

Aus der Chirurgischen Tierklinik
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

**Anatomische und histologische Untersuchungen an den Hufen von
Connemara-Ponys, Irischen Hunttern und Englischen Vollblütern**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades
Doctor medicinae veterinariae (Dr. med. vet.)
durch die Veterinärmedizinische Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von
Silke Schroth
aus Riesa

Leipzig, 2000

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig:

Dekan: Prof. Dr. Jürgen Gropp

Betreuer: Doz. Dr. med. vet. habil. Gerhard Prietz
vormals Chirurgische Tierklinik
Veterinärmedizinische Fakultät
Universität Leipzig

Gutachter: Doz. Dr. med. vet. habil. Gerhard Prietz
vormals Chirurgische Tierklinik
Veterinärmedizinische Fakultät
Universität Leipzig

Prof. Dr. Johannes Seeger
Veterinär-Anatomisches Institut
Veterinärmedizinische Fakultät
Universität Leipzig

Prof. Dr. Hans Geyer
Veterinär-Anatomisches Institut
Veterinärmedizinische Fakultät
Universität Zürich

Tag der Verteidigung: 28.01.2002

meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis und Definitionen	III
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV

Inhaltsverzeichnis

1.	Aufgabenstellung	1
2.	Literaturübersicht	3
2.1	Einleitung	3
2.2	Tiermessungen, Exterieur und Leistung	4
2.3	Das englische Vollblut	6
2.4	Das Connemara-Pony	7
2.5	Der Irische Hunter	9
2.6	Der anatomische und histologische Aufbau des Pferdehufes	11
2.7	Bildung und Abnutzung von Hufhorn	14
2.8	Hufbeurteilung und regelmäßiger Huf	16
2.9	Hufmessungen	21
2.9.1	Überblick	21
2.9.2	Winkelmessungen	23
2.9.2.1	Vorderwandwinkel, Gliedmaße und Zehenachse	27
2.9.2.2	Bedeutung des Zehenwinkels für Lahmfreiheit und Therapie	30
2.9.2.3	Bedeutung des Zehenwinkels für Schenkelführung, Fußung und Leistung	32
2.9.2.4	Vorderwandwinkel, Hufzubereitung und Hufbeschlag	34
2.9.2.5	Die Hufform im Zusammenhang mit Rasse und Vererbung	36
2.9.3	Längenmessungen und -verhältnisse	37
2.10	Histologische Untersuchungen am Hufhorn	40
2.10.1	Überblick	40
2.10.2	Die Eigenschaften des Hufhornes, Hornqualität	45
2.10.3	Zusammenhänge zwischen histologischen Eigenschaften und Qualität des Hufhornes	49
3.	Eigene Untersuchungen	53
3.1	Material und Methoden	53
3.1.1	Untersuchungsmaterial	
3.1.2	Messungen am Huf: Parameter und Methoden	56
3.1.3	Histologische Untersuchungen	57
3.1.4	Aufarbeitung der Meßwerte und biostatistische Auswertung	59

3.2	Ergebnisse	60
3.2.1	Hufmessungen	60
3.2.1.1.	Vergleiche Vorderhuf-Hinterhuf	61
3.2.2	Histologische Untersuchungen	63
3.2.2.1	Vergleiche Vorderhuf- Hinterhuf	65
3.2.2.2	Vergleiche Innenzone-Außenzone des Kronhornes	65
3.2.2.3	Größenvergleich der histologischen Strukturen bei Eindeckung mit Glyceringelatine und Kanadabalsam	65
4.	Diskussion	67
4.1	Versuchsanstellung	67
4.1.1	Durchführung der Messungen zur Hufform	67
4.1.2	Erfassung der histologischen Parameter	67
4.2	Messungen zur Hufform	68
4.2.1	Vorderwandwinkel	68
4.2.2	Vorderwandlänge und Trachtenwandlänge	74
4.2.3	Verhältnis von Vorderwandlänge zu Trachtenwandlänge	76
4.2.4	Veränderungen am Huf durch die Hufzubereitung	77
4.3	Histologische Parameter	79
4.3.1	Architektur des Stratum corneum, erwachsene Tiere (Gruppen 1-3)	79
4.3.1.1	Anzahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit	79
4.3.1.2	Durchmesser der Hornröhrchen und des Röhrchenmarks	79
4.3.1.3	Anteil von Rindenhorn, Röhrchenmark und Zwischenröhrchenhorn am Gesamthorn (Querschnitt)	80
4.3.1.4	Verhältnis von Röhrchendurchmesser zum Röhrchenmarkdurchmesser	81
4.3.2	Architektur des Stratum corneum, juvenile Tiere (Gruppe 6)	82
4.3.3	Größenvergleich der histologischen Strukturen bei Eindeckung mit Glyceringelatine und Kanadabalsam	83
5.	Schlußfolgerungen	84
5.1	Anatomischer Teil	84
5.2	Histologischer Teil	84
6.	Zusammenfassung/Summary	86
7.	Literaturverzeichnis	91
8.	Anhang	120

Abkürzungsverzeichnis und Definitionen

µm	Mikrometer
G	Gruppe
H	Hengst
HE	Hematoxylin-Eosin
HH	Hinterhuf
kp	Kilopond
MD	Markdurchmesser
n	Anzahl der Messungen
p	Signifikanz
PAS	Periodic Acic-Schiff
R	Korrelation
RS	Rindenstärke
s	Standardabweichung
S	Stute
SWL	Seitenwandwinkel lateral
SWM	Seitenwandwinkel medial
TWL	Trachtenwandlänge
Verh.	Verhältnis
VH	Vorderhuf
VWL	Vorderwandlänge
W	Wallach
x	arithmetischer Mittelwert
Vorderwandwinkel	Neigung der vorderen Profillinie der Hornkapsel (Linea antica) zur Basisebene des Hufes
Zehenwinkel	Neigung der gesamten Zehenachse zur Basisebene. Die Begriffe Zehenwinkel und Vorderwandwinkel werden von vielen Autoren synonym verwendet, da sie laut der Zehenachsentheorie am Huf identisch sind

Abbildungsverzeichnis

Abb.	Titel	Seite
1	Vorderwandwinkel am Vorderhuf bei den Tieren der Gruppen 1-3	71
2	Vorderwandwinkel am Vorderhuf bei den Tieren der Gruppe 4	71
3	Vorderwandwinkel am Hinterhuf bei den Tieren der Gruppen 1-3	72
4	Vorderwandwinkel am Hinterhuf bei den Tieren der Gruppe 4	72
5	Differenz des Vorderwandwinkels des Hinterhufes zum Vorderwandwinkel des Vorderhufes bei den Tieren der Gruppen 1-3	73
6	Differenz des Vorderwandwinkels des Hinterhufes zum Vorderwandwinkel des Vorderhufes bei den Tieren der Gruppe 4	73

Tabellenverzeichnis

Tab.	Titel	Seite
1	Vorderwandwinkel (Zehenwinkel) der regelmäßigen Hufform (Richtwerte)	19
2	Längenverhältnis von Zehenwand zur Trachtenwand, regelmäßiger Huf (Richtwerte)	20
3	Seitenwandwinkel (weiteste Stelle) am regelmäßigen Huf (Richtwerte)	20
4	Meßergebnisse für den Vorderwandwinkel/Bodenwinkel aus der Literatur	25
5	Ergebnisse von Längenmessungen am Huf aus der Literatur (in cm) und daraus errechnete Längenverhältnisse von Zehenwand zu Trachtenwand	39
6	Hornröhrchenzahl/mm ² aus der Literatur	44
7	Hornröhrchendurchmesser (in mm) aus der Literatur	44
8	Markdurchmesser und Rindenstärke der Hornröhrchen (in mm) und Verhältnis Markdurchmesser : Rindenstärke aus der Literatur	45
9	Alters- und Geschlechterstruktur der Gruppe 1 (Connemara-Ponys)	53
10	Alters- und Geschlechterstruktur der Gruppe 2 (Irische Hunter)	54
11	Alters- und Geschlechterstruktur der Gruppe 3 (Englische Vollblüter, adulte Tiere)	55
12	Alters und Geschlechterstruktur der Gruppe 6 (Englische Vollblüter, juvenile Tiere)	56
13	Art der gewonnenen anatomischen Meßwerte	56

14	Erfassung der histologischen Parameter je Hornprobe	59
15	Statistische Maßzahlen der Hufmessungen	60
16	Vorderwandwinkel (nach der Hufzubereitung) der zusammengefaßten Gruppen 1-3	61
17	Hufmessungen, statistischer Vergleich zwischen Vorder- und Hinterhuf	62
18	Verteilung der Meßergebnisse für den Vorderwandwinkel des Vorderhufes	62
19	Verteilung der Meßergebnisse für den Vorderwandwinkel des Hinterhufes	62
20	Statistische Maßzahlen der Messungen an den histologischen Strukturen des Hufhornes der Tiergruppen 1, 2, 3 und 6	63
21	Größenvergleich der histologischen Hornstrukturen bei Einbettung in Gelatine und Kanadabalsam	66
22	Verhältnis Vorderwandlänge zu Trachtenwandlänge, errechnet aus den Meßergebnissen (Mittelwerte)	77

1. Aufgabenstellung

Huf und distale Gliedmaße, von deren Zustand die Leistungsfähigkeit und der Gebrauchswert eines Pferdes in hohem Maße abhängen, unterliegen einer sehr starken wechselseitigen Beeinflussung. In dieses empfindliche biomechanische System greift der Mensch durch Hufzubereitung und -beschlagn einseitig, und zwar von seiten des Hufes, ein. Veränderungen, die bei Hufzubereitung und Beschlagn am Huf vorgenommen werden, verändern auch die Belastungs- und Kräfteverhältnisse im distalen Gliedmaßenbereich.

Zur Vermeidung bzw. Verringerung von Schäden und Nachteilen, die daraus für das Tier entstehen können, ist das Wissen um den „Normalzustand“ von Huf und Gliedmaße oberste Voraussetzung.

Zur Gesunderhaltung des Hufes und der gesamten Gliedmaße sind also Kenntnisse über bestimmte anatomische Parameter des Hufes unerlässlich. Sie bilden die wissenschaftliche Grundlage für Hufzubereitung und -beschlagn, aber auch die Ausgangsbasis für orthopädische Therapieansätze. Besonders die Winkelverhältnisse an den Gliedmaßen des Pferdes sind wegen ihres Einflusses auf Leistung und Lahmfreiheit von Bedeutung (ROONEY 1983).

Weiterhin spielen in der Pferdehaltung chronische Hufprobleme infolge schlechter Hornqualität eine große Rolle (BUCHER 1987). Die Hornqualität wird endogen von inter- und intrazellulären Faktoren sowie von der Architektur des Stratum corneum beeinflusst (PELLMANN, REESE und BRAGULLA 1993). Zu dieser gehören Parameter wie die Hornröhrendichte pro Flächeneinheit, der Durchmesser der Hornröhren und des Hornröhrenmarks, das Verhältnis von Röhrenrinde zu Röhrenmark und das Verhältnis von Röhren- zu Zwischenröhrenhorn. Verschiedenen Pferderassen wird eine unterschiedliche Hornqualität aufgrund von Unterschieden in der Architektur des Stratum corneum zugeschrieben (FLEMING 1853, SEDLACEK 1936, zit. nach RÖSSNER 1940, SCHWARK 1978). Es wurden bisher Unterschiede in der Architektur des Klauenhorns verschiedener Rinderrassen (SCHRÖDER 1961, WALZ 1979), verschiedener Schafrassen (KEPLER 1966) und verschiedener Equiden-Arten (KIND 1961) festgestellt. Diesbezügliche exakte Untersuchungen an verschiedenen Rassen des Hauspferdes fehlen bislang.

Die heute gültige Lehre vom Hufbeschlagn beruht auf dem großen Erkenntniszuwachs infolge von Untersuchungen und Hufmessungen, welche gegen Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts durchgeführt wurden. Begründet lag dies in der zentralen Stellung, die das Pferd in Wirtschaft und Militär einnahm. Zum einen fehlen in diesen Arbeiten fast immer Angaben zur untersuchten Pferderasse, zum anderen haben sich die Nutzungsbedingungen und die Ansprüche an das Pferd in den letzten Jahrzehnten grundlegend gewandelt.

Aus diesem Grunde beschäftigen sich neuere Untersuchungen mit Pferderassen, welche heute im Turnier- und Freizeitsport eine Rolle spielen, wie z.B. Haflinger (RICHTER 1990), Shetlandpony (HERZBERG 1996) und Deutsches Reitpferd (SCHREYER 1997).

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit wurden an den zwei Pferderassen Englisches Vollblut und Connemara-Pony sowie an der Gebrauchskreuzung Irischer Hunter durchgeführt. Das Englische Vollblutpferd hat in fast allen Industrieländern eine gleichbleibend große oder sogar steigende Bedeutung in Rennsport und Reitpferdezucht (SCHWARK 1987). Connemara-Pony und Irischer Hunter sind gegenwärtig hauptsächlich in Irland und Großbritannien beheimatet. Mit der fortschreitenden Internationalisierung von Pferdezucht und -sport ist jedoch auch ein Anstieg der Populationen in Deutschland und anderen europäischen Ländern, sowohl im Turnier- als auch im Freizeitsport, zu erwarten. Dieser Trend ist schon erkennbar, wobei sich das Connemara-Pony vor allem den Bereich des Freizeitreitens (CONNEMARAPONY VEREINIGUNG 1998), der Hunter eher den - auch internationalen - Turniersport erschließt (RÜEGER u. MEIER 1977, RUSSEL 1994).

Die Aufgabe der folgenden Arbeit ist die Erfassung anatomischer Parameter der Hufform sowie histologischer Merkmale der Architektur des Stratum corneum an gesunden Hufen von englischen Vollblutpferden, Connemara-Ponys und Irischen Hüntern. Es findet ein rassebezogener Vergleich der Ergebnisse statt. Weiterhin werden die Auswirkungen unterschiedlicher histologischer Einbettungstechniken bei der Herstellung von Hornschnitten auf die Größenverhältnisse der histologischen Strukturen untersucht.

„Vom Körper aber muß man nun doch, behaupten wir, zuerst die Füße betrachten. Die Füße prüft man am besten, wenn man zuerst die ‚Hornschuhe‘ betrachtet“.
(XENOPHON, geb. 434 v. Chr.)

2. Literaturübersicht

2.1 Einleitung

Das Pferd ist unter den größeren Haustieren das einzige, dessen Wert fast ausschließlich auf seiner Leistungsfähigkeit beruht (ADAM 1882). Diese Aussage ist nach wie vor zutreffend, auch wenn sich im Laufe des 20. Jahrhunderts die Bedeutung des Pferdes grundlegend gewandelt hat. In den Industrieländern stehen heute sportliche und freizeitgestalterische Zwecke eindeutig vor der wirtschaftlichen Verwendung (SCHWARK 1987). Der Pferdebestand in Deutschland lag 1994 bei ca. 599 000 Tieren (DOHN 1995).

Der wesentliche Anteil an leistungsmindernden Erkrankungen in der Pferdehaltung entfällt auf den Bewegungsapparat (WINTER 1995). Sowohl bei Turnier- als auch bei Freizeitpferden ist eine Zunahme von Fundamentsproblemen durch eine ständig steigende bzw. eine sehr unregelmäßige Belastung zu beobachten (GLODEK 1979). Das häufigste gesundheitliche Problem der heutigen Sportpferde stellt die Lahmheit dar (CLAYTON 1987). In der deutschen Warmblutzucht liegen laut CLAUSEN *et al.* (1990) die Abgänge, welche ihre Ursachen auf diesem Gebiet haben, bei 61,2 %.

Dem Problem von Hufzustand und Lahmheiten kommt nicht nur eine tierschutzrechtliche (STEDE 1976), sondern auch eine große ökonomische Bedeutung zu. JEFFCOTT *et al.* (1982) ermittelten in einer Studie an Vollblut-Rennpferden in Newmarket (England) Lahmheiten als veterinärmedizinische Hauptursache für ökonomische Verluste (Trainings- und Startausfälle) oder auch zum Teil für verfrühtes Ausscheiden aus ihrer Karriere. Laut PETZOLD *et al.* (1988) sind etwa 20 % der Abgänge von Englischen Vollblutpferden aus dem Renngeschehen krankheitsbedingt, davon entfallen 91,1 % auf Gliedmaßenkrankungen. JACK (1987, zit. nach BALCH *et al.* 1991a) schätzte die Verluste, die amerikanischen Pferdebesitzern jährlich im Zusammenhang mit Lahmheiten entstehen, auf 500 Mill. \$.

Nach VOLLBACH (1954) haben 90 % aller Lahmheiten ihren Sitz im Huf. Laut BACK *et al.* (1995) verhält sich die Verteilung der Lahmheiten zwischen Hinter- und Vordergliedmaße wie 1:3. Dabei haben 95% der Vordergliedmaßen-Lahmheiten ihren Sitz in der Gliedmaße vom Carpus nach distal. Ein übergroßer Teil der Lahmheiten ist also im Huf oder in angrenzenden, mit ihm in enger Wechselbeziehung stehenden Bereichen lokalisiert (TURNER und STORCK

1989). Auch ROONEY *et al.* (1986) messen dem Huf als dem Sitz von Lahmheiten oder als Ursache von solchen, die sich an anderer Stelle manifestieren, große Bedeutung bei. ZSCHOCKE (1939) stellte an 50 % aller von ihm untersuchten Vorderhufen Anzeichen von Hufkrankheiten fest.

Der Huf als Fundament des Bewegungsapparates spielt also eine wichtige Rolle für Leistungspotential und Gebrauchsfähigkeit eines Pferdes (FRIEDRICH 1926, TRAMS 1944, BALCH *et al.* 1991a).

Nur Hufhorn guter Qualität sichert gesunde Hufe und wirkt damit erhaltend und fördernd auf die gesamte Gliedmaßengesundheit (NAUMANN *et al.* 1987).

Die Bedingungen, unter denen Freizeit- und Sportpferde gehalten werden, unterscheiden sich sowohl von der Lebensweise wildlebender Equiden als auch von der der Arbeitspferde. Die zivilisations- und nutzungsbedingten Faktoren wie Stallhaltung, Beschlag und zunehmend auch Bewegungsmangel beeinträchtigen die Qualität des Hufhornes. Eine züchterische Beachtung der Hornqualität bzw. der damit verbundenen histologischen Parameter würde auf diesem Gebiet eine Besserung versprechen (KÜNG 1991).

Die Veränderungen in Pferdehaltung und -zucht betreffen jedoch nicht nur die Haltungsbedingungen, sondern auch das Rassespektrum. Die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten und auch die individuelle Zuneigung zu verschiedenen Typen und Modellen fördern die Existenz und das Nebeneinander zahlreicher Rassen. Gleichzeitig erfolgt ein Rückgang oder auch die Umzüchtung betonter Wirtschaftsrassen zugunsten von Tieren im Typ des Sport- und Freizeitpferdes (SCHWARK 1987).

In der Pferdebeurteilung gibt es keine schablonenhaften Durchschnittsformen (KRONACHER und OGRIZEK 1932). Unterschiede bestehen nicht nur zwischen einzelnen Rassen und Gebrauchsrichtungen, sondern auch zwischen den Individuen. Trotzdem erscheint es möglich, für einzelne Rassen durch Messungen Mittelwerte und Schwankungsbreiten für bestimmte Körpermaße zu ermitteln (SCHREYER 1997). Ein gewisses Maß an Korrektheit einzelner Körperpartien stellt die Voraussetzung für Gesundheit und Leistung dar (ROONEY 1969, OTTO 1995).

2.2 Tiermessungen, Exterieur und Leistung

Das Bestreben, Tiere nach ihrer äußeren Erscheinung zu beurteilen, ist sehr alt. Seit den Anfängen der Pferdezucht versucht man, die Eigenschaften des Pferdes nach seinem Exterieur zu beurteilen (WIECHERT 1927), da der Gebrauchswert eines Pferdes in erster Linie von einem geeigneten Körperbau abhängig ist (WUSSOW 1970).

Das Ziel der Bemühungen ist es, gesetzmäßige Zusammenhänge zwischen der äußerlich wahrnehmbaren Form eines Pferdes und seiner objektiven Leistung bzw. seiner Nutzbarkeit herzustellen (GMELIN 1925, DÖHRMANN 1929).

Die Leistungsfähigkeit eines Pferdes ist abhängig von seinen geistigen, physischen und mechanischen Eigenschaften, wobei PLISCHKE (1927) letztere als die einzig meßbaren bezeichnete. Messungen spielen also eine bedeutende Rolle für die Gewinnung eines objektiven Bildes von der äußeren Erscheinung (KRÜGER 1939), da die Beurteilung mit bloßem Auge immer subjektiv und mit unzähligen Fehlern behaftet ist. Auch BUTZ *et al.* (1921) sowie PERKUHN (1936) sprachen Messungen eine absolute Objektivität zu.

STRATUL (1922) bezeichnete die Biometrie als das Studium des Exterieurs auf Grund genauer und wissenschaftlicher Messungen am lebenden Tier. KRYNITZ (1911) verstand die Hippometrie vor allem als ein Mittel, durch „Abnahme und Aufzeichnung von Maßen der verschiedenlichsten Körperdimensionen der Beurteilungslehre des Pferdes festeren Boden zu geben“. Dies äußerten ebenfalls BUTZ *et al.* (1921). Laut SCHMALTZ (1922) sind Messungen am Tierkörper die einzig exakte, mathematisch beweiskräftige Grundlage für die Beurteilung und den Vergleich von Körperformen.

Nicht zuletzt sind Messungen wichtig für Züchter, um objektiv festzustellen, ob und welche Veränderungen im Laufe ihrer Zuchtbemühungen eingetreten sind (PERKUHN 1936). Wie KRONACHER und OGRIZEK (1932) betonten, ist mit Messungen am Tierkörper ein Weg beschritten worden, der es mit der Zeit jedem geschulten Züchter ermöglicht, auf Grund der Betrachtung des Tierkörpers in seinen Maßverhältnissen die Eignung desselben für bestimmte Nutzungszwecke annähernd treffend zu beurteilen.

Weiterhin äußerte BANTOIU (1922), daß Messungen in der Pferdezucht als Grundlage zur Differenzierung der Rassen und Geschlechter dienen, sowie zur Beurteilung der Einzelindividuen. Außerdem wolle man bestehende Unterschiede zwischen Lauf- und Schrittpferden im Verhältnis zu den Gebrauchszwecken feststellen. Messungen am Pferd werden also zur Typisierung bestimmter Rassen oder Gebrauchsrichtungen genutzt (BANTOIU 1922, GORENIUC 1923, PORTHAN 1931). Auch BUTZ *et al.* (1921) hielten es für nützlich, „aus dem Tierkörper die für die verschiedenen Gebrauchszwecke am geeignetsten erscheinenden Maßverhältnisse“ abzulesen.

Als Nachteil von Körpermessungen bezeichnete KRYNITZ (1911) die Gefahr ihrer Überbewertung gegenüber anderen, nicht meßbaren, aber ebenfalls einflußreichen Faktoren.

Die Leistungseignung eines Individuums für bestimmte Gebrauchszwecke ist aus dem Körperbau nur bedingt und in bestimmten Grenzen abzuleiten (BETHKE 1930, KRONACHER und OGRIZEK 1932).

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts sind die Versuche, Exterieur und Leistung von Pferden in zahlenmäßige Zusammenhänge zu bringen, immer zahlreicher geworden (MAGERL 1911, STRATUL 1922, RADESCU 1923, IMMENDORF 1926, WIECHERT 1927, RÖSIÖ 1928, KRONACHER und OGRIZEK 1932, HENNINGES 1935, SCHMIDT 1939, WEHNER 1941). Den überwiegenden Teil dieser Arbeiten stellten Untersuchungen der mechanischen Verhältnisse der Gliedmaßen im Zusammenhang mit bestimmten Bewegungsleistungen dar,

wie Schrittlänge, Kilometerzeit oder den Resultaten in Rennen, Distanzwettbewerben und Springprüfungen.

KRÜGER (1939) führte Wachstums- und Winkelmessungen an verschiedenen Altersgruppen durch. PERKUHN und MAGNUS (1929) und PERKUHN (1936) untersuchten den Einfluß der Reitausbildung auf Winkel- und Körpermaße.

2.3 Das englische Vollblut

Das Englische Vollblut ist eine Kunstrasse, deren Entstehung auf das einseitig auf Rennleistung ausgelegte Zucht- und Selektionsprinzip zurückzuführen ist (UPPENBORN 1977, SCHWARK 1987, KNOLL 1990). Zur Rasse gehören alle Pferde, deren Ahnenreihe lückenlos auf jene Pferde zurückgeht, die im ersten englischen Stutbuch von 1793 verzeichnet sind (GLYN 1971, WERNER 1997). Die Schließung des Stutbuches stellt mit dem Beginn der nach außen geschlossenen Zucht den Gründungszeitpunkt der Rasse dar. An ihrer Entstehung waren vor allem Pferde orientalischen Ursprunges beteiligt. Die weibliche Ausgangsbasis bestand wahrscheinlich aus einheimischen Pferden und Stuten orientalischen und spanischen Ursprunges (LUGLI 1974, SCHWARK 1987).

Aufgrund seines hohen Anpassungsvermögens an die unterschiedlichsten Umweltbedingungen ist das englische Vollblut heute weltweit verbreitet. Pferde dieser Rasse werden in allen diese Zuchtrichtung betreibenden Ländern nach dem Prinzip der Reinzucht gezüchtet und nach gleichen bzw. unbedeutend veränderten Anforderungen der Leistungsprüfung in Flach- und Hindernisrennen auf hohem Niveau bearbeitet (NEISSER 1983).

Die Pferde verkörpern im Typus eine nicht sehr einheitliche Zweckform, da sich das Zuchtziel nicht auf das schönste oder korrekteste, sondern auf das schnellste Pferd richtet (GLYN 1971, SCHWARK 1987, KNOLL 1990).

BONGIANNI (1988) beschrieb die Rasse folgendermaßen:

- elegantes harmonisches Gebäude mit deutlichem Langrechteckformat
- Widerristhöhe: 150-173 cm
- überwiegend Braune, aber auch Fuchse, Rappen, Schimmel
- kleiner, edler, leichter Kopf mit geradem Profil, schönen, sehr beweglichen Ohren und lebhaften Augen
- langer, manchmal leicht gebogener Hals, gut aufgesetzt
- hoher, trockener Widerrist
- lange Rückenlinie, beim Steher etwas weniger lang
- beim Stehertyp meist gerade Kruppe, beim Fliegertyp manchmal etwas abfallend
- schräge, lange und gut bemuskelte Schulter
- muskulöse lange Gliedmaßen mit breiten, trockenen Gelenken, kurzer und muskulöser Oberarm, langer Unterarm und Unterschenkel, kurze Röhren
- Fesselung lang; kleine, harte und wohlgeformte Hufe

Es gibt die Bezeichnungen amerikanisches, französisches und irisches Vollblut, welche alle zur Charakterisierung eines Rassetyps des englischen Vollblutes dienen. Neben den typischen, zumeist kompakten Flachrennpferden gibt es in Irland und England die oft sehr großen Hindernispferde der „National Hunt“. Dieser Typ des Vollblutpferdes ist außerhalb der britischen Inseln kaum bekannt und die Gründe für seine Herausbildung liegen in den Besonderheiten des englisch-irischen Rennsportes, in welchem der Anteil der Hindernisrennen sehr hoch ist.

Da sich, besonders in der Vollblutzucht für Flachrennen, die erfolgreichsten internationalen Blutlinien immer mehr vermischen, ist der „irische Vollblüter“ nur noch schwer zu typisieren (RÜEGGER und MEIER 1977).

Vollblüter werden nicht nur als Renn-, sondern auch als Reitpferde in anderen Disziplinen eingesetzt, vor allem im Springen und der Military (SILVER 1991, WERNER 1997).

Das englische Vollblut war Mitbegründer zahlreicher Warmblutrassen (BONGIANNI 1988). Es wird veredelnd in fast allen modernen Reitpferdezuchten eingesetzt (SCHWARK 1987). Eine besondere Bedeutung hat es für die Zucht von Sportpferden (NEISSER 1983, EDWARDS 1995), hier unter anderem als eine Ausgangsbasis für die Gebrauchskreuzung des irischen und englischen Hunters.

Obwohl sich während der letzten Jahrzehnte in den meisten industriell entwickelten Ländern ein Rückgang der Pferdebestände vollzog, hat sich der Weltbestand an Vollblutpferden weiter erhöht (SCHWARK 1987).

In Irland stellen Rennsport und Pferdezucht den drittgrößten Wirtschaftsbereich dar (KNOLL 1990). In der Zucht des englischen Vollblutes hielt Irland 1996 am gesamteuropäischen Markt für Fohlen und Jährlinge einen Anteil von 30 %. Der Umsatz öffentlicher Auktionen betrug ca. 46 Mill. IR£. Im gleichen Jahr befanden sich 4188 Pferde im Training. Die Zuchtpopulation umfaßte 12140 Stuten, 363 Hengste und 6556 Fohlen (IRISH HORSERACING AUTHORITY 1997).

1999 befanden sich in Deutschland 4500 Pferde im Training, in der Zucht befanden sich 2511 Stuten mit 1371 Fohlen (DIREKTORIUM FÜR VOLLBLUTZUCHT UND RENNEN 1999).

2.4 Das Connemara-Pony

Das Connemara-Pony ist die einzige bodenständige Pferderasse Irlands (BONGIANNI 1988, EDWARDS 1995, AMERICAN CONNEMARA PONY SOCIETY und CONNEMARA PONY BREEDERS SOCIETY 1998).

Das Herkunftsgebiet an der westlichen Atlantikküste ist eine karge steinige Landschaft mit hohen Niederschlagsmengen, ständigen Winden und spärlichem Futterangebot, wodurch eine

besonders durch Härte und Zähigkeit hervorstechende Rasse geprägt wurde (RÜEGER und MEIER 1977).

Wie auch bei anderen sehr alten Rassen ist über ihren Ursprung wenig bekannt. Relativ sicher ist die Abstammung von keltischen Ponys, ebenso der spätere Einfluß von arabischen und andalusischen Pferden (LÖWE und MEIER 1974, RÜEGER und MEIER 1977, UPPENBORN 1978, SCHWARK 1987) sowie die Einkreuzung von weiteren Rassen wie englischem Vollblut und Fjordpferden (LUGLI 1974, BONGIANNI 1988). Nach der Gründung des ersten Zuchtverbandes 1923 und einer Formulierung des Zuchtzieles wurde das erste Zuchtbuch herausgegeben (GLYN 1971, RÜEGER und MEIER 1977, SCHWARK 1987). Das Stutbuch wurde 1963 geschlossen, bis dahin waren etwa 3000 Stuten und 200 Hengste eingetragen (SCHWARK 1987).

In den „Rules for Registration of Ponys“, welche die irische CONNEMARA PONY BREEDERS SOCIETY 1996 neu formuliert hat, ist unter anderem Folgendes festgehalten: Aufnahmeberechtigt ins Zuchtbuch sind nur Tiere, deren Eltern bereits eingetragen sind. Außerdem müssen sie bei der Bewertung nach einem Punktesystem durch Inspektoren der Zuchtgesellschaft einem festgelegten Standard in Typ, Körperbau und Bewegung entsprechen. Die Tiere dürfen nicht über 148 cm Widerristhöhe aufweisen (CONNEMARA PONY BREEDERS SOCIETY 1996).

Eine umfangreiche Rassebeschreibung gab SCHWARK (1987):

- tiefes, über viel Boden stehendes Pony
- edler, mittelgroßer Kopf mit etwas tiefliegenden Augen und kleinen Ohren
- langer Hals, gut aufgesetzt und schön getragen
- schräge, gut bemuskelte Schulter
- hoher Widerrist mit guter Sattellage und langer, elastischer Rücken
- bedeutende Gurtentiefe und Rippenwölbung
- lange, oft abgeschlagene Kruppe
- starkknochige Gliedmaßen, trocken, mit gut markierten Sehnen und Gelenken, eher zu kurz als zu lang
- Gang raumgreifend, nicht immer korrekt und oft mit Aktion
- Schimmel, Rappen, Braune, Fuchse und Falben

Die Springveranlagung ist die herausragende Leistungseigenschaft der Connemara-Ponys (GLYN 1971, RÜEGER und MEIER 1977, UPPENBORN 1978, SCHWARK 1987, EDWARDS 1995) und auch der Hauptgrund für ihre besondere sportliche Eignung. Weitere Eigenschaften sind vorzügliche Rittigkeit und ein einwandfreier Charakter (GLYN 1971, SCHWARK 1987, AMERICAN CONNEMARA PONY SOCIETY, CONNEMARA PONY BREEDERS SOCIETY 1998).

Trotz der teilweisen Heranziehung zur Arbeit in der Landwirtschaft wurde immer ein Pony im Reittyp gezüchtet, so daß sich Connemara-Ponys heute eher als kleine Pferde denn als Ponys präsentieren (RÜEGER und MEIER 1977).

Verbreitung und Export des Connemara-Ponys erstrecken sich weltweit. Zuchtvereinigungen bzw. -gesellschaften haben sich in 17 Ländern etabliert (AMERICAN CONNEMARA PONY SOCIETY, CONNEMARA PONY BREEDERS SOCIETY 1998).

Ein Problem ergibt sich dabei aus der Anspruchslosigkeit und Futterdankbarkeit der Tiere. Auf saftigeren Weideflächen außerhalb ihrer Heimat neigen sie zu größerer Statur und verlieren leicht ihren klaren Typ (GLYN 1971, BONGIANNI 1986).

An der Entstehung von Sportpferdekreuzungen, insbesondere der sog. kleinen Hunter, sind Connemara-Ponys ebenfalls beteiligt (RÜEGER und MEIER 1977, WERNER 1997).

Der Bereich des Freizeitreitens umfaßt in Deutschland den größten Anteil des Pferdesportes (WEIGL 1987). 1994 wurden 57 % aller Pferde diesem Bereich zugerechnet. Über ein Drittel davon waren Ponys und Kleinpferde (DOHN 1995). Die Anforderungen an die Qualität der Pferde steigt auch in diesem Bereich, wobei gleichzeitig ein Bedarf an auch haltungsmäßig kostengünstigen Tieren besteht (REYNOLDS 1987). Die Rasse der Connemara-Ponys profitiert vom allgemeinen Aufschwung des Freizeitreitens, aufgrund ihrer Vielseitigkeit und auch ihrer Größe, sind sie als Reitpferde sowohl für Kinder und Jugendliche als auch für leichte Erwachsene geeignet (GLYN 1971, WERNER 1997, CONNEMARAPONY VEREINIGUNG 1998). Weitere Gründe sind die relativ geringen Ansprüche an Futter und Haltung, sowie ein ruhiges und freundliches Wesen bei gesundem Vorwärtsdrang, Mut, Ausdauer und Härte.

EDWARDS (1995) bezeichnet Connemara-Ponys als die am besten verkäufliche Ponyrasse überhaupt.

In Deutschland gibt es Connemara-Ponys seit den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts, der Bestand wird gegenwärtig auf ca. 1600 Tiere geschätzt (BRANDT 1999).

2.5 Der Irische Hunter

Es handelt sich beim Hunter nicht um eine Pferderasse, sondern um eine Gebrauchskreuzung (ESEBECK 1904, BONGIANNI 1988, WERNER 1997). Jedes Pferd, welches sich für die Jagdreiterei eignet, kann als Hunter bezeichnet werden. (SILVER 1991, RUSSEL 1994).

Die Hunterzucht ist in Irland und Großbritannien beheimatet, bedingt und entstanden durch die anspruchsvolle Jagdreiterei, welche sich in den letzten Jahrhunderten hier entwickelte (GLYN 1971, RÜEGER und MEIER 1977).

Der klassische Huntertyp ist der Irische Hunter, eine Kreuzung zwischen englischem Vollblut und Irish Draught (SILVER 1991). Der Englische Hunter wird ähnlich, auf Grundlage von einheimischen Rassen wie Cleveland Bay und Suffolk gezüchtet (LUGLI 1974).

Man unterscheidet je nach Reitergewicht vier Huntertypen: Schwergewichts-, Mittelgewichts- und Leichtgewichtshunter, sowie kleine Hunter (RÜEGER und MEIER 1977, BONGIANNI 1988, WERNER 1997).

Ein Schwergewichtshunter ist normalerweise das Produkt einer Irish Draught Stute und eines Vollbluthengstes. Mittel- und Leichtgewichtshunter sind edlere Pferde, die meist aus der abermaligen Anpaarung von Vollblütern an die Töchter der Erstkreuzung hervorgehen (GLYN 1971, RÜEGER u. MEIER 1977). Ein kleiner Hunter hat gewöhnlich Ponys, z. B. Connemaras, unter seinen Vorfahren (RÜEGER u. MEIER 1977).

Der gewünschte Huntertyp richtet sich auch nach dem Jagdgelände. Für weitläufige Wiesenlandschaft wird ein mehr im Vollbluttyp stehender Hunter bevorzugt, für schweren Boden und massivere Hindernisse eher kräftiger gebaute Pferde (SCHWARZNECKER 1910, SILVER 1991, RUSSEL 1994).

Das herausragende Merkmal des Hunters ist sein Springvermögen, verbunden mit großer Ausdauer und einer robusten Konstitution (BONGIANNI 1988, SILVER 1991).

Nicht weniger wichtig sind Eigenschaften wie Mut, Umgänglichkeit, Reaktionsschnelligkeit und Trittsicherheit (WERNER 1997).

Eine wichtige Rolle im Zuchtprogramm spielen die Schauklassen, in denen der Prototyp des gewünschten Pferdeschlages stets wieder vor Augen gestellt wird. Die Richter bewerten Körperbau, Bewegung, Ausstrahlung, Manieren und Rittigkeit (GLYN 1971).

Das typische Exterieur eines Hunters beschrieb BONGIANNI (1988) folgendermaßen:

- Widerristhöhe: 162-175 cm
- wohlproportionierter Kopf, ausgeprägte Ganaschen, gerades Profil oder leichte Ramsnase
- langer, muskulöser Hals, leicht gebogen und schön aufgesetzt
- ausgeprägter Widerrist
- kurze Rückenlinie
- breite, gut bemuskelte und leicht abfallende Kruppe
- breiter und tiefer Rumpf
- schräge, kompakte Schulter
- Beine mit breiten, trockenen Gelenken und festem Huf

Die Gesamtheit dieser Eigenschaften verleiht dem Hunter ein überdurchschnittliches Talent für den Spring- und Militarysport (RÜEGER und MEIER 1977, RUSSEL 1994).

GLYN (1971), RÜEGER und MEIER (1977) sowie SCHWARK (1987) äußerten, daß ein langfristiges Problem der heutigen Hunterzucht die Erhaltung der reingezogenen Ausgangsbasis an schweren Warmblutstuten ist. Die Produktion eines Hunters ist für einen Züchter marktwirtschaftlich attraktiver als zum Beispiel die eines Irish Draught. Die staatliche Institution des Irish Horse Board versucht, mit Aufzuchtprämien für reingezogene Irish Draughts dieser Gefahr zu begegnen (RÜEGER und MEIER 1977).

In Irland waren 1992 über 7000 Hunter, also Pferde, die zu Reitjagden eingesetzt werden, registriert. Außerhalb des Rennsportes umfaßte 1993 die Sportpferdepopulation Irlands, einschließlich Ponys, etwa 48000 Tiere, davon ca. 31000 Pferde in der Zucht, ca. 7000 im Wettkampf- und ca. 10000 im Freizeitsport. Mit einem Exportvolumen von fast 7 Mill. IR£ (1993) stellt die Ausfuhr von Sportpferden für viele Züchter und Ausbilder den Hauptteil ihres Einkommens dar (CORBALLY 1996).

2.6 Der anatomische und histologische Aufbau des Pferdehufes

Das Zehenendorgan Huf besteht aus zentralen Stützteilen und dem sie umgebenden modifizierten Hautüberzug. Ähnlich wie an der behaarten Haut wird hier die Unterhaut (Subcutis) und die eigentliche Haut (Cutis) unterschieden. Letztere unterteilt sich wiederum in Lederhaut (Corium) und Oberhaut (Epidermis). Das Corium gewährleistet die Ernährung der gefäßfreien Epidermis und stellt durch die Ausbildung von Zotten und Blättchen eine mechanisch sichere Verbindung zu ihr her, fixiert also den Innenteil des Hufes fest in der Hornkapsel (BOLLIGER und GEYER 1992, BRAGULLA und BUDRAS 1997). Die Tragefunktion dieser Verbindung ist im Zehenrücken- und Seitenteil des Hufes ausgeprägter als im Trachtenbereich (HENKE 1997).

Am Huf werden verschiedene Abschnitte bzw. Segmente unterschieden: Hufsaum, Hufkrone, Hufwand, Hufsohle, Hufballen und Hufstrahl. Die Unterhaut liegt im Wand- und Sohlensegment an Hufbein und Hufknorpeln als Periost bzw. Perichondrium sehr dicht an. Im Saum-, Kron-, Strahl- und Ballenbereich bildet sie durch Bindegewebsvermehrung und Fetteinlagerung Kissen bzw. Polster zur Stoßdämpfung (SALOMON 1987, BOLLIGER und GEYER 1992, HABERMEHL 1996).

Entsprechend den genannten Segmenten am Huf bezeichnet man die Abschnitte der Lederhaut als Saum-, Kron-, Wand-, Sohlen-, Ballen- und Strahllederhaut und die von der darüberliegenden Epidermis gebildete Hornschicht als Saum-, Kron-, Wand-, Sohlen-, Ballen- und Strahlhorn. Diese bilden in ihrer Gesamtheit die Hufkapsel, wobei das Horn von Saum-, Kron- und Wandsegment insgesamt die Hufplatte oder Hufwand darstellt. Ihre proximale Begrenzung wird als Kronrand, ihre distale Begrenzung als Tragerand bezeichnet. Die Hufplatte wird in den dorsalen bzw. Rückenteil, die beiden lateralen oder Seitenteile und die beiden Trachten unterteilt. Sie schlägt palmar bzw. plantar im Eckstrebenwinkel nach dorsomedial um und bildet die Eckstrebe, welche neben der seitlichen Strahlfurche verläuft.

Je nach Oberflächenbeschaffenheit der unter der Epidermis gelegenen Lederhaut ist das Hufhorn entweder Röhren- oder Blättchenhorn (HABERMEHL 1996).

Die Saumlederhaut ist ein 4-6 mm breiter Streifen mit 1-2 mm langen, nach distal gerichteten Zotten. Über ihr wird das Saumhorn gebildet, die Deck- oder Glasurschicht (Stratum externum), welche die äußere der drei Hufwandschichten darstellt. Sie ist sehr dünn und besteht aus weichem, in Wasser quellfähigem Horn (SALOMON 1987). Das Saumhorn ist Röhrenhorn (BRUHNKE 1931b, BOLLIGER und GEYER 1992). Nach BRUHNKE (1931b) ist es nur bis ca. 2 cm distal vom Kronrand vorhanden. BUCHER (1987), SALOMON (1987) sowie BOLLIGER und GEYER (1992) schreiben das häufige distale Verschwinden dieser Schicht vor allem dem Beraspeln beim Beschlag zu.

Die Kronlederhaut schließt sich distal an die Saumlederhaut an. Sie weist 4-6 mm lange, nach distal gerichtete Zotten auf. Über ihr wird das Kronhorn gebildet, welche als Schutz- oder Hauptschicht (Stratum medium) die dickste Schicht der Hufplatte ausmacht (SALOMON 1987). Das Kronhorn ist Röhrenhorn, es ist im Bereich der Zehenwand etwa 10 mm dick und wird nach palmar/plantar allmählich dünner. Es kann in eine Außen-, Mittel- und Innenzone unterteilt werden (BOLLIGER und GEYER 1992).

Die Wandlederhaut trägt etwa 600 Blättchen, welche sich nochmals in je 100-200 Sekundärblättchen verzweigen (BOLLIGER und GEYER 1992). Zwischen den Lederhautblättchen wird das Wandhorn gebildet, die Verbindungsschicht (Stratum internum) zwischen Kronhorn und Wandlederhaut. Das Wandhorn ist Blättchenhorn, weshalb das Horn des Wandsegmentes auch als Blättchenschicht bezeichnet wird (SALOMON 1987). Am distalen Ende der Wandlederhautblättchen sind Zotten ausgebildet, auf denen ein weiches Röhrenhorn gebildet wird, welches den Raum zwischen den ebenfalls nach distal wachsenden Hornblättchen ausfüllt. Diese beiden Hornarten werden am Tragerand als weiße Linie sichtbar (BOLLIGER und GEYER 1992). SALOMON (1987), HABERMEHL (1996) sowie ELLENBERGER und BAUM (1932) zählen zur weißen Linie zusätzlich auch die innere, unpigmentierte Lage der Schutzschicht. Die weiße Linie dient als Orientierung für den Einschlag der Hufnägel (LUNGWITZ 1925, BAUER 1940, SALOMON 1987).

Die Sohlenlederhaut trägt zahlreiche, nach distal gerichtete Zotten, über denen das Horn der Hufsohle gebildet wird.

Die sehr dünne Ballenlederhaut trägt feine Zöttchen, auf denen die Epidermis im proximalen Bereich behaarte Haut, distal das dünne und weiche Ballenhorn bildet.

Die Epidermiszellen der Strahllederhaut, welche sich von hinten in die Fläche der Sohlenlederhaut einschiebt, bilden das Strahlhorn. (SALOMON 1987).

Sohlen-, Ballen- und Strahlhorn sind ebenfalls Röhrenhorn (ELLENBERGER und BAUM 1932).

Das Hufhorn ist also größtenteils als Röhrenhorn ausgebildet, dessen Röhren vom Stratum germinativum der Epidermis über den Lederhautzotten gebildet werden. Zwischen den Hornröhren befindet sich das Zwischenröhrenhorn, welches von der interpapillären Epidermis gebildet wird und die einzelnen Röhren verbindet (GROSSBAUER und HABACHER 1923, BRUHNKE 1931b, ELLENBERGER und BAUM 1932, NICKEL 1938a, HABACHER 1948, SCHWARZE 1964, BOLLIGER und GEYER 1992). Peripapillär entsteht dabei die meist mehrschichtige Rinde der Röhren, auf der Papillenspitze die Markzellen der Röhren (ELLENBERGER und BAUM 1932, NICKEL 1938a, SCHWARZE 1964).

Das Mark besteht aus bald nach ihrer Entstehung wieder zerfallenden Zellmassen, so sind die Markräume vor allem distal, in Tragerandnähe, häufig leer. Dem Röhrenmark wird keine mechanische Funktion zugeschrieben (ELLENBERGER und BAUM 1932, NICKEL 1938b, TRAUTMANN und FIEBIGER 1949, SCHWARZE 1964). Untersuchungen von BUDRAS et al. (1998) an Urwildpferden haben jedoch gezeigt, daß bei diesen das Horn des Röhrenmarks

auch in Tragrandnähe fast immer intakt ist. Es wird vermutet, daß das Röhrenmark eine Barrierefunktion gegen eine aufsteigende Keimbesiedlung hat

Laut BOLLIGER und GEYER (1992) ist die Röhrenrinde der wichtigste, tragende Teil des Hornes, die Hornzellen sind hier spezifisch angeordnet, im Zwischenröhrenhorn dagegen unregelmäßiger.

Hornzellen findet man im Pferdehuf vor allem in zwei Formen:

1. abgeplattete, pfannkuchenförmige oder zwiebelschalenähnliche Zellen, in denen Keratinfibrillen, der „innere Halt“ der Zellen, überwiegend in zwei Richtungen parallel zu den großen Flächen der Zelle verlaufen,
2. langgestreckte, spindelförmige Zellen, in denen die Keratinfibrillen bevorzugt in Längsrichtung der Zelle angeordnet sind.

Die Hornröhren kann man entsprechend der Anordnung der Zellen in ihrer Rinde in 3 Röhrentypen einteilen:

Typ 1: Röhren mit platten Zellen, der Röhrenquerschnitt ist in der Regel oval, wobei der größte Durchmesser meist parallel zur äußeren Oberfläche des Hornes verläuft. Die platten Zellen der Röhrenrinde sind in der Regel zwiebelschalenartig um das Mark angeordnet. Diesen Röhrentyp findet man vor allem in der Mittel- und Außenzone des Kronhorns.

Typ 2: Röhren, deren Rinde vorwiegend aus spindelförmigen Zellen besteht, deren Längsachse parallel zum Röhrenmark verläuft. Die Röhren haben einen vorwiegend runden Querschnitt. NICKEL (1938b) bezeichnete sie als „vorwiegend steilspiralig gewickelte“ Röhren, sie finden sich in der Innenzone des Kronhorns.

Typ 3: Röhren, deren Rinde überwiegend aus spindelförmigen Zellen besteht, die mit ihrer größten Länge zirkulär um das Mark angeordnet sind. Der Röhrenquerschnitt ist oval bis rundlich, sie sind im Sohlen- und Strahlhorn vorherrschend (BOLLIGER *et al.* 1991, BOLLIGER und GEYER 1992). NICKEL (1938b) nannte sie „vorwiegend flachspiralig gewickelte“ Röhren.

Am Übergang des inneren zum mittleren Drittel des Kronhorns ist aber nicht nur eine Änderung des Röhrentyps (von Typ 2 zu Typ 1) zu beobachten, sondern laut NICKEL (1939) auch eine Änderung in der Ausrichtung der Zellen des Zwischenröhrenhorns. NICKEL (1939) und GEYER (1996) schreiben der Innenzone des Kronhorns vor allem Bedeutung in der Aufnahme der von oben nach unten wirkenden Kräfte zu, der Mittel- und Außenzone hingegen eher ein Spannungsfunktion gegen die radiär wirkenden Druckkräfte. Bei Überlastung bzw. pathologischen Zuständen in der Hornwand tritt eine Kontinuitätstrennung dann auch zuerst am Übergang dieser morphologisch und funktionell unterschiedlichen Schichten auf (NICKEL 1939, GEYER 1996).

Nach BUDRAS *et al.* (1992) befindet sich auf den Zellmembranen der Hornzellen ein Interzellularkitt (membrane coating material), der die Hornzellen fest miteinander verbindet.

Das Kronhorn der Hufwand und das Sohlenhorn werden als Festhorn bezeichnet, als Weichhorn dagegen das Saum-, Ballen- und Strahlhorn sowie das Horn der Wandlederhaut.

(PRIETZ 1985), wobei letzteres von GROSSBAUER und HABACHER (1923), FRIEDRICH (1930), FISCHER (1933) und HABACHER (1948) als Horn der weißen Linie aufgeführt wird.

2.7 Bildung und Abnutzung von Hufhorn

Die Zellteilung beginnt im Stratum basale der Epidermis. Hier beginnt auch bereits die Verhornung der Zellen, welche sich im Stratum spinosum fortsetzt. Das geschieht durch die Einlagerung von Tonofibrillen, die Vorläufer der dicht beieinander liegenden Keratinfibrillen des Stratum corneum. Die Zellen des Stratum spinosum gehen in Gebieten, in denen hartes Horn gebildet wird, unmittelbar in das Stratum corneum über. Lediglich im Saum- und Ballensegment, wo weiches Horn gebildet wird, ist ähnlich wie an der behaarten Haut zwischen Stratum spinosum und Stratum corneum noch ein Stratum granulosum zu finden. In den oberflächlichen Lagen des Stratum spinosum degenerieren die Zellkerne, die als pyknotische Kerne in den meisten Hornzellen zu finden sind (BOLLIGER und GEYER 1992).

Ein Stratum lucidum ist nicht vorhanden (STUMP 1967).

Die ständige Zubildung von Hufhorn bewirkt das Längenwachstum der Hufwand. Dieses Vorschieben der Hornzellen vom Kronrand in Richtung Tragerand wird als Nachschub bezeichnet (GROSSBAUER u. HABACHER 1923).

LOCKARD und REINERTSON (1986) nannten folgende Faktoren, die das Hufhornwachstum beeinflussen: Zehenwinkel, Erbanlagen, Jahreszeit, Ernährung, Feuchtigkeitsgehalt des Hornes, Alter und Verwendung des Pferdes und die Einwirkung von Irritantien.

Laut LEISERING und HARTMANN (1882), SCHWENDIMANN (1937), ANDRIST (1953), BUTLER und HINTZ (1977) sowie HERTSCH und CARSTENSEN (1983) wachsen Hinterhufe schneller als Vorderhufe. Untersuchungen von RICHTER (1990) und SCHREYER (1997) konnten dies nicht bestätigen.

FRIEDRICH (1931b) führte aus, daß ungleichmäßiges Wachstum verschiedener Wandabschnitte an gesunden und kranken Hufen vorkommt. Unterschiede im Wachstum gibt es z. B. zugunsten von steilstehenden Trachtenwänden, während steilgewinkelte Vorderwände langsamer wachsen. Auch GLADE und SALZMAN (1985) stellten das geringste Wachstum an der Hufzehe ebenfalls bei Hufen mit kurzer Zehe und hohen Trachten, also bei stumpfgewinkelten Hufen fest. Eine erhöhte Belastung senkt die Wachstumsrate des Hufhornes (FRIEDRICH 1930, FRIEDRICH 1931a,b, SCHWYTER 1948, HABACHER 1948, HERTSCH und CARSTENSEN 1983, RUTHE 1988).

Das Hufwachstum wird durch die Fütterung beeinflusst (PRIETZ 1985). BUTLER und HINTZ (1977) stellten bei ad libitum gefütterten Ponys ein um 50 % gesteigertes Hufwachstum fest.

Ein Einfluß von Gelatinezufütterung auf die Wachstumsrate des Hufhornes wurde nicht festgestellt (BUTLER und HINTZ 1977), gleiches gilt für eine Biotinzufütterung (WINTZER 1986, LEU 1987, GEYER und BUDRAS 1989, GEYER und SCHULZE 1994).

Das Hufhornwachstum verringert sich in einer kalten Umgebung (STASHAK 1987, JOSSECK 1991, GEYER und SCHULZE 1994, HERTSCH *et al.* 1996). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen WHEELER *et al.* (1972) bei Schafen. SCHREYER (1997) stellte an Deutschen Reitpferden im Sommer ein etwas größeres Hufhornwachstum fest als im Winter. BUDRAS *et al.* (1999) fanden bei Przewalski-Pferden eine auffallende Jahreszeitenrythmik im Hufhornwachstum, es war im Sommer fast doppelt so groß wie im Winter.

Trockenheit wirkt sich ebenfalls hemmend auf das Wachstum des Hufhornes aus (STASHAK 1987, HERTSCH *et al.* 1996).

Das Hornwachstum erfolgt bei Hengsten langsamer als bei Wallachen und Stuten (LEISERING und HARTMANN 1882, SCHWENDIMANN 1937, ANDRIST 1953, KÖRBER 1981).

BUTLER und HINTZ (1977) sowie RICHTER (1990) dagegen stellten keinen Einfluß des Geschlechts auf das Hornwachstum fest. Die Wachstumsgeschwindigkeit des Hornes nimmt mit zunehmendem Alter ab (BUTLER und HINTZ 1977). Kronenverletzungen und die Anwendung hyperämischer Salben im Kronenbereich steigern das Hornwachstum (LOCKARD und REINERTSON 1986, STASHAK 1987).

Unbeschlagene Hufe wachsen schneller als beschlagene (LEISERING und HARTMANN 1882, FRIEDRICH 1930, SCHWENDIMANN 1937, HERTSCH und CARSTENSEN 1983, PRIETZ 1985, RUTHE 1988).

LEU (1988) stellte unterschiedliche Wachstumsraten bei unterschiedlichen Rassen fest.

Beispiele für Angaben zur monatlichen Wachstumsrate des Hufhornes in der Literatur sind folgende: HABACHER (1948), SCHWENDIMANN (1937): 8 mm, KÖRBER (1981): 10 mm und STASHAK (1987): 6 mm.

Unter natürlichen oder naturnahen Bedingungen, wie etwa bei geringer Arbeitsleistung unbeschlagener Pferde befinden sich Wachstum und Abreibung der Hornwand im Gleichgewicht (MÖLLER 1915), d.h. eine natürliche Hufform wird meist erhalten (HERTSCH und CARSTENSEN 1983, RUTHE 1988). Bei planer Fußung ist auch der Abrieb gleichmäßig (GÖRTE und SCHEIBNER 1936), es kommt hierbei demnach kaum zu Form- oder Winkelveränderungen am Huf. Laut HABACHER (1948) und BAUER (1940) nutzt sich der unbeschlagene Huf an seiner Bodenfläche bzw. am Tragerand ab, und zwar durch die Fußungs- und die Abschwungsreibung. Letztere bewirkt das Anlaufen einer Zehenrichtung an den Vorderhufen. Die Abnutzung von Sohlen- und Strahlhorn erfolgt durch Fußungsreibung und Selbstreinigung (FRIEDRICH 1930).

Bei vermehrter Arbeit, besonders auf hartem Boden, wird ein Schutz vor übermäßiger Abreibung, der Hufbeschlag, nötig (MÖLLER 1915, SCHWENDIMANN 1937, HERTSCH und CARSTENSEN 1983). Im Gegensatz zum unbeschlagenen Huf nutzen sich am beschlagenen Huf durch die Wirkung des Hufmechanismus auf dem Hufeisen die Trachten am stärksten ab, während die Abnutzung zur Mitte der Hufzehe hin immer geringer wird bzw. nicht mehr feststellbar ist (LUNGWITZ 1881, GUTENÄCKER und MOSER 1926, FISCHER

1933, GÖRTE und SCHEIBNER 1936, VOLKMANN 1938, RUPPERT 1942, BOCKENTIN 1944, HABACHER 1948, HERTSCH *et al.* 1996, SCHREYER 1997).

Das hat zur Folge, daß sich der Zehenwinkel im Laufe einer Beschlagsperiode verkleinert, und zwar nach HERTSCH und CARSTENSEN (1983) während eines Monats um 1-2°.

Die Abreibung des Hufhornes ist abhängig von Form und Belastung der Hufe (LUNGWITZ 1881, RUPPERT 1942, PRITCHARD 1965), weiterhin vom Hufmechanismus, der Verwendungsart des Pferdes, der Bodenbeschaffenheit und von Zubereitung und Beschlag (LUNGWITZ 1881). Stärker belastete Wandabschnitte werden stärker abgenutzt als schwach belastete (FRIEDRICH 1930). Die Abnutzung des Hufhornes ist außerdem abhängig von seiner Qualität. Weiches und brüchiges Horn nutzt sich schneller ab als festes Horn (RUPPERT 1942, BOCKENTIN 1944).

Bei stärkerer Abnutzung der Hornröhrchen rücken diese enger zusammen, wodurch die Widerstandsfähigkeit der Hufwand erhöht wird (PRIETZ 1985, HERTSCH *et al.* 1996).

Die Abriebfestigkeit des Hufhornes wird auch mit seinen histologischen Merkmalen in Verbindung gesetzt (MÖLLER 1915, KIND 1961, DIETZ und PRIETZ 1981). (Kapitel 2.10.3.)

2.8 Hufbeurteilung und regelmäßiger Huf

Schon die ältesten Hippologen hielten die Gestalt der Gliedmaßenenden für äußerst wichtig.

Huf und Fesselstellung bestimmen in hohem Maße die Brauchbarkeit eines Pferdes (LEHNDORFF 1881). FRIEDRICH (1926) und TRAMS (1944) äußerten, daß Wert, Arbeitsleistung und Gebrauchsfähigkeit eines Pferdes vom Zustand seiner Gliedmaßen, insbesondere seiner Hufe, abhängig sind.

BALCH *et al.* (1991a) bezeichneten den „ausbalancierten Huf“ als optimale Voraussetzung für Lahmfreiheit und Leistung. STASHAK (1987) sagte, daß eine gute Hufform und -stellung essentiell für die normale Aktivität eines Pferdes ist. Die Gestalt der Gliedmaßen, ein Hauptfaktor der Gliedmaßengesundheit, bestimmt oft die nutzbare Lebenszeit eines Pferdes. RAU (1942) bezeichnete die Beurteilung des Hufes als Spezialwissenschaft innerhalb der hippologischen Wissenschaft.

Die genaue Kenntnis der normalen Hufform ist unbedingt notwendig, um abnorme Hufbildungen überhaupt zu erkennen (HÜNI 1883). Des weiteren äußerte LUNGWITZ (1917), daß nur dann, wenn der Schmied „den Bau des Hufes kennt, wenn er weiß, warum dies und jenes im Hufe so und nicht anders von der Natur eingerichtet ist“ der Beschlag den natürlichen Verhältnissen des Hufes Rechnung tragen kann und dem Pferd somit möglichst wenige Nachteile verschafft.

Außerdem ist das Wissen über Aufbau und Funktion des Hufes auch essentiell für das Beschlagen lahmer Pferde, also für Zwecke der Therapie (BUTLER 1986).

Eine Hufbeurteilung darf allerdings niemals losgelöst von der Betrachtung der Gliedmaße erfolgen, aufgrund der engen Beziehung, in der Huf und Gliedmaßenstellung zueinander stehen (siehe Kapitel 2.9.2.1.).

Der **regelmäßige Huf** wird schon seit langem in zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben. Der regelmäßige Huf kommt bei regelmäßiger Gliedmaßenstellung vor (LUNGWITZ 1904, HANSLIAN 1911, GROSSBAUER und HABACHER 1923, HABACHER 1948).

Allgemeine Merkmale der regelmäßigen Hufform sind:

- die Wandabschnitte und die Eckstreben verlaufen gestreckt
- mediale und laterale Seitenwand verlaufen im gleichen Winkel zum Boden bzw. die mediale Wand steht geringfügig steiler
- Vorderwand und Trachtenwand verlaufen parallel
- der Kronrand ist innen und außen gleich hoch und fällt von der Seite gesehen in gleichmäßigem Bogen von vorne nach hinten ab
- die Hornsohle ist gewölbt, der Strahl gut ausgebildet

(LEISERING und HARTMANN 1898, GROSSBAUER und HABACHER 1923, GUTENÄCKER und MOSER 1926, GÖRTE und SCHEIBNER 1936, RÖDDER 1977, KÖRBER 1981, PRIETZ 1985)

Die regelmäßige Form des Hinterhufes unterscheidet sich aufgrund unterschiedlicher Belastung (WITZMANN 1969, RUTHE 1988) und Funktionalität von der des Vorderhufes. In der Bewegung haben die Vorderhufe vor allem die Funktion von Unterstützung und Abfangen der Körperlast zu erfüllen, die Hinterhufe die des Vorschubs (BAUER 1940, ROONEY 1978, BACK *et al.* 1995).

Die zusätzlichen Merkmale des regelmäßigen Vorderhufes lauten:

- der Tragerandumfang ähnelt dem stumpfen Pol eines Eies
- der Vorderwandwinkel beträgt 45-50° (leichte Variationen einiger Autoren, siehe Tab.1)
- das Längenverhältnis von Vorderwand zu Trachtenwand beträgt ca. 3:1 (leichte Variationen einiger Autoren siehe Tab. 2)
- die Weite des Tragerandes beträgt 20-30 mm mehr als die des Kronrandes
- die weiteste Stelle liegt kurz hinter der Mitte des Hufes

Die zusätzlichen Merkmale des regelmäßigen Hinterhufes lauten:

- der Hinterhuf ist etwas höher und enger als der dazugehörige Vorderhuf, seine Wände stehen etwas steiler
- der Tragerandumfang ähnelt dem spitzen Pol eines Eies
- der Vorderwandwinkel beträgt 50-55° (leichte Variationen einiger Autoren, Tab.1)

das Längenverhältnis von Vorderwand zu Trachtenwand beträgt ca. 2:1 (leichte Variationen einiger Autoren Tab.2)

- die Weite des Tragerandes beträgt etwa 20 mm mehr als die des Kronrandes
- die weiteste Stelle des Hufes liegt am Übergang vom 2. zum 3. Drittel
- die Sohle ist etwas stärker gewölbt, der Strahl kräftiger als beim Vorderhuf (GROSSBAUER und HABACHER 1923, BAUER 1940, PRIETZ 1985, RUTHE 1988, HERTSCH *et al.* 1996).

Seltener als für den Vorderwandwinkel wurden in der Literatur Richtwerte für die Seitenwandwinkel des regelmäßigen Hufes gegeben. Wichtiger als die absoluten Werte ist für die Beurteilung der Hufform der Unterschied zwischen den beiden Seitenwänden eines Hufes. Obwohl oft geäußert wird, daß die mediale Seitenwand etwas steiler steht als die laterale (FRIEDRICH 1930, FISCHER 1933, GÖRTE und SCHEIBNER 1936, BAUER 1940, RUTHE 1988), sind die angegebenen Zahlenwerte für medialen und lateralen Seitenwandwinkel (sowie für Vorder- und Hinterhuf) meist gleich (Tabelle 3).

Die Beurteilung der Hufform erfolgt von der Seite, von vorn und von der Sohle aus .

Dabei stehen die Hufformen, von vorne gesehen in keinerlei Beziehung zu den Hufformen, von der Seite gesehen (BAUER 1940).

Daraus ergibt sich die Einteilung der **unregelmäßigen Hufformen:**

von der Seite gesehen

- spitz (Vorderwandwinkel kleiner als in Tab.1 angegeben)
- stumpf (Vorderwandwinkel größer als in Tab.1 angegeben), Extremform: Bockhuf

von vorn gesehen:

- weiter Huf (Seitenwandwinkel kleiner als bei regelmäßiger Hufform, oft im Zusammenhang mit der spitzen Hufform auftretend)
- enger Huf (Seitenwandwinkel größer als bei regelmäßiger Hufform, oft im Zusammenhang mit der stumpfen Hufform auftretend)

Hufformen, bei denen (gegebenenfalls neben der Beurteilung von vorn) die Beurteilung von der Sohle eine Rolle spielt, sind der halbenge-halbweite und der diagonale Huf. (LEISERING und HARTMANN 1898, GÖRTE und SCHEIBNER 1936, BAUER 1940, PRIETZ 1985, RUTHE 1988)

Andere Hufformen, wie krumme Hufe, Flach-, Voll- und Zwanghufe werden den fehler- bzw. krankhaften Hufformen zugerechnet. Der Umformungshuf nimmt als Übergangsstadium (meist in eine stumpfere Hufform) eine Sonderstellung ein.

Obwohl man in der Hufbeurteilung die Vermischung der Bezeichnungen spitzer und weiter sowie enger und stumpfer Huf vermeiden muß, treten diese Hufmerkmale sehr oft gemeinsam auf, d.h. ein weiter Huf ist oft auch spitzgewinkelt und ein enger Huf stumpfgewinkelt (PRIETZ 1985).

Tabelle 1: Vorderwandwinkel (Zehenwinkel) der regelmäßigen Hufform (Richtwerte)

Autor	Vorderhuf	Hinterhuf
FLEMING (1869, zit. nach BALCH <i>et al.</i> 1991a)	selten unter 50°	
LEISERING und HARTMANN (1898)	45°-50°	keine Angabe
SCHWYTER (1906)	45°	50°
EBERLEIN (1908)	45°	50°
MÖLLER (1915)	45°-50°	50°-55°
DUERST (1922)	53°-68°	
WEBER (1922)	45°-50°	50°-55°
GROSSBAUER und HABACHER (1923)	47°-50°	50°-55°
GMELIN (1925)	55°	60°
LUNGWITZ (1925)	45°-50°	50°-55°
FRIEDRICH (1926)	45°-50°	50°-55°
FRÖLICH (1926)	45°	50°-55°
GUTENÄCKER und MOSER (1926)	45°-50°	50°-55°
STEGMANN VON PRITZWALD (1926)	ca. 45°	keine Angabe
SCHMALTZ (1928)	ca. 52°	
FRIEDRICH (1930)	45°-50°	50°-55°
ELLENBERGER und BAUM (1932)	45°-50°-55°	50°-55°
FISCHER (1933)	45°-50°	50°-55°
GÖRTE und SCHEIBNER (1936)	45°-50°	
SCHWENDIMANN (1937)	50°	60°
VOGT (1938)	45°-50°	50°-55°
BAUER (1940)	45°-50°	50°-55°
HABACHER (1948)	47°-50°	50°-55°
ANDRIST (1953)	45°-50°	
SCHWARZE (1964)	45°-50°	50°-60°
RUTHE (1969)	45°-50°	50°-55°
WUSSOW (1970)	45°	keine Angabe
HICKMAN (1977)	45°-50°	50°-55°
RÖDDER (1977)	45°-50°	50°-55°
KÖRBER (1981)	45°-50°	50°-55°
DIETZ und WIESNER (1984)	45°-47°	50°-55°
PRIETZ (1985)	45°-50°	50°-55°
STASHAK (1987)	45°-50°	50°-55°
RUTHE (1988)	45°-50°	50°-55°
BALCH und METCALF (1990, zit nach BALCH <i>et al.</i> 1991a)	50°-54°	53°-57°
HERMANS (1992)	45°-50°	50°-55°
HERTSCH (1992)	45°-50°	50°-55°
POLLITT 1992	48°-60°	50°-62°
HERTSCH <i>et al.</i> (1996)	46°-50°	50°-55°
VANSCHPEDAEL (1997)	ca. 54°	ca. 58°

Tabelle 2: Längenverhältnis von Zehenwand zur Trachtenwand, regelmäßiger Huf (Richtwerte)

Autor	regelmäßiger		spitzer		stumpfer	
	VH	HH	VH	HH	VH	HH
HERBST (1895)	3:1	3:1				
LEISERING und HARTMANN (1898)	3:1	2:1				
MÖLLER (1922)	3:1	2:1				
GROSSBAUER und HABACHER (1923)	2(2,5):1	2:1				
LUNGWITZ (1925)	3:1	2:1				
FRÖLICH (1926)	3:1	3:1				
GUTENÄCKER und MOSER (1926)	4:2	3:2				
FRIEDRICH (1930)	3:1	2,5:1	4:1	4:1	3:2	3:2
ELLENBERGER und BAUM (1932)	3:1	2:1				
GÖRTE und SCHEIBNER (1936)	3:1					
SCHOLZ (1938)	3:1					
BAUER (1940)	3:1					
HABACHER (1948)	2(2,5):2	2:1				
SCHWYTER (1948)	2:1	2:1				
HICKMAN (1977)	3(2):1					
RÖDDER (1977)	3:1	2:1				
KÖRBER (1981)	2:1	1,5:1				
PRIETZ (1985)	3:1	2:1				
RUTHE (1988)	3:1	2:1	>3:1			
HERTSCH (1992)	3:1	2:1				
TURNER (1993)	3:1					
HABERMEHL (1996)	3:1	2:1				
HERTSCH <i>et al.</i> (1996)	3:1	2:1				
DEGUEURCE (1997)	2:1					

Tabelle 3: Seitenwandwinkel (weiteste Stelle) am regelmäßigen Huf (Richtwerte)

Autor	Vorderhuf		Hinterhuf	
	SWL	SWM	SWL	SWM
BAUER (1940)	80°	80°	80°	80°
HABACHER (1948)	70°-90°	70°-90°	70°-90°	70°-90°
DIETZ und WIESNER (1984)	80°	80°	80°	80°

2.9 Hufmessungen

2.9.1 Überblick

Der „regelmäßige“, „gesunde“, oder „ausbalancierte“ Huf wurde und wird in einer Vielzahl von Büchern und anderen Veröffentlichungen für Veterinärmedizin und Hufbeschlag größtenteils mit Mitteln des sprachlichen Ausdrucks beschrieben. Nicht immer sind Meßwerte beigegeben, um Begriffe wie schräg und steil, eng, weit, flach, stumpf, spitz, gebogen, geneigt usw. genauer zu spezifizieren.

Die Möglichkeit, diese sehr vom subjektiven Empfinden des Betrachters beeinflussten Beschreibungen zu objektivieren, liegen für den Huf, wie für den Tierkörper allgemein, eindeutig in der Messung, mit allen genannten Vor- und Nachteilen dieser Methode (Kapitel 2.2.).

HABACHER (1917) forderte bei der Hufmessung die Berücksichtigung der fundamentalen Grundsätze der Geometrie, betonte aber, daß der Huf ein lebendes Gebilde ist, welches von Natur aus viele Formabweichungen und Variationen aufweisen kann.

PÄTZ (1922) war der Ansicht, daß sich grundlegende Vorschriften für den Hufbeschlag nicht allein auf theoretische Erwägungen stützen dürfen, sondern daß wissenschaftliche Untersuchungen die Grundlage für den Ausbau der Lehre vom Hufbeschlag geben müssen.

Die Anfänge der Hufmessungen gehen auf BOURGELAT (1813, 1818, zit. nach MEIER 1917) zurück. In Deutschland beschäftigte sich erstmalig NAUMANN (1828, zit. nach HAASE 1919) mit Hufmessungen.

Weitere Arbeiten sind die von HÜNI (1883), WOLF (1902), GROSSBAUER (1905), RICHTER (1905), SUSTMANN (1913), MEIER (1917) und VOGT (1938). SUSTMANN (1913) betonte, es sei in der Hufkunde von großem Wert, Hilfsmittel zu besitzen, um sich genaue Angaben über das physiologische und pathologische Wachstum des Hufhornes verschaffen zu können. Er fügte an, daß bei solchen Untersuchungen mit bloßem Auge trotz größerer Übung Abweichungen unvermeidbar sind und man deshalb zum objektiven Nachweis gewisse Meßinstrumente benötige. Er leistete einen Beitrag zur Bestimmung der Ausgangspunkte der Messungen, indem er die Messung von der Haargrenze der Krone und von der Kronrinne aus beschreibt.

Einen großen Fortschritt brachte die umfangreiche Veröffentlichung von MEIER (1917). Er bezeichnete sein „neues, mehr oder weniger abgerundetes wissenschaftliches System“ der Hufmessung mit dem Begriff „Hoplometrie“. Weiterhin sagte er: „Die wissenschaftliche Hoplometrie kann nur eine metrische sein“ und sprach damit den Messungen am Huf große Bedeutung zu. Er ging sehr weit, indem er forderte: „Wenn nun eine metrische Methode die bisherige beschreibende ersetzen oder gar sie übertreffen soll, so muß sie imstande sein, vom Objekte ein derartig genaues stereometrisches Bild zu geben, daß beispielsweise ein Konstrukteur in der Lage wäre, an der Hand der vorhandenen Maße das Objekt mit allen wesentlichen Einzelheiten zu rekonstruieren.“

Seine Hauptforderungen an die Methode der Hufmessung lauteten:

1. Genauigkeit
2. gänzliche Ausschaltung des Augenmaßes
3. gleich gute Anwendbarkeit für alle (physiologischen) Hufformen
4. Anwendbarkeit am lebenden Tier

Sein 72 Messungen am Huf umfassendes System erfüllt wohl diese Forderungen. Es ist sehr genau, aber auch sehr kompliziert und als Ganzes kaum praktikabel. Eine besondere Bedeutung der Arbeit liegt in der genauen Definition bestimmter Koordinaten und Linien am Huf.

HIRTE (1937) unterzog die verschiedenen Hufmeßmethoden einer kritischen Betrachtung. Er befürwortete besonders die Arbeit von MEIER (1917) und das von ihm festgelegte Koordinaten- und Punktesystem am Huf. Außerdem kam er zu der Schlußfolgerung, daß keine Methode Fehlerquellen am Objekt selbst voll und ganz ausschließen kann, da jeder Messung eine Bearbeitung des Hufes wie zum Beschlage vorausgehen müsse und diese „kann in keiner Weise für diese Zwecke genau genug vorgeschrieben sein“. Er forderte deshalb die größte Sorgfalt beim Messen selbst.

Auch GRIMM (1942) stellte fest, daß millimetergenaue Angaben trotz sorgfältigstem Arbeiten oft nicht möglich seien. Differenzen bis zu einem Millimeter müsse man daher in Kauf nehmen.

Weitere Hufmessungen, welche sich aber oft auf den Zehenwinkel beschränkten, wurden weiterhin von GUTSCHE (1922), KRONACHER und OGRIZEK (1931), WEHNER (1941), RUPPERT (1942) und BOCKENTIN (1944) durchgeführt.

Entsprechend der damaligen Bedeutung und Nutzung des Pferdes während der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts bezogen sich die damaligen Arbeiten relativ unbestimmt auf „Kavalleriepferde“, „Heeresremonten“ u.ä. Arbeiten und Messungen aus dieser Zeit bilden allerdings auch heute noch weitgehend die Grundlage für die Lehre in Hufbeschlag und Veterinärmedizin. Von den 40er bis in die 80er Jahre gab es in in der Literatur nur wenige Auseinandersetzungen mit dem Thema der Hufmessungen, bevor es dann, oft als ein sekundäres Problem, in verschiedenen Arbeiten wieder behandelt wurde (BUSHE *et al.* 1987, CLAYTON 1987, LEU 1987, RICHTER 1990, HERZBERG 1996 u.a.). Tierzahlen, Aufgabenstellung und Meßmethoden variierten dabei allerdings beträchtlich.

Eine Zusammenstellung über bisher erfolgte rassespezifische Messungen findet sich in Tabelle 4.

Es erscheint angezeigt, die begonnenen Untersuchungen an heute in größerer Stückzahl gehaltenen Rassen fortzusetzen.

2.9.2 Winkelmessungen

In den meisten Veröffentlichungen über Hufmessungen spielen die verschiedenen Winkel am Huf und die damit im Zusammenhang stehenden Hufformen eine besondere Rolle.

Schon bei HÜNI (1883) fanden sich einige Winkelmessungen. WOLF (1902) beschäftigte sich eingehend mit dem Problem der Hufmessung. „Nicht nur für die Hufmechanik allein ist die Messung von Wichtigkeit, sie bietet auch den wichtigsten Behelf für die Beurteilung des Hufes“. Er übte Kritik am „Huf-Universal-Längen-und-Winkelmesser“ von Lechner (besonders an der Messung der Seitenwandwinkel), machte aber ebenfalls keine genauen Ausführungen über seinen eigenen „Meßapparat auf wissenschaftlicher Basis“.

GROSSBAUER (1905) beschrieb einen weiteren, von ihm benutzten Winkelmesser. Für ihn war der Anschauungsunterricht der eigentliche Zweck des Messens. Doch er veröffentlichte auch Ergebnisse seiner Messungen als Richtwerte für die Formbestimmung gesunder Hufe.

RICHTER (1905) benutzte für seine Messungen den Winkelmesser nach Fleming, den er folgendermaßen beschrieb: „Derselbe besteht aus einer breiten Bodenplatte, in deren Mitte sich senkrecht eine schlitzförmige Schiene mit einem an dem einen Ende angebrachten feststehenden Zeiger befindet. Am Grunde des Zeigers liegt der Drehpunkt für das in 90° eingeteilte Winkelmaß.“ RICHTER (1905) maß mit diesem Winkelmesser lediglich den Zehenwinkel, die Trachtenwinkel maß er mit einem anderen Gerät, die Seitenwandwinkel gar nicht.

MEIER (1917) machte durch sein System von Raumkoordinaten am Huf eine Berechnung der Winkel möglich, ging aber trotzdem auf das Problem der Winkelmessung ein. Er wies auf die Schwierigkeit beim Messen der Seitenwandwinkel hin, indem er feststellte, daß dazu „ein Winkelmaß notwendig ist, welches eine doppelte Aktion hat“, da die Neigung der Seitenlinien zur Basisebene bestimmt werden muß. Die Seitenlinien verlaufen vom Extremum coronae mediale/laterale (weiteste Stelle des Kronrandes) zum entsprechenden Extremum basilare mediale/laterale (weiteste Stelle des Tragerandes).

Vom Zehenwinkel sagte er, dieses sei „der einzige Winkel, dessen Feststellung nicht zum Streitobjekt der Autoren geworden ist.“ Er definierte das Basion als Scheitelpunkt der Tragerand-Kurvatur, das Koronion als Scheitelpunkt der Kronen-Kurvatur. Vom Basion zum Koronion läuft die Linea antica. Das ist die **vordere Profillinie** und sie liegt beim regelmäßigen Huf in der Medianebene. Ihre **Neigung zur Basisebene bildet den Zehenwinkel** und „jeder senkrecht aufgestellte, in der Flucht der Medianebene befindliche Winkelmesser vermittelt richtige Resultate“. Die jeweilige Umschlagstelle der Wandung in die Eckstrebe bezeichnete er für Krone und Tragerand als Postremum coronae und Postremum basilare (laterale/mediale) und definierte so den Verlauf der entsprechenden Trachtenlinie: Linea postica (lateralis/medialis).

VOGT (1938) benutzte ebenfalls den Winkelmesser nach Fleming. Zur Messung der Seitenwandwinkel mit diesem Winkelmesser sagte er, daß der Winkelmesser an der weitesten Stelle des Tragerandes senkrecht zur Längsrichtung des Hufes aufgestellt und die Neigung der Seitenwand anvisiert wird, indem sich der Untersucher genau in Längsrichtung des Hufes stellt. Diese Aussage deckt sich mit der von MEIER (1917), daß nämlich der Seitenwandwinkel der Winkel ist, welchen man bei einem Blick auf den Huf genau von vorne sieht (Profildeterminante). Bei VOGT (1938) wurde diese relativ ungenaue Arbeitsweise durch die Tatsache, daß sein Untersuchungsgut aus toten Hufen bestand, vereinfacht. Ein genaues Anlegen des Meßschenkels an der Seitenlinie ist mit dem Winkelmesser nach Fleming infolge seiner Konstruktion nicht möglich, da der Gradbogen nur in einer Ebene beweglich ist. Das Meßverfahren für die Seitenwandwinkel durch RICHTER (1990) und HERZBERG (1996) mit dem Winkelmesser nach Fleming wurde nicht genau beschrieben.

Insgesamt nutzten zahlreiche verschiedene Autoren auch zahlreiche verschiedene Geräte und Methoden zur Winkelmessung. So bedienten sich WAGENER (1934), PERKUHN (1936) KRÜGER (1939) der Fotografie, um mit oder ohne Kennzeichnung am Tier (Kreide, Klebstreifen) am Foto die Winkel einzuzeichnen und abzumessen. Dabei stellten nicht zuletzt die genaue Positionierung des Fotografen und die eventuelle perspektivische Verzerrung ein Problem dar. Außerdem handelte es sich bei diesen drei letztgenannten Arbeiten, wie auch bei PLISCHKE (1927), WEHNER (1941) und PFEIFFER (1943), nicht um Messungen des Vorderwandwinkels am Huf, sondern um Messungen des Bodenwinkels, also des Winkels, den die gerade Zehenachse mit der Horizontalen bildet (SCHMALTZ 1922, KRONACHER und OGRIZEK 1932). Da diese beiden Winkel bei passendem Huf-Fesselstand identisch sind (Kapitel 2.9.2.1.), wurden die Ergebnisse solcher Messungen mit in die Tabelle 4 aufgenommen.

DUERST (1922) und SCHMALTZ (1922) zogen sogar die Berechnung des Bodenwinkels aus dem Fesselgelenks- bzw. Kötenwinkel vor.

Den Hauptnerschen Winkelmesser verwendeten FABER (1934) und MELLER (1937).

MUTZHAS (1942), RUPPERT (1942) und BOCKENTIN (1944) benutzten den Hufwinkelmesser nach Fischer.

LEU (1987) griff die Hufwinkel mit einem beweglichen Winkel ab und übertrug diese auf Papier, wo sie gemessen wurden.

Besonders in Untersuchungen, in denen die Hufwinkelmessung nur als Unterpunkt oder Zwischenschritt bei der Bearbeitung einer anderen Thematik behandelt wurde, findet man zum Meßverfahren häufig nur die Angabe „Hufwinkelmesser“ (GLADE und SALZMAN 1985, CLAYTON 1990, KOBLUK *et al.* 1990, TURNER 1993).

Im Überblick der Untersuchungen des Vorderwandwinkels (Tabelle 4) fällt auf, daß sich die Meßergebnisse der Autoren oft voneinander unterscheiden. Außerdem weichen viele Ergebnisse von den Richtwerten (Tabelle 1) ab, und zwar zum überwiegenden Teil nach oben. Das heißt, die tatsächlichen Meßergebnisse sprechen für eine stumpfere Zehenwinkelung (vor allem am Vorderhuf), als allgemein in Lehrbüchern angegeben.

Tabelle 4: Meßergebnisse für den Vorderwandwinkel/Bodenwinkel aus der Literatur

Autor	Bemerkungen	Vorderhuf	Hinterhuf
HÜNI (1883)	n=23	46,2° (41-54°)	49,3° (45-55°)
GROßBAUER (1905)	regelmäßige Hufe	54°	55°
MEIER (1917)	regelmäßige Hufe	49,9° (45°-53°)	51,3° (47,5°-53,5°)
DUERST (1922) *		53°-67°	53°-67°
GUTSCHE (1922) *	Trakehner, 3jährig u. älter, n=10	51,5°	51,7°
PLISCHKE (1927) *	Vollblut, 5jährig u. älter	62°(H)/64,7°(S)	63,6°(H)/63°(S)
RÖSIÖ (1928) *	nordschwedische und warm-blütige Traber, n=75	47°	58°
FRIEDRICH (1931a)	n=400	50,3°	51,5°
ELLENBERGER und BAUM (1932)		47,26°	54,1°
KRONACHER und OGRIZEK (1932)*	Brandenburger, n=60	55,53°	60,26°
FABER (1934)		47,27°	52,2°
WAGENER (1934) *	Sportpferde, n=44	63°	61,4°
PERKUHN (1936) *	ostpreußische und hannoversche Pferde, n=42	58,3° (41°-76°)	57° (46°-68°)
MELLER (1937)	n=33VH/40HH	51°	52,7°
KRÜGER (1939) *	Warmblut, 5jährig u. älter Kaltblut, 5jährig u. älter	59° 61°	67° 71°
WEHNER (1941) *	rhein.-dt. Kaltblut, n=100	53,3° (38°-68°)	59,6° (50°-69°)
RUPPERT (1942)	n=28	44°	keine Angabe
PFEIFFER (1943) *	Berber, n=98	56,3° (48°-66°)	59,0° (48°-70°)
BOCKENTIN (1944)	n=24	keine Angabe	53,2°
PIEGER (1954)	n=66	38°-57°	48°-60°
KÖRBER (1967)	Sportpferde, n=200	50,9°	54,1°
CLAYTON (1987)	n=8	53,5°	54,8°
HANTUSCH (1987)	Trabrennpferde	50,7°	54,3°
LEU (1987)	Isländer, n=4 Shires, n=5 Belgier, n=8	48° 50° 64°	53° 56° 65°
CLAYTON (1990)	n=6	53,7°	55,7°
RICHTER (1990)	Haflinger, n=16	56,5°	55,5°
JOSSECK (1991)	Lipizzaner, n=42	57°	56°
HERZBERG (1996)	Shetland-Ponys, n=8	60°	57°
SCHREYER (1997)	Deutsche Reitpferde, n=56	51,7°	53,7°

*es erfolgte eine Messung des Bodenwinkels, nicht des Hufwinkels

In diesem Zusammenhang sollen auch die Arbeiten von HEINICKE und RIEGER (1987) sowie von KERSTEN und ULRICH (1987) erwähnt werden. In ihnen wurde die Fesselgelenkswinkelung der Vordergliedmaßen von Vollblutpferden bzw. von Edlen Warmblutpferden untersucht. Jeweils weit über die Hälfte aller untersuchten Tiere wiesen im Fesselgelenk eine stumpfere Winkelung auf, als nach den Richtwerten zu erwarten gewesen wäre. HEINICKE und RIEGER (1987) fanden als Durchschnittswert für die Winkelung des Fesselgelenks der Vordergliedmaße bei den Vollblutpferden einen Wert von $148,1^\circ$. Das würde bei gerader Zehenachse einen Bodenwinkel von $58,1^\circ$ bedeuten. Bei den Warmblutpferden (KERSTEN und ULRICH 1987) liegen 81 % der Tiere mit dem Fesselgelenkswinkel ihrer Vordergliedmaße zwischen 146° und 165° , was bei gerader Zehenachse einem Bodenwinkel von 56° - 75° entsprechen würde.

Schon MEIER (1917) kam durch seine Messungen dazu, die Angaben der meisten Autoren für den Zehenwandwinkel als zu niedrig zu bezeichnen. ELLENBERGER und BAUM (1932) äußerten, daß selbst bei normalen Hufen die Winkelverhältnisse in weiten Grenzen schwanken. DUERST (1922) kommentierte seine Ergebnisse, welche eine Stellung der Fessel zur Horizontalen von etwa 53 - 67° zeigten, so: „Fesseln mit 45° , wie alte Werte sie verlangen und schildern, sind ein Unding für ein schwereres modernes Pferd“. Bei FRIEDRICH (1931 b) finden sich Auswertungen von sehr umfangreichen Wertetabellen einer Dissertation von C. Schulze von 1911, allerdings ohne eine exakte Quellenangabe.

Laut BUSHE *et al.* (1987) unterstützen keine wissenschaftlichen Daten die Behauptung, der regelmäßige Huf müsse einen Zehenwinkel von 45 - 50° aufweisen. Auch BALCH *et al.* (1991a) kritisierten die in Standardlehrbüchern und vielen anderen Veröffentlichungen angegebenen Winkel von 45 - 50° für die Vorder- und 50 - 55° für die Hintergliedmaße als zu niedrig. Dafür sprechen ebenfalls die zum Teil an verschiedenen Rassen durchgeführten Untersuchungen von PLISCHKE (1927), RÖSIÖ (1928), KRONACHER und OGRIZEK (1932), PERKUHN (1936), KRÜGER (1939), WEHNER (1941), KÖRBER (1967), HANTUSCH (1987), LEU (1987), RICHTER (1990), JOSSECK (1991), HERZBERG (1996) und SCHREYER (1997).

Ein weiterer interessanter Punkt ist der Unterschied im Vorderwandwinkel zwischen Vorder- und Hintergliedmaße. Viele Autoren gaben als Richtwerte eine durchschnittliche Differenz von 5° an (KRONACHER und OGRIZEK 1932, MILL 1984). JACKSON (1996) sprach von 3 - 4° . In diese Richtung wiesen die Meßergebnisse von KRONACHER und OGRIZEK (1932), FABER (1934) und WEHNER (1941). SCHMALTZ (1922) allerdings äußerte: „Der Bodenwinkel der Hinterzehe ist demjenigen der Vorderzehe im Allgemeinen gleich, jedenfalls nicht durchschnittlich größer (wie auch behauptet wird)“. Auch POLLITT (1992) sagte, daß Pferde mit normaler Gliedmaßenstellung gleiche Winkelung an Vorder- und Hintergliedmaße aufweisen können. In den Untersuchungen von MEIER (1917), GUTSCHE (1922), PLISCHKE (1927), FRIEDRICH (1931a) und SCHREYER (1997) wies der Zehenwinkel der Vordergliedmaße im Durchschnitt nur einen geringfügig kleineren Wert auf, als der der Hintergliedmaße, meist 1 - 2° . WAGENER (1934), PERKUHN (1936), RICHTER (1990),

JOSSECK (1991) und HERZBERG (1996) fanden sogar etwas größere Zehenwinkel an der Vorder- als an der Hintergliedmaße.

SCHMALTZ (1922) stellte bei älteren Pferden einen größeren Bodenwinkel fest, als bei jungen Tieren. Diese Aussage machte auch PERKHUHN (1936), er schrieb diese Veränderungen in erster Linie der erfolgten Reitausbildung zu und fand vor allem an der Hintergliedmaße eine Erhöhung des Bodenwinkels.

Der „richtige“ oder „normale“ Zehenwinkel ist auch gegenwärtig noch ein viel diskutiertes Thema (THOMPSON 1995).

Die Unterschiede zwischen den Meßergebnissen verschiedener Autoren führten HIRTE (1937) und GRIMM (1942) nicht nur auf den großen Formenreichtum des Hufes zurück, sondern auch auf die unterschiedlichen Meßmethoden und -geräte, die zur Anwendung kamen.

Oft wurden auch die Begleitumstände der Messungen nicht genau geschildert, vor allem gab es oft keine Angaben darüber, ob und nach welchen Kriterien eine Zubereitung der Hufe vor der Messung stattgefunden hat.

2.9.2.1 Vorderwandwinkel, Gliedmaße und Zehenachse

„In Bezug auf die Stellung stehen Gliedmaße und Huf in inniger Wechselbeziehung. Aus dieser gegenseitigen Abhängigkeit erklärt sich die Tatsache, daß fehlerhafte Gliedmaßenstellungen die Wachstums- und Formverhältnisse des Hufes verändern und umgekehrt veränderte Hufe die normale Stellung der Gliedmaßen fehlerhaft machen.“ (SCHWYTER 1906)

Einerseits ist also die Hufform abhängig von der Stellung der Gliedmaßen (HANSLIAN 1911, FISCHER 1933, SCHOLZ 1939, BAUER 1940, ZSCHOCKE 1942, SCHWYTER 1948, PRITCHARD 1965, STASHAK 1987). FAMBACH (1887) sagte, daß die Richtung der Fußachse Winkelung, Form und Belastung der Hufe und somit Länge, Stärke und Verlauf der Hufwände beeinflußt. NICKEL (1938b) wies darauf hin, daß die Form der elastischen und deshalb statisch leicht zu beeinflussenden Hornkapsel durch die Belastungsverhältnisse und diese wiederum durch die Gliedmaßenstellung bestimmt werden. So können nach RUTHE (1969) z.B. Erkrankungsvorgänge an den Gliedmaßen die Hufform verändern.

Andererseits können aber auch Veränderungen der Hufform, entstanden durch Vernachlässigung der Hufpflege, fehlerhafte Zubereitung und unzureichenden Beschlag, die Gliedmaße beeinflussen, insbesondere durch eine veränderte Belastung bzw. Schädigung ihrer Gelenke, Sehnen und Bänder (KOSSMAG 1937b, ZSCHOCKE 1942, SCHMIDT 1944, SCHWYTER 1948).

Nur ein allseitig zum Fesselstand passender Huf bietet günstige statische Bedingungen zum Abstützen der Körperlast und erhält in der Folge die Zehengelenke mit ihren Bändern und die Hornkapsel selbst in physiologischem Zustand (SCHOLZ 1938).

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, den Huf nicht nur als solchen, sondern mit Rücksicht auf den gesamten Fuß bzw. die ganze Gliedmaße zu beurteilen und auch zuzubereiten und zu beschlagen (FAMBACH 1887, LUNGWITZ 1925)

Der Vorderwandwinkel des Hufes wird fast immer im Zusammenhang mit der Neigung der Fessel bzw. der drei Zehenknochen zum Erdboden besprochen. Die Zehenachse wird definiert als eine durch die Mitte von Fessel-, Kron- und Hufbein gezogene Linie (FAMBACH 1887, LUNGWITZ 1904, VAETH 1913, HABACHER 1948, RUTHE 1988) bzw. als Verbindungslinie durch die Mittelpunkte von Fessel-, Kron- und Hufgelenk (GÖRTE und SCHEIBNER 1936).

Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf Stellungen und die Zehenachse **von der Seite** gesehen, da hier nur diese unmittelbar im Zusammenhang mit dem Vorderwandwinkel von Interesse sind.

Eine Vielzahl von Autoren stimmt darin überein, daß der Huf zum Fesselstand passen soll, d.h. daß die Zehenachse am gesunden Huf gestreckt und parallel zur dorsalen Hufwand verlaufen soll, also parallel der Hufachse (FAMBACH 1887, HERBST 1895, LEISERING und HARTMANN 1898, LUNGWITZ 1904, SCHWYTER 1906; SCHWENDIMANN 1921, MÖLLER 1922, GUTENÄCKER und MOSER 1926, STEGMANN VON PRITZWALD 1926, FRIEDRICH 1930, ELLENBERGER und BAUM 1932, FISCHER 1933, GÖRTE und SCHEIBNER 1936, SCHOLZ 1938, BAUER 1940, ZSCHOCKE 1942, HABACHER 1948, SCHWYTER 1948, PRITCHARD 1965, RUTHE 1969, HICKMAN 1977, LEACH 1983, DIETZ und WIESNER 1984, PRIETZ 1985, BUSHE. *et al.* 1987, CLAYTON 1987, STASHAK 1987, PARKS und HUNT 1990, BALCH *et al.* 1991b, HERMANS 1992, POLLITT 1992, BALCH *et al.* 1993, HÖPPNER 1996, MÜLLER *et al.* 1998, CARSTENSEN 2000, HELMKE 2000).

CLAYTON (1987) vermutete propriozeptive Reflexe als Ursache für die gestreckte Ausrichtung der drei Zehenknochen in der Vorführphase der Gliedmaße.

Viele Autoren betonten ausdrücklich, daß eine gestreckte Zehenachse wichtiger ist, als die Richtung bzw. der Winkel, in welchem sie zur Erde verläuft (KOSSMAG 1937b, BAUER 1940, PRITCHARD 1965, RICHTER 1990, POLLITT 1992, HERTSCH *et al.* 1996). BALCH *et al.* (1993) verlangten auch dann die Zubereitung des Hufes nach dem Fesselstand, wenn dadurch die beiden gegenüberliegenden Hufe eine unterschiedliche Winkelung erhalten, weil sich z.B. der Fesselstand der einen Gliedmaße durch eine Muskel-Skeletterkrankung geändert hat.

Eine Brechung der Zehenachse ist nur bei der bärenfüßigen Stellung angeboren, ansonsten aber durch Krankheit, Vernachlässigung oder fehlerhafte Zubereitung entstanden (FAMBACH 1887, SCHWENDIMANN 1921). RUTHE (1969) leitete aus der Beobachtung des

Umformungshufes ab, daß die gestreckte Zehenachse der natürliche Zustand der Gliedmaßenenden beim Pferd ist, denn der Huf sei offensichtlich immer bestrebt, sich nach dem Fesselstande auszurichten.

HEUSSER (1926), GUTENÄCKER und MOSER (1926) sowie FRIEDRICH (1930) betonten, daß diejenige Hufform die Normalform ist, die zur jeweiligen Gliedmaßenstellung paßt (Ausnahme: bärenfüßige Stellung). Spitze ($<45^\circ$) und stumpfe ($>50^\circ$) Hufe werden als unregelmäßig, aber nicht als fehlerhaft bezeichnet. Fehlerhaft sind diejenigen Hufe, welche nicht zum Fesselstand passen.

Laut BALCH *et al.* (1991a) soll bei der Hufzubereitung das Augenmerk auf die Übereinstimmung von Hufwinkel und Neigung der Fessel gelegt werden, da diese einen direkteren Einfluß auf den Huf hat als z. B. der Schulterwinkel.

HENKELS (1935) bezeichnete die Brechungen der Zehenachse bei der Betrachtung des Fußes von der Seite als die „für den praktischen Tierarzt am bedeutungsvollsten“.

Daß eine Brechung der Zehenachse zu vermeiden, bzw. eine gestreckte Zehenachse immer wieder anzustreben ist, wird nicht zuletzt mit dem Lahmheitspotential einer gebrochenen Zehenachse begründet. Und zwar wurden folgende Prädispositionen beschrieben:

bei nach hinten gebrochener Zehenachse für

- Erkrankungen der Beugesehnen (FAMBACH 1887)
- Gleichbeinlahmheit (DIETZ und WIESNER 1984)
- Hufrollenentzündung (GUTENÄCKER 1901, SCHNEIDER 1919, GUTENÄCKER und MOSER 1926, SCHOLZ 1939, TRAMS 1944, STASHAK 1987, DEGUEURCE 1997)
- Überdehnung der Hufbeinbeugesehne und Gelenkbänder, Zerrung der hinteren Kron-Fesselbeinbänder (GUTENÄCKER und MOSER 1926, FISCHER 1933)
- Erkrankungen der Hufbeinbeugesehne (HERBST 1895)
- Zwanghuf und Trachtenzwang (MOSER und WESTHUS 1950, DEGUEURCE 1997)
- frühzeitige Gelenksabnutzung, Gelenkentzündung, Sehnen- und Bänderzerrung (VAETH 1913)
- Schalenbildung (GUTENÄCKER und MOSER 1926)

Die Brechung der Zehenachse nach vorn kommt bedeutend seltener vor als die Brechung nach hinten (PARKS und HUNT 1990). Auch werden der Brechung nach vorn weniger schädliche Auswirkungen zugeschrieben (FAMBACH 1887, VAETH 1913, SCHWYTER 1921, FRIEDRICH 1930, FISCHER 1933).

In anderen Veröffentlichungen wurde die Richtung der Brechung nicht definiert, sondern lediglich aufgeführt, es bestehe eine Prädisposition

bei gebrochener Zehenachse für

- Hufrollenentzündung, Steingallen und Hufknorpelverknöcherungen (EBERLEIN 1908)

- Periostitis der Zehenknochen, Zerrung und Dehnung der Gelenkbänder und Sehnen (GUTENÄCKER 1901)
- Hornspalten (RUTHE 1969, PRIETZ, 1985)
- aseptische Pododermatitis (PRIETZ 1985)

Obwohl sehr oft beschrieben wurde, daß eine gebrochene Zehenachse oder allgemein spitze oder stumpfe Hufe für bestimmte Lahmheiten prädisponieren, sind wissenschaftliche Beweise dafür bisher kaum erbracht worden (BUSHE *et al.* 1987). Ähnlich äußerte sich bereits ZSCHOCKE (1939), doch er stellte in seiner anschließenden Untersuchung fest, daß bei einer Brechung der Zehenachse (von vorn gesehen) die mehrbelastete Hufseite auch öfter Krankheitsanzeichen zeigt.

PRITCHARD (1965) betrachtete die meisten Abnormitäten am Huf als Manifestationen von Lahmheiten, seltener als deren Ursache.

2.9.2.2 Bedeutung des Zehenwinkels für Lahmfreiheit und Therapie

Signifikante Zusammenhänge zwischen Körperbau und Lahmheiten wurden häufig besprochen (DAVIDSON 1970, KOBLUK *et al.* 1990, BEEMAN 1991). ROONEY (1969) schrieb folgendes: Sogar ein nahezu perfekter Körperbau wird ein Pferd nicht vor Lahmheit bewahren, wenn sich die äußeren Einwirkungen zu weit vom Normalbereich entfernen. Dagegen kann allerdings schon eine geringe Veränderung der äußeren Einwirkungen eine Lahmheit verursachen, wenn das Exterieur zu fehlerhaft ist.

Nicht nur eine Brechung der Zehenachse, sondern auch zum Fesselstand passende „spitze“ oder „stumpfe“ Hufe werden als prädisponierend für bestimmte Lahmheiten angesehen. Die Spezifizierung von „spitz“ und „stumpf“ ergibt sich für den jeweiligen Autor aus seiner Ansicht über die Zehenwinkelmaße des regelmäßigen Hufes (Tabelle 1).

Auch hier herrscht keine große Einheitlichkeit der verwendeten Begriffe. Oft wird im Sinne des spitzen Hufes auch die Bezeichnung „Huf mit langer Zehe/niedrigen Trachten“ (eine lange Vorderwand im Verhältnis zu den Trachten), bzw. für einen stumpfen Huf die Bezeichnung „Huf mit kurzer Zehe/hohen Trachten“ verwendet (PRITCHARD 1965, STASHAK 1987). Die leichte Abwandlung der Bezeichnung in „zu lange Zehe“ bezeichnet dann dementsprechend schon das Nichtpassen des Hufes zum Fesselstand, d.h. die gebrochene Zehenachse (SCHNEIDER 1919, DEGEUERCE 1997).

FISCHER (1930) äußerte, daß bei spitzgewinkelten Hufen die Trachten, bei stumpfgewinkelten Hufen die Vorderwand des Hufes stärker belastet wird. Gegenteilige Ergebnisse brachte eine Studie von KLUNDER und HERTSCH (1998), wonach eine Erhöhung der Trachten die Belastung in der hinteren Hufhälfte erhöhte.

Weiterhin wird die spitzgewinkelte Stellung als Ursache für eine vermehrte Belastung des Beugesehnenapparates angesehen, die stumpfgewinkelte Stellung als Ursache für eine größere Belastung der Zehenknochen und -gelenke (HERBST 1895, EBERLEIN 1908).

Es finden sich auch spezifischere Angaben, die nachfolgend zusammengestellt sind.

Die hier angeführten Prädispositionen beziehen sich auf Gliedmaßen, deren Hufe zum Fesselstand passen. Dabei gibt es Überschneidungen mit den Prädispositionen durch fehlerhaft (nicht zum Fesselstand passende) spitze/stumpfe Hufe.

Spitze Hufe prädisponieren für:

- Erkrankungen der Hufbeinbeugesehne (SIEDAMGROTZKY 1891)
- Hufrehe (GUTENÄCKER 1901)
- Podotrochlose (EBERLEIN 1908)
- Sehnerkrankungen (DISSELHORST und LÖWE 1940)
- Erkrankungen, auch Fraktur der Sesambeine (PRITCHARD 1965)
- Hufverengung und Zwanghuf (FAMBACH 1886, LUNGWITZ 1925, MOSER und WESTHUS 1950, GLADE und SALZMAN 1985)
- Trachtenzwang (RUTHE 1969)

Laut HERBST (1895), BÖTSCHI (1937) und STASHAK (1987) tritt bei spitzen Hufen eine vermehrte Anspannung bzw. Belastung des Beugesehnenapparates auf.

Eine genauere Spezifizierung erfolgte durch NILSSON *et al.* (1973), ROONEY (1983), BUSHE *et al.* (1987), THOMPSON *et al.* (1991) sowie THOMPSON *et al.* (1992), welche ausführten, daß mit **Hufwinkelerniedrigung** die Belastung der tiefen Beugesehne zunimmt. ROONEY (1983) fügte hinzu, daß durch das resultierende verminderte Durchtreten im Fesselgelenk gleichzeitig die Belastung der oberflächlichen Beugesehne und des Fesselträgers abnimmt.

THOMPSON *et al.* (1991) erzeugten in einer *in vitro* Studie an Pferdebeinen mit stark verringertem (spitzem) Vorderwandwinkel Läsionen am Strahlbein, welche in Art und Lokalisation den bei Podotrochlose auftretenden entsprachen.

Eine spitze Hufwinkelung hat außerdem eine verstärkte Abnutzung des Trachtenbereiches des Hufes auf dem Hufeisen zur Folge (LUNGWITZ 1881, RUPPERT 1942, HERTSCH *et al.* 1996) und dadurch eine verstärkte Tendenz, während einer Beschlagsperiode eine nach hinten gebrochene Zehenachse zu erzeugen.

VOLKMANN (1938) schrieb spitzen Hufen einen stärkeren Hufmechanismus und daraus resultierend auch eine stärkere Stoßdämpfung zu.

Stumpfe Hufe prädisponieren für:

- Erkrankungen des Fesselträgers (HERBST 1895)
- Distorsionen des Hufgelenkes (GUTENÄCKER 1901)

- Schalenbildung, Podotrochlose, traumatische Arthritis des Fesselgelenkes (PRITCHARD 1965, STASHAK 1987)

Laut BÖTSCHI (1937) und SMITH (1967) führt eine **Vergrößerung des Hufwinkels** zu einer wesentlichen Verminderung der Spannung der Beugesehnen.

Genauere Angaben finden sich bei LOCHNER *et al.* (1980), RIEMERSMA *et al.* (1996), THOMPSON *et al.* (1992) sowie THOMPSON (1995). Sie beschrieben eine verringerte Belastung der tiefen Beugesehne bei Erhöhung des Hufwinkels. Gleichzeitig erhöht sich die Lastaufnahme des Fesselträgers (RIEMERSMA *et al.* 1996, KEEGAN *et al.* 1991). Eine erhöhte Belastung der oberflächlichen Beugesehne im Trab wurde von STEPHENS *et al.* (1989) festgestellt.

KOBLUK *et al.* (1990) fanden in einer Untersuchung, daß Rennpferde mit signifikant weniger Erkrankungen des Bewegungsapparates stumpfere Vorderwandwinkel aufwiesen als Trainingsgefährten mit häufigen derartigen Problemen.

Die Veränderung des Vorderwandwinkels durch Hufzubereitung und -beschlagn wird schon lange als ein Mittel der Lahmheitstherapie benutzt und ebenfalls zur Korrektur eines fehlerhaften Ganges, um Lahmheiten durch Streichen oder Greifen zu vermeiden (BERNHARD 1901).

BÜCHLMANN (1948) riet zur Anbringung von Stollen oder Hufkeil, also zu einer Vergrößerung des Zehenwinkels, um den Beugesehnenapparat zu entlasten.

HÖPPNER (1996) hält eine Trachtenhochstellung zur Korrektur der überstreckten Zehenachse, bei Hufgelenks-, Strahlbein- und Hufrollenerkrankung sowie bei Hufrehe und Erkrankungen der tiefen Beugesehnen und ihres Unterstützungsbandes für angezeigt.

LEACH (1983) unterstützte die Theorien von LOCHNER *et al.* (1980) sowie von NILSSON *et al.* (1973), indem er erklärte, daß eine Trachtenhochstellung eine Entlastung der tiefen Beugesehne herbeiführt. Deshalb wird die Trachtenhochstellung auch bei Podotrochlose praktiziert (MOYER 1979, MILL 1984, TURNER 1986, STASHAK 1987).

Dementsprechend empfohlen METCALF *et al.* (1982) zur Erzielung einer Dehnungswirkung bei einer erworbenen Kontraktion der oberflächlichen Beugesehne eine Erhöhung des Hufwinkels (entspricht Trachtenhochstellung), bei der erworbenen Kontraktion der tiefen Beugesehne eine Erniedrigung des Hufwinkels.

2.9.2.3 Bedeutung des Zehenwinkels für Schenkelführung, Fußung und Leistung

Die enge Beziehung zwischen Vorderwandwinkel bzw. Zehenwinkel und Fesselgelenkwinkel wurde schon besprochen. Die Winkelung der Zehenknochen und somit der Zehenwinkel des Hufes hat ebenfalls einen Einfluß auf den Gang, also die Gliedmaßen- oder Schenkelführung (SCHWENDIMANN 1921), welche auch als „Bewegung der Hufe“ (LEISERING und HARTMANN 1898) oder „das Verhalten der Hufe in der Bewegung“ (HABACHER 1948)

bezeichnet wird. Dabei beeinflußt der Winkel des Hufes bzw. der Zehenknochen von der Seite gesehen vor allem die Aspekte der Gliedmaßenbewegung, die von der Seite aus wahrgenommen werden. Sehr häufig wurde beschrieben, daß bei einer regelmäßigen Stellung der Huf in einem regelmäßigen Kreisbogen nach vorn geführt wird. Dagegen wird bei spitzgewinkelter Stellung der Scheitelpunkt des Bogens kurz nach dem Abfußen, bei stumpfgewinkelter Stellung kurz vor dem Fußen erreicht wird (LEISERING und HARTMANN 1898, BAUER 1940, HABACHER 1948, RUTHE 1969, HICKMAN 1977, KÖRBER 1981, PRIETZ 1985, STASHAK 1987, FRANCESCO 1997).

FRIEDRICH (1930), BAUER (1940), HICKMAN (1977) und STASHAK (1987) schrieben weiterhin, daß spitzgewinkelte Hufe einen langen, flachen Bogen, stumpfe Hufe einen kurzen, hohen Bogen über dem Erdboden beschreiben, daß also die Schrittlänge mit der Hufwinkelung variiert.

Der weiche und ausgreifende Gang, der der flachen Fessel- und Zehenwinkelung zugeschrieben wird, wird als vorteilhaft für ein Reitpferd erachtet, während eine steilere Winkelung das Pferd zum Reiten wegen seines härteren Ganges weniger geeignet macht (LEHNDORFF 1881, WUSSOW 1970, STASHAK 1987). Bei Dressurpferden wünscht man zum Teil auch den optischen Effekt des ausgreifenden Ganges. Verbreitet ist weiterhin die Ansicht von Trainern und Besitzern, daß eine, wenn nötig auch künstlich herbeigeführte, flache Hufwinkelung sich positiv auf die Leistung des Pferdes auswirke (LEACH 1983), indem sie eine Verlängerung des Trabschrittes oder des Galoppsprunges und damit eine Geschwindigkeitserhöhung zur Folge hat. Zahlreiche Untersuchungen sprechen allerdings dafür, daß eine Verringerung des Hufwinkels bei der Hufzubereitung nicht diese erwarteten Ergebnisse bringt. Im Gegensatz zu RÖSIÖ (1928) konnten SCHMIDT (1939) und WEHNER (1941) keinen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Winkelungen der Gliedmaße und der Schrittlänge herstellen. Weitere Autoren kamen zu dem Schluß, daß die „lange Zehe“ (also der niedrige Hufwinkel) das Abrollen verzögert, jedoch nicht zu einer signifikanten Schrittverlängerung führt (CLAYTON 1987, CLAYTON 1987, BALCH *et al.* 1991a und b).

KOBLUK *et al.* (1990) kamen in einer Studie an Rennpferden zu dem Ergebnis, daß bei erfolgreicheren Pferden (Anzahl der Siege) der Winkel von Vorder- und Hinterhuf signifikant größer war, als bei weniger erfolgreichen Pferden. Dabei wurde nicht umfassend geklärt, ob der größere Hufwinkel lediglich geringere Lahmheitsprobleme (und damit weniger Trainings- und Startausfälle) oder auch direkt eine bessere Leistung mit sich brachte.

Auch die Ansichten über die natürliche und somit auch durch Hufzubereitung anzustrebende Fußung des Pferdes sind schon lange ein Diskussionsthema in der Literatur. Die Forderung nach der sog. „planen Fußung“ findet sich als einer der festen Grundsätze in zahlreichen Lehrbüchern des Hufbeschlages (GROSSBAUER und HABACHER 1923, LUNGWITZ 1925, FRIEDRICH 1930, GÖRTE und SCHEIBNER 1936, HABACHER 1948, KÖRBER 1981, PRIETZ 1985).

Für die meisten dieser Autoren steht die Schaffung eines planen Auftritts allerdings an zweiter Stelle zur Erhaltung einer geraden Zehenachse oder im wechselseitigen Zusammenhang damit (HERBST 1895). Nach GUTENÄCKER und MOSER (1926) ist die gerade Zehenachse die Voraussetzung für die plane Fußung. In den Vordergrund, vor alle anderen Kriterien, wird die plane Fußung nur selten gestellt (DOMINIK 1870, zit. nach VOLLBACH 1954, KRAUSE 1926).

Neuere Veröffentlichungen, besonders amerikanischen Ursprunges, besagen allerdings, daß eine Trachtenfußung die häufigste Fußungsart ist, vor allem in den Gangarten Trab und Galopp (NILSSON *et al.* 1973). Eine Äußerung in diesem Sinne traf schon FAMBACH (1887) Er sagte, daß bei einigen Pferden eine Trachtenfußung auftrete und nicht dies, sondern nur die ungebrochene Zehenachse den Anhaltspunkt zum Kürzen liefern soll.

Eine häufige Trachtenfußung, vor allem der Hinterhufe, beobachtete auch FRIEDRICH (1931b). Er vermerkte, daß Trachtenfußung an spitzgewinkelten und stumpfgewinkelten, aber auch an regelmäßigen Hinterhufen vorkommt - also auch dort, wo Hufzubereitung und Trachtenhöhe regelrecht sind. Die Fußung kann seiner Meinung nach keinen Aufschluß darüber geben, ob ein Wandabschnitt gekürzt werden muß oder nicht. ROONEY *et al.* (1978) bezeichneten die Trachtenfußung beim Pferd als ebenso natürlich wie die Fersenfußung des Menschen.

Außerdem wurde anhand von Videoaufnahmen gezeigt, daß die Gliedmaße nicht in einem Bogen vorgeführt wird, sondern eher horizontal mit zwei erhobenen Punkten kurz nach dem Abheben und in Vorbereitung auf die Landung. Ein zu niedriger Zehenwinkel führt zu einer Abflachung dieser zweiten leichten Erhöhung und hat eine vermehrte Zehenfußung in diesem Fall zur Folge (CLAYTON 1990, VANSCHEPDAEL 1997).

Laut BACK *et al.* (1995) zeigten alle von ihnen untersuchten Pferde im Trab eine Trachtenfußung der Hinterhufe. Eine Trachtenfußung der Vorderhufe trat beim größeren Teil der Tiere auf, der andere Teil zeigte eine Zehenfußung der Vorderhufe. Die Autoren zogen daraus die Schlußfolgerung, daß Hufe mit niedrigerem Winkel, wie die Vorderhufe, eher zur Zehenfußung neigen. Dem schlossen sich auch andere Autoren an (CLAYTON 1987, BALCH *et al.* 1991b, DEGUEURCE 1997), wobei die Zehenfußung als unerwünscht und eher schädlich angesehen wird. Sie alle bestätigten damit auch die Notwendigkeit einer geraden Fußachse. In diesem Sinne äußerte sich auch HERTSCH (1992).

2.9.2.4 Vorderwandwinkel, Hufzubereitung und Hufbeschlagn

Für einen großen Teil des Pferdebestandes machen die Haltungs- und Nutzungsbedingungen einen zusätzlichen Schutz der Hufe vor übermäßigem Hornabrieb, den Beschlag, notwendig (ANDRIST 1953, HICKMAN 1977).

Weitere Aufgaben des Beschlages sind:

- Gleitschutz
- Korrektur fehlerhafter Gliedmaßenstellungen (orthopädischer Beschlag)
- Unterstützung von Heilungsvorgängen am Huf (medizinischer Beschlag)
- Leistungssteigerung bei Sportpferden (HERTSCH und CARSTENSEN 1983, PRIETZ 1985).

DUNBAR (1876) bezeichnete den Hufbeschlag als ein notwendiges Übel, dessen Nachteile sich aber durch sorgfältige und sachkundige Ausführung verringern lassen.

Hufzubereitung und Beschlag beeinflussen die gesamte Gliedmaße (JONES und COLLIER 1983).

Es gibt verschiedene Theorien über die Hufzubereitung. Obwohl keine Zubereitungsmethode restlos befriedigen kann (MÜLLER *et al.* 1998), ist die Zehenachsentheorie (LUNGWITZ 1882) diejenige, welche heute allgemein befürwortet und angewandt wird (PRITCHARD 1965, RUTHE 1969, HICKMAN 1977, LEACH 1983, DIETZ und WIESNER 1984, PRIETZ 1985, BUSHE *et al.* 1987, CLAYTON 1987, STASHAK 1987, PARKS und HUNT 1990, BALCH *et al.* 1991a, POLLITT 1992, BALCH *et al.* 1993, HÖPPNER 1996, MÜLLER *et al.* 1998). Einer planen Fußung als weiteres Kriterium der Hufzubereitung wird dabei meistens ebenfalls Rechnung getragen. Eine Ergänzung zur Fesselstandstheorie ist die Theorie des Trachtenlängenverhältnisses. Sie soll eine korrekte Hufzubereitung unter ungünstigen Bedingungen, wie beim Fehlen einer ebenen Vorführbahn, ermöglichen (GRIMM 1942, SCHOLZ und KUNI 1942, SCHULZE 1944). Dieses Ziel hat auch das Verfahren nach SNOW und BIRDSALL (1991), welches jedoch mit sehr umfangreichen Messungen an der Hufwand verbunden ist. Daß der Beschlag auch Nachteile mit sich bringt, ist seit langem bekannt (RITZENTHALER 1919, LUNGWITZ 1925). Ein Beschlag setzt den Hufmechanismus teilweise außer Kraft, vermindert so die Durchblutung und verringert am beschlagenen Huf damit das Hornwachstum (LUNGWITZ 1925).

Ein weiterer Nachteil des Hufbeschlages ist die weitestgehende Umgehung der stoßdämpfenden Einrichtungen des Hufes, wodurch die Stoßkräfte, besonders beim Aufußern, unmittelbarer auf das Hufbein und somit die restlichen Zehenknochen und -gelenke übertragen wird (DYHRE-POULSEN *et al.* 1994, SMEDEGAARD und VINDRIIS 1995). Hinzu kommt eine erhöhte Verletzungsgefahr durch den Beschlag (KÖRBER 1981).

An einem beschlagenen Huf werden außerdem die Abnutzungsverhältnisse verändert. Durch die Wirkung des Hufmechanismus nutzen sich die Trachten am stärksten ab (siehe Kapitel 3.6.). Folglich verkleinert sich der Zehenwinkel im Laufe einer Beschlagsperiode. Der Huf paßt also mit längerem Liegen des Beschlages immer weniger zum Fesselstand und belastet vor allem Hufbeinbeugesehne und Gelenkbänder (GUTENÄCKER und MOSER 1926, SCHREYER 1997). Ein Anpassen des Hufes an den Fesselstand, wie es allgemein gefordert wird (FAMBACH 1887, GROSSBAUER und HABACHER 1923, GUTENÄCKER und MOSER 1926, FISCHER 1933, GÖRTE und SCHEIBNER 1936, BAUER 1940, HICKMAN

1977) erfordert daher im Normalfall das Kürzen der Zehe und das Schonen der Trachten (HERBST 1895, SCHWENDIMANN 1919, SCHOLZ 1938, RUPPERT 1942, BOCKENTIN 1944, KÖRBER 1981). MUTZHAS (1942) kam beim Kürzen von Hufen am Ende einer Beschlagsperiode zu dem Ergebnis, daß sich bei der überwiegenden Zahl der Hufe der Zehenwinkel durch das Kürzen vergrößerte, in seinen Messungen um durchschnittlich $2,9^\circ$. In Untersuchungen von GRIMM (1942) vergrößerte sich der Zehenwinkel der meisten Hufe ebenfalls, hier im Durchschnitt um $2,3^\circ$. Dem entsprechen die Aussagen von HERTSCH und CARSTENSEN (1983), daß sich in einer Beschlagsperiode von ca. 8 Wochen der Zehenwinkel eines regelmäßigen Hufes um etwa 3° verringert. Vor allem aus diesen Gründen sollen Hufzubereitung und Neubeschlag mindestens alle 8-10 Wochen durchgeführt werden (BUTLER 1986, HERTSCH und CARSTENSEN 1983), besser noch alle 6-8 Wochen (SCHREYER 1997).

Die Zubereitung des beschlagenen Hufes hat das Ziel, die normale Morphologie des Hufes wieder herzustellen, welche sich durch die Abnutzung auf dem Hufeisen verändert hat (DUNBAR 1876, HERBST 1895, FRIEDRICH 1930, FISCHER 1940, DEGEUERCE 1997).

Das Belassen einer zu langen Zehe bzw. einer zu langen Vorderwand, wird als sehr häufiger Fehler bei der Hufzubereitung angesehen (DEGEUERCE 1997).

CANNON (1978) betonte, daß jede Beschlagspraxis, die den normalen Hufwinkel verändert, eine abnormale Kräfteverteilung im Huf bewirkt.

Anpassungen des Hufes an den Fesselstand bei starker Abweichung, wie z.B. nach langer Vernachlässigung der Hufpflege, dürfen nur allmählich bzw. teilweise geschehen (SCHWYTER 1921, HABACHER 1948, STRASSER 1991, RIEMERSMA *et al.* 1996). Bei älteren Pferden ist diese Anpassung gegebenenfalls ganz zu unterlassen.

FISCHER (1940) bezeichnete das Beschneiden als die schwierigste Aufgabe des Hufschmiedes.

Durch unzumessiges und fehlerhaftes Beschneiden und Beschlagen kann dem Tier großer Schaden zugefügt werden (HEUSSER 1926).

2.9.2.5 Die Hufform im Zusammenhang mit Rasse und Vererbung

DUŠEK (1970) vermerkte, daß trotz der langen Tradition in der Pferdezucht über die Vererbung der Eigenschaften der Pferde recht wenig bekannt ist. Er stellte für die Rasse des Englischen Vollblutes für das Exterieur eine Heritabilität im mittleren Bereich fest ($h^2=0,35$).

Nach RITZENTHALER (1919) ist die Hufform das Ergebnis der Lebensweise eines Pferdes, aber auch das Kennzeichen seiner Rasse. Er forderte eine strenge Selektion, um Hufe mit schlechten Eigenschaften langfristig auszumerzen. Laut SCHWENDIMANN (1921) vererben sich gute und schlechte Gliedmaßenstellungen „mit großer Treue“, auch SCHMIDT (1944) äußerte, die Gliedmaßenstellung, welche die Hufform beeinflusst, ist teils rasse- teils aufzuchtbedingt. HEUSSER (1926) sagte, daß sich die Anlage für spitz- und

stumpfgewinkelte, sowie für weite und enge Hufe vererbt. SCHWENDIMANN (1937) und SCHOLZ (1939) hielten verschiedene Hufformen für rassebedingt.

Nach BAUER (1940) ist die Form des Hufes unter anderem auch von der Rasse des Pferdes abhängig und den Bodenverhältnissen, auf denen das Fohlen aufwächst. RAU (1942) bezeichnete die Verwendung von Zuchtpferden mit schlechter Hufform als eine Ursache für die weite Verbreitung einer solchen. Für SCHWYTER (1948) spielt die Vererbung besonders für die Anlagen zu ungleich langen Seitenwänden eine Rolle.

Für ANDRIST (1953) ist eine Vererbung der Hufform erwiesen. Unterschiedliche Zehenwinkel bei verschiedenen Pferderassen stellte auch DUERST (1922) fest. RUTHE (1988) und HERTSCH (1992) wiesen darauf hin, daß die Form der Hufe rassebedingt sein kann. KERSTEN und ULRICH (1987) bezeichneten die genetische Veranlagung und die Rasse des Pferdes neben äußeren Faktoren als ausschlaggebend für die Herausbildung der Hufform.

RICHTER (1990) leitete von seinen Meßergebnissen des Zehenwinkels bei Haflingern die Forderung ab, den rassebedingten Huf nicht schablonenhaft übernommenen Richtwerten anzupassen. Außerdem stellte er durch den Vergleich zwischen Zuchtfamilien erblich bedingte Unterschiede der Zehenwinkel fest. HERZBERG (1996) fand bei Shetland-Ponys vergleichsweise enge und steile Hufe, die er als rassetypisch bezeichnete.

2.9.3 Längenmessungen und -verhältnisse

Über Längenmessungen am Huf findet man in der Literatur schon früher Ausführungen, als über Winkelmessungen, so bei BOURGELAT (1813, zit. nach MEIER 1917).

Gemessene Parameter sind im allgemeinen Vorder-, Seiten- und Trachtenwandlänge, Kron- und Trageranddurchmesser, Kron- und Tragerandumfang und die größte Breite der Fußungsfläche. HIRTE (1937), SCHOLZ (1938) und GRIMM (1942) stellten fest, daß es häufig eine fälschliche Vermischung der Begriffe „Höhe“ und „Länge“ der Hufwände gibt, wie etwa bei HÜNI (1883).

Dazu wurden folgende Definitionen aufgestellt:

Die Länge der Wandabschnitte ist nach HIRTE (1937) gleich den Längen der Zehen-, Seiten- und Trachtenlinien.

Die Höhe dagegen bezeichneten HIRTE (1937), SCHOLZ (1938) und GRIMM (1942) als den senkrechten Abstand eines Punktes der Hufwand von der Horizontalfläche.

Mehrere Autoren empfanden die Messung in Röhrenverlaufsrichtung auch für die Messung der Seitenwandlänge als hinreichend genau (LEU 1987, SCHREYER 1997), obwohl diese hier meist nicht exakt im Verlauf der Seitenwandlinien liegt, wie MEIER (1917) und HIRTE (1937) betonten.

Von CLAYTON (1987), BALCH *et al.* (1991a) sowie DEGEURCE (1997) wurde der Begriff Zehenlänge als Synonym für die Vorderwandlänge benutzt.

Die größte Breite der unteren Huffläche ist die Summe der senkrechten Abstände der weitesten Stelle des Tragerandes von der Medianlinie (HIRTE 1937).

Ein Problem der Längenmessung am Huf ist die Festlegung des Meßpunktes an der Krone. Auf die gleiche Schwierigkeit stoßen auch Wachstumsmessungen, bei denen im allgemeinen das Vorrücken einer Markierung an der Hufwand in Richtung des Tragerandes verfolgt wird und wo dann besonders das wiederholte Auffinden des gleichen Meßpunktes an der Hufkrone in größeren Zeitabständen wichtig ist.

Die meisten Untersucher wählten die Haargrenze als Ausgangspunkt für die Messungen (LUNGWITZ 1881, SCHOLZ 1938, CLAYTON 1987, JOSSECK 1991, SCHREYER 1997, Budras *et al.* 1999)

Die Kronrinne, eine fühlbare Vertiefung zwischen Haut und Huflederhaut, wurde von SUSTMANN (1913) und HERZBERG (1996) genutzt.

Zur Abnahme der Wandlängen wurden entweder Schublehre (SCHOLZ 1938, GRIMM 1942, MUTZHAS 1942), Maßband (LEU 1987, JOSSECK 1991, HERZBERG 1996) oder Lineal (SCHREYER 1997) eingesetzt. Die Messung von Kron- und Trageranddurchmesser erfolgte bei SUSTMANN (1913), RICHTER (1990) und HERZBERG (1996) mit einem Tasterzirkel.

Für die Messung des Kron- und Tragerandumfanges wurde ein Maßband (RICHTER 1990, HERZBERG 1996, SCHREYER 1997) benutzt.

Wie auch bei den Winkelmessungen bestehen bei den verschiedenen Untersuchern methodische Unterschiede in der Durchführung der Längenmessungen. Es wurden Messungen an der aufgehobenen Gliedmaße (RICHTER 1990, HERZBERG 1996), an der belasteten Gliedmaße (SCHREYER 1997) oder an toten Hufen (MEIER 1917, VOGT 1938) vorgenommen.

In der Zusammenstellung der Meßergebnisse von Zehenwand- und Trachtenwandlängen in Tabelle 5 fällt auf, daß die daraus resultierenden Verhältnisse oft größer sind, als die entsprechenden Richtwerte in Tabelle 2, d.h. die Trachtenwände sind im Verhältnis zur Zehenwand länger, als häufig angenommen wird. Einerseits spricht dieses Ergebnis für die sich auch bei der Hufwinkelmessung abzeichnende Tendenz zu stumpferen Hufen, andererseits gibt es ein weiteres Problem, von dem nicht erwähnt wird, ob und wie es die Meßergebnisse beeinflusst haben könnte: die untergeschobenen Trachten.

Obwohl sich die Autoren einig sind, daß beim gesunden Huf Zehenwand und Trachtenwand parallel verlaufen (HÜNI 1883, FRIEDRICH 1930, KOSSMAG 1937a, ANDRIST 1953, COLLES 1983, PRIETZ 1985, ANDERSON 1992), treten relativ oft untergeschobene Trachten auf, d.h. die Trachtenwände haben eine stärkere Neigung zur Horizontalebene als die Zehenwand (HABACHER 1948). Laut FISCHER (1933) sind untergeschobene Trachten sehr häufig und RITZENTHALER (1919) bemerkte, daß dieser Mangel oft an Pferden der „irländischen Rasse“ zu beobachten sei. TURNER und STORCK (1989) stellten untergeschobene Trachten an 52 % von ansonsten normalen Hufen fest. TURNER (1993) bezeichnete untergeschobene Trachten als die am häufigsten auftretende Hufabnormalität überhaupt. Als Ursache sah FRIEDRICH (1924) eine durch Vernachlässigung oder

Beschlagsfehler zu lang gewordene Zehe. Auch PARKS und HUNT (1990) führten eine über längere Zeit nach hinten gebrochene Zehenachse als Auslöser an.

Eine Verfälschung der Meßergebnisse kann nun insofern auftreten, als daß untergeschobene Trachten länger sind, als sie es bei einer Parallelität zur Zehenwand wären. VOGT (1938) prägte die Begriffe „absolute“ und „relative“ Länge der Trachtenwand. Die relative Trachtenwandlänge konstruierte er durch Parallelverschiebung, doch ist hierzu die Messung des Trachtenwandwinkels eine Voraussetzung.

Andere Autoren äußerten sich kaum dazu, ob das Vorhandensein von untergeschobenen Trachten bei den Messungen berücksichtigt wurde, wahrscheinlich auch deshalb, weil nur wenige Hufwinkelmesser dazu geeignet sind, den Trachtenwandwinkel zu messen. Mit bloßem Auge ist es sehr schwierig, den Ausprägungsgrad untergeschobener Trachten genau einzuschätzen und somit die Beeinflussung der Messung zu beurteilen.

Tabelle 5: Ergebnisse von Längenmessungen am Huf aus der Literatur (in cm) und daraus errechnete Längenverhältnisse von Zehenwand zu Trachtenwand

Autor	Bemerkungen	regelmäßige VH			regelmäßige HH		
		VWL	TWL	Verh.	VWL	TWL	Verh.
HÜNI (1883)	n=23	10,1	3,8	2,6:1	10,7	4,2	2,5:1
MEIER (1917)		9,2	3,2	2,9:1	9,8	3,6	2,7:1
GROSSBAUER und HABACHER (1923)		8,5	4,0	2,1:1	9,0	4,3	2,1:1
FRIEDRICH (1931b)	n=355(VH)/338(HH)			2:1			9,5:5
VOGT (1938)		10,0	4,0	2,5:1	11,0	4,0	2,75:1
GRIMM (1942)				1,9:1			
MUTZHAS (1942)				2:1			
CLAYTON (1987)	n=8	8,1	2,6	3,1:1			
LEU (1987)	Belgier, n=8	11,5	8,6	1,3:1	11,7	6,6	1,8:1
	Shire, n=5	11,4	8,0	1,4:1	12,8	7,2	1,8:1
	Isländer, n=4	8,8	5,2	1,7:1	8,8	4,5	2:1
RICHTER (1990)	Haflinger, n=16	7,4	4,4	1,7:1	7,3	4,3	1,7:1
BALCH <i>et al.</i> (1991a)	Pferde 360-400 kg	7,6					
	425-475 kg	8,3					
	525-575 kg	8,9					
JOSSECK (1991)	Lipizzaner, n=42	8,4	4,4	1,9:1	8,2	3,8	2,2:1
GEYER und SCHULZE (1994)	Warmblut	10,0					
HERZBERG (1996)	Shetland-Ponys, n=8	5,7	3,7	1,5:1	5,7	3,2	1,8:1
SCHREYER (1997)	Dt. Reitpferde, n=56	11,0	5,8	1,9:1	11,1	5,0	2,2:1

Die Dicke der Hornwand wurde unter anderem von HABACHER (1948) gemessen. Er fand an der vorderen Zehenwand vorn eine Dicke von 12 mm und hinten von 11-12 mm und an der Trachtenwand eine Dicke von 6-8 mm.

2.10 Histologische Untersuchungen am Hufhorn

2.10.1 Überblick

Die Bemühungen zur Erforschung der Mikrostruktur des Hufhornes gehen weit zurück.

KERSTING (1777, zit. nach HAASE 1919) beschrieb die gestreifte Struktur des Hornes und Hornröhrchen, die die Fortsetzung von Blutgefäßen sein sollen. FREEMAN (1797) sprach von einer fibrösen Textur des Hufhornes. CHAVEAU (1853, zit. nach HAASE 1919) beschrieb Hornröhrchen, welche, außer im Strahlbereich, geradlinig und in Wandrichtung verlaufen und machte auch Maßangaben über ihren Durchmesser (Tabelle 7). Die intertubuläre Substanz bezeichnete er als amorphe Masse.

NÖRNER (1886) fand in der Glasurschicht schwache Hornröhrchen. Er unterteilte die Hornwand in lediglich zwei Schichten, wobei er die Glasurschicht und den äußeren Teil der Schutzschicht als Hornröhrchenschicht bezeichnete. Die zweite Schicht setzt sich aus der Blättchenschicht und dem inneren Teil der Schutzschicht zusammen. In der Außenzone seiner Hornröhrchenschicht beschrieb er in der Größe stark wechselnde Röhrchen, weiter nach innen hin eine zunehmende Menge an Röhrchenwandzellen. Die Zunahme der Zellreihen bewirkt dort einen größeren Röhrchendurchmesser. Außerdem fand er in der Innenzone auch Gruppen von Hornröhrchen mit gemeinsamer Röhrchenwand. NÖRNER (1886) klebte in Alkohol gehärtete Hornstücken auf Kork und gewinnt Schnitte mit Hilfe eines Mikrotoms. Zur Färbung verwendete er vorrangig Picrocarmin, zur Einbettung Kanadabalsam bzw. Glycerin.

TSCHERNE (1910) führte umfangreiche histologische Untersuchungen durch und brachte die gefundenen Ergebnisse mit der Qualität des Wandhornes in Beziehung. Er gewann von toten Hufen aus mittlerer Wandhöhe mit einer Säge Schnitte von 0,5-0,07 mm Dicke, die senkrecht zu den Hornröhrchen verliefen. Diese wurden mit Picrokarmin gefärbt, entwässert und in Kanadabalsam eingebettet. TSCHERNE (1910) nahm eine Einteilung der Schutzschicht in eine innere, mittlere und äußere Zone vor. Nach Beschreibung der Hornröhrchenform und -anordnung in den drei Zonen erfolgte die Vermessung der Hornröhrchen (Tabellen 7 und 8) mit Hilfe eines Okularmikrometers. Die Menge des Zwischenröhrchenhornes wurde geschätzt.

HAASE (1919) stellte Hufhornschnitte mit Hilfe eines Rasiermessers her. Die Zellen der Röhrchenwand liegen nach seinen Untersuchungen im Wandhorn längs, im Sohlenhorn dagegen quer zur Röhrchenachse. Ein Unterschied in Form und Größe dieser Zellen wurde nicht festgestellt.

BRUHNKE (1931b) untersuchte die Hornwandstruktur bei Pferd, Rind, Schaf und Schwein. Er stellte mittels Gefriermikrotom von formalin gehärteten Hornstücken Schnitte von 10-20 µm Dicke her, welche er in Picrokarminlösung färbte, entwässerte und in Kanadabalsam einbettete. Er beschrieb am Pferdehuf die Saum-, Kron- und Wandhornstruktur, wobei er das Kronhorn,

wie auch TSCHERNE (1910), in eine äußere, mittlere und innere Zone unterteilt. Im Saumhorn fand er wellige, zarte Röhren. Die Röhren der Außenzone des Kronhorns beschrieb er als sehr verschieden in Form und Größe, die außen liegenden als oberflächenparallel abgeflacht. Als ausgeglichener bezeichnete er die Röhren der mittleren Zone, welche in relativ viel Zwischenröhrenhorn eingebettet sind. Von außen nach innen nimmt das Auftreten von zusammengesetzten Röhren zu. In der Innenzone des Kronhorns wird außerdem das Zwischenhorn spärlicher, die Röhren stehen dichter beieinander. Maßangaben machte er nicht. Weitere Untersuchungen führte BRUHNKE (1931a) an pathologisch veränderten Hufen durch. Er stellte an Rehehufen einen ungleichmäßigen Abstand zwischen den Röhren fest und an Trachtenzwanghufen geringere Röhrendurchmesser und erhebliche Größenunterschiede der Röhrenquerschnitte in der Innenzone des Kronhorns.

Nach SEDLACEK (1936, zit. nach RÖSSNER 1940) nimmt die Anzahl der Hornröhren von der äußeren zur inneren Zone des Kronhorns ab. Die Zahl der Röhren in Vorder- und Seitenwand bezeichnete er als annähernd gleich.

NICKEL (1938b) beschrieb in der Hornröhrenrinde drei unterschiedlich gebaute Zonen mit abwechselnd rechts und links gedrehten spiraligen Zelllagen. Dabei sind die Zellstränge in der inneren Rindenzone flach, in der mittleren Rindenzone steil und in der äußeren Zone wieder flach gewickelt. Gemäß der verschiedenen starken Ausbildung dieser Zonen unterschied er vorwiegend flachspiralig gewickelte und vorwiegend steilspiralig gewickelte Röhren. NICKEL (1938b) stellte histologische Präparate her, indem er in Alkohol fixiertes Hufhorn erweichte, formalinfixierte Proben jedoch unerweicht bearbeitete. Nach einer mehrstündigen Wässerung schnitt er sie auf einem Gefriermikrotom 5-30 µm dick und färbte die Schnitte mit HE und zur Darstellung der Tonofibrillen nach Pasini oder van Gieson. Es folgte eine Einbettung in Kanadabalsam oder ungefärbt in Glycerinwasser für Untersuchungen mit polarisiertem Licht.

Nativschnitte vom Hufhorn gewann RÖSSNER (1940) auf einem Gefriermikrotom. Er färbte mit Eosin, hellte mit Xylol auf und deckte in Kanadabalsam ein. Zur mikroskopischen Untersuchungen benutzte er ein Okularmikrometer mit Quadranteneinteilung. Er brachte die Röhrenzahl pro Flächeneinheit und das Verhältnis zwischen Röhren- und Zwischenröhrenhorn sowie zwischen Röhrenmark und -rinde in Zusammenhang mit der Hufwandstellung.

HIERONYMI (1941) stellte histologische Vergleiche zwischen dem Horn gesunder Trachten und Trachtenzwanghufen an. Dafür fixierte er die Hornblöcke in Formalin und gewann nach 12-24stündigem Wässern mit Hilfe eines Gefriermikrotoms 10-20 µm dicke Schnitte. Diese wurden entweder nach Pasini, van Gieson, oder mit Alizarinblau gefärbt, entwässert und in Kanadabalsam eingebettet.

WALZ (1951) verwendete zur Herstellung histologischer Präparate unfixierte und in 10 %igem Formalin fixierte Hornproben, die er auf einem Gefriermikrotom zu 4-15 µm dicken Schnitten verarbeitete.

KIND (1961) untersuchte Hufhorn von Haus- und Przewalskipferden, Tarpanen und Zebras. Er verbrachte die Hornstücke erst in eine Hornerweichungsflüssigkeit, danach in Formalin und gewann 10-20 µm dicke Schnitte mit einem Gefriermikrotom. Es folgten eine flotierende HE-Färbung, Entwässerung in Alkohol und die Einbettung in Kanadabalsam. Zur Messung von Röhrendurchmesser und Rindenstärke benutzte er ein Trichinoskop, bespannt mit Millimeterpapier.

WILKENS (1964) stellte Nativschnitte von Klauen- und Hufhorn auf einem Gefriermikrotom her. Die 10-15µ dicken Schnitte färbte er zur lichtmikroskopischen Untersuchungen mit der HE- und der Pasini-Färbung, an ungefärbten Schnitten führte er polarisationsmikroskopische Untersuchungen durch. Er schloß sich den Aussagen von NICKEL (1938b) über flach- und steilspiralig gewickelte Rindenschichten nicht an, fand in einigen Röhrenrinden aber Zonen unterschiedlich geformter Hornzellen.

LEACH und ZOERB (1983) teilten das Kronhorn ebenfalls in drei Schichten von etwa gleicher Dicke ein, wobei in der inneren Schicht eher runde Röhren vorhanden sind, und zwar in geringerer Zahl als die ovalen Röhren in der äußeren Schicht.

Die Arbeit von BUCHER (1987) lieferte genaue Beschreibungen und Normalbefunde vom mikroskopischen Bau der Epidermis des Pferdehufes an umschriebenen Stellen. Ohne vorherige Erweichung wurden Hornproben auf einem Gefriermikrotom 10µm dick geschnitten. Die Schnitte wurden schwimmend in HE bzw. Alcianblau-PAS gefärbt. BUCHER (1987) teilte das Kronhorn ebenfalls in eine äußere, mittlere und innere Zone, allerdings rein topographisch, da anhand von morphologischen Kriterien keine scharfe Grenzziehung möglich ist. Bei der Auszählung der Hornröhren pro Flächeneinheit (Tabelle 6) in der Innen- und der Außenzone des Kronhornes wurden die schmalen Bereiche mit zahlreichen kleinen Röhren außer acht gelassen, welche sich ganz außen unmittelbar dem Saumhorn benachbart, und innen in Nähe der Hornblättchen befinden. Bei einigen Pferden traten in den Röhrenrinden des Kronhornes auch zusätzliche Markräume auf, oder einzelne Markräume im Zwischenröhrenhorn, was die genaue Zählung ebenfalls erschwerte. Es wird weiterhin ausgeführt, daß auch beim Pferd eine exakte morphologische Abgrenzung zwischen Röhrenrinden und Zwischenröhrenhorn nicht immer möglich ist. Am besten gelingt es in der Innenzone des Kronhornes. Dort befinden sich die dicksten Röhren mit dem größten Außendurchmesser, ihre Anzahl pro Flächeneinheit beträgt ca. 60 % der Röhrenzahl pro Flächeneinheit in der Außenzone. Die Röhrenzahlen pro Flächeneinheit im dorsalen und lateralen Bereich der Hufwand gleichen sich weitgehend.

Im Rahmen eines Versuches über den Einfluß von Biotingaben auf das Hufhorn machte LEU (1987) histologische Untersuchungen am Hufhorn verschiedener Pferderassen. Sie verwendete Gefriermikrotomschnitte von Nativproben von 10µm Dicke, welche schwimmend mit HE oder Alcianblau-PAS gefärbt werden. Der Hornzustand wurde mittels einer Bewertungsskala eingeschätzt. Dieses Verfahren nutzte auch KÜNG (1991). Er führte histologische Beurteilungen sowie Zerreißproben durch.

GEYER und BUDRAS (1989) erhoben lichtmikroskopische und physikalische Befunde an normalem und pathologisch verändertem Kronhorn. Sie fanden bei elektronenmikroskopischen Untersuchungen Veränderungen, welche vor allem die interzelluläre Kittsubstanz betrafen, schon in der proximalen Hufhälfte.

BUDRAS *et al.* (1989) beschrieben die Herstellung von histologischen Schnitten aus Harthorn als schwierig und zeitaufwendig. Diese Tatsache wurde als Ursache dafür vermutet, daß es kaum histologische Untersuchungen gibt, die auf verlässlichen Techniken basieren. Es wurde festgehalten, daß sogar elementare Daten über Hornstrukturen bezüglich Größe und Bau nicht verfügbar sind. Weiterhin wurde eine Methode beschrieben, Nativschnitte von Hufhorn ohne Einbettung, Fixierung und Färbung herzustellen, unter Benutzung eines mit Glasmesser ausgestatteten Mikrotom. Mit dieser Technik wurden ebenfalls Schnitte von getrockneten, bereits mehrere Jahre alten Hornproben hergestellt. Der Anteil der Epidermis der Lederhautblättchen an der Hornbildung wurde untersucht. Morphometrische Untersuchungen bezogen sich unter anderem auf Zellzahlen und -größen.

Auch BUDRAS *et al.* (1992) erwähnten die den Kunstharzen vergleichbare Konsistenz von Hornmassen und die daraus resultierende Möglichkeit von Nativschnitten.

BUDRAS und HUSKAMP (1990) untersuchten Bildung und Struktur von Füllhorn an Rehehufen.

ZENKER (1991) stellte 10 µm dicke Schnitte auf einem Gefriermikrotom her und färbte diese mit HE und Alcianblau-PAS. Er untersuchte an Lipizzanerpferden den Einfluß von Biotingaben auf makroskopische und mikroskopische Qualitätsmerkmale und Zugfestigkeit des Hufhornes.

Im Rahmen von Untersuchungen über die Zugfestigkeit von Hufhorn und die Einflüsse von Umweltfaktoren nahmen KÜNG *et al.* (1993) histologische Untersuchungen an zerrissenen Hornproben vor.

Im Zusammenhang mit physikalischen Materialprüfungen machten PELLMAN *et al.* (1993) morphometrische Angaben über das Hufhorn der verschiedenen Segmente (Tab.6). Formalinfixierte und in Paraplast eingebettete Hornproben wurden auf einem Schlittenmikrotom 5-7 µm dick geschnitten, weitere Schnitte wurden mit einem Gefriermikrotom durchgeführt. Angewandte Färbemethoden waren hier HE, PAS, Sudanschwarz und Rhodamin B und Phloxin/Tartrazin zum histochemischen Keratinnachweis. Die histometrischen Untersuchungen erfolgten mit Hilfe eines halbautomatischen Bildanalyse-systems. GEYER und SCHULZE (1994) stellten histologische Präparate von Hufhorn zur Beurteilung des Einflusses von Biotingaben her. Mit einem Gefriermikrotom wurden Nativschnitte genommen und diese flotierend einer HE- bzw. Alcianblau-PAS-Färbung unterzogen. Eingedeckt wurde mit Glyzeringelatine. BUDRAS und SCHIEL (1996) stellten Unterschiede zwischen der Hornstruktur von Haus- und Wildpferden fest. Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Hufhorn wurden u.a. von KEMPSON (1987), BUDRAS und GEYER (1989) sowie KEMPSON (1990) vorgenommen.

Weiterhin führten u.a. SCHRÖDER (1961), KEPLER (1966), MAUSKE (1972), KASTNER (1976), LEOPOLD (1978), WALZ (1979), HAERTEL (1985) und GEYER *et al.* (1998)

histologische Untersuchungen am Klauenhorn von Rindern durch, SCHULENBURG *et al.* (1986) am Klauenhorn von Schweinen.

LEOPOLD (1978) stellte vergleichende Untersuchungen an unterschiedlich verarbeiteten Klauenhornschnitten an. Dabei handelte es sich einerseits um Schnitte, die nach der HE-Färbung in aufsteigender Alkoholreihe entwässert und in Kanadabalsam eingedeckt wurden, andererseits um Schnitte, die nach der HE-Färbung lediglich gewässert und in Glyzeringelatine eingedeckt wurden. Es konnten keine signifikanten Unterschiede in den Größenverhältnissen der Hornstrukturen festgestellt werden. Die nichtentwässerten Schnitte wiesen außerdem eine sehr gute Qualität auf, ohne die Welligkeit, die oft bei den entwässerten Schnitten auftrat. Die Auswertung erfolgte mittels eines Okularmikrometers und eines Okularnetzmicrometers.

Der Vergleich der Ergebnisse der nichtentwässerten (x %) Schnitte und entwässerten (100 %) histologischen Klauenhornschnitte ergab folgende Werte:

-Klauenwandstärke	104,0 %
-Hornröhrchendichte	104,7 %
-Hornröhrchendurchmesser	100,9 %
-Hornröhrchenmarkdurchmesser	102,4 %
-Hornröhrchenrindenstärke	107,1 %

LEOPOLD *et al.* (1980) beschrieben ein vereinfachtes Färbeverfahren für histologische Massenuntersuchungen.

In den unterschiedlichen Untersuchungen wurde Material verschiedener Herkunft verwendet. So arbeiteten TSCHERNE (1910), BRUHNKE (1931a,b), NICKEL (1938a und b), RÖSSNER (1940), HIERONYMI (1941), BUCHER (1987), BUDRAS *et al.* (1989), KÜNG *et al.* (1993) mit Hufen getöteter Pferde, während Proben aus der Hufwand lebender Tiere von LEU (1987), GEYER und BUDRAS (1989), GEYER und SCHULZE (1994) benutzt wurden. Vom Schmied entfernte Tragerandabschnitte verwendeten KIND (1961), KEMPSON (1987, 1990) und ZENKER (1991). NICKEL (1938a) beschrieb die Verwendung eines Mikrotommessers mit d-Schliff für das Herstellen von Hufhornschnitten. Nach BUCHER (1987), KÜNG (1991) und ZENKER (1991) ist eine Färbung mit PAS durch die Anfärbung von Glykoproteinen sehr gut geeignet, die Zellgrenzen im Hufhorn darzustellen.

Tabelle 6: Hornröhrchenzahl/mm² aus der Literatur

Autor	Innenzone	Mittelzone	Außenzone
RÖSSNER (1940)	6,4	10,25	15,1
KIND (1961)	5,7-7,1*		
BUCHER (1987)	8	keine Angabe	14
PELLMAN <i>et al.</i> (1993)	7	keine Angabe	keine Angabe

* keine Angaben zu einzelnen Zonen

Tabelle 7: Hornröhrchendurchmesser (in mm) aus der Literatur

Autor	Innenzone	Mittelzone	Außenzone
CHAUVEAU (1853, zit. nach HAASE 1919)	0,02-0,4*		
TSCHERNE (1910)	0,385 (0,07-0,66)	0,14 (0,07-0,21)	0,21 (0,07-0,35)

* keine Angaben zu einzelnen Zonen

Tabelle 8: Markdurchmesser und Rindenstärke der Hornröhrchen (in mm) und Verhältnis Markdurchmesser : Rindenstärke aus der Literatur

Autor	Innenzone			Mittelzone			Außenzone		
	MD	RS	MD:RS	MD	RS	MD:RS	MD	RS	MD:RS
TSCHERNE (1910)	0,035	0,105	1:2- 1:3	0,035	0,07	1:2	0,035- 0,07	0,07- 0,105	1:2
RÖSSNER (1940)	0,06	keine Angabe	1:1- 1:3	0,08	keine Angabe	1:0,25- 1:1,5	0,06- 0,09	keine Angabe	1:0,5- 1:3

2.10.2 Die Eigenschaften des Hufhornes, Hornqualität

Die Eigenschaften der Hufkapsel ergeben sich aus ihren Funktionen. Diese sind neben dem Schutz der inneren Hufteile (LEACH 1980) die Kraftübertragung und die Stoßbrechung (RUTHE 1969, LEACH und ZOERB 1983). Hinzu kommt notwendigerweise eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Abrieb (LEACH und ZOERB 1983, DOUGLAS 1994). Eine schlechte Wärmeleitfähigkeit ergänzt die Schutzfunktion des Hufhornes (HABACHER 1948, RUTHE 1969, PRIETZ 1985).

Nach THOMASON *et al.* (1992) schöpft das Horn der Hufwand unter normalen Umständen nur 10-25 % seiner wirklichen Belastungskapazität aus. Es besteht somit eine große Sicherheitsspanne für Extremverhältnisse, bevor es bricht.

Zur Stoßdämpfung an den Extremitäten dient neben dem Hufmechanismus und der Winkelung der Gelenke (SCHAUDER 1951) auch die Elastizität des Hornes an sich (LUNGWITZ 1917, NICKEL 1938b, VOLKMANN 1938, SCHAUDER 1951, RUTHE 1969, LEACH 1980, KEMPSON 1990). Laut NICKEL (1938b) ist die Elastizität durch die spiralig ansteigenden Zellstränge in der Röhrchenrinde bedingt. Je steiler dieser Anstieg, um so größer ist die Fähigkeit der Röhrchen zur Querschnittsveränderung unter Belastung und um so größer ihre Elastizität. LEACH und ZOERB (1983) erwogen die Möglichkeit, daß das Röhrchenmark als Stoßdämpfer fungiert. GEYER (1996) hielt vor allem dem Röhrchentyp II für stoßdämpfend, bedingt durch die Ausrichtung der spindelförmigen Rindenzellen in Längsrichtung der Röhrchen im inneren Drittel des Kronhornes. LEACH (1980), LEACH und ZOERB (1983) und DOUGLAS *et al.* (1996) stellten fest, daß die Festigkeit des Hornes von der Außenzone

zur Innenzone des Kronhornes von 100 % auf etwa 60 % abnimmt und vermuteten darin einen stoßdämpfenden Schutzmechanismus für die inneren Strukturen des Hufes.

Verschiedene Untersucher versuchten, die Widerstandsfähigkeit des Hufhornes mit unterschiedlichen Methoden zu erfassen. Folgende Methoden und Begriffe wurden verwendet:

Härte ist der Widerstand, den ein Material dem Eindringen eines härteren Körpers entgegensetzt (NITZSCHE 1980).

Druckfestigkeit ist der Druckwiderstand je Flächeneinheit, der sich einer gleichmäßig verteilten Druckbelastung in Richtung der Längsachse entgegensetzt (NAUMANN 1984). Druckversuche sind die Umkehrung der häufiger durchgeführten Versuche zur Bestimmung der **Zugfestigkeit**.

Abrieb ist der Gewichtsverlust eines definierten Probekörpers der unter einer konstanten Andruckkraft gegen ein sich gleichmäßig bewegendes Reibmaterial mit einer bestimmten Angriffsschärfe zustande kommt (NAUMANN 1984).

BRUHNKE (1931b) führte Zug- bzw. Zerreißversuche durch. Dabei fand er am Lateralteil der Hufkapsel eine geringere Festigkeit als am Dorsalteil, die geringste Festigkeit am Volarteil. SASSEN (1938) machte Abriebversuche mit Hilfe einer Schleifscheibe. Er stellte fest, daß die Pigmentierung des Hufhornes zwar einen Einfluß auf seine Festigkeit hat, nicht jedoch Faktoren wie Geschlecht, Alter und Rasse des Tieres oder Merkmale wie Feuchtigkeitsgehalt des Hornes und Dicke der Hornwand.

NAUMANN *et al.* (1987) fand am Sohlenhorn von Pferd und Rind eine annähernd gleiche Druckfestigkeit. Außerdem stellte er beim Pferd am Wandhorn gegenüber dem Sohlenhorn etwa die doppelte Druckfestigkeit fest.

KÜNG (1991) und KÜNG *et al.* (1991) stellten im Dorsalbereich der Hufwand für das Kronhorn der Außenzone eine Zugfestigkeit von 6 kp/mm² fest, eine geringere für die Innenzone. Auch DOUGLAS *et al.* (1996) fanden in der Innenzone des Kronhornes eine geringere Druck- und Zugfestigkeit als in der Außenzone.

Nach GEYER (1996) beträgt die Zugfestigkeit für Kronhorn der Außenzone (obere Hufhälfte) 6 kp/mm², für Sohlenhorn 5,5 kp/mm² und für Strahlhorn 4,5 kp/mm². Außerdem gibt es auch große individuelle Unterschiede zwischen einzelnen Pferden.

LEU (1987) sowie GEYER und SCHULZE (1994) fanden eine verminderte Zugfestigkeit an histologisch verändertem Horn.

Weitere Materialprüfungen am Hufhorn führten PELLMAN *et al.* (1993) sowie BRAGULLA *et al.* (1994) mit der Kugeleindruckmethode durch.

Die Eigenschaften der Hufkapsel hängen eng mit der Hornqualität zusammen (PRIETZ 1985). Man findet kaum eine exakte Definition des Begriffes der Hornqualität in der Literatur. Horn guter Qualität beschrieben GROSSBAUER und HABACHER (1923) sowie LUNGWITZ

(1925) als fein und zäh. Übereinstimmung herrscht weitgehend in den Beschreibungen von Qualitätsmängeln. Als solche gelten Risse und Ausbrüche, also bröckliges, mürbes und sprödes Horn (TSCHERNE 1910, GROSSBAUER und HABACHER 1923, LUNGWITZ 1925, JOSSECK 1991, ZENKER 1991, SLATER und HOOD 1997). Daraus resultieren Tragerandausbrüche, Hornspalten (DIETZ und WIESNER 1984) und ein schlechter Halt der Hufeisen (KEMPSON 1991). Einerseits führt brüchiges Horn häufig zu einer schlechten Hufform, wie sehr weiten Hufen und eingebogenen, konkaven Wänden (COMBEN *et al.* 1984, KEMPSON 1990), andererseits begünstigt eine Hufform, die nicht zur Gliedmaße paßt, Spannungen und daraus folgend Risse und Schäden in der Hornwand (KÜNG 1991). Hufhorn guter Qualität ist optimal an die jeweils segmentspezifischen Erfordernisse angepaßt (PELLMANN *et al.* 1993).

NAUMANN *et al.* (1987) benutzten zur Charakterisierung einer guten Hornqualität drei mechanisch-physikalische Parameter: geringer Abrieb, hohe Druckfestigkeit und hohe Härte.

Als Faktoren, welche die Hornqualität beeinflussen, wurden folgende genannt, wobei besonders die ersten beiden Punkte in engem Zusammenhang stehen:

- histologische Eigenschaften des Hufhornes (TSCHERNE 1910, KOSSMAG 1937a, RÖSSNER 1940, KIND 1961, BUCHER 1987, PELLMANN *et al.* 1993)
- Vererbung/Rasse (RITZENTHALER 1919, MÖLLER 1920, ANDRIST 1953, LANDEAU *et al.* 1983, JOSSECK 1991, KÜNG 1991, EUSTACE 1994, JOSSECK 1996)
- Ernährung (LANDEAU *et al.* 1983, KEMPSON 1987, JOSSECK 1991, KÜNG 1991, EUSTACE 1994, BUDRAS und SCHIEL 1996)
- Feuchtigkeit des Hornes (GARNHAFT 1926, SCHOLZ 1952, LEACH und ZOERB 1983, EUSTACE 1994, BUDRAS und SCHIEL 1996)
- weitere exogene Einflüsse, wie Anwesenheit von Kot, Urin und Ammoniak, keratolytische Infektionen und Hufsalben (KÜNG 1991, STRASSER 1991, EUSTACE 1994, BUDRAS und SCHIEL 1996)
- Alter (LANDEAU *et al.* 1983, JOSSECK 1996)

Außerdem nannte EUSTACE (1994) den Beschlag als mögliche Ursache für eine veränderte Belastung in der Hornkapsel und daraus resultierend Brüche der Hornwand.

Es wird empfohlen, bei der Zuchtwahl auf die Qualität des Hufhornes zu achten, da eine Vererbung dieser Eigenschaften in hohem Maße zu erwarten ist (RITZENTHALER 1919, ANDRIST 1953, JOSSECK 1991, KÜNG 1991, EUSTACE 1994). Trotzdem ist die Hufgesundheit in der Zucht kaum ein Entscheidungskriterium. Es werden im Gegenteil Stuten mit Hufproblemen meist noch früher in die Zucht genommen als Tiere, die keine solche Leistungsbeeinträchtigungen aufweisen (KÜNG 1991).

Eine genetische Bedingtheit für qualitativ gutes oder schlechtes Hufhorn stellten JOSSECK (1996) und SCHMITT (1998) bei Lipizzanerpferden fest. Die Hornqualität von Nachkommen und Verwandten von Tieren mit besonders guter oder besonders schlechter Hornqualität

unterschied sich deutlich von der anderer Tiere. Auch SLATER und HOOD (1997) fanden einen Zusammenhang zwischen Rasse und Hufwandproblemen, welche ihre Ursachen in schlechter Hornqualität hatten.

Häufig wird einzelnen Pferderassen oder Rassegruppen eine bestimmte Hornqualität nachgesagt. So sprachen RITZENTHALER (1919), MÖLLER (1920) und KOSSMAG (1937a) über besonders feste Hufe bei edlen Pferden. Von Natur aus widerstandsfähige und harte Hufe wurden orientalischen Pferderassen (CARNAT 1953, STRASSER 1991) und vor allem dem Englischen Vollblut zugeschrieben (OETTINGEN 1920, GLYN 1971, LUGLI 1974, SCHWARK 1978, SCHWARK 1987, BONGIANNI 1988, KNOLL 1990). NAUMANN (1984) kam zu dem statistisch gesicherten Ergebnis, daß das Wandhorn von Vollblutpferden eine höhere Härte aufweist als das von Warm- und Kaltblutpferden.

Ebenso wurden rassebedingte Unterschiede in der Qualität des Klauenhorns beschrieben (DIETZ *et al.* 1971, DIETZ und PRIETZ 1981). Experimentell bestätigt wurde dies durch Untersuchungen von SCHRÖDER (1961) an verschiedenen Rinderrassen und von KEPLER (1966) an verschiedenen Schafrassen.

Hinsichtlich der Beeinflussung der Hornqualität durch die Ernährung wurde vor allem das Biotin diskutiert. Eine Verbesserung der Huf- bzw. Klauenhornqualität durch eine langfristige Zufütterung von Biotin stellten COMBEN *et al.* (1984), WINTZER (1986), KEMPSON (1987), LEU (1987), GEYER und BUDRAS (1989), JOSSECK (1991), ZENKER (1991), JOSSECK *et al.* (1995), HOCHSTETTER (1998) sowie SCHMITT (1998) fest. KEMPSON (1987) und EUSTACE (1994) hielten auch eine Erhöhung der Kalzium- und Proteingaben für notwendig. KEMPSON (1987) fand eine positive Beeinflussung der Hornqualität bei Langzeitanwendung eines Futterzusatzes, welcher außerdem u.a. Zink, Kupfer, Jod, Methionin und Tyrosin enthielt.

Mehrere Autoren beschrieben den Einfluß der Feuchtigkeit bzw. des Wasseraufnahmevermögens des Hornes auf seine Eigenschaften. Laut GEYER (1996) liegt das Optimum bei einer mittleren Feuchtigkeit. Bei zu hoher Feuchtigkeit nimmt die Zugfestigkeit des Hornes ab, bei zu niedriger Feuchtigkeit wird das Horn spröde. LEACH (1980), KÜNG *et al.* (1993) und DOUGLAS *et al.* (1996) stellten eine umgekehrte Proportionalität zwischen dem Wassergehalt des Hornes und seiner Druck- bzw. Zugfestigkeit fest. Die trockenere äußere Zone des Kronhorns wies eine höhere Festigkeit auf als die feuchtere innere Zone (DOUGLAS *et al.* 1996). Außerdem nahm die Zugfestigkeit in Richtung Tragerand, also von proximal nach distal, ab (KÜNG *et al.* 1993). Dieser Zusammenhang wurde von DOUGLAS *et al.* (1996) allerdings nicht bestätigt.

Zu den Umweltfaktoren, welche das Hufhorn beeinflussen gehört das Stallmilieu, also die Anwesenheit von Kot, Harn, Bakterien und Pilzen (BUDRAS und SCHIEL 1996). Bei Horn, welches 5 Wochen in einem Kot-Harn-Gemisch gelegen hatte, war eine 10-20 %ige Abnahme

der Zugfestigkeit festzustellen (GEYER 1996). In die gleiche Richtung wiesen die Untersuchungsergebnisse von KÜNG (1991). Dieser Autor fand jedoch eine Erhöhung der Zugfestigkeit bei Horn, welches lediglich in einem Kot-Wasser- Gemisch gelegen hatte. Die alleinige Anwesenheit von Ammoniak hatte keinen Einfluß auf die Zugfestigkeit des Hornes.

NAUMANN *et al.* (1987) fand bei älteren Pferden eine erhöhte Druckfestigkeit des Hufhornes. JOSSECK (1996) äußerte, daß die Hornqualität mit zunehmendem Alter des Tieres abnimmt.

2.10.3 Zusammenhänge zwischen histologischen Eigenschaften und Qualität des Hufhornes

Nach PELLMANN *et al.* (1993) werden die zahlreichen histologischen, die Hornqualität bestimmenden Faktoren unter drei Oberbegriffen zusammengefaßt:

1. Architektur des Stratum corneum
2. interzelluläre Faktoren (chemische Zusammensetzung, Menge und Verteilung des Interzellularkittes)
3. intrazelluläre Faktoren (Verhornungstyp, Art, Menge, Anordnung und Vernetzung der Keratinproteine)

Architektur des Stratum corneum

Mit den Faktoren dieser Gruppe beschäftigt sich die Forschung schon relativ lange.

Eine gute Qualität von Huf- und Klauenhorn wird mit folgenden histologischen Merkmalen in Verbindung gebracht:

- eine große Anzahl von Hornröhrchen pro Flächeneinheit (TSCHERNE 1910, KIND 1961, SCHRÖDER 1961, DIETZ *et al.* 1971, MAUSKE 1972, FUCHS 1976, LEACH 1980, DIETZ und PRIETZ 1981, BUCHER 1987, GÜNTHER 1991)
- eine starke Rindenschicht der Hornröhrchen bei kleinem Markraum (TSCHERNE 1910, RÖSSNER 1940, KIND 1961, DIETZ *et al.* 1971, MAUSKE 1972, FUCHS 1976, SCHWARK 1978, DIETZ und PRIETZ 1981, GÜNTHER 1991, PELLMAN *et al.* 1993)
- einen geringen Anteil an Zwischenröhrchenhorn im Verhältnis zu Röhrchenhorn und Gesamthorn (TSCHERNE 1910, KOSSMAG 1937a, RÖSSNER 1940, DIETZ *et al.* 1971, MAUSKE 1972, FUCHS 1976, SCHWARK 1978, DIETZ und PRIETZ 1981, PELLMAN *et al.* 1993)

Eine umfangreiche Arbeit zur Klärung der Frage, ob eine schlechte Hufhornqualität mit bestimmten histologischen Merkmalen verbunden ist, veröffentlichte TSCHERNE (1910). Er untersuchte Hufe von Schlachtpferden mit makroskopisch guter und schlechter Hornqualität und stellt fest, daß im Horn guter Qualität die Hornröhrchen dichter beieinanderstanden und kräftigere Rindenteile und engere Markräume aufwiesen. Es war weniger

Zwischenröhrchenhorn vorhanden und die Abgrenzung von Röhrchen- und Zwischenröhrchenhorn war deutlicher als im Horn von makroskopisch schlechter Qualität.

KOSSMAG (1937a) war der Ansicht, daß bei feineren Hornröhrchen weniger Zwischenhorn zum Zusammenhalt notwendig ist und dies die Ursache für festes Hufhorn darstellt.

BRUHNKE (1931a) und HIERONYMI (1941) stellten an Trachtenzwanghufen Veränderungen in der Hornstruktur fest, wie geringere Hornröhrchendurchmesser, erhebliche Größendifferenzen zwischen den Röhrchen und mehr Zwischenröhrchenhorn als an gesunden Hufen. Beide Autoren hielten diese Veränderungen allerdings eher für die Folge als für die Ursache einer Huferkrankung.

Nach RÖSSNER (1940) und KIND (1961) ist Hornstruktur und -qualität auch von der Winkelung der Hufwand zum Boden abhängig. RÖSSNER (1940) fand bei engen Hufen, also Hufen mit steilerer Wandstellung, weniger Zwischenröhrchenhorn, sowie an den Hornröhrchen der Außenzone des Kronhornes dickere Rinden und kleinere Markräume als bei weiten Hufen. Er erklärte damit, daß engere Hufe häufig eine bessere Hornqualität aufwiesen als weite Hufe. Zu ähnlichen Schlußfolgerungen kam KIND (1961). Er untersuchte halbenge/halbweite Hufe verschiedener Equiden und fand an der engen, steilen Hufseite mehr Hornröhrchen und weniger Zwischenröhrchensubstanz als an der weiten, flacheren Hufseite desselben Hufes. Er beobachtete die ungleiche Abnutzung der Hufe verschiedener Equiden wie Tarpan, Haus- und Przewalskipferd sowie Steppen- und Bergzebra unter gleichen Umweltbedingungen im Zoo. Als Ursache für besonders abriebfestes Horn bezeichnete er einen hohen Anteil von Röhrchenrindensubstanz am Gesamthorn.

Nach LEACH (1980) ist die Festigkeit des Hufhornes nur dann von der Röhrchenzahl pro Flächeneinheit abhängig, wenn Kräfte parallel zu den Röhrchen wirken. BUCHER (1987) bezeichnete die Zählung der Hornröhrchen als einen Anhaltspunkt zur Beurteilung der Hornqualität.

THOMASON *et al.* (1992) beschrieben das Hufhorn als ein Material, welches in der Lage ist, in jeder Richtung einwirkende Kräfte zu tolerieren. Das führt zu einer Beständigkeit gegenüber den verschiedensten unvorhersehbaren Belastungen. Die Autoren vermuteten, daß die mechanischen Eigenschaften des Hufhornes in großem Maße durch das Zwischenröhrchenhorn bestimmt werden, in welchem eingebettet die Hornröhrchen als Verstärkung fungieren. Der Ausgangspunkt für diese Überlegungen war die Feststellung, daß der Druckwiderstand des Hufhornes rechtwinklig zu den Hornröhrchen um 50-80 % höher ist als parallel zu ihnen. Auch KÜNG *et al.* (1991) und KÜNG *et al.* (1993) stellten im rechten Winkel zum Verlauf der Hornröhrchen eine höhere Zugfestigkeit fest als parallel dazu.

ZENKER (1991) und ZENKER *et al.* (1995) untersuchten bei Lipizzanerpferden Tragerandproben von Hufen, welche bröckliges, sprödes, schmieriges Horn mit Rissen und Ausbrüchen aufwiesen. Sie stellten mikroskopisch Auflockerungen im Kronhorn, vor allem in der Mittel- und Innenzone fest, außerdem erweiterte Markräume in der Außenzone des Kronhornes und Mikrorisse an der Grenze Röhrchen-Zwischenröhrchenhorn sowie zwischen Mittel- und Innenzone des Kronhornes. Für diese Risse wurden die Ursachen in der

unterschiedlichen mechanischen Festigkeit der verschiedenen Zonen des Kronhornes vermutet. Auch SCHMITT (1998) beschrieb den Übergangsbereich zwischen Innen- und Mittelzone des Kronhornes als Schwachstelle.

BUDRAS und SCHIEL (1996) beschrieben für den Bereich der weißen Linie bei Hauspferden eine bedeutend schlechtere Hornqualität als bei Przewalskipferden. Das beruht vor allem darauf, daß beim Przewalskipferd ein geringerer Markanteil am Gesamthorn vorhanden ist und zudem das Röhrchenmark meist intakt ist und so seine Barrierefunktion gegen aufsteigende Infektionen erfüllen kann. Beim Hauspferd ist die weiße Linie breiter, das terminale Füllhorn bietet eine größere Angriffsfläche für mikrobielle Besiedlung und die dadurch entstehenden weitlumigen Röhrchen erhöhen die Infektionsgefahr im Bereich der weißen Linie.

Die genetische bzw. rassegebundene Determination der histologischen Merkmale, die für die Hufhornqualität ausschlaggebend sind, wird schon lange diskutiert. FLEMING (1853) beschrieb im Hufhorn warmblütiger Pferde Hornröhrchen, die in Zahl und Rindenstärke größer, vom Umfang her aber kleiner waren als die Hornröhrchen des Hufhornes kaltblütiger Pferde. SEDLACEK (1936, zit. nach RÖSSNER 1940) führte aus: „Die Vergleichsuntersuchungen von guten und minder guten Hufen der kalt- und warmblütigen Pferde ergeben, daß die Zahl der Hornröhrchen auf 1 mm² bei den warmblütigen Pferden größer ist als bei den kaltblütigen.“ Nach SCHWARK (1978) führen bei Kaltblütern mehr Zwischenröhrchenhorn, eine schwächere Rindenschicht und ein größerer Markanteil der Röhrchen zu einer geringeren Festigkeit des Hufhornes als bei Warmblütern.

WALZ (1979) sowie DIETZ und PRIETZ (1981) ermittelten eine mittelgradige bis hohe Heritabilität für die verschiedenen qualitätsbestimmenden histologischen Merkmale des Klauenhornes von Rindern. Diese lag zwischen $h^2=0,32$ und $h^2=0,52$. Daraus wurde gute züchterische Beeinflußbarkeit der Klauenhornqualität geschlußfolgert.

LEOPOLD (1978) sowie LEOPOLD und PRIETZ (1980) konnten keine Zusammenhänge zwischen Hornqualität, welche sie durch Abriebversuche bestimmten, und histologischen Parametern feststellen.

Neuere Untersuchungen beschreiben jedoch auch die folgenden, mikrostrukturellen Merkmale des Hufhornes als qualitätsbestimmend.

Interzelluläre und intrazelluläre Faktoren

BUDRAS und GEYER (1989) stellten an sprödem Horn interzelluläre Hornrisse fest, hervorgerufen durch qualitativ unzureichende Interzellulärschicht (membrane coating material). Als Hauptursache für sprödes Hufhorn bezeichneten sie abnorme Verhornungsvorgänge im Kronsegment, wie einen partiellen oder totalen intrazellulären Mangel an keratinogenen Substanzen. Auch im gesunden Hufhorn unterscheiden sich Fest- und Weichhorn durch Unterschiede im Keratinmuster (FROHNES 1999).

BRAGULLA *et al.* (1994) brachten die hohe physikalische Belastbarkeit von Kron- und Sohlenhorn mit der hohen Anzahl von Disulfidbrücken zwischen den Keratinfilamenten in Verbindung, von denen das weichere Horn von Strahl und weißer Linie weniger aufweist.

Häufig wird pigmentiertem Huf- und Klauenhorn eine höhere Widerstandsfähigkeit zugesprochen (GROSSBAUER und HABACHER 1923, GARNHAFT 1926, SASSEN 1938, SCHRÖDER 1961, DIETZ *et al.* 1971, MAUSKE 1972, FUCHS 1976, DIETZ und PRIETZ 1981). Eine große Anzahl von Autoren kam jedoch andererseits zu der Ansicht, daß die Pigmentierung des Hornes keinen Einfluß auf seine Qualität hat (LANDEAU *et al.* 1983, STASHAK 1987, KAINER 1989, KÜNG *et al.* 1993, DOUGLAS *et al.* 1996).

Mit großer Wahrscheinlichkeit sind viele Faktoren, welche die Hornqualität beeinflussen, heute noch unbekannt (ZENKER 1991).

REILLY (1995) hält weitere Studien am Hufhorn, einschließlich interdisziplinärer und vergleichender Untersuchungen für notwendig, um diese komplexe, interessante und wichtige Struktur weiter zu erforschen.

3. Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Untersuchungsmaterial

Die Messungen am Huf sowie die Sammlung der Hornproben zur histologischen Untersuchung wurden in Irland durchgeführt. Von jedem Tier wurden nur zu einem Zeitpunkt Messungen und/oder Hornproben genommen. Die Materialsammlung erfolgte im Zusammenhang mit dem Routinebesuch des Hufschmiedes in privaten Gestüten und Reitställen der Counties Dublin, Kildare und Wicklow, sowie im Irischen Nationalgestüt in Kildare, und zwar in den Zeiträumen von Februar bis Juni 1993 und von September bis Dezember 1997.

Es erfolgte eine Einteilung der untersuchten Tiere in 6 Gruppen. Bei den Tieren der Gruppen 1-3 handelte es sich ausschließlich um adulte Tiere im Alter von 3-28 Jahren. Alle Tiere waren beschlagen und wurden in Reitställen oder Privathaltung täglich reiterlich genutzt. (Von den in Tabelle 11 mit * gekennzeichneten Sektionstieren wurden lediglich Hornproben untersucht).

Messungen und Probenentnahme erfolgten pro Tier an jeweils einem Vorder- und Hinterhuf. Die entsprechende Seite wurde vorher im Zufallsprinzip festgelegt. Zur Untersuchung kamen ausschließlich makroskopisch und klinisch normale Hufe, erkrankte und veränderte Hufe wurden nicht berücksichtigt.

Fehlende Meßwerte bei bestimmten Tieren sind auf diese Auswahl zurückzuführen oder in Einzelfällen auf Widersetzlichkeit der Probanden. Nicht vorhandene Hornproben beruhen auf unzureichender Größe des vom Schmied abgetragenen Materials.

Gruppe 1 umfaßt 10 Connemara-Ponys

Tabelle 9: Alters- und Geschlechterstruktur der Gruppe 1 (Connemara-Ponys)

Nr.	Alter (J)	Geschlecht	Messung-VH	Messung-HH	Hornprobe-VH	Hornprobe-HH
6	25	W	x	X	x	
7	18	W	x	x		x
8	9	W	x	x	x	
10	12	W	x	x		
11	20	W	x	x		x
14	16	W	x	x	x	x
15	12	S	x	x	x	x
24	5	S	x	x	x	x
26	28	S	x	x		x
57	10	H	x	x	x	x

Gruppe 2 beinhaltet 24 Irische Hunter (Mittelgewichtshunter)

Tabelle 10: Alters- und Geschlechterstruktur der Gruppe 2 (Irische Hunter)

Nr.	Alter (J)	Geschlecht	Messung-VH	Messung-HH	Hornprobe-VH	Hornprobe-HH
1	9	W	x	x	x	
2	10	W	x	x		
3	8	W	x	x	x	x
4	5	S	x	x	x	
16	8	W	x	x	x	
27	7	W	x	x	x	
31	5	S	x	x	x	x
33	13	W	x	x	x	x
34	7	W	x	x		
35	11	H	x	x	x	x
36	4	W	x			
37	7	S	x			
38	10	W	x	x		
48	7	W	x	x	x	x
49	9	W		x		x
81	6	W	x			
82	7	W	x	x	x	x
83	6	W	x	x		
84	5	S	x			
85	5	W	x			x
86	9	S	x			
132	10	W	x	x		
133	12	S	x	x		x
134	9	W	x	x		

Gruppe 3 beinhaltet 22 adulte Pferde der Rasse Englisches Vollblut (Tabelle 11)

Insgesamt gelangten Hornproben von 16 Pferden der Rasse Englisches Vollblut im Alter zwischen 0,5 und 16 Jahren zur Untersuchung. Bei diesen Tieren handelte es sich um Sektionsfälle des Diagnostikzentrums des Irish Equine Centre in Johnstown/Naas. Nutzungsrichtung und Verwendung dieser Tiere waren nicht bekannt.

Die Hornproben der Englischen Vollblüter wurden in 2 Altersgruppen unterteilt ausgewertet. Die 11 adulten Tiere im Alter von 3-16 Jahren gehören zur Gruppe 3 und sind in Tabelle 11 mit* gekennzeichnet.

Die 5 juvenilen Tiere (Alter 0,5-2 Jahre) wurden als Gruppe 6 zusammengefaßt (Tabelle 12).

Tabelle 11: Alters- und Geschlechterstruktur der Gruppe 3 (Englische Vollblüter, adulte Tiere)

Nr.	Alter (J)	Geschlecht	Messung-VH	Messung-HH	Hornprobe-VH	Hornprobe-HH
5	12	W	x	x		
9	8	S	x	x	x	x
12	7	S	x	x		
18	7	S	x			
19	7	S	x			
20	4	S	x			
21	6	S	x			
22	4	S	x			
28	4	S	x	x		
30	6	W		x		
32	13	S	x	x		
152*	8	W			x	x
153*	12	S			x	x
154*	6	W			x	x
161*	10	S			x	x
163*	6	W			x	x
164*	16	S			x	x
168*	5	W			x	x
169*	16	S			x	x
171*	15	S			x	x
172*	3	H			x	x
173*	16	S			x	x

* Sektionstiere

Gruppe 4 umfaßt 27 Zuchtstuten der Rasse Englisches Vollblut. Es handelt sich dabei um adulte Tiere (4 Jahre und älter), welche in Gestüten des County Kildare und Wicklow gehalten wurden. Alle Tiere waren unbeschlagen und in züchterischer Verwendung ohne reiterliche oder sportliche Nutzung. Alle Tiere hatten täglich mehrstündigen Weidegang bei nächtlicher Boxenaufstallung. Hornproben wurden von Tieren dieser Gruppe nicht genommen.

Gruppe 5 besteht aus 8 Absatzfohlen (noch bei der Mutter) der Rasse Englisches Vollblut im Alter zwischen 6 und 8 Monaten, welche sich in 3 weibliche und 5 männliche Tiere unterteilt. Alle Tiere waren unbeschlagen und hatten täglich mehrstündigen Weidegang bei nächtlicher Boxenaufstallung. Hornproben wurden von Tieren dieser Gruppe nicht genommen.

Gruppe 6: Die Hornproben der juvenilen englischen Vollblüter stammen von 5 Sektionstieren im Alter von 0,5-2 Jahren.

Tabelle 12: Alters und Geschlechterstruktur der Gruppe 6 (Englische Vollblüter, juvenile Tiere)

Nr.	Alter (J)	Geschlecht	Messung-VH	Messung-VH	Hornprobe-VH	Hornprobe-HH
162	1	S			x	x
165	2	W			x	x
166	0,5	H			x	x
167	0,5	H			x	
170	1	W			x	x

3.1.2. Messungen am Huf: Parameter und Meßmethoden

Es wurden Messungen zur absoluten Hufform durchgeführt.

Bei den Gruppen 1-3 wurden außerdem die Veränderungen der Hufe unter Beschlag mit erfaßt, indem die Veränderungen festgestellt wurden, welche sich am Ende einer Beschlagsperiode (6-8 Wochen) durch das paßgerechte Zubereiten der Hufe ergaben.

Bei Gruppe 4 wurde gleiches an unbeschlagenen Hufen untersucht. Hier lag die letzte Hufzubereitung zwischen 5 und 6 Wochen zurück.

Die Hufzubereitung durch den Hufschmied erfolgte nach der Fesselstandstheorie unter Berücksichtigung der Trachtenlängenverhältnisse.

Es wurden also an den Tieren der Gruppen 1-3 alle Hufmessungen zweimal durchgeführt, zum einen nach Abnahme der alten Hufeisen (und gegebenenfalls einer Grobreinigung des Hufes), zum anderen nach erfolgter Hufzubereitung vor dem Aufschlagen der neuen Eisen.

An den unbeschlagenen Tieren der Gruppe 4 wurde jeweils vor und nach den Hufzubereitung gemessen.

Die Hufe der Fohlen in Gruppe 5 wurden lediglich nach der Zubereitung gemessen. Die gemessenen Parameter sind in Tabelle 13 zusammengefaßt.

Tabelle 13: Art der gewonnenen anatomischen Meßwerte in den 5 Gruppen

Parameter	G 1	G 2	G 3	G 4	G 5
Vorderwandwinkel vor Zubereitung	x	x	x	x	
Vorderwandwinkel nach Zubereitung	x	x	x	x	x
Vorderwandlänge vor Zubereitung	x	x	x	x	
Vorderwandlänge nach Zubereitung	x	x	x	x	x
Trachtenwandlänge vor Zubereitung	x	x	x	x	
Trachtenwandlänge nach Zubereitung	x	x	x	x	x

Alle Messungen erfolgten am aufgehobenen Huf.

Zur Erhebung der Längenmaße diente ein Lineal mit Millimetereinteilung. Die Messung der Vorderwandlänge erfolgte im Verlauf der Linea antica, also vom vordersten Punkt des Tragerandes zum vordersten Punkt des Kronrandes. Die Trachtenwandlänge wurde durch Messung entlang der Trachtenlinie ermittelt. Diese verläuft am normalen Huf entlang der Trachtenkante, also der Umschlagstelle der Hufwand in die Eckstrebe.

Wie bei anderen Untersuchern (LUNGWITZ 1881, SCHOLZ 1938, CLAYTON 1987, JOSSECK 1991, SCHREYER 1997) wurde der Meßpunkt am Kronrand durch die Haargrenze definiert.

Zur Messung des Vorderwandwinkels wurde ein Winkelmesser nach Fleming (RICHTER 1905, VOGT 1938) benutzt. Dabei wurde die Bodenplatte des Winkelmessers so an die Fußungsfläche des Hufes angelegt, daß sich der Fußpunkt des Meßschenkels am vordersten Punkt des Tragerandes befand.

Auf eine Messung der Seitenwandwinkel wurde verzichtet, da diese mit einem Hufwinkelmesser nach Fleming nicht zufriedenstellend durchgeführt werden kann (siehe Kapitel 2.9.2.).

Durch Differenzbildung aus der Wandlänge nach Hufzubereitung und der Wandlänge vor Hufzubereitung wurde der Parameter „Änderung der Wandlänge durch die Hufzubereitung“ errechnet, und zwar jeweils für Vorder- und Trachtenwandlänge am Vorder- und Hinterhuf.

3.1.3. Histologische Untersuchungen

Der überwiegende Teil der Hornproben bestand aus dem Material, welches der Hufschmied im Zuge der Hufzubereitung vom Tragerand entfernte. Von den Hufen der 16 Sektionstiere wurden vom Tragerand mit Hilfe einer Säge die entsprechenden Hornstücke gewonnen. An allen Hornteilen wurde zur leichteren späteren Orientierung die dorsale Mitte markiert. Danach wurden sie zur Aufbewahrung in 10%iges Formalin verbracht.

Vor der Verarbeitung wurden die Hornstücke einer zweitägigen Wässerung (Leitungswasser) mit mehrmaligem Wasserwechsel unterzogen. Mit Hilfe von Hufzange und Messer wurde aus der dorsalen Mitte des vorhandenen Hornstückes ein Quader von ca. 1,5-2cm Länge hergestellt.

Die distale und proximale Fläche dieses Hornstückes mußten danach so beschnitten werden, daß die Hornröhrchen im Querschnitt senkrecht getroffen wurden. Dadurch verringerte sich die Dicke der zur Verfügung stehenden Hornprobe noch einmal beträchtlich und einige Proben konnten nicht weiter verarbeitet werden.

Die fertigen Hornstücke wurden mit 2-Komponenten-Epoxidharzkleber (UHU® plus schnellfest) auf kleine Holzklötzchen geklebt, welche sich zum Einspannen in ein Mikrotom eigneten. Es erwies sich als optimal, eine Trocknungszeit von etwa 24 Stunden zu gewährleisten, nach welcher der Kleber seine maximale Festigkeit erreicht hat. Die Schnitte wurden auf einem Leica-Schlittenmikrotom SM 2000 R unter Verwendung von Messern mit d-

Schliff hergestellt. Ein häufiges Anfeuchten der Schnittfläche erwies sich als notwendig, häufig auch ein langsames Ziehen des Messers über das relativ schwer schneidbare Horn, um ein Abreißen des Hornstückes oder ein Verkannten des Messers zu vermeiden. Es konnten Schnitte mit einer Dicke von 7-20 μ gewonnen werden.

Die Schnitte wurden in destilliertem Wasser aufgefangen und danach flotierend einer PAS-Färbung unterzogen. Das Verfahren wurde durch die Weglassung der Spülung mit Sulfitwasser und der Kern-Gegenfärbung mit Hämatoxylin vereinfacht. Nach der Spülung in destilliertem Wasser und dem Aufziehen auf Objektträger wurden von jeder Hornprobe mehrere Schnitte mit Glyzeringelatine eingedeckt und zur Verbesserung der Haltbarkeit mit Rodihistol umrändert. Parallel dazu wurden weitere Schnitte in Alkohol entwässert und nach der Behandlung mit Xylol mit Kanadabalsam eingedeckt. Dieses Verfahren erwies sich als schwierig, da besonders die etwas dickeren Schnitte oft Verwerfungen und Welligkeit zeigten. 36 Schnitte, welche nach diesem Verfahren hergestellt worden waren und eine gute Qualität zeigten, wurden zum histologischen Größenvergleich herangezogen. Zur generellen Auswertung der histologischen Parameter wurden wegen ihrer besseren Qualität die mit Glyzeringelatine eingedeckten, nicht entwässerten Schnitte verwendet.

Die optische Auswertung erfolgte unter Zuhilfenahme des halbautomatischen Farbbildanalyse-Systems Quantimet 500 C, Programm QWIN V. 02.00A (Firma Leica, Cambridge) sowie eines Mikroskops (Laborlux S, Firma Wetzlar Leitz) und einer Videokamera (JVC TK - 1280 E). Es wurde bei allen Meßvorgängen das Objektiv mit 4facher Vergrößerung genutzt. Das Gesichtsfeld (Meßrahmen) umfaßte dabei eine Fläche von 910730 μm^2 .

Alle Parameter wurden jeweils für die innere und die äußere Zone des Kronhornes ermittelt.

Die Definition der Zonen erfolgte nach der Beschreibung von BUCHER (1987) durch eine Dreiteilung, wobei besonders der Übergang von der inneren zur mittleren Zone durch die deutliche Verkleinerung der Röhren auch morphologisch zu erkennen ist. Aufgrund der morphologischen Ähnlichkeit der mittleren und äußeren Zone des Kronhornes (NICKEL 1939, BUCHER 1987, GEYER 1996) wurde auf die Untersuchung der mittleren Zone verzichtet. Das Gesichtsfeldes wurde so gelegt, daß die kleinen Röhren des Saumhornes sowie die kleinen Röhren am Übergang der inneren Zone des Kronhornes zur Verbindungsschicht keinen Eingang in die Zählungen und Messungen fanden. Zusammengesetzte Röhren, also Röhren, in denen mehrere Markräume von gemeinsamen Rindenschichten umschlossen werden, traten selten auf.

Die PAS-Färbung führt zu einer leicht bis mäßig roten Anfärbung der Zellgrenzen. Die morphologischen Unterschiede zwischen den Zellen der Hornröhren und des Zwischenröhrenhornes ermöglichen eine relativ gute Differenzierung zwischen diesen Strukturen. Die Zellen des Zwischenröhrenhornes sind weniger abgeflacht und auch in ihrer Achsausrichtung verschieden von den Zellen der Hornröhren. Am deutlichsten ist die Abgrenzung von Röhren- und Zwischenröhrenhorn in der Innenzone des Kronhornes

möglich, wie BUCHER (1987) ebenfalls feststellte. Die Markräume werden deutlich sichtbar durch eine starke PAS-positive Rotfärbung. In einigen Fällen sind sie auch hohl.

Tabelle 14: Erfassung der histologischen Parameter je Hornprobe

Parameter	Erfassung
Anzahl der Hornröhrchen/mm ²	Auszählung in 5 aneinandergrenzenden Gesichtsfeldern, Mittelwertbildung durch Computerprogramm QWIN V. 02.00A, Umrechnung auf 1mm ²
Durchmesser der Hornröhrchen	Vermessung von 40 Röhrchen (jeweils Längs- und Querdurchmesser) in aneinandergrenzenden Gesichtsfeldern Mittelwertbildung durch Computerprogramm QWIN V. 02.00A
Durchmesser der Markräume	Vermessung von 40 Röhrchen (jeweils Längs- und Querdurchmesser) in aneinandergrenzenden Gesichtsfeldern Mittelwertbildung durch Computerprogramm QWIN V. 02.00A
Verhältnis Röhrchendurchmesser zu Durchmesser der Markräume	Quotientenbildung aus den Meßwerten für Röhrchendurchmesser und Durchmesser der Markräume
Anteil der Röhrchenmarkfläche am Gesamthorn	Vermessung aller Röhrchen-Markflächen in 5 aneinandergrenzenden Gesichtsfeldern, Prozentrechnung in Bezug auf die bekannte Fläche des Meßrahmens als 100%
Anteil der Röhrchenrindenfläche am Gesamthorn	Vermessung aller Röhrchen-Gesamtflächen in 5 aneinandergrenzenden Gesichtsfeldern, Prozentrechnung in Bezug auf die bekannte Fläche des Meßrahmens als 100%, davon Abzug der Röhrchen-Markfläche
Anteil des Zwischenröhrchenhornes am Gesamthorn	Abzug der Röhrchen-Gesamtflächen von 100 %

3.1.4. Aufarbeitung der Meßwerte und biostatistische Auswertung

Es wurden als statistische Lageparameter das arithmetische Mittel und die Standardabweichung berechnet. Aufgrund des unbekanntem Verteilungstyps und des relativ geringen Stichprobenumfangs der Meßwerte wurden grundsätzlich verteilungsunabhängige Tests zur Signifikanzprüfung angewendet: der U-Test nach Mann und Whitney bei unabhängigen Stichproben (Vergleiche zwischen den Probanden-Gruppen) und der Wilcoxon-Test bei abhängigen Stichproben (Paarvergleiche Vorderhuf-Hinterhuf; Innenzone-Außenzone des Kronhornes; histologische Einbettung in Gelatine-Kanadabalsam). Der Vergleich der relativen Häufigkeiten erfolgte mit dem chi-Quadrat-Test (Kreuztabellen). Korrelationsberechnungen wurden mit der Spearman-Korrelation durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels des Computerprogrammes SPSS 8.0. Alle untersuchten Unterschiede galten bei $p \leq 0,05$ als signifikant.

Ergebnisse

3.2.1 Hufmessungen

Die Meßergebnisse aller untersuchten Gruppen sind aus Tabelle 15 ersichtlich.

Tabelle 15: Statistische Maßzahlen der Hufmessungen (Tiergruppen 1-5)

Parameter	Statistische Maßzahlen	Gruppe 1 Conne-mara Pony	Gruppe 2 Hunter	Gruppe 3 Vollblut	Gruppe 4 Vollblut ohne Beschlag	Gruppe 5 Vollblut Fohlen	Signifikanz (p \leq 0,05) zwischen den Gruppen
Vorderwandwinkel Vorderhuf (nach Zubereitung) in °	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) 52,7 $\pm 2,7$	(23) 52,0 $\pm 3,1$	(10) 52,2 $\pm 1,3$	(27) 52,4 $\pm 2,4$	(8) 56,4 $\pm 2,0$	1,2,3,4:5
Änderung Vorderwandwinkel* Vorderhuf, in °	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) 1,0 $\pm 1,4$	(23) 2,8 $\pm 1,9$	(10) 2,0 $\pm 1,6$	(27) 0,2 $\pm 1,4$	keine Messung	1:2 2,3:4
Vorderwandwinkel Hinterhuf (nach Hufzubereitung) in °	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) 55,0 $\pm 2,0$	(18) 52,8 $\pm 3,7$	(6) 54,3 $\pm 2,3$	(27) 51,3 $\pm 1,7$	(8) 55,0 $\pm 1,9$	1,2,3,5:4
Änderung Vorderwandwinkel* Hinterhuf, in °	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) 0,9 $\pm 2,0$	(18) 2,3 $\pm 1,8$	(6) 1,0 $\pm 2,7$	(27) 0,5 $\pm 1,2$	keine Messung	2:4
Vorderwandlänge Vorderhuf (nach Hufzubereitung) in cm	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) 8,0 $\pm 0,8$	(23) 9,0 $\pm 0,8$	(10) 8,6 $\pm 0,7$	(27) 8,7 $\pm 0,5$	(8) 7,0 $\pm 0,3$	1,2:4 1:2 1,2,3,4:5
Änderung Vorderwandlänge*, Vorderhuf, in cm	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) -0,8 $\pm 0,7$	(23) -0,9 $\pm 0,5$	(10) -0,7 $\pm 0,4$	(27) -0,5 $\pm 0,2$	keine Messung	2:4
Trachtenwandlänge Vorderhuf (nach Hufzubereitung) in cm	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) 3,3 $\pm 0,8$	(23) 4,3 $\pm 1,1$	(10) 3,4 $\pm 0,5$	(27) 4,4 $\pm 0,5$	(8) 3,0 $\pm 0,6$	1,3:2,4 2,4:5
Änderung Trachtenwandlänge*, Vorderhuf, in cm	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) -0,3 $\pm 2,2$	(23) -0,5 $\pm 0,4$	(10) -0,03 $\pm 0,09$	(27) -0,5 $\pm 0,3$	keine Messung	1,2,4:3
Vorderwandlänge Hinterhuf (nach Hufzubereitung) in cm	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) 8,2 $\pm 0,8$	(18) 9,0 $\pm 1,7$	(6) 9,0 $\pm 0,6$	(27) 9,3 $\pm 0,4$	(8) 7,3 $\pm 0,4$	1:2,4 1,2,3,4:5
Änderung Vorderwandlänge*, Hinterhuf, in cm	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) -0,8 $\pm 0,4$	(18) -0,6 $\pm 0,3$	(6) -0,8 $\pm 0,2$	(27) -0,3 $\pm 0,2$	keine Messung	1,2,3:4
Trachtenwandlänge Hinterhuf (nach Hufzubereitung) in cm	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) 3,0 $\pm 0,6$	(18) 3,8 $\pm 0,6$	(6) 3,4 $\pm 0,5$	(27) 3,8 $\pm 0,3$	(8) 2,9 $\pm 0,4$	1:2,4 2,4:5
Änderung Trachtenwandlänge*, Hinterhuf, in cm	(n) \bar{x} $\pm s$	(10) -0,2 $\pm 0,3$	(18) -0,2 $\pm 0,3$	(6) -0,1 $\pm 0,2$	(27) -0,4 $\pm 0,2$	keine Messung	2,3:4

* durch Hufzubereitung

Legende: n.s. = p>0,05, nicht signifikant

1:2 = 1 signifikant (p \leq 0,05) verschieden von 2

Bei den 4 Parametern „Änderung der Wandlänge durch die Hufzubereitung“ handelt es sich um die errechnete Differenz der jeweiligen Wandlänge vor und nach der Hufzubereitung. Diese Änderung der Wandlänge durch die Hufzubereitung entspricht, mit umgekehrtem Vorzeichen, der Veränderung des Hufes während der Beschlagsperiode. Der Übersichtlichkeit halber wurde auf eine Darstellung der Ergebnisse der Wandlängen vor der Hufzubereitung verzichtet, sie wurden lediglich als Ausgangspunkt der genannten Berechnung genutzt.

Da sich die Vorderwandwinkel der Gruppen 1-3 (erwachsene Pferde, beschlagen) zwischen Vorder- und Hinterhuf nicht signifikant unterscheiden, und da auch eine übergreifende Aussage über die Vorderwandwinkel erwachsener Pferde, unabhängig von der Rassezugehörigkeit angestrebt wird, wurden die statistischen Maßzahlen der Vorderwandwinkel für diese drei Gruppen/Rassen noch einmal als Gesamtheit ermittelt.

Tabelle 16: Vorderwandwinkel (nach der Hufzubereitung) der zusammengefaßten Gruppen 1-3

Statistische Maßzahlen	Vorderwandwinkel Vorderhuf Gruppen 1-3 in °	Vorderwandwinkel Hinterhuf Gruppen 1-3 in °
(n)	(43)	(34)
\bar{x}	52,2	53,7
$\pm s$	$\pm 2,7$	$\pm 3,2$

3.2.1.1 Vergleiche Vorderhuf-Hinterhuf

Der **Vorderwandwinkel** der erwachsenen Pferde der Gruppen 1, 2, 3 ist am Hinterhuf größer als am Vorderhuf. Dieser Unterschied ist innerhalb der einzelnen drei Gruppen nicht signifikant, wird aber bei einer Zusammenfassung der Gruppen 1-3 signifikant. In der Gruppe 4 ergab der statistische Vergleich einen signifikant größeren Winkel am Vorderhuf als am Hinterhuf.

Die **Vorderwandlänge** des Hinterhufes ist in den Gruppen 4 und 5 deutlich größer als die Vorderwandlänge des Vorderhufes.

Die **Änderung der Vorderwandlänge**, also die durch Hufzubereitung abgetragene Wandlänge, ist in den Gruppen 2 und 4 am Vorderhuf signifikant größer als am Hinterhuf.

Die **Trachtenwandlänge** des Vorderhufes ist bei drei Gruppen größer als die des Hinterhufes, und zwar bei den Gruppen 1, 2 und 4.

Die **Änderung der Trachtenwandlänge** durch die Hufzubereitung ist bei Gruppe 2 am Vorderhuf deutlich größer als am Hinterhuf.

Die statistische Nachweisbarkeit der Unterschiede ist aus Tabelle 17 ersichtlich.

Tabelle 17: Hufmessungen, statistischer Vergleich zwischen Vorder- und Hinterhuf

Vergleich Parameter Vorderhuf-Hinterhuf	Gruppe 1 Connemara Pony	Gruppe 2 Hunter	Gruppe3 Vollblut	Gruppe 4 Vollblut (ohne Beschlag)	Gruppe 5 Vollblut (Fohlen)
Vorderwandwinkel (nach Zubereitung)	n.s.	n.s.	n.s.	p=0,03	n.s.
Änderung Vorderwandwinkel*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	keine Messung
Vorderwandlänge (nach Hufzubereitung)	n.s.	n.s.	n.s.	p=0,000	p=0,04
Änderung Vorderwandlänge*	n.s.	p=0,04	n.s.	p=0,004	keine Messung
Trachtenwandlänge (nach Hufzubereitung)	p=0,04	p=0,05	n.s.	p=0,000	n.s.
Änderung Trachtenwandlänge*	n.s.	p=0,025	n.s.	n.s.	keine Messung

Legende: n.s. = $p > 0,05$, nicht signifikant

* durch Hufzubereitung

In den Tabellen Nr. 18 und 19 wird die Verteilung der Meßergebnisse dargestellt, und zwar in Bezug gesetzt zu den Winkelgrößen für den Zehenwinkel an Vorder- und Hinterhuf, welche in der Literatur als Richtwerte (Tabelle 1) gelten.

Tabelle18: Verteilung der Meßergebnisse für den Vorderwandwinkel des Vorderhufes

Gruppen	Vorderwandwinkel, Vorderhuf		
	< 45°	45-50°	> 50°
Gruppe 1: Connemara Ponys	-	30,0 %	70,0 %
Gruppe 2: Hunter	-	34,8 %	65,2 %
Gruppe 3: Vollblüter	-	10,0 %	90,0 %
Gruppe 4: Vollblüter (ohne Eisen)	-	18,5 %	81,5 %
Gruppe 5: Vollblüter (Fohlen)	-	-	100,0 %

Tabelle19: Verteilung der Meßergebnisse für den Vorderwandwinkel des Hinterhufes

Gruppen	Vorderwandwinkel, Hinterhuf		
	< 50°	50-55°	> 55°
Gruppe 1: Connemara Ponys	-	50,0 %	50,0 %
Gruppe 2: Hunter	11,1 %	66,7 %	22,2 %
Gruppe 3: Vollblüter	-	83,3 %	16,7 %
Gruppe 4: Vollblüter (ohne Eisen)	18,5 %	81,5 %	-
Gruppe 5: Vollblüter (Fohlen)	-	75,0 %	25,0 %

3.2.2 Histologische Untersuchungen

Die statistischen Maßzahlen aller an den histologischen Strukturen des Hufhornes durchgeführten Messungen, sowie der Vergleich der Probanden-Gruppen untereinander sind aus der Tabelle 20 (zweiseitig) ersichtlich.

Tabelle 20: Statistische Maßzahlen der Messungen an den histologischen Strukturen des Hufhornes der Tiergruppen 1, 2, 3 und 6

Parameter	Statis- tische Maß- zahle n	Gruppe 1 Conne- mara Pony	Gruppe 2 Hunter	Gruppe 3 Vollblut	Gruppe 6 Vollblut (0,5-2,5 Jahre)	Signifikanz (p£ 0,05) zwischen den Gruppen
Röhrchenzahl/mm ² Vorderhuf, Innenzone	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 8,7 $\pm 0,7$	(10) 7,6 $\pm 1,4$	(12) 7,9 $\pm 0,7$	(5) 9,9 $\pm 2,2$	1,2,3:6 1:3
Röhrchenzahl/mm ² Vorderhuf, Außenzone	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 15,4 $\pm 2,6$	(10) 14,8 $\pm 1,6$	(12) 17,0 $\pm 2,2$	(5) 24,4 $\pm 3,7$	1,2,3:6 2:3
Röhrchenzahl/mm ² Hinterhuf, Innenzone	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 8,4 $\pm 1,0$	(9) 7,7 $\pm 0,6$	(12) 7,8 $\pm 0,8$	(4) 9,4 $\pm 1,8$	n.s.
Röhrchenzahl/mm ² Hinterhuf, Außenzone	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 15,8 $\pm 2,4$	(9) 14,0 $\pm 1,2$	(12) 16,9 $\pm 1,6$	(4) 24,5 $\pm 2,3$	1,2,3:6 2:3
Röhrchendurchmesser Vorderhuf, Innenzone in μm	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 266,5 $\pm 15,3$	(10) 272,7 $\pm 18,2$	(12) 272,5 $\pm 19,1$	(5) 260,4 $\pm 42,6$	n.s.
Röhrchendurchmesser Vorderhuf, Außenzone in μm	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 156,8 $\pm 9,0$	(10) 173,9 $\pm 15,0$	(12) 170,3 $\pm 13,2$	(5) 138,4 $\pm 14,9$	1:2,3,6 2,3:6
Röhrchendurchmesser Hinterhuf, Innenzone in μm	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 261,7 $\pm 15,9$	(9) 276,3 $\pm 15,0$	(12) 269,8 $\pm 20,0$	(4) 265,7 $\pm 32,4$	n.s.
Röhrchendurchmesser Hinterhuf, Außenzone in μm	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 158,4 $\pm 12,2$	(9) 189,3 $\pm 15,3$	(12) 173,4 $\pm 12,0$	(4) 142,2 $\pm 12,9$	1,2:3 1:2 2,3:6
Röhrchenmarkdurchmesser Vorderhuf, Innenzone in μm	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 43,3 $\pm 5,6$	(10) 44,1 $\pm 5,6$	(12) 43,2 $\pm 3,9$	(5) 47,8 $\pm 2,6$	3:6
Röhrchenmarkdurchmesser Vorderhuf, Außenzone in μm	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 47,7 $\pm 3,4$	(10) 48,5 7,6	(12) 50,4 $\pm 5,1$	(5) 52,4 $\pm 3,1$	1:6
Röhrchenmarkdurchmesser Hinterhuf, Innenzone in μm	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 42,1 $\pm 5,8$	(9) 44,1 $\pm 7,6$	(12) 42,0 $\pm 2,9$	(4) 47,2 $\pm 1,5$	3:6
Röhrchenmarkdurchmesser Hinterhuf, Außenzone in μm	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 47,3 $\pm 4,3$	(9) 49,3 $\pm 7,5$	(12) 50,4 $\pm 3,5$	(4) 54,5 $\pm 9,0$	n.s.

Parameter	Statische Maßzahlen	Gruppe 1 Conne-mara Pony	Gruppe 2 Hunter	Gruppe 3 Vollblut	Gruppe 6 Vollblut (0,5-2,5 Jahre)	Signifikanz (p ≤ 0,05) zwischen den Gruppen
Röhrchenrindenfläche Vorderhuf, Innenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 41,1 $\pm 3,7$	(10) 42,3 $\pm 4,7$	(12) 41,3 $\pm 4,4$	(5) 44,8 $\pm 4,3$	n.s.
Röhrchenrindenfläche Vorderhuf, Außenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 27,0 $\pm 3,5$	(10) 28,9 $\pm 4,5$	(12) 29,1 $\pm 2,7$	(5) 31,9 $\pm 2,8$	1:6
Röhrchenrindenfläche Hinterhuf, Innenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 39,4 $\pm 2,0$	(9) 43,1 $\pm 3,7$	(12) 42,4 $\pm 4,7$	(4) 45,6 $\pm 6,1$	1:6
Röhrchenrindenfläche Hinterhuf, Außenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 24,4 $\pm 2,1$	(9) 33,5 $\pm 4,0$	(12) 29,9 $\pm 2,5$	(4) 30,9 $\pm 6,4$	1:2,3,6
Röhrchenmarkfläche Vorderhuf, Innenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 1,8 $\pm 0,40$	(10) 1,6 $\pm 0,5$	(12) 1,8 $\pm 0,6$	(5) 1,9 $\pm 1,0$	n.s.
Röhrchenmarkfläche Vorderhuf, Außenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 3,4 $\pm 0,9$	(10) 3,5 $\pm 0,8$	(12) 3,9 $\pm 0,9$	(5) 5,9 $\pm 1,3$	1,2,3:6
Röhrchenmarkfläche Hinterhuf, Innenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 1,6 $\pm 0,5$	(9) 1,6 $\pm 0,5$	(12) 1,5 $\pm 0,2$	(4) 1,9 $\pm 0,6$	n.s.
Röhrchenmarkfläche Hinterhuf, Außenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 3,1 $\pm 0,5$	(9) 3,5 $\pm 0,7$	(12) 4,1 $\pm 0,9$	(4) 6,1 $\pm 1,4$	1,2,3:6 1:3
Zwischenröhrchenhornfläche Vorderhuf, Innenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 57,0 $\pm 3,9$	(10) 56,1 $\pm 4,8$	(12) 56,9 $\pm 4,1$	(5) 53,2 $\pm 3,9$	n.s.
Zwischenröhrchenhornfläche Vorderhuf, Außenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 69,5 $\pm 4,0$	(10) 67,5 $\pm 4,9$	(12) 67,0 $\pm 3,2$	(5) 62,2 $\pm 3,2$	1,3:6
Zwischenröhrchenhornfläche Hinterhuf, Innenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 59,0 $\pm 2,4$	(9) 55,3 $\pm 3,8$	(12) 56,1 $\pm 4,6$	(4) 52,5 $\pm 6,6$	n.s.
Zwischenröhrchenhornfläche Hinterhuf, Außenzone in %	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 72,5 $\pm 2,3$	(9) 63,0 $\pm 4,2$	(12) 66,0 $\pm 2,9$	(4) 63,0 $\pm 6,9$	1:2,3,6
Röhrchendurchmesser: Röhrchenmarkdurchmesser Vorderhuf, Innenzone	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 6,2 $\pm 0,8$	(10) 6,3 $\pm 1,0$	(12) 6,3 $\pm 0,7$	(5) 5,4 $\pm 0,8$	3:6
Röhrchendurchmesser: Röhrchenmarkdurchmesser Vorderhuf, Außenzone	(n) \bar{x} $\pm s$	(6) 3,3 $\pm 0,2$	(10) 3,6 $\pm 0,5$	(12) 3,4 $\pm 0,3$	(5) 2,7 $\pm 0,1$	1,2,3:6
Röhrchendurchmesser: Röhrchenmarkdurchmesser Hinterhuf, Innenzone	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 6,1 $\pm 0,7$	(9) 6,4 $\pm 1,0$	(12) 6,4 $\pm 0,4$	(4) 5,6 $\pm 0,7$	3:6
Röhrchendurchmesser: Röhrchenmarkdurchmesser Hinterhuf, Außenzone	(n) \bar{x} $\pm s$	(7) 3,4 $\pm 0,3$	(9) 3,9 $\pm 0,6$	(12) 3,5 $\pm 0,3$	(4) 2,8 $\pm 0,4$	1:2 2,3:6

Legende: n.s. = $p > 0,05$, nicht signifikant

1:2 = 1 signifikant ($p \leq 0,05$) verschieden von 2

3.2.2.1 Vergleiche Vorderhuf- Hinterhuf

In der Gruppe 2 ist der Röhrendurchmesser in der Außenzone am Hinterhuf deutlich größer als am Vorderhuf.

Ansonsten unterscheiden sich bei allen Gruppen die Meßergebnisse der Parameter am Vorderhuf nicht signifikant von den am Hinterhuf ermittelten.

3.2.2.2 Vergleiche Innenzone-Außenzone des Kronhornes

Bis auf eine Ausnahme (Röhrchenmarkdurchmesser, Vorderhufe, Gruppe 2, Unterschied hier nicht signifikant), weisen alle histologischen Parameter in den Gruppen 1, 2 und 3 signifikante Unterschiede im Vergleich zwischen der Innen- und der Außenzone des Kronhornes auf. Dabei ist die Röhrenzahl/mm² in der Außenzone ca. doppelt so hoch wie in der Innenzone, dagegen aber der Hornröhrendurchmesser in der Außenzone deutlich kleiner, bei größerem Röhrchenmarkdurchmesser. Der prozentuale Anteil des Rindenhornes liegt in der Innenzone des Kronhornes wesentlich höher, der Anteil des Röhrchenmarks deutlich niedriger als in der Außenzone. Dementsprechend hat das Zwischenröhrenhorn an der Querschnittsfläche der Außenzone einen wesentlich höheren Anteil als an der Innenzone. Der Quotient aus Röhrendurchmesser und Röhrchenmarkdurchmesser ist in der Innenzone fast doppelt so groß wie in der Außenzone. Auch dieser Unterschied ist signifikant.

In der Gruppe 6 (nicht ausgewachsene Vollblüter) verhalten sich im Vergleich zwischen Innen- und Außenzone die Ergebnisse ähnlich denen der anderen drei Gruppen (Tabelle 20), wobei allerdings in dieser Gruppe an den Hinterhufen keine Signifikanz der Unterschiede zwischen Innen- und Außenzone nachzuweisen ist.

3.2.2.3 Größenvergleich der histologischen Strukturen bei Eindeckung mit Glyzeringelatine und Kanadabalsam

Die histologischen Schnitte, welche ohne Entwässerung in Glyzeringelatine eingebettet wurden, weisen durchgehend eine sehr gute Qualität auf und wurden aus diesem Grunde zur Auswertung herangezogen. Um die Erkenntnisse über die Methodik der histologischen Hornuntersuchung zu erweitern, wurden ebenfalls 36 der entwässerten und in Kanadabalsam eingebetteten Schnitte (siehe Kapitel 3.1.3.) vermessen und ausgewertet. Es handelt sich also hierbei um einen Vergleich zwischen 36 Präparatepaaren, jeweils vom gleichen Hornblock. Sie wurden, ungeachtet ihrer Gruppenzugehörigkeit bzw. Vorder- oder Hinterhufzugehörigkeit, nach guter Qualität ausgewählt.

Tabelle 21: Größenvergleich der histologischen Hornstrukturen bei Einbettung in Gelatine und Kanadabalsam, n=36

Parameter	Statistische Maßzahlen	Gruppe A Einbettung in Gelatine	Gruppe B Einbettung in Kanadabalsam	Signifikanz zwischen den Gruppen
Röhrchenzahl/mm ² , Innenzone	\bar{x} ±s	8,3 ±1,4	9,3 ±1,8	A:B
Röhrchenzahl/mm ² , Außenzone	\bar{x} ±s	17,3 ±3,8	18,5 ±4,4	A:B
Röhrchendurchmesser, Innenzone in μm	\bar{x} ±s	269,0 ±22,9	257,1 ±20,1	A:B
Röhrchendurchmesser, Außenzone in μm	\bar{x} ±s	167,7 ±19,2	160,5 ±16,1	A:B
Röhrchenmarkdurchmesser, Innenzone in μm	\bar{x} ±s	44,4 ±4,4	41,3 ±5,2	A:B
Röhrchenmarkdurchmesser, Außenzone in μm	\bar{x} ±s	50,6 ±7,1	47,4 ±7,8	A:B
Röhrchenrindenfläche, Innenzone in %	\bar{x} ±s	42,0 ±4,9	42,2 ±4,7	n.s.
Röhrchenrindenfläche, Außenzone in %	\bar{x} ±s	29,6 ±4,2	30,3 ±4,2	n.s.
Röhrchenmarkfläche, Innenzone in %	\bar{x} ±s	1,7 ±0,5	1,7 ±0,5	n.s.
Röhrchenmarkfläche, Außenzone in %	\bar{x} ±s	4,0 ±1,5	4,1 ±1,5	n.s.
Zwischenröhrchenhornfläche, Innenzone in %	\bar{x} ±s	55,9 ±5,1	56,0 ±4,8	n.s.
Zwischenröhrchenhornfläche, Außenzone in %	\bar{x} ±s	66,1 ±5,1	65,6 ±4,9	n.s.

Legende: n.s. = $p > 0,05$, nicht signifikant

A:B = A signifikant ($p \leq 0,05$) verschieden von B

Die absoluten Messungen von Röhrchen- und Röhrchenmarkdurchmesser weisen eine Verkleinerung der Strukturen durch die Entwässerung und die Einbettung in Kanadabalsam nach, und gleichzeitig eine Erhöhung der Röhrchenzahl/mm². Im Vergleich der Größenverhältnisse der Schnitte in Gelatineeinbettung (100 %) ergeben sich für die Meßergebnisse der entwässerten Schnitte (x %):

Röhrchenzahl/mm² (Innenzone): 112,0 %

Röhrchenzahl/mm² (Außenzone): 106,9 %

Röhrchendurchmesser (Innenzone): 95,6 %

Röhrchendurchmesser (Außenzone): 95,7 %

Röhrchenmarkdurchmesser (Innenzone): 93,0 %

Röhrchenmarkdurchmesser (Außenzone): 93,7 %

Keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Einbettungsarten finden sich hingegen beim prozentualen Anteil der Hornstrukturen an der Gesamtfläche.

4. Diskussion

4.1 Versuchsanstellung

4.1.1 Durchführung der Messungen zur Hufform

Die Messungen der beschriebenen Parameter wurde an jedem Tier nur bei einem Beschlagswechsel bzw. einer Hufzubereitung durchgeführt, da das Ziel der Untersuchungen Aussagen über die absolute Hufform der Rassegruppen waren.

Verlaufsuntersuchungen bzw. Intervallmessungen sind hierzu nicht nötig.

Die Ergebnisse spiegeln zum Teil ältere Erfahrungswerte gut wider, zum Teil bestätigen sie Erkenntnisse aus jüngeren Untersuchungen. Bei den angestellten Vergleichen konnten aufgefundene Unterschiede in der Regel auch statistisch gesichert werden.

Die Gruppe der Irischen Hunter weist als Gebrauchskreuzung im Körperbau eine relativ hohe Heterogenität auf. Dieser Tatsache wurde soweit wie möglich Rechnung getragen, indem nur Tiere in die Messungen einbezogen wurden, welche sich nach Exterieur und Abstammung dem Typ des Mittelgewichtshunters zuordnen ließen.

Zur Erfassung der gemessenen Parameter sind die verwendeten Meßgeräte gut geeignet.

Eine exakte Messung der Seitenwandwinkel ist mit dem Winkelmesser nach Fleming nicht möglich und unterblieb.

4.1.2 Erfassung der histologischen Parameter am Hufhorn

Die Größe der Hornproben, welche vom Huf lebender Pferde während der Hufzubereitung genommen werden konnten, erwies sich in einigen Fällen als zu gering und führte zur Aussonderung der betreffenden Probanden, ein Problem, welches bei der Probennahme von Sektionstieren nicht auftritt. Jedoch erfolgt die Probennahme vom lebenden Pferd im Zuge der routinemäßigen Hufzubereitung ohne zusätzliche Unannehmlichkeiten für das Tier und bietet prinzipiell auch die Möglichkeit, Hornproben von lebenden Tieren zu anderen als den hier verfolgten Zwecken zu untersuchen.

Die Herstellung der histologischen Präparate war ohne eine vorherige Erweichung und Einbettung des Hornes durchführbar, wobei nach einiger Übung Schnitte in ausreichend guter Qualität gewonnen werden konnten. Die diesbezügliche Aussage von BUDRAS *et al.* (1992) kann in vollem Umfang bestätigt werden.

Eine einfache Eindeckung der Schnitte mit Glyzeringelatine und eine Umränderung mit Rodihistol führten zu einer ausreichenden Haltbarkeit. Nach 6 Monaten wiesen die so hergestellten Präparate noch keine Veränderungen auf. Die für Dauerpräparate etablierte Methode der Entwässerung in Alkohol und Einbettung in Kanadabalsam führte an den relativ

dicken Hornschnitten oft zu Verwerfungen, da sie mit einer größeren Schrumpfung des Materials verbunden ist. An Schnitten, welche nicht genau die gleiche Dicke aufweisen, könnte auch bei der Gleichbehandlung aller Schnitte eine ungleichmäßige Schrumpfung als Fehlerquelle wirken.

Zur Auswertung wurden also die nichtentwässerten Schnitte in Glyzeringelatine herangezogen. Die Verwendung des halbautomatischen Bildanalyseystems stellt eine sehr gute Möglichkeit der morphometrischen Auswertung dar und ermöglicht, im Gegensatz zum Okularmikrometer, auch die Vermessung von Flächen. Wie RÖSSNER (1940) und BUCHER (1987) beschrieben, ist die Abgrenzung der drei Zonen des Kronhornes nach rein morphologischen Gesichtspunkten nicht immer eindeutig, diese potentielle Fehlerquelle läßt sich jedoch gut eliminieren, indem man bei der Legung des Gesichtsfeldes die Grenzbereiche ausklammert.

Es soll an dieser Stelle folgendes betont werden: die Ermittlung absoluter Meßgrößen bei histometrischen Untersuchungen ist insofern nahezu unmöglich, als daß es praktisch kein schrumpfungsfreies Arbeiten gibt. Man muß sich im allgemeinen damit begnügen, Proben unter immer identischen Bedingungen zu bearbeiten, um auch den resultierenden Fehler möglichst identisch zu halten (BURCK 1973). Dieser Grundsatz wurde bei den hier durchgeführten Untersuchungen gewissenhaft eingehalten, die absoluten Maßzahlen der Hornstrukturen sind unter dieser Voraussetzung zu betrachten. Vor allem ist schwer abzuschätzen, inwieweit die Fixierung des Hornes in Formalin schon vor der weiteren Bearbeitung zu einer Schrumpfung des Materials geführt hat.

4.2 Messungen zur Hufform

4.2.1 Vorderwandwinkel

Wie aus Tabelle 18 ersichtlich, liegen für alle 4 Gruppen von erwachsenen Pferden die Mittelwerte der Vorderwandwinkel an den Vorderhufen deutlich über den Richtwerten aus der Literatur für den regelmäßigen Huf (Tabelle 1) von 45°-50°. Die Maße der Hinterhufe hingegen fallen in den beschriebenen Intervall von 50°-55°, wenn auch mit einer Tendenz zur oberen Grenze, dargestellt in Tabelle 19.

Dieses Ergebnis kommt vor allem den Aussagen der Arbeit von SCHREYER (1997) sehr nahe. Vorderwandwinkel von durchschnittlich über 50° wurden auch durch FRIEDRICH (1931b), MELLER (1937), KÖRBER (1967), CLAYTON (1987), HANTUSCH (1987), LEU (1987), CLAYTON (1990), RICHTER (1990), JOSSECK (1991) und HERZBERG (1996) dokumentiert. Bei der allgemeinen Anerkennung der Fesselstandstheorie sprechen diese Ergebnisse für eine zumindest an der Vordergliedmaße steilere Winkelung der Zehenknochen zum Boden als bisher angenommen. Auch Messungen des Bodenwinkels an der Vordergliedmaße von DUERST (1922), GUTSCHE (1922, zit. nach SCHMALTZ 1922),

PLISCHKE (1927), KRONACHER und OGRIZEK (1932), WAGENER (1934), PERKHUHN (1936), KRÜGER (1939), WEHNER (1941) und PFEIFFER (1943) wiesen Ergebnisse von teilweise deutlich über 50° auf.

Connemara-Pony (Gruppe 1)

Die Vorderwandwinkel an den Hufen der Connemara-Ponys sind sowohl am Vorder- als auch am Hinterhuf größer als die von Englischen Vollblütern und Hunttern; der Unterschied erwies sich jedoch nicht als signifikant. Die Tendenz entspricht der allgemeinen Ansicht, daß Ponyrassen einen steileren Huf aufweisen als andere Pferderassen.

Verglichen mit den in der Literatur angegebenen Richtwerten ist festzustellen, daß der Vorderwandwinkel am Vorderhuf im Durchschnitt deutlich über der oberen Intervallgrenze für regelmäßige Hufe liegt ($> 45^\circ$), am Hinterhuf mit 55° genau am oberen Grenzbereich.

Die Vorderwandwinkel der Connemara-Ponys liegen unterhalb der Meßwerte aus Untersuchungen an Haflingern (RICHTER 1990), Lipizzanern (JOSSECK 1991) und Shetland-Ponys, sind aber größer als die Winkelmaße, welche für Trabrennpferde (HANTUSCH 1987), Island-Ponys (LEU 1987), Deutsche Reitpferde (SCHREYER 1997) und sog. Sportpferde (KÖRBER 1967) ermittelt wurden.

Englisches Vollblut (Gruppe 3)

Die Vorderwandwinkel an den Hufen der Englischen Vollblüter der Gruppe 3 (erwachsene, beschlagene Pferde in reiterlicher Nutzung) liegen für Vorder- und Hinterhufe zwischen den Meßergebnissen für Connemara-Ponys und Hunter. Jedoch liegt, wie auch bei den eben genannten Gruppen, der Durchschnittswert für der Vorderwandwinkel am Vorderhuf über dem Richtwert-Intervall von $45\text{-}50^\circ$, der entsprechende Wert am Hinterhuf liegt zwar zwischen 50° und 55° , aber nahe der oberen Grenze. Im Vergleich mit Ergebnissen anderer Untersuchungen sind die hier gemessenen Vorderwandwinkel der Englischen Vollblüter kleiner als die verschiedener Kleinpferde- und Ponyrassen wie Haflinger (RICHTER 1990) und Shetland-Ponys (HERZBERG 1996), sie liegen jedoch zum Teil ähnlich oder über den Werten der warmblütigen Pferde aus den Arbeiten von FRIEDRICH (1931b), KÖRBER (1967), und SCHREYER (1997). Keine Übereinstimmung konnte mit den Vorderwandwinkeln festgestellt werden, die PLISCHKE (1927) an Vollblütern erfaßte, diese waren deutlich größer. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die **ganzjährig unbeschlagenen Zuchtstuten** der Rasse Englisches Vollblut (Gruppe 4) am Vorderhuf im Vergleich zu den beschlagenen Vertretern dieser Rasse (Gruppe 3) einen ähnlichen Vorderwandwinkel (Unterschied nicht signifikant) aufweisen, der Vorderwandwinkel des Hinterhufes aber signifikant, und zwar um ca. 3° kleiner ist. So zeigten diese unbeschlagenen Vollblüter sogar einen um ca. 1° flacher gewinkelten Hinterhuf im Vergleich zu ihrem Vorderhuf (Unterschied ebenfalls statistisch gesichert). Ähnliche Verhältnisse haben bei jüngeren Untersuchungen RICHTER (1990) an Haflingern,

JOSSECK (1991) an Lipizzanern und HERZBERG (1996) an Shetland-Ponys festgestellt. Auffällig ist, daß es sich auch in allen diesen Fällen um unbeschlagene Pferde handelte.

Wenn bei unbeschlagenen Pferden die Vorderwandwinkel an Vorder- und Hinterhuf einander sehr ähnlich sind, was an weiteren Rassen und größeren Gruppen unbeschlagener Tiere untersucht werden müßte, stellt sich die Frage nach der Ursache der Steilerstellung des Hinterhufes im beschlagenen Zustand.

Für die hier untersuchten Pferde wäre auch die Erklärung denkbar, daß sich eine Erweiterung des Hufes - und damit auch eine Erniedrigung des Zehenwinkels - durch Beschlaglosigkeit und Bewegung auf weichem Boden (PRIETZ 1985) vollzieht und diese sich am Hinterhuf stärker bemerkbar macht, da sich Zuchtstuten einen Großteil des Jahres mit einem deutlich erhöhten Körpergewicht bewegen, wobei sich der Körperschwerpunkt in Richtung Hinterhand verschiebt. Die reiterliche Nutzung und Ausbildung der erwachsenen Pferde der Gruppen 1, 2 und 3 könnte ebenfalls als Ursache für die Erhöhung des Vorderwandwinkels am Hinterhuf in Frage kommen. PERKHUHN (1936) fand an Warmblutpferden vor Beginn der Reitausbildung am Hinterhuf sogar deutlich kleinere sogenannte „Standwinkel“ als am Vorderhuf. Nach einjähriger Ausbildung stellte er am Vorderhuf nur eine sehr geringgradige Erhöhung, am Hinterhuf eine Erhöhung dieses Winkels um durchschnittlich $4,3^\circ$ fest. Denkbar ist als Ursache für diese Veränderung die erhöhte Lastaufnahme und das vermehrte Untertreten der Hinterhand in der beim Reiten geforderten Versammlung; dieses wird, trotz der Erhöhung des Körpergewichtes bei trächtigen Stuten, welche in etwa dem Reitergewicht entspricht, nicht beobachtet (STRASSER 1991).

Hunter (Gruppe 2)

Von den Untersuchungsgruppen der erwachsenen und beschlagenen Pferde weist die der Hunter für Vorder- und Hinterhuf die niedrigsten Werte der Vorderwandwinkel auf (Unterschied nicht statistisch zu sichern). Die Durchschnittswerte liegen unter denen, die bei Haflingern (RICHTER 1990), Lipizzanern (JOSSECK 1991) und Shetland-Ponys (HERZBERG 1996) gefunden wurden. Die Ergebnisse für die Gruppe der Hunter kommen von allen hier untersuchten Tiergruppen den von SCHREYER (1997) an Pferden der Rasse Deutsches Reitpferd ermittelten am nächsten, was damit konform geht, daß Deutsches Reitpferd und Mittelgewichtshunter nach Exterieur und Abstammung sehr ähnliche Pferdetypen sind.

Auch bei den Hunttern liegt der Durchschnittswert für den Vorderwandwinkel am Vorderhuf deutlich über dem von der allgemeinen Lehrmeinung als normal bezeichnetem Intervall von $45-50^\circ$, während der Vorderwandwinkel des Hinterhufes innerhalb des entsprechenden Bereiches von $50-55^\circ$ liegt.

Man kann feststellen, daß bei allen drei Gruppen von Pferden, welche erwachsen, beschlagen und in reiterlicher Nutzung waren, der Vorderwandwinkel des Hinterhufes um im Durchschnitt

ca. $1-2^\circ$ größer als der des Vorderhufes ist. Dieser Unterschied konnte, wahrscheinlich aufgrund der begrenzten Stichprobenzahl, statistisch nicht gesichert werden.

Diese Ergebnisse bestärken die Forderung, daß die Hufzubereitung für jedes Tier individuell erfolgen muß, in welchem Sinne sich auch RICHTER (1990), HERZBERG (1996), SCHREYER (1997) äußerten.

Mit der Unterstützung von Untersuchungen an weiteren Rassen und höheren Tierzahlen sollte auch eine Relativierung der als „normal“ bezeichneten Vorderwandwinkel in Betracht gezogen werden, wie vor allem von BUSHE *et al.* (1987) sowie BALCH *et al.* (1991a) gefordert wurde. Auch die vorliegende Untersuchung spricht, wie eine Reihe anderer Arbeiten aus jüngerer Zeit, dafür, daß zumindest der Vorderwandwinkel am Vorderhuf im Normalfall größer ist, als bisher angenommen, also oberhalb des Intervalles von $45-50^\circ$ liegt.

Die Häufigkeit der einzelnen Werte für den Vorderwandwinkel an Vorder- und Hinterhuf wird in den Abbildungen 1-4 verdeutlicht, wobei in den Abbildungen 1 und 3 die erwachsenen und beschlagenen Tiere in reiterliche Nutzung zusammengefaßt wurden (Gruppen 1-3), die Abbildungen 2 und 4 enthalten die unbeschlagenen Zuchtstuten der Rasse Englisches Vollblut.

Abb. 1: Vorderwandwinkel am Vorderhuf bei den Tieren der Gruppen 1-3

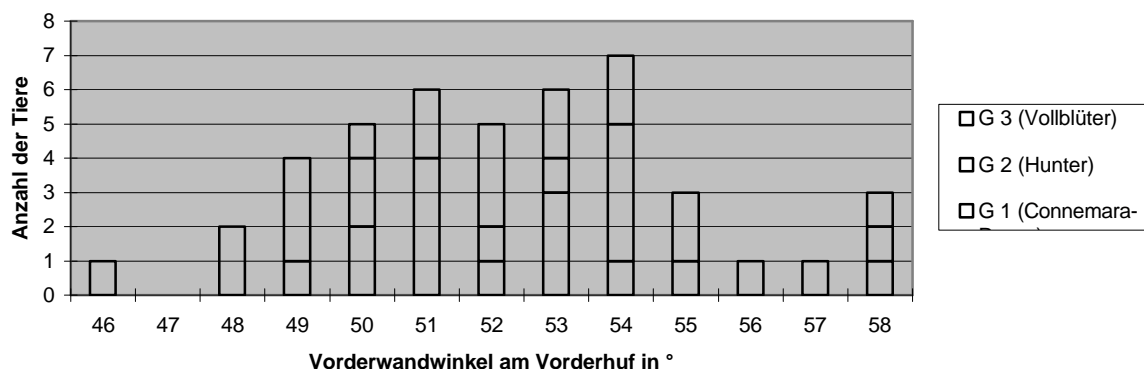


Abb. 2: Vorderwandwinkel am Vorderhuf bei den Tieren der Gruppe 4

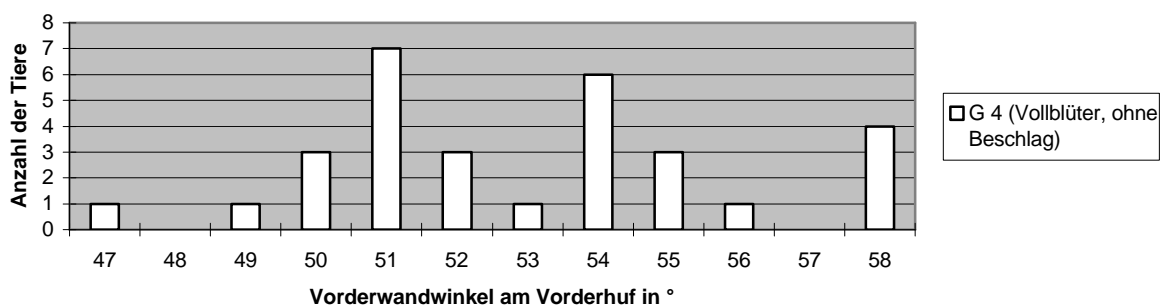


Abb. 3: Vorderwandwinkel am Hinterhuf bei den Tieren der Gruppen 1-3

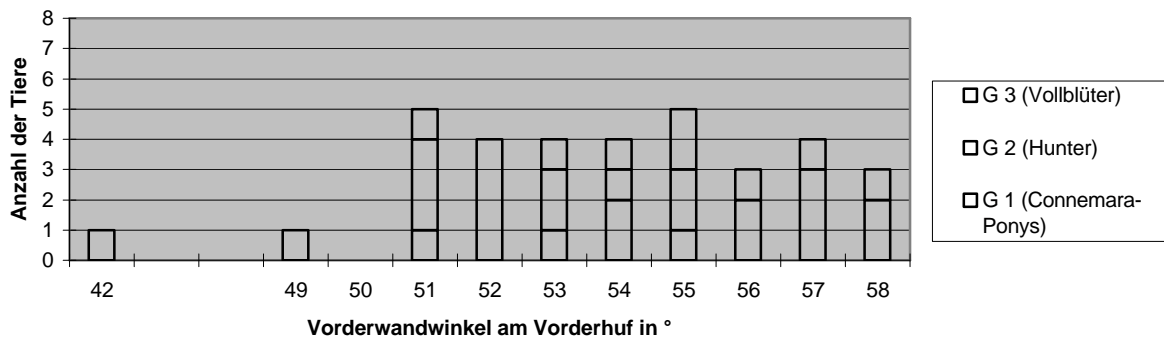
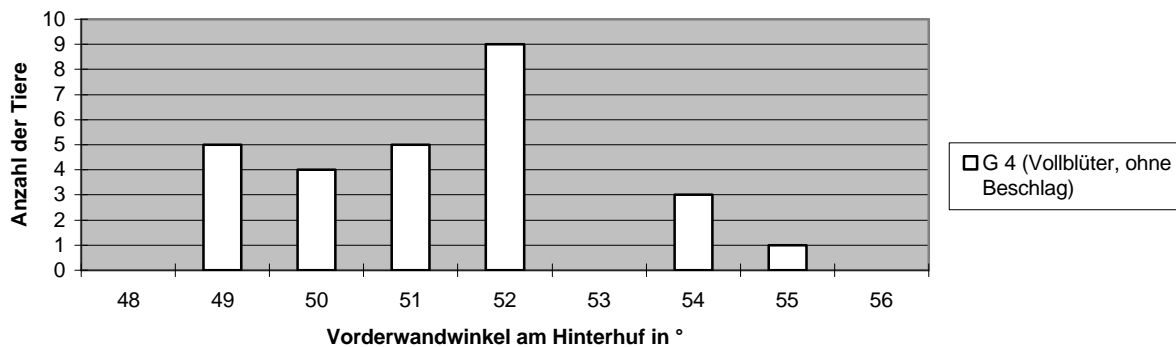
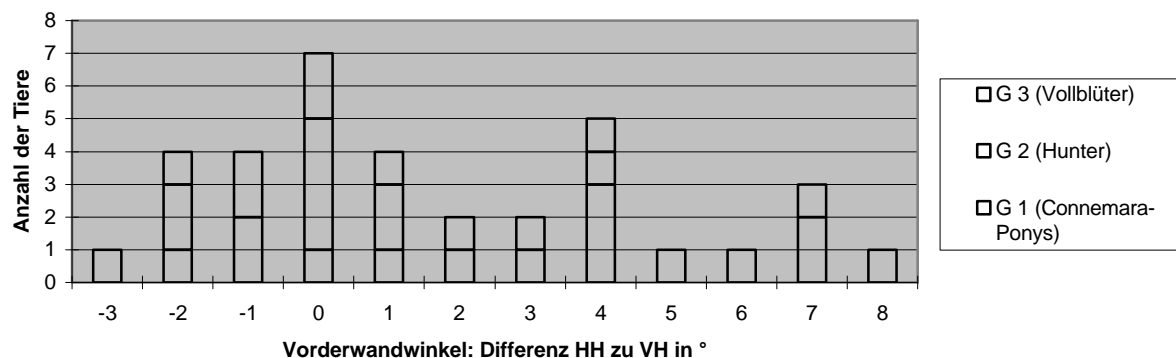


Abb. 4: Vorderwandwinkel am Hinterhuf bei den Tieren der Gruppe 4



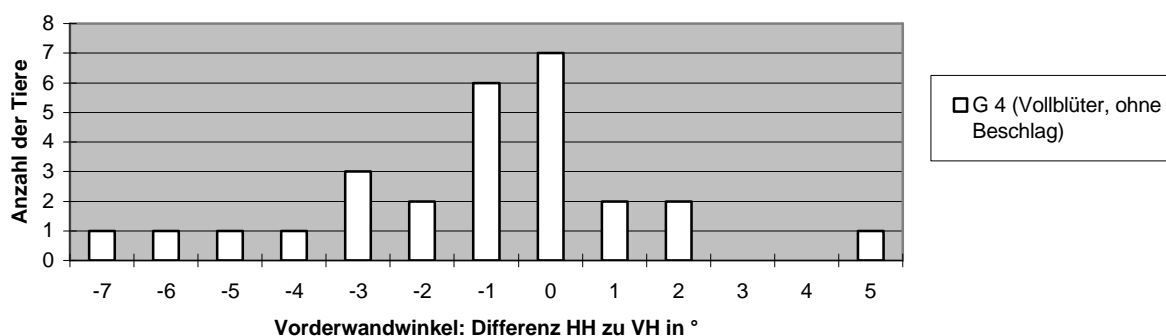
Weiterhin wird die Erkenntnis bestätigt, daß im Durchschnitt zwischen dem Vorderwandwinkel des Vorder- und Hinterhufes ein wesentlich geringerer Unterschied besteht als 5°, wie auch in den Arbeiten von MEIER (1917), GUTSCHE (1922, zit. nach SCHMALTZ 1922), PLISCHKE (1927), FRIEDRICH (1931b) und SCHREYER (1997) ausgeführt wurde. Es kann den Aussagen von SCHMALTZ (1922) und POLLITT (1992) zugestimmt werden, wonach auch bei Pferden mit gesunden Gliedmaßen der Vorderwandwinkel des Hinterhufes nicht wesentlich größer sein muß als der des Vorderhufes. Beide Winkel können durchaus auch identisch sein, bzw. der Vorderwandwinkel des Hinterhufes kann auch kleiner sein als der des Vorderhufes. Verdeutlicht wird dies in den Abbildungen 5 und 6. Die Werte auf der Abszisse geben an, um wieviel Grad sich der Vorderwandwinkel des Hinterhufes von dem des Vorderhufes unterscheidet. Die im negativen Bereich liegenden Tiere hatten also am Hinterhuf einen kleineren Winkel als am Vorderhuf. Erfasst sind insgesamt alle Tiere, von denen ein vollständiges Wertepaar vorlag (VH und HH).

Abb. 5: Differenz des Vorderwandwinkels des Hinterhufes zum Vorderwandwinkel des Vorderhufes bei den Tieren der Gruppen 1-3



Auffällig ist die Tatsache, daß sowohl bei den erwachsenen und beschlagenen Tiere in reiterlicher Nutzung (Gruppen 1-3) in Abb. 5 und den unbeschlagenen Zuchtstuten der Rasse Englisches Vollblut in Abb.6 der am häufigsten auftretende Wert 0° beträgt, welcher eine Identität beider Winkel anzeigt.

Abb. 6: Differenz des Vorderwandwinkels des Hinterhufes zum Vorderwandwinkel des Vorderhufes bei den Tieren der Gruppe 4



Fohlen der Rasse Englisches Vollblut (Gruppe 5)

Die Ergebnisse für die Vorderwandwinkel an den Hufen von Fohlen der Rasse Englisches Vollblut im Alter von 6-8 Monaten bestätigen die Erkenntnis, daß bei jungen Pferden die Winkelung des Hufes eine steilere ist als bei adulten Tieren. Der Vorderwandwinkel der untersuchten Fohlen ist im Vergleich mit den erwachsenen, ebenfalls unbeschlagenen Stuten (Gruppe 4) dieser Rasse am Vorder- und Hinterhuf etwa um 4° größer, dieser Unterschied ist statistisch sicherbar.

Wie schon bei den Stuten der Gruppe 4 fällt beim Vergleich von Vorder- mit Hinterhuf auch bei der Gruppe der Fohlen auf, daß der Hinterhuf, entgegen der verbreiteten Ansicht, etwa 1° flacher gewinkelt ist als der Vorderhuf. Der Vorderwandwinkel des Vorderhufes der Fohlen ist also auch verglichen mit dem der beschlagenen, erwachsenen Vollblüter (Gruppe 3) um etwa 4° größer, der des Hinterhufes aber nur knapp 1° .

4.2.2 Vorderwandlänge und Trachtenwandlänge

Die 3 Mittelwerte für die Vorderwandlänge nach der Hufzubereitung der Gruppen 1-3 (erwachsene und beschlagene Pferde in reiterlicher Nutzung) liegen für den Vorderhuf zwischen 8,0 und 9,0 cm, für den Hinterhuf zwischen 8,2 und 9,0 cm. Bei Einordnung in das Richtwertschema für Vorderwandlängen (nach Körpergewicht) von BALCH *et al.* (1991a) liegen die hier ermittelten Werte im oberen Grenzbereich.

Die 3 Mittelwerte für die Trachtenwandlängen nach der Hufzubereitung betragen am Vorderhuf zwischen 3,3 und 4,3 cm, am Hinterhuf zwischen 3,0 und 3,8 cm. Dies sind kleinere Werte, als in der Literatur für andere Untersuchungen dokumentiert wurden. Ähnlich geringe Werte finden sich bei MEIER (1917) und CLAYTON (1987). Eine mögliche Erklärung hierfür ist die Aussonderung von Hufen mit untergeschobenen Trachten für die vorliegende Untersuchung, soweit dies mit bloßem Auge durchführbar war. Dies erfolgte, da eine Trachtenwand, wenn sie untergeschoben ist, eine größere Länge aufweist, als wenn sie den normalen parallelen Verlauf zur Zehenwand aufweisen würde.

Connemara-Pony

Die Gruppe der Connemara-Ponys weist im Vergleich zu den Englischen Vollblütern und Hunttern der Gruppen 2 und 3 an Vorder- und Hinterhuf die geringste Vorder- und Trachtenwandlänge auf. Die Unterschiede sind zum Teil statistisch absicherbar (Tabelle 14)

Die Länge der Vorderwand ist, besonders am Hinterhuf, ähnlich den Werten, die JOSSECK (1991) für Lipizzaner ermittelte. Die durchschnittliche Trachtenwandlänge der Connemara-Ponys ist beim Literaturvergleich bis auf wenige Ausnahmen (MEIER 1917, CLAYTON 1987) kleiner als die Werte aus anderen Untersuchungen.

Die Vorderwand- und Trachtenwandlänge der Connemara-Ponys ist kleiner als die an Island-Ponys gemessene (LEU 1987). Der Meßwert der Vorderwandlänge der Connemara-Ponys liegt über dem von Haflingern (RICHTER 1990), der Wert für die Trachtenwandlänge allerdings darunter, was - nach rein geometrischen Überlegungen - für einen niedrigeren Vorderwandwinkel beim Connemara-Pony spricht. Am Vorderhuf ist dies deutlich der Fall, am Hinterhuf ist die Winkeldifferenz allerdings sehr gering. Hieran wird in Übereinstimmung mit Aussagen von HABACHER (1917) und JACKSON (1996) sichtbar, daß der Huf ein komplexes und variationsreiches lebendes Objekt ist und nicht ein durch einfache geometrische

Berechnungen konstruierbarer Körper. Das Verhältnis der Vorderwandlänge zur Trachtenwandlänge kann nicht allein vom Vorderwandwinkel abhängig sein, sondern auch von schwer erfaßbaren Einflüssen wie z.B. dem Verlauf der Krone um den gesamten Huf und der Neigung der Trachtenlinien im Verhältnis zur Medianebene. Deutlich wird dies auch darin, daß sich für den Hinterhuf bei etwa gleicher Vorder-, aber geringerer Trachtenwandlänge die rein geometrische Schlußfolgerung auf einen kleineren Vorderwandwinkel ebenfalls nicht ziehen läßt.

Englisches Vollblut

Die Werte für Vorder- und Trachtenwandlänge an Vorder- und Hinterhuf liegen bei den Englischen Vollblütern der Gruppe 3 (erwachsene, beschlagene Pferde in reiterlicher Nutzung) zwischen denen der Connemara-Ponys der Gruppe 1 und denen der Hunter der Gruppe 2. Die Unterschiede sind zum Teil statistisch absicherbar (Tab. 15)

Die Vorderwandlängen sind etwas größer als bei Lipizzanern (JOSSECK 1991), jedoch deutlich kleiner als bei Deutschen Reitpferden (SCHREYER 1997). Bei GROSSBAUER und HABACHER (1923) finden sich für die Vorderwandlänge an Vorder- und Hinterhuf Werte, die den hier ermittelten fast identisch sind, jedoch ohne eine genauere Beschreibung der untersuchten Pferderasse.

Die durchschnittliche Trachtenwandlänge der Englischen Vollblüter ist im Literaturvergleich bis auf wenige Ausnahmen (MEIER 1917, CLAYTON 1987) kleiner als die Werte aus anderen Untersuchungen.

Die Vorderwandlänge der Vorderhufe der **unbeschlagenen** Zuchtstuten dieser Rasse (Gruppe 4) stimmt in etwa mit der der beschlagenen Vollblüter überein. Die wesentlich größere Trachtenwandlänge ist bei fast identischem Vorderwandwinkel schwer erklärbar. Denkbar ist durch die Haltung auf weichem Boden ein häufigeres Auftreten von untergeschobenen Trachten und infolge der Beurteilung mit bloßem Auge eine unvollständige Aussonderung der betroffenen Tiere. Zwischen den Wandlängen der Hinterhufe besteht bei beschlagenen und unbeschlagenen Vollblütern (Gruppe 3 und 4) kein signifikanter Unterschied. Bei den **Fohlen** dieser Rasse (Gruppe 5) sind Vorderwand- und Trachtenwandlänge kleiner als bei den erwachsenen Tieren (Gruppe 3 und 4).

Hunter

In der Gruppe der Hunter ist die durchschnittliche Vorder- und Trachtenwandlänge an Vorder- und Hinterhuf größer als bei den Connemara-Ponys der Gruppe 1 und den Englischen Vollblütern der Gruppe 3, wobei die Unterschiede zu den Vollblütern der Gruppe 3 nur teilweise statistisch zu sichern sind. Die größeren Wandlängen der Hunter gegenüber dem Connemara-Pony und auch dem Englischen Vollblut entsprechen den Erwartungen. Zu den Hufmaßen der Rasse Irish Draught selbst gibt es zwar keine Untersuchungen, doch fand man bei anderen schweren Pferderassen wie Belgiern und Shire (LEU 1987) Vorderwandlängen von über 11 cm. Das Kreuzungsprodukt Hunter liegt also hinsichtlich der Hufgröße

wahrscheinlich zwischen den beiden Ausgangsrassen. Zur vollständigen Sicherung dieser Aussage wären zusätzliche Hufmessungen an Tieren der Rasse Irish Draught notwendig. Im Vergleich mit dem Deutschen Reitpferd (SCHREYER 1997) weist der Hunter an Vorder- und Hinterhuf kleinere Vorder- und Trachtenwandlängen auf.

Im Vergleich der drei Gruppen erwachsener, beschlagener Pferde in reiterlicher Nutzung läßt sich zusammenfassen, und zwar für Vorder- und Hinterhuf, daß im Durchschnitt die Hunter der Gruppe 2 die größten Vorder- und Trachtenwandlängen und den niedrigsten Vorderwandwinkel aufweisen. Die Wandlängen beim Englischen Vollblut sind etwas kleiner und die Vorderwandwinkel größer. Die geringsten Wandlängen und größten Vorderwandwinkel weisen die Connemara-Ponys auf.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von LEU (1987), RICHTER (1990), HERZBERG (1996) und SCHREYER (1997) kann man für die Gruppen 1-3 ebenfalls die Aussage treffen, daß zwischen der Vorderwandlänge an Vorder- und Hinterhuf kein signifikanter Unterschied nachzuweisen ist, die Trachtenwandlänge dagegen ist am Hinterhuf geringer als am Vorderhuf, mit Ausnahme der Gruppe 3 (Vollblüter), hier stimmt die Trachtenwandlänge des Vorderhufes mit der des Hinterhufes überein.

4.2.3 Verhältnis Vorderwandlänge zu Trachtenwandlänge

Das Verhältnis von Vorder- zu Trachtenwandlänge liegt nach verbreiteter Lehrmeinung bei ca. 3:1 für den Vorder- und bei ca. 2:1 für den Hinterhuf. Die Ergebnisse dieser Arbeit weichen zum Teil hiervon ab.

So ist bei jeder der 5 untersuchten Gruppen die Vorderwand im Vergleich zur Trachtenwand am Hinterhuf größer als am Vorderhuf, wie auch von LEU (1987), JOSSECK (1991), HERZBERG (1996) und SCHREYER (1997) bei Hufmessungen festgestellt wurde.

Das Verhältnis von Vorder- zu Trachtenwandlänge liegt bei allen 4 untersuchten Gruppen am Vorderhuf im Bereich zwischen 2:1 und 2,5:1, was unterhalb des Richtwertes von 3:1 (Tab. 2) liegt. Eine Übereinstimmung besteht aber in etwa mit den Aussagen von GROSSBAUER und HABACHER (1923), GUTENÄCKER und MOSER (1926), HABACHER (1948), SCHWYTER (1948), HICKMAN (1977), KÖRBER (1981) und DEGUEURCE (1997).

Dagegen liegt am Hinterhuf das Verhältnis der Wandlängen mit Werten zwischen 2,4 und 2,7:1 deutlich über dem Richtwert von 2:1.

Tabelle 22: Verhältnis Vorderwandlänge zu Trachtenwandlänge, errechnet aus den Meßergebnissen (Mittelwerte)

Parameter	Gruppe 1 Connemara- Pony	Gruppe 2 Hunter	Gruppe 3 Vollblut (mit Beschlag)	Gruppe 4 Vollblut (ohne Beschlag)	Gruppe 5 Vollblut (Fohlen)
Vorderhuf	2,4:1	2,1:1	2,5:1	2:1	2,3:1
Hinterhuf	2,7:1	2,4:1	2,7:1	2,5:1	2,5:1

Wie schon beim Vergleich der Vorderwandwinkel zeichnet sich auch für das Vorderwand-Trachtenwandlängenverhältnis ein geringerer Unterschied zwischen Vorder- und Hinterhuf ab, als allgemein angenommen. Die Wandlängenverhältnisse der Vollblut-Fohlen (Gruppe 5) entsprechen in etwa den der erwachsenen Tiere der gleichen Rasse (Gruppen 3 und 4).

4.2.4 Veränderungen am Huf durch die Hufzubereitung

Da die Länge der Hufzubereitungs- bzw. Beschlagsperiode bei den Probanden nicht einheitlich war, handelt es sich bei der Auswertung der Veränderungen in dieser Zeit lediglich um die Beschreibung einer Tendenz. Einige Betrachtungen sollen dennoch angestellt werden, da die Länge der Beschlagsperioden (6-8 Wochen) während dieser Untersuchungen durchaus der allgemein üblichen entspricht (HERTSCH und CARSTENSEN 1983, PRIETZ 1985, SCHREYER 1997).

Die Vorderwandwinkel aller beschlagenen Tiere (Gruppen 1-3) erhöhten sich durch die Hufzubereitung und die dabei stattfindende Wiederanpassung des Hufes an den Fesselstand. Man kann also davon ausgehen, daß sich der Vorderwandwinkel im Laufe der Beschlagsperiode durch die Besonderheiten von Wachstum und Abnutzung des Hufes auf dem Hufeisen um eben diesen Betrag verringert hat (HERTSCH und CARSTENSEN 1983, SCHREYER 1997). Die im Vergleich zum Hinterhuf stärkere Veränderung des Vorderwandwinkels an den Vorderhufen, die bei allen drei Gruppen auftrat, könnte dabei für einen stärkeren Trachtenabrieb des Vorderhufes auf dem Hufeisen oder aber ein stärkeres Wachstum des dorsalen Wandabschnittes sprechen. Eine denkbare Ursache für einen höheren Trachtenabrieb an den Vorderhufen liegt in der Lastenverteilung, wobei die Vorderhand fast 60 % des Körpergewichtes trägt (WITZMANN 1969). SCHREYER (1997) allerdings stellte bei beschlagenen Deutschen Reitpferden an den Vorderhufen eine geringere Winkeländerung fest als an den Hinterhufen. Die Meßwerte von SCHREYER (1997), welche auf eine

Winkelverkleinerung um ca. 1,5-2° (in 8 Wochen) hinweisen, liegen im gleichen Bereich wie die der vorliegenden Arbeit (Durchschnitt der Gruppen 1-3, Tabelle 15).

Beim Vergleich der Gruppen 1-3 wurden die größten Winkeländerungen durch die Hufzubereitung an den Hufen der Hunter (VH: 2,8°; HH: 2,3°) festgestellt, geringere an denen der Englischen Vollblüter (VH: 2,0°; HH: 1,0°), die kleinsten an den Hufen der Connemara-Ponys (VH: 1,0°; HH: 0,9°). Vollblütern und Ponys wird im allgemeinen eine größere Festigkeit der Hufe nachgesagt als Warmblütern, wozu jedoch noch keine wissenschaftlichen Untersuchungen in der Literatur verzeichnet sind. Die hier bei Connemara-Ponys und Englischen Vollblütern festgestellte geringere Winkeländerung während der Beschlagsperiode im Vergleich zum Hunter kann aber durchaus ihre Ursache in einer geringeren Trachtenabnutzung infolge einer größeren Hornfestigkeit haben.

HERTSCH und CARSTENSEN (1983) sprechen bei einer Beschlagsperiode von 8 Wochen von einer durchschnittlichen Verringerung des Vorderwandwinkels von 3°. Die in der vorliegenden Arbeit festgestellte Verringerung des Vorderwandwinkel war am Vorder- und Hinterhuf weniger ausgeprägt, jedoch war die Beschlagsperiode nicht bei allen hier untersuchten Tieren 8 Wochen, sondern teilweise auch kürzer (bis 6 Wochen).

Grundsätzlich abweichende Resultate sind wiederum bei der Gruppe 4, den **unbeschlagenen** Zuchtstuten des Englischen Vollblutes zu beobachten. Im Vergleich zu den beschlagenen Tieren derselben Rasse kommt es durch die Hufzubereitung zu einer wesentlich geringeren Zunahme der Vorderwandwinkel. Diese haben sich also im Laufe der Hufpflegeperiode kaum verringert, was sicher nur zum Teil auf die im Durchschnitt etwas kürzere Hufpflegeperiode der unbeschlagenen Tiere zurückgeführt werden kann. Es macht auch die gleichmäßigere Abnutzung aller Wandabschnitte am unbeschlagenen im Vergleich zum beschlagenen Huf deutlich, wie schon von MÖLLER (1915) sowie GÖRTE und SCHEIBNER (1936) beschrieben. Dafür spricht hier ebenfalls die am unbeschlagenen Huf in etwa gleiche Änderung von Vorder- und Trachtenwandlänge durch die Hufzubereitung. Bei den beschlagenen Tieren der Gruppen 1-3 war die durch den Hufschmied vorgenommene Abtragung von der Trachtenwand wesentlich geringer, von der Vorderwand dagegen bedeutend größer als bei den unbeschlagenen Pferden, was durch die verstärkte Abnutzung der Trachten auf dem Hufeisen infolge des Hufmechanismus und mit der kaum oder nur wenig stattfindenden Abnutzung der Vorderwand auf dem Hufeisen zu erklären ist.

4.3 Histologische Parameter

4.3.1 Architektur des Stratum corneum, erwachsene Tiere (Gruppen 1,2,3)

4.3.1.1 Anzahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit

Die im Durchschnitt aller adulten Tiere festgestellte Anzahl der Hornröhrchen entspricht mit ca. 8/mm² für die Innen- und ca. 15/mm² für die Außenzone des Kronhorns in etwa den von RÖSSNER (1940), BUCHER (1987) sowie PELLMANN *et al.* (1993) beschriebenen Werten. Im Rassevergleich (Tabelle 20) ist beim Hunter die Hornröhrchenzahl/mm² in Innen- und Außenzone geringer als bei adulten Vollblütern und Connemara-Ponys, die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant. Weiterhin ist zu sagen, daß man ohne physikalische Abriebversuche und Materialtests mit diesem Ergebnis allein noch nicht die allgemeine Auffassung stützen kann, daß Ponys und Englische Vollblüter widerstandsfähigeres Hufhorn haben als warm- oder kaltblütige Rassen, obwohl eine höhere Hornröhrchendichte als histologischer Anhaltspunkt dafür angesehen wird (TSCHERNE 1910, KIND 1961, SCHRÖDER 1961, DIETZ *et al.* 1971, MAUSKE 1972, FUCHS 1976, LEACH 1980, DIETZ und PRIETZ 1981, BUCHER 1987).

4.3.1.4 Durchmesser der Hornröhrchen und des Röhrchenmarks

Die Proben aller Entnahmeorte (Vorder- und Hinterhuf, sowie Innen- und Außenzone) weisen in der Gruppe der Connemara Ponys die geringsten und in der Gruppe der Hunter die größten Hornröhrchendurchmesser auf, die Werte für die erwachsenen Vollblüter liegen jeweils dazwischen. Lediglich ein Teil dieser Unterschiede erwies sich als signifikant (Tabelle 20).

Die Unterschiede im Röhrchendurchmesser resultieren aus unterschiedlicher Rindenstärke der Röhrchen, da sich die Markdurchmesser nicht signifikant voneinander unterscheiden. Das legt die Schlußfolgerung nahe, daß die Lederhautzotten in ihrer absoluten Größe von Rasse zu Rasse variieren.

Es wurden in der Innenzone des Kronhornes die dicksten Hornröhrchen gefunden, was mit den Beschreibungen von NICKEL (1938b) und BUCHER (1987) übereinstimmt. In der Literatur finden sich kaum Vergleichswerte für Röhrchendurchmesser und Röhrchenmarkdurchmesser.

Die hier ermittelten Hornröhrchendurchmesser liegen im Durchschnitt sowohl für die Innenzone (262-276 µm) als auch für die Außenzone (157-189 µm) des Kronhornes niedriger als die von TSCHERNE (1910) ermittelten Werte (385 bzw. 210 µm) (Tabelle 7).

Die ermittelten Werte der Röhrchenmarksdurchmesser sind in der Innenzone (42-44 µm) und der Außenzone (47-50 µm) größer als die Werte von TSCHERNE (1910) und kleiner als die von RÖSSNER (1940) (Tabelle 8).

4.3.1.3 Anteil von Rindenhorn, Röhrenmark und Zwischenröhrenhorn am Gesamthorn (Querschnitt)

In der Literatur fehlen Aussagen über die prozentualen Anteile von Rindenhorn, Röhrenmark und Zwischenröhrenhorn am Gesamthorn (Querschnitt) fast völlig, was sicher auch damit zu erklären ist, daß eine exakte und mit vertretbarem Aufwand durchführbare Flächenvermessung erst mit computergestützten Bildauswertungssystemen möglich wurde.

PELLMANN *et al.* (1993) beschrieben für die Innenzone des Kronhornes ein Flächenverhältnis von Röhrenhorn zu Zwischenröhrenhorn von ca. 1:2, in der vorliegenden Untersuchung wurde ein ähnliches Verhältnis für die Außenzone des Kronhornes festgestellt, in der Innenzone hingegen verhielten sich die Flächenanteile von Röhrenhorn zu Zwischenröhrenhorn etwa wie 4:5 (Tabelle 20).

Weiterhin fanden PELLMANN *et al.* (1993) in der Innenzone des Kronhornes ein Flächenverhältnis von Röhrenrindenhorn zu Röhrenmark von ca. 40:1.

Dieses Verhältnis beträgt nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit für die Innenzone ca. 25:1, für die Außenzone lediglich etwa 8:1 (Tabelle 20).

Im Gegensatz zur Röhrenzahl pro Flächeneinheit ist der prozentuale Anteil des Rindenhornes an der Querschnittsfläche des Kronhornes in der Innenzone signifikant höher als in der Außenzone. Setzt man die Rindenfläche in der Innenzone gleich 100 %, beträgt die Rindenfläche in der Außenzone (Vorder- und Hinterhuf) zwischen 61,9 % und 77,7 % davon. Demzufolge liegen die Verhältnisse für das Zwischenröhrenhorn umgekehrt, sein Anteil ist in der Außenzone des Kronhornes signifikant höher als in der Innenzone. Dieses Ergebnis entspricht den Erkenntnissen von RÖSSNER (1940), der in der Außenzone einen um ca. 5 % höheren Anteil an Zwischenröhrenhorn feststellte als in der Innenzone.

Die Markflächenanteile am Hornquerschnitt sind in der Außenzone des Kronhornes ca. doppelt so hoch wie in der Innenzone. Aufgrund ihrer geringen Größe haben die Markflächenanteile auch bei unterschiedlicher Größe keine nennenswerten Auswirkungen auf die Anteile von Röhrenhorn und Zwischenröhrenhorn am Gesamtquerschnitt. Es besteht eine sehr starke, nahezu absolute, negative Korrelation zwischen dem Anteil an Röhrenhorn und dem Anteil an Zwischenröhrenhorn am Gesamtquerschnitt (für alle Probenentnahmestellen war $R \leq -0,97$).

Bis auf die Werte für die Außenzone am Hinterhuf der Gruppe 1 (Connemara-Ponys) bestehen zwischen den Rassegruppen der erwachsenen Pferde keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der jeweiligen Parameter (Tabelle 20).

LEACH (1980), LEACH und ZOERB (1983), KÜNG (1991), KÜNG *et al.* (1991), sowie DOUGLAS *et al.* (1996) fanden in der Innenzone eine geringere Festigkeit als in der Außenzone des Kronhornes. Die Aussagen, wonach eine gute Hornqualität u. a. mit einem geringen Anteil an Zwischenröhrenhorn im Verhältnis zu Röhrenhorn und Gesamthorn einher geht (TSCHERNE 1910, RÖSSNER 1940, DIETZ *et al.* 1971, MAUSKE 1972,

FUCHS 1976, SCHWARK 1978, DIETZ und PRIETZ 1981, PELLMAN *et al.* 1993) sind mit Einschränkungen zu betrachten, da sie die große Komplexität der Hornstruktur, z.B. intrazelluläre Faktoren nicht berücksichtigen. Allein nach diesem Kriterium müßte die Festigkeit in der Innenzone des Kronhornes höher sein als in der Außenzone.

Die Architektur der Röhren selbst (NICKEL 1938b, GEYER 1996), die Feuchtigkeit des Hornes (LEACH 1980, KÜNG *et al.* 1993, DOUGLAS *et al.* 1996), und die intra- und extrazellulären Faktoren, wie die Beschaffenheit der Interzellulärschicht (BUDRAS und GEYER 1989) und der Keratinfibrillen (BRAGULLA *et al.* 1994) scheinen eine mindestens gleichwertige Bedeutung für die Hornqualität zu haben.

Beim Vergleich der Hornproben von der gleichen Entnahmestelle wurden in der vorliegenden Untersuchung keine signifikanten rassespezifischen Unterschiede in den Anteilen von Röhrenhorn, Zwischenröhrenhorn und Markhorn gefunden, wodurch gegebenenfalls vorhandene rassespezifische Unterschiede in der Hornqualität erklärbar wären. Auch liegen noch keine Vergleichsuntersuchungen der Hornfestigkeit bezüglich der untersuchten Rassegruppen vor. NAUMANN (1984) stellte bei Englischen Vollblutpferden eine größere Härte des Wandhornes fest als bei Warmblutpferden, den letzteren sind in diesem Falle die Hunter zuzuordnen.

4.3.1.4 Verhältnis von Röhrendurchmesser zum Röhrenmarkdurchmesser

Nach den Aussagen von TSCHERNE (1910), RÖSSNER (1940), KIND (1961), DIETZ *et al.* (1971), MAUSKE (1972), FUCHS (1976), SCHWARK (1978), DIETZ und PRIETZ (1981), GÜNTHER (1991) sowie PELLMAN *et al.* (1993) spricht hier ein hoher Quotient, also ein großer Röhrendurchmesser im Vergleich zu einem möglichst geringen Röhrenmarkdurchmesser, für eine gute Hornqualität.

In der vorliegenden Untersuchung unterscheidet sich das Verhältnis von Röhrendurchmesser zum Röhrenmarkdurchmesser bis auf eine Ausnahme zwischen den Gruppen 1-3 nicht signifikant. Die Ausnahme betrifft wiederum die Außenzone des Hinterhufes bei der Gruppe 1 (Connemara-Ponys), hier ist der errechnete Quotient kleiner als bei den Gruppen 2 und 3.

Die Unterschiede einiger histologischer Parameter, die in der Außenzone des Kronhornes am Hinterhuf der Gruppe 1 im Vergleich mit den anderen beiden Gruppen erwachsener Pferde auftreten, werden nicht als rassespezifische Einflüsse gewertet. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind sie auf die Tatsache zurückzuführen, daß in der Gesamtheit der erwachsenen Tiere von diesem Entnahmestort der geringste Stichprobenumfang zur Verfügung stand und hier also individuelle Unterschiede die statistischen Maßzahlen am stärksten beeinflussen.

4.3.2 Architektur des Stratum corneum, juvenile Tiere (Gruppe 6)

Es muß betont werden, daß vor allem die Aussagen und Vergleiche zu dieser Tiergruppe nur von einer Tendenz sprechen können, da hier die geringsten Tierzahlen zur Verfügung standen (Vorderhuf: n=5, Hinterhuf: n=4). Hinzu kommt die durch den Altersunterschied der Jungtiere bedingte Inhomogenität der Gruppe 6 (relativ hohe Standardabweichung). Diese Bedingungen relativieren auch die Aussagekraft der vorhandenen/nicht vorhandenen Signifikanzen im statistischen Vergleich.

Ein Vergleich der Meßergebnisse der Gruppe 6 (Vollblüter unter 2,5 Jahren) ist lediglich zur Gruppe 5 (erwachsene Vollblüter) als sinnvoll angezeigt, hier lassen sich jedoch im Rahmen der oben genannten Einschränkungen einige interessante Schlußfolgerungen ziehen. Die deutlich höhere Anzahl der Hornröhrchen/mm² beim juvenilen Tier entspricht der Erwartung und auch der von GÜNTHER (1991) an der Rinderklaue gemachten Feststellung. Die naheliegendste Erklärung liegt darin, daß beim jungen Tier an einem kleineren Huf die endgültige Zahl der Lederhautzotten schon vorhanden ist, und damit auch die absolute Zahl der Hornröhrchen. Der Durchmesser der Hornröhrchen ist in der Gruppe der juvenilen Vollblüter in der Innenzone von Vorder- und Hinterhuf nur geringfügig kleiner als bei den erwachsenen Tieren. Die Hornröhrchen selbst nehmen also in der Innenzone des Hufes im Wachstum an Größe kaum zu, dafür kommt es zu einem Auseinanderweichen der Hornröhrchen, was in einem höheren prozentualen Anteil an Zwischenröhrchenhorn und einem geringeren Anteil an Rindenhorn beim erwachsenen Tier zum Ausdruck kommt, wobei diese Unterschiede nicht statistisch belegt werden können. Das Wachstum der Kronlederhaut scheint also in der Innenzone eher eine Vergrößerung der Gebiete zwischen den Zotten zu sein und weniger der Zotten selbst.

In der Außenzone des Kronhornes an Vorder- und Hinterhuf ist der Röhrchendurchmesser in der Gruppe der erwachsenen Tiere signifikant größer als in der Gruppe der juvenilen Tiere. Der Wachstumsprozeß hat also in der Außenzone des Kronhornes eine deutlichere Vergrößerung der Hornröhrchen zur Folge als in der Innenzone. Der Röhrchenmarkdurchmesser und der prozentuale Anteil der Röhrchenmarkfläche sind in der Gruppe der erwachsenen Tiere kleiner als bei den juvenilen Tieren, wobei nur die Unterschiede der Röhrchenmarkdurchmesser signifikant sind.

Der Quotient Röhrchendurchmesser : Röhrchenmarkdurchmesser ist an allen Probeentnahmestellen bei den erwachsenen Tieren größer als bei den juvenilen.

4.3.3 Größenvergleich der histologischen Strukturen bei Eindeckung mit Glyzeringelatine und Kanadabalsam

Es entspricht den Erwartungen, daß bei der Eindeckung mit Kanadabalsam durch die vorangehende Entwässerung eine Schrumpfung des Materials und damit auch seiner einzelnen Strukturen auftritt. Hierbei wurde im Vergleich mit den Präparaten in Glyzeringelatine eine signifikante Verkleinerung der absoluten Größen für Röhrendurchmesser und Röhrenmarkdurchmesser auf 93,7-95,7 % festgestellt.

Die Gesamtschrumpfung des Materials führt gleichzeitig erwartungsgemäß zu einer Erhöhung der Röhrenzahl pro Flächeneinheit, und zwar auf 112,0 % (Innenzone) bzw. 106,9 % (Außenzone).

Die prozentualen Anteile von Röhrenrindenhorn, Röhrenmark und Zwischenröhrenhorn an der Querschnittsfläche des Hornes unterschieden sich jedoch nicht signifikant bei beiden Eindeckungsarten. Daraus wird geschlußfolgert, daß sich die oben genannte Schrumpfung der verschiedenen Strukturen während der Entwässerung und Eindeckung mit Kanadabalsam relativ gleichmäßig vollzieht.

Die absoluten Größen von Hornstrukturen, welche durch lineare Messungen ermittelt werden, sind also zwischen Präparaten mit verschiedener Eindeckungsart, d.h. den hier untersuchten Eindeckungen mit Glyzeringelatine bzw. Kanadabalsam, nicht vergleichbar. Vergleichbar sind jedoch die prozentualen Anteile von Röhrenrindenhorn, Röhrenmark und Zwischenröhrenhorn an der Querschnittsfläche.

5. Schlußfolgerungen

5.1 Anatomischer Teil

Die Meßergebnisse der Vorderwandwinkel legen, auch im Zusammenhang mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (LEU 1987, CLAYTON 1990, RICHTER 1990, JOSSECK 1991, HERZBERG 1996, SCHREYER 1997) betrachtet, die Schlußfolgerung nahe, daß der in der Hufbeschlagsliteratur angegebene Richtwert von 45-50° für den regelmäßigen Vorderhuf zu niedrig ist.

Weiterhin muß man die bekannte Ansicht kritisch neu betrachten, daß der Hinterhuf eines Pferdes ca. 5° steiler gewinkelt ist als der Vorderhuf. Ein lediglich 1-3° steiler gewinkelter Hinterhuf, eine identische Winkelung an Vorder- und Hintergliedmaßen oder sogar ein kleinerer Winkel am Hinterhuf sind keine Seltenheit und als Normalzustand zu werten. Besonders deutlich ist dies bei unbeschlagenen, also dem „natürlichen Zustand“ am ehesten entsprechenden Pferden. Die an gesunden Pferden vorgefundene, relativ breite individuelle Variation der Hufwinkel bekräftigt, daß einer Hufzubereitung nach der Zehenachse der Gliedmaße der Vorzug zu geben ist vor einer schematischen Befolgung zahlenmäßiger Richtwerte. Zusätzlich zu individuellen gibt es rassebedingte Unterschiede, wie auch der Vergleich mit den Winkel- und Längenmaßen anderer Rassen zeigt (LEU 1987, CLAYTON 1990, RICHTER 1990, JOSSECK 1991, HERZBERG 1996, SCHREYER 1997).

Es wurden relativ hohe Winkelveränderungen durch die Wiederanpassung des Hufes an den Fesselstand am Ende der Beschlagsperiode an der Gruppe der Hunter beobachtet. Dies legt nahe, daß eine Beschlags- bzw. Hufzubereitungsperiode von 8 Wochen (in vorliegender Untersuchung der Maximalzeitraum) vor allem für warmblütige Pferde nicht überschritten werden sollte, wenn möglich, sollte eine Hufkorrektor, wie CARSTENSEN (2000) fordert, alle 4-6 Wochen stattfinden.

Die beschriebene Methode der Hufmessung mit dem Winkelmesser nach Fleming erwies sich als einfach, allerdings ist sie zur korrekten Erfassung der Seitenwandwinkel nicht geeignet. Weitere Untersuchungen an größeren Tierzahlen der untersuchten Rassen bzw. Kreuzungen sind wünschenswert, interessant wäre weiterhin auch die Population Englisches Vollblut in Deutschland sowie die zweite Ausgangsbasis des Irischen Hunters, das Irish Draught.

5.2 Histologischer Teil

Allein anhand der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind die oft beschriebenen rassebedingten Unterschiede in der Hornqualität (RITZENTHALER 1919, MÖLLER 1920, OETTINGEN 1920, KOSSMAG 1937a, CARNAT 1953, GLYN 1971, LUGLI 1974, SCHWARK 1978, NAUMANN 1984, SCHWARK 1987, BONGIANNI 1988, KNOLL 1990, STRASSER 1991) nicht erklärbar. Unterschiede in der Architektur des Stratum corneum

waren bei den verschiedenen Rassen/Kreuzungen zwar sichtbar, jedoch geringfügig und auch nur zum Teil statistisch sicherbar.

Es sind weitere Untersuchungen notwendig zum vollen Verständnis der Zusammenhänge von histologischer Architektur des Stratum corneum und der Hornqualität, aufschlußreich wären hierbei die parallele Durchführung von histologischer Untersuchung und physikalischer Materialprüfung. In Betracht zu ziehen ist auch die Möglichkeit, daß die zelluläre Architektur des Stratum corneum lediglich einen begrenzten Einfluß auf die Hornqualität hat und daß umfangreiche Zusammenhänge auf der Ebene der inter- und intrazellulären Faktoren (Interzellularkitt, Keratinproteine) bestehen. Hinzu kommen die in ihren Wirkungen ebenfalls noch nicht voll erforschten äußeren Einflüsse (Stallmilieu, Fütterung usw.).

Die Untersuchungen am Hufhorn juveniler Tiere legen die Schlußfolgerung nahe, daß die Lederhautzotten in endgültiger Anzahl schon am kleineren Huf des juvenilen Tieres vorhanden sind und im Laufe des Wachstumsprozesses lediglich an Größe zunehmen bzw. auch auseinanderweichen. Für eine diesbezügliche Bestätigung wären hier die Untersuchungen ganzer Hornschuhe von Tieren unterschiedlichen Alters notwendig.

Die angewandte Art der Probennahme ist praktikabel, um ohne Beeinträchtigung von lebenden Tieren Proben von tragerandnahem Horn zu gewinnen, eine Untersuchung des Hornes aus dem proximalen Teil der Hornkapsel ist dabei nicht möglich. Die angewandte Methode der Probenbearbeitung ermöglicht mit mäßigem Aufwand die routinemäßige Herstellung von mittelfristig haltbaren Hornpräparaten zur histologischen Untersuchung der Architektur des Stratum corneum. Die Herstellung von Langzeitpräparaten erwies sich als aufwendiger und schwieriger. Die absoluten Maßzahlen der histologischen Strukturen sind aufgrund der unterschiedlichen Materialschrumpfung bei unterschiedlicher Eindeckung nicht vergleichbar.

6. Zusammenfassung

Schroth, Silke

Thema: Anatomische und histologische Untersuchungen an den Hufen von Connemara-Ponys, Irischen Hunttern und Englischen Vollblütern

aus der Chirurgischen Tierklinik der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Leipzig im Oktober 2000

(90 S.; 6 Abb.; 22 Tab.; 322 Lit., 19 S. Anhang)

Ziel der vorgelegten Arbeit war es, an Gruppen von Connemara-Ponys, Irischen Hunttern und Englischen Vollblütern Messungen an der Hufkapsel durchzuführen, um daraus Aussagen zur Hufform, besonders zum Vorderwandwinkel, und Schlußfolgerungen für Huffzubereitung und -beschlag abzuleiten. Histologische Untersuchungen am Hufhorn hatten das Ziel, Aufschluß über die Größe der verschiedenen Hornstrukturen zu erlangen, sowie die Methodik der Bearbeitung von Horn zu histologischen Zwecken weiter zu entwickeln. Sowohl die anatomischen als auch die histologischen Untersuchungen sollen vor allem als Grundlage für vergleichende Untersuchungen zwischen verschiedenen Pferderassen dienen.

Die vorliegenden Untersuchungen leisten einen Beitrag zu einer Überarbeitung der Huffbeschlagslehre, welche aufgrund der veränderten Haltungs- und Nutzungsbedingungen des Pferdes in der heutigen Gesellschaft notwendig werden wird. Auch findet gegenwärtig in Deutschland und zahlreichen anderen Ländern Verbreiterung des Spektrums an Pferderassen statt, die durch die Internationalisierung in Pferdezucht und -sport noch zunehmen wird.

Hufmaße und Hornproben zur histologischen Untersuchung wurden von Connemara-Ponys, Englischen Vollblütern und Irischen Hunttern gewonnen, und zwar von adulten, beschlagenen und in reiterlicher Nutzung befindlichen Tieren mit klinisch gesunden Hufen. Hufmessungen wurden ebenfalls durchgeführt an einer Gruppe unbeschlagener Zuchtstuten und einer Gruppe unbeschlagener, ca. halbjähriger Fohlen der Rasse Englisches Vollblut.

Die Huffzubereitung durch den Hufschmied erfolgte gemäß der Zehenachsentheorie.

Die entnommenen Hornproben entsprachen dem Material, welches vom Hufschmied im Zuge der routinemäßigen Huffzubereitung vom dorsalen Tragerand entfernt wurde. Die Hornproben der Rasse Englisches Vollblut stammen vorwiegend von Sektionstieren, worunter sich auch juvenile Tiere (0,5-2 Jahre) befinden, deren Ergebnisse getrennt ausgewertet und mit denen der erwachsenen Vollblüter verglichen wurden.

Folgende Parameter wurden ermittelt:

Anatomische Untersuchungen, jeweils für Vorder- und Hinterhuf:

- Vorderwandwinkel nach Zubereitung
- Vorderwandlänge nach Zubereitung
- Trachtenwandlänge nach Zubereitung
- Veränderung der drei genannten Parameter durch die Hufzubereitung (ermittelt aus den Meßwerten vor und nach der Hufzubereitung)

Histologische Untersuchungen, jeweils für Vorder- und Hinterhuf und für Innen- und Außenzone des Kronhornes:

- Anzahl der Hornröhrchen/mm²
- Durchmesser der Hornröhrchen
- Durchmesser der Markräume
- Verhältnis Röhrchendurchmesser zu Durchmesser der Markräume
- Anteil der Röhrchenmarkfläche am Gesamthorn
- Anteil der Röhrchenrindenfläche am Gesamthorn
- Anteil des Zwischenröhrchenhornes am Gesamthorn

Die hauptsächlichen Schlußfolgerungen, die aus Ergebnissen und Diskussion derselben gezogen werden konnten, sind, unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Probandenzahl nicht in jedem Falle repräsentative Aussagen zuläßt, folgende:

Anatomischer Teil

Bei den adulten Tieren aller drei untersuchten Rassegruppen weicht der durchschnittliche Vorderwandwinkel des Vorderhufes von den Richtwerten der Standardliteratur nach oben ab, bei den meisten Probanden liegt diese Winkelgröße zwischen 50° und 55° und nicht zwischen 45° und 50°. Der durchschnittliche Vorderwandwinkel des Hinterhufes liegt im Referenzbereich der Standardliteratur, also zwischen 50° und 55°.

Die durchschnittliche Differenz zwischen dem Vorderwandwinkel an Vorder- und Hinterhuf stimmt dementsprechend nicht mit der Lehrmeinung (5°) überein, sondern sie ist geringer (1-3°). Bei einem großen Anteil der Probanden ist der Vorderwandwinkel an Vorder- und Hinterhuf identisch, bei einigen Tieren ist der Vorderwandwinkel am Hinterhuf kleiner als am Vorderhuf. In der Gruppe der adulten, unbeschlagenen Vollblüter zeigte sich sogar am Hinterhuf ein um durchschnittlich 1° niedrigerer Vorderwandwinkel als am Vorderhuf.

Die Winkelvergrößerung durch die Hufzubereitung bestätigt, daß, wie in der Literatur beschrieben, der Vorderwandwinkel im Laufe der Beschlags-/Hufpflegeperiode vom Fesselstand durch eine Winkelverkleinerung abweicht.

Diese Winkelverringerng ist zu einem großen Teil dem Beschlag zuzuschreiben, in der Gruppe der unbeschlagenen Stuten ist sie nur geringgradig ausgeprägt.

Histologischer Teil

Zwischen den adulten Tieren der drei untersuchten Rassegruppen gibt es hinsichtlich der oben genannten Hornstruktur-Parameter keine oder nur geringfügige Unterschiede. Keine Unterschiede wurden zwischen Vorder- und Hinterhufen festgestellt.

Der Vergleich der Hornproben der juvenilen Vollblüter mit denen der adulten legt die Schlußfolgerung nahe, daß die Lederhautzotten am juvenilen Huf in voller Anzahl angelegt sind und im Laufe des Wachstumes dann sowohl an Größe zunehmen als auch auseinanderweichen.

Es werden die Ergebnisse anderer Untersuchungen bestätigt, welche aussagen, daß die Anzahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit in der Außenzone des Kronhornes (ca. 15/mm²) ca. doppelt so hoch ist wie in der Innenzone (ca. 8/mm²). Hier ist jedoch der Röhrchendurchmesser wie auch der prozentuale Anteil des Rindenhornes am Gesamthorn signifikant größer als in der Außenzone.

Die Markräume der Hornröhrchen unterscheiden sich in ihrem Durchmesser zwischen Innen- und Außenzone nicht signifikant.

Zur Methodik:

Es wurde ein Vergleich von histologischen Schnitten durchgeführt, die jeweils aus demselben Hornblock stammen, und danach unterschiedlicher Verarbeitung unterzogen wurden, und zwar der Eindeckung mit Glyceringelatine bzw. Kanadabalsam (nach Entwässerung). Die Ergebnisse hinsichtlich des prozentualen Anteiles der einzelnen Hornstrukturen unterschieden sich nicht. Die absoluten Größen der Hornstrukturen sind aufgrund der auftretenden unterschiedlicher Schrumpfung jedoch nicht vergleichbar.

Summary

An Anatomical and Histological Examination of the Hooves of Three Breeds of Horses: Connemara Ponies, Irish Hunters and English Thoroughbred Horses

Large Animal Clinic for Surgery, Faculty of Veterinary Medicine, University of Leipzig

Leipzig, October 2000

(90 pp., 6 fig., 22 tab., 322 ref., 19 pp. appendix)

The purpose of this study was to investigate the hoof shape, especially toe angle of horses belonging to the three breeds Connemara-Pony, Irish Hunter (half-bred) and the English Thoroughbred racehorse in order to obtain information regarding hoof trimming and shoeing.

Histological investigations concerned the size of the structures of the hoof horn tissue as well as different methods of embedding histological specimens of hoof horn tissue.

The results provide a baseline for comparing different breeds of horses.

Hoof measurements and hoof horn samples were obtained from adult, shod and clinically sound horses with macroscopically normal hooves. Further measurements were conducted on a group of thoroughbred brood mares and a small group of thoroughbred foals, both without shoes.

The trimming of the hooves by the farrier was done according to the theory of the hoof axis/foot axis. The hoof horn samples consisted of material removed from the dorsal location of the bearing border by the farrier during the trimming of the hooves. In addition there were samples from thoroughbred horses after post mortem examination. Those included juvenile animals (age 0,5-2 years), the results from the juvenile animals were processed separately and compared to those of the adult thoroughbred horses.

The following parameters were determined:

Anatomical parameters, for both front and hind hooves:

- toe angle after hoof trimming
- toe length after hoof trimming
- heel length after hoof trimming
- degree of change of the above-mentioned parameters caused by the trimming (determined from the measurements before and after trimming)

Histological parameters for both front and hind hooves and for the inner and outer portion of the stratum medium of the toe:

- number of horn tubules/mm²
- diameter of the medullary spaces of the horn tubules
- ratio of the diameter of the entire horn tubule to the diameter of the medullary space
- percentage of the medullary spaces of a cross-section perpendicular to the horn tubules
- percentage of the tubular cortex of a cross-section perpendicular to the horn tubules
- percentage of the intertubular horn of a cross-section perpendicular to the horn tubules

The main conclusion from the results are the following

Anatomical part

Among the adult horses of the three breeds the toe angle of the front hoof is higher than described in existing literature. For most horses this angle varies between 50° and 55° and not between 45° and 50°. The toe angle of the hind hoof ranged between 50° and 55°, confirming the statement of standard literature.

The average difference between the front and hind toe angle did not correspond to the 5° often described in literature, but was smaller and found within an approximate range from 1° to 3°.

Horses with identical toe angle at front and hind hooves were found frequently, some animals had smaller toe angles at the hind than at the front hooves. Surprisingly the group of unshoed mares showed a toe angle of the hind hoof that was in average 1° smaller than the toe angle of the front hoof.

The increase in toe angle caused by the routine hoof trimming to get an identical slope of hoof axis and fetlock-pastern axis confirms the knowledge, that during the shoeing period those two axes diverge from each other, due to a decrease of the toe angle (hoof axis).

This decrease is caused to a large extent by the influence of the shoe. Among the unshoed adult horses it was also observed but to a much lesser degree.

Histological part

No significant differences were found between the three breeds (adult horses) concerning the above-mentioned histological features in size and percental parts in cross-sectional view. No differences were found between front and hind hooves.

The comparison of the horn samples from juvenile thoroughbred horses with those of adult thoroughbreds leads to the conclusion, that the absolute number of papillae of the coronary corium is already present in the juvenile hoof. During growth they increase in size as well as the area of the interpapillar corium increases.

The findings are similar to those of previous investigations which found the number of horn tubules per mm² in the outer portion (approx. 15) of the coronary horn to be about twice as high as in the inner portion (approx. 8). In the inner portion of the coronary horn the size of the horn tubules as well as their percentage in cross-section is significantly higher than in the outer portion. There are no significant differences in the diameter of the medullary spaces of the horn tubules in inner and outer portion of the coronary horn.

Concerning Material and Methods:

Histological specimens from one horn sample, which were processed in two different ways of conservation by the covering in glycerin gelatine or in Canada balsam (after desiccation in alcohol) were compared to each other. Both conservation methods show the same results for the percentage of the horn parameters. The absolute sizes of the structures differ due to the different degree of shrinking of the material associated with the two different methods.

7. Literaturverzeichnis

ADAM, P. (1882):

Vorträge über Pferdekunde.

Nachdruck 1987

FN-Verlag, Warendorf

AMERICAN CONNEMARA PONY SOCIETY, CONNEMARA PONY BREEDERS SOCIETY (1998):

The Connemara Pony.

[Internet: <http://www.imh.org/imh/bw/conn.html>]

ANDERSON, G.F. (1992):

Evaluation of the hoof relevant to purchase.

Vet. Clinics N. Am., Eq. Pract. 8, 303-318

ANDRIST, F. (1953):

Huf-, Horn- und Klauenpflege.

Verlag Stocker, Graz

BACK, W.; H. C. SCHAMHARDT; W. HARTMAN; A. BARNEVELD (1995):

Kinematic differences between the distal portions of the forelimbs and hindlimbs of horses at the trot.

Am. J. Vet. Res. 56, 1522-1523

BALCH, O.; S. METCALF (1990):

Farriery for veterinarians.

S & O Press, Pullman, Wash

zit. nach O.BALCH; K. WHITE; D. BUTLER (1991 a)

BALCH, O; K. WHITE; D. BUTLER (1991 a):

Factors involved in balancing of equine hooves.

J. Am. Vet. Med. Ass. 198, 1980-1989

BALCH, O; K. WHITE; D. BUTLER (1993):

How lameness is associated with selected aspects of hoof imbalance.

Proc. 39. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1993, 213-214

BALCH, O. K.; M. H. RATZLAFF; M. L. HYDE; K. K. WHITE (1991 b):

Locomotor effects of hoof angle and mechanical balance of horses exercising on a high-speed treadmill: preliminary results.

Proc. 37. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1991, 687-705

BANTOIU, C. (1922):

Messungen an Trabern und die Beurteilung der Leistungsfähigkeit aufgrund der mechanischen Verhältnisse.

Berlin, Tierärztl. Hochsch., Diss.

BAUER, T. (1940):

Handbuch des Hufbeschlags.

2. Aufl., Verlag Mittler, Berlin

BEEMAN, J. R. (1991):

Correlation of the defects in conformation to pathology in the horse.

Proc. 37. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1991, 177-198

BERNHARDT, - (1901):

Über Stellungs- und Gangverbesserungen bei Pferden durch zweckentsprechendes Beschneiden des Hufes oder diesem ähnlichen Beschlag.

Der Beschlagsschmied 3, 145-147

BETHKE, - (1930):

Ist es möglich, auf Grund der mechanischen Verhältnisse die Leistungsfähigkeit eines Trabers zu bestimmen?

Z. Veterinärk. 42, 161-170

BOCKENTIN, R. (1944):

Die Abnutzung des Tragerandes der Hinterhufe auf dem Hufeisen unter Berücksichtigung von Gliedmaßenstellung und Hufform.

Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

BOLLIGER, C.; H. GEYER (1992):

Zur Morphologie und Histochemie des Pferdehufes.

Pferdeheilkd. 8, 269-286

BOLLIGER, C.; J. PETER; U. FÄRBER (1991):

Histologisch-histochemische Untersuchungen an der Epidermis des Pferdehufes.

Acta Anatomica 140, 193

BONGIANNI, M. (1988):

Handbuch der Pferderassen.

Müller Verlag, Rüslikon, Zürich

BÖTSCHI, O. (1937):

Untersuchungen am Vorderfuß des Pferdes über die Beanspruchung des Beugesehnenapparates des Hufes unter Berücksichtigung des Körpergewichtes und der Zehenlänge am unbeschlagenen und beschlagenen Hufe.

Zürich, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

BOURGELAT, - (1813):

Essai théoretique et pratique sur la ferrure.

III. éd., Paris

zit. nach MEIER, H. (1917)

BOURGELAT (1818):

Elements de l'art vétérinaire.

VII éd., Paris

zit. nach MEIER, H. (1917)

BRAGULLA, H.; K.-D. BUDRAS (1997)

Der Huf (ungula)

In: BUDRAS, K.-D.; S. RÖCK (1997):

Atlas der Anatomie des Pferdes. Lehrbuch für Tierärzte und Studierende.

Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover, 24-25

BRAGULLA, H.; S. REESE; C. MÜLLING (1994):

Histochemical and immunohistological studies of the horn quality of the equine hoof.

Anatomia Histologia Embryologia 23, 44-45

BRANDT, J. (1999):

Das Connemara-Pony - tierische Allrounder.

Reiter Revue 5/99, 54-57

BRUHNKE, J. (1931 a):

Morphologische Untersuchungen des Wandhornes und der Wandlederhaut einiger pathologischer Hufe.

Dt. tierärztl. Wschr. 39, 433-438

BRUHNKE, J. (1931 b):

Vergleichende Untersuchungen der Hornwand des Zehenendes bei Huf- und Klauentieren.

Dt. Tierärztl. Wochenschr. 39, 4-10

BUCHER, K. (1987):

Zum mikroskopischen Bau der Epidermis an umschriebenen Stellen des Pferdehufes.

Zürich, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

BÜCHLMANN, E. (1948):

Der Hufkeil bei der Behandlung von Lahmheit.

Wien. Tierärztl. Monatsschr. 35, 114-118

BUDRAS, K.-D.; H. BRAGULLA; P. HUSKAMP (1992):

Normale und krankhaft veränderte Struktur des Hufhornes und therapeutische Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung.

12. Arbeitstagung d. Fachgruppe f. Pferdekrankheiten d. DVG, Wiesbaden, 1992, Berichte, 49-57

BUDRAS, K.-D.; H. GEYER (1989):

Elektronenmikroskopische Untersuchungen über abnorm verändertes Horn in der Schutzschicht des Pferdehufes.

Anatomia Histologia Embryologia 18, 268

BUDRAS, K.-D.; R. I. HULLINGER; W. O. SACK (1989):

Light and electron microscopy of keratinisation in the lamellar epidermis of the equine hoof with reference to laminitis.

Am. J. Vet. Res. 50, 1150-1160

BUDRAS, K.-D.; B. HUSKAMP (1990):

Normalisierung von Struktur und Qualität der Hufkapsel nach orthopädischer Behandlung der chronischen Hufrehe des Pferdes.

11. Arbeitstagung d. Fachgruppe f. Pferdekrankheiten d. DVG, Wiesbaden, 1990, Berichte, 174-181

BUDRAS, K.-D.; B. PANTAN; C. SCHIEL (1999):

Jahreszeitlicher Rhythmus in der Hornbildungsrate, Hornabnutzung und Hornqualität bei Urwildpferden (Przewalsky-Pferden).

7. gemeinsame Hufbeschlagtagung für Hufschmiede und Tierärzte, Halle, 1999, Berichte, ohne Seitenzahl

BUDRAS, K.-D.; B. PANTAN; C. SCHIEL, M. SCHEIBE, A. SCHEIBE (1998)

Hufuntersuchungen am Urwildpferd (*Equus przewalskii poljakow*) und domestizierten Pferd (*Equus caballus*).

Dt. Tierärztl. Wochenschr. 105, 393-394

BUDRAS, K.-D.; C. SCHIEL (1996):

Hornqualität - Ein Vergleich zwischen dem Hauspferd (*Equus caballus*) und dem Wildpferd (*Equus przewalski*).

4. gemeinsame Hufbeschlagtagung für Hufschmiede und Tierärzte, Berlin, 1996, Berichte, ohne Seitenzahl

BURCK, H.-C. (1973):

Histologische Technik.

3. Aufl., Thieme, Stuttgart

BUSHE, T.; T. A. TURNER; P. W. POULOS; N. M. HARWELL (1987):

The effect of hoof angle on coffin, pastern and fetlock joint angles.

Proc. 33. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1987, 729-738

BUTLER, K. D. (1986):

The prevention of lameness by physiologically sound horseshoeing.

Proc. 32. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1986, 465-475

BUTLER, K.D.; H. F. HINTZ (1977):

Effect of level feed intake and gelatin supplementation on growth and quality of hoofs of ponies.

J. Anim. Sci. 44, 257-261

BUTZ, O.; H. HENSELER; F. SCHÖTTLER (1921):

Praktische Anleitung zum Messen von Pferden.

Anleitung d. dt. Ges. f. Züchtungskunde, Heft 2

Verlag Schaper, Hannover

CANNON, J. (1978):

Common hoof conditions observed in a racetrack practice.

Proc. 24. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1978, 311-314

CARNAT, G. (1953):

Das Hufeisen in seiner Bedeutung für Kultur und Zivilisation.
ABC Druckerei-&Verlags-AG, Zürich

CARSTENSEN, V. (2000):

Die Zubereitung des Hufes.

8. gemeinsame Hufbeschlagstagung für Hufschmiede und Tierärzte, Berlin, 2000, Berichte,
ohne Seitenzahl

CHAUVEAU, - (1853):

Quelques Notes sur la Structure et la Sécrétion de la Corne.

Lyon

zit. nach HAASE, H. (1919)

CLAUSEN, M.; R. PREISINGER; E. KALM (1990):

Analyse von Krankheitsdaten in der deutschen Warmblutzucht.
Züchtungskunde 62, 167-178

CLAYTON, H. M. (1987):

Comparison of the stride of trotting horses trimmed with a normal and a broken-back hoof
axis.

Proc. 33. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1987, 289-298

CLAYTON, H. M. (1990):

The effect of acute hoof wall angulation on the stride kinematics of trotting horses.

Eq. Vet. J., Suppl. 9, 86-90

COLLES, C. (1983):

Interpreting radiographs 1: The foot.

Eq. Vet. J. 15, 297-303

COMBEN, N.; R. J. CLARK; D. J. B. SUTHERLAND (1984):

Clinical observations on the response of equine hoof defects to dietary supplementation with
biotin.

Vet. Rec. 115, 642-645

CONNEMARA PONY BREEDERS SOCIETY (1996):

Rules for registration of ponies.

Clifden, Galway, Ireland

CONNEMARAPONY VEREINIGUNG (1998):

Das Connemara Pony.

[Internet: <http://members.aol.com/connebv/doku.htm>]

CORBALLY, A. F. (1996):

The contribution of the sport horse industry to the Irish economy.

Brunswick Press Ltd., Dublin

DAVIDSON, A. H. (1970):

Some relationships of conformation to lameness and the evaluation of potential.
Proc. 16. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1970, 399-404

DEGUEURCE, C. (1997):

Die Auswirkung einer zu langen Zehe auf den Gliedmaßenmechanismus.
Der Huf (European Farriers Journal) 4/97, 40-51

DIETZ, O.; H. GÄNGEL; K. KOCH (1971):

Die Erhaltung der Gliedmaßen- und Klauengesundheit unter modernen
Produktionsbedingungen.
Monatsh. Veterinärmed. 26, 241-246

DIETZ, O.; G. PRIETZ (1981):

Klauenhornqualität- Klauenhornstatus.
Monatsh. Veterinärmed 35, 419-422

DIETZ, O.; E. WIESNER (1984):

Diseases of the horse.
Part 2/II, Karger, New York

DIREKTORIUM FÜR VOLLBLUTZUCHT UND RENNEN (1999):

Jahresbericht 1999
Köln-Weidenpesch

DISSELHORST, R.; H. LÖWE (1940):

Die Beurteilung des Pferdes.
2. Aufl., Verlag Parey, Berlin

DOHN, H. (1995):

Zuchtziel aus Sicht des Freizeitsportes.
In: Zucht und Haltung von Sportpferden, Internationale Fachtagung, Göttingen 1995
FN-Verlag, Warendorf, 23-32

DÖHRMANN, E. (1929):

Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Körperform und Arbeitsleistung bei Rind und
Pferd.
Hohenheim, landwirtsch. Hochsch., Diss.

DOMINIK, F. (1870):

Theoretisch-praktische Anleitung zur Ausübung des rationellen Hufbeschlages.
Berlin
zit. nach VOLLBACH, H. (1954)

DOUGLAS, J. (1994):

Mechanical aspects of the equine hoof wall.
Equine Athlete 7, 16-20

DOUGLAS, J. E.; C. MITTAL; J. J. THOMASON; J. F. JOFRIET (1996):

The modulus of elasticity of equine hoof wall: implications for the mechanical function of the hoof.

J. exp. Biol. 199, 1829-1836

DUERST, J. U. (1922):

Die Beurteilung des Pferdes.

Verlag Enke, Stuttgart

DUNBAR, W. A. (1876):

Horse shoeing.

The Veterinary Journal, Vol III, 103-109

DUŠEK, J. (1970):

Zur Heritabilität des Körperbaues und des Ganges bei Pferden.

Z. Tierzücht. Züchtungsbiol. 87, 14-19

DYHRE-POULEN, P. ; H. H. SMEDEGAARD; J ROED; E. KORSGAARD (1994):

Equine hoof function investigated by pressure transducers inside the hoof and accelerometers mounted on the first phalanx.

Eq. Vet. J. 26, 362-366

EBERLEIN, R. (1908):

Die Hufkrankheiten des Pferdes.

Verlag Braumüller, Wien, Leipzig

EDWARDS, E. H. (1995):

Pferderassen.

BLV-Verlagsgesellschaft, München, Wien, Zürich

ELLENBERGER, W.; H. BAUM (1932):

Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere.

17. Aufl., Verlag Springer, Berlin

ESEBECK, H. A. (1904):

Jagdperde.

Verlag Schickhardt & Ebner, Stuttgart

EUSTACE, R. (1994):

Factors affecting equine hoof horn growth rate and quality.

In Practice 16, 129-131

FABER, T. (1934):

Untersuchungen an Pferdehufen über die Wechselbeziehungen zwischen Wanddicke, Wandstellung, Hornblättchen und Sohlendicke des Hornschuhs.

Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss

FAMBACH, - (1886):

Beitrag zur Anatomie und Physiologie der Blättchenschicht.

Der Hufschmied 4, 137-146

FAMBACH, - (1887):

Die Knochenachse des Pferdes und ihre Brechungen als allein richtige Grundlage zur Beurteilung der Hufe zum Beschlagen.

Der Hufschmied 5, 19-23

FISCHER, A. (1933):

Der Fuß des Pferdes sowie anderer Einhufer in Bezug auf Bau, Verrichtungen, Beschlag, Pflege und Krankheiten.

14. Aufl., Verlag Schaper, Hannover

FISCHER, A. (1940):

Das Beschneiden der Hufe - eine orthopädische Maßnahme.

Der Hufschmied 58, 37-41

FLEMING, - (1869):

In: Murray, W. (1873): The perfect horse: how to know him, how to train him, how to breed him, how to shoe him, how to drive him

James R. Osgood & Co., Boston

zit nach: BALCH, O; K. WHITE; D. BUTLER (1991 a)

FLEMING, G. J. G. (1853):

Hufbeschlag-Katechismus.

Laage

zit. nach MÖLLER, H. (1920)

FRANCESCO, L. (1997):

Wenn das Pferd schmiedet.

Der Huf (European Farriers Journal) 2/97, 29-43

FREEMAN, S. (1797):

Abhandlung über den Bau und Mechanismus des Pferdefußes.

Verlag Breitkopf & Härtel, Leipzig

FRIEDRICH, H. (1924):

Über die Beziehung der Huflänge zum Hufmechanismus.

Arch. Tierheilk. 51, 226-234

FRIEDRICH, H. (1926):

Ueber Hufbeschlagsfragen.

Berl. tierärztl. Wochenschr. 42, 900-902

FRIEDRICH, H. (1930):

Leitfaden für den Hufbeschlagsunterricht.

Ostpreußische Druckerei- u. Verlagsanstalt, Königsberg

FRIEDRICH, H. (1931 a):

Ueber das Wachstum und die Abreibung der Hornwand des Pferdehufes.

Berl. tierärztl. Wochenschr. 47, 520-521

- FRIEDRICH, H. (1931 b):
Wachstum des Hufhornes.
Berl. tierärztl. Wochenschr. 47, 289-290
- FROHNES, A.-K. (1999):
Struktur, Verhornung und Hornqualität im Sohlen-, Ballen- und Strahlsegment des Pferdehufes.
Berlin, Freie Universität, Fachbereich Veterinärmed., Diss.
- FRÖLICH, G. (1926):
Lehrbuch der Pferdezucht.
Verlag Parey, Berlin
- FUCHS, G. (1976):
Aspekte zum Begriff der Großanlagentauglichkeit - Klauengesundheit.
Monatsh. Veterinärmed. 31, 930-935
- GARNHAFT, R. (1926):
Über die Elastizität des Hornes gesunder, kranker, pigmentierter und unpigmentierter Pferdehufe.
Arch. Tierheilk. 54, 380-401
- GEYER, H. (1996):
Anatomische Grundlagen des Hufes und des Hufmechanismus.
4. gemeinsame Hufbeschlagstagung für Hufschmiede und Tierärzte, Berlin, 1996, Berichte, ohne Seitenzahl
- GEYER, H.; K.-H. BUDRAS (1989):
Lichtmikroskopische und physikalische Befunde am normalen und pathologisch veränderten Kronhorn des Pferdes und Auswirkungen einer Biotinbehandlung auf die Hornqualität.
Anatomia Histologia Embryologia 18, 271
- GEYER, H., A. FÜRST, C. WARZECHA (1998)
Anatomie der Rinderklaue.
In: LISCHER, C. (1998):
Handbuch zur Pflege und Behandlung der Klauen beim Rind.
Verlag Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen
- GEYER, H.; J. SCHULZE (1994):
The long-term influence of biotin supplementation on hoof horn quality in the horse.
Schw. Arch. Tierheilk. 136, 137-149
- GLADE, M. J.; R. A. SALZMAN (1985):
Effects of toe angle on hoof growth and contraction in the horse.
Eq. Vet. Sci. 5, 45-50
- GLODEK, P. (1979):
Merkmalsantagonismen in der Pferdezucht.
Züchtungskunde 51, 459-467

GLYN, R. (1971):

Das große Buch der Pferderassen.
Müller Verlag, Rüschlikon, Zürich

GMELIN, W. (1925):

Das Äußere des Pferdes. Eine Beurteilungslehre.
Verlag Schickhardt & Ebner, Stuttgart

GORENIUC, A. (1923):

Das schleswigsche Pferd, seine Zucht und mechanischen Verhältnisse im Vergleich zum Pinzgauer u.a.
Berlin, tierärztl. Hochsch., Diss.

GÖRTE, C.; O. SCHEIBNER (1936):

Leitfaden des Hufbeschlages.
8. Aufl., Verlag Schaper, Hannover

GRIMM, H. (1942):

Der regelmäßige Huf und die Beeinflussung seiner Form durch das Kürzen.
Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

GROSSBAUER, J. (1905):

Bestimmung der Hufform durch Messen der Neigungswinkel der Hornwand.
Der Hufschmied 23, 3-6

GROSSBAUER, J.; F. HABACHER (1923):

Der Huf und Klauenbeslag.
Verlag Braumüller, Wien, Leipzig

GÜNTHER, M. (1991):

Klauenkrankheiten.
5. Aufl., Verlag Fischer, Jena

GUTENÄCKER, F. (1901):

Die Hufkrankheiten des Pferdes und ihre Erkennung Verhütung und Heilung.
Verlag Enke, Stuttgart

GUTENÄCKER, F.; E. MOSER (1926):

Die Lehre vom Hufbeslag.
14. Aufl., Verlag Schickhardt & Ebner, Stuttgart

GUTSCHE (1922):

Messungen an Trakehner Pferden.
Berlin, tierärztl. Hochsch., Diss.
zit. nach SCHMALTZ, R. (1922)

HAASE, H. (1919):

Über die Epidermis am Hufe des Pferdes, besonders über den feineren Bau des Hufhornes.
Dresden, tierärztl. Hochsch., Inst. f. Hufkunde, Diss.

HABACHER, F. (1917):

Beitrag zur Hufmessung bei besonderer Berücksichtigung der Lage des Kronrandes.
Der Hufschmied 35, 85-90

HABACHER, F. (1948):

Der Huf- und Klauenbeschlag.
8. Aufl., Verlag Urban & Schwarzenberg, Wien

HABERMEHL, K. H. (1996):

Zehenendorgan des Pferdes
in: NICKEL, R., A. SCHUMMER; E. SEIFERLE (Hrsg.): Lehrbuch der Anatomie der
Haustiere. Bd.III, 3. Aufl., Verlag P. Parey, Berlin, Hamburg, 557-570

HAERTEL, M. (1985):

Histometrische Untersuchungen, Wasser- und Aschegehaltsbestimmungen am Klauenhorn von
Mastschweinen.
Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

HANSLIAN, A. (1911):

Einfluß der Stellung der Gliedmaßen des Pferdes auf die Hufform.
Der Hufschmied 29, 5-8

HANTUSCH, P. (1987):

Untersuchungen zur Hufwinkelung und Gliedmaßenstellung an Trabrennpferden.
Berlin, Humboldt-Univ., Sekt. Tierprod. u. Veterinärmed., Dipl.

HEINICKE, H.; U. RIEGER (1987):

Untersuchungen von Zusammenhängen zwischen Sehnenerkrankungen und
Gliedmaßenstellungen im Bereich der Vordergliedmaßen bei Vollblutpferden.
Leipzig, Karl-Marx-Univ., Sekt. Tierprod. u. Veterinärmed., Dipl.

HELMKE, F. (2000):

Die Bedeutung der Statik beim Hufbeschlag und ihre Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit
bei Sportpferden.
8. gemeinsame Hufbeschlagstagung für Hufschmiede und Tierärzte, Berlin, 2000, Berichte,
ohne Seitenzahl

HENKE, F. (1997):

Hufbeinträger und Hufmechanismus im Seiten-, Trachten und Eckstrebenenteil des Pferdehufes.
Berlin, Freie Universität, Fachbereich Veterinärmed., Diss.

HENKELS, P. (1935):

Richtlinien für die chirurgische Orthopädie des Pferdefußes.
Berl. tierärztl. Wochenschr. 51, 717-720

HENNINGES, H. E. (1935):

Über den Einfluß der Körpermaße und Gliedmaßenwinkel auf die Leistungsschrittlänge bei
pommerschen Warmblutstuten.
Berlin, Landwirtschaftl. Hochsch., Diss.

HERBST, - (1895):

Die Sehnenerkrankungen und ihre Beziehungen zur Stellung und Winkelung der Gliedmaßen und zum Hufbeschlag.

Z. Veterinärk. 7, 149-157

HERMANS, W. A. (1992):

Hufpflege und Hufbeschlag.

Verlag Ulmer, Stuttgart

HERTSCH, B. (1992):

Anatomie des Pferdes.

2. Aufl., FN-Verlag, Warendorf

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

Notwendiges Übel: Hufbeschlag.

Reiter Revue 5/83, 520-527

HERTSCH, B.; S. HÖPPNER; H. DALLMER (1996):

Der Huf und sein nagelloser Hufschutz.

FN-Verlag, Warendorf

HERZBERG, M. (1996):

Untersuchungen über die Form und das Wachstum der Hufe von Shetlandponies.

Leipzig, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

HEUSSER, H. (1926):

Über das Zustandekommen von Hufdeformitäten, speziell des schiefen Hufes.

Schweiz. Arch. Tierheilk. 68, 267-285

HICKMAN, J. (1977):

Farriery.

Allan, London

HIERONYMI, J. (1941):

Histologische Untersuchungen über die Hornwandstruktur beim gesunden und Trachtenzwanghuf.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

HIRTE, F.-H. (1937):

Kritische Untersuchungen über die bisher üblichen Hufmessmethoden.

Berlin, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

HOCHSTETTER, T. (1998):

Die Hornqualität der Rinderklaue unter Einfluß einer Biotinsupplementierung.

Berlin, Freie Universität, Fachbereich Veterinärmed., Diss.

HÖPPNER, S. (1996):

Wofür und wie ist eine Trachtenhochstellung angezeigt?

4. gemeinsame Hufbeschlagtagung für Hufschmiede und Tierärzte, Berlin, 1996, Berichte, ohne Seitenzahl

HÜNI, K. (1883):

Zur Kenntnis des normalen Pferdehufes.
Schweiz. Arch. Tierheilk. 25, 87-90

IMMENDORF, - (1926):

Körper- und Gelenkwinkelmessungen bei 23 Springpferden.
Z. Veterinärk. 38, 293-310

IRISH HORSERACING AUTHORITY (1996):

Annual report.
Xmi Design, Dublin

JACK, R. (1987):

Address to the HBPA summer convention. American Association of Equine Practitioners
Newsletter 1987.
zit nach BALCH, O; K. WHITE; D. BUTLER (1991 a)

JACKSON, J. (1996):

Paradigma für den natürlich geformten Huf.
Der Huf (European Farriers Journal) 4/96, 36-59

JEFFCOTT, L. B.; P. D. ROSSDALE; J. FREESTONE (1982):

An assessment of wastage in Thoroughbred racing from conception to 4 years of age.
Eq. Vet. J. 14, 185-198

JONES, L. E.; M. A. COLLIER (1983):

Therapeutic horseshoeing: technical considerations.
Mod. Vet. Pract. 64, 494-496

JOSSECK, H. (1991):

Hufprobleme bei Lipizzanerpferden und ein Behandlungsversuch mit Biotin.
Zürich, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

JOSSECK, H. (1996):

Genetische Zusammenhänge der Hufhornqualität bei Lipizzaner Pferden.
4. gemeinsame Hufbeschlagstagung für Hufschmiede und Tierärzte, Berlin 1996, Berichte,
ohne Seitenzahl

JOSSECK, H.; W. ZENKER; H. GEYER (1995):

Hoof abnormalities in Lipizzaner horses and the effect of dietary biotin on macroscopic aspects
of hoof horn quality.
Eq. Vet. J. 27, 175-182

KAINER, R. A. (1989):

Clinical anatomy of the equine foot.
Vet. Clinics N. Am., Eq. Pract. 5, 1-27

KASTNER, D. (1976):

Untersuchungen zur Klauenhistologie als Qualitätsparameter beim L-Schwein.
Berlin, Humboldt-Univ., biowissenschaftl. Fak., Diss

KEEGAN, K. G.; G. J. BAKER; J. BOERO; G. J. PIJANOWSKI; J. W. PHILLIPS (1991):
Measurement of suspensory ligament strain using a liquid mercury strain gauge: evaluation of strain reduction by support bandaging and alteration of hoof wall angle.
Proc. 37. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1991, 243-244

KEMPSON, S. A. (1987):
Scanning electron microscope observations of hoof horn from horses with brittle feet.
Vet. Rec. 120, 568-570

KEMPSON, S. A. (1990):
Ultrastructural observations on the response of equine hoof defects to dietary supplementation with Farrier's Formula.
Vet. Rec. 127, 494-498

KEPLER, H. (1966):
Untersuchungen über die Struktur des Klauenhornes bei verschiedenen Schafrassen und ein Vergleich mit der Wollfeinheit.
Berlin, Humboldt-Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

KERSTEN, A.; A. ULRICH (1987):
Zusammenhänge zwischen Stellung und Hufform der Vordergliedmaßen von Pferden der Rasse Edles Warmblut und Erkrankungen des Sehnenapparates.
Leipzig, Karl-Marx-Univ., Sekt. Tierprod. u. Veterinärmed., Dipl.

KERSTING, - (1777):
Unterricht Pferde zu beschlagen und die an dem Fuße der Pferde vorgefallenen Gebrechen zu heilen.
Göttingen
zit. nach HAASE, H. (1919)

KIND, H. (1961):
Vergleichende Untersuchungen über die Abnutzung der Hufe einiger Equiden auf Grund der Struktur der Hufkapselwand.
Berlin, Humboldt-Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

KLUNDER, P.; B. HERTSCH (1998):
Der Einsatz von Hufdruckmeßschuhen.
6. gemeinsame Hufbeschlagtagung für Hufschmiede und Tierärzte, Berlin, 1998, Berichte, ohne Seitenzahl

KNOLL, L. (1990):
Das englische Vollblutpferd.
Verlag Franckh-Kosmos, Stuttgart

KOBLUK, C. N.; R. A. ROBINSON; J. G. BRADLEY; C. J. CLANTON; A. M. TRENT; T. R. AMES (1990):
The effect of conformation and shoeing: a cohort study of 95 thoroughbred racehorses.
Proc. 36. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1990, 259-274

KÖRBER, H.-D. (1967):

Über die Entwicklung neuer Kunststoffschuhe für Pferd und Rind und ihre erste Erprobung beim Pferd.

Berlin, Freie Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

KÖRBER, H.-D. (1981):

Hufe, Hufbeschlag, Hufkrankheiten.

Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

KOSSMAG (1937 a):

Der gesunde Huf.

Dt. Schmiedemeister 43, 899-900, 979-980

KOSSMAG (1937 b):

Was muß der Schmied weiterhin vor dem Beschlagen der Pferde beachten?

Dt. Schmiedemeister 43, 739-740

KRAUSE, B. (1926):

Die Bearbeitung des Hufes zum Beschlage von Lafosse bis in die Jetztzeit in historisch-kritischer Betrachtung und nach eigenen Erfahrungen.

Berlin, tierärztl. Hochsch., Diss.

KRONACHER, C.; A. OGRIZEK (1932):

Exterieur und Leistungsfähigkeit des Pferdes mit besonderer Berücksichtigung der Gliedmaßenwinkelung und Schrittlängenverhältnisse.

Z. Tierzücht. Züchtungbiol. 23, 183-228

KRÜGER, W. (1939):

Über Wachstumsmessungen an den Skelettgrundlagen der Gliedmaßen- und Rumpfabschnitte beim lebenden Trakehner Warmblut- und Mecklenburger Kaltblutpferd mittels eines eigenen Meßverfahrens.

Z. Tierzücht. Züchtungbiol. 43, 145-163

KRYNITZ, W. (1911):

Betrachtungen über den Wert von Messungen am Pferde (Hippometrie) bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Gebrauchspferde.

Arbeiten d dt. Ges. f. Züchtungskunde, Heft 11

Verlag Schaper, Hannover

KÜNG, M. (1991):

Die Zugfestigkeit des Hufhornes bei Pferden.

Zürich, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

KÜNG, M.; C. BOLLIGER; T. ALBARANO; H. GEYER (1993):

The assessment of hoof horn quality and the influence of environmental factors in horses compared to cattle and pigs.

Proc. 3. World Eq. Vet. Ass. 1993, 185

KÜNG, M.; W. STEINMANN; U. MÜLLER (1991):
Einflüsse von Lokalisation und Milieu auf die Zugfestigkeit von Hufhorn.
Anatomia Histologia Embryologia 20, 272

LANDEAU, L. J.; D. J. BARRETT; S. C. BATTERMAN (1983):
Mechanical properties of equine hooves.
Am. J. Vet. Res. 44, 100-102

LEACH, D. H. (1980):
Gait fatigue; function of the hoof wall.
Mod. Vet. Pract. 61, 417-418

LEACH, D. H. (1983):
Biomechanical considerations of raising and lowering the heel.
Proc. 29. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1983, 333-342

LEACH, D. H.; G. C. ZOERB (1983):
Mechanical properties of equine hoof wall tissue.
Am. J. Vet. Res. 44, 2190-2194

LEHNDORFF, G. (1881):
Handbuch für Pferdezüchter.
Verlag Parey, Berlin

LEISERING, A. G. T.; H. M. HARTMANN (1882):
Der Fuß des Pferdes in Rücksicht auf Bau, Verrichtungen und Hufbeschlag.
5. Aufl., Schönfeld's Verlagsbuchhandlung, Dresden

LEISERING, A. G. T.; H. M. HARTMANN (1898):
Der Fuß des Pferdes in Rücksicht auf Bau, Verrichtungen und Hufbeschlag.
9. Aufl., Schönfeld's Verlagsbuchhandlung, Dresden

LEOPOLD, G. (1978):
Beziehungen zwischen physikalischen und histologischen Untersuchungsergebnissen von
Klauenhornproben für eine direkte Beurteilung der Großanlagentauglichkeit von Rindern.
Berlin, Humboldt-Univ., biowissenschaftl. Fak., Diss.

LEOPOLD, G.; M. NICKLISCH; G. PRIETZ (1980):
Vereinfachte Methode zur Herstellung von histologischen Klauenhornschnitten.
Monatsh. Veterinärmed. 35, 108-109

LEOPOLD, G.; G. PRIETZ (1980):
Die Bedeutung der Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und histologischen
Merkmalen für die Erkennung der Klauenhornqualität beim Rind.
Monatsh. Veterinärmed. 35, 173-175

LEU, U. (1987):
Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß von oral verabreichtem Biotin auf das
Hufhorn beim Pferd.
Zürich, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

LOCHNER, F. K.; D. W. MILNE; E. J. MILLS; J. J. GROOM (1980):

In vivo and *in vitro* measurements of tendon strain in the horse.

Am. J. Vet. Res. 41, 1929-1937

LOCKARD, A. J.; E. L. REINERTSON (1986):

Stimulation of equine hoof growth using a counter irritant.

Iowa State Univ. Vet. 48, 99-101

LÖWE, H.; H. MEIER (1974):

Pferdezucht und Pferdefütterung.

5. Aufl., Verlag Ulmer, Stuttgart

LUGLI, N. (1974):

Pferderassen.

Südwest-Verlag, München

LUNGWITZ, A. (1881):

Ueber das Wachstum und die Abreibung der Hornwand des Pferdes.

Deutsche Zeitschrift für Thiermedizin 7, 75-107

LUNGWITZ, A. (1882):

in: LEISERING; A. G. T.; H. M. HARTMANN (1882)

Der Fuß des Pferdes in Rücksicht auf Bau, Verrichtungen und Hufbeschlag

5. Aufl., Schönfeld's Verlagsbuchhandlung, Dresden

LUNGWITZ, A. (1925):

Der Lehrmeister im Hufbeschlag.

19. Aufl., Verlag Schaper, Hannover

LUNGWITZ, M. (1904):

Die regelmäßige Gliedmaßenstellung, der regelmäßige Huf und die Fuß- oder Zehenachse des Pferdes.

Der Hufschmied 22, 55-58, 72-74

LUNGWITZ, M. (1917):

Die stoßbrechenden Einrichtungen des Hufes, ein Fingerzeig der Natur für die Ausführung des Hufbeschlages.

Der Hufschmied 35, 4-8

MAGERL, H. (1911):

Beiträge zur Kenntnis des Körperbaus beim Pferde auf Grund von Leistungsprüfungen unter besonderer Berücksichtigung der Gliedmaßenwinkelung.

Arbeiten d. dt. Ges. f. Züchtungskunde, Heft 11

Verlag Schaper, Hannover

MAUSKE, S. (1972):

Klauenhornstruktur - histologische Untersuchungen am Ballen, an der Sohle und der Kronepidermis der Deutschen Schwarzbunten Niederungsrinder.

Berlin, Humboldt-Univ., biowissenschaftl. Fak., Diss.

MEIER, H. (1917):

Hoplometrie.

Verlagsbuchhandlung Schoetz, Berlin

MELLER, - (1937):

Untersuchungen und Messungen über die Dicke der Hornwand und der Hornsohle.

Z. Veterinärk. 49, 1-25

METCALF, S.; P. S. WAGNER; O. BALCH-BURNETT (1982):

Corrective trimming and shoeing in the treatment of tendon disorders of young horses.

Eq. Practice 4, 6-13

MILL, J. (1984):

Der Hufbeschlag des Trabrennpferdes als Mittel der Orthopädie.

Monatsh. Veterinärmed. 39, 670-673

MÖLLER, H. (1915)

Hufpflege, Hufschutz und -beschlag.

Verlag Parey, Berlin

MÖLLER, H. (1920)

Die Hufkrankheiten des Pferdes.

5. Aufl., Verlag Parey, Berlin

MÖLLER, H. (1922):

Grundriß des Hufbeschlages.

Verlag Parey, Berlin

MOSER, E.; M. WESTHUS (1950):

Leitfaden der Huf- und Klauenkrankheiten.

Verlag Enke, Stuttgart

MOYER, W. (1979):

Diseases of the equine heel.

Proc. 25. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1979, 21-29

MÜLLER, G.; S. HÖPPNER; B. HERTSCH (1998):

Hufzubereitungstheorien.

6. gemeinsame Hufbeschlagstagung für Hufschmiede und Tierärzte, Berlin 1998, Berichte, ohne Seitenzahl

MUTZHAS, K. (1942):

Die Zusammenhänge zwischen der Hufform und den Maßnahmen beim Zubereiten des Hufes zum Beschlag.

Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

NAUMANN, J. (1984):

Untersuchungen zur Hornqualität bei Rind und Pferd unter besonderer Berücksichtigung der anorganischen Zusammensetzung.

Berlin, Humboldt-Univ., Diss.(B)

NAUMANN, J.; O. DIETZ; G. PRIETZ (1987):
Untersuchungen zur anorganischen Zusammensetzung und zur Stabilität von Huf- und
Klauenhorn.
Wien. tierärztl. Monatssch. 74, 117-121

NAUMANN, J. G. (1828):
Handbuch der Pferdewissenschaft.
Berlin
zit. nach MEIER, H. (1917)

NEISSER, E. (1983):
Das englische Vollblut.
Ziemsen Verlag, Wittenberg

NICKEL, R. (1938 a):
Über den Bau der Hufhörchen und seine Bedeutung für den Mechanismus des Pferdehufes.
Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch 82, 119-160

NICKEL, R. (1938 b):
Über den Bau der Hufhörchen und seine Bedeutung für den Mechanismus des Pferdehufes.
Hannover, tierärztliche Hochsch., Vet. Habilschrift, Auszug,
Sonderabdruck aus der Dt. tierärztl. Wochenschr. 46

NICKEL, R. (1939):
Über die Anordnung des Zwischenhorns im Pferdehuf.
Anatomischer Anzeiger 88, Ergänzungsheft, 201 f.

NILSSON, G.; J. FREDERICSON; S. DREVEMO (1973):
Some procedures and tools in the diagnostics of distal equine lameness.
Acta Vet. Scand., Suppl. 44, 63-79

NITZSCHE, K. (1980):
Werkstoffprüfung.
In: JENTZSCH, J. (Hrsg.): Technik. Kleine Enzyklopädie.
Bibliographisches Institut Leipzig

NÖRNER, C. (1886):
Über den feineren Bau des Pferdehufes.
Arch. mikroskop. Anat. 28, 171-224

OETTINGEN, B. (1920):
Grundzüge der Pferdezucht für Züchter und Landwirte.
Verlag Parey, Berlin

OTTO, J. (1995):
Exterieur und Leistungsfähigkeit.
Trakehner Hefte 16, 58-63

PARKS, A. H.; R. J. HUNT (1990):
The horse's hoof, a question of balance.
Georgia Vet. 42, 16-17

PÄTZ (1922):
Einige Betrachtungen über die Zubereitung des Hufes zum Beschlage und die Auflage des Hufeisens auf dem Hufe.
Z. Veterinärk. 34, 201-215

PELLMANN, R.; S. REESE; H. BRAGULLA (1993):
Wechselwirkungen zwischen Hornstruktur und Hornqualität am Pferdehuf als Grundlage für das Verständnis von Verhornungsstörungen.
Monatsh. Veterinärmed. 48, 623-630

PERKUHN, MAGNUS (1929):
Messungen an jungen Reitpferden deutscher Warmblutschläge und Beeinflussung ihrer Körpermaße durch die Dressur.
Z. Veterinärk. 41, 353-376

PERKUHN, W. (1936):
Die Beeinflussung der Standwinkel durch die Reitausbildung bei 4- und 5-jährigen Warmblutpferden.
Arch. wissenschaftl. prakt. Tierheilk. 70, 153-168

PETZOLD, P.; S. KÖNIG; H. J. SCHWARK (1988):
Abgangsursachen von englischen Vollblütern aus dem Rennengeschehen.
in: Züchtung, Leistungsprüfung und Ernährung von Pferden. Bd. 1
V. Internationales wissenschaftliches Symposium, Leipzig, 1988, 114-126

PFEIFFER, W. (1943):
Die Gliedmaßenwinkelung beim Berberpferd.
Berlin, Friedrich-Wilhelms-Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

PIEGER, H. (1954):
Messungen über die Lage des Hufbeins innerhalb der Hornkapsel.
Gießen, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

PLISCHKE, A. (1927):
Anatomische Körpermessungen an lebenden Warmblutpferden, ausgeführt nach der Meßmethode von Schmaltz, unter vergleichsweiser Heranziehung des Trakehner Halbblutes .
Berlin, tierärztl. Hochsch., Diss.

POLLITT, C. C. (1992):
Clinical anatomy and physiology of the normal equine foot.
Eq. Vet. Educ. 4, 219-224

PORTHAN, A. (1931):
Untersuchungen über die Trabereigenschaften des finnischen Pferdes unter Berücksichtigung der Mechanik der Extremitäten.
Leipzig, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

PRIETZ, G. (1985):

Huf- und Klauenkunde.

Verlag Fischer, Jena

PRITCHARD, C. C. (1965):

Relationship between conformation and lameness in the equine foot.

Auburn Vet. 22, 11-14, 29

RADESCU, T. (1923):

Biometrische Untersuchungen an Vollblutpferden im Vergleich mit Rennleistung.

Berlin, tierärztl. Hochsch., Diss.

RAU, G. (1942):

Die Beurteilung des Warmblutpferdes.

3. Aufl., Verlag Parey, Berlin

REILLY, J. D. (1995):

No hoof no horse?

Eq. Vet. J. 27, 166-168

REYNOLDS, J. (1987):

Das Pferd im Dienst des Menschen im 21. Jahrhundert.

in: Reitsport 2000. Equitana-Kongress, Essen, 1987, Berichte

FN-Verlag, Warendorf, 30-40

RICHTER, G. (1990):

Untersuchungen zum Hornwachstum und bestimmter Parameter am Huf beim Haflinger Pferd.

Leipzig, Karl-Marx-Univ., Sekt. Tierprod. u. Veterinärmed., Dipl.

RICHTER, W. (1905):

Neue Untersuchungen über den Hufmechanismus.

Der Hufschmied 23, 25-34, 49-50, 73-77

RIEMERSMA, D. J.; A. J. BOGERT; M. O. JANSEN; H. C. SCHAMHARDT (1996):

Influence of shoeing on ground reaction forces and tendon strains in the forelimbs of ponies.

Eq. Vet. J. 28, 126-132

RITZENTHALER, M. (1919):

Ueber Hufhorn und Remontenhufe.

Schweizer Hufschmied 4, 74-79

RÖDDER, F. (1977):

Ohne Huf kein Pferd.

Müller Verlag, Rüschlikon, Zürich

ROONEY, J. R. (1969):

Biomechanics of lameness in horses.

Williams & Wilkins, Baltimore

ROONEY, J. R. (1978):

Studies in equine biomechanics.

J. Eq. Med. Surg. 2, 107, 124, 135-136, 145

ROONEY, J. R. (1983):

The angulation of the forefoot and pastern of the horse.

Eq. Vet. Sci. 43, 138-143

ROONEY, J. R.; S. G. JACKSON; R. SHAPIRO (1986):

A consideration of the interaction of the horse's hoof with the ground.

Eq. Vet. Sci. 6, 200-202

ROONEY, J. R.; M. A. QUDDUS; H. B. KINGSBURY (1978):

A laboratory investigation of the function of the stay apparatus of the equine foreleg.

J. Eq. Med. Surg. 2, 173-180

RÖSIÖ, B. (1928):

Die Bedeutung des Exterieurs und der Konstitution des Pferdes für seine Leistungsfähigkeit.

Verlagsbuchhandlung Schoetz, Berlin

RÖSSNER, G. (1940):

Untersuchungen über die Verteilung von Hornröhrchen und Zwischenhorn in der Schutzschicht bei verschiedenen Wandstellungen am Hufe des Pferdes.

Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

RÜEGER, M.; H. MEIER (1977):

In: DOSSENBACH, M (Hrsg.): Irish horses.

Granada Publishing, London, Toronto

RUPPERT, E. (1942):

Die Abnutzung des Tragerandes der Vorderhufe auf dem Hufeisen unter Berücksichtigung von Gliedmaßenstellung und Hufform.

Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

RUSSEL, V. (1994):

Pferderassen

in: FOSTER, C. (Hrsg.): Das große Pferdebuch.

Unipar, Stuttgart

RUTHE, H. (1969):

Der Huf.

2. Aufl., Fischer, Jena

RUTHE, H. (1988):

Der Huf.

4. Aufl., neu überarb. v. H. Müller u. F. Reinhard, Fischer, Stuttgart, New York

SALOMON, F.-V. (1987):

Zehenendorgan.

in: MICHEL, G.; F.-V. SALOMON, G. GUTTE (1987):

Morphologie landwirtschaftlicher Nutztiere.

VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 352-361

SASSEN, D. (1938):

Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit pigmentierten und unpigmentierten Hufhornes.

Berlin, Friedrich-Wilhelms-Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

SCHAUDER, W. (1951):

Die allgemeinen stoßbrechenden Einrichtungen an den Gliedmaßen des Pferdes, in angewandt-anatomischer Hinsicht.

Dt. tierärztl. Wochenschr. 59, 350-352

SCHMALTZ, R. (1922):

Messungen und Wägungen am Pferd.

Verlagsbuchhandlung Schoetz, Berlin

SCHMALTZ, R (1928):

Anatomie des Pferdes.

2. Aufl., Verlagsbuchhandlung Schoetz, Berlin

SCHMIDT, A.-K. (1944):

Die Gliedmaßenstellungen des Pferdes in ihren Beziehungen zum Hufbeschlagn.

Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

SCHMIDT, H. (1939):

Beziehungen zwischen Schrittlänge und Bau der Gliedmaßen des Pferdes.

Dt. tierärztl. Wochenschr. 47, 689-691

SCHMITT, A. (1998):

Verlaufsuntersuchungen zum Hufstatus von Lipizzanerpferden mit und ohne Biotinbehandlung.

Zürich, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

SCHNEIDER, R. (1919):

Ueber Knochen-, Gelenk-, Band- und Sehnenerkrankungen des Unterfußes beim Pferd, die zu ähnlichen Lahmheiten Anlaß geben wie die eigentlichen Hufleiden.

Schweiz. Hufschmied 4, 210-230

SCHOLZ, - (1939):

Hufpflege und Hufbeschlagn zur Erhaltung eines guten Ganges und gesunder Hufe.

Dt. tierärztl. Wochenschr. 47, 641-645

SCHOLZ, G. (1938):

Hoplometrische Betrachtungen und Versuche in ihrer Beziehung zum praktischen Hufbeschlagn.

Z. Veterinärk. 50, 337-369

SCHOLZ, G.; R. KUNI (1942):

Über das Zubereiten des Hufes.

Ergänzungsbände z. Z. Veterinärk., Heft 12, 16-47

SCHOLZ, S. (1952):

Untersuchungen der Bewegungsmechanik gesunder und kranker Hufe des Großstadtpferdes.

Berlin, Humboldt-Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

SCHREYER, J. (1997):

Untersuchungen zum Hufhornwachstum und zur Hufform bei Pferden der Rasse Deutsches Reitpferd.

Leipzig, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

SCHRÖDER, H.-D. (1961):

Untersuchungen über die Struktur des Klauenhorns bei einigen exotischen Rinderrassen aus dem Tierpark Berlin unter besonderer Berücksichtigung der Abnutzungsverhältnisse.

Berlin, Humboldt-Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

SCHULENBURG, A.; K. MEYER; B. DIERKS-MEYER (1986):

Orthopädische und mikrostrukturelle Untersuchungen am Klauenhorn von Mastschweinen in verschiedenen Aufstallungsarten.

J. Vet. Med. A 33, 767-776

SCHULZE, W. (1944):

Gliedmaße oder Huf für das Beurteilen des Pferdes zum Beschlag.

Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

SCHWARK, H. J. (1978):

Pferde.

VEB Dt. Landwirtschaftsverlag, Berlin

SCHWARK, H. J. (1987):

Pferdezucht.

VEB Dt. Landwirtschaftsverlag, Berlin

SCHWARZE, E. (1964):

Kompendium der Veterinär-Anatomie. Bd. III.

Verlag Fischer, Jena

SCHWARZNECKER, G. (1910):

Schwarznecker's Pferdezucht.

5. Aufl., Parey, Berlin

SCHWENDIMANN, F. (1919):

Die Behandlung der Eckstreben bei der Zubereitung der Hufe zum Beschlag.

Schweiz. Hufschmied 4, 1-4

SCHWENDIMANN, F. (1921):

Die Korrektur der Stellungen durch den Beschlag.

Schweiz. Hufschmied 6, 143-147

SCHWENDIMANN, F. (1937):

Leitfaden des Hufbeschlages.

Verlag Zimmermann, Bern

SCHWYTER, H. (1906):

Gestaltsveränderungen des Pferdefußes infolge Stellung und Gangart.

Verlag Stämpfli, Bern

SCHWYTER, H. (1921):

Ueber das Regulieren der Trachten- und Zehenlänge des Hufes für den Beschlag.

Schweiz. Hufschmied 6, 29-35

SCHWYTER, H. (1948):

Der Schweizerische Militär-Hufschmied.

7. Aufl., Verlag Stämpfli, Bern

SEDLÁČEK, J. (1936):

Das Verhältnis der Hornröhrchen und Hornmasse in der Hufwand.

Ref. Jder. Vet. Med. 58, 164

zit. nach RÖSSNER, G. (1940)

SIEDAMGROTZKY, - (1891):

Einiges über die Sehnenerkrankungen der Pferde.

Arch. Tierheilk. 17, 173-209

SILVER, C. (1991):

Pferderassen der Welt.

4. Aufl., BLV-Verlagsgesellschaft, München, Wien

SLATER, M. R.; D. M. HOOD (1997):

A cross-sectional epidemiological study of equine hoof wall problems and associated factors.

Eq. Vet. J. 29, 67-69

SMEDEGAARD, H. H.; S. VINDRIIS (1995):

Der Hufmechanismus.

Wien. tierärztl. Monatsschr. 82, 54-64

SMITH, A. P. (1967):

Corrective shoeing for bowed tendon.

Mod. Vet. Pract. 48, 53

SNOW, E.; D. P. BIRDSALL (1991):

Specific parameters used to evaluate hoof balance and support.

Proc. 37. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1991, 299-311

STASHAK, T. S. (1987):

Adam's lameness in horses

4. Aufl., Lea & Febiger, Philadelphia

STEDE, M. (1976):

Der Zustand des Pferdehufes als ein Kriterium für eine tierschutzgerechte Pferdehaltung.
Dt. tierärztl. Wochenschr. 83, 345-346

STEGMANN VON PRITZWALD, F. P. (1926):

Die Beurteilungslehre des Pferdes.
Verlag Schaper, Hannover

STEPHENS, P. R.; D. M. NUNAMAKER; D. M. BUTTERWECK (1989):

Application of a Hall-effect transducer for measurement of tendon strains in horses.
Am. J. Vet. Res. 50, 1089-1095

STRASSER, H. (1991):

Gesunde Hufe ohne Beschlag.
Danker Verlag, Friedberg

STRATUL, J. (1922):

Biometrische Untersuchungen an Vollblutpferden mit Rückschlüssen auf Rennleistung.
Berlin, tierärztl. Hochsch., Diss.

STUMP, J. E. (1967):

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

SUSTMANN, - (1913):

Ein Beitrag zum Kapitel 'Hufmessungen und Hufmeßapparate'.
Der Hufschmied 31, 81-83, 96

THOMASON, N. J. J.; A. A. BIEWENER; J. E. A. BERTRAM (1992):

Surface strain on the equine hoof wall *in vivo*: implications for the material design and functional morphology of the wall.
J. Exp. Biol. 166, 145-168

THOMPSON, K.N. (1995):

Hoof conformation and toe angle: influences on joint angles and lower limb strains.
Eq. Athlete 8, 10-11

THOMPSON, K. N.; T. K. CHEUNG; B. S. SILVERMAN (1992):

The influence of toe angle on strain characteristics of the deep digital flexor tendon, suspensory ligament and hoof wall.
Eq. Athlete 5, 1, 6-7

THOMPSON, K. N.; J. R. ROONEY; M. B. PETRITES-MURPHY (1991):

Considerations on the pathogenesis of navicular disease.
J. Eq. Vet. Sci. 11, 4-8

TRAMS, P. (1944):

Kasuistik der Hufkrankungen an Schlachtpferden und Schlußfolgerungen für die Vorbeugung.
Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

TRAUTMANN, A.; T. J. FIEBIGER (1949):
Lehrbuch der Histologie und vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere.
8. u. 9. Aufl., Verlag Parey, Berlin, Hamburg

TSCHERNE, L. (1910):
Über die Beziehung der Qualität des Wandhornes des Pferdes zur histologischen Einrichtung desselben.
Dresden, tierärztl. Hochsch., Diss.

TURNER, T. A. (1986):
Shoeing principles for the management of navicular disease in horses.
J. Am. Vet. Med. Ass. 189, 298-301

TURNER, T. A. (1993):
The use of hoof measurements for the objective assessment of hoof balance.
Proc. 39. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1993, 389-395

TURNER, T. A.; C. STORK (1989):
Hoof abnormalities and their relation to lameness.
Proc. Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 1989, 293-297

UPPENBORN, W. (1977):
Pferdezucht und Pferdehaltung.
6. Aufl., Verlag Bintz, Offenbach

UPPENBORN, W. (1978):
Ponys.
4. Aufl., Verlag Ulmer, Stuttgart

VAETH, - (1913):
Neuzeitliche Grundsätze für den Hufbeschlag.
Der Hufschmied 31, 65-69

VANSCHERPDAEL, P. (1997):
Der Hufbeschlag für Pferde die greifen, die Beiträge der Fortbewegung.
Der Huf (European Farriers Journal) 6/97, 6-19

VOGT, - (1938):
Messungen von Länge, Weite und Höhe bei den verschiedenen Hufformen.
Z. Veterinärk. 5, 481-495

VOLKMANN, K. (1938):
Zur Physiologie des Hufes.
Tierärztl. Rundschau 44, 271-274

VOLLBACH, H. (1954):
Geschichte, Entwicklung und Kritik der Hufzubereitungsmethoden.
Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

WAGENER, H. (1934):

Untersuchungen an Spitzenpferden des Spring- und Schulstalles der Kavallerie-Schule Hannover.

Arbeiten d. dt. Gesellschaft f. Züchtungskunde, Heft 65

Verlag Schaper, Hannover

WALZ, E. (1951):

Bau der Epidermissohle des Pferdehufes und ihre Verbindung mit Epidermisplatte, -ballen und -strahl.

Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

WALZ, J. (1979)

Histologische Untersuchungen zur Erforschung der Klauenhornqualität beim Rind.

München, Univ., Tiermed. Fak., Diss.

WEBER, E. (1922):

Lehre vom Exterieur des Pferdes.

Verlag Braumüller, Wien, Leipzig

WEHNER, R. (1941):

Lassen sich Beziehungen der Knochenachsen und Gliedmaßenwinkel zur Schrittlänge beim rheinisch-deutschen Kaltblutpferden nachweisen?

Berlin., Friedrich-Wilhelms-Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

WEIGL, A. (1987):

Die Vielfalt der pferdesportlichen Möglichkeiten.

in: Reitsport 2000. Equitana-Kongress, Essen, 1987, Berichte

FN-Verlag, Warendorf, 135-139

WERNER, H. (1997):

Die große Enzyklopädie der Pferderassen.

Verlag Falken, Niedernhausen

WHEELER, J. L.; J. W. BENNETT; J. C. D. HUTCHINSON (1972):

Effect of ambient temperature and daylength on hoof growth in sheep.

J. Agric. Sci. 79, 91-97

WIECHERT, F. (1927):

Messungen an ostpreußischen Kavalleriepferden und solchen mit besonderen Leistungen und die Beurteilung der Leistungsfähigkeit auf Grund der mechanischen Verhältnisse.

Berlin, tierärztl. Hochsch., Diss.

WILKENS, H. (1964):

Zur makroskopischen und mikroskopischen Morphologie der Rinderklaue mit einem Vergleich der Architektur von Klauen- und Huftröhrchen.

Zentralbl. Vet. Med. 11, 163-234

WINTER, D. (1995):

Genetische Disposition von Gliedmaßenerkrankungen bei Reitpferden.

FN-Verlag, Warendorf

WINTZER, H. J. (1986):
Der Einfluß einer Vitamin-H-Substitution auf Wachstum und Beschaffenheit des Hufhorns.
Tierärztl. Praxis 14, 495-500

WITZMANN, P. (1969):
Untersuchungen über die Belastung der Extremitätenpaare bei Pferden und Rindern.
München, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

WOLF, A. V. (1902):
Hufmessung, Hufmechanik und Rehhufbehandlung.
Thierärztliches Centralblatt 25, 105-111

WUSSOW, W. (1970):
Beurteilung der Pferde.
3. Aufl., Verlag Neumann, Radebeul

XENOPHON:
Die Reitkunst.
Dt. von K. Widdra, Akademie-Verlag, Berlin, 1965

ZENKER, W. (1991):
Hufhornveränderungen bei Lipizzanerpferden und ein Behandlungsversuch mit Biotin.
Zürich, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

ZENKER, W.; H. JOSSECK; H. GEYER (1995):
Histological and physical assessment of poor hoof horn quality in Lipizzaner horses and a
therapeutic trial with a placebo.
Eq. Vet. J. 27, 183-191

ZSCHOCKE, F. (1939):
Statistisches zum Vorkommen von Hufkrankheiten.
Dt. tierärztl. Wochenschr. 47, 626-628

ZSCHOCKE, F. (1942):
Betrachtungen über das Kürzen des Hufes, besonders im Hinblick auf die Kriegsverhältnisse.
Ergänzungsbände z. Z. Veterinärk., Heft 12, 5-67

8. Anhang

Einzeltierwerte, Anatomischer Teil

Nr.	Gruppe	Vorderwandwinkel Vorderhuf, vor Zubereitung in °	Vorderwandwinkel Vorderhuf, nach Zubereitung in °	Änderung Vorderwandwinkel Vorderhuf, durch Zubereitung in °	Vorderwandwinkel Hinterhuf, vor Zubereitung in °	Vorderwandwinkel Hinterhuf, nach Zubereitung in °	Änderung Vorderwandwinkel Hinterhuf, durch Zubereitung in °
1	2	44	51	7	51	51	0
2	2	45	46	1	51	52	1
3	2	50	51	1	51	52	1
4	2	46	48	2	52	52	0
5	3	48	51	3	56	58	2
6	1	56	58	2	57	57	0
7	1	52	53	1	54	54	0
8	1	48	50	2	55	57	2
9	3	50	52	2	51	55	4
10	1	54	52	-2	53	56	3
11	1	49	49	0	57	56	-1
12	3	52	52	0	57	53	-4
14	1	53	53	0	54	51	-3
15	1	49	50	1	51	54	3
16	2	50	54	4	50	53	3
18	3	50	51	1			
19	3	51	53	2			
20	3	53	54	1			
21	3	51	53	2			
22	3	51	52	1			
24	1	50	53	3	54	57	3
26	1	53	55	2	53	55	2
27	2	48	49	1	49	49	0
28	3	44	50	6	53	54	1
30	3				53	55	2
31	2	53	54	1	52	55	3
32	3	52	54	2	50	51	1
33	2	48	55	7	49	55	6
34	2	53	55	2	55	58	3
35	2	55	58	3	54	57	3
36	2	53	56	3			
37	2	45	48	3			
38	2	46	50	4	56	58	2
48	2	51	54	3	53	56	3
49	2				50	53	3
52	4	53	52	-1	51	52	1
53	4	54	54	0	52	52	0
54	4	52	54	2	53	54	1
56	4	50	50	0	50	52	2
57	1	53	54	1	53	53	0
Nr.	Gruppe	Vorderwandwinkel	Vorderwandwinkel	Änderung Vorderwandwinkel	Vorderwandwinkel	Vorderwandwinkel	Änderung Vorderwandwinkel

		Vorderhuf, vor Zubereitung in °	Vorderhuf, nach Zubereitung in °	dwinkel Vorkehuf durch Zubereitung in °	Hinterhuf, vor Zubereitung in °	Hinterhuf, durch Zubereitung in °	dwinkel Hinterhuf durch Zubereitung in °
59	4	51	51	0	50	50	0
60	4	49	49	0	53	54	1
61	4	53	54	1	51	54	3
62	4	47	47	0	48	49	1
63	4	49	51	2	51	51	0
64	4	49	51	2	51	52	1
65	4	54	54	0	48	49	1
66	4	53	54	1	49	51	2
68	4	55	56	1	53	52	-1
69	4	65	55	-1	55	55	0
70	4	56	55	-1	53	52	-1
73	5		57			55	
74	5		57			56	
75	5		58			55	
76	5		57			54	
77	5		58			59	
78	5		52			55	
79	5		55			53	
80	5		57			53	
81	2	57	57	0			
82	2	46	49	3	47	42	5
83	2	48	49	1	52	54	2
84	2	50	51	1			
85	2	47	50	3			
86	2	47	52	5			
96	4	54	54	0	54	52	-2
100	4	55	52	-3	49	49	0
101	4	55	55	0	49	49	0
108	4	47	51	4	49	51	2
109	4	53	53	0	52	52	0
112	4	50	50	0	50	50	0
116	4	51	51	0	50	52	2
117	4	50	51	1	50	50	0
118	4	50	52	2	52	51	-1
119	4	52	51	-1	50	50	0
120	4	59	58	-1	49	51	2
124	4	52	50	-2	50	49	-1
132	2	47	51	4	50	51	1
133	2	53	54	1	51	52	1
134	2	48	53	5	46	51	5

Nr.	Gruppe	Vorderwandlänge Vorderhuf, vor Zubereitung in cm	Vorderwandlänge Vorderhuf, nach Zubereitung in cm	Änderung Vorderwandlänge Vorderhuf, durch Zubereitung in cm	Vorderwandlänge Hinterhuf, vor Zubereitung in cm	Vorderwandlänge Hinterhuf, nach Zubereitung in cm	Änderung Vorderwandlänge Hinterhuf, durch Zubereitung in cm
1	2	9,5	7,5	-2,0	9,0	8,5	-0,5
2	2	8,5	8,0	-0,5	8,5	8	-0,5
3	2	10,0	8,5	-1,5	10,0	9,0	-1,0
4	2	9,5	8,5	-1,0	9,5	9,0	-0,5
5	3	9,0	8,5	-0,5	9,0	8,3	-0,7
6	1	8,5	7,5	-1,0	8,0	7,5	-0,5
7	1	8,0	7,5	-0,5	8,0	7,0	-1,0
8	1	9,0	6,5	-2,5	10	8,5	-1,5
9	3	10,0	9,0	-1,0	10,0	9,0	-1,0
10	1	8,5	8,5	0	9,0	8,5	-0,5
11	1	9,0	8,5	-0,5	10,0	9,5	-0,5
12	3	10,0	9,0	-1,0	10,0	9,0	-1,0
14	1	8,0	7,5	-0,5	9,0	8,7	-0,3
15	1	9,0	8,5	-0,5	8,5	8,0	-0,5
16	2	10,5	9,0	-1,5	10,5	10,0	-0,5
18	3	10,0	9,0	-1,0			
19	3	10,0	9,5	-0,5			
20	3	9,0	8,5	-0,5			
21	3	10,0	9,0	-1,0			
22	3	8,0	7,8	-0,2			
24	1	10,0	9,0	-1,0	10,0	8,5	-1,5
26	1	8,5	8,0	-0,5	9,5	9,0	-0,5
27	2	9,5	9,0	-0,5	9,5	9,0	-0,5
28	3	10,0	9,0	-1,0	9,5	9,0	-0,5
30	3				11,0	10,0	-1,0
31	2	10,0	9,5	-0,5	10,0	9,0	-1,0
32	3	7,0	7,0	0	9,0	8,5	-0,5
33	2	11,0	9,5	-1,5	12,0	11,0	-1,0
34	2	10,0	9,5	-0,5	9,5	9,0	-0,5
35	2	10,0	9,5	-0,5	9,5	9,0	-0,5
36	2	10,0	9,5	-0,5			
37	2	9,0	8,5	-0,5			
38	2	9,0	8,8	-0,5	8,5	8,5	0
48	2	9,5	9,0	-0,5	10,4	9,3	-1,1
49	2				10,5	9,5	-1,0
52	4	9,5	9,0	-0,5	10,0	9,7	-0,3
53	4	8,0	7,8	-0,2	10,0	9,5	-0,5
54	4	9,5	9,2	-0,3	9,5	9,3	-0,2
56	4	9,5	9,0	-0,5	10,0	9,5	-0,5
57	1	9,8	9,0	-0,8	8,2	7,5	-0,7

Nr.	Gruppe	Vorderwandlänge Vorderhuf, vor Zubereitung in cm	Vorderwandlänge Vorderhuf, nach Zubereitung in cm	Änderung Vorderwandlänge Vorderhuf, durch Zubereitung in cm	Vorderwandlänge Hinterhuf, vor Zubereitung in cm	Vorderwandlänge Hinterhuf, nach Zubereitung in cm	Änderung Vorderwandlänge Hinterhuf, durch Zubereitung in cm
59	4	9,5	8,5	-1,0	9,3	9,0	-0,3
60	4	9,0	8,7	-0,3	9,5	9,3	-0,2
61	4	9,3	9,0	-0,3	10,0	9,5	-0,5
62	4	9,6	9,2	-0,4	9,6	9,3	-0,3
63	4	9,6	8,9	-0,7	9,8	9,5	-0,3
64	4	7,8	7,5	-0,3	9,0	8,8	-0,2
65	4	8,8	8,3	-0,5	10,0	9,5	-0,5
66	4	9,0	8,6	-0,4	9,8	9,3	-0,5
68	4	9,0	8,5	-0,5	9,3	9,3	0
69	4	9,0	8,3	-0,7	9,5	9,2	-0,3
70	4	9,0	8,5	-0,5	9,0	9,0	0
73	5		7,0			7,4	
74	5		7,2			7,0	
75	5		6,6			7,5	
76	5		7,0			7,5	
77	5		7,3			7,2	
78	5		7,0			7,2	
79	5		6,5			6,8	
80	5		7,3			8,0	
81	2	9,8	9,2	-0,6			
82	2	9,2	8,9	-0,3	9,3	9,0	-0,3
83	2	10,0	8,9	-1,1	9,8	9,3	-0,5
84	2	10,3	8,3	-2,0			
85	2	12,3	11,5	-0,8			
86	2	10,8	9,5	-1,3			
96	4	8,6	8,3	-0,3	8,8	8,5	-0,3
100	4	9,3	8,5	-0,8	10,2	9,8	-0,4
101	4	9,5	9,0	-0,5	9,5	9,5	0
108	4	9,3	8,8	-0,5	10,5	10,2	-0,3
109	4	9,0	8,6	-0,4	9,3	9,0	-0,3
112	4	9,0	8,3	-0,7	9,3	9,0	-0,3
116	4	10,5	9,9	-0,6	10,8	10,2	-0,6
117	4	9,3	9,0	-0,3	9,4	9,2	-0,2
118	4	9,2	8,4	-0,8	10,0	9,7	-0,3
119	4	9,8	9,5	-0,3	9,1	8,5	-0,6
120	4	9,0	8,6	-0,4	9,8	9,4	-0,4
124	4	8,6	8,0	-0,6	9,7	9,2	-0,5
132	2	10,0	8,8	-1,2	10,5	10,0	-0,5
133	2	11,0	10,0	-1,0	11,2	10,1	-1,1
134	2	10,3	9,0	-1,3	10,5	9,8	-0,7

Nr.	Gruppe	Trachtenwandlänge Vorderhuf, vor Zubereitung in cm	Trachtenwandlänge Vorderhuf, nach Zubereitung in cm	Änderung Trachtenwandlänge Vorderhuf, durch Zubereitung in cm	Trachtenwandlänge Hinterhuf, vor Zubereitung in cm	Trachtenwandlänge Hinterhuf, nach Zubereitung in cm	Änderung Trachtenwandlänge Hinterhuf, durch Zubereitg. in cm
1	2	4,0	4,0	0	3,5	3,5	0
2	2	4,5	4,5	0	2,5	2,5	0
3	2	4,5	4,5	0	4,5	4,5	0
4	2	3,5	3,0	-0,5	4,0	3,7	-0,3
5	3	2,9	2,6	-0,3	3,0	2,7	-0,3
6	1	3,0	3,0	0	3,0	3,0	0
7	1	3,0	3,0	0	3,0	2,5	-0,5
8	1	2,0	2,0	0	2,0	2,0	0
9	3	3,5	3,5	0	3,0	3,0	0
10	1	4,0	3,5	-0,5	3,5	3,5	0
11	1	4,0	3,5	0	3,5	3,5	0
12	3	3,0	3,0	0	3,5	3,0	-0,5
14	1	3,0	2,5	-0,5	3,0	2,5	-0,5
15	1	3,5	3,5	0	2,5	2,5	0
16	2	4,4	4,0	-0,4	4,5	4,0	-0,5
18	3	3,5	3,5	0			
19	3	3,5	3,5	0			
20	3	3,5	3,5	0			
21	3	3,0	3,0	0			
22	3	3,5	3,5	0			
24	1	5,0	4,5	-0,5	4,5	3,5	-1,0
26	1	4,0	3,7	-0,3	3,0	3,5	0
27	2	3,0	3,0	0	3,0	3,0	0
28	3	4,5	4,5	0	4,0	4,0	0
30	3				4,0	4,0	0
31	2	4,0	3,5	-0,5	3,5	3,5	0
32	3	3,5	3,5	0	3,5	3,5	0
33	2	3,0	3,0	0	3,0	3,0	0
34	2	5,0	4,5	-0,5	4,0	4,0	0
35	2	4,0	4,0	0	4,0	4,0	0
36	2	4,5	4,0	-0,5			
37	2	4,5	4,5	0			
38	2	3,5	3,5	0	3,5	3,5	0
48	2	6,0	5,0	-1,0	4,5	4,5	0
49	2				4,0	4,0	0
52	4	5,0	4,5	-0,5	4,5	4,0	-0,5
53	4	4,0	3,5	-0,5	4,0	3,5	-0,5
54	4	5,0	4,3	-0,7	4,0	3,5	-0,5
56	4	4,8	4,5	-0,3	4,8	4,3	-0,5
57	1	4,8	4,3	-0,5	4,0	3,5	-0,5

Nr.	Gruppe	Trachtenwandlänge Vorderhuf, vor Zubereitung in cm	Trachtenwandlänge Vorderhuf, nach Zubereitung in cm	Änderung Trachtenwandlänge Vorderhuf, durch Zubereitung in cm	Trachtenwandlänge Hinterhuf, vor Zubereitung in cm	Trachtenwandlänge Hinterhuf, nach Zubereitg. in cm	Änderung Trachtenwandlänge Hinterhuf, durch Zubereitung in cm
59	4	4,5	3,3	-1,2	4,0	3,7	-0,3
60	4	5,5	5,3	-0,2	4,3	3,8	-0,5
61	4	5,0	4,8	-0,2	3,8	3,6	-0,2
62	4	6,0	4,8	-1,2	4,3	4,3	0
63	4	4,6	4,2	-0,4	4,0	4,0	0
64	4	4,7	4,5	-0,2	3,7	3,7	0
65	4	4,2	4,0	-0,2	3,6	3,3	-0,3
66	4	4,8	4,4	-0,4	4,3	4,0	-0,3
68	4	3,8	3,5	-0,3	3,5	3,3	-0,2
69	4	4,8	4,3	-0,5	3,7	3,4	-0,3
70	4	4,5	3,8	-0,7	3,5	3,2	-0,3
73	5		2,5			3,0	
74	5		3,8			2,8	
75	5		2,8			2,8	
76	5		2,3			2,4	
77	5		2,9			2,6	
78	5		3,8			3,0	
79	5		2,6			3,8	
80	5		3,0			3,2	
81	2	5,0	4,6	-0,4			
82	2	4,7	4,2	-0,5	4,2	4,0	-0,2
83	2	4,3	4,0	-0,3	3,5	3,1	-0,4
84	2	5,3	3,6	-1,7			
85	2	5,3	4,5	-0,8			
86	2	5,5	4,5	-1,0			
96	4	4,7	4,3	-0,4	4,3	4,0	-0,3
100	4	5,7	5,0	-0,7	4,2	4,0	-0,2
101	4	5,4	5,0	-0,4	4,2	3,8	-0,4
108	4	5,0	4,8	-0,2	4,5	4,0	-0,5
109	4	5,0	4,7	-0,3	4,0	3,6	-0,4
112	4	4,6	4,2	-0,4	4,5	4,1	-0,4
116	4	4,9	4,5	-0,4	4,5	3,5	-1,0
117	4	5,0	4,8	-0,2	4,4	4,2	-0,2
118	4	5,0	4,3	-0,7	4,2	3,4	-0,8
119	4	4,5	4,3	-0,2	4,0	3,5	-0,5
120	4	4,8	4,4	-0,4	4,3	4,0	-0,3
124	4	5,5	4,0	-1,5	4,8	3,9	-0,9
132	2	5,3	4,5	-0,8	5,5	4,4	-1,1
133	2	5,3	4,5	-0,8	5,0	4,5	-0,5
134	2	4,8	4,0	-0,8	4,3	4,0	-0,3

Einzeltierwerte, Histologischer Teil

Nr.	Gruppe	Röhrchen- zahl/mm ² Vorderhuf, Innenzone	Röhrchen- zahl /mm ² Vorderhuf, Außenzone	Röhrchen- zahl/mm ² Hinterhuf, Innenzone	Röhrchen- zahl/mm ² Hinterhuf, Außenzone
1	2	6,91	12,20		
3	2	6,68	15,20	6,45	14,51
4	2	5,76	16,58		
6	1	8,52	17,04		
7	1			8,52	15,20
8	1	7,83	12,68		
9	3	6,45	14,05	6,22	13,82
11	1			6,68	13,36
14	1	9,21	17,27	8,75	15,43
15	1	9,90	18,43	9,67	19,35
16	2	10,59	14,97		
24	1	8,29	14,74	8,75	19,12
26	1			7,37	14,70
27	2	7,60	17,50		
31	2	6,22	14,51	6,91	14,05
33	2	8,29	15,89	8,06	14,74
35	2	8,75	15,20	8,52	14,05
48	2	7,60	12,90	7,83	13,13
49	2			7,83	11,98
57	1	8,75	12,21	8,75	13,82
82	2	8,06	13,59	8,06	13,82
85	2			7,83	13,36
133	2			7,60	16,39
152	3	7,37	17,50	7,60	16,35
153	3	7,83	16,12	8,06	14,97
154	3	8,52	19,35	7,83	17,97
161	1	8,98	19,58	7,83	18,89
162	6	8,06	25,80	7,60	25,11
163	3	7,83	17,50	6,68	17,27
164	3	8,06	16,81	8,98	17,04
165	6	8,06	23,49	9,21	24,64
166	6	12,21	28,79	11,98	26,95
167	6	12,44	25,34		
168	3	8,98	17,50	8,98	18,20
169	3	7,37	12,67	7,60	17,50
170	6	8,75	18,66	8,98	21,42
171	3	7,83	20,04	8,29	19,35
172	3	8,06	15,20	8,06	15,42
173	3	7,14	17,27	8,06	16,12

Nr.	Gruppe	Röhrchen- durchmesser, Vorderhuf, Innenzone, in μm	Röhrchen- durchmesser, Vorderhuf, Außenzone, in μm	Röhrchen- durchmesser, Hinterhuf, Innenzone, in μm	Röhrchen- durchmesser, Hinterhuf, Außenzone, in μm
1	2	281	181		
3	2	251	164	267	175
4	2	305	195		
6	1	274	147		
7	1			239	153
8	1	244	169		
9	3	277	152	275	179
11	1			281	178
14	1	265	155	265	154
15	1	256	152	247	142
16	2	247	167		
24	1	272	151	262	150
26	1			257	165
27	2	293	144		
31	2	277	175	285	201
33	2	259	180	275	195
35	2	263	165	257	180
48	2	275	175	274	179
49	2			263	215
57	1	288	167	281	167
82	2	276	193	281	191
85	2			309	201
133	2			276	167
152	3	272	157	264	153
153	3	274	189	251	173
154	3	255	180	246	173
161	1	248	152	259	156
162	6	314	164	314	159
163	3	273	178	275	162
164	3	284	181	257	188
165	6	234	134	253	136
166	6	219	131	244	145
167	6	237	126		
168	3	260	158	266	164
169	3	324	177	321	181
170	6	298	137	252	129
171	3	266	177	259	187
172	3	263	182	277	184
173	3	274	161	288	181

Nr.	Gruppe	Röhrchenmark- durchmesser, Vorderhuf, Innenzone, in μm	Röhrchenmark- durchmesser, Vorderhuf, Außenzone, in μm	Röhrchenmark- durchmesser, Hinterhuf, Innenzone, in μm	Röhrchenmark- durchmesser, Hinterhuf, Außenzone, in μm
1	2	45	43		
3	2	47	37	43	42
4	2	45	55		
6	1	47	48		
7	1			33	45
8	1	43	50		
9	3	38	45	39	46
11	1			40	52
14	1	38	46	51	51
15	1	45	48	44	46
16	2	50	56		
24	1	36	42	41	43
26	1			39	42
27	2	38	44		
31	2	46	49	55	57
33	2	42	44	47	45
35	2	41	46	40	43
48	2	34	48	35	47
49	2			35	43
57	1	51	52	47	52
82	2	53	63	56	61
85	2			45	59
133	2			41	47
152	3	40	52	38	46
153	3	46	50	39	47
154	3	45	62	41	48
161	1	45	52	38	55
162	6	52	57	48	66
163	3	41	51	45	54
164	3	48	51	44	52
165	6	48	49	46	49
166	6	47	50	49	57
167	6	47	53		
168	3	50	45	44	55
169	3	45	47	46	53
170	6	45	53	46	46
171	3	43	53	42	50
172	3	39	54	45	52
173	3	39	43	43	57

Nr.	Gruppe	Röhrchenrinde (Fläche) in %, Vorderhuf, Innenzone	Röhrchenrinde (Fläche) in %, Vorderhuf, Außenzone	Röhrchenrinde (Fläche) in %, Hinterhuf, Innenzone	Röhrchenrinde (Fläche) in %, Hinterhuf, Außenzone
1	2	40,84	29,35		
3	2	35,15	25,68	38,00	31,99
4	2	41,36	32,53		
6	1	47,74	27,28		
7	1			36,24	22,37
8	1	39,03	26,28		
9	3	35,45	23,63	39,64	29,07
11	1			39,33	26,02
14	1	39,58	28,62	38,29	24,71
15	1	40,10	25,10	42,32	21,65
16	2	40,57	23,94		
24	1	37,36	22,47	39,74	22,86
26	1			38,49	26,41
27	2	42,78	21,72		
31	2	40,99	26,33	48,11	36,12
33	2	50,97	35,23	46,18	40,40
35	2	42,54	29,30	40,49	31,56
48	2	38,58	30,55	39,43	28,26
49	2			44,83	38,56
57	1	43,02	32,71	41,38	26,95
82	2	49,56	34,77	45,24	29,64
85	2			39,57	32,66
133	2			46,02	32,19
152	3	43,16	28,74	39,81	32,04
153	3	33,98	30,00	37,78	24,93
154	3	46,99	30,49	46,64	28,85
161	1	37,29	29,23	37,60	27,53
162	6	50,76	36,04	53,77	40,35
163	3	43,67	28,16	47,17	28,07
164	3	41,56	29,98	40,47	32,34
165	6	44,30	29,29	46,65	26,18
166	6	38,86	31,17	40,15	29,34
167	6	44,01	29,65		
168	3	39,80	30,14	39,04	29,00
169	3	45,89	31,87	53,13	31,69
170	6	46,05	33,15	42,02	27,68
171	3	39,91	34,34	44,68	30,09
172	3	41,50	26,79	42,83	31,99
173	3	46,32	26,72	39,90	33,81

Nr.	Gruppe	Röhrchenmark (Fläche) in %, Vorderhuf, Innenzone	Röhrchenmark (Fläche) in %, Vorderhuf, Außenzone	Röhrchenmark (Fläche) in %, Hinterhuf, Innenzone	Röhrchenmark (Fläche) in %, Hinterhuf, Außenzone
1	2	1,50	2,72		
3	2	1,49	2,36	1,18	2,40
4	2	1,55	4,94		
6	1	1,78	3,79		
7	1			1,00	3,06
8	1	1,56	2,04		
9	3	1,19	2,03	1,34	2,04
11	1			1,55	3,54
14	1	1,75	4,39	1,80	2,69
15	1	1,46	3,78	1,95	2,68
16	2	2,56	3,87		
24	1	1,80	2,57	1,59	3,24
26	1			1,17	2,40
27	2	1,27	2,95		
31	2	1,58	4,44	1,67	3,75
33	2	1,22	4,04	1,26	3,82
35	2	1,35	2,76	2,00	2,42
48	2	1,02	3,68	1,31	3,69
49	2			1,35	3,36
57	1	2,59	3,88	2,39	3,81
82	2	2,22	3,43	2,66	3,96
85	2			1,54	4,42
133	2			1,45	3,97
152	3	1,72	3,92	1,38	3,90
153	3	2,92	3,97	1,72	3,31
154	3	2,61	5,68	1,29	4,75
161	1	2,52	3,20	1,77	4,08
162	6	1,51	6,06	2,76	6,21
163	3	1,54	4,71	1,37	4,82
164	3	1,57	4,58	1,37	5,78
165	6	1,13	4,35	1,69	5,06
166	6	2,53	7,62	1,91	7,98
167	6	3,43	6,41		
168	3	1,98	3,82	1,58	4,26
169	3	1,32	2,87	1,25	4,04
170	6	1,16	4,99	1,22	5,00
171	3	1,64	4,18	1,78	3,86
172	3	1,14	3,71	1,40	3,95
173	3	1,71	3,82	1,91	4,1

Nr.	Gruppe	Zwischen- röhrchenhorn (Fläche) in %, Vorderhuf, Innenzone	Zwischen- röhrchenhorn (Fläche) in %, Vorderhuf, Außenzone	Zwischen- röhrchenhorn (Fläche) in %, Hinterhuf, Innenzone	Zwischen- röhrchenhorn (Fläche) in %, Hinterhuf, Außenzone
1	2	57,66	67,93		
3	2	63,36	71,96	60,82	65,61
4	2	57,09	62,53		
6	1	50,48	68,93		
7	1			62,76	74,57
8	1	59,41	71,68		
9	3	63,36	74,34	59,02	68,89
11	1			59,12	70,44
14	1	58,67	66,99	59,91	72,60
15	1	58,44	71,12	55,73	75,67
16	2	56,87	72,19		
24	1	60,84	74,96	58,67	73,90
26	1			60,34	71,19
27	2	55,95	75,33		
31	2	57,43	69,23	50,22	60,13
33	2	47,81	60,73	52,56	55,78
35	2	56,11	67,94	57,51	66,02
48	2	60,40	65,77	59,26	68,05
49	2			53,82	58,08
57	1	54,39	63,41	56,23	69,24
82	2	48,22	61,80	52,10	66,40
85	2			58,89	62,92
133	2			52,53	63,84
152	3	55,12	67,34	58,81	64,06
153	3	63,10	66,03	60,50	71,76
154	3	50,40	63,83	52,07	66,40
161	1	60,19	67,97	60,63	68,39
162	6	47,73	57,90	43,47	53,44
163	3	54,79	67,13	51,46	67,11
164	3	56,87	65,44	58,16	61,88
165	6	54,57	56,36	51,66	68,76
166	6	58,61	61,21	57,94	62,68
167	6	52,56	63,94		
168	3	58,22	66,04	59,38	66,74
169	3	52,79	65,26	45,62	64,27
170	6	52,79	61,86	56,76	67,32
171	3	58,45	61,48	53,54	66,05
172	3	57,36	69,50	55,77	64,06
173	3	51,97	69,46	58,19	62,09

Repräsentative Hufhornpräparate vom gesunden Huf

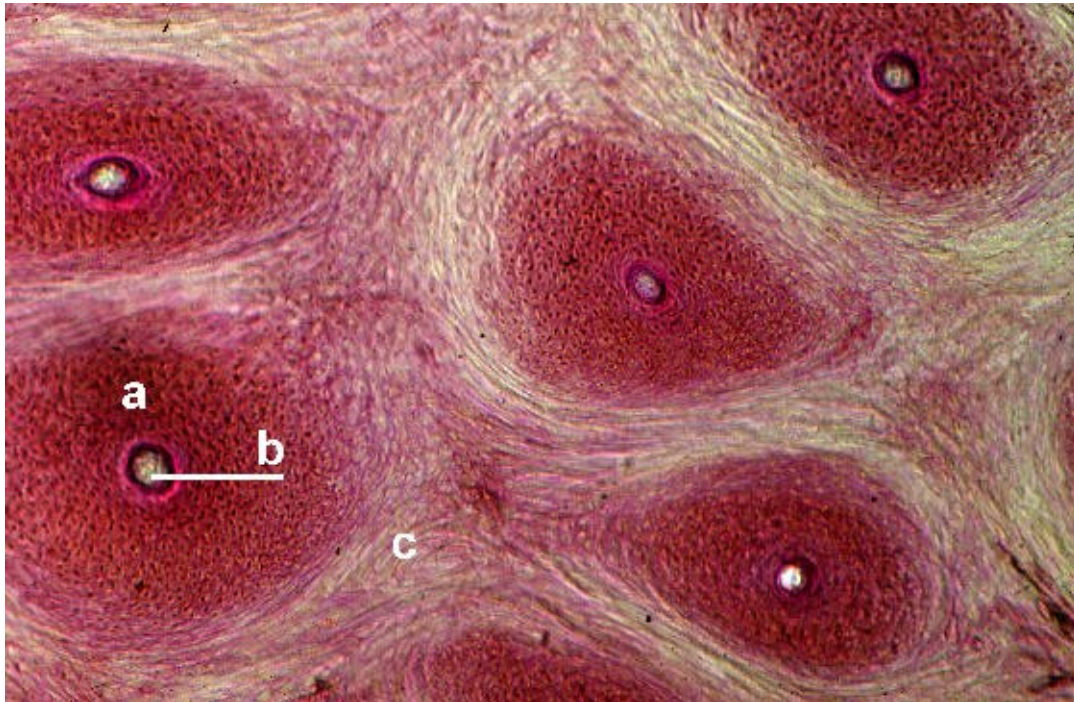


Foto 1: Tier Nr. 169, 16jährige Vollblutstute (Gruppe 3), Innenzone des Kronhorns, Vorderhuf, 100fache Vergrößerung

- a Röhrenrindenhorn
- b Röhrenmark
- c Zwischenröhrenhorn



Foto 2: Tier Nr. 169, 16jährige Vollblutstute (Gruppe 3), Innenzone des Kronhorns, Vorderhuf, 200fache Vergrößerung

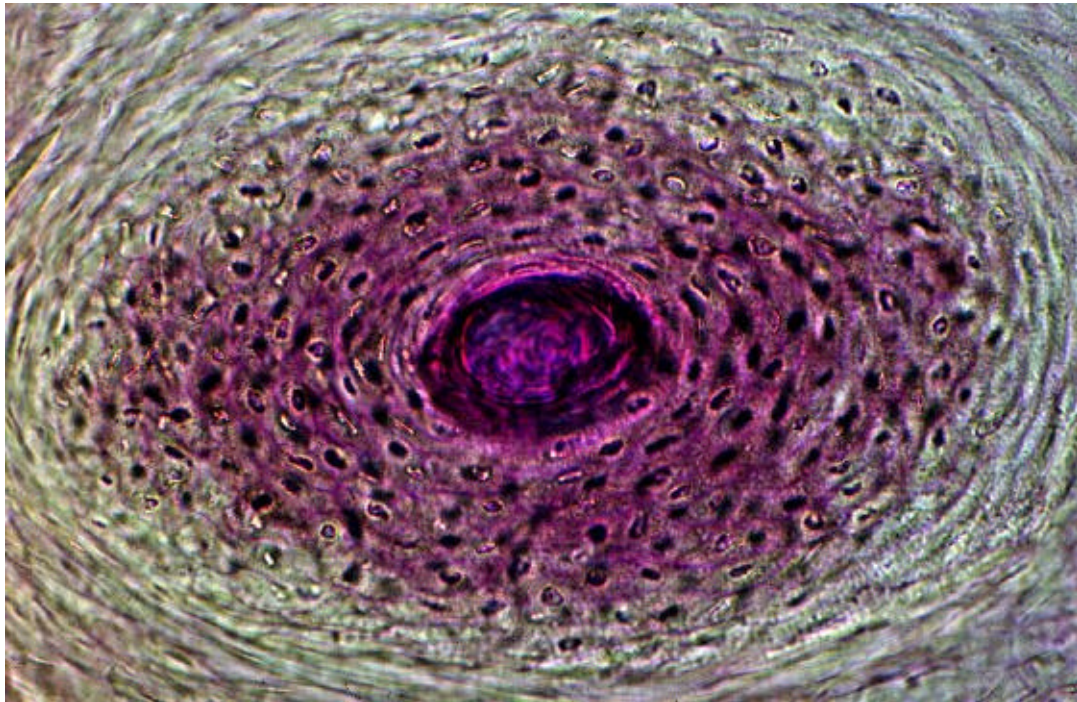


Foto 3: Tier Nr. 169, 16jährige Vollblutstute (Gruppe 3), Mittelzone des Kronhorns, Vorderhuf, 400fache Vergrößerung

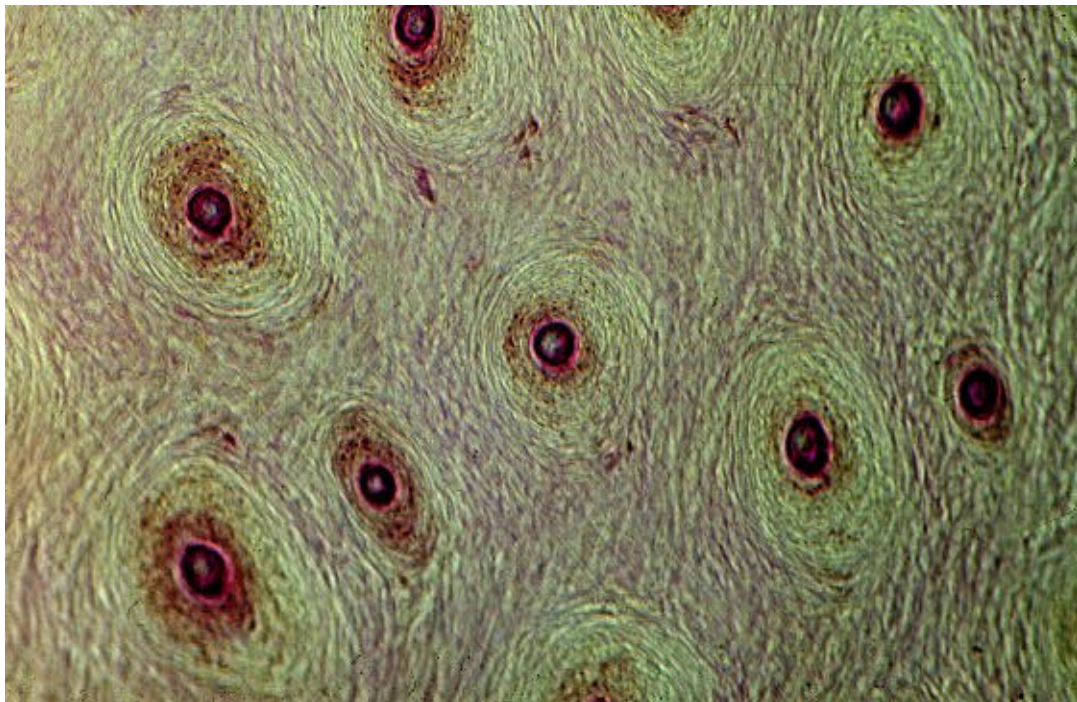


Foto 4: Tier Nr. 169, 16jährige Vollblutstute (Gruppe 3), Außenzone des Kronhorns, Vorderhuf, 100fache Vergrößerung

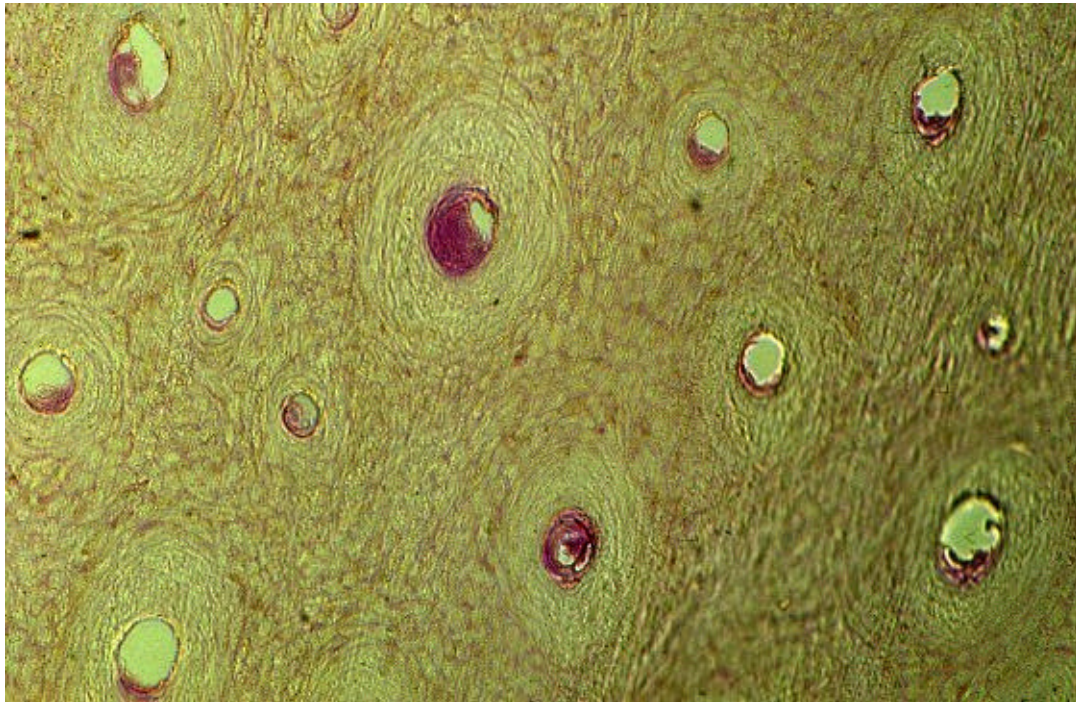


Foto 5: Tier Nr. 57, 10jähriger Connemara pony-Hengst (Gruppe 1), Außenzone des Kronhorns, Hinterhuf, 100fache Vergrößerung

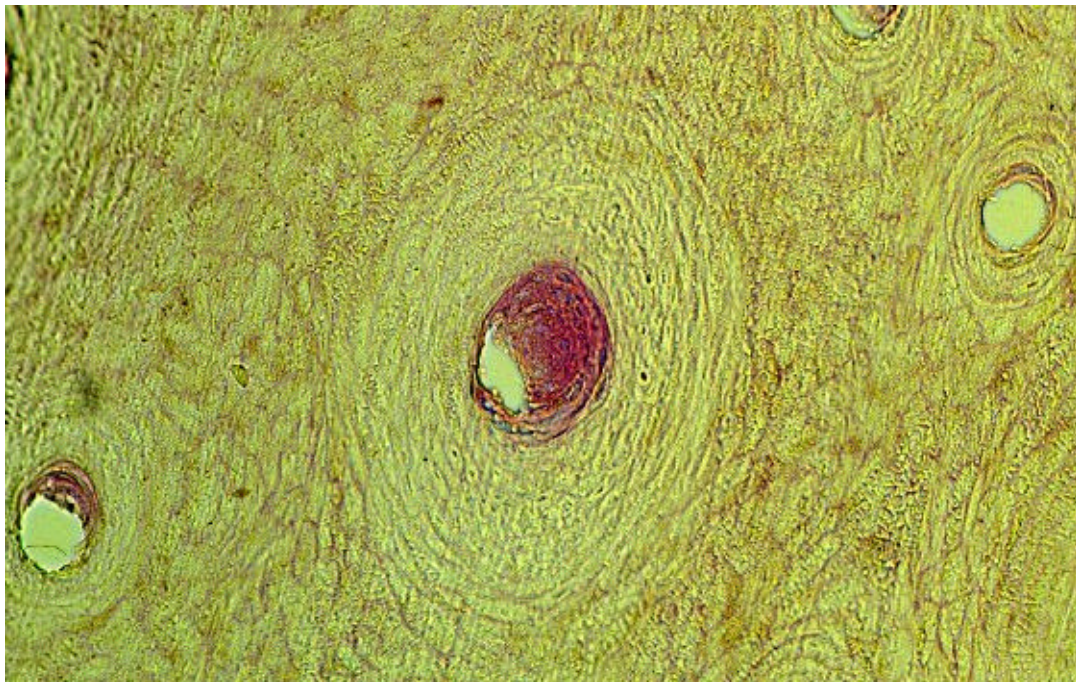


Foto 6: Tier Nr. 57, 10jähriger Connemara pony-Hengst (Gruppe 1), Außenzone des Kronhorns, Hinterhuf, 200fache Vergrößerung

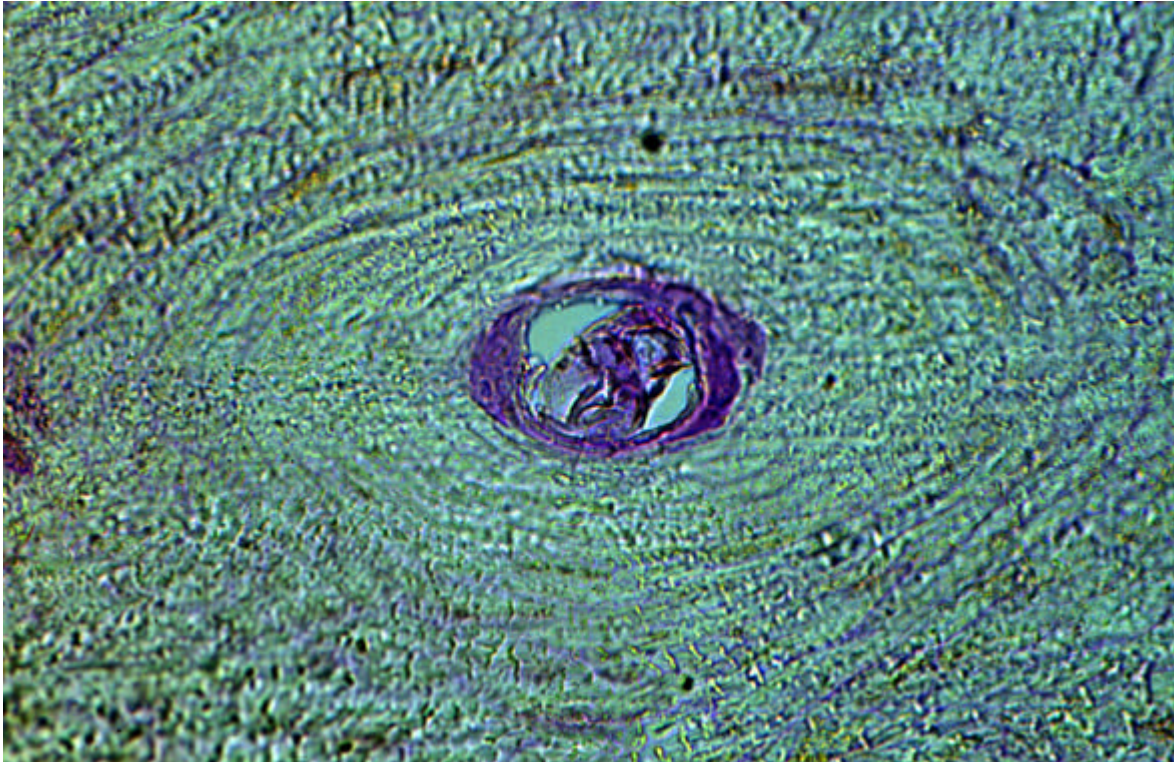


Foto 7: Tier Nr. 57, 10jähriger Connemara pony-Hengst (Gruppe 1), Außenzone des Kronhorns, Hinterhuf, 400fache Vergrößerung

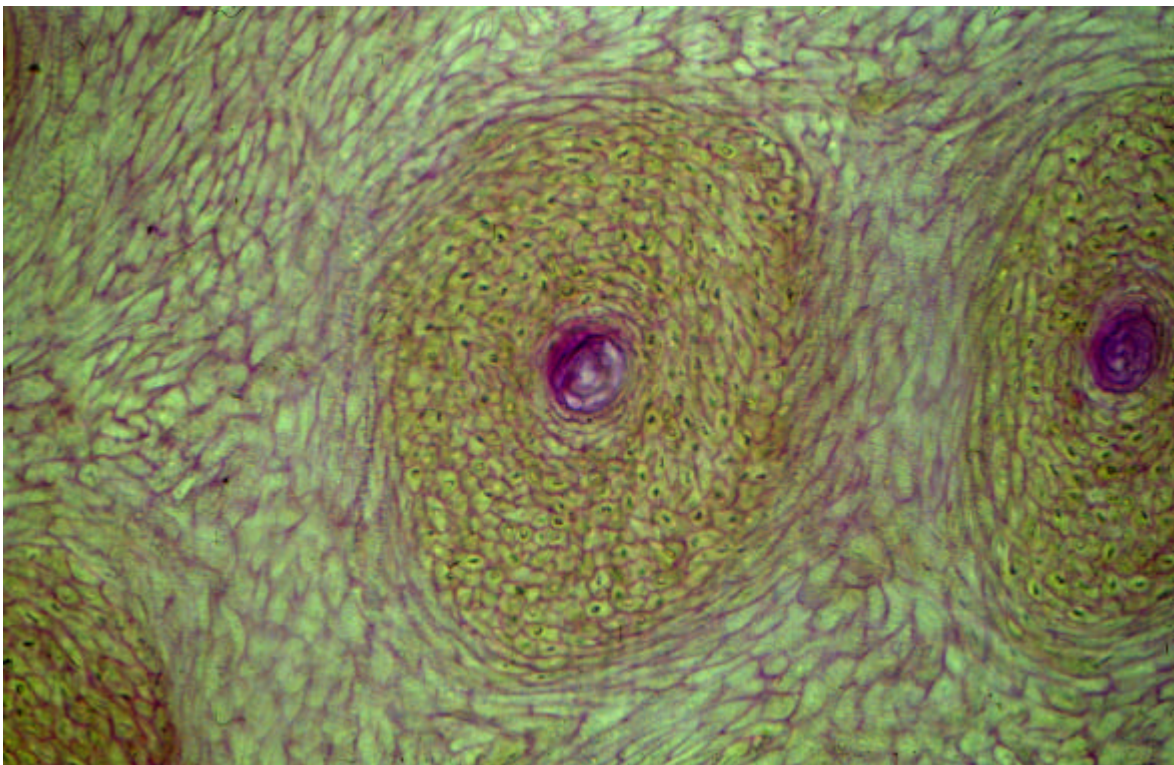


Foto 8: Tier Nr. 165, 2jähriger Vollblutwallach (Gruppe 6), Innenzone des Kronhorns, Vorderhuf, 200fache Vergrößerung

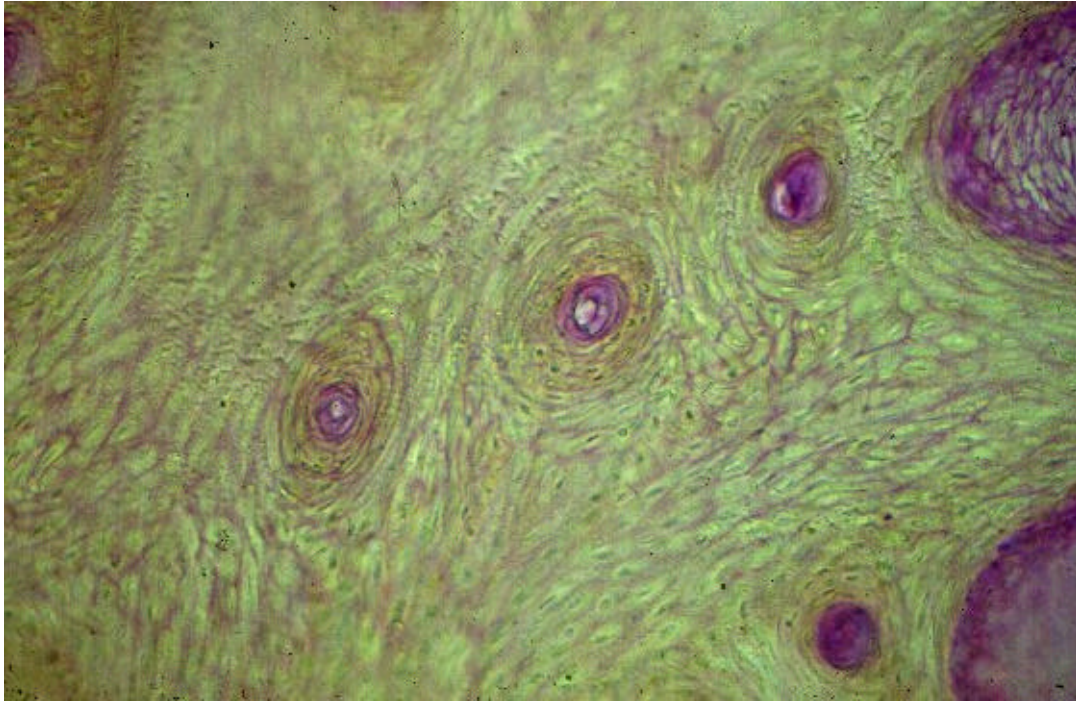


Foto 9: Tier Nr. 165, 2jähriger Vollblutwallach (Gruppe 6), Übergang von Blättchenschicht zur Innenzone des Kronhorns, Vorderhuf, 200fache Vergrößerung

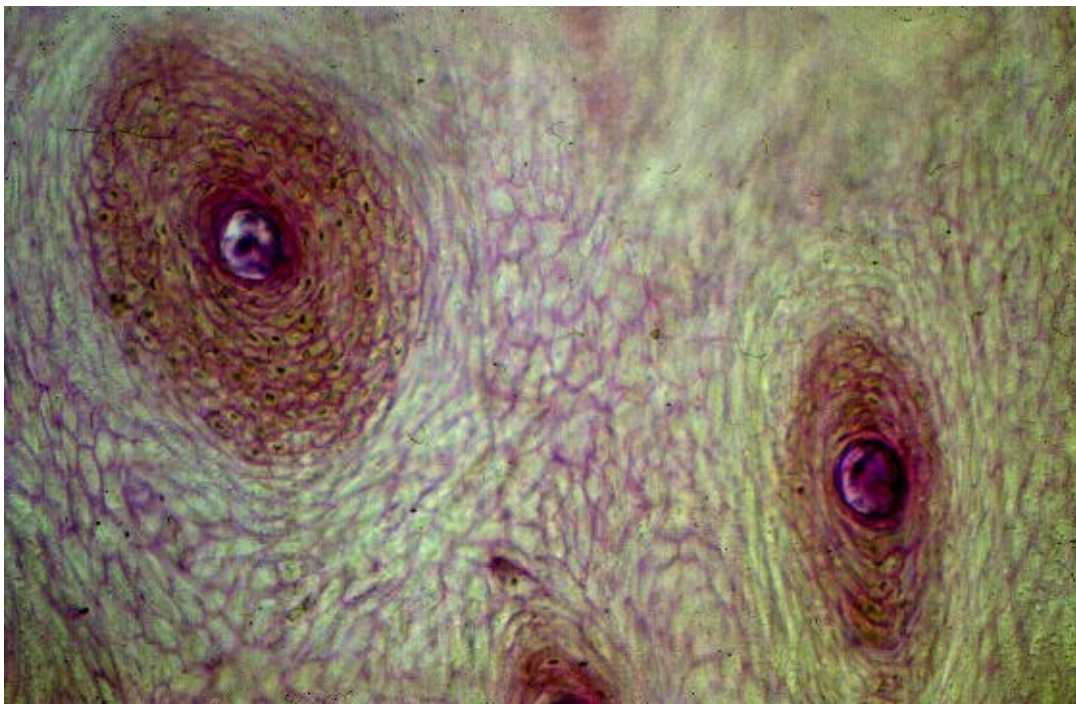


Foto 10: Tier Nr. 165, 2jähriger Vollblutwallach (Gruppe 6), Übergangsbereich von der Innen- zur Mittelzone des Kronhorns, Vorderhuf, 200fache Vergrößerung

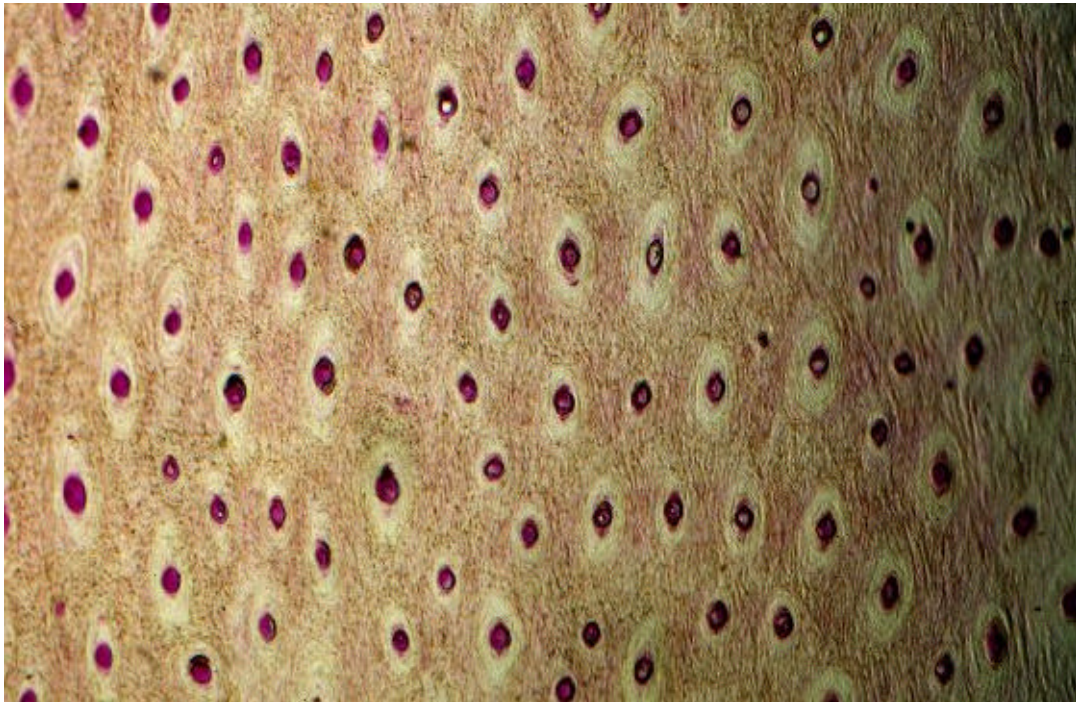


Foto 11: Tier Nr. 165, 2-jähriger Vollblutwallach (Gruppe 6), Außenzone des Kronhorns, Vorderhuf, 50fache Vergrößerung

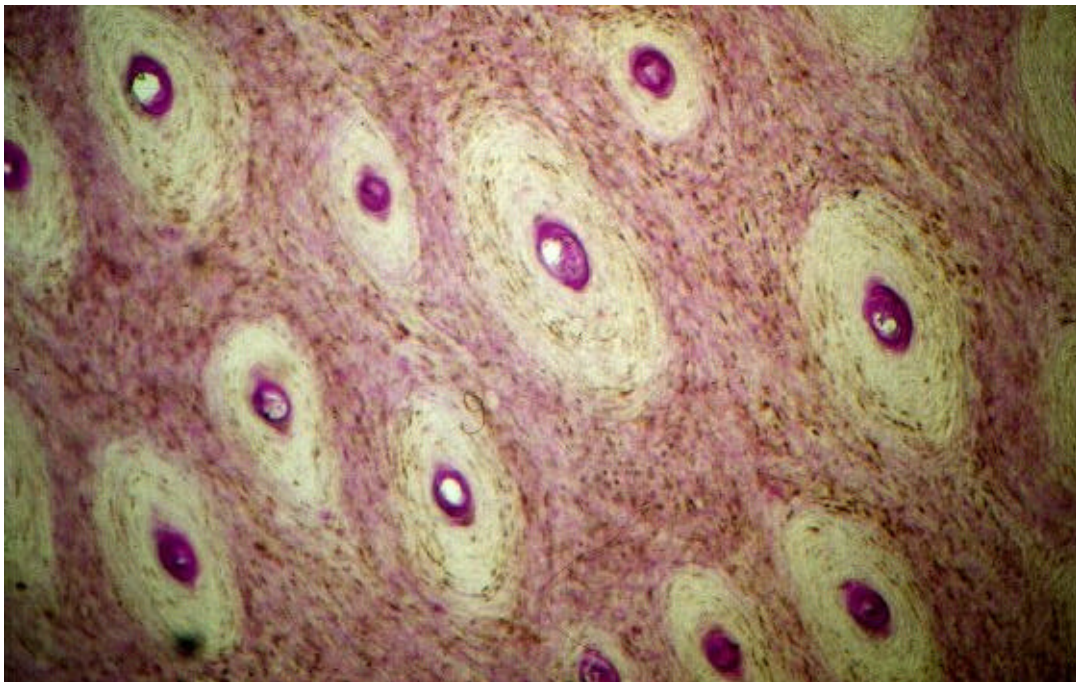


Foto 12: Tier Nr. 153, 12-jährige Vollblutmähre (Gruppe 3), Außenzone des Kronhorns, Vorderhuf, 100fache Vergrößerung

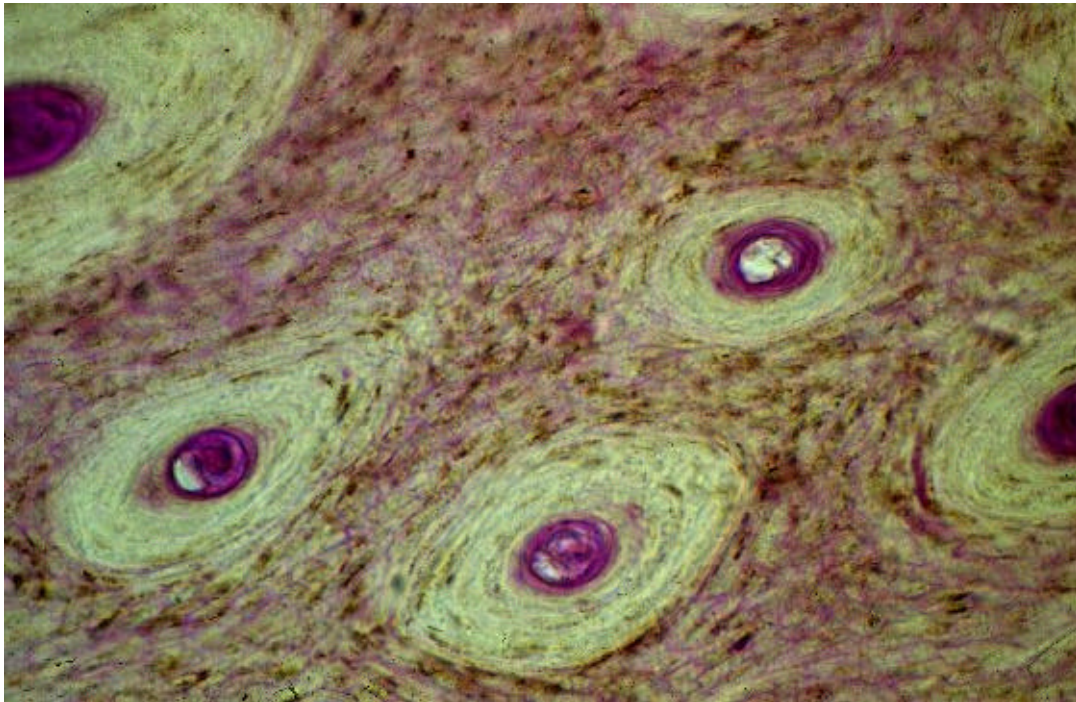


Foto 13: Tier Nr. 153, 12jährige Vollblutstute (Gruppe 3), Außenzone des Kronhorns, Vorderhuf, 200fache Vergrößerung

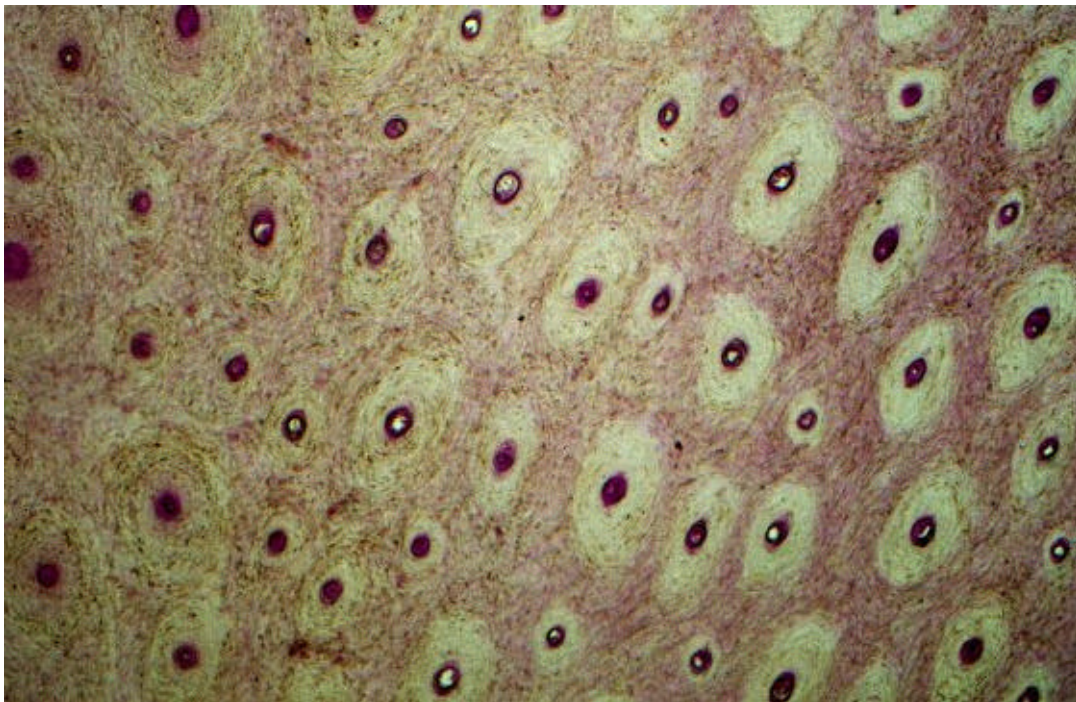


Foto 14: Tier Nr. 153, 12jährige Vollblutstute (Gruppe 3), Übergangsbereich von der Mittel- zur Außenzone des Kronhorns, Vorderhuf, 50fache Vergrößerung

Danksagung

Meinem Doktorvater Doz. Dr. med. vet. habil. G. Prietz danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und die Betreuung meiner Arbeit.

Ich danke Prof. Dr. J. Ferguson von der Chirurgischen Tierklinik für die freundliche Unterstützung.

Weiterhin danke ich Prof. Dr. J. Seeger vom Veterinär-Anatomischen Institut für die gewährten labortechnischen Möglichkeiten.

Zu Dank verpflichtet bin ich Prof. Dr. K.-D. Budras vom Institut für Veterinäranatomie der FU Berlin und Frau Küster-Krehahn vom dortigen Labor für die Einarbeitung in die histologische Technik.

Bedanken möchte ich mich auch bei Frau Dr. Schoon vom Institut für Veterinär-Pathologie der Universität Leipzig für die freundliche Hilfestellung am Bildauswertungssystem.

Ich bedanke mich bei Frau Schwarze und ihren Kolleginnen vom Veterinärhistologischen Labor für ihre Geduld und den Kaffee.

Für die Hinweise bei der biostatistischen Auswertung danke ich Herrn Richter von der Ambulatorischen und Geburtshilflichen Tierklinik.

In Irland gilt mein Dank Ursula Fogarty und Des Leadon vom Irish Equine Centre in Johnstown/Naas, Bridged McGing und Martin Leahy vom Irish National Stud in Kildare, John Boyne, Dublin, sowie ganz besonders Nancy und Tom Cardiff, Kildare.

Zu herzlichem Dank verpflichtet bin ich weiterhin meinen Freunden für die Durchsicht des Manuskripts und die allseitige Ermutigung.

Stellvertretend für die Vierbeiner danke ich Frede und Orion, sie haben mich oft aufgemuntert.

Vor allem danke ich meinen lieben Eltern für ihre Geduld und Unterstützung.