

Hufzubereitungsstudie 2012-2014

Dr. Jenny Hagen, Daniela Mäder, Willy Wuttke
Veterinär-Anatomisches Institut, Universität Leipzig

- Die Korrelation zwischen Parametern zur statischen und dynamischen Beurteilung des Pferdes im Hinblick auf die Hufzubereitung

- Der lang- und kurzfristige Einfluss verschiedener Hufzubereitungsmethoden auf statische und dynamische Parameter

Methodik

Für die Studie standen 70 Pferde zur Verfügung, die in vier Ställen im Raum Mitteldeutschland unter ähnlichen Bedingungen gehalten wurden, was einen täglichen Weidegang von vier bis acht Stunden einschloss. Zudem war eine weitestgehend ähnliche Fütterung und Nutzung der Pferde gewährleistet. Diese Pferde wurden in drei Gruppen eingeteilt, welche nach verschiedenen Hufzubereitungsmethoden bearbeitet wurden.

70 Pferde		F-Balance	DHG	Fesselst.	
Alter	12,3 Jahre (3 – 21 Jahre)	11,2 J.	12,7 J.	13,2 J.	
Geschlecht	Stuten	41	14	15	12
	Hengste	2	1	1	
	Wallache	27	9	8	10
Rasse	Warmblut	52	21	16	16
	Araber	1		1	
	Quarter Horse	5		5	
	Pony	12	3	2	6

Für den Zeitraum der Studie von zehn Monaten liefen alle Tiere barhuf und wurden regelmäßig von zertifizierten Hufbearbeitern nach drei verschiedenen Hufzubereitungsmethoden, die sich grundlegend in ihren Ansätzen unterschieden, bearbeitet. In die Studie einbezogen wurden demnach die Fesselstandtheorie, welche statisch-geometrische Ansätze verfolgt, die F-Balance Methode, welche dynamisch-funktionale Referenzen berücksichtigt, sowie die Methode der „Deutschen Huforthopädischen Gesellschaft“ welche den individuellen Kriterien des Pferdes gerecht wird.

Direkt vor und nach jeder Hufzubereitung wurden alle acht Wochen über zehn Monate morphometrische und kinetische Messungen durchgeführt (sechs Messungen). Zur ersten und letzten Bearbeitung wurden zusätzlich Röntgenaufnahmen angefertigt und ausgewertet. Zudem wurden zu Beginn Huf- und Gliedmaßenstellung erfasst. (Tab. 1)

Für den ersten Teil der Studie, bei dem es um die Korrelation statischer und dynamischer Parameter geht, wurden die Daten der 70 Pferde zum Zeitpunkt der sechsten Messung vor der Bearbeitung genutzt. Damit war gewährleistet, dass alle Tiere über zehn Monate klinisch gesund und lahmfrei waren und einer regelmäßigen Hufzubereitung unterzogen wurden waren. Es wurde die Situation vor der jeweiligen Bearbeitung genutzt, um eine kurzfristige Manipulation der Hufe durch das Ausschneiden zu vermeiden.

