

Die F-Balance – Ein neues Konzept der Hufzubereitung

Jenny Hagen¹, Stephan Stich², Laura Muggli³ und Daniel Anz⁴

Veterinär-Anatomisches Institut¹ und Chirurgische Tierklinik³, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig, Staatlich geprüfter Hufschmied, Böhlen/Thüringen² und Staatlich geprüfter Hufschmied, Buenos Aires, Argentinien⁴

Zusammenfassung

Im Laufe der Zeit haben sich die verschiedensten Methoden zur Hufzubereitung entwickelt. Zudem bestehen klare Vorstellungen wie ein gesunder bzw. idealer Huf auszusehen hat. Doch zumeist werden dabei die physiologischen Ansprüche der Pferde nicht ausreichend berücksichtigt, da den traditionellen Methoden zumeist geometrische, mathematische oder ästhetische Modelle zugrunde liegen. Dabei wird der Individualität des Hufes, der Gliedmaßen und des Pferdes kaum Rechnung getragen. Da der Huf jedoch zahlreichen Einflüssen, wie Haltung, Fütterung, Nutzung, dem Exterieur und der Gliedmaßenstellung des Pferdes, unterliegt, stellt die individuelle Bearbeitung des Hufes einen entscheidenden Punkt dar. Gleichzeitig ist das definierte Ziel der Hufzubereitung, den Huf optimal an das jeweilige Pferd angepasst auszubalancieren. Zudem muss eine gute Hufzubereitungsmethode ein zuverlässiges Konzept zur reproduzierbaren, standardisierten und leicht umsetzbaren Hufbearbeitung bieten. Eine neue Hufzubereitungsmethode, die genannte Ansprüche erfüllt, wurde von dem argentinischen Hufschmied Daniel Anz entwickelt: Die Theorie der F-Balance. Diese Methode orientiert sich an den vom Huf vorgegebenen Markierungen zur Kürzung des Horns. Es wird davon ausgegangen, dass die mechanische Belastung des Hufhorns an definierten Bereichen des Hufes individuell ausgeprägte Spuren hinterlässt. Daniel Anz beschrieb 3 natürliche Orientierungspunkte zur Bearbeitung des Hufes: strukturelle Abweichungen im Trachtenbereich, die Grenze zwischen Hufwand und Sohle sowie die Wandkontur der Hufkapsel. Dabei wird standardisiert, jedoch vom Huf vorgegebenen so gearbeitet, dass zuverlässig ein optimal ausbalancierter Huf geschaffen wird. Es wird dem Pferd überlassen, inwieweit es die von den Gliedmaßen vorgegebene Stellung korrigieren oder stabilisieren kann. Grundlegend basiert diese Methode auf der longitudinalen Flexibilität des Hufes, die es ihm möglich macht die Trachtenlänge und -höhe so auszugleichen, dass sich der Huf, die Gliedmaße und das Pferd optimal ausbalancieren. Damit stellt die Methode der F-Balance ein neues Konzept dar, welches den Ansprüchen der Individualität, der Standardisierbarkeit, der Praktikabilität und der Physiologie gerecht wird.

Schlüsselwörter: Hufzubereitung, Hufbearbeitungstheorien, F-Balance, biomechanische Belastung, Flexibilität

The F-Balance – A novel concept of hoof trimming

A variety of different hoof trimming methods are in use aiming to prepare an ideal hoof. However none of them really accomplishes the key goals: balancing the hoof to improve performance of the horses and to prevent them from musculoskeletal injury. Very often the physiological requirements are not achieved. The traditional methods such as the theory of hoof pastern axis or the theory of plane solar surface are based on geometrical, symmetrical and esthetical models. They are trying to use axes, parallelism or mathematical foundations to prepare an optimally balanced hoof. Furthermore several of these theories are based on the assumption of an ideal hoof. But the shape, the function, the performance and the quality of the hooves underlie a large number of influences. Housing, feeding, performance and the frame of the horse as well as the conformation of the limbs cause structural alterations on the hooves. These natural marks can be used as an orientation for trimming the hooves. So the optimal preparation of the hoof should recognize individual differences and take them into consideration. At the same time it should be based on a standardized and reproducible concept. Landmarks that can be objectively identified should be used for orientation and decisions. The same time the existing unique individual circumstances and influences should be taken into consideration as well. The F-Balance method developed by the Argentinian blacksmith Daniel Anz is a novel concept to prepare a balanced hoof in a reproducible way. This method uses externally visible structural alterations of the hoof horn capsule due to biomechanical stress as orientation and guidance for trimming hooves. Within the concept the horizontal and vertical flexibility of the hoof capsule are of paramount importance. Using this method it is possible to prepare the individual hoof also in a standardized way. It is also possible to recognize, if a malposition of the limb can be corrected or in which degree it has to be conserved. The individual horse hoof provides all the information required to prepare a balanced foot; so to say the horse tells you what to do and decide by itself in which dimension it can correct or stabilize the malposition of the limbs to be balanced optimally. Furthermore the form of the hoof can be adapted in the best way depending on the individual requirements of the horse. The F-balance method bases on a reproducible and measurable technique and is very easy to teach and understand. The three natural reference points or landmarks which are used as orientation for decisions where to cut and how to trim are the structural alterations in the region of the heels, the border between hoof wall and sole as well as the contour of the wall. Results of first studies clearly support the positive effect on the overall balance of the hoof and the loading as well as the center of pressure. In conclusion the F-Balance method is a novel method to optimize the form function and performance of the hoof, the limb and the whole horse by restoring it's physiological balance.

Keywords: hoof trimming, hoof preparation theories, F-Balance, biomechanical stress, flexibility

Hufzubereitung – Stellungskorrektur vs. Balance

Das vorrangige Ziel der Hufzubereitung ist die Erhaltung bzw. Schaffung der idealen Balance von Huf und Pferd, die Optimierung der Leistung des Pferdes und das Vorbeugen von Lahmheiten. In diesem Punkt besteht eine weitestgehende Einigkeit. Kontrovers diskutiert wird hingegen, auf welche

Weise diese Zielsetzung zu realisieren ist. Sicher ist, dass ein wechselseitiges Abhängigkeitsverhältnis zwischen Huf und Gliedmaße und dem gesamten Körper des Pferdes besteht (Williams und Deacon 2010). So können krankhafte Veränderungen oder Fehlstellungen an den Gliedmaßen bestehen, die sich nachteilig auf den Huf und seine Form auswirken

können (Richter 2011). Andererseits kann die Hufform Teile der Gliedmaße bzw. des ganzen Pferdes (Gelenke, Sehnen, synoviale Strukturen, Bänder) beeinflussen (Ruthe et al. 1988). Früh hat man daher erkannt, dass die Zubereitung des Hufes der Physiologie des Pferdes gerecht werden muss (Stashak 2002). Somit haben sich im Laufe vergangener Jahre die verschiedensten Hufzubereitungstheorien entwickelt. Dabei beeinflusst die Hufbearbeitung die Form, Größe und Belastungsverhältnisse von Huf und Gliedmaßen.

Die Hufbearbeitungsmethoden basieren auf verschiedenen Konzepten (Lingens 2011). Den traditionellen Zubereitungsverfahren liegen zumeist geometrische, mathematische und ästhetische Modelle zugrunde. Dabei wird davon ausgegangen, dass mit Hilfe von Symmetrie, Parallelität, Winkelanalyse und Hilfslinien die korrekte Hufzubereitung durchgeführt werden kann. Viele Angaben über die Beschaffenheit des idealen Hufes werden seit sehr langer Zeit traditionell ohne näheres Hinterfragen überliefert und angewendet. Erschwerend kommt hinzu, dass die Beurteilung des Hufs und die Korrekturmaßnahmen häufig in der Praxis mit Augenmaß abgeschätzt werden müssen. Diese Einschätzungen sind jedoch meist von sehr subjektivem Charakter. Da sie sich die Modelle zudem an einem Idealbild des Hufes orientieren, sind sie gerade bei abweichenden Huf- und Gliedmaßenstellungen nicht immer optimal auf das Problem abgestimmt. Häufig beinhaltet die durchgeführte Stellungskorrektur nicht zwingend die Schaffung eines ausbalancierten Hufes.

Anerkannt und traditionell verwendet sowie gelehrt werden die Fesselstands- bzw. Zehenachsentheorie und die Fußungstheorie. Die erstgenannten Theorien fordern, dass eine durch die Mitte von Huf-, Kron- und Fesselbein gezogene Achse von frontal und lateral betrachtet gerade verläuft (Lingens 2011). Die Zehenachse sollte ungebrochen verlaufen und der Huf im Winkel zum Fesselstand passen (Peham 2000, Collings 2006). Die Fußungstheorie geht davon aus, dass eine optimale Lastaufnahme nur erfolgt, wenn beim Aufsetzen des Pferdes alle Teile des Hufs den Boden gleichzeitig berühren. Durch die ungleiche Stoßeinwirkung liegt eine negative mechanische Belastung auf den zuerst fußenden Wandabschnitt vor. Die Kürzung erfolgt somit immer an dem Wandabschnitt, der zuerst den Bodenkontakt aufnimmt. Häufig werden jedoch Komponenten beider Methoden für eine korrekte Hufzubereitung gefordert. Der Huf soll zum Fesselstand passen, plan fußen und gleichmäßig belastet sein (Wilson 1998). Diese Kriterien sind bisweilen nicht zu erfüllen und schließen sich unter Umständen aus. Deshalb besteht oft Unklarheit, wie die Bearbeitung des Hufes zu erfolgen hat, um den physiologischen Zustand und die Balance des Hufs zu erhalten bzw. wiederherzustellen (Fürst et al. 2006). Ein Pferd mit idealer, d. h. perfekter Gliedmassenstellung und Hufform ist nach den traditionellen Theorien leicht zu bearbeiten. Ist jedoch ein ausgewachsenes Pferd schon von der Gliedmaße her z. B. zehenweit, so ist die Frage, ob und in wie weit die Fehlstellung durch die Hufbearbeitung korrigierbar oder zu erhalten ist, um nicht gegen das Pferd zu arbeiten und dennoch eine optimale Huf-Balance zu erreichen.

Alternative Theorien, wie die 4-Punkte-Theorie, das Konzept von Strasser, Ovnicheck oder die Natural Hoof Care, orientieren sich zumeist an Versuchen, die an Wildpferden durchgeführt wurden und übertragen diese Erkenntnisse kritiklos auf

unsere Hauspferde (Jackson 1997, Strasser 2000, Ovnicheck et al. 2003). Diese Theorien missachten, dass unsere Hauspferde im Vergleich zu ihren wild lebenden Artgenossen veränderten Einflüssen in Haltung, Fütterung, Nutzung und Genetik unterliegen. Hampson et al. (2011) fanden heraus, dass auch Wildpferde erheblichen Huffehlstellungen, Hufkrankheiten, wie insbesondere Hufrehe und Fehlbelastungen, unterliegen. Im Falle der Huforthopädie ist zwar die Beachtung der Individualität des Hufs gegeben, es fehlen jedoch häufig Studien über den Einfluss auf die Biomechanik und Hufgesundheits. Auch an diesen Theorien der Hufzubereitung ist keine Messbarkeit der Bezugspunkte für die Bearbeitung und folglich keine Reproduzierbarkeit der Resultate gegeben

Biomechanische Belastung – Gründe für eine physiologische Hufzubereitung

Die Bedeutung der optimalen Balance des Hufes und der Gliedmaße ergibt sich aus den starken Belastungen, denen diese Strukturen unterliegen. Wilams und Deacon (2010) machten folgende Rechnung: Ein Pferd trägt 40 % der Last auf der Hinterhand und 60 % auf der Vorderhand. Dies entspricht für ein 600 kg schweres Tier einer Gewichtsverteilung von 120 kg auf jeden Hinterfuß und von 180 kg auf den jeweiligen Vorderfuß. Die Fläche des Hufes, welche zur Gewichtsaufnahme herangezogen wird, entspricht gerade mal 70 cm². Daraus ergibt sich, dass ein stehendes Pferd jeden Quadratzentimeter Hufhorn mit 2,6 kg belastet, bis im Galopp 14,3 kg/cm² Huffläche entstehen. Die maximale vertikale Belastung im Schritt entspricht 6 N/kg KM in 0,2 sec. Das vollständige Aufsetzen der Hufe dauert nur ca. 30 ms und von der ersten Berührung mit dem Boden bis zum vollständigen Aufsetzen des gesamten Tragrandes treten zwei Belastungsspitzen auf. Dabei beträgt der Initialstoß das 0,4fache der Körpermasse. Nach einer Entlastungsphase von ca. 10 ms kommt es zum eigentlichen Impactpeak von dem 1,3fachen des Körpergewichts (Peham et al. 2000, Corbit 2004). Diese Belastungen sind nur durch die elastische Verformung der Hufkapsel bei Be- und Entlastung zu bewältigen (Douglas 1996, De Wit 2000). Diese biomechanische Anpassung wird unter dem Begriff Hufmechanismus zusammengefasst. Dabei werden durch den Zug des Hufbeiträgers an der Innenfläche der Hufplatte und die Druckbelastung beim Auftreten folgende Vorgänge beobachtet: Absenkung des proximalen Hufrückens, Bewegung der Trachten nach lateral, Abflachen der Sohlenwölbung und Verbreiterung des Strahls

Grundlegend ist diese Anpassung an die Lastaufnahme nur durch die Flexibilität der Hufkapsel gegeben. Die Anordnung der Hornröhrchen in Verbindung mit dem Zwischenröhrchen bildet eine stabile Konstruktion gegenüber Zug-, Druck- und Scherkräften (Nickel 1938, König und Liebich 2011).

Dieser Mechanismus wird durch die Hufbearbeitung stark beeinflusst. Dies bedeutet, dass eine regelmäßige und sachgerechte Hufkorrektur zur Schaffung einer idealen Zehen- und Gliedmaßenstellung zur Verbesserung der Belastungsverhältnisse unerlässlich ist (Grady 2001, Davies 2002, O'Grady 2003, Corbin 2004).

Pferde sind in der Lage ihr Bewegungsmuster und ihre Gliedmaßenstellung funktionell an die jeweilige Belastungssitua-

tion anzupassen. Langfristig kann sich dieser adaptive Mechanismus, insbesondere beim Vorliegen von Fehlstellungen, negativ auf die Huf- und Gliedmaßengesundheit auswirken, die eng mit dem Gesamtzustand des Pferdes verbunden ist (Page 2002). So resultieren aus einer inkorrekten Stellung bzw. Imbalance weitreichende Schäden des Bewegungsapparates, wie zum Beispiel Hornrisse und -spalten, Podotrochlose, Arthritis/Arthrose, Schädigung von Sehnen und Bändern, Muskelverspannungen, Rückenprobleme, Verletzungen, Chip-Frakturen/Osteochondrosis dissecans (Kasper 2008, Williams und Deacon 2010)

Balance – Wie sie bisher definiert wurde

Unter Balance versteht man den Zustand, in dem entgegengesetzt wirkende Kräfte gleich stark sind. Es besteht ein Gleichgewicht von entgegengewirkenden Kräften oder ein Zustand der Ausgewogenheit. Doch was bedeutet diese physikalische Definition für die Bearbeitung des Pferdehufes? Wie hat ein ausbalancierter Huf auszusehen? In diesem Zusammenhang beschrieben Ruthe et. al. (1988) die Merkmale eines idealen Hufes wie folgt:

- alle Wandabschnitte sind gestreckt
- der Kronrand fällt gleichmäßig von kraniodorsal nach kaudodistal ab
- die Zehen- und die Trachtenlinie sind parallel
- der Tragrand ist vollkantig und stützfähig
- die Hornwandoberfläche ist glänzend und glatt ohne Zusammenhangstrennungen oder unregelmäßige Rinnen
- die Sohle zeigt eine konkave Wölbung
- die Eckstreben sind gestreckt
- die weiße Linie verläuft gleichmäßig ohne Zusammenhangstrennungen
- der Strahl ist kräftig und sauber
- die Ballen sind gleichmäßig gerundet

Exakte Beschreibungen, wie die konkrete Umsetzung der Hufbearbeitung zu erfolgen hat, um dieses Idealbild zu erschaffen werden nur selten oder ansatzweise erteilt. Eine zuverlässige, standardisierte und vor allem sicher reproduzierbare Hufbearbeitung ist bisher nicht gegeben. Die oben beschriebenen Herangehensweisen zur Erschaffung eines gesunden, balancierten Hufes sind oft verwirrend, unpraktikabel oder beruhen bisweilen auf falschen Annahmen über Anatomie und Biomechanik von Huf, Gliedmaße und Pferd.

Die Schaffung eines balancierten Hufes – der traditionelle Ansatz

Balch et al. (1995) definiert folgende Orientierungspunkte für die Hufzubereitung:

- Zehenlänge (-achse) und Fesselstand
- Hufwinkel
- Mediolaterale Orientierung des Hufes
- Fußungsfläche
- Sohlen-, Eckstreben- und Strahldicke
- Wandverlauf
- Paarsymmetrie von Huf und Gliedmaßen
- Kontaktfreiheit von Huf und Gliedmaßen

Auch wenn die Autoren keine konkrete Anleitung festlegen, wie die praktische Umsetzung der Bearbeitung zu erfolgen hat, wird zumindest aufgezeigt, welche Aspekte Einfluss auf die Hufbalance haben. Dabei werden mit den ersten 6 Punkten Faktoren beschrieben, die den einzelnen Huf beeinflussen und mit den beiden letzten Faktoren, die mit der Koordination mehrerer Gliedmaßen assoziiert sind.

Die Zehenachse oder auch die dorsopalmare Balance

Diese Balance beinhaltet eine Achse durch den Drehpunkt aller Gelenke. Dabei sollte eine gedachte senkrechte Linie vom Drehpunkt des Fesselgelenks den kaudalen Trachtenteil berühren. Vordere Hufwand und Trachtenwand sollte parallel sein. Zudem sollte eine senkrechte Linie, ausgehend vom Drehpunkt des Fesselgelenks, die Fußungsfläche des Hufs mittig teilen (Wandruszka 2008b). Somit spielen die ersten zwei Faktoren, die von Balch et al. (1995) festgelegt wurden, eine maßgebliche Rolle bei der Beeinflussung dieser Balance.

Die Länge der Zehenwand legt die Länge des Hebels fest, über den die Gliedmaße schwenkt (Crevier et al. 2001). Eine Verlängerung der Zehe erhöht den Hebelarm, verzögert das Abfußen, verstärkt die einwirkende Drehkraft auf die Gelenke sowie den Druck auf die Bursa podotrochlearis und die tiefe Beugesehne. Das heißt, je länger der Hebelarm, desto größer ist die aufzuwendende Kraft um die Trachten vom Boden abzuheben. Die Messung der Zehenwandlänge ist demnach ein beschriebener Orientierungspunkt zur Bearbeitung der Hufe. Dabei erfolgt die Messung in der Medianebene vom Kronsaum bis zum Tragrand der Zehe. Uneinigkeit besteht lediglich in der Festlegung der oberen Grenze. Trotz allem sind definierte Richtlinien über die Länge der Zehenwand nur schwerlich festzulegen. Wird die Zehenwand zu stark, gekürzt besteht die Gefahr einer Quetschung der Sohle in diesem Bereich. Ist die Zehenwand zu lang, kommt es zu den beschriebenen Problemen. Balch et al. (1995) versuchten die Richtlinien für die Zehenlänge anhand des Körpergewichts des Pferdes festzumachen. Daraus ergaben sich folgende Annahmen: kleine Pferde (360-400 kg) -7,6 cm, mittlere Pferde (425-475 kg) -8,25 cm und große Pferde (525-575 kg) -8,9 cm.

Der Hufwinkel wird ebenfalls an der Zehe gemessen und beschreibt den Winkel zwischen dorsaler Hufwand und Sohlenlinie (Bushe et al. 1987)). Uneinigkeit besteht nach wie vor, in welchem Rahmen der Hufwinkel als normal anzusehen ist. Generell anerkannte und lange überlieferte Werte sind für die Vorderhufe ein Winkel von 45-50° und für die Hinterhufe 50-55° (Balch et al 1997). Weitestgehend als korrekt wird der Winkel angesehen, wenn die Dorsalwand des Hufes parallel zur Zehen- bzw. Fesselachse ist. Der Hufwinkel beeinflusst maßgeblich das Bewegungsmuster der Gliedmaße. Bei Pferden mit einem korrekten Hufwinkel beschreibt die Hangbeinphase eine parabolische Kurve (Corbin 2004). Ist der Winkel hingegen zu spitz oder zu stumpf verschiebt sich die Spitze der Kurve nach kranial oder kaudal. Zudem beeinflussen Veränderungen des Hufwinkels auch die Winkelung von Fessel-, Kron- und Hufgelenk. Bereits die Abweichung des Hufwinkels um ein Grad verändert die Stellung des Hufgelenks um 0,9°, die des Krongelenks um 0,3° und die vom Fesselgelenk um 0,1° (Bushe et al. 1987). Dies hat natürlich Einfluss auf die Belastung von Sehnen, Bänder und Muskeln. Ein flacher Win-

kel bringt demnach eine Hyperflexion und ein zu stumpfer Winkel eine Hyperextension nach sich, verbunden mit den entsprechenden Belastungen. Trotz der enormen Bedeutung, ist eine praktikable Richtlinie zur Herstellung einer individuell an das Pferd angepassten und trotzdem standardisierten dorsopalmar Balance nach wie vor nicht gegeben. Genannte Ansätze beachten nur bedingt die physiologischen Ansprüche des Pferdes.

Die mediolaterale Balance – das Verhältnis von Innen- und Außenwand der Hufkapsel

Diese Balance geht von einer gleichen Winkelung bzw. Länge der medialen und lateralen Hufwand aus, die zu möglichst gleichen Teilen Gewicht aufnehmen sollten. Die lasttragende Huffläche sollte dabei im rechten Winkel zum Röhrenbein stehen. Abweichungen der mediolateralen Balance beeinflussen insbesondere die Funktionalität und Belastung der Gelenke (Formilo 2007, Wandruszka 2008a, Ronchetti et al. 2011). Als Scharniergelenke lassen die Zehengelenke nur geringgradige Dreh- und Seitwärtsbewegungen zu. Liegt nun eine inkorrekte Hufstellung vor, spiegelt sich diese im Gelenkspalt und der Stellung der Knochen zueinander wieder. Damit wird die Toleranz gegenüber zusätzlich einwirkenden Belastungen, zum Beispiel durch unebenen Boden, stark herabgesetzt. Auf Dauer kann sich das in Arthrosen, OCD oder Knorpeldegenerationen äußern. Somit sind die nächsten drei von Balch et al. (1995) beschriebenen Faktoren von Bedeutung.

Die mediolaterale Ausrichtung des Hufes bezieht sich auf die relative Länge des medialen und lateralen Wandabschnitts zueinander aus der frontalen Perspektive. Es wird davon ausgegangen, dass die mediolaterale Balance erreicht ist, wenn die Fußungsfläche senkrecht zur Gliedmaßenachse steht (Ruthe 1988, Kasper 2008). Dies beinhaltet nach Balch et al. (1995) ein gleichzeitiges Fußten der medialen und lateralen Hufabschnitte. Auf diesem Aspekt basiert die Fußungstheorie, die eine plane Fußung als Ziel definiert. Russle et al. (1901) geht davon aus, dass mit einer planen Fußung eine gleichmäßige Gewichtsverteilung auf alle tragenden Abschnitte erfolgt. Dieses geometrische Modell missachtet jedoch die Gliedmaßen gegebene Stellung des Hufes. So wird ein plan zugerichteter Huf eines gliedmaßenweiten, zehenenen Pferdes nach dieser Theorie auf der lateralen Wand fußen. Demnach hat sich die Fußungstheorie von den geometrischen Vorgaben abgewandt und eine ergebnisorientierte Hufzubereitung angestrebt. Die plane Fußung als Orientierung für einen gesunden oder balancierten Huf anzunehmen, ist jedoch fehlerhaft. Eine plane Fußung beinhaltet nicht automatisch eine gleichmäßige Kraftverteilung auf die anatomischen Strukturen. Die einwirkenden Kräfte setzen sich nicht direkt in der Mitte der Knochensäule fort. Die mediale Seite ist einer stärkeren Belastung ausgesetzt. Deshalb ist die Kompakta der Knochen auf der medialen Seite dichter und die Innenseite der Gelenke dicker. Mit Hilfe von Kraftmessungen beim Fußten, wurde mit Hilfe einer Kraft-Zeit-Kurve gezeigt, dass die vertikal einwirkenden Kräfte auf der medialen Seite stärker sind, als auf der lateralen (Von Heel et al. 2004, Ronchetti et al 2011).

Russle et al. (1901) beschreiben sogar ein perfektes geometrisches Modell basierend auf der Gliedmaßen-Huf-Bezie-

hung. Dabei definieren sie den Aufprallwinkel von lateral betrachtet mit einer Achse gerade durch die Phalangen, welche im Schwerpunktzentrum an der Basis endet. Von der Sohlenfläche aus betrachtet liegt dieses Schwerpunktzentrum etwas kaudal der Strahlspitze. Alle Distanzen, ausgehend von diesem zentralen Punkt bis zu den Hufgrenzen, müssen gleich lang sein. Dann befindet sich der Huf nach dieser Theorie in Balance. Balch et al. (1997) stellten fest, dass das Schwerpunktzentrum im vorderen Strahldrittel liegt (Colahan et al. 1993, Van Heel et al. 2005).

Sohle, Eckstreben und Strahl schützen die darunterliegenden Strukturen während der Auffußung und tragen das Gewicht. Beim Fußten kommt es im Rahmen des Hufmechanismus zum Abflachen der Sohlenwölbung und zur Erweiterung der Hufkapsel im Eckstrebenbereich, wodurch auch der Strahl Bodenkontakt aufnimmt. Demnach ist bei einem gesunden Huf die konkave Sohlenwölbung zu erhalten. Dies darf aber nicht durch übermäßiges Ausdünnen der Sohlenfläche erfolgen. Die Sohle muss gesund und stark genug sein, die Last des Pferdes in allen Gangarten zu tragen. Eine zunehmende Sohlendicke jedoch hemmt die Abflachung der Wölbung und verliert massiv an Flexibilität. Generell wird diskutiert, nur das alte brüchige Sohlenhorn zu entfernen. Gleiches gilt für die Bearbeitung des Strahls.

Ebenso muss die Beweglichkeit im Trachtenbereich erhalten bleiben. Die Eckstreben haben insbesondere eine Stützfunktion für die Sohle und stabilisieren diese. Zu dicke Eckstreben führen zu übermäßigem Druck auf die Sohlenlederhaut. Der Strahl hat nur geringe gewichtstragende Funktion. Bei der Fußung berührt er zumeist den Boden und leitet die einwirkenden Kräfte nach proximal, was eine abaxiale Bewegung der Hufknorpel verbunden mit einer Aufwärtsbewegung der Hufwände nach sich zieht (Douglas et al. 1996, Williams und Deacon 2010). Es wird deutlich, dass auch die mediolaterale Balance mit den traditionellen Methoden nicht sicher reproduzierbar und auf die Bedürfnisse des Pferdes angepasst hergestellt werden kann.

Wandverlauf

Der stützende Teil der Hufwand wird gebildet durch das Röhrenhorn des Kronsegments. Die Röhren sind parallel zur dorsalen Hufwand ausgerichtet (Nickel et al. 1938, König und Liebich 2011). Geht diese Anordnung verloren, z.B. indem die Tubuli im Trachtenbereich einen flacheren Winkel aufweisen als die des Hufrückens ist die Lastenaufnahme in diesem Bereich gestört. Dies führt zu biomechanischen Schädigungen des Röhren- und Zwischenröhrenhorns. Physikalisch gesehen sollte die Hufwand einen gestreckten, ungebrochenen Verlauf haben, ohne Winkelabweichungen oder ungleichmäßige Rinnen und Wölbungen. Das Längenverhältnis von Vorderwand und Trachtenwand beträgt ca. 3:1 am Vorderhuf und 2:1 am Hinterhuf. Es wurde ein optimaler Seitenwandwinkel von 80° festgelegt (Ruthe 1988, Balch et al. 1995).

Paarsymmetrie

Einer der wichtigsten Aspekte ist die Symmetrie der jeweiligen Hufpaare zueinander. Die beschriebenen Faktoren zur Beein-

flussung der Hufbalance sollten nicht nur auf einen Huf bezogen werden, sondern die Ausrichtung sollte jeweils für die Vorder- und Hinterhand gleich sein. Ungleiche Längen oder Winkelung zwischen den Zehen, führt zu vermehrten Lahmheiten und wird mit einigen häufig auftretenden Krankheitsbildern assoziiert. Damit ist in jedem Fall eine gleichmäßige Belastung der Hufe beider Gliedmaßenpaare anzustreben (Stashak 2002, Williams und Deacon 2010).

Kontaktfreiheit

Hufe und Gliedmaßen, sollten sich in allen Gangarten frei und ohne Kontakt zueinander bewegen können. Oft wird eine Bewegung der Gliedmaße gegen die gegenüberliegende beobachtet, wodurch die medialen Portionen aneinander streichen. Zudem wird häufig das Eintreten der Hintergliedmaße in die Vordergliedmaße beobachtet. Die Hufe müssen individuell balanciert werden, aber ihr Bewegungsmuster muss aneinander angepasst sein. Ist dies nicht der Fall, kommt es zu Schädigungen von Huf und Gliedmaßen (O'Grady und Poupard 2003, Kasper 2008).

Aus all diesen Faktoren stellt sich nun die Frage, ob die Theorie, basierend auf diesen Ansätzen, der Physiologie des Hufes und der Bewegung des Pferdes gerecht werden. Nach unserer Meinung lässt sich der Huf nicht in die starren Modelle pressen und durch Zahlen beschreiben. Wachstum, Form und Funktion des Hufes unterliegen so vielen Einflüssen, dass eine jeweils an den Huf angepasste Bearbeitung zwingend notwendig ist. Daraus ergeben sich im Hinblick auf die konventionellen Bearbeitungsmethoden folgende Probleme für die Zubereitung eines balancierten Hufs:

- Keine Standardisierbarkeit, Objektivität
- Fehlende Reproduzierbarkeit
- Fehlende Individualität der Theorien
- Fehlende Referenzpunkte
- Fehlende Übertragbarkeit von einem zum anderen Huf
- Schwere Erlernbarkeit und Praktikabilität

Trotz großer Bemühungen ist eine allen Ansprüchen genügende Zubereitungsmethode, die bei Gliedmaßenfehlstellungen zu einer optimalen Gelenksfunktion führt, nicht bekannt (Peham 2000). Gibt es eine Theorie, die den individuellen Bedürfnissen des Pferdes gerecht werden kann, aber trotzdem nach einem reproduzierbaren, standardisierten Konzept arbeitet, ohne den Huf pauschal in eine Idealform nach geometrischen oder ästhetischen Modellen zu pressen? Ist es möglich zu erkennen, inwieweit die individuelle Fehlstellung zu erhalten oder zu korrigieren ist?

Die Theorie der F-Balance

Nach den Erfahrungen des argentinischen Hufschmieds Daniel Anz sind diese Fragen mit einem klaren „Ja“ zu beantworten. Belastung, Abnutzung, Umwelt und das Exterieur des Pferdes hinterlassen deutliche Spuren am Huf, die es zu lesen gilt. Auf diesen Ansatz basiert die Theorie der F-Balance. Kernpunkte dieser Theorie sind zum einen, dass der Huf auf biomechanische Belastungen reagiert und diese Anpassung sich durch strukturelle Veränderungen an der Hornkapsel

niederschlägt. Diese natürlichen Punkte können als Orientierung zur Bearbeitung des Hufs genutzt werden. Zum anderen liegt diesem Ansatz die Berücksichtigung der longitudinalen Flexibilität des Hufs zugrunde (Anz 2006 und 2007).

Doch wie genau funktioniert die Zubereitung des Hufes nach der F-Balance? Wie lässt sich dieses Konzept praktisch umsetzen? Und vor allem ist sie eine Antwort auf folgende Fragen: Ist es möglich, einen Huf Individuell angepasst und trotzdem nach einem messbaren und reproduzierbaren, standardisierten Konzept zu bearbeiten? Ist es möglich, genau festzulegen, ob eine Fehlstellung korrigierbar ist, oder ob und in welcher Masse diese zu stabilisieren bzw. zu erhalten ist? Ist es möglich, genau zu bestimmen, ob und in wie weit sich eine unsymmetrische Hufform korrigieren lässt? Ist es möglich, die Arbeitsqualität zu messen und bei jeder folgenden Bearbeitungsperiode exakt zu wiederholen? Ist es möglich, die oben gestellten Fragen in einer standardisierbaren, messbaren und reproduzierbaren Theorie zu beschreiben, zu lehren und bei jedem Huf exakt anzuwenden?

Die 3 natürlichen Orientierungspunkte – oder was der Huf uns sagen kann!

Im Folgenden werden die drei Orientierungspunkte der F-Balance beschrieben, welche klare Informationen geben, wie der jeweilige Huf zu bearbeiten ist.

Punkt 1 – Trachtenbereich – Hornröhrchen als Spiegel der Belastung

Das viel diskutierte Thema, wie lang die Trachtenwände sein müssen und vor allem wo sie zu kürzen sind, um die dorso-palmare Balance zu beeinflussen, zeigt sich sehr deutlich an der Trachtenregion selbst. Durch makroskopische Beobachtungen konnten Richtungsabweichungen der Hornröhrchen insbesondere am Umschlag der Trachtenwand beobachtet werden (Abb. 1-5). Bisweilen wurden auch feine Risse und Zusammenhangstrennungen in diesem Bereich festgestellt. Diese Einziehungen, Richtungsänderungen, Aufwölbungen oder Risse befanden sich gemessen vom Haaransatz des jeweiligen Ballens auf der Medial- und Lateralseite in exakt gleicher Höhe. Zudem liegen diese strukturellen Abweichungen direkt auf dem Niveau der vom Zerfallshorn befreiten, funktionellen Sohle. Damit markieren sie den Übergang an dem der Tragrand über die Sohle wächst. Bei histologischer Betrachtung dieser Bereiche ist festzustellen, dass sich diese Richtungsänderungen der Röhrchen hauptsächlich auf die Außen- und Mittelzone des Kronhorns erstrecken. Anhand der makroskopischen und histologischen Untersuchungen liegt die Hypothese nahe, dass es sich bei den beschriebenen Aspekten um eine umschriebene Region im Bereich der Trachtenwand handelt, auf die biomechanischer Stress einwirkt. Dies führt zu den genannten Veränderungen. Aus diesem Grund bezeichnen die Autoren diese als biomechanische Stresspunkte.

Bereits Bruhnke (1931) zeigte anhand von Zug- und Zerreißversuchen, dass die Hufkapsel am Lateraleil insbesondere im Trachtenbereich eine geringere Festigkeit besitzt als am Huf Rücken. Dabei nimmt die Breite der Hufwand von dorsal

nach palmar stetig ab. Das Kronhorn bildet den größten Wandteil sowie den Tragrand und nimmt damit einen Großteil der Last auf. Möglich wird dies durch die Architektur der in Wandrichtung verlaufenden Hornröhrchen und deren Zwischenröhrchensubstanz. Die Anzahl der Hornröhrchen nimmt dabei von der äußeren in die innere Zone des Kronhorns ab. Es befinden sich in der Innenzone 7 Hornröhrchen/mm², in der Mittelzone 10 Röhrchen/mm² und in der



Abb. 1 Besonders deutliche strukturelle Abweichungen der Hornröhrchen (→) in Form von Riss und Richtungsänderungen aufgrund biomechanischer Belastung an einem überlangen Huf mit ungleichen Trachtenlängen und Stauchung des medialen Hufballens nach proximal.

The hoof is overlong and shows non-uniform length in the heels as well as compressibility of the medial torus to proximal. An overgrown hoof shows excessive length of the wall and compression of the medial heel. Marked structural alterations of the horn tubules (→) such as cracks and deviations of tubular distortion caused by biomechanical stress.



Abb. 2 Strukturelle Veränderungen (→) im Trachtenbereich in Form von Einziehungen als Reaktion auf biomechanische Belastung in dieser Region mit überlangen Eckstreben, ungleichen Trachtenlängen bzw. -höhen (I) und Stauchung des medialen Ballens nach proximal.

Structural alterations (→) in the region of the heel as a result of exposure to high permanent mechanical load. Note that the bars are too long, heels are unlevelled (I) and the medial bulb of the heel is compressed.

Außenzone 15/mm² (Schroth 2001). In der Innenzone befinden sich dafür die dicksten Röhrchen mit dem größten Außendurchmesser mit 0,4 mm. In der Mittelzone betragen die Durchmesser nur noch 0,15-0,2 mm (Tscherne 1910). Es wird davon ausgegangen, dass mit zunehmender Röhrchenanzahl und geringerem Durchmesser, weniger Zwischenröhrchensubstanz notwendig ist, was die Stabilität erhöht. Auch das Verhältnis von Mark zu Rinde der Hornröhrchen variiert

zwischen den Zonen. Dadurch herrscht in der Innenzone des Kronhorns eine geringere Zug- und Druckfestigkeit als in der Außenzone (Douglas et al. 1996). An der Zehenwand machen die 3 Zonen je ein Drittel der Wand aus. An den Seiten- und Trachtenwänden zeigt sich dagegen, dass die Innenzone die Hälfte der Hornwand umfasst. Generell bestehen aber große individuelle Unterschiede zwischen den Pferden. Die Festigkeit nimmt zugunsten der Elastizität von der



Abb. 3 Strukturelle Abweichung (→) im Trachtenbereich direkt auf dem Niveau der funktionellen Sohle (schwarze →).
Structural alteration (→) in the heels directly on the level of the weight bearing sole (black →).

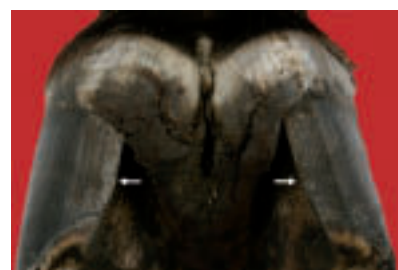


Abb. 4 Strukturelle Abweichung ((→) aufgrund biomechanischer Belastung in Form leichter Richtungsänderungen der Hornröhrchen im Trachtenbereich auf Höhe des Sohlenniveaus.
Structural differences ((→) due to biomechanical stress deviated tubules in the heel horns at the level of the sole.



Abb. 5 Strukturelle Abweichