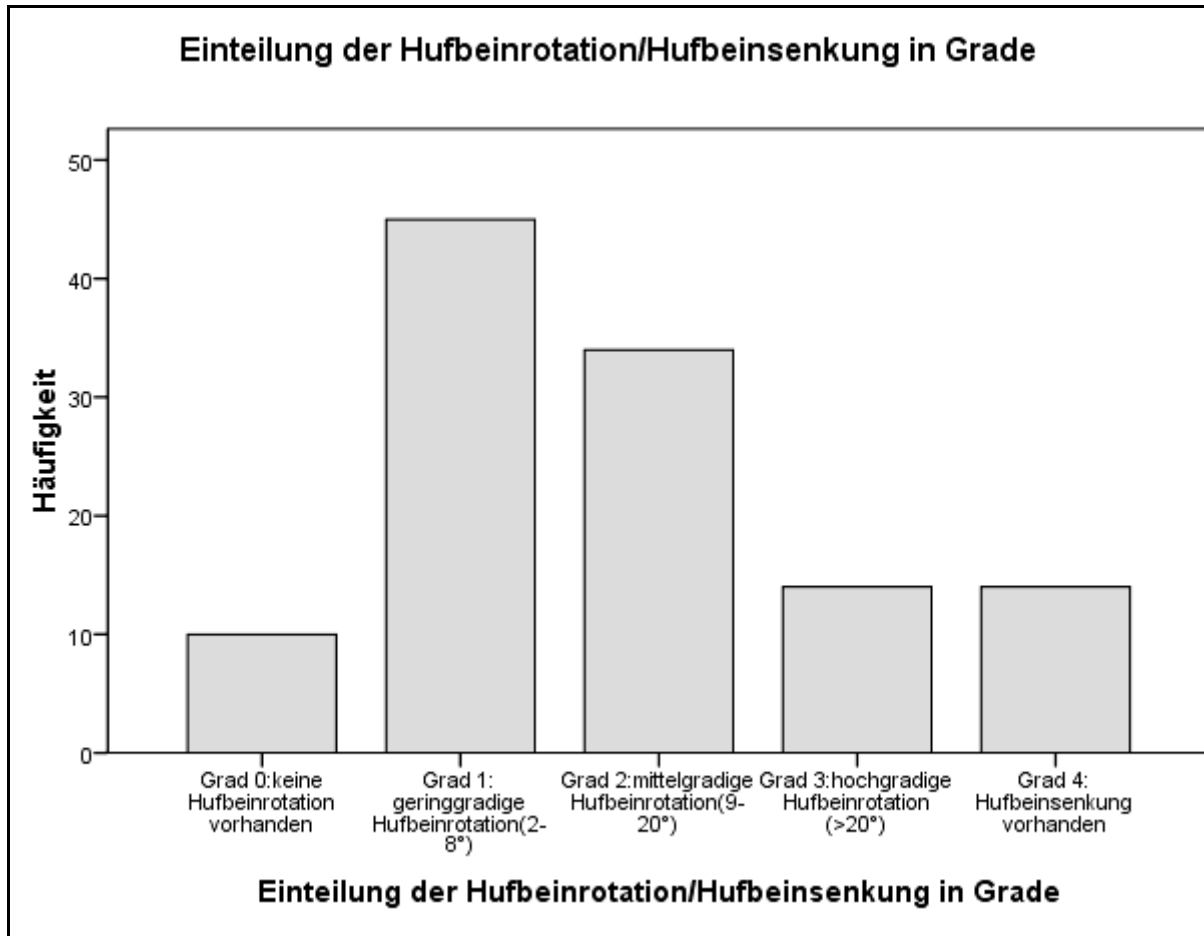


Abbildung 16: Einteilung der Hufbeinrotation/Hufbeinsenkung in Schweregrade

4.4. Einteilung der seitlichen Hufbeinrotation in Schweregrade

Die Einteilung der lateralen/medialen Hufbeinrotation in verschiedene Schweregrade erfolgte analog der Einteilung, wie sie bei der palmaren/plantaren Hufbeinrotation erfolgte (Hertsch und Brunken, 1988). Demzufolge entsprachen 48 Hufe (40,2%) dem Grad 0. Sie zeigten also keine seitliche Rotation des Hufbeins oder einen Rotationswinkel von 1°. Weiterhin entsprachen 67 Hufe (58,1%) mit einer seitlichen Hufbeinrotation von 2°-8° dem Schweregrad 1. Dem Schweregrad 2 konnten hingegen nur 2 Hufe (1,7%) zugeordnet werden. Dem Schweregrad 3 konnten keine Hufe zugeordnet werden (siehe Abb. 17).

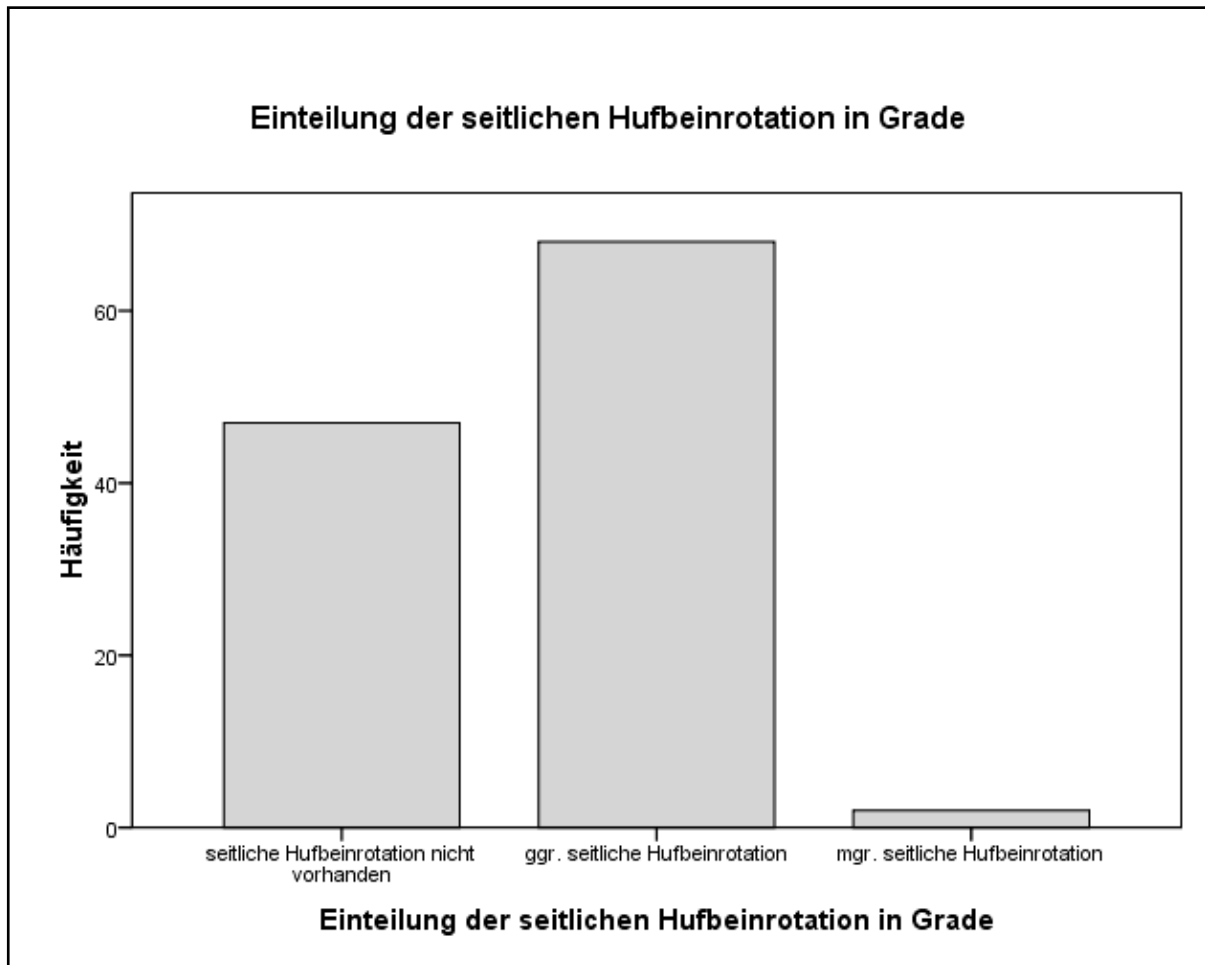
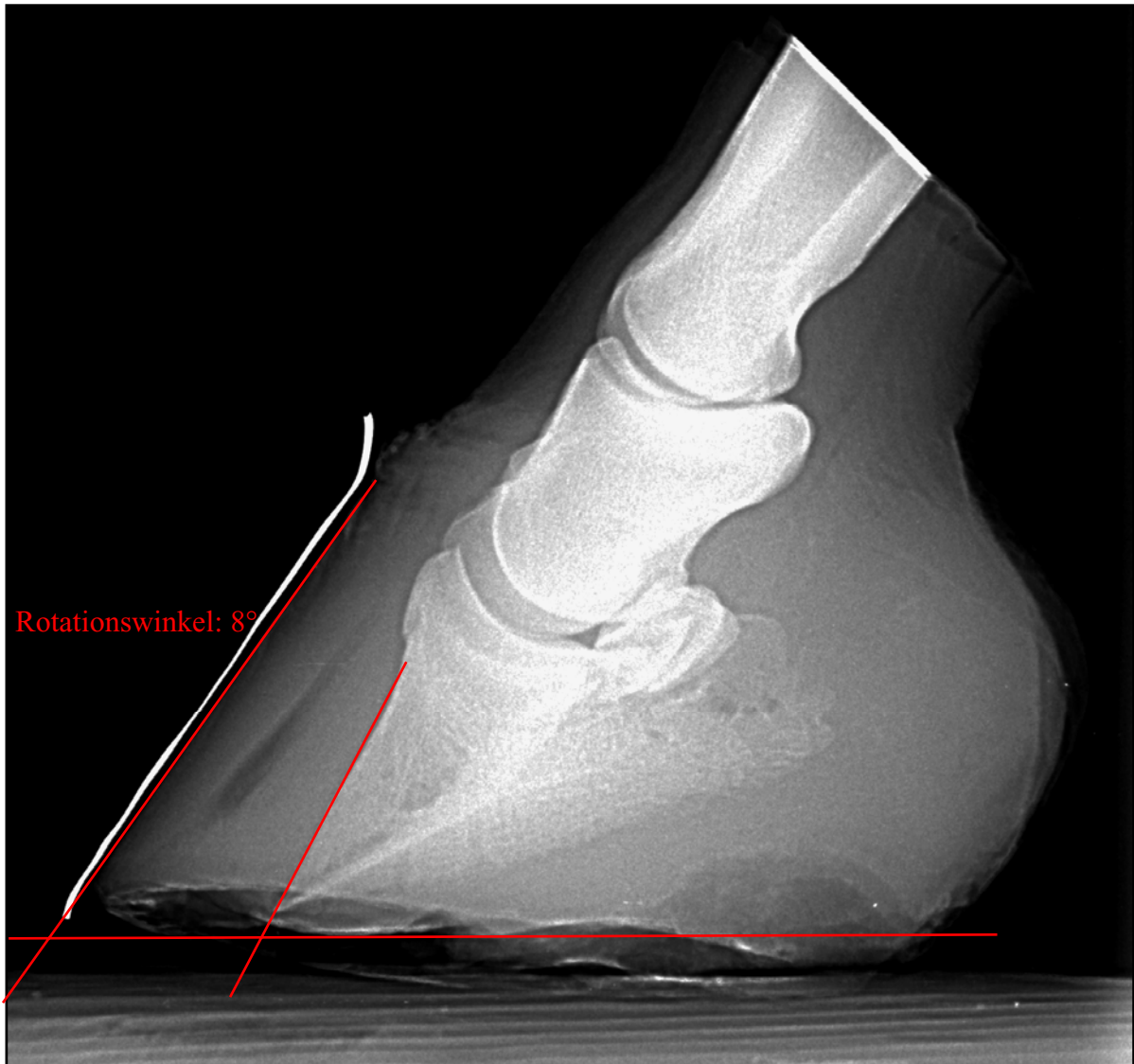
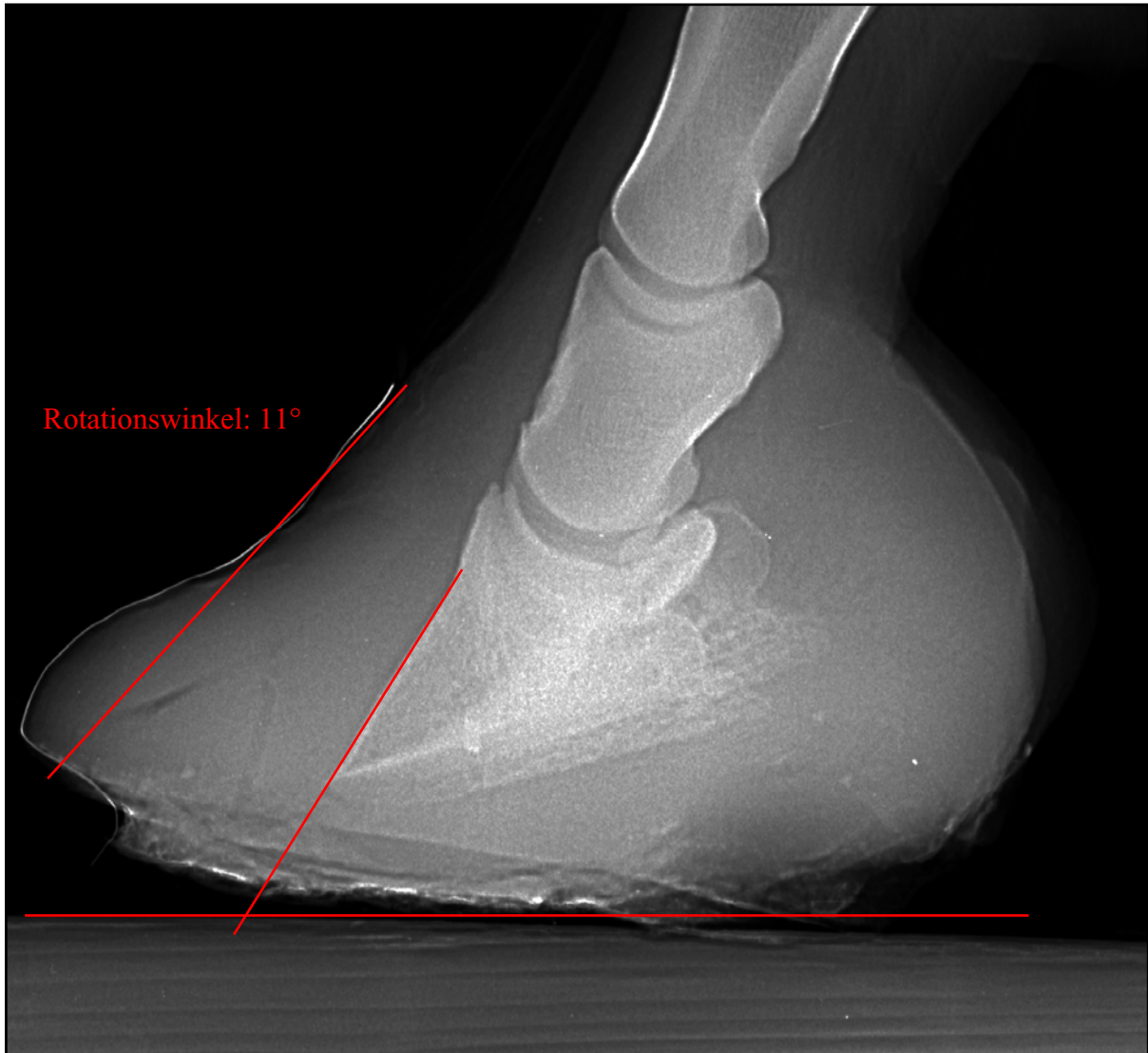


Abbildung 17: Einteilung der seitlichen Hufbeinrotation in Schweregrade

Beispiele für Röntgenbilder von den verschiedenen Schweregraden der Hufrehe zeigen die Abbildungen 18 bis 21.



**Abbildung 18: Röntgenaufnahme eines Pferdehufes mit chronischer Hufrehe im seitlichen Strahlengang:
Beispiel für Grad 1**



**Abbildung 19: Röntgenaufnahme eines Pferdehufes mit chronischer Hufrehe im seitlichen Strahlengang:
Beispiel für Grad 2**

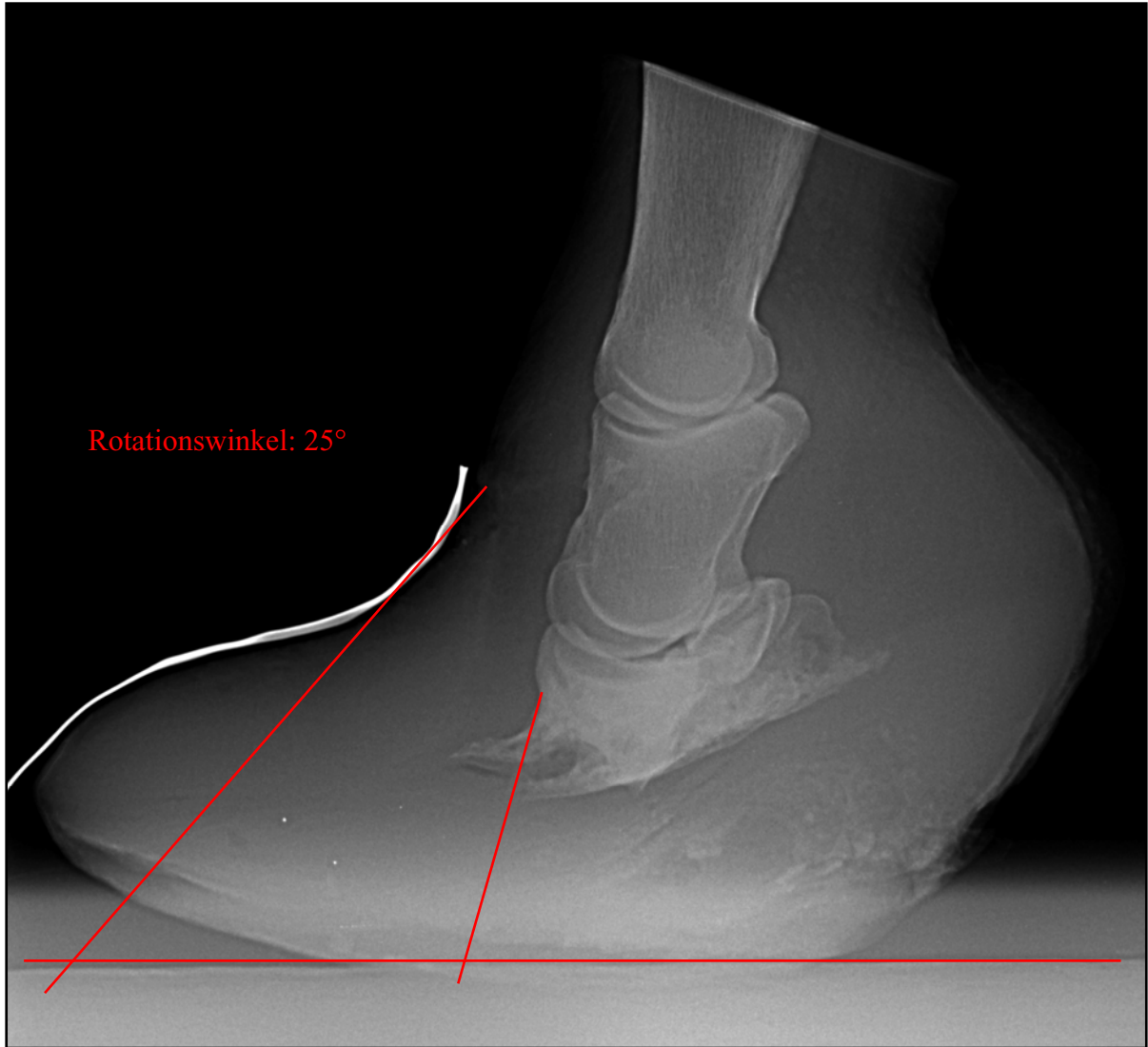


Abbildung 20: Röntgenaufnahme einer Pferdezehe im seitlichen Strahlengang: Beispiel für eine Hufrehe Grad 3 mit starker Osteolyse des Hufbeins

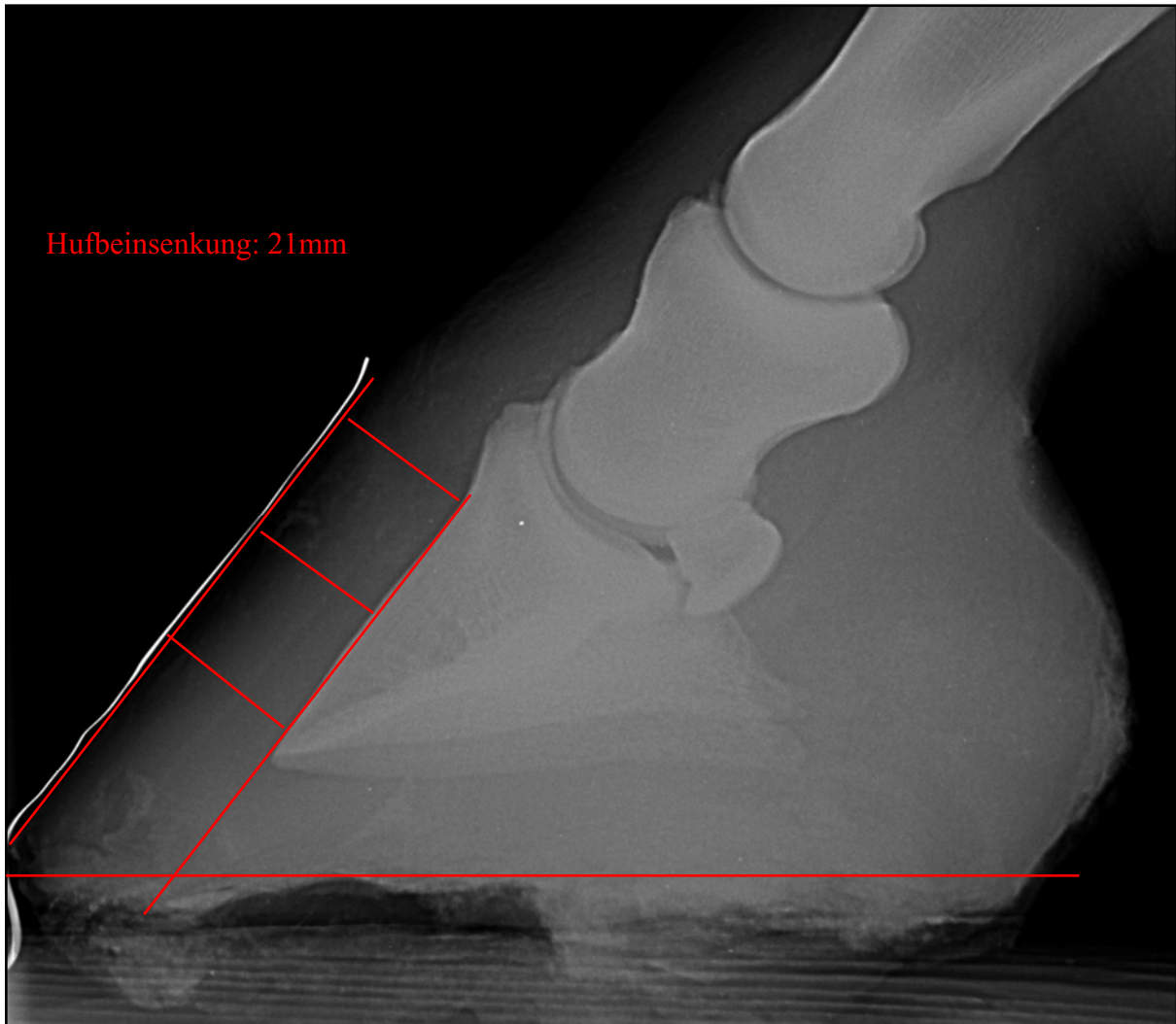


Abbildung 21: Röntgenaufnahme eines Pferdehufes mit einer Hufbeinsenkung im seitlichen Strahlengang:
Beispiel für Grad 4

4.5. Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen

4.5.1 Bereich der dorsalen Hufwand

Um nachzuweisen, ob und wie häufig eine Richtungsänderung im Verlauf der Hornröhrchen des Kronsegmentes auftritt, wurden die Hufe sagittal geschnitten. Die Ergebnisse sind aus Tabelle 7 zu entnehmen.

	Faltenbildung	Häufigkeit	Prozente
Gültig	Faltenbildung nicht vorhanden	69	59,0
	Faltenbildung vorhanden	48	41,0
	Gesamt	117	100,0

Tabelle 7: Häufigkeit einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen in der dorsalen Hufwand

Bei 48 Hufen (41%) konnte eine Faltenbildung der Hornröhrchen im Bereich der dorsalen Hufwand festgestellt werden. Dagegen zeigten 69 (59%) der 117 untersuchten Hufe diese Erscheinung im dorsalen Wandbereich des Hufes nicht (siehe Tab. 7).

4.5.2 Bereich der seitlichen Hufwand

Um die Häufigkeit des Auftretens einer Faltenbildung im Verlauf des Röhrchenhorns des Kronsegmentes im Bereich der seitlichen Hufwand zu beurteilen, wurden die Hufe an ihrer breitesten Stelle transversal, parallel zur dorsalen Hufwand, gesägt. Wie aus Tabelle 9 zu entnehmen ist, war bei 20 Hufen (17,1%) eine solche Richtungsänderung im seitlichen Wandbereich des Hufes sichtbar. Diese Faltenbildung trat immer gleichzeitig in der lateralen und in der medialen Seitenwand des Hufes auf. Von den 117 untersuchten Pferdehufen zeigten hingegen 97 Hufe (82,9%) keine Veränderung im Hornwachstum der seitlichen Hufwand, die als Faltenbildung anzusehen wäre (siehe Tab. 8).

	Faltenbildung	Häufigkeit	Prozente
Gültig	Faltenbildung nicht vorhanden	97	82,9
	Faltenbildung vorhanden	20	17,1
	Gesamt	117	100,0

Tabelle 8: Häufigkeit einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen in der seitlichen Hufwand

4.6. Hufbeinrotation und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns

Im Rahmen dieser Arbeit sollte überprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen der Rotation des Hufbeins und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns des Kronsegmentes besteht. Es sollte untersucht werden, ob es eine Verbindung zwischen dem Schweregrad der Rotation des Hufbeins und der Häufigkeit des Auftretens dieser Faltenbildung des Röhrenhorns gibt. Weiterhin sollte geprüft werden, ab welchem Rotationswinkel diese Faltenbildung anzutreffen ist.

4.6.1 Bereich der Dorsalwand des Hufes

Aus Abbildung 22 ist zu entnehmen, dass ein Zusammenhang zwischen dem Rotationswinkel und dem Auftreten der Richtungsänderung des Röhrenhorns im Bereich der dorsalen Hufwand besteht.

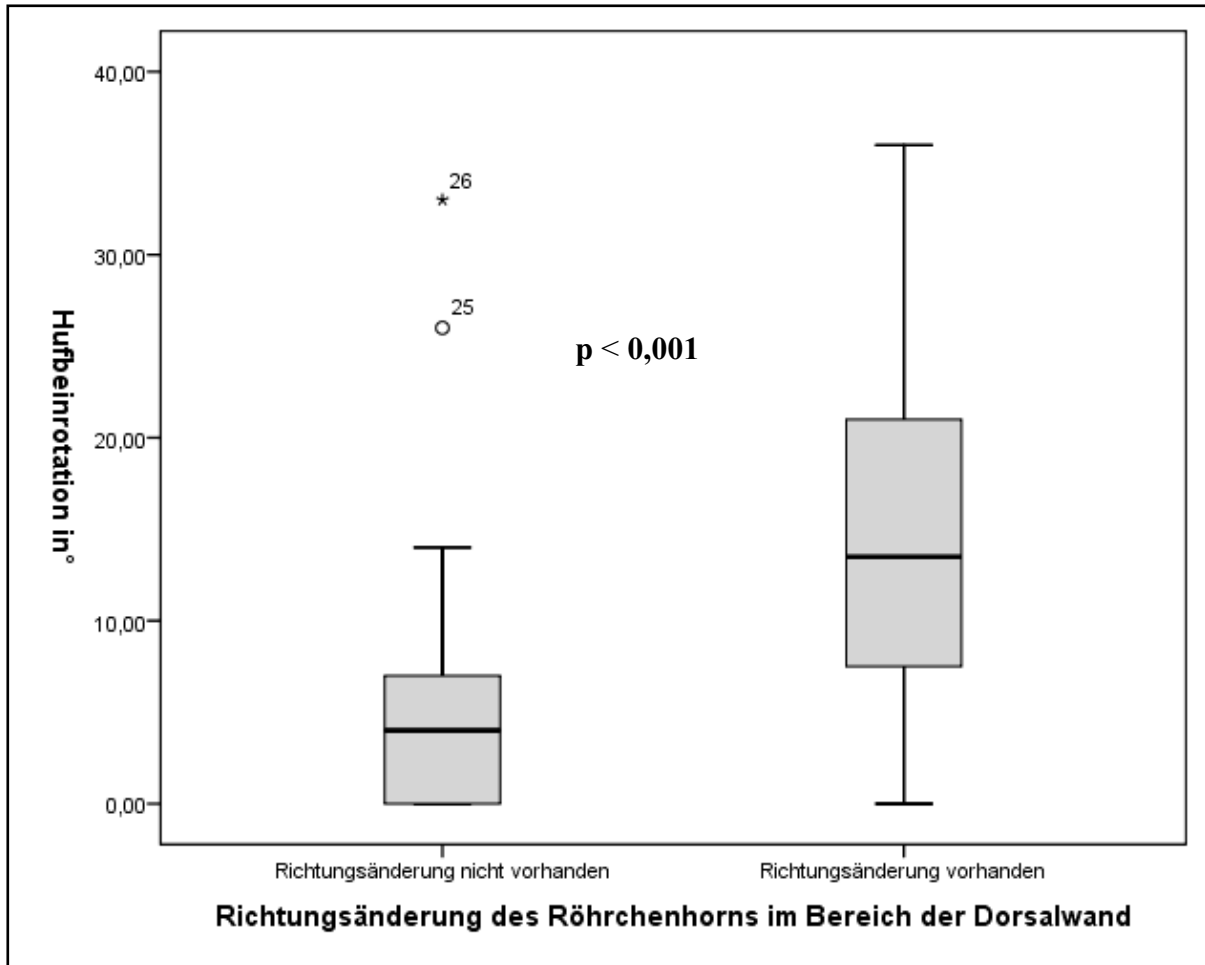


Abbildung 22: Zusammenhang zwischen der Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand

Wie aus der Abbildung 22 zu entnehmen ist, zeigten die Hufe, bei denen eine mittel- bis hochgradige Hufbeinrotation diagnostiziert werden konnte, eine Richtungsänderung der Kronhornröhren signifikant häufiger als Hufe, die nur eine geringgradige Hufbeinrotation hatten. Je größer der Rotationswinkel des Hufbeins war, umso häufiger trat die Faltenbildung der Hornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand auf. Nur ein Huf zeigte eine Richtungsänderung der Kronhornröhren, obwohl er nur einen Rotationswinkel von einem Grad besaß und somit als nicht rotiert galt. Es ist signifikant, dass mit einem größeren Hufbeinrotationswinkel eine Faltenbildung der normalerweise gestreckt verlaufenden Kronhornröhren häufiger auftritt. Zur besseren Darstellung wurde die Hufbeinrotation in die oben genannten 5 Grade eingeteilt. Auch hier ist ersichtlich, dass ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Rotation und dem Auftreten der Richtungsänderung der Hornröhren besteht. Zur Verdeutlichung wurde Tabelle 9 angefertigt.

Zusammenhang zwischen der Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns im Bereich der Dorsalwand				
		Richtungsänderung des Röhrenhorns im Bereich der Dorsalwand		
		Faltenbildung nicht vorhanden	Faltenbildung vorhanden	Gesamt
Einteilung der Hufbeinrotation in Grade	Grad 0: keine Hufbeinrotation vorhanden	9	1	10
	Grad 1: geringgradige Hufbeinrotation(2-8°)	33	12	45
	Grad 2: mittelgradige Hufbeinrotation(9-20°)	11	23	34
	Grad 3: hochgradige Hufbeinrotation(>20°)	2	12	14
	Grad 4: Hufbeinsenkung vorhanden	14	0	14
	Gesamt	69	48	117

Tabelle 9: Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade, und das Auftreten einer Faltenbildung der Hornröhren in der dorsalen Hufwand

Aus der Tabelle 9 ist zu entnehmen, dass 10 Hufe (8,5%) dem Grad 0 zugeordnet werden konnten. Sie zeigten eine Hufbeinrotation von maximal 1°. Neun dieser 10 Hufe (90%) zeigten keine Veränderung im Verlauf der Hornröhren. Nur bei einem Huf (10%) konnte eine Richtungsänderung der Kronhornröhren festgestellt werden. Dem Grad 1 (geringgradige Hufbeinrotation) entsprachen 45 Hufe (38,5%). Sie zeigten eine Hufbeinrotation von 2°-8°. Bei 33 dieser 45 Hufe (73,3%) konnte keine Faltenbildung der Hornröhren diagnostiziert werden. 12 Hufe (26,7%) hingegen zeigten diese Erscheinung. Dem Grad 2 (mittelgradige Hufbeinrotation) konnten 34 Hufe (29,1%) zugeordnet werden. Sie zeigten Rotationswinkel von 9°-20°. Bei 11 (32,4%) dieser 34 Hufe war eine Richtungsänderung nicht vorhanden.

23 Hufe (67,6%) hingegen zeigten eine Faltenbildung der Kronhornröhrchen. Eine hochgradige Hufbeinrotation (Grad 3) konnte bei 14 Hufen (12%) festgestellt werden.

Von diesen 14 Hufen zeigten lediglich 2 Hufe (14,3%) keine Richtungsänderung im Verlauf der Hornröhrchen. Bei 12 Hufen (85,7%) dagegen konnte dieses Phänomen bestätigt werden.

Von den 14 Hufen (12%), die dem Grad 4 entsprachen und somit eine Hufbeinsenkung zeigten, konnte bei keinem Huf eine Veränderung im Verlauf der Hornröhrchen festgestellt werden. Zur graphischen Darstellung dient die Abbildung 23.

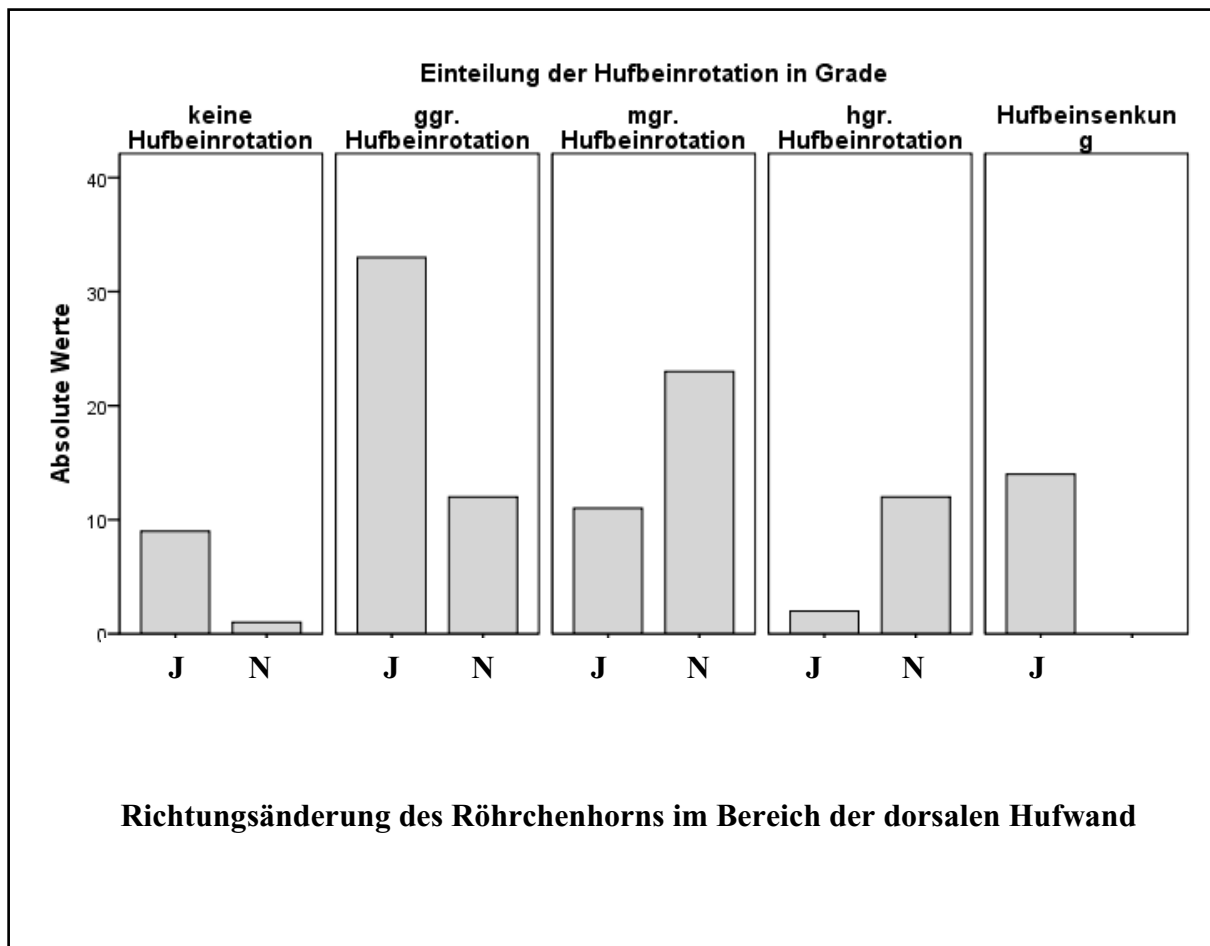


Abbildung 23: Zusammenhang zwischen der Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Bereich der dorsalen Hufwand (J = ja, N = nein)

In der Abbildung 23 sind die 5 Schweregrade direkt nebeneinander dargestellt. Die zwei Optionen, „Richtungsänderung vorhanden“ und „Richtungsänderung nicht vorhanden“ werden in jedem Schweregrad separat verglichen. Hier wird deutlich, dass im Grad 0 (keine Rotation vorhanden) die überwiegende Mehrzahl der Hufe keine Richtungsänderung zeigt. Auch bei Grad 1 überwiegen noch die Hufe ohne Richtungsänderung. Allerdings ist auch hier schon bei einigen Hufen eine Faltenbildung zu beobachten.

Bei Grad 2 ist die Zahl der Hufe, die eine Richtungsänderung der Kronhornröhrchen zeigen, größer als die Zahl der Hufe, die einen physiologischen Hornverlauf zeigen. Noch deutlicher wird diese Tendenz in Grad 3. Es zeigen nur noch 2 Hufe einen gestreckten Verlauf der Hornröhrchen, während bei 12 Hufen eine Faltenbildung nachgewiesen werden konnte.

Kein Huf, der eine Hufbeinsenkung zeigte, hatte gleichzeitig eine Faltenbildung im Röhrchenhorn. Wie aus Abbildung 23 zu entnehmen ist, zeigen die Hufe, die eine mindestens mittelgradige Hufbeinrotation haben, und somit dem Grad 2 zugeordnet werden, signifikant häufiger eine Richtungsänderung im Verlauf der Kronhornröhrchen.

4.6.2 Bereich der seitlichen Hufwand

Um zu überprüfen, ob ein Zusammenhang zwischen der Rotation des Hufbeins und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Bereich der seitlichen Hufwand besteht, wurden die Pferdehufe an ihrer breitesten Stelle, parallel zur Dorsalwand erneut gesägt.

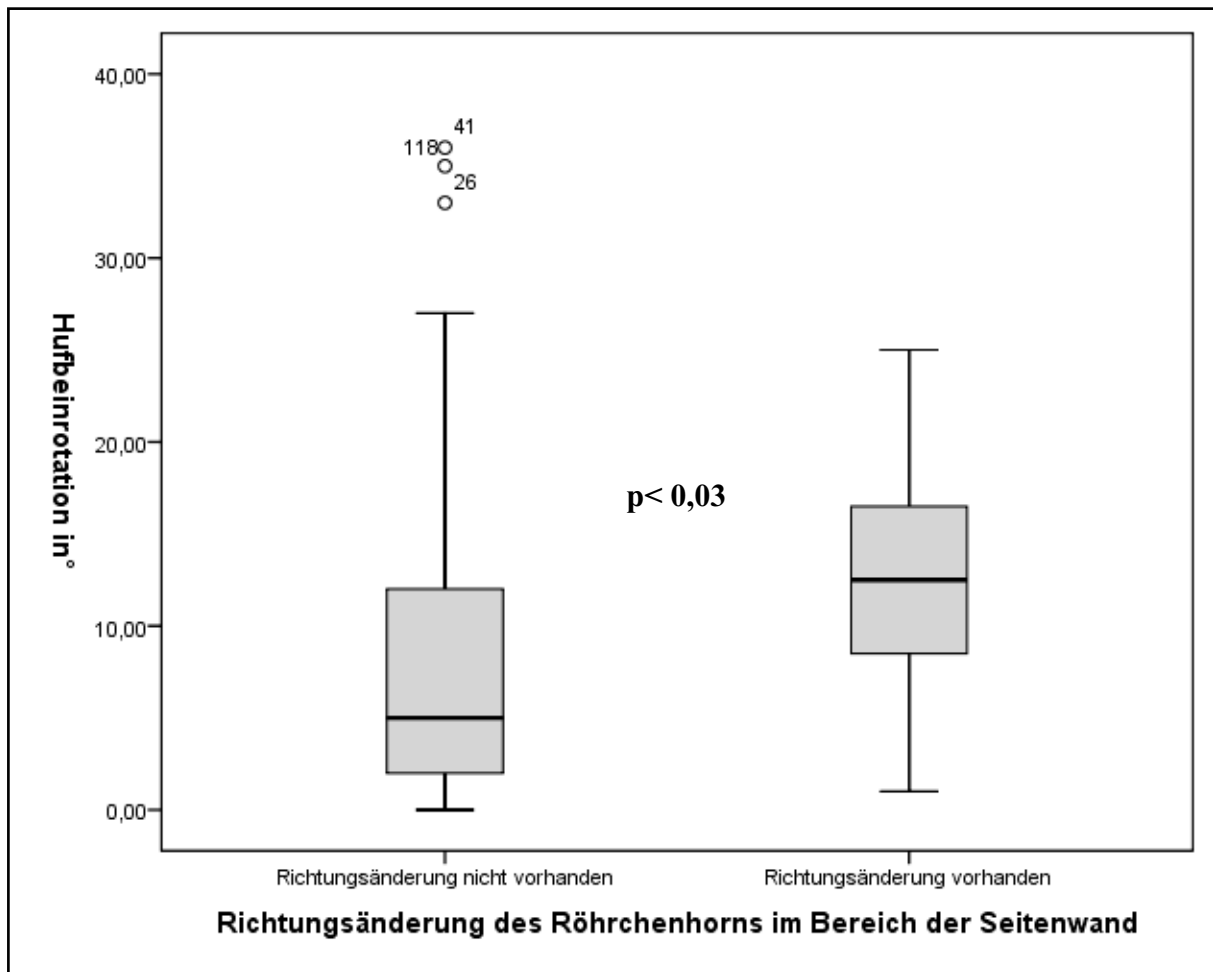


Abbildung 24: Zusammenhang zwischen der Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhren im Bereich der seitlichen Hufwand

Aus der Abbildung 24 ist zu entnehmen, dass ein Zusammenhang zwischen der seitlichen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhren besteht. Während bei den Hufen, die geringe Hufbeinrotationswinkel zeigten, die Richtungsänderung eher selten auftritt, ist bei den Hufen, die eine mittelgradige Hufbeinrotation zeigten, das Auftreten einer Faltenbildung der Hornröhren häufiger. Bei einem größeren Rotationswinkel tritt eine Faltenbildung im Bereich des Röhrenhorns signifikant häufiger auf (siehe Tab. 10).

Zusammenhang zwischen der Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns im Bereich der Seitenwand				
Anzahl		Richtungsänderung des Röhrenhorns im Bereich der Seitenwand		
		Faltenbildung nicht vorhanden	Faltenbildung vorhanden	Gesamt
Einteilung der Hufbeinrotation in Grade	Grad 0: keine Hufbeinrotation vorhanden	9	1	10
	Grad 1: geringgradige Hufbeinrotation(2-8°)	41	4	45
	Grad 2: mittelgradige Hufbeinrotation(9-20°)	22	12	34
	Grad 3: hochgradige Hufbeinrotation(>20°)	11	3	14
	Grad 4: Hufbeinsenkung vorhanden	14	0	14
	Gesamt	97	20	117

Tabelle 10: Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und das Auftreten der Faltenbildung der Kronhornröhren im Bereich der seitlichen Hufwand

Dem Schweregrad 0 (keine Hufbeinrotation) konnten 10 Hufe (8,5%) zugeordnet werden. Von diesen 10 Hufen zeigten wiederum 9 (90%) keine Richtungsänderung im Hornverlauf. Bei einem Huf (10%) war eine Faltenbildung des Röhrenhorns im Seitenwandbereich nachweisbar. Dem Grad 1 (geringgradige Hufbeinrotation, 2°-8°) konnten 45 Hufe (38,5%) zugeordnet werden. Von diesen 45 Hufen zeigten 41 Hufe (91,1%) einen physiologischen Hornverlauf, während bei 4 Hufen (8,9%) eine Richtungsänderung im Verlauf der Hornröhren nachgewiesen werden konnte. Eine mittelgradige Hufbeinrotation (Grad 2) zeigten 34 Hufe (29,1%). Von diesen 34 Hufen war bei 12 Hufen (35,3%) eine Richtungsänderung im Hornverlauf nachweisbar, während 22 Hufe (64,7%) diese Erscheinung nicht zeigten. Dem Grad 3 (hochgradige Hufbeinrotation) entsprachen 14 Hufe (12%).

Von diesen 14 Hufen zeigten 11 Hufe (78,6%) keine Faltenbildung, während bei 3 Hufen (21,4%) eine solche Richtungsänderung im Verlauf der Hornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand festzustellen war.

Kein Huf, der eine Hufbeinsenkung zeigte (Grad 4), zeigte gleichzeitig eine Änderung im Verlauf der Hornröhrchen.

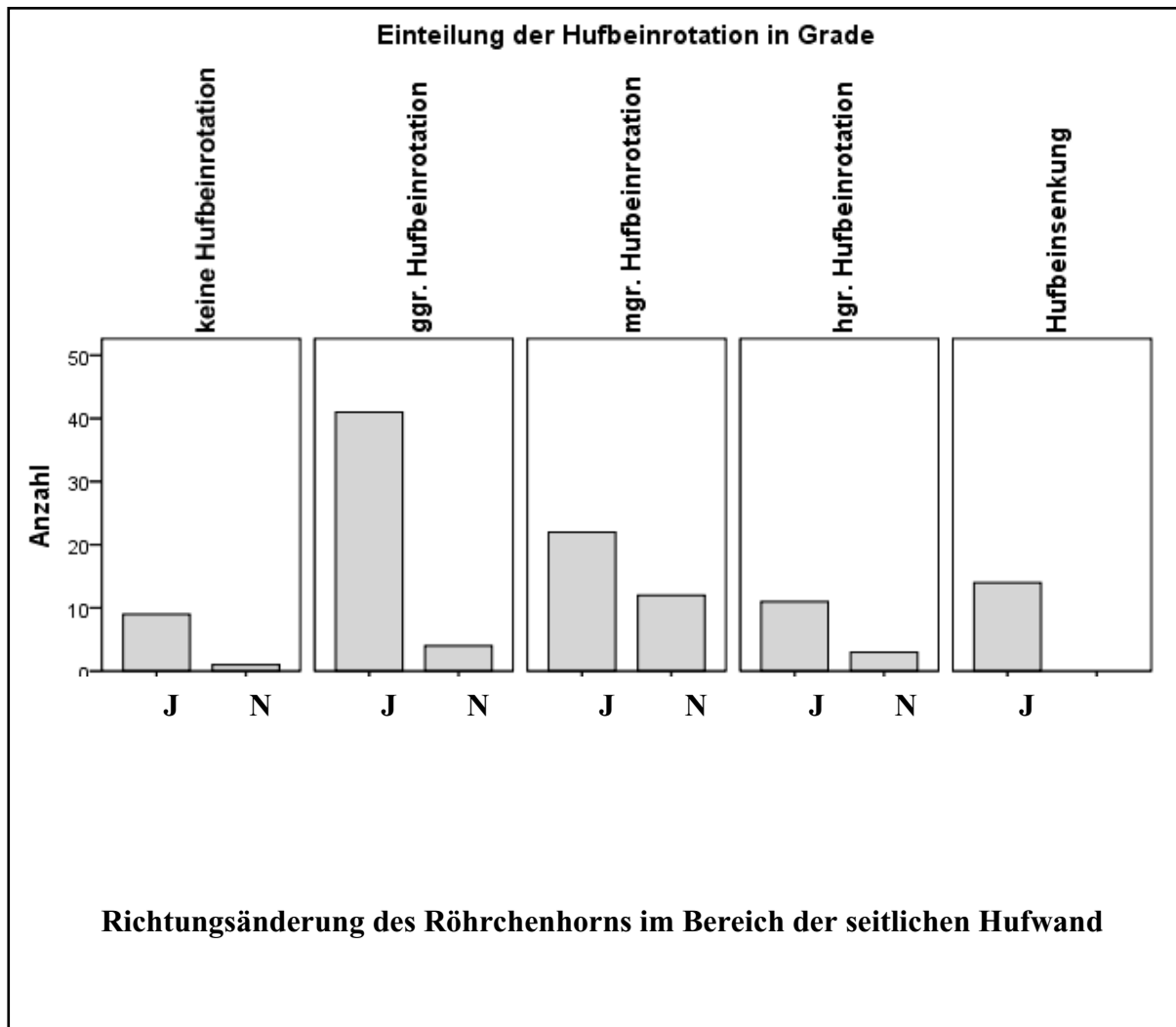


Abbildung 25: Zusammenhang zwischen der Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und dem Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand (J =ja, N =nein)

Aus der Abbildung 25 ist zu entnehmen, dass eine Richtungsänderung im Verlauf der Kronhornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand am Wahrscheinlichsten auftritt, wenn der Winkel der Hufbeinrotation dem Schweregrad 2 entspricht.

Das heißt, bei einer mittelgradigen Hufbeinrotation von 9°-20° tritt eine Faltenbildung im Bereich des Röhrenhorns in der seitlichen Hufwand am Häufigsten auf. Ist der Rotationswinkel größer, ist das Auftreten einer solchen Faltenbildung weniger wahrscheinlich. Noch weniger wahrscheinlich tritt eine Richtungsänderung der Hornröhren im Bereich der seitlichen Hufwand auf, wenn nur eine geringgradige Hufbeinrotation vorliegt. Bei einer Hufbeinsenkung trat keine Richtungsänderung des Röhrenhorns auf.

4.7. Seitliche Hufbeinrotation und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns

Im Rahmen dieser Arbeit sollte überprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen einer medialen/lateralen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Faltenbildung des Röhrenhorns besteht. Weiterhin wurde untersucht, ob eine Korrelation zwischen dem Schweregrad der seitlichen Hufbeinrotation und der Häufigkeit des Auftretens einer solchen Richtungsänderung im Verlauf der Kronhornröhren besteht. Außerdem sollte der Rotationswinkel bestimmt werden, bei dem das Auftreten einer solchen Faltenbildung zu erwarten ist. Dabei wurde die mediale/laterale Hufbeinrotation unabhängig von der palmaren/plantaren Hufbeinrotation betrachtet.

4.7.1 Im Bereich der dorsalen Hufwand

In der Abbildung 26 ist der Zusammenhang zwischen der medialen/lateralen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Faltenbildung der Kronhornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand dargestellt.

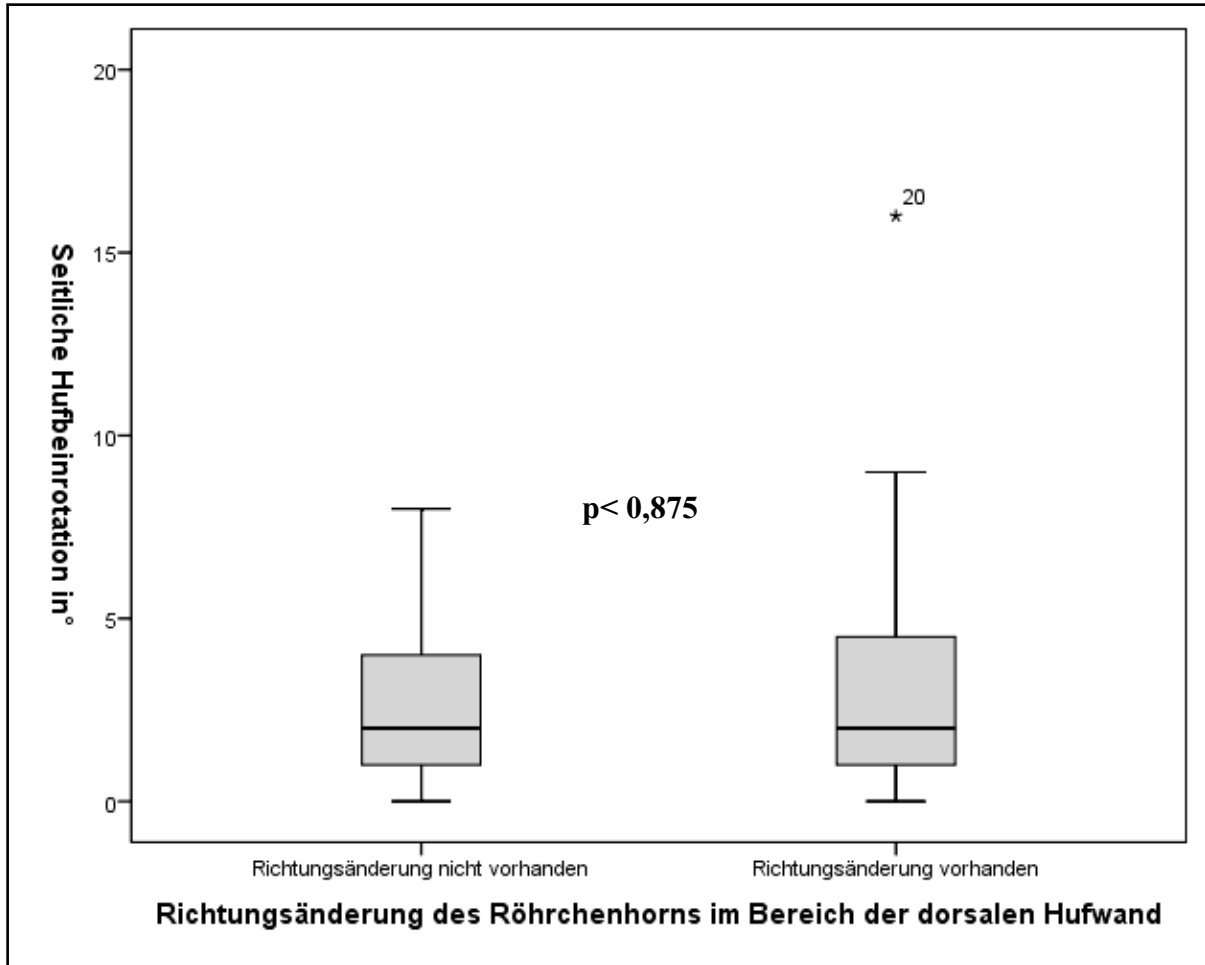


Abbildung 26: Zusammenhang zwischen der seitlichen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Faltenbildung der Kronhornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand

Wie aus Abbildung 26 zu entnehmen ist, scheint eine seitliche Hufbeinrotation geringere Rotationswinkel als die palmare/plantare Hufbeinrotation zu erreichen. Es scheint kein signifikanter Unterschied zu bestehen, zwischen der Gruppe, bei der eine Faltenbildung im Röhrenhorn in der dorsalen Hufwand nachweisbar ist, und der Gruppe bei der dies nicht der Fall ist. Eine Seitenrotation scheint nicht Bedingung für das Auftreten einer Richtungsänderung im Verlauf der Hornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand zu sein. Zur besseren Darstellung wurde die seitliche Hufbeinrotation ebenfalls in Schweregrade eingeteilt. Der Zusammenhang der seitlichen Hufbeinrotation, eingeteilt in Schweregrade und dem Auftreten einer Fältelung der Kronhornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand wurde in Tabelle 11 dargestellt.

Zusammenhang zwischen der seitlichen Hufbeinrotation, eingeteilt in Schweregrade und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns im Bereich der Dorsalwand				
		Richtungsänderung des Röhrenhorns im Bereich der Dorsalwand		
		Faltenbildung nicht vorhanden	Faltenbildung vorhanden	Gesamt
Einteilung in Schweregrade	Grad 0: keine Seitenrotation vorhanden	25	22	47
	Grad 1: ggr. Seitenrotation	44	24	68
	Grad 2: mgr. Seitenrotation	0	2	2
	Gesamt	69	48	117

Tabelle 11: seitliche Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und das Auftreten einer Faltenbildung der Hornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand

Wie aus der Tabelle 11 zu entnehmen ist, konnte bei 47 Hufen (40,2%) keine seitliche Hufbeinrotation nachgewiesen werden. Sie entsprachen somit dem Grad 0. Von diesen 47 Hufen zeigten 22 Hufe (46,8%) eine Richtungsänderung im Verlauf der Hornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand. 25 Hufe (53,2%) hingegen zeigten einen physiologischen Hornverlauf. Dem Grad 1 (geringgradige Hufbeinrotation) entsprachen 68 Hufe (58,1%). Von diesen 68 Hufen war bei 24 Hufen (35,3%) eine Faltenbildung der Hornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand zu sehen. 44 Hufe (64,7%) hingegen zeigten diese Erscheinung nicht. Eine mittelgradige seitliche Hufbeinrotation war lediglich bei 2 Hufen (1,7%) vorhanden. Bei beiden Hufen war eine Richtungsänderung im Verlauf der Hornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand feststellbar. Eine hochgradige Seitenrotation, somit Grad 3 konnte bei keinem Huf festgestellt werden.

Eine seitliche Hufbeinrotation trat nur in geringer Ausprägung auf. Es wurde maximal ein Schweregrad 2, also eine mittelgradige Hufbeinrotation erreicht. Die Häufigkeit des Auftretens einer Richtungsänderung der Hornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand scheint bei einem kleineren Rotationswinkel größer zu sein. Obwohl keine Seitenrotation nachzuweisen war, zeigte knapp die Hälfte der Hufe eine Richtungsänderung der Hornröhren in der dorsalen Hufwand.

Bei einer geringgradigen lateralen/medialen Hufbeinrotation zeigte die Mehrheit der Hufe keine Faltenbildung der Hornröhrchen. Lediglich zwei Hufe zeigten eine mittelgradige Seitenrotation und eine Richtungsänderung der Hornröhrchen gleichzeitig.

4.7.2 Im Bereich der seitlichen Hufwand

Der Zusammenhang zwischen der seitlichen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Faltenbildung der Kronhornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand wurde in der Abbildung 27 dargestellt.

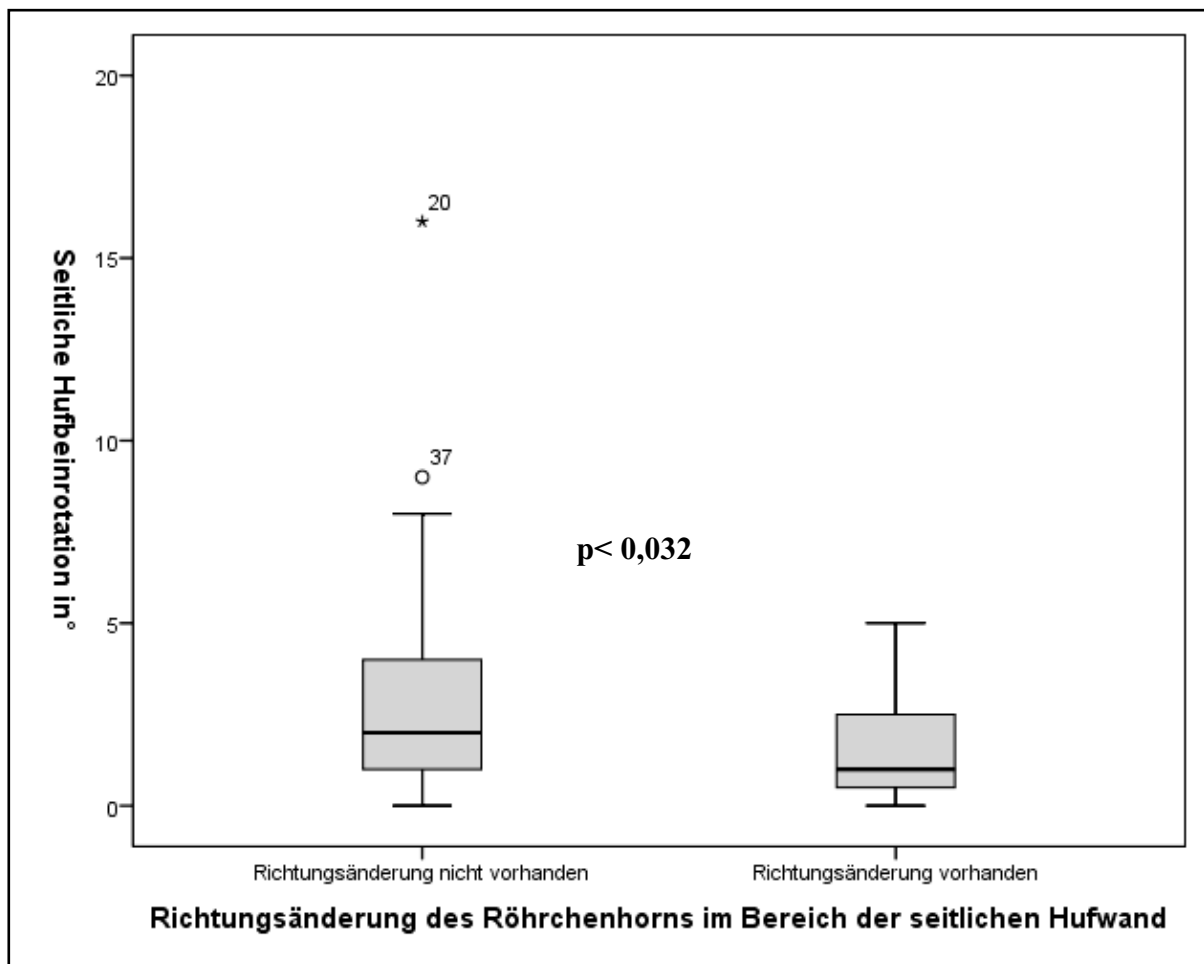


Abbildung 27: Zusammenhang zwischen der seitlichen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Faltenbildung des Kronhorns im Bereich der seitlichen Hufwand

Aus der Abbildung 27 ist zu entnehmen, dass die Seitenrotation des Hufbeins scheinbar nur in geringer Ausprägung auftritt. Es konnten lediglich zwei Hufe dem Schweregrad 2 zugeordnet werden, während der überwiegende Teil eine geringgradige Rotation zeigte. Es scheint ein kleinerer Rotationswinkel eine größere Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen in der seitlichen Hufwand zu bedingen. Bei einer mittelgradigen seitlichen Hufbeinrotation konnte keine Faltenbildung der Hornröhrchen mehr nachgewiesen werden. Die Gruppen unterscheiden sich signifikant.

Zur besseren Darstellung wurde die seitliche Hufbeinrotation ebenfalls in die oben genannten Schweregrade eingeteilt (siehe Tab. 12).

Zusammenhang zwischen der seitlichen Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Bereich der seitlichen Hufwand				
Anzahl		Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Bereich der seitlichen Hufwand		
		Faltenbildung nicht vorhanden	Faltenbildung vorhanden	Gesamt
Einteilung der seitlichen Hufbeinrotation in Grade	Grad 0: seitliche Hufbeinrotation nicht vorhanden	35	12	47
	Grad 1: ggr. seitliche Hufbeinrotation	60	8	68
	Grad 2: mgr. seitliche Hufbeinrotation	2	0	2
	Gesamt	97	20	117

Tabelle 12: seitliche Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und das Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen im Bereich der Seitenwand

Wie aus der Tabelle 12 zu entnehmen ist, entsprechen 47 Hufe (40,2%) dem Schweregrad 0 (keine Hufbeinrotation vorhanden). 12 (25,5%) der 47 Hufe zeigten eine Richtungsänderung der Hornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand, ohne dass eine Seitenrotation des Hufbeins vorlag. 35 Hufe (74,5%) hingegen zeigten einen physiologischen Hornverlauf. Dem Grad 1 (geringgradige Hufbeinrotation) konnten 68 Hufe (58,2%) zugeordnet werden. 8 Hufe (11,8%) zeigten eine Faltenbildung der Hornröhrchen im Seitenwandbereich.

60 Hufe (88,2%) hingegen zeigten diese Erscheinung nicht. Zwei Hufe (1,7%) zeigten eine mittelgradige Seitenrotation und konnten somit dem Grad 2 zugeordnet werden. Es konnte bei keinem Huf eine mittelgradige Seitenrotation des Hufbeins und eine Richtungsänderung des Röhrenhorns gleichzeitig festgestellt werden. Tendenziell scheint ein kleinerer Rotationswinkel eine größere Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Richtungsänderung der Kronhornröhren in der seitlichen Hufwand zu bedingen.

4.8. Hufbeinsenkung und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns

4.8.1 Bereich der dorsalen Hufwand

Der Zusammenhang zwischen der Senkung des Hufbeins und dem Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand wird in Tabelle 13 dargestellt.

Zusammenhang zwischen einer Hufbeinsenkung und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns in der Dorsalwand				
		Richtungsänderung im Bereich der Dorsalwand		
		keine Faltenbildung vorhanden	Faltenbildung vorhanden	Gesamt
Hufbeinsenkung vorhanden	keine Senkung vorhanden	55	48	103
	Senkung vorhanden	14	0	14
	Gesamt	69	48	117

Tabelle 13: Hufbeinsenkung und das Vorkommen einer Faltenbildung der Hornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand

Aus der Tabelle 13 ist zu entnehmen, dass nur bei 14 (12%) der 117 untersuchten Hufe eine Hufbeinsenkung nachzuweisen war. Bei keinem dieser 14 Hufe trat eine Richtungsänderung im Verlauf der Kronhornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand auf.

4.8.2 Bereich der Seitenwand

Der Zusammenhang zwischen der Hufbeinsenkung und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns im Bereich der seitlichen Hufwand ist in Tabelle 14 dargestellt.

Zusammenhang zwischen der Hufbeinsenkung und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns im Bereich der seitlichen Hufwand				
		Richtungsänderung im Bereich der Seitenwand		
		keine Faltenbildung vorhanden	Faltenbildung vorhanden	Gesamt
Hufbeinsenkung vorhanden	keine Senkung vorhanden	83	20	103
	Senkung vorhanden	14	0	14
	Gesamt	97	20	117

Tabelle 14: Hufbeinsenkung und das Auftreten einer Faltenbildung der Kronhornröhren im Bereich der Seitenwand

Aus Tabelle 14 ist zu entnehmen, dass nur bei 14 (12%) der 117 untersuchten Hufe eine Hufbeinsenkung nachzuweisen war. Bei keinem dieser 14 Hufe trat eine Richtungsänderung im Verlauf der Kronhornröhren im Bereich der seitlichen Hufwand auf.

4.9. Messergebnisse

Die Messungen der Strecken A und B konnten bei 92 der 117 Pferdehufe (78,6%) durchgeführt werden. Bei 25 Hufen (21,4%) konnten diese Strecken nicht gemessen werden, weil keine Reheringe auf der Hornkapsel vorhanden waren. Die Strecke vom Kronsaum bis zum ersten Rehering an der dorsalen Hufwand, Strecke A, war im Mittel 3,13 Zentimeter lang. Die Strecke B, welche vom Kronsaum bis zum ersten Rehering an den Trachten gemessen wurden, war im Mittel 5,07 cm lang.

Das Verhältnis der beiden Strecken zueinander, welches C ergibt, war im Mittel 1,78. (1:1,8) Das heißt, dass die Trachten im Mittel 1,8-mal länger sind als die Dorsalwand.

Dies verdeutlicht die Abbildung 28, in der der Zusammenhang von Längenwachstum des Hufes (C) zur Hufbeinrotation dargestellt ist. Zur besseren Übersicht wurde die Darstellung im Boxplot nach Graden eingeteilt vorgenommen. Ein Zusammenhang zwischen der seitlichen Hufbeinrotation und dem Längenwachstum konnte nicht hergestellt werden.

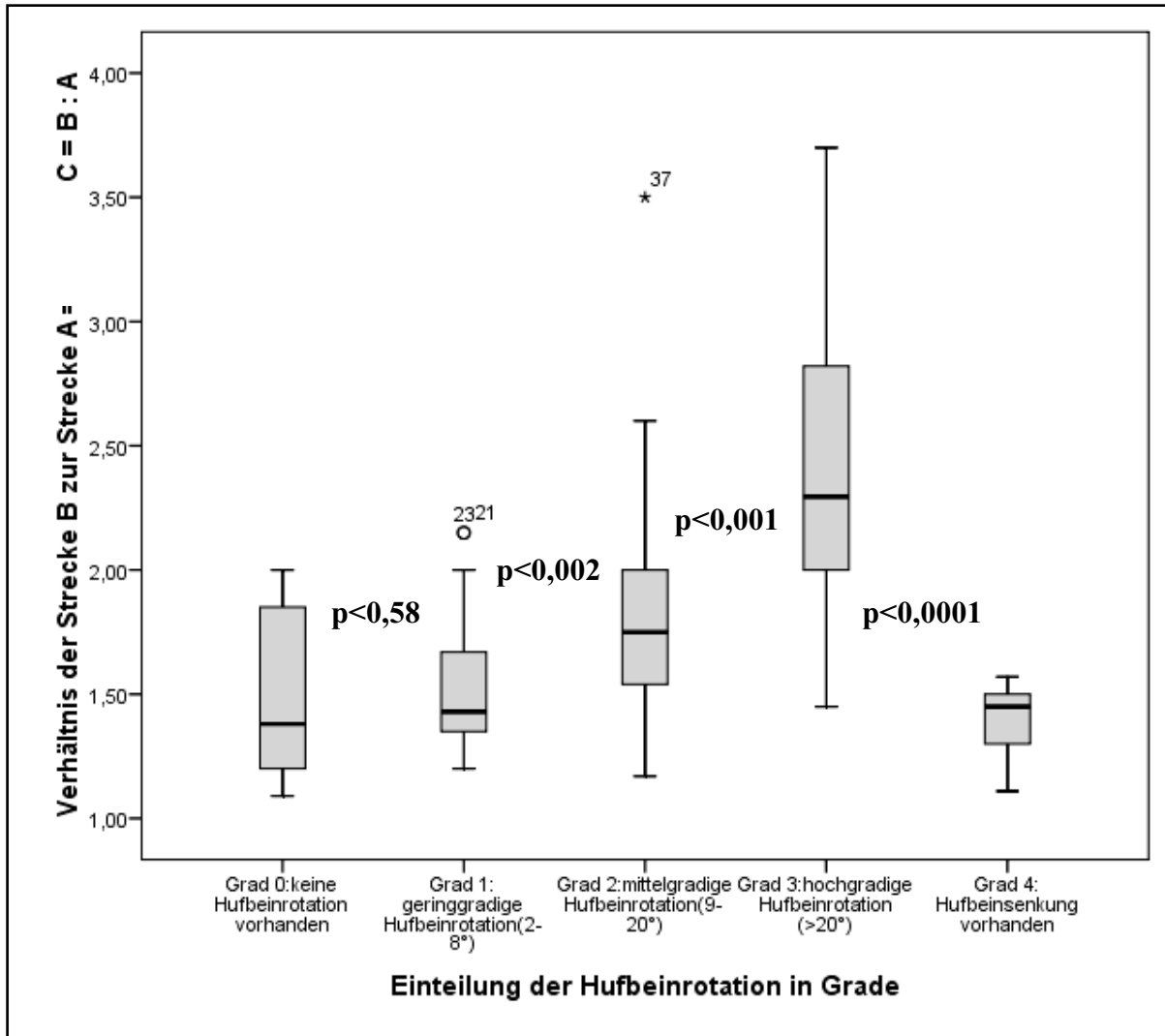


Abbildung 28: Graphische Darstellung von C zur Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade

Aus Abbildung 28 ist zu entnehmen, dass das Verhältnis aus Strecke B zu Strecke A (C) abhängig von der Hufbeinrotation ist. Je größer der Rotationswinkel der Hufbeinrotation, umso größer ist C. Das heißt, je größer der Rotationswinkel der Hufbeinrotation ist, umso größer ist der Quotient der gemessenen Strecken.

Die Unterschiede zwischen den Schweregraden 1 und 2, 2 und 3 beziehungsweise 3 und 4 sind signifikant. Daraus ist zu schließen, dass das Hornwachstum bei chronischer Hufrehe von dem Rotationswinkel des Hufbeins beeinflusst wird.

Je größer der Winkel der Hufbeinrotation, umso länger sind die Trachten im Vergleich zur dorsalen Hufwand, beziehungsweise umso stärker ist das Längenwachstum an den Trachten im Vergleich zu der Dorsalwand des Hufes.

5 Diskussion

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 117 Hufe von Pferden untersucht, die an Hufrehe im chronischen Stadium erkrankt waren. Ziel dieser Arbeit war es, zu überprüfen, ob ein Zusammenhang zwischen einer Lageveränderung des Hufbeins (Hufbeinrotation oder Hufbeinsenkung) und dem Auftreten einer Störung des Hornwachstums besteht. Als eine solche Störung des Hornwachstums wurde zum einen eine Richtungsänderung der Hornröhrchen in ihrem Verlauf (Faltenbildung des Röhrchenhorns) im Bereich der dorsalen und seitlichen Hufwand gesehen. Zum anderen wurde das Hornwachstum anhand der Messung der Länge der Hornröhrchen der Dorsalwand und der Trachten sowie deren Verhältnis zueinander beurteilt. Die Lageveränderungen des Hufbeins wurden anhand der angefertigten Röntgenaufnahmen ausgewertet. Die Änderung der Verlaufsrichtung der Kronhornröhrchen wurde anhand der Sägeschnitte dargestellt.

5.1. Auswahl der Hufe

Es wurden 117 Hufe von 47 Pferden untersucht, die an chronischer Hufrehe erkrankt waren. Die Auswahl erfolgte ausschließlich nach dem Vorhandensein der Hufreheerkrankung. Die Diagnose der Hufrehe wurde bei allen Pferden von einem Tierarzt gestellt oder lag dem Schlachthof als Vorbericht vor. Zeitpunkt und Dauer der Erkrankung, Ursachen sowie Vorbehandlungen waren nicht bei allen Pferden bekannt. Somit wurde auf eine Auswertung dieser Parameter verzichtet. Weiterhin konnten nicht bei allen Pferden Angaben zum Alter und Geschlecht gesammelt werden. Eine Alters- oder Geschlechtsverteilung konnte daher nicht ermittelt werden.

Der Großteil der Hufe stammte von verschiedenen Schlachthöfen (25 Pferde, 55 Hufe; 47%), 26 Pferdehufe (10 Pferde; 22,2%) wurden von verschiedenen Pferdekliniken und Tierärzten zur Verfügung gestellt. 12 Pferde (36 Hufe; 30,77%) stammten aus dem Patientengut der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin.

Um eine große Anzahl an Hufen untersuchen zu können, konnte keine Auswahl einer einzelnen Pferderasse getroffen werden, weil dabei nicht so viele Hufe von chronischen Hufrehe-Patienten zur Untersuchung zur Verfügung gestanden hätten.

Der Hauptanteil der untersuchten Pferdehufe stammte von Warmblütern (59 Pferdehufe; 50,4%). Die zweitgrößte Gruppe der untersuchten Hufe stellten Ponies dar (42 Hufe; 35,9%). Alle anderen Rassen (Haflinger, Kaltblut, Esel) traten nur vereinzelt auf. Aus diesem Grund kann man nicht von einem einheitlichen Patientengut ausgehen. Diese Tatsache lässt unter anderem eine Verallgemeinerung der Ergebnisse nicht zu. Allerdings wäre das Sammeln einer so großen Zahl an Hufen, die an chronischer Hufrehe erkrankt waren, nicht möglich gewesen, wenn nicht auf die Auswahl einer Rasse verzichtet worden wäre. Die Tatsache, dass alle Hufe, die untersucht wurden, von Pferden stammen, die euthanasiert oder geschlachtet wurden, ermöglicht keinerlei Aussage über das klinische Bild der Erkrankung des Pferdes.

5.2. Röntgen

Alle 117 Hufe wurden jeweils in 3 Ebenen geröntgt. Diese Röntgenaufnahmen wurden von der Verfasserin selbstständig angefertigt und anfangs unter Anleitung, später selbstständig ausgewertet.

5.2.1 Die Hufbeinrotation

Die Verlagerung des Hufbeins innerhalb der Hornkapsel ist ein Zeichen für eine chronische Hufrehe. Dabei ergibt sich der Rotationswinkel in der 90°-Aufnahme aus der Differenz zwischen dem Hufwinkel und dem Hufbeinwinkel (Stashak, 1989; Baxter, 1992; Scheuerer und Grieshaber, 1996). Bei 117 Hufen wurde der Rotationswinkel des Hufbeins gemessen. Dabei wurde bei allen Hufen die dorsale Hufwand mit einer elastischen Bleimarkierung versehen, die vom Kronsaum bis zum Tragrand reichte. Alle Hufe wurden auf einen 5 cm hohen Holzklötz verbracht. Die Kassette lag direkt am Huf an und der Zentralstrahl wurde exakt auf die Mitte der seitlichen Hufwand gerichtet. Es wurden die gleichen Belichtungszeiten, Stromstärken und Spannungen bei allen Hufen angewendet. Ebenso wurde bei allen Hufen der gleiche Film Fokus-Abstand eingehalten, um die Röntgenaufnahmen einheitlich und damit vergleichbar zu machen. Es wurden vorhandene Hufeisen, Einlagen und Schmutz entfernt, um mögliche Artefakte zu vermeiden. Die angefertigten Röntgenaufnahmen wurden jeweils im Abstand von mehreren Wochen wiederholt ausgewertet, um Messfehler zu minimieren.

Dabei wurden die Röntgenaufnahmen anschließend auf handelsüblichem DIN-A4-Papier ausgedruckt. Die Ermittlung der Hufbeinrotation erfolgte mit Hilfe eines durchsichtigen Winkelmessers und eines Lineals. Es wurde eine Gerade entlang der dorsalen Kontur des Hufbeins und eine Gerade entlang der Kontur der dorsalen Hufwand gezogen. Dann wurde jeweils der Winkel dieser Geraden zum Boden (Hufbeinwinkel, Hufwinkel) bestimmt. Anschließend wurde die Differenz zwischen dem Hufwinkel und dem Hufbeinwinkel bestimmt. Diese entspricht dem Rotationsgrad des Hufbeins.

Die Ausbildung eines so genannten Knollhufes erschwert die Bestimmung der Hufbeinrotation. Es wurde daher eine Ideallinie zwischen dem Kronsaum und dem distalen Rand der Knolle gezogen, die die normalen Verhältnisse bei unveränderter Hufkapselform widerspiegeln sollte. Um eine übersichtliche Darstellung zu ermöglichen, wurden alle Hufe, die gleichzeitig eine Hufbeinrotation und eine Senkung des Hufbeins zeigten jeweils nur als rotiert angesehen. Ausschließlich die Hufe, die nur eine Senkung des Hufbeins zeigten, wurden als Hufbeinsenkung zusammengefasst. 93 der 117 Hufe (79,5%) zeigten eine Hufbeinrotation. Bei 19 Hufen (16,2%) konnte keine Rotation des Hufbeins festgestellt werden. 5 Hufe zeigten einen Rotationswinkel von 1° . Laut Hertsch (Hertsch und Brunken, 1988) ist eine Hufbeinrotation als solche erst ab einem Rotationswinkel von 2° vorhanden. Diese 5 Hufe wurden folglich als nicht rotiert angesehen. Die gemessenen Rotationswinkel reichten von 2° bis 36° .

Im Mittel lag der Winkel bei $11,10^\circ$. Dabei war das Hufbein palmar/plantar rotiert. Die Rotation fand um die Achse des Hufgelenkes statt. Zur einfacheren Darstellung wurden die Rotationswinkel in die genannten Grade eingeteilt. Dabei ergab sich folgende Verteilung der Hufe in die entsprechenden Schweregrade. In den Grad 0 wurden 10 Hufe (8,5%) zusammengefasst. Dem Grad 1 zugeordnet wurden 45 Hufe (38,5%). Grad 2 entsprachen 34 Hufe (29,1%), während 14 Hufe (12%) dem Grad 3 zugeordnet wurden. Die Mehrheit aller Hufe zeigte somit eine geringgradige Hufbeinrotation, das heißt einen Rotationswinkel des Hufbeins von 2° - 8° .

Einige Autoren kamen zu dem Schluss, dass der Rotationswinkel einen wertvollen Beitrag für die Prognosestellung liefern kann (Kameya, 1973; Stick et al., 1982; Brunken, 1985, Hertsch und Brunken, 1988; Eustace und Caldwell, 1989 a; Eustace und Caldwell, 1989 b; Herthel und Hood, 1999) und haben sich bemüht, einen Grenzwert der Hufbeinrotation für die Wiedereinsetzbarkeit des Pferdes zu bestimmen (Kameya, 1973; Stick et al., 1982; Brunken, 1985; Hertsch und Brunken, 1988; Linford et al., 1993).

Angaben zur Prognose und Wiedereinsetzbarkeit der Pferde anhand der Rotationswinkel des Hufbeins konnten bei dieser Studie nicht gemacht werden, weil die Pferde, deren Hufe zur Untersuchung standen bereits euthanasiert waren und somit eine Verlaufsuntersuchung nicht möglich war.

5.2.2 Seitliche Hufbeinrotation

Die laterale/mediale Hufbeinrotation kann ebenfalls ein Kennzeichen chronischer Hufrehe sein. Dabei errechnet sich der Rotationswinkel aus dem Winkel einer Geraden durch die beiden Foramina soleare laterale et mediale des Hufbeins zum Boden

(O'Grady, 2007; O'Grady, 2008). Bei 117 Hufen wurde dieser Winkel gemessen. Eine seitliche Hufbeinrotation konnte nach der Messmethode von O'Grady bei 69 Hufen (59%) festgestellt werden. Die Hufe wurden im dorso-palmaren/plantaren Strahlengang geröntgt. Vorher wurden bei allen Hufen vorhandene Hufeisen, Einlagen oder Schmutz entfernt, um mögliche Artefakte zu vermeiden. Die Hufe wurden auch hier auf einen 5 cm hohen Holzklötz gestellt und direkt an die Kassette angelehnt. Der Zentralstrahl wurde auf die Mitte der dorsalen Hufwand gerichtet. Es wurde konstant der gleiche Film-Fokus-Abstand eingehalten. Die Belichtungszeiten, Stromstärken und Spannungen waren ebenfalls bei allen Hufen konstant, um eine Vergleichbarkeit zu erreichen. Diese Röntgenaufnahmen wurden anschließend auf handelsüblichem DIN-A4-Papier ausgedruckt.

Zur Bestimmung der seitlichen Hufbeinrotation nach der Messmethode von O'Grady wurde jeweils eine Gerade durch die beiden Foramina soleare laterale et mediale gezogen und der Winkel dieser Geraden zum Boden bestimmt. Dabei ist zu beachten, dass die Gerade an den distalen Rändern der beiden Foramina soleare angelegt wurde. Auch hier wurden die Röntgenbilder mehrmals im Abstand von einigen Wochen ausgewertet, um Messfehler zu minimieren. Bei 22 Hufen (18,8%) konnte keine seitliche Hufbeinrotation diagnostiziert werden. 26 Hufe (22,2%) zeigten einen Rotationswinkel von 1° .

Diese Hufe wurden in Anlehnung an Hertsch und Brunken (Hertsch und Brunken, 1988) ebenfalls als nicht rotiert angesehen. Die gemessenen Rotationswinkel reichten von 2° bis 16° . Im Mittel lagen sie bei $4,1^\circ$. Dabei war das Hufbein bei 38 Hufen (55,1%) medial und bei 31 Hufen (44,9%) lateral rotiert. Zur einfacheren Darstellung wurden auch die seitlichen Rotationswinkel in Schweregrade eingeteilt. Dabei konnten 48 Hufe (41%) dem Grad 0 zugeordnet werden. Sie zeigten somit keine seitliche Hufbeinrotation oder einen Rotationswinkel von 1° . Dem Grad 1 (2° - 8°) entsprachen 67 Hufe (57,3%).

Lediglich 2 Hufe (1,7%) wurden zum Grad 2 (9° - 20°) zusammengefasst. Dem Grad 3 konnte kein Huf entsprechen. Damit sind die Rotationswinkel der seitlichen Rotation deutlich geringer als die der palmaren/plantaren Hufbeinrotation. Möglicherweise ist hierfür die tiefe Beugesehne verantwortlich. Sie stellt den Gegenspieler des Hufbeinträgers an der dorsalen Hufwand dar. Bei einem Funktionsverlust des Hufbeinträgers im Rahmen einer Hufrehe übernimmt die tiefe Beugesehne alleine den Zug auf das Hufbein und bewirkt zusammen mit dem Körpergewicht des Pferdes somit die Rotation des Hufbeins in der Hornkapsel. Die seitliche Hufbeinrotation entsteht möglicherweise ebenfalls durch einen Funktionsverlust des Hufbeinträgers an der seitlichen Hufwand, allerdings ohne dass die tiefe Beugesehne eine so große Zugkraft ausübt. Für die seitliche Hufbeinrotation ist wahrscheinlich nur das Körpergewicht des Pferdes verantwortlich. Ein Zusammenhang zwischen der palmaren/plantaren Hufbeinrotation und einer seitlichen Hufbeinrotation konnte nicht ermittelt werden.

Der Schweregrad der palmaren/plantaren Hufbeinrotation konnte in dieser Studie nicht mit einer seitlichen Hufbeinrotation in Verbindung gebracht werden. Somit bleibt fraglich, ob eine seitliche Rotation des Hufbeins tatsächlich ein Zeichen chronischer Hufrehe ist, oder ob möglicherweise eine Entlastung der erkrankten Bereiche des Hufes durch das Pferd und eine vermehrte Belastung der gesunden Bereiche des Hufes für diesen Winkel des Hufbeins zum Boden verantwortlich ist. Weiterhin konnte nicht analysiert werden, inwiefern eine Achsenfehlstellung im Fesselgelenk der Beine einen Winkel zwischen der Sohlenfläche des Hufbeins und dem Boden bedingen kann.

Die untersuchten Hufe wurden alle im Fesselgelenk exartikuliert. Diese Fragestellung bedarf weiterer Untersuchungen. Des Weiteren konnte nicht geklärt werden, ob eine unregelmäßige Hufform ebenfalls einen Winkel zwischen der Sohlenfläche des Hufbeins und dem Boden bedingen kann. Um eine Aussage treffen zu können, ob die seitliche Hufbeinrotation tatsächlich ein Merkmal der chronischen Hufrehe ist, oder ob dieser Winkel der Sohlenfläche des Hufbeins zum Boden durch andere Ursachen entstehen kann, bedarf es weiterer Untersuchungen. Ein sinnvoller Ansatz wäre es, eine Röntgenuntersuchung an hufrehegesunden Pferden durchzuführen, um festzustellen, wie sich das Hufbein beispielsweise bei Achsenfehlstellungen oder unregelmäßigen Hufformen darstellt.

5.2.3 Hufbeinsenkung

Die Hufbeinsenkung ist schwieriger zu diagnostizieren und hat eine deutlich schlechtere Prognose als die Hufbeinrotation (Hemker, 2001).

Röntgenologisch bleibt die Parallelität des Hufbeins zur Hornkapsel erhalten. Allerdings vergrößert sich der Abstand der beiden zueinander. Als physiologisch wird ein Abstand von 15-18 mm erachtet (Höppner, 2003). Eine größere Strecke als 18 mm wird als Hufbeinsenkung betrachtet (Hemker und Hertsch, 2002).

Es wurden nur Hufe in die Gruppe der Hufbeinsenkung aufgenommen, die ausschließlich eine Senkung des Hufbeins zeigten. Hufe, die eine Hufbeinrotation und eine Senkung des Hufbeins aufwiesen, wurden nur als rotiert angesehen. Die Hufe wurden im seitlichen Strahlengang geröntgt, wobei sie auf einem 5 cm hohen Holzklötzchen standen. Die dorsale Hufwand wurde mit einer elastischen Bleimarkierung, die vom Kronsaum bis zum Tragrand reichte, markiert. Die Hufe wurden an die Röntgenkassette angelehnt. Durch einen konstanten Film-Fokus-Abstand konnte eine einheitliche Beurteilung erfolgen und eine artifizielle Vergrößerung des Abstandes zwischen dem Hufbein und der dorsalen Hufwand vermieden werden. Allerdings könnte dieser Abstand durch eine Hufzubereitung (Dünnraspeln der dorsalen Hufwand) vor der Euthanasie reduziert worden sein. Von den 117 untersuchten Hufen war bei 14 Hufen ausschließlich eine Hufbeinsenkung vorhanden (12%). Die Mehrzahl der untersuchten Hufe (103 Hufe; 88%) zeigte keine alleinige Senkung des Hufbeins. Der kleinste Wert lag bei 18,42 mm, während der größte Wert 23,53 mm betrug. Im Mittel war die Hufbeinsenkung 20,38 mm. Damit lagen die gemessenen Werte über den von Linford und anderen Autoren angegebenen Normwerten (Linford et al., 1993; Cripps und Eustace, 1999). Hierbei ist allerdings zu beachten, dass Linfords Normwerte für Vollblutpferde gelten und bei dieser Studie verschiedene Rassen untersucht wurden.

5.3. Messung

Die Messung der Strecken A und B erfolgte mit einem handelsüblichen, geeichten Maßband. Dieses wurde am Kronsaum der dorsalen Hufwand sowie am Kronsaum der Trachten angelegt. Als Kronsaum wurde der Übergang der behaarten Haut zum Horn des Hufes definiert. Es erfolgte die Messung der Strecken vom Kronsaum bis zum ersten Rehering. Die Strecke A wurde genau in der Mitte der dorsalen Hufwand bestimmt.

Die Strecke B wurde jeweils an beiden Trachten des Hufes gemessen. Anschließend wurde der Mittelwert dieser beiden Strecken B gebildet und als der tatsächliche Wert für die Strecke B angenommen. Alle Messungen wurden im Abstand von mehreren Wochen wiederholt, um Fehler zu minimieren. Die Messungen konnten nur an 92 der 117 Hufe (78,6%) durchgeführt werden. 25 Hufe (21,4%) zeigten keine Reheringe an ihrer Hornkapsel. Sie konnten somit nicht in die Messungen einbezogen werden. Die erste Messung erfolgte an der dorsalen Hufwand, von dem Kronsaum bis zum ersten Rehering. Diese Strecke A war im Mittel 3,13 cm lang. Die zweite Messung erfolgte an den Trachten, wo ebenfalls vom Kronsaum bis zum ersten Rehering die Strecke B gemessen wurde. Die Strecke B war im Mittel 5,07 cm lang. Aus diesen beiden Werten wurde das Verhältnis der beiden Strecken bestimmt. C ist der Quotient der Strecke B durch Strecke A und war im Mittel 1,78. Das entspricht einem Verhältnis der Strecke A zu Strecke B von 1 zu 1,8. Im gesunden Pferdehuf ist die dorsale Hufwand an den Vordergliedmaßen drei mal so lang wie die Trachten, während sie an den Hintergliedmaßen nur doppelt so lang wie die Trachten ist (Wissdorf et al., 2002). Die Messungen dieser Arbeit ergaben somit ein Verhältnis der Dorsalwand zu den Trachten von 1 zu 1,8.

5.3.1 Hufbeinrotation und Hornwachstum

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass das Hornwachstum, welches durch das Verhältnis der Vorderwand des Hufes zu den Trachten widerspiegelt wird, bei einem Rehehuf mit dem Grad der Hufbeinrotation zusammenhängt. Je größer der Winkel der palmaren/plantaren Hufbeinrotation, umso größer ist das Verhältnis der gemessenen Strecken zueinander. Das heißt, dass die Trachten im Vergleich zur Dorsalwand relativ länger wachsen, je größer der Rotationswinkel des Hufbeins ist. Im Umkehrschluss hieße das, je größer der Rotationswinkel des Hufbeins ist, umso mehr ist das Längenwachstum der dorsalen Hufwand gestört. Wichtig ist dabei die Unterscheidung zwischen der äußerlich sichtbaren Wandlänge des Hufes und dem äußerlich nicht sichtbaren, realen Hornwachstum. Durch die Hufrehe wird der Hufbeinträger so stark geschädigt, dass er seine Funktion nicht mehr adäquat erfüllen kann. Als Folge davon sinkt das Hufbein stufenweise in die Hornkapsel hinein. Dadurch werden die Kronhornpapillen in ihrem Anfangsteil wellig verbogen. Folglich wächst das produzierte Röhrenhorn in Falten und nicht gestreckt proximodistal. Die produzierte Hornmenge scheint dabei allerdings nicht beeinträchtigt zu sein.

Das Hornwachstum bei einem an chronischer Hufrehe erkrankten Huf ist also verändert, aber nicht vermindert. Die sichtbare Länge des Horns an der dorsalen Hufwand, welches die messbare Wandlänge darstellt, ist kürzer als die an den Trachten. Dies könnte durch die Faltenbildung der Hornröhrchen des Kronsegmentes bedingt sein. Würde das Röhrchenhorn der Kronhornröhrchen nicht in Falten, sondern gestreckt proximodistal verlaufen, wäre die Strecke (Strecke A) an der dorsalen Hufwand wahrscheinlich genauso lang, wie eine vergleichbare Strecke an den Trachten (Strecke B). Daraus ließe sich schließen, dass bei der chronischen Hufrehe das Hornwachstum (Hornproduktion) in der dorsalen Hufwand genauso groß wäre wie im Trachtenbereich. Ausschließlich die Faltenbildung der Hornröhrchen scheint die Ursache für das reduzierte äußerlich sichtbare Längenwachstum zu sein. Das Horn wächst im Kronsegment der dorsalen Hufwand in Falten und erreicht dadurch nicht die gleiche sichtbare Länge wie das Horn, das im Trachtenbereich gestreckt vom Kronsaum zum Tragrand hinunter wächst, obwohl wahrscheinlich die gleiche Hornmenge produziert wird. Das hieße, dass bei einem an chronischer Hufrehe erkrankten Huf das Hornwachstum sowohl im Bereich der dorsalen Hufwand, als auch im Trachtenbereich nicht vermindert und wahrscheinlich gleich groß ist. Die beiden Segmente unterscheiden sich aber erheblich im sichtbaren und messbaren Längenwachstum des produzierten Hufhorns. Im Trachtensegment zeigen die Hornröhrchen einen physiologischen proximodistalen Verlauf, während sie im Bereich der dorsalen Hufwand in Falten liegen und dadurch nicht die gleiche sichtbare Länge erreichen wie die Hornröhrchen im Trachtenbereich. Weitere Untersuchungen, die die exakte Länge der einzelnen Falten der Hornröhrchen bestimmen und diese mit einer definierten Strecke an den Trachten vergleichen, sollten dies beweisen können.

5.3.2 Hufbeinsenkung und Hornwachstum

Von den 14 Hufen, die eine Hufbeinsenkung zeigten, konnten nur bei 6 Hufen (42,9%) die Strecken A und B gemessen werden, weil sie Reheringe an ihrer Hornkapsel zeigten.

Die 8 Hufe (57,1%) ohne Reheringe konnten nicht gemessen werden. Das Verhältnis der Trachtenlänge zur Länge der Dorsalwand war bei den Hufen, die eine Hufbeinsenkung zeigten kleiner als bei den Hufen mit einer Hufbeinrotation. Es lag zwischen 1,11 und 1,57. Das bedeutet, dass möglicherweise das Hornwachstum an der dorsalen Hufwand bei einer Hufbeinsenkung nicht so stark verändert ist, wie bei einer Hufbeinrotation.

So konnte bei keinem Huf, der ausschließlich eine Hufbeinsenkung zeigte, eine Faltenbildung der Hornröhrchen der dorsalen oder der seitlichen Hufwand festgestellt werden. Allerdings lässt sich aufgrund der geringen Anzahl der gemessenen Hufe (6) nur bedingt eine Aussage treffen.

5.4. Sägeschnitte

Die Hufe wurden in tief gefrorenem Zustand mittels einer Tischbandsäge sagittal geschnitten. Es wurden anschließend alle 117 Hufe betrachtet und auf das Vorhandensein einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Bereich der Dorsalwand und der seitlichen Hufwand überprüft. Diese Faltenbildung ist makroskopisch zu erkennen. Um eine ausreichende Objektivität gewährleisten zu können, wurden alle Hufe dreimal im Abstand von mehreren Wochen durchgesehen und beurteilt. Eine Richtungsänderung der Hornröhrchen im Bereich der dorsalen Hufwand kam bei 48 (41%) der 117 untersuchten Hufe vor, während sie bei 69 Hufen (59%) nicht anzutreffen war. Hier konnte ebenfalls keine Aussage über den Zusammenhang zwischen der Dauer der Erkrankung oder einer Vorbehandlung der Pferde und dem Auftreten dieser Erscheinung getroffen werden, weil nicht bei allen Pferden Angaben dazu vorlagen.

Weiterhin wurden alle Hufe parallel zur Dorsalwand transversal gesägt, um den Seitenwandbereich des Hufes einsehen und beurteilen zu können. Der Schnitt erfolgte hierbei entlang dem Verlauf der Hornröhrchen im seitlichen Wandsegment. Bei dieser Schnittebene bestand allerdings die erhöhte Schwierigkeit, bei den Knollhufen parallel zur umgeformten Dorsalwand zu schneiden, also nicht gerade, sondern in einem Bogen. Auch diese Sägeschnitte wurden im Abstand von mehreren Wochen dreimal betrachtet und ausgewertet. Es wurde das Auftreten einer Faltenbildung der Hornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand beurteilt. Eine Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Seitenwandbereich trat bei 20 Hufen (17,1%) der 117 Hufe auf. Dabei trat diese Faltenbildung immer gleichzeitig im lateralen und im medialen Seitenwandbereich auf. Der Großteil, 97 Hufe (82,9%), zeigte hingegen einen Verlauf der Hornröhrchen ohne Abweichungen von ihrem physiologischen proximodistalen Verlauf (Budras und König, 1999).

Das Auftreten einer solchen Richtungsänderung im Verlauf der Hornröhrchen ist auf das Einsinken des Hufbeins in die Hornkapsel zurückzuführen (Goetz, 1989).

Bei der Hufrehe wird der Trage- und Halteapparat des Hufes, der Hufbeinträger, so weit geschädigt (Pellmann et al., 1996), dass das Hufbein in die Hornkapsel einsinkt oder rotiert und dem Körpergewicht des Pferdes nicht mehr standhalten kann (Budras et al., 2005). Die Senkung des unbefestigten Hufbeins in die Hufkapsel führt zu einer Verbiegung der proximalen Hornröhren (Pollitt, 1999). Diese Richtungsänderung der Hornröhren kann zwischen 50° und 140° betragen und ist proportional zur Lageveränderung des Hufbeins (Goetz, 1989).

5.5. Palmare/plantare Hufbeinrotation und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns

Im Rahmen dieser Arbeit sollte untersucht werden ob es einen Zusammenhang zwischen dem Grad der Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Richtungsänderung im Verlauf des Röhrenhorns gibt. Laut Goetz (Goetz, 1989) ist die Faltenbildung des Röhrenhorns proportional zu dem Winkel der Hufbeinrotation. Die eigenen Untersuchungen konnten die Theorie von Goetz bestätigen. In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass ab einem Rotationswinkel des Hufbeins von 8° eine Richtungsänderung des Röhrenhorns mit hoher Wahrscheinlichkeit (75%) auftritt.

5.5.1 Bereich der dorsalen Hufwand

Im Rahmen dieser Untersuchung konnte ein Zusammenhang zwischen der palmaren/plantaren Rotation des Hufbeins und dem Auftreten einer Faltenbildung des Horns im Bereich der dorsalen Hufwand bestätigt werden. Eine Richtungsänderung der Hornröhren im Bereich der dorsalen Hufwand konnte bei insgesamt 48 (41%) der untersuchten 117 Hufe diagnostiziert werden. Dabei war die Häufigkeit des Auftretens umso höher, je größer der Rotationswinkel war. Diese Vermutung konnte durch Signifikanztests bestätigt werden. 10 Hufe (8,5%) zeigten keine Hufbeinrotation oder einen Rotationswinkel von maximal 1° . Während 9 Hufe (90%), die keine palmare/plantare Rotation des Hufbeins zeigten, auch keine Richtungsänderung des Röhrenhorns aufwiesen.

Es konnte lediglich bei einem Huf, der keine palmare/plantare Hufbeinrotation zeigte, eine Faltenbildung der Hornröhrchen diagnostiziert werden. Dieser Huf zeigte eine Hufbeinrotation von einem Grad und gilt somit als nicht rotiert.

Bei einer geringgradigen Hufbeinrotation (45 Hufe) von 2° - 8° zeigten nur 12 Hufe (26,7%) eine solche Fältelung, während 33 Hufe (73,3%) einen physiologischen Hornverlauf hatten. Von den 34 Hufen (29%) mit einer palmaren/plantaren Hufbeinrotation von 9° - 20° zeigten 23 Hufe (67,6%) diese Erscheinung, während nur 11 Hufe (32,4%) keine Faltenbildung zeigten. Bei den hochgradig rotierten Hufbeinen (14 Hufe, 12%) mit einem Rotationswinkel von mehr als 20° hingegen konnte die Richtungsänderung bei 12 Hufen (85%) festgestellt werden, während lediglich bei 2 Hufen (15%) keine Faltenbildung der Hornröhrchen festgestellt werden konnte.

Somit treten ab einer Hufbeinrotation von mindestens Grad 2 mehr Hufe auf, die eine Richtungsänderung im Hornwachstum der Kronhornröhrchen aufweisen, als Hufe, die ein physiologisches Hornwachstum zeigen. Dies ist besonders in der Abbildung 24 verdeutlicht. Ab einer palmaren/plantaren Hufbeinrotation von 8° trat bei 75% der Hufe eine Richtungsänderung im Bereich der dorsalen Hufwand auf. Wenn man auch hier die Hufbeinrotation in die genannten Schweregrade einteilt, kommt man zu dem gleichen Ergebnis. Ab einem Schweregrad 2, also einer mindestens mittelgradigen Hufbeinrotation (9° - 20°) ist ein gehäuftes Auftreten dieser Faltenbildung im Horn signifikant nachweisbar.

Somit lässt sich schlussfolgern, dass bei einem größeren Rotationswinkel des Hufbeins und somit bei einer schweren Hufrehe das äußerlich sichtbare Längenwachstum des Hufes stärker beeinträchtigt wird, während die produzierte Hornmenge kaum verändert scheint. Durch die Hufreheerkrankung wird der Hufbeinträger stark geschädigt oder völlig zerstört. Das Körpergewicht des Pferdes lässt das Hufbein in die Hornkapsel einsinken. Dadurch entsteht Zug an der dorsalen Huflederhaut. Dabei werden die Kronhornpapillen wellig verbogen (Budras und Huskamp, 1999; Ossent und Geyer, 2006). Folge davon ist das Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen (Eustace, 1992; Pollitt, 1999; Ossent und Geyer, 2006). Diese Faltenbildung der Hornröhrchen an der dorsalen Hufwand ist proportional zum Schweregrad der Hufrehe (Goetz, 1989).

Je schwerer die Hufreheerkrankung, umso größer ist die Rotation des Hufbeins in der Hornkapsel. Folglich werden die Blutgefäße im Kronwulst stärker komprimiert und deshalb wird das sichtbare Längenwachstum der Hufwand stärker beeinträchtigt.

5.5.2 Bereich der seitlichen Hufwand

Im Bereich der seitlichen Hufwand wurde ebenfalls geprüft, ob ein Zusammenhang zwischen dem Rotationsgrad der palmaren/plantaren Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Richtungsänderung der Hornröhrchen im seitlichen Wandbereich des Hufes besteht.

Es konnten auch hier 10 Hufe (8,5%) zu dem Schweregrad 0 zusammengefasst werden. Bei einem Huf, der keine Rotation des Hufbeins zeigte, konnte eine Faltenbildung der Kronhornröhrchen festgestellt werden, während 9 Hufe (90%) die keine palmare/plantare Hufbeinrotation zeigten, auch keine Fältelung der Hornröhrchen aufwiesen. Von den 45 Hufen (38,5%), die in Grad 1 zusammengefasst wurden, zeigten 41 Hufe (91,1%) bei einer Hufbeinrotation zwischen 2° - 8° keine Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Seitenwandbereich, während bei dieser geringgradigen Hufbeinrotation 4 Hufe (8,9%) eine Änderung im Verlauf der Hornröhrchen aufweisen konnten. 34 Hufe (29%) wurden dem Schweregrad 2 zugeordnet. Bei einer mittelgradigen Hufbeinrotation von 9° - 20° konnte bei 12 Hufen (35,3%) eine Richtungsänderung der Hornröhrchen diagnostiziert werden.

22 Hufe (64,7%) hingegen zeigten bei diesem Rotationsgrad einen physiologischen Hornverlauf. Bei 14 Hufen (12%) lag eine hochgradige Hufbeinrotation vor. Bei 3 Hufen (21,4%) konnte bei einer Hufbeinrotation von mehr als 20° eine Faltenbildung des Röhrchenhorns im Bereich der seitlichen Hufwand nachgewiesen werden, während 11 Hufe (78,6%) bei diesem Rotationsgrad diese Erscheinung nicht zeigten. Es konnte ebenfalls ein Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Faltenbildung in der seitlichen Hufwand bestätigt werden. Auch hier kann man bei einem Rotationswinkel von mindestens 8° von einem gehäuften Auftreten (75%) dieser Richtungsänderung ausgehen. Ursachen für das Auftreten einer solchen Richtungsänderung der Hornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand sind wahrscheinlich dieselben wie bei der Faltenbildung der Hornröhrchen in der Dorsalwand des Hufes.

Tendenziell scheint allerdings die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser Faltenbildung bei einer mittelgradigen Hufbeinrotation (9° - 20°) am größten zu sein, während bei einer hochgradigen Hufbeinrotation ($>20^{\circ}$) diese Erscheinung wieder weniger auftritt. Noch geringer ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser Fältelung bei nur geringer Hufbeinrotation (2° - 8°).

Möglicherweise ist dies abhängig von der Ausdehnung der Schädigung des Hufbeinträgers. Bei einer geringgradigen Hufrehe ist der Hufbeinträger eventuell nur an der dorsalen Hufwand stark geschädigt, während die Seitenwände möglicherweise noch funktionstüchtig sind. Somit tritt die Richtungsänderung im Seitenteil des Hufes eventuell nur bei starker Schädigung des Hufbeinträgers auf. Warum die Richtungsänderung der Hornröhrchen in der Seitenwand bei einer hochgradigen Hufbeinrotation wieder weniger häufig auftritt, sollte in Folgestudien überprüft werden. Eventuell ist dies durch eine vermehrte Belastung anderer Regionen im Huf bedingt. Auch könnten Achsenfehlstellungen oder unregelmäßige Hufformen eine Rolle spielen. Weitere Untersuchungen sollten sich dieser Fragestellung widmen.

5.6. Seitenrotation und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns

5.6.1 Bereich der dorsalen Hufwand

Im Rahmen dieser Untersuchung konnte ein Zusammenhang zwischen dem Grad der seitlichen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Änderung im Verlauf der Hornröhrchen im Bereich der dorsalen Hufwand festgestellt werden. So konnte bei 47 Hufen (40,2%) eine seitliche Hufbeinrotation nicht festgestellt werden. Bei 22 dieser 47 Hufe (46,8%) konnte eine Faltenbildung der Hornröhrchen beobachtet werden, obwohl keine Seitenrotation vorlag.

25 Hufe (53,2%) hingegen zeigten weder eine Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Bereich der dorsalen Hufwand, noch eine seitliche Hufbeinrotation. 68 Hufe (58,1%) zeigten eine geringgradige seitliche Hufbeinrotation von 2°-8°. 24 Hufe (35,3%) davon zeigten eine Faltenbildung des Röhrchenhorns im dorsalen Wandbereich. Bei 44 Hufen dieser Gruppe dagegen (64,7%) konnte keine Richtungsänderung diagnostiziert werden. Lediglich 2 Hufe zeigten eine mittelgradige seitliche Hufbeinrotation, bei denen jeweils auch eine Fältelung der Hornröhrchen nachgewiesen werden konnte. Eine hochgradige seitliche Hufbeinrotation trat bei keinem Huf auf.

Tendenziell scheint ein kleinerer Rotationswinkel der seitlichen Hufbeinrotation eine höhere Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Bereich der dorsalen Hufwand zu bedingen, obwohl die beiden Hufe, die Grad 2 entsprachen, eine Faltenbildung zeigten. Dieser Sachverhalt sollte in einer Folgestudie überprüft werden.

Ein Grenzwert, ab dem ein Auftreten einer Richtungsänderung der Hornröhrchen im dorsalen Wandbereich des Hufes mit größerer Wahrscheinlichkeit zu erwarten wäre, konnte nicht ermittelt werden.

Es bleibt allerdings zu beachten, dass nicht sicher geklärt ist, ob die seitliche Hufbeinrotation tatsächlich ein Zeichen chronischer Hufrehe ist, oder auch durch andere Ursachen (Achsenfehlstellungen, unregelmäßige Hufformen) bedingt sein kann.

5.6.2 Bereich der seitlichen Hufwand

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen konnte ein Zusammenhang zwischen der seitlichen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Änderung der Verlaufsrichtung der Kronhornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand ermittelt werden. Bei 47 Hufen (40,2%) konnte keine seitliche Hufbeinrotation nachgewiesen werden. Von diesen 47 Hufen konnte allerdings bei 12 Hufen (25,5%) eine Faltenbildung der Kronhornröhrchen im Seitenwandbereich festgestellt werden. Die restlichen 35 Hufe (74,5%) zeigten keine Richtungsänderung des Röhrchenhorns.

Bei 68 Hufen (58,1%) konnte eine geringgradige seitliche Hufbeinrotation diagnostiziert werden. Von diesen Hufen zeigten wiederum nur 8 (11,8%) eine Änderung der Verlaufsrichtung des Röhrchenhorns im Bereich der seitlichen Hufwand. 60 Hufe hingegen (88,2%) zeigten keine Faltenbildung des Horns. Eine mittelgradige seitliche Hufbeinrotation konnte nur bei 2 Hufen (1,7%) beobachtet werden, die beide keine Faltenbildung aufwiesen. Eine laterale/mediale Hufbeinrotation von mehr als 20° konnte bei keinem Huf gemessen werden.

Es scheint, je kleiner der Rotationswinkel der lateralen/medialen Hufbeinrotation ist, umso wahrscheinlicher ist das Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand. Ein Grenzwert, ab dem das Auftreten einer solchen Erscheinung zu erwarten gewesen wäre, konnte auch hier nicht ermittelt werden. So zeigten ausschließlich die Hufe eine Faltenbildung der Hornröhrchen im Seitenwandbereich, die maximal eine geringgradige Hufbeinrotation bis 8° zeigten. Es bleibt allerdings zu beachten, dass nicht sicher geklärt ist, ob die seitliche Hufbeinrotation tatsächlich ein Zeichen chronischer Hufrehe ist, oder auch durch andere Ursachen bedingt sein kann.

5.7. Hufbeinsenkung und Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns

Im Rahmen dieser Untersuchung sollte weiterhin geprüft werden, ob es einen Zusammenhang zwischen einer Hufbeinsenkung und dem Auftreten einer Änderung im Verlauf des Röhrenhorns gibt. Dabei bleibt zu beachten, dass ausschließlich Hufe, die nur eine Hufbeinsenkung zeigten, in dieser Gruppe zusammengefasst wurden. Hufe, bei denen sowohl eine Hufbeinrotation als auch eine Hufbeinsenkung auftrat, wurden ausschließlich als rotiert angesehen. Somit sollte eine übersichtlichere Darstellung und Einteilung ermöglicht werden. In dieser Arbeit konnte ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhren und einer Hufbeinsenkung nicht hergestellt werden. Es kam kein Huf vor, an dem eine Senkung des Hufbeins und eine Faltenbildung des Röhrenhorns im Bereich der Dorsalwand des Hufes gleichzeitig auftraten. Auch im Bereich der seitlichen Hufwand konnte bei einer Hufbeinsenkung keine Richtungsänderung des Horns festgestellt werden.

Eventuell tritt diese Erscheinung ausschließlich bei einer Hufbeinrotation und nicht bei einer Hufbeinsenkung auf. Möglicherweise ist bei einer Hufbeinsenkung der Zug des Hufbeins auf die dorsale Kronlederhaut und den Kronwulst nicht so stark ausgeprägt wie bei einer Hufbeinrotation. Deshalb werden eventuell die Kronhornpapillen nicht so stark wellig verbogen, dass daraus die Faltenbildung der Hornröhren resultiert. Allerdings standen in dieser Studie nur 14 Hufe (12%), die ausschließlich eine Hufbeinsenkung hatten zur Untersuchung zur Verfügung. Dieser Trend sollte in einer Folgestudie mit einer größeren Anzahl an Hufen mit einer Hufbeinsenkung wiederholt untersucht werden.

5.8. Hornwachstum bei chronischer Hufrehe

Im Rahmen dieser Arbeit sollte eine Aussage über das Hornwachstum bei der chronischen Hufrehe getroffen werden. Zusammenfassend kann man das Hornwachstum bei Pferden, die an chronischer Hufrehe erkrankt sind folgendermaßen beschreiben: Es ist eine erhebliche Abweichung im äußerlich sichtbaren Längenwachstum des Hufhorns im Vergleich zu einem gesunden Huf festzustellen. In einem gesunden Pferdehuf beträgt das Verhältnis der dorsalen Hufwand zu den Trachten am Vorderhuf 3:1 und am Hinterhuf 2:1 (Wissdorf et al., 2002).

Das bedeutet, dass das Hornwachstum bei einem an Hufrehe erkrankten Huf nicht mit dem eines gesunden Hufes zu vergleichen ist. Bei einem hufrehekranken Huf ist das sichtbare Längenwachstum der Trachten stärker als das Längenwachstum der dorsalen Hufwand (Pollitt, 1999; Castelijns, 2003).

Dies scheint auf die Durchblutungsverhältnisse während der Hufrehe zurückzuführen zu sein. Im Rahmen des Hufrehegeschehens kommt es zu einer Veränderung der Durchblutung des Hufes. In einem Rehehuf wird das Kronsegment in den vorderen Bereichen des Hufes kaum durchblutet, während der Trachtenbereich von der Minderdurchblutung weitestgehend verschont bleibt (Hertsch und Madeiczky, 1993).

Somit ist das sichtbare Längenwachstum des Hufhorns im Trachtenbereich kaum eingeschränkt, während es im Kronbereich und folglich in der dorsalen Hufwand stark beeinträchtigt wird (Goetz, 1989; Hertsch und Madeiczky, 1993; Budras und Huskamp, 1999). Im Bereich der dorsalen Hufwand ist im Rahmen einer Hufrehe eine erhebliche Minderdurchblutung nachweisbar ist (Hertsch und Madeiczky, 1993). Dagegen scheinen die Trachten nicht beeinträchtigt zu sein (Höppner, 2003). Die hinteren Abschnitte des Hufes sind nicht in den Entzündungsprozess einbezogen und werden zum Tragen des Körpergewichtes herangezogen. Deshalb sind sie auch vermehrt durchblutet. Durch eine erhöhte Durchblutung ist eine erhöhte Hornbildungsrate nachgewiesen (Pütz, 2006).

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass das sichtbare und messbare Längenwachstum der Hufwand, welches durch das Verhältnis der Vorderwand des Hufes zu den Trachten widerspiegelt wird, bei einem Rehehuf mit dem Grad der Hufbeinrotation korreliert. Je größer der Winkel der palmaren/plantaren Hufbeinrotation, umso größer ist das Verhältnis der gemessenen Strecken zueinander. Das heißt, dass die Trachten im Vergleich zur Dorsalwand relativ länger wachsen, je größer der Rotationswinkel des Hufbeins ist. Im Umkehrschluss hieße das, je größer der Rotationswinkel des Hufbeins ist, umso mehr ist das sichtbare Längenwachstum der dorsalen Hufwand gestört. Das Hornwachstum bei einem an chronischer Hufrehe erkrankten Huf ist also verändert, aber nicht vermindert. Durch die Hufrehe kommt es zu einer Minderdurchblutung im Kronsegment im Bereich der dorsalen Hufwand, während dies im Trachtenbereich nicht der Fall ist. Gleichzeitig kommt es zu einem Funktionsverlust des Hufbeinträgers.

Durch das Körpergewicht des Pferdes und den Zug der tiefen Beugesehne als Gegenspieler des Hufbeinträgers kommt stufenweise zum Einsinken des Hufbeins in die Hornkapsel.

Dadurch kommt es zum welligen Verbiegen der Hornpapillen im Kronsegment. Das folglich produzierte Horn verläuft nicht mehr gestreckt vom Kronsaum zum Tragrand hinunter, sondern in Falten. Diese Falten sind in ihrer tatsächlichen Länge anscheinend genauso lang wie die Hornröhrchen im Bereich der Trachten, wo diese Faltenbildung nicht auftritt. An einem chronischen Rehehuf sieht man von außen betrachtet, dass die Trachten scheinbar mehr wachsen, als der Bereich der dorsalen Hufwand. Dies wurde im Rahmen dieser Arbeit durch die Messung der Strecken A und B bestätigt. Nur an den sagittal geschnittenen Hufen konnte eine mögliche Ursache für dieses Phänomen beobachtet werden.

Die Hornröhrchen im Kronsegment wachsen ab einem Rotationswinkel des Hufbeins von mehr als 8° wellig verbogen, sodass diese annähernd die gleiche Länge erreichen, wie die Hornröhrchen im Bereich der Trachten. Durch diese Faltenbildung erlangen die Hornröhrchen im Bereich der dorsalen Hufwand aber nicht dieselbe äußerlich sichtbare Länge wie im Trachtenbereich. Dies konnte anhand der eigenen Untersuchungen bestätigt werden. In dieser Arbeit wurde das Längenverhältnis der Trachten zur Dorsalwand mit rund 1,8:1 bestimmt. Es weicht erheblich von den Standardwerten (Wissdorf et al., 2002) ab. In dieser Studie konnte auch ein Zusammenhang mit dem Schweregrad der Hufbeinrotation festgestellt werden. So konnte bei Hufen mit einem größeren palmaren/plantaren Rotationswinkel eine deutliche Erhöhung dieses Verhältnisses gemessen werden.

Ein Zusammenhang zwischen der medialen/lateralen Hufbeinrotation und dem Längenwachstum des Hufes bei einer chronischen Hufrehe konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht hergestellt werden. Aufgrund der geringen Anzahl an Hufen mit einer alleinigen Hufbeinsenkung ist im Rahmen dieser Untersuchung keine Aussage zum Hornwachstum bei einer Hufbeinsenkung zu treffen.

Von den 14 untersuchten Hufen mit einer Senkung des Hufbeins zeigten wiederum nur 6 Hufe Reheringe an ihrer Hornkapsel. Es konnten deshalb nur bei 6 Hufen die Strecken A und B und deren Quotient C bestimmt werden. Bei diesen 6 Hufen lag das Verhältnis der Trachten zur Dorsalwand zwischen 1,11 und 1,57. Es ist kleiner als bei den Hufen mit einer Hufbeinrotation. Die geringe Anzahl lässt allerdings keine eindeutige Aussage zu. Möglicherweise ist das Hornwachstum bei einer Hufbeinsenkung nicht so stark beeinträchtigt, wie bei einer Hufbeinrotation, weil die Hufbeinverlagerung in der Hornkapsel eventuell nicht so massiv ist, wie bei einer Hufbeinrotation und deshalb die Durchblutung der Huflederhaut nicht so stark beeinträchtigt wird.

Durch das veränderte Hornwachstum an einem chronischen Rehehuf bildet sich wahrscheinlich auch ein so genannter Knollhuf.

Weiterhin kommt es zur Ausbildung von Reheringen, die ebenfalls aufgrund des unterschiedlich starken Hornwachstums entstehen. Sie liegen an der vorderen Hufwand eng zusammen, während sie zu den Trachten hin divergieren. Durch die Hufrehe kommt es zu einer Schädigung des Hufbeinträgers bis hin zu seiner völligen Zerstörung. Das Hufbein sinkt in die Hornkapsel. Der durch den Druck des Körpergewichtes auf das Hufbein entstehende Zug an der dorsalen Kronlederhaut führt dazu, dass sich der Kronwulst bei der Hufrehe abflacht und die Kronpapillen wellig verbogen werden (Budras und Huskamp, 1999; Ossent und Geyer, 2006).

Als Folge davon ist im Röhrenchorn der dorsalen Hufwand und der Seitenwand des Hufes eine Richtungsänderung im Verlauf zu sehen (Eustace, 1992; Pollitt, 1999; Ossent und Geyer, 2006). Das Auftreten dieser Richtungsänderung ist proportional zum Rotationsgrad des Hufbeins (Goetz, 1989).

Je stärker das Hufbein palmar/plantar rotiert ist, umso wahrscheinlicher ist das Vorkommen dieser Faltenbildung des Röhrenchorns. Ab einem Rotationswinkel von 8° konnte im Rahmen dieser Untersuchung bei 75% aller Hufe eine solche Richtungsänderung festgestellt werden. Durch diese Faltenbildung ist das äußerlich sichtbare Längenwachstum an den vorderen Bereichen des Hufes beeinträchtigt. Dies ist möglicherweise eine Erklärung für das verminderte äußerlich erkennbare Längenwachstum der dorsalen Hufwand im Vergleich zum Trachtenbereich. Wenn das Röhrenchorn nicht in Falten, sondern gestreckt proximodistal verlaufen würde, wären die gleichen Wachstumsstrecken zu vermuten. Dies könnte man überprüfen, indem man die Länge der Hornröhren, die in Falten liegt, mit derselben Strecke an den Trachten vergleichen würde.

Somit wäre das Hornwachstum an der Dorsalwand nicht quantitativ sondern nur qualitativ vermindert. Die Hornbildungsrate wäre dieselbe. Da das Horn aber in Falten wächst und nicht gestreckt proximodistal verläuft, ist das sichtbare Längenwachstum des Hufhorns an der dorsalen Hufwand im Vergleich zu den Trachten reduziert. Leider standen während dieser Studie die entsprechenden Instrumente für die Messung der Faltenlänge der Hornröhren nicht zur Verfügung, sodass eine Folgestudie, die dies ermöglichen würde, sinnvoll wäre.

5.9. Schlussfolgerung aus den Ergebnissen

Diese Studie hat ergeben, dass sich in einem chronischen Rehehuf eine erhebliche Abweichung von dem normalen Hornwachstum zeigt. Anscheinend wachsen die Trachten schneller, während die vorderen Bereiche des Hufes scheinbar nur ein geringes äußerlich sichtbares Längenwachstum zeigen (Neubert, 2007). Weiterhin ist eine Richtungsänderung der Kronhornröhrchen nachweisbar. Beide Phänomene korrelieren mit dem Winkel der palmaren/plantaren Hufbeinrotation. Je größer dieser Winkel ist, umso größer ist das Verhältnis der Trachten zur Vorderwand und umso häufiger treten diese Richtungsänderungen der Hornröhrchen auf. Als Folge von diesen beiden Erscheinungen ist das Hornwachstum der vorderen Hufwand stark beeinträchtigt.

Das äußerlich erkennbare Längenwachstum der Hornröhrchen der Dorsalwand des Hufes ist aber nur scheinbar reduziert. Wenn die Hornröhrchen gerade und gestreckt proximodistal verlaufen würden, und nicht in Falten, wie sie bei dieser Richtungsänderung entstehen, könnten sie möglicherweise die gleiche Länge erreichen, wie die Hornröhrchen im Trachtenbereich, wo eine solche Faltenbildung nicht auftritt.

Dies würde erklären, weshalb das sichtbare Längenwachstum an den Trachten deutlich größer ist, als im Bereich der dorsalen Hufwand, wo die Faltenbildung bei einer mittelgradigen Hufrehe sehr wahrscheinlich auftritt. Das Röhrchenhorn im Bereich der dorsalen Hufwand wächst wahrscheinlich genauso viel wie im Trachtensegment. Der entscheidende Unterschied zwischen diesen beiden Regionen am Huf ist die Faltenbildung. Die quantitative Hornproduktion ist im dorsalen Hufwandbereich wahrscheinlich genauso groß wie im Trachtenbereich, nur dass dort das Horn nicht gestreckt distal, sondern in Falten verläuft und somit nicht entscheidend an Länge zunimmt, die man an der Außenseite des Hufes sehen könnte.

Ein Ansatz wäre, die Länge der einzelnen Falten zu messen und diese mit der entsprechenden Länge der Hornröhrchen im Trachtenbereich zu vergleichen. Möglicherweise wären die beiden Messstrecken gleich lang. Diese Vermutung würde dafür sprechen, dass das Hornwachstum bei einem chronischen Rehehuf nicht reduziert, sondern nur verändert ist. Die Hornbildungsrate wäre an der dorsalen Hufwand und im Trachtenbereich gleich hoch. Allerdings ist das äußerlich erkennbare Längenwachstum des Hufhorns an der dorsalen Hufwand durch die Faltenbildung der Hornröhrchen bei einer mittelgradigen Hufbeinrotation reduziert. Die entsprechenden Messmethoden standen während dieser Studie nicht zur Verfügung.

Aus diesem Grund erscheint eine Folgestudie sinnvoll. Inwieweit die seitliche Hufbeinrotation das Hornwachstum beeinträchtigt, sollte ebenfalls in Folgestudien ermittelt werden.

Der Knollhuf ist das Produkt einer solchen Änderung im Hornwachstum bei der chronischen Hufrehe. Folglich sollten in der Therapie der Hufrehe diese Phänomene berücksichtigt werden. Da an der dorsalen Hufwand ein geringeres äußerlich sichtbares Längenwachstum des Horns stattfindet, weil das gebildete Horn nicht gestreckt distal verläuft, kann dieser Bereich des Hufes seine Aufgabe nicht umfassend erfüllen. Weiterhin bildet das Pferd kein physiologisches Horn im Wandbereich des Hufes, sondern so genanntes Narbenhorn. Dieses Horn ist sehr labil und wenig widerstandsfähig, sodass aufsteigende Infektionen häufige Komplikationen bei chronischen Hufrehe-Patienten sind. Andererseits wird das Wachstum von physiologischem Horn an der dorsalen Hufwand so lange gestört, solange Narbenhorn vorhanden ist. Daher wird die Herstellung der Parallelität zwischen Hufbein und Hornkapsel angestrebt (Bolz, 1939).

Ein möglicher Ansatz unter diesen Gesichtspunkten ist daher die Resektion der dorsalen Hufwand (Moyer und Redden, 1989; Peremans et al., 1991; Neubert, 2007). Dabei wird das nekrotische Horn abgetragen, ein möglicherweise vorhandener Narbenkeil entfernt und somit ein erneutes Hornwachstum ohne Behinderung ermöglicht. Andere Autoren bevorzugen nur eine teilweise Resektion der Hufwand (Moyer und Redden, 1989). Eustace und Caldwell hingegen befürworten die Resektion der dorsalen Hufwand in Ergänzung zu einem Beschlag mit einem Heart-bar-shoe, dem Herz-Eisen (Eustace und Caldwell, 1989 a; Eustace und Caldwell, 1989 b). Nachteile der Hufwandresektion sind eine erhöhte Infektionsgefahr der Huflederhaut. Es ist ein Vorfall der Huflederhaut als mögliche Komplikation in Betracht zu ziehen. Weiterhin kann es auch zur Bildung von überschießendem Narbengewebe kommen (Peremans et al., 1991). Eine weitere Komplikation der Hufwandresektion ist die Austrocknung der Hornsubstanz.

Aus diesen Gründen raten verschiedene Autoren dazu, die Hufe nach einer Wandresektion unter Verbänden zu belassen und bei Bedarf eine antimikrobielle Therapie einzuleiten (Eustace und Caldwell, 1989 a; Eustace und Caldwell, 1989 b; Moyer und Redden, 1989; Peremans et al., 1991).

Ein Vorfall der Huflederhaut wird laut Moyer und Redden (Moyer und Redden, 1989) verhindert, wenn die Hufwand nicht komplett, sondern nur partiell reseziert wird. Außerdem kann die dorsale Hufwand an Stabilität verlieren und auseinander gleiten.

Um dies zu verhindern, rät Hertsch (Hertsch, 2008) dazu, einen Steg des Tragrandes bestehen zu lassen, um ein Auseinanderbrechen der vorderen Hufwand zu verhindern. Eine Resektion der dorsalen Hufwand ist somit von Fall zu Fall abzuwägen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde lediglich das Hornwachstum bei Pferden, die an einer chronischen Hufrehe erkrankt waren untersucht. Mögliche Therapieeffekte konnten nicht ermittelt werden. Nach den Ergebnissen scheint bei Hufrehe mit einer mindestens mittelgradigen Hufbeinrotation (8°) eine Resektion der Hufwand eine sinnvolle Therapie zu sein.

Eine Aussage über den Erfolg dieser Therapie kann durch eigene Untersuchungen nicht getroffen werden, weil keine Verlaufsuntersuchung der Tiere möglich war und kein Pferd eine Resektion der dorsalen Hufwand im Rahmen dieser Studie zeigte. Falls keine Wandresektion durchgeführt wurde, ist es nach dem Abklingen der klinischen Symptome möglich die Form der Hufwand zu korrigieren, indem man sowohl die dorsale Wand als auch die Eckstreben kürzt (Yelle, 1986; Höppner, 2006). Für alle Korrekturen der Hufe ist eine aktuelle Röntgenaufnahme unabdingbar.

6 Zusammenfassung

Eine Studie über das Hornwachstum bei an chronischer Hufrehe erkrankten Pferden

In der vorliegenden Arbeit wurde das Hornwachstum bei 117 an chronischer Hufrehe erkrankten Pferdehufen beurteilt. Untersucht wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen einer Lageveränderung des Hufbeins (Hufbeinrotation oder Senkung) und dem Auftreten von Veränderungen im Hornwachstum im Bereich der dorsalen und der seitlichen Hufwand.

Es erfolgte eine Beurteilung der angefertigten Röntgenaufnahmen nach dem Winkel der palmaren/plantaren und der medialen/lateralen Hufbeinrotation sowie einer Hufbeinsenkung. Die Mehrzahl der Hufe zeigte eine Hufbeinrotation, während eine Senkung des Hufbeins nur in geringer Zahl auftrat.

Es konnte ein Zusammenhang zwischen dem Grad der palmaren/plantaren Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Störung des Hornwachstums festgestellt werden. Weiterhin konnte ein Rotationswinkel von 8° als Grenzwert bestimmt werden, bei dem mit dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrenhorns sowohl im Bereich der dorsalen als auch im seitlichen Bereich der Hufwand zu rechnen ist. In dieser Studie zeigten 75% aller Hufe, bei denen ein Rotationswinkel von mindestens 8° gemessen wurde, eine Faltenbildung der Kronhornröhren im Wandsegment.

Weiterhin konnte eine Korrelation zwischen dem palmaren/plantaren Rotationswinkel des Hufbeins und dem äußerlich sichtbaren Längenwachstum des Hufes festgestellt werden. Je größer der Winkel der Hufbeinrotation, umso größer ist das Verhältnis der äußerlich erkennbaren Länge der Trachten zur äußerlich erkennbaren Länge der Dorsalwand. Somit ist bei einem großen Rotationswinkel des Hufbeins auch mit einer stärkeren Beeinflussung des Hornwachstums der dorsalen Hufwand zu rechnen, während das Hornwachstum im Trachtenbereich unbeeinträchtigt zu sein scheint. Es konnte keine Korrelation zwischen der seitlichen Hufbeinrotation und dem sichtbaren Längenwachstum der Hufe hergestellt werden.

Möglicherweise stellt die Richtungsänderung der Kronhornröhrchen eine Ursache für das verminderte äußerlich sichtbare Längenwachstum eines chronischen Rehehufes dar. Scheinbar ist die Hornbildungsrate an der dorsalen Hufwand und an den Trachten gleich groß. Die Hornröhrchen liegen an der Dorsalwand bei einer mittelgradigen Hufrehe in Falten, was sich in einem verminderten äußerlich erkennbaren Längenwachstum äußert.

Die Menge des produzierten Horns und auch die tatsächliche Länge der Hornröhrchen scheinen sowohl im Trachtenbereich, als auch im Bereich der Dorsalwand gleich groß zu sein. Nur die Faltenbildung der Hornröhrchen reduziert das äußerlich sichtbare und messbare Längenwachstum im Bereich der dorsalen Hufwand.

Eine Faltenbildung der Hornröhrchen an den Trachten konnte nicht festgestellt werden. Das Röhrchenhorn verläuft hier gestreckt proximodistal. Dieser Unterschied zur Dorsalwand des Hufes könnte eine Ursache für ein scheinbar schnelleres Hornwachstum im Trachtenbereich sein.

Ein Zusammenhang zwischen dem Grad der seitlichen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Veränderung im Hornwachstum konnte ebenfalls ermittelt werden. So wurde bei einem geringeren Rotationswinkel eine Faltenbildung der Hornröhrchen im Bereich der dorsalen und der seitlichen Hufwand beobachtet. Grenzwerte für beides konnten in dieser Studie nicht bestimmt werden. Allerdings bleibt zu beachten, dass nicht sicher ist, ob eine seitliche Hufbeinrotation ausschließlich im Rahmen einer Hufreheerkrankung auftreten kann.

7 Summary

Study about the horn growth on chronic laminitic horses

In the presented study the horn growth on 117 chronic laminitis hooves was assessed. The intention was to figure out a correlation between rotation and/or sinking of the pedal bone and changes of hoof growth on the dorsal and sidewise hoof wall.

A determination of the rotating angle to palmar/plantar and medial/lateral and a sinking of P3 was effected on x-rays. Most of the examined hooves showed a rotation of the pedal bone, a sinking of P3 however only occurred rarely.

A significant correlation between appearance of interrupted horn growth and the angle of rotation of P3 could be observed. At first an angle of rotation about 8° could be figured out to predict a compression of horn substance on dorsal and sidewise hoof wall. More than 75% of the examined hooves with a rotation angle of at least 8° showed such a compression.

Further on, it was possible to highlight a correlation between the rotation angle of P3 and the length growth of the hoof. The bigger the angle of palmar/plantar rotation was, the bigger was the relation between the lengths of the palmar/plantar aspect of the hoof to the dorsal aspect. A greater angle could lead to a bigger interruption of the dorsal horn growth; meanwhile the palmar/plantar horn growth seemed to be independent. A correlation between a medial/lateral rotation of the pedal bone and the length of the horn could not be observed.

On the other hand a significant correlation of medial/lateral rotation and interruption of horn growth could be figured out. A smaller angle of medial/lateral rotation was related with a bigger compression of horn substance on dorsal and sidewise hoof wall. Limit values as shown for palmar/plantar rotation could not be named. Admittedly it has to be said, that the appearance of medial/lateral rotation could not be assured as a consequence of laminitis. Other effects like abnormal hoof bearing can lead to similar x-ray findings.

Because of the small number of hooves with a sinking of P3, it was impossible to find any evidence to changes of horn growth in these cases.

8 Literaturverzeichnis

Allen, D.J.; N.A. White; J.F. Foerner; B.J. Gordon (1986):
Surgical management of chronic laminitis in horses: 13 cases (1983-1985).
J Am Vet Med Assoc. **189**. S. 1604-1606.

Allmers, E.; S. Becker; F. Wiemer (2006):
Durchführung und Beurteilung der röntgenologischen Untersuchung bei chronischer Hufrehe.
Der Praktische Tierarzt **87** (4). S. 283-289.

Back, W. (2008). Laminitis: if bute still is the answer, what is then the question?
Internationales Hufrehesymposium. Berlin.

Bailey, S.R. (2004):
The pathogenesis of acute laminitis: fitting more pieces into the puzzle.
Equine Vet J **36** (3). S. 199-203.

Bailey, S.R.; J. Elliott (2007):
The corticosteroid laminitis story: 2. Science of if, when and how.
Equine Vet J **39**. S. 7-11.

Bathe, A.P. (2007):
The corticosteroid laminitis story: 3. The clinician`s viewpoint.
Equine Vet J **39**. S. 12-30.

Baxter, G.M. (1992):
Equine laminitis.
Equine Practice **14**. S. 13-22.

Baxter, G.M. (1994):
Acute laminitis.
Vet. Clin. North Am. Equine Pract. **10**. S. 627-640.

Baxter, G.M.; J.N. Moore (1987):
Effect of aspirin on ex vivo generation of thromboxane in healthy horse.
Am. J. Vet. Res. **50**. S. 13-16.

Becker, C. (1998):
Untersuchungen zum Hornwachstum: Vergleichende Studie bei der Anwendung von
äußerlich und oral anzuwendenden Mitteln.
Freie Universität Berlin.

Belknap, J.K.; S. Giguere; A. Pettigrew; A.M. Cochran; A.W.v. Eps; C.C. Pollitt (2007):
Lamellar pro-inflammatory cytokine expression patterns in laminitis at the developmental
stage and at the onset of lameness: innate vs. adaptive immune response.
Equine Vet. J. **39**. S. 42-47.

- Belknap, J.K.; J.N. Moore (1989):
Evaluation of heparin for prophylaxis of equine laminitis: 71 cases (1980-1986).
J. Am. Vet. Med. Assoc. **195**. S. 505-507.
- Bingold, C.A. (2007). Hufrehe. Equivet-Info. Großostheim.
- Bolz, W. (1939):
Behandlung der chronischen Hufrehe.
Tierärztl. Rdsch. **45**. S. 651-656.
- Brunken, G. (1985):
Die prognostische Bedeutung der röntgenologischen Untersuchung bei der chronischen Hufrehe des Pferdes.
Tierärztliche Hochschule.
- Buda, S.; R. Hirschberg (2005):
Die Bedeutung der Blut- und Nervenversorgung für die Pathogenese und Therapie der Hufrehe.
Pferdeheilkunde **21**. S. 349-350.
- Budras, K.-D.; H. Bragulla; C. Mülling; S. Reese (1995):
Zur Struktur des gesunden und Rehe-kranken Pferdehufes.
In: Orthopädie bei Huf- und Klautieren. / P. F. Knezevic (Hrsg.).
New York: Verlag Schattauer Stuttgart. S. 237-251.
- Budras, K.-D.; S. Buda; R. Hirschberg; C. Mülling; C. Nöller; H.E. König; P. Schnitker; A.-K. Frohnes (2005):
Hufrehe - ein aktueller Überblick.
Pferdespiegel **3**. S. 126-132.
- Budras, K.-D.; B. Huskamp (1995):
Die Hornqualität des Pferdehufes und deren Verbesserung nach einer orthopadischen Behandlung der Hufrehe.
In: Orthopädie der Huf- und Klautiere. / P. F. Knezevic (Hrsg.).
New York: Schattauer Verlag Stuttgart. - S. 252-268.
- Budras, K.-D.; B. Huskamp (1999):
Belastungshufrehe- vergleichende Betrachtungen zu anderen systemischen Hufreheerkrankungen.
Pferdeheilkunde **15** (2). S. 89-110.
- Budras, K.-D.; H. König (2005):
Pathogenese und Ätiologie der Hufrehe.
Pferdeheilkunde **21** (21). S. 344-345.
- Budras, K.-D.; H.E. König (1999):
Huf (Ungula) des Pferdes.
In: Anatomie der Haussäugetiere- Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. / H. E. König and H. G. Liebich (Hrsg.).
Stuttgart: Schattauer Verlag. - S. 365- 376.

- Budras, K.-D.; C. Nöller; P. Schnitker (2005):
Phylogense, Struktur und Erkrankung des Hufbeinträgers.
Pferdeheilkunde **21**. S. 348-349.
- Budras, K.-D.; B. Patan (2003):
Segmentspezifitäten am Pferdehuf- Teil 1: Struktur- und Funktionsvarianten.
Pferdeheilkunde **19** (1). S. 58-64.
- Budras, K.-D.; S. Röck (1997):
Atlas der Anatomie des Pferdes- Lehrbuch für Tierärzte und Studierende -3Hannover:
Schlüterscher Verlag.
- Butler, K.D.; H.F. Hinzt (1977):
Effect of level of feeding intake and gelatin supplementation on groth and quality of hooves
of ponies.
J. Anim. Sci. **44**. S. 257-261.
- Caldwell, M. (2002):
Der Beschlag des chronischen Rehehufes.
Der Huf **97**. S. 8-27.
- Castelijns, H. (2003):
Hufbehandlung bei akuter und chronischer Hufrehe.
Der Huf **100**. S. 8-20.
- Coffmann, J.R. (1983):
Hufrehe beim Pferd.
In: Orthopädie bei Huf- und Klautieren. / P. F. Knezevic (Hrsg.).
Hannover: Verlag Schlütersche. - S. 72-79.
- Cohen, N.D.; E.M. Parson; T.L. Seahorn; G.K. Carter (1994):
Prevalence and factors associated with development of laminitis in horses with duodenitis/
proximal jejunitis: 33 cases (1985-1991).
J. Am. Vet. Med. Assoc. **204**. S. 250-254.
- Cornelisse, C.J. (2005):
Dexamethasone: The treatment of heaves and the risk of laminitis.
Michigan State University.
- Craig, M. (2007):
5 Jahre Betreuung eines Falles von chronischer Hufrehe.
Der Huf **126**. S. 16-20.
- Cripps, P.J.; R.A. Eustace (1999):
Factors involved in the prognosis of equine laminitis in the UK.
Equine Vet J **31**. S. 433- 442.
- Cripps, P.J.; R.A. Eustace (1999):
Radiological measurement from the feed of normal horses with relevance to laminitis.
Equine Vet J **31**. S. 427-432.

D'Arpe, L.; X. Moreau; L.M. Coppola; D. Bernardini; S. Masierot (2008). Equine digital venogram in relation to the biomechanics of the foot. Internationales Hufrehesymposium. Berlin.

Dietz, O.; K.-D. Budras (2000):
Zur Problematik der Hufrehe mit einem Vergleich zwischen Flach-, Voll- und Rehehuf.
Praktischer Tierarzt **82** (9). S. 714-720.

Eastman, T.G.; C.M. Honnas; B.A. Hague; W. Moyer; H.D. von der Rosen (1999):
Deep digital flexor tenotomy as a treatment for chronic laminitis in horses: 35 cases (1988-1997).
J Am Vet Med Assoc. **214**. S. 517-519.

Eustace, R.A. (1992):
Explaining laminitis and its prevention.
Wildomar: Veterinary Data, P. O. Box 1209.

Eustace, R.A. (2008). Partial separation of the hoof at the coronary band following acute founder- a review of twenty three cases.
Internationales Hufrehesymposium. Berlin.

Eustace, R.A.; M.N. Caldwell (1989 a):
The construction of the heart bar shoe and the technique of dorsal wall resection.
Equine Vet J **21**. S. 367-369.

Eustace, R.A.; M.N. Caldwell (1989 b):
Treatment of solar prolapse using the heart bar shoe and dorsal hoof wall resection technique.
Equine Vet J **21**. S. 370- 372.

Faisst, C. (2006):
Chronische Hufrehe- orthopädische Behandlung und Heilungschancen.
Pferdespiegel **3**. S. 126-132.

Fischer (1941):
Die günstige Beeinflussung der akuten Rehe-Erkrankung durch einen leicht durchführbaren Hufbeschlag.
Z. Veterinärk. **53**. S. 45-56.

French, K.R.; C.C. Pollitt (2004):
Equine laminitis: loss of hemidesmosomes in hoof secondary epidermal lamellae correlates to dose in an oligofructose induction model: an instrumental study.
Equine Vet. J. **36** (3). S. 230-235.

Funkquist, B. (1992):
Aspects of studies on the pathogenesis of equine laminitis.
Equine Vet. J. **24**. S. 253-255.

Garner, H.E.; J.R. Coffmann; A.W. Hahn; N. Ackermann; J.H. Johnson (1975):
Equine laminitis and associated hypertension: A review.
J. Am. Vet. Med. Assoc. **166**. S. 56-57.

Gerhards, H. (2008). Iatrogene Hufrehe.
Internationales Hufrehesymposium. Berlin.

Glöckner, S. (2002):
Eine retrospektive Studie über Hufrehe bei Pferden; dargestellt an den Patienten der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin aus den Jahren 1976-1995.
Freie Universität Berlin.

Göbel, F.; Baumüller (1951):
Versuche zur Behandlung der chronischen Hufrehe mittels Durchschneidung (Tenotomie) der Hufbeinbeugesehne.
Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. **9**. S. 174-177.

Goetz, T.E. (1987):
Anatomic, hoof, and shoeing considerations for the treatment of laminitis in horses.
J. Am. Vet. Med. Assoc. **190**. S. 1323-1332.

Goetz, T.E. (1989):
The Treatment of Laminitis in Horses.
Vet. Clin. North Am. Equine Pract. **5**. S. 73-108.

Grabner, A. (2008). Das Metabolische Syndrom: Überblick und Diagnose.
Internationales Hufrehesymposium. Berlin.

Hemker, S. (2001):
Die Bewertung der Meßmethoden bei chronischer Hufrehe des Pferdes für den Grad und die Prognose.
Freie Universität Berlin.

Hemker, S.; B. Hertsch (2002):
Zur röntgenologischen Auswertung bei chronischer Hufrehe.
Der Praktische Tierarzt **83** (7). S. 610-617.

Herthel, D.; D. Hood (1999):
Clinical presentation, diagnosis, and prognosis of chronic laminitis.
Vet Clin North Am Equine Pract **15**. S. 375-394.

Hertsch, B. (1995):
Zur orthopädischen Therapie der Hufrehe.
In: Orthopädie bei Huf- und Klautieren. / P. F. Knezevic (Hrsg.).
New York: Schattauer Verlag Stuttgart. - S. 269-283.

Hertsch, B. (2008). Das Prinzip der Trachtenhochstellung bei der orthopädischen Therapie der Hufrehe.
Internationales Hufrehesymposium. Berlin.

Hertsch, B.; G. Brunken (1988):
Röntgenologische Veränderungen bei der chronischen Hufrehe. DVG-Kongress.

Hertsch, B.; S. Höppner; H. Dallmer (1997):
Der Huf und sein nagelloser Hufschutz. - 2
Warendorf: FN-Verlag der deutschen reiterlichen Vereinigung. -

Hertsch, B.; V. Madeiczky (1993):
Vergleichende mikroangiographische Untersuchung bei der akuten und chronischen Hufrehe.
Pferdeheilkunde **9** (5).

Hertsch, B.; V. Madeiczky (2008). Befunde der angiographischen und mikroangiographischen
Untersuchung an der Zehe des Pferdes bei der akuten und chronischen Hufrehe.
Internationales Hufrehesymposium. Berlin.

Hinckley, K.A.; S. Fearn; B.R. Howard; I.W. Henderson (1995):
Infrarotspektroskopie zur Darstellung der Hämodynamik und der Oxygenierung im
Gliedermaßenbereich von gesunden Pferden und Hufrehepatienten.
Equine Vet. J. **27**. S. 465-470.

Hood, D. (2002):
Klinische Bedeutung und Schmerzbehandlung für Pferde mit chronischer Laminitis.
Der Huf **89**. S. 8-29.

Höppner, S. (2002):
Die Thermographie in der Diagnostik der Hufrehe. 11. Hufbeschlagstagung für Hufschmiede
und Tierärzte 23.11.2002.
S. 27-32.

Höppner, S. (2003):
Die Durchblutung in der Pathophysiologie der Hufrehe. 12. Hufbeschlagstagung für
Hufschmiede und Tierärzte. Dortmund, 06.12.2003.
S. 7-11.

Höppner, S. (2004):
Hufkorektur und orthopädischer Beschlag bei der Hufrehe. 13. Hufbeschlagstagung für
Hufschmiede und Tierärzte 27.11.2004.
S. 25-34.

Höppner, S. (2005):
Therapiekonzepte bei der Hufrehe. 14. Hufbeschlagstagung für Hufschmiede und
Tierärzte 03.12.2005.
S. 23-25.

Höppner, S. (2006):
orthopädische Maßnahmen im akuten und chronischen Stadium der Hufrehe.
Bpt-Kongress Nürnberg.

Höppner, S. (2006):
Pathogenese der Hufrehe- akut und chronisch. 15. Hufbeschlagstagung für Tierärzte und
Hufschmiede. Dortmund.

Höppner, S.; B. Hertsch (2006):
Therapiekonzepte bei der Hufrehe. DVG-Kongress Hannover.

Hunt, R.J.; D. Allen; G.M. Baxter; B.R. Jackman; A.H. Parks (1991):
Mid-metacarpal deep digital flexor tenotomy in the management of refractory laminitis in horses.

Vet Surg. **20**. S. 15-20.

Hunt, R.J.; C.I. Brandon; M.E. McCann (1994):

Auswirkung von Azepromazin, Xylazin und Gewicht auf den arteriellen Blutfluss im Zehenbereich des Pferdes.

Am. J. Vet. Res. **55**. S. 375-378.

Huskamp, B. (1990):

Anmerkung zur orthopädischen Behandlung der Hufrehe.

Pferdeheilkunde **1**. S. 3-9.

Johnson, P.J.; S.H. Slight; V.K. Ganjam; J.M. Kreeger (2002):

Glucocorticoids and laminitis in the horse.

Vet Clin North Am Equine Pract **18**. S. 219-236.

Kameya, T. (1973):

Clinical studies on laminitis in the racehorse.

Experimental Reports of Equine Health Laboratory **10**. S. 19-40.

Kietzmann, M.; R. Scherkl; R. Schulz (2002):

Pharmakologie der Entzündung und der Allergie.

In: Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin. / H.-H. Frey and W. Löscher (Hrsg.).

Stuttgart: Enke Verlag.

Klunder, P. (2000):

Physikalische Auswirkung der Trachtenhochstellung am Huf des Pferdes.

Freie Universität Berlin.

Körber, H.D. (1977):

Die orthopädische Behandlung der akuten und chronischen Hufrehe des Pferdes.

Tierärztl. Praxis **5**. S. 75-82.

Körner, I. (2005):

Retrospektive zu Hufrehe und Rehebeschlag.

Pferdeheilkunde **21**. S. 345-347.

Kreling, K. (2007):

Fallbeispiel chronische Hufrehe.

Pferdespiegel **4**. S. 171-174.

Kronfeld, D. (2005):

Insulin signaling, laminitis, and exercise.

Journal of equine veterinary science **25** (9). S. 404-407.

- Liebich, H.-G. (1993):
Funktionelle Histologie- Farbatlas und Kurzlehrbuch der mikroskopischen Anatomie der Haussäugetiere.
Stuttgart: Schattauer Verlagsgesellschaft.
- Linford, R.L.; T.R. O`Brian; D.R. Trout (1993):
Qualitative and morphometric radiographic findings in the distal phalanx and digital soft tissues of sound thoroughbred horses.
Am J Vet Res **54**. S. 38-51.
- Lingens, I., geb. Körner (2008):
Die Entwicklung der Hufpflege und des Hufbeschlags von der Antike bis zur Neuzeit unter besonderer Berücksichtigung des Hufbeschlags bei der Hufrehe.
Freie Universität Berlin.
- Loeffler, K. (2002):
Anatomie und Physiologie der Haustiere. - 10
Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Loftus, J.P.; J.K. Belknap; K.M. Stankiewicz; S.J. Black (2007):
Laminar xanthine oxidase, superoxide dismutase and catalase activities in the prodromal stage of black-walnut induced equine laminitis.
Equine Vet. J. **39**. S. 48-53.
- Marks, G. (1984):
Makroskopische, licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Morphologie des Hyponychiums bei der Hufrehe.
Freie Universität Berlin.
- Marks, G.; K.-D. Budras (1987):
Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen über die akute Hufrehe des Pferdes.
Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. **100**. S. 82-88.
- Moore, J.N.; D. Allen; E.S. Clark (1989):
Pathophysiology of Acute Laminitis.
Vet. Clin. North. Am. Equine. Pract. **5**. S. 67-71.
- Morgan, S.J.; D.A. Grosenbaugh; D. Hood (1999):
The Pathophysiology of chronic laminitis.
Vet Clin North Am Equine Pract **15**. S. 395-417.
- Moyer, W.; R.R. Redden (1989):
Chronic and severe laminitis: a critique of therapy with heart bar shoes and hoof wall resection.
Equine Vet J **21**. S. 317-318.
- Mülling, C.; K.-D. Budras (2005):
Hufrehe-Prospektive auf der Basis des gegenwärtigen Forschungsstandes.
Pferdeheilkunde **21**. S. 347-348.

- Neubert, D. (2007):
Orthopädische Behandlungsmaßnahmen bei der akuten und chronischen Hufrehe: Ein
Behandlungskonzept aus der Hufreheklinik "The Laminitis Clinic" in England.
Der Praktische Tierarzt **88**. S. 810-816.
- Nickel, R. (1938):
Über den Bau der Hufhörchen und seine Bedeutung für den Mechanismus des Pferdehufes.
Morphologisches Jahrbuch **82**. S. 119-160.
- Nickel, R.; A. Schummer; E. Seiferle (1996):
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band 3 Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane. - 3
Berlin: Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschafts-Verlag GmbH
- O`Grady, S.E. (2007):
Akute und chronische Hufrehe- ein Überblick.
Der Huf **126**. S. 6-12.
- O`Grady, S.E. (2008). Farriery options for acute and chronic laminitis.
Internationales Hufrehesymposium. Berlin.
- Obel, N. (1948):
Studies on the histopathologie of acute laminitis.
Uppsala: Almquist u. Wiksells.
- Ossent, P.; H. Geyer (2006):
Die Pathologie der Hufrehe.
Bpt- Kongress Nürnberg.
- Patan, B.; K.-D. Budras (2003):
Segmentspezifitäten am Pferdehuf- Teil 2: Zusammenhang zwischen Hornstruktur und
mechanisch-physikalischen Horneigenschaften in den verschiedenen Hufsegmenten.
Pferdeheilkunde **19**. S. 177-184.
- Pellmann, R.; K.-D. Budras; H. Bragulla (1996):
Struktur und Funktion des Hufbeinträgers beim Pferd und seine Bedeutung bei der Hufrehe.
Pferdeheilkunde **13** (1). S. 53-64.
- Peremans, K.; F. Verschooten; A. De Moor; P. Desmet (1991):
Laminitis in the pony: conservative treatment vs dorsalhoof wall resection.
Equine Vet J **23**. S. 243-246.
- Pflug, G. (1893):
Einige Bemerkungen zur Aetiologie und Therapie der Hufrehe.
Österr. Monatsschrift f. Thierheilkunde **18**. S. 385-400, 433-446, 481-496.
- Pollitt, C. (1999):
Farbatlas Huf- Anatomie und Klinik. -
Hannover: Schlütersche GmbH & Co. KG.

- Pollitt, C.C. (1999):
equine laminitis: a revised pathophysiology. 6th Geneva Congress of Equine Medicine and surgery. Geneva.
- Pollitt, C.C. (2000):
Equine laminitis: Revision einer Pathophysiologie.
Der Huf **85**. S. 10-27.
- Pütz, A.C. (2006):
Monitoring von saisonalen, haltungs- und domestikationsbedingten Einflüssen auf die Hornqualität des Pferdehufes.
Freie Universität Berlin.
- Riegel, R.J.; S.E. Hakola (1999):
Bild-Text-Atlas zur Anatomie und Klinik des Pferdes, Bewegungsapparat und Lahmheiten. -
Hannover: Schlütersche GmbH & Co. KG.
- Rucker, A. (2008). Hoof correction according to Redden in the chronically laminitic horse.
Internationales Hufrehesymposium. Berlin.
- Ruthe, H.; H. Müller; F. Reinhard (1997):
Der Huf- Lehrbuch des Hufbeschlages.
Stuttgart: Enke Verlag.
- Schatzmann, U. (2007). Hufrehe 2007- Mythen und Fakten.
- Scheuerer, M.; K. Grieshaber (1996):
Die Hufrehe- Therapie in Klinik und Praxis.
Veterinär Spiegel **1**.
- Schneider, H.-J. (1999):
Hufrehe.
In: Handbuch der Pferdekrankheiten. / O. Dietz and B. Huskamp (Hrsg.).
Stuttgart: Enke Verlag.
- Schnitker, P.; K. Scheibe; K.-D. Budras (2005):
Grasrehe bei Urwildpferden (Equus ferus przewalskii).
Pferdeheilkunde **21**. S. 351.
- Schüle, E.; F. Appelbaum (2005). Zur Ätiologie der Hufrehe.
- Schultz, O. (1942):
Röntgenbeobachtung bei der Rehe des Pferdes.
Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. **5/6**. S. 39-40.
- Slater, M.R.; D.M. Hood; G.K. Carter (1995):
Eine beschreibende epidemiologische Studie über die Hufrehe beim Pferd.
Equine Vet. J. **27**. S. 364-367.

- Stashak, T.S. (1989):
Adams` Lahmheiten bei Pferden. - 4
Alfeld- Hannover: Schaper-Verlag. -
- Stick, J.A.; H.W. Jann; E.A. Scott; N.E. Robinson (1982):
Pedal bone rotation as a prognostic sign in laminitis of horses.
J. Am. Vet. Med. Assoc. **180**. S. 251-253.
- Straiton, E.C. (1973):
Pferdekrankheiten erkennen, behandeln. -
München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Strasser, H. (1991):
Gesunde Hufe ohne Beschlag, Band 2.
Friedberg/ H.: Beate Danker - Verlag.
- Thiebaut, D. (2002):
Das Herzeisen, Anwendungsmöglichkeiten und vereinfachtes Schmieden.
Der Huf **97**. S. 28-38.
- Treiber, K.; T. Hess; D. Kronfeld; R. Boston; R. Geor; P.A. Harris (2007):
Insulin resistance and compensation in laminitis-predisposed ponies characterized by the
Minimal Model.
Pferdeheilkunde **23** (3). S. 237-240.
- Venner, M.; I. Vervuert; H.O. Hoppen (2006):
Die Hufrehe beim Pferd aus internistischer Sicht.
Bpt-Kongress Nürnberg.
- Vervuert, I. (2008). Das Metabolische Syndrom: Therapie und Management.
Internationales Hufrehesymposium. Berlin.
- Weiss, D.J.; R.J. Geor; G. Johnston; A.M. Trent (1994):
Mikrovaskuläre Thromben in Verbindung mit der akuten Hufrehe beim Pony.
Am. J. Vet. Res. **55**. S. 606-612.
- White, N.A. (1995):
Hufrehe des Pferdes. Pferdekrankheiten-Samstagsakademie Leipzig.
- Winkelsett, S.; I. Vervuert (2008):
Animal welfare in prevention and therapy of laminitis.
Dtsch Tierärztl. Wochenschr. **115**. S. 106-113.
- Wintzer, H.J. (1999):
Krankheiten des Pferdes- ein Leitfaden für Studium und Praxis. - 3
Berlin: Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- Wissdorf, H.; H. Gerhards; B. Huskamp; E. Deegen (2002):
praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. -
Hannover: Verlag M. & H. Schaper. - (Hufbereich, Regio ungularis; 2)

Yelle, M. (1986):

Klinischer Leitfaden zur Rehe des Pferdes.

Pferdeheilkunde **2**. S. 291-294.

Zadow, C.v.; S. Becker (2006):

Therapiekonzepte bei der Hufrehe- Teamwork zwischen Tierarzt und Hufschmied.

Pferdespiegel **1**. S. 14-20.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sagittalschnitt durch den Pferdehuf (Pollitt, 1999).....	3
Abbildung 2: Anatomie der Hufwand (Pollitt, 1999)	7
Abbildung 3: Sagittalschnitt durch den Pferdehuf mit schematischer Darstellung des Hufbeinträgers (Budras et al., 2005)	9
Abbildung 4: Längsschnitt durch den Huf	11
Abbildung 5: Sagittalschnitt durch einen chronischen Rehehuf;	20
Abbildung 6: Häufigkeiten der einzelnen Pferderassen.....	32
Abbildung 7: Schematische Darstellung der Messungen an den seitlichen Röntgenbildern...	37
Abbildung 8: Schematische Darstellung der Messung der seitlichen Hufbeinrotation an den Röntgenbildern (0°-Aufnahme).....	38
Abbildung 9: Seitenansicht eines chronischen Rehehufes mit Rehringen:.....	40
Abbildung 10: Derselbe Huf wie Abbildung 9, Ansicht von medial:	41
Abbildung 11: Sägeschnitte durch den Huf	42
Abbildung 12: Sagittalschnitt durch den Huf: Kronhornröhrchen im Bereich der dorsalen Hufwand verlaufen gewellt	44
Abbildung 13: Transversalschnitt durch den Huf: Kronhornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand verlaufen in ihrem Anfangsteil gewellt	45
Abbildung 14: Transversalschnitt durch den Huf: Kronhornröhrchen verlaufen in ihrem Anfangsteil gewellt	45
Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung der Winkel der Hufbeinrotation	47
Abbildung 16: Einteilung der Hufbeinrotation/Hufbeinsenkung in Schweregrade	51
Abbildung 17: Einteilung der seitlichen Hufbeinrotation in Schweregrade	52
Abbildung 18: Röntgenaufnahme eines Pferdehufes mit chronischer Hufrehe im seitlichen Strahlengang: Beispiel für Grad 1	53
Abbildung 19: Röntgenaufnahme eines Pferdehufes mit chronischer Hufrehe im seitlichen Strahlengang: Beispiel für Grad 2	54
Abbildung 20: Röntgenaufnahme einer Pferdezehe im seitlichen Strahlengang: Beispiel für eine Hufrehe Grad 3 mit starker Osteolyse des Hufbeins	55

Abbildung 21: Röntgenaufnahme eines Pferdehufes mit einer Hufbeinsenkung im seitlichen Strahlengang: Beispiel für Grad 4.....	56
Abbildung 22: Zusammenhang zwischen der Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen im Bereich der dorsalen Hufwand.....	59
Abbildung 23: Zusammenhang zwischen der Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und dem Auftreten einer Richtungsänderung des Röhrchenhorns im Bereich der dorsalen Hufwand (J = ja, N = nein).....	61
Abbildung 24: Zusammenhang zwischen der Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand.....	63
Abbildung 25: Zusammenhang zwischen der Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und dem Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand (J =ja, N =nein)	65
Abbildung 26: Zusammenhang zwischen der seitlichen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Faltenbildung der Kronhornröhrchen im Bereich der dorsalen Hufwand.....	67
Abbildung 27: Zusammenhang zwischen der seitlichen Hufbeinrotation und dem Auftreten einer Faltenbildung des Kronhorns im Bereich der seitlichen Hufwand	69
Abbildung 28: Graphische Darstellung von C zur Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade.....	74

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Häufigkeiten der verschiedenen Pferderassen	31
Tabelle 2: Unterteilung der Pferdehufe in Gliedmaßen	32
Tabelle 3: Häufigkeiten der seitlichen Hufbeinrotation	48
Tabelle 4: Differenzierung der medialen und lateralen Seitenrotation	49
Tabelle 5: Vorkommen einer Hufbeinsenkung	49
Tabelle 6: Hufbeinsenkung im mm	50
Tabelle 7: Häufigkeit einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen in der dorsalen Hufwand	57
Tabelle 8: Häufigkeit einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen in der seitlichen Hufwand	57
Tabelle 9: Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade, und das Auftreten einer Faltenbildung der Hornröhrchen in der dorsalen Hufwand	60
Tabelle 10: Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und das Auftreten der Faltenbildung der Kronhornröhrchen im Bereich der seitlichen Hufwand	64
Tabelle 11: seitliche Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und das Auftreten einer Faltenbildung der Hornröhrchen im Bereich der dorsalen Hufwand	68
Tabelle 12: seitliche Hufbeinrotation, eingeteilt in Grade und das Auftreten einer Richtungsänderung der Kronhornröhrchen im Bereich der Seitenwand	70
Tabelle 13: Hufbeinsenkung und das Vorkommen einer Faltenbildung der Hornröhrchen im Bereich der dorsalen Hufwand	71
Tabelle 14: Hufbeinsenkung und das Auftreten einer Faltenbildung der Kronhornröhrchen im Bereich der Seitenwand	72

11 Anhang

Nummer	Beine	Bein vorhanden	Rasse	Strecke A	Strecke B	C=B:A
1	1	1	3	2,00	4,00	2,00
1	2	1	3	2,00	4,00	2,00
1	3	0				
1	4	0				
2	1	1	2	2,50	3,00	1,20
2	2	1	2	2,50	3,20	1,28
2	3	0				
2	4	0				
3	1	1	2	5,00	8,00	1,60
3	2	1	2	5,00	8,30	1,66
3	3	1	2	5,00	6,00	1,20
3	4	1	2	5,00	6,00	1,20
4	1	1	3	3,00	5,20	1,73
4	2	1	3	1,80	4,30	2,39
4	3	1	3	1,70	2,50	1,47
4	4	1	3	0,00	0,00	
5	1	1	3	5,50	8,00	1,45
5	2	1	3	4,00	6,00	1,50
5	3	1	3	4,50	7,20	1,60
5	4	1	3	2,50	6,50	2,60
6	1	1	3	2,00	4,30	2,15
6	2	1	3	2,30	3,30	1,43
6	3	1	3	2,00	4,30	2,15
6	4	1	3	2,00	3,70	1,85
7	1	1	3	1,00	3,50	3,50
7	2	1	3	1,00	3,70	3,70
7	3	1	3	1,20	2,40	2,00
7	4	1	3	1,50	3,00	2,00
8	1	1	5	3,00	4,50	1,50
8	2	1	5	3,00	4,50	1,50
8	3	0				
8	4	0				
9	1	1	5	3,00	5,50	1,83
9	2	1	5	2,50	5,50	2,20
9	3	0				
9	4	0				
10	1	1	3	1,00	3,50	3,50
10	2	1	3	1,00	3,50	3,50
10	3	0				
10	4	0				
11	1	1	3	3,00	6,70	2,23
11	2	1	3	3,00	7,20	2,40
11	3	0				
11	4	0				
12	1	1	2	2,60	3,50	1,35
12	2	1	2	2,60	3,50	1,35
12	3	0				

11 Anhang

12	4	0				
13	1	1	2	3,00	5,00	1,67
13	2	1	2	3,00	5,00	1,67
13	3	0				
13	4	0				
14	1	1	2	0,00	0,00	
14	2	1	2	0,00	0,00	
14	3	0				
14	4	0				
15	1	1	2	2,20	5,20	2,36
15	2	1	2	2,20	6,20	2,82
15	3	0				
15	4	0				
16	1	1	3	2,00	4,30	2,15
16	2	1	3	1,80	4,30	2,39
16	3	0				
16	4	0				
17	1	1	2	3,70	5,00	1,35
17	2	1	2	3,20	4,70	1,47
17	3	0				
17	4	0				
18	1	1	2	0,00	0,00	
18	2	1	2	0,00	0,00	
18	3	0				
18	4	0				
19	1	1	2	2,70	4,70	1,74
19	2	1	2	3,00	4,20	1,40
19	3	0				
19	4	0				
20	1	1	2	3,00	3,70	1,23
20	2	1	2	3,00	3,70	1,23
20	3	0				
20	4	0				
21	1	1	3	3,80	6,00	1,58
21	2	1	3	3,60	5,00	1,39
21	3	1	3	3,20	4,50	1,41
21	4	1	3	2,90	5,00	1,72
22	1	1	4	5,40	6,00	1,11
22	2	1	4	5,00	6,50	1,30
22	3	0				
22	4	0				
23	1	1	2	0,00	0,00	
23	2	1	2	0,00	0,00	
23	3	1	2	0,00	0,00	
23	4	1	2	0,00	0,00	
24	1	1	3	3,00	6,00	2,00
24	2	1	3	2,50	6,50	2,60
24	3	1	3	1,80	3,50	1,94
24	4	1	3	2,00	3,50	1,75
25	1	1	2	0,00	0,00	
25	2	1	2	0,00	0,00	
25	3	1	2	0,00	0,00	
25	4	1	2	0,00	0,00	

11 Anhang

26	1	1	5	4,00	5,50	1,38
26	2	1	5	4,00	5,50	1,38
26	3	1	5	0,00	0,00	
26	4	1	5	0,00	0,00	
27	1	1	2	3,80	7,00	1,84
27	2	1	2	1,50	3,00	2,00
27	3	1	2	4,50	3,00	1,50
27	4	1	2	4,00	2,00	2,00
28	1	1	2	2,00	4,00	2,00
28	2	1	2	3,00	5,00	1,67
28	3	0				
28	4	0				
29	1	1	3	3,00	7,00	2,33
29	2	1	3	2,00	3,80	1,90
29	3	0				
29	4	0				
30	1	1	3	3,00	5,00	1,67
30	2	1	3	3,00	6,50	2,17
30	3	0				
30	4	0				
31	1	1	2	4,70	7,70	1,64
31	2	1	2	6,00	8,50	1,42
31	3	0				
31	4	0				
32	1	1	2	0,00	0,00	
32	2	1	2	3,30	4,50	1,36
32	3	0				
32	4	0				
33	1	0				
33	2	1	2	3,00	6,50	2,17
33	3	0				
33	4	0				
34	1	0				
34	2	0				
34	3	1	2	5,00	7,00	1,40
34	4	0				
35	1	1	2	5,50	6,00	1,09
35	2	0				
35	3	0				
35	4	0				
36	1	1	2	0,00	0,00	
36	2	0				
36	3	0				
36	4	0				
37	1	0				
37	2	1	2	4,00	5,00	1,25
37	3	0				
37	4	0				
38	1	0				
38	2	0				
38	3	1	2	7,00	10,00	1,43
38	4	0				
39	1	1	2	0,00	0,00	

11 Anhang

39	2	0				
39	3	0				
39	4	0				
40	1	1	2	5,00	6,00	1,20
40	2	1	2	0,00	0,00	
40	3	0				
40	4	0				
41	1	1	2	3,50	5,50	1,57
41	2	1	2	4,50	9,00	2,00
41	3	1	2	0,00	0,00	
41	4	1	2	0,00	0,00	
42	1	1	2	2,50	5,00	2,00
42	2	1	2	3,50	7,00	2,00
42	3	1	2	0,00	0,00	
42	4	1	2	0,00	0,00	
43	1	1	2	2,50	4,50	1,80
43	2	1	2	4,00	7,00	1,75
43	3	0				
43	4	0				
44	1	1	3	3,50	5,00	1,43
44	2	1	3	3,50	5,00	1,43
44	3	1	3	0,00	0,00	
44	4	1	3	0,00	0,00	
45	1	1	3	2,00	4,00	2,00
45	2	1	3	2,60	4,00	1,54
45	3	0				
45	4	0				
46	1	1	5	3,00	5,00	1,67
46	2	1	5	3,00	5,00	1,67
46	3	0				
46	4	0				
47	1	1	6	3,00	4,00	1,33
47	2	1	6	3,00	4,00	1,33
47	3	1	6	3,00	4,00	1,33
47	4	1	6	3,00	3,50	1,17

Nummer	Falten- bildung DW	Falten- bildung SW	Hufbein rotation	Einteilung	Seitenrotation	Einteilung
1	0	0	4,00	1	4,00	1
1	0	0	1,00	0	6,00	1
1						
1						
2	0	0	2,00	1	4,00	1
2	0	0	4,00	1	3,00	1
2						
2						
3	1	0	2,00	1	3,00	1
3	1	0	5,00	1	0,00	0
3	1	0	7,00	1	1,00	0
3	1	0	4,00	1	2,00	1
4	1	0	16,00	2	2,00	1
4	1	0	24,00	3	1,00	0
4	0	0	7,00	1	1,00	0
4	0	0	5,00	1	0,00	0
5	1	0	23,00	3	7,00	1
5	1	0	20,00	2	0,00	0
5	1	0	17,00	2	5,00	1
5	1	0	18,00	2	16,00	2
6	0	0	5,00	1	1,00	0
6	0	0	4,00	1	8,00	1
6	0	0	2,00	1	3,00	1
6	0	0	0,00	0	4,00	1
7	0	0	26,00	3	5,00	1
7	0	0	33,00	3	1,00	0
7	0	0	8,00	1	2,00	1
7	0	0	10,00	2	2,00	1
8	0	0	0,00	4	5,00	1
8	0	0	0,00	4	5,00	1
8						
8						
9	0	0	13,00	2	6,00	1
9	0	0	14,00	2	1,00	0
9						
9						
10	1	0	15,00	2	9,00	2
10	1	0	22,00	3	8,00	1
10						
10						
11	1	0	36,00	3	7,00	1
11	1	0	27,00	3	8,00	1
11						
11						
12	1	1	5,00	1	1,00	0
12	1	1	7,00	1	3,00	1
12						
12						
13	1	0	9,00	2	1,00	0
13	1	0	4,00	1	3,00	1

11 Anhang

13						
13						
14	0	0	2,00	1	6,00	1
14	0	0	2,00	1	2,00	1
14						
14						
15	1	0	24,00	3	6,00	1
15	1	0	27,00	3	4,00	1
15						
15						
16	1	0	16,00	2	7,00	1
16	1	0	14,00	2	7,00	1
16						
16						
17	0	0	7,00	1	0,00	0
17	0	0	9,00	2	0,00	0
17						
17						
18	0	0	8,00	1	2,00	1
18	0	0	0,00	0	2,00	1
18						
18						
19	0	0	6,00	1	3,00	1
19	0	0	4,00	1	2,00	1
19						
19						
20	0	0	5,00	1	4,00	1
20	0	0	5,00	1	1,00	1
20						
20						
21	0	0	10,00	2	6,00	1
21	0	0	10,00	2	3,00	1
21	0	0	8,00	1	1,00	0
21	0	0	7,00	1	1,00	0
22	0	0	0,00	4	0,00	0
22	0	0	0,00	4	0,00	0
22						
22						
23	0	0	7,00	1	4,00	1
23	0	0	1,00	0	3,00	1
23	0	0	5,00	1	4,00	1
23	0	0	1,00	0	1,00	0
24	0	0	14,00	2	1,00	0
24	0	0	12,00	2	2,00	1
24	0	0	12,00	2	0,00	0
24	0	0	10,00	2	0,00	0
25	0	0	0,00	4	3,00	1
25	0	0	0,00	4	1,00	0
25	0	0	0,00	4	7,00	1
25	0	0	0,00	4	4,00	1
26	0	0	2,00	1	1,00	0
26	0	0	1,00	0	4,00	1
26	1	1	2,00	1	2,00	1

11 Anhang

26	1	1	1,00	0	0,00	0
27	1	1	25,00	3	1,00	0
27	1	1	13,00	2	1,00	0
27	0	0	5,00	1	2,00	1
27	0	0	3,00	1	2,00	1
28	1	1	17,00	2	0,00	0
28	1	1	11,00	2	1,00	0
28						
28						
29	1	1	12,00	2	3,00	1
29	1	1	11,00	2	3,00	1
29						
29						
30	1	0	17,00	2	1,00	0
30	1	0	35,00	3	2,00	1
30						
30						
31	1	0	5,00	1	0,00	0
31	1	0	3,00	1	0,00	0
31						
31						
32	0	0	0,00	4	5,00	1
32	0	0	6,00	1	4,00	1
32						
32						
33						
33	1	0	25,00	3	7,00	1
33						
33						
34						
34						
34	0	0	0,00	4	0,00	0
34						
35	0	0	0,00	0	0,00	0
35						
35						
35						
36	0	0	3,00	1	2,00	1
36						
36						
36						
37						
37	1	0	12,00	2	3,00	1
37						
37						
38						
38						
38	0	0	10,00	2	2,00	1
38						
39	0	0	0,00	0	2,00	1
39						
39						
39						

11 Anhang

40	0	0	0,00	0	0,00	0
40	0	0	0,00	4	1,00	0
40						
40						
41	0	0	0,00	4	2,00	1
41	1	0	8,00	1	0,00	0
41	0	0	0,00	4	3,00	1
41	0	0	0,00	4	1,00	0
42	1	1	22,00	3	1,00	0
42	1	1	25,00	3	1,00	0
42	0	0	2,00	1	0,00	0
42	0	0	7,00	1	4,00	1
43	1	1	13,00	2	0,00	0
43	1	1	14,00	2	0,00	0
43						
43						
44	0	0	4,00	1	2,00	1
44	0	0	5,00	1	5,00	1
44	0	0	2,00	1	1,00	0
44	0	0	3,00	1	1,00	0
45	1	1	17,00	2	3,00	1
45	1	1	16,00	2	2,00	1
45						
45						
46	1	0	11,00	2	0,00	0
46	0	0	4,00	1	2,00	1
46						
46						
47	1	1	11,00	2	1,00	0
47	1	1	8,00	1	5,00	1
47	1	1	13,00	2	2,00	1
47	1	1	9,00	2	0,00	0

12 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. B. Hertsch für die Überlassung dieses Themas und die fachliche Unterstützung.

Meinen Eltern danke ich für die Unterstützung während der gesamten Doktorandenzeit. Ihr habt mir immer Mut gemacht.

Besonders meiner lieben Mutter danke ich für die moralische und natürlich auch die finanzielle Unterstützung. Du hast immer mich geglaubt und mir beigestanden. Danke!

Ganz speziellen Dank an Wolfgang für alles. Ohne dich und die Pferde wäre ich wahrscheinlich nie Tierarzt geworden. Danke!

Danke an Christoph für alles. Für die Praktikantenzeit, die die Weichen für Berlin gestellt hat, für jeden Rat und jede Tat. Ohne dich wäre vieles nicht gegangen.

Für Helmut: nach Regen folgt Sonnenschein- endlich ist es vollbracht!

Außerdem möchte ich mich bei allen Mitarbeitern und Doktoranden der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin bedanken, die mich sehr unterstützt haben.

Danke an Bettina, Amina und Mareice für die schöne Doktorandenzeit!

13 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Zuhilfenahme der angegebenen Literatur erstellt habe.

Berlin, den 31.05.2010

Dana Teschner