Untersuchung	Parameter	Technik
Morpho- metrische Messung	Kronrandumfang	Handelsübliches Maßband direkt am Huf – Orientierung an definierten Punkten
	Tragrandumfang	
	Hufrückenlänge	
	Hufbreite	
	Huflänge	
	Strahlbreite	
	Strahllänge	
	Trachtenlänge (med +lat)	
	Eckstrebenlänge (med + lat)	
	Sohlenwölbung	
	Tragrandüberstand	
Radiologische Untersuchung der Zehe	Hufbeinwinkel (0°)	Anfertigung standardisierter, digitaler Röntgenaufnahmen (Gierth-X-Ray) (0°, 90°) mit modif. Metron PX™ Podoblock vor und nach Bearbeitung zur 1. + 6. Messung Auswertung mit Software „Hoof“ Metron PX™ nach Kalibrierung
	Kronbeinwinkel (0°)	
	Fesselbeinwinkel (0°)	
	Hufgelenkspaltsymmetrie (0°)	
	Seitenwandwinkel (0°)	
	Palmarer Winkel (90°)	
	Kron-:Hufbein (90°)	
	Kron-:Fesselbein (90°)	
	Hebel:Unterstützung (90°)	
	Dist. Hufbein:Hufspitze	
	Dist. Hufbein:Abrollpunkt	
Hufwinkel (90°)		
Kinetische Untersuchung (Druck- messungen)	Druckverteilung medial	Untersuchungen mit dem Hoof™-System (Tekscan®, Inc., South Boston, MA, USA) vor und nach Bearbeitung in Stand und Schritt (6-7 stabile Schritte) 10 s (100Bilder/s). Fixierung der Druckmessfolien in Renegade Hoof Boots®
	Druckverteilung lateral	
	Druckverteilung anterior	
	Druckverteilung posterior	
	Druckverteilung Zehe	
	Druckverteilung Hufmitte	
	Druckverteilung Trachten	
	Lage Kräfteschwerpunkt mediolateral	
	Lage Kräfteschwerpunkt anterior-posterior	
	Auffußen	
	Abrollpunkt	

1. Teil:

Die Korrelation zwischen Parametern zur statischen und dynamischen Beurteilung des Pferdes im Hinblick auf die Hufzubereitung

Die zahlreich existierenden Hufzubereitungsmethoden lassen sich nach ihren Ansätzen in Methoden einteilen, die statisch-geometrische, dynamisch-funktionale oder individuelle Kriterien als Referenz zur Bearbeitung und Beurteilung des Hufes bzw. Pferdes heranziehen. Die Fesselstandtheorie sowie die Zehenachsentheorie basieren auf der Orientierung an Achsen und Linien, welche durch die distale Gliedmaße gezogen werden und sind demnach der ersten Gruppe zuzuordnen.

Eine klassische Methode welche dynamisch-funktionale Parameter heranzieht ist die Fußungstheorie. Individuelle, vom Pferd vorgegebene, Faktoren werden ergänzend von zahlreichen Hufzubereitungsmethoden einbezogen. Insbesondere bei der Zehenachsentheorie wird davon ausgegangen, dass eine optimale Ausrichtung der Zehenknochen und eine regelmäßige Hufform mit einer gleichmäßigen Belastung des Hufes sowie der Gelenke und einem optimalen Gangbild/Fußungsablauf einhergehen. Die Fußungstheorie hingegen postuliert, dass ein planes Auffußen mit einer gleichmäßigen Verteilung der auf die Hufkapsel einwirkenden Kräfte verbunden ist. In der Praxis werden jedoch meist verschiedene Faktoren zur Beurteilung des Pferdes genutzt und in die Hufbearbeitung einbezogen, da häufig ein Ansatz dem jeweiligen Ansprüchen des Falls nicht gerecht werden. Daraus resultiert die Frage inwieweit statische und dynamische Faktoren in Zusammenhang stehen. Daher galt es im ersten Teil der Studie folgende Zielstellungen zu bearbeiten:

1. Korrelation der morphometrischen, radiologischen und kinetischen Parameter miteinander
2. Diskussion der Ergebnisse im Zusammenhang mit bestehenden Ansätzen der Hufzubereitung

Ergebnisse

Die Auswertung der **morphometrischen Parameter** ergab erwartungsgemäß starke Korrelationen zwischen Kronrand- und Tragrandumfang, zwischen medialer und lateraler Eckstrebe sowie zwischen medialer und lateraler Trachte. Zudem zeigten Huflänge und Strahllänge einen deutlichen Zusammenhang. In der Praxis wird nach Säuberung des Hufes häufig der Strahl sauber ausgeschnitten, mit dem Ziel den Anfang der Strahlspitze zu finden, um die Länge des Strahls zu erkennen und sich daran beim Ausschneiden der Sohle und Kürzen der Zehe zu orientieren. Da Huf- und Strahllänge mit einander korrelieren scheint die Orientierung an der Länge des Strahls zur weiteren Bearbeitung des Hufes eine sinnvolle Referenz darzustellen. Die Hufrückenlänge zeigte Zusammenhänge mit der Huflänge und wenn auch nicht stark ausgeprägt mit den Trachtenlängen. Da die Korrelation nicht besonders stark ausgeprägt war ist das häufig geforderte Verhältnis der Hufrücken- zu Trachtenlänge von 3:1 (Vorderhuf) (2:1 Hinterhuf) eher als Idealzustand und nicht als festen Richtwert zu betrachten. Ergänzend kommt hinzu, dass die Trachtenlänge nicht mit dem Hufwinkel korreliert. Von entscheidender Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Winkelung der Trachten.

Die **radiologischen Messungen** zeigten, dass die mediolaterale Ausrichtung von Kron- und Fesselbein zwar mit der Stellung des Hufbeins zusammenhängt, die Korrelation zwischen der Position der *Phalanx media* und *Phalanx proximalis* deutlich stärker ist. Das Hufbein ist in der Hufkapsel fest verankert und artikuliert mit dem Kronbein durch ein zusammengesetztes Sattelgelenk, welches die meisten (Rotations-)Bewegungen der drei Zehengelenke zulässt. Das Krongelenk als Verbindung zwischen Kron- und Fesselbein ist ein einfaches Gelenk ohne viel Bewegungsspielraum, so dass die beiden oberen Zehenknochen in ihrer Ausrichtung stark voneinander abhängen. Die gemessene Gelenkspaltsymmetrie des Hufgelenkes zeigt demnach kaum Korrelationen mit der mediolateralen Ausrichtung des Hufbeins, wird aber sehr deutlich von der Stellung des Kron- und Fesselbeins beeinflusst. Es ist demnach fraglich, ob mit einer Beeinflussung des mediolateralen Hufbeinwinkels eine Optimierung der Gelenkspaltsymmetrie erreicht werden kann. Vielmehr ist der Effekt der Zehenkonformation im Sinne der Ausrichtung von Kron-

und Fesselbein ausschlaggebend für diesen Parameter, wobei diese stark belastungsabhängig ist. Keine Zusammenhänge konnten zwischen den Seitenwandwinkeln und der Hufbeinwinkelung sowie Gelenkspaltsymmetrie hergestellt werden. Es ist somit rein adspektorisch nicht möglich anhand der Winkelung der Hufwände Rückschlüsse auf die Position des Hufbeins zu ziehen. Daher stellt dieser Faktor für die routinemäßige Bearbeitung keine geeignete Orientierung dar. In der 90°-Aufnahme korrelierte der palmare Winkel des Hufbeins mit dem Hufwinkel und der Hufrückenlänge, allerdings nicht in starkem Maße. Insofern gibt die Winkelung und Länge des Hufes einen Anhaltspunkt für die dorsopalmare Ausrichtung des Hufbeins, kann aber durch das Wachstum der Zehe und übermäßigen Tragrandüberstand verfälscht werden. Die Länge der Trachten zeigte keinen Zusammenhang mit dem palmaren Winkel des Hufbeins, da auch in dieser Beziehung die Winkelung der Trachten ausschlaggebend sein dürfte. Das Hufbein war in der 0°-Projektion ca. 2° nach medial bzw. lateral gekippt (0°- 4,2°) und in der 90°-Aufnahme betrug der palmare Winkel durchschnittlich 5,2°. Nur drei Pferde wiesen einen negativen palmaren Winkel ($> -1^\circ$) verbunden mit einer sehr flachen Hufstellung auf. Drei weitere Tiere hatten einen Hufbeinwinkel $>13^\circ$. Diese Werte lassen die Frage nach dem Sinn der bodenparallelen Ausrichtung des Hufbeins als Referenz für die Hufzubereitung aufkommen. Insgesamt stellt die radiologische Ausmessung der Pferdezehe als Orientierung für die Hufbearbeitung eine kritisch zu bewertende Untersuchung dar. Die Anfertigung von Röntgenaufnahmen unterliegt zahlreichen Einflussfaktoren, wobei insbesondere die Belastung der Gliedmaße eine zentrale und kaum zu beeinflussende Rolle spielt. Zudem ist die Interpretation von Röntgenbildern besser möglich, wenn genaue Kenntnisse über die Anfertigung der Aufnahmen vorliegen. Als ergänzendes Kriterium bieten radiologische Analysen jedoch wertvolle Informationen.

Die **kinetischen Untersuchungen** zeigten, dass die Druckverteilung zu ca. 60% in der vorderen Hufhälfte lag wobei der Kräfteschwerpunkt ungefähr 1cm vor der Hufmitte, also auf Höhe der Strahlspitze lag. In Stand und Bewegung korrelierten die anterior-posteriore Druckverteilung und Lage des Kräfteschwerpunktes sehr stark miteinander. Die mediolaterale Druckverteilung war im Stand und Schritt deutlich unterschiedlich. Im Stand war die Hauptbelastung recht ausgeglichen, wobei eine leichte Tendenz zur medialen Hufhälfte (53%) zu erkennen war. In Bewegung kehrte sich dieses Verhältnis um, so dass 57% der Belastung auf die laterale Hufhälfte verteilt waren. Generell lag ein deutlicher Zusammenhang zwischen der mediolateralen Druckverteilung und der Lage des Kräfteschwerpunktes vor. Allerdings gab es Pferde die von diesem Zustand abwichen und trotz gleichmäßiger Kräfteverteilung einen leicht dezentralen Kräfteschwerpunkt zeigten. Es ist immer in Betracht zu ziehen, dass neben der Hufstellung auch der Körperbau des nachgeschalteten Bewegungsapparates maßgeblichen Einfluss auf die Lage des Kräfteschwerpunktes hat, was durch die Hufzubereitung nicht zu beeinflussen ist. Ein Zusammenhang zwischen der mediolateralen Ausrichtung von Huf-, Kron- und Fesselbein und der mediolateralen Lage des Kräfteschwerpunktes bzw. Druckverteilung konnte nicht festgestellt werden. Demnach kann nicht davon ausgegangen werden, dass eine gerade Ausrichtung der Zehenknochen mit einer gleichmäßigen Belastung des Hufes einhergeht. Der Effekt auf die Gelenke ist schwer abzuschätzen. Die Winkelung der Seitenwände lässt Zusammenhänge mit der Druckverteilung erkennen – zumeist erfährt die Steilere Wand die stärkere Belastung. Doch in diesem Punkt ist die Aussage nicht zu verallgemeinern: teilweise zeigen Pferde mit deutlich verschieden gewinkelten Seitenwänden eine gleichmäßige

Kräfteverteilung verbunden mit zentriertem Kräfteschwerpunkt und anders herum. Ebenso wenig hängt der palmare Winkel und der Hufwinkel mit der Druckverteilung und Lage des Kräfteschwerpunktes anterior-posterior zusammen. Daher lässt sich die anterior-posteriore Belastung des Hufes nicht durch eine dorsopalmare Stellungsänderung des Hufbeins verändern. Vielmehr liegt der Effekt der dorsopalmaren Ausrichtung des Hufbeins in der Be- bzw. Entlastung von inserierenden Sehnen und Bändern der distalen Pferdegliedmaße.

Insgesamt liegt die Belastung im Stand und Schritt zu ca. 45% auf der Zehe, zu 23% auf den Seitenwänden und zu 32% auf den Trachten. Mit zunehmender Geschwindigkeit sind die Trachten mehr Druckkräften ausgesetzt. Auch das Fußungsmuster wurde mit dem Druckmesssystem erhoben. Dabei stellte sich folgende Verteilung dar:

- Zehenfußung:	rechter Huf: 11 Pferde,	linker Huf: 11 Pferde
- plane Fußung:	rechter Huf: 25 Pferde,	linker Huf: 31 Pferde
- über mediale Wand:	rechter Huf: 2 Pferd,	linker Huf: 2 Pferde
- über laterale Wand:	rechter Huf: 30 Pferde,	linker Huf: 23 Pferde
- Trachtenfußung:	rechter Huf: 2 Pferde,	linker Huf: 3 Pferde

Insofern stellt sich die Frage inwieweit eine Trachtenfußung bei der Hufzubereitung anzustreben ist. Physiologischer erscheint das Auffußen in der vorderen Hufhälfte zumeist von lateral bzw. plan. Des Weiteren zeigten sich auch nur schwache Zusammenhänge zwischen dem Auffußen und der Lage des Kräfteschwerpunktes. Eine plane Fußung ging bei Weitem nicht immer mit einem zentrierten Kräfteschwerpunkt einher und Pferde die ein deutliches Kippen während der Landung des Hufes zeigten, ließen zum Teil sehr ausgeglichene Belastungsverhältnisse erkennen. Daher kann nicht davon ausgegangen werden, dass mit dem Erreichen einer planen Fußung automatisch die Herstellung optimaler Belastungsverhältnisse in der Hauptstützphase hergestellt werden können. Vielmehr ist abzuwägen welches Kriterium (seitliches Auffußen oder Kräfteverteilung in der Hauptstützphase) den stärksten negativen Effekt auf die Hufgesundheit des Pferdes ausübt und dem entsprechend zu Lasten des anderen Parameters korrigiert werden sollte. Auch die Gliedmaßenstellung korreliert nicht direkt mit dem Auffußen des Tieres.

Zusammenfassend ist folgendes abzuleiten: Die Morphologie des Hufes gibt wertvolle Informationen zur Orientierung für die Hufzubereitung preis, wobei die von anderen Arbeitsgruppen publizierten Längen- und Winkelangaben sowie Verhältnisse nützliche Richtwerte, jedoch keine in jedem Fall anzustrebenden Festgrößen sind. Die Hufform gibt Aufschluss über die mediolaterale Kräfteverteilung, jedoch sollte in jedem Fall der Körperbau des Pferdes mit berücksichtigt werden und es ist abzuwägen inwieweit eine abweichende Stellung korrigiert werden sollte. Die Ausrichtung der Zehenknochen ist kein zuverlässiges Kriterium zur routinemäßigen Hufzubereitung und hängt nicht nachweislich mit den Belastungsverhältnissen der Hufkapsel zusammen. Das Auffußen sagt zudem wenig über die Belastungsverhältnisse in der Hauptstützphase bzw. im Stand aus. Grundsätzlich sind statische und dynamische Parameter zu untersuchen und zum Wohle der Gesundheit des Pferdes abzuwägen, welcher Faktor sinnvoll zu manipulieren ist.

Teil 2: Der lang- und kurzfristige Einfluss verschiedener Hufzubereitungsmethoden auf statische und dynamische Parameter

Insgesamt werden die **morphometrischen Parameter** nur in sehr geringem Maße beeinflusst. Ein Wachstumsintervall der Hufkapsel (10 bis 12 Monate) ist nicht ausreichend um grundlegende Änderungen der Hufkapsel zu bewirken. Insbesondere Parameter wie die Huf- und Strahllänge und die Hufbreite sind kaum zu beeinflussen. Auch saisonale Einflüsse (Futterangebot, Hornwachstumsrate, Haltung abhängig von der Jahreszeit) spielen eine große Rolle und überdecken bisweilen den Effekt der Hufzubereitungen.

In der Länge des Hufrückens zeichnen sich Tendenzen ab. In den Gruppen die nach der F-Balance und der DHG Methode ausgeschnitten wurden nahm die Huf Rückenlänge um ca. 0,5 cm ab. Allerdings zeigt die Gruppe der F-Balance deutliche Schwankungen zwischen den Messungen. Kurzfristig, also direkt vor und nach der Bearbeitung, zeigt die Gruppe die nach der Fesselstandmethode ausgeschnitten wurde die deutlichste Kürzung der Zehe. Der Tragrandumfang entwickelt sich in allen Gruppen konstanter. Die Pferde in der F-Balance Gruppe zeigen bei der ersten Messung eine deutliche Abnahme des Umfangs, der allerdings über die nächsten Monate konstant bleibt. Die Methode der DHG bewirkt langfristig eine kontinuierliche Abnahme des Tragrandumfangs, wahrscheinlich durch den Abrieb bedingte Abrundung des Tragrandes. In der Fesselstand-Gruppe sind auch über die Zeit kaum gravierende Änderungen dieses Parameters zu verzeichnen. Die Sohlenwölbung hingegen nimmt am deutlichsten in dieser Gruppe ab, gefolgt von den Pferden der F-Balance Gruppe. Langfristig nimmt auch in allen Gruppen der Tragrandüberstand ab, wobei die Bearbeitung nach der F-Balance (ca. 0,6 cm) und Fesselstandmethode (ca. 0,9 cm) eine aktive Kürzung des Tragrandes beinhalten. Bei der Messung der Trachtenlänge fällt auf, dass bei den Pferden, die nach der F-Balance und Fesselstandmethode ausgeschnitten wurden im Rahmen der Bearbeitung im Durchschnitt über 1 cm Trachtenhorn entfernt wurde. Langfristig gesehen nimmt in beiden Gruppen die Trachtenlänge um ca. einen halben cm ab. In der Gruppe der DHG entwickelt sich die Länge der Trachten umgekehrt und zeigt nach 10 Monaten eine Zunahme um ca. 0,5 cm. Eine Kürzung der Trachten auf gleiche Länge, wie es bei der F-Balance Methode geschieht, hat keinen nachhaltigen Effekt. In keiner Gruppe war eine Veränderung der Differenz zwischen den Längen der medialen und lateralen Trachte zu erkennen.

Die **radiologische Untersuchung** ergab, dass die mediolateral Ausrichtung des Hufbeins weder kurz- noch langfristig durch eine der Bearbeitungsmethoden beeinflusst wird. Eine Kürzung des Hufhorns im Rahmen einer routinemäßigen Hufzubereitung reicht demnach nicht aus um die Stellung der distalen Phalange zu verändern. Inwieweit drastische einseitige Kürzungen im Zuge von Stellungskorrekturen sich auf die Position des Hufbeins auswirken ist schwer abzuschätzen, da die flexible Architektur des Hufes immer eine gewisse Kompensation der Korrekturmaßnahmen nach sich ziehen wird. Die Ausrichtung der oberen Zehenknochen variiert zwischen den Messungen sowie vor und nach der Hufbearbeitung sehr inkonstant. Es ist kein Verlauf erkennbar. Vielmehr scheint die Belastung der Gliedmaße maßgeblich Einfluss auf die Kron- und Fesselbeinposition zu haben. Es ist nicht möglich einen Effekt der Hufzubereitung von belastungsbedingten Einflüssen zum Zeitpunkt der Röntgenaufnahme abzugrenzen. Zur Beurteilung der Zehenknochenkonformation als Referenz für die Hufzubereitung oder zur Einschätzung der Zehenachse des Pferdes ist demnach die adspektorische

Untersuchung direkt am Pferd vorzuziehen und Röntgenaufnahmen nur ergänzend hinzuzuziehen. Zur Bewertung einer durchgeführten Hufzubereitung sind Röntgenbilder eher kritisch zu interpretieren. Da die Gelenkspaltsymmetrie hauptsächlich durch die oberen Zehenknochen bestimmt wird, ist auch hier der Einfluss der Hufzubereitungsmethoden nicht abschätzbar. Deutliche Effekte sind hingegen bei der Auswertung des palmaren Winkels zu erkennen. Bei den Pferden, die nach der F-Balance Methode und der Fesselstandtheorie ausgeschnitten wurden ist sowohl kurz- als auch langfristig mit einer Verringerung des palmaren Winkels zu erkennen. Bei der Gruppe, die nach der DHG Methode ausgeschnitten wird, ist eine steilere dorsopalmare Ausrichtung des Hufbeins zu verzeichnen. Grundsätzlich hat die dorsopalmare Stellung des Hufbeins Einfluss auf die Ausrichtung der nachgeschalteten Knochen der distalen Gliedmaße, wie von anderen Arbeitsgruppen postuliert. Steht das Hufbein steiler senken sich Kron- und Fesselbein sowie Röhrbein ab. Dadurch wird erfährt die tiefe Beugesehne weniger Zugbelastung, der Fesseltrageapparat (*M. interosseus medius*, oberflächliche Beugesehne, Gleichbeinbänder) wird hingegen stärker belastet. Bei einer flachen Hufbeinstellung ist der umgekehrte Effekt zu beobachten, was zur Entlastung des Fesseltrageapparates und gleichzeitig zu vermehrten Belastung der tiefen Beugesehne und Hufrollenregion kommt. Diese beschriebenen Effekte auf die dorsopalmare Ausrichtung der Fußknochen konnte allerdings in dieser Studie nicht signifikant bestätigt werden. Die Änderungen des palmaren Winkels schienen in jeder Gruppe zu gering zu sein ($0,6^\circ - 1,5^\circ$) um oben beschriebene Prozesse eindeutig hervorzurufen. Deutlicher lassen sich diese Effekte durch Keile und Stollen provozieren. Auch in diesem Punkt hat die natürliche, individuelle Konformation des Tieres großen Einfluss. Auch der Hufwinkel selbst lässt bearbeitungsspezifische Unterschiede erkennen. Insbesondere langfristig wird der Hufwinkel durch Bearbeitung nach der Fesselstandtheorie flacher, während in der Gruppe, die von der DHG bearbeitet wurde eine Zunahme des Hufwinkels zu erkennen war. Die Veränderungen durch die F-Balance Methode sind deutlich geringer. Kurzfristig lässt sich die Winkelung des Hufes durch das Strecken der dorsalen Hufwand manipulieren. Auch die Seitenwandwinkel unterliegen diesem Bearbeitungsschritt und zeigen entsprechende Veränderungen. Im Vergleich zwischen dem Zustand vor und nach der Bearbeitung zeigt sich, dass sich bei allen Gruppen – besonders stark bei der Fesselstand- und F-Balance Gruppe – das Verhältnis von Hebel zu Stützfläche zu Gunsten der Stützfläche verschiebt. Langfristig konnte hingegen durch keine der untersuchten Methoden ein nachhaltiger Effekt auf diesen Parameter erzielt werden. Gleiches gilt für den Abstand zwischen Hufbeinspitze und Hufspitze und die Länge der Abrollstrecke.

Mit Hilfe der **kinetischen Untersuchungen** ließ sich folgendes erkennen: sowohl bei den nach der F-Balance Methode als auch nach der Fesselstandtheorie ausgeschnittenen Pferden verlagert sich im Stand und Schritt die Druckverteilung zunehmend auf die vordere Hufhälfte, während sie sich bei der DHG-Gruppe nach hinten verschiebt. Die Zehe selbst erfährt dabei langfristig in dieser Gruppe weniger Belastung, während die Pferde der anderen Gruppen kaum Änderungen in diesem Bereich zeigen. Allerdings werden die (vorderen) Seitenwände in der Gruppe der DHG langfristig deutlich stärker belastet, während die Trachten signifikant weniger Druckkräften ausgesetzt sind als in den anderen Gruppen, die eine deutliche Zunahme der Belastung in der Trachtenregion zeigen. Der Einfluss auf die mediolaterale Druckverteilung bzw. mediolaterale Lage des Kräfteschwerpunktes ist schwer abzuschätzen, da auch hier kein konstanter Verlauf zu beobachten ist.

Insbesondere in der F-Balance Gruppe sind deutliche Schwankungen zwischen den Messungen zu erkennen. Auch dieser Parameter scheint besonders im Stand maßgeblich von der Belastung zum Zeitpunkt der Aufnahme sowie vom Körperbau abhängig und ist durch die Hufzubereitung schwer zu manipulieren. Auffällig ist allerdings, dass bei gezielter Korrektur mediolateraler Stellungsabweichungen der Zehe/des Hufes – wie durch die F-Balance Methode - eine Zentrierung des Kräfteschwerpunktes zu erreichen ist. Sind jedoch mediolaterale Achsenbrechungen im oberen Teil der Gliedmaße oder im Bereich der Schulter selbst zu verzeichnen, kann auch diese Hufzubereitung kaum einen Effekt bewirken und lediglich den Zustand stabilisieren.

Die lastaufnehmende Fläche nimmt in allen Gruppen, insbesondere bei den nach der F-Balance bearbeiteten Pferden, langfristig deutlich zu. Sowohl die Fesselstandtheorie als auch die F-Balance Methode bewirken direkt nach der Bearbeitung einen Flächenzuwachs, während bei der DHG-Gruppe nach der Bearbeitung weniger Fläche belastet wurde.

Bei der Auswertung des Fußungsablaufes zeigt sich, dass die F-Balance Methode kurzfristig und in hohem Maße langfristig das Auffußen hin zu einer planeren Fußung beeinflusst, was sich auch im Verlauf der Messungen stabil darstellen ließ. In vielen Fällen war in dieser Gruppe eine Korrektur der Fußung zu erkennen, während bei einigen Tieren eine Stabilisierung des individuellen Fußungsmuster vorgenommen wurde. Die beiden anderen Gruppen hatten wenig Einfluss auf das Auffußen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass in allen drei Gruppen eine Verbesserung der Hufgesundheit durch die regelmäßige Bearbeitung zu erkennen war. Insgesamt zeigen einige kurzfristige Manipulationen im Rahmen der Hufzubereitung kaum nachhaltige Effekte. Somit kann mit Hilfe einer Hufkorrektur zwar für eine gewisse Zeit eine biomechanische Wirkung erzielt werden, soll dieser Effekt jedoch zu therapeutischen Zwecken aufrecht erhalten werden, muss die entsprechende Maßnahme in kürzeren Abständen wiederholt werden um die Wirkung aufrecht zu erhalten. Grundlegend hat das Exterieur des Pferdes maßgeblich Einfluss auf zahlreiche statische und dynamische Parameter. Im Rahmen der Hufzubereitung ist es dann nötig diese Einflüsse einzubeziehen. Fehlstellungen im distalen Bereich der Gliedmaße scheinen sich durch die Hufzubereitung leichter zu beeinflussen. Allerdings zeigt jede der untersuchten Methoden individuelle Unterschiede in ihrer Wirkung, die abhängig von den jeweiligen Ansprüchen des Pferdes vorteilhaft oder problembehaftet sein können. Bestimmte handwerkliche Muster sind demnach trotz der täglichen Arbeitsroutine immer wieder zu hinterfragen und der Austausch mit anderen Kollegen ist zu suchen, um eine optimale Hufzubereitung im Sinne des Pferdes zu gewährleisten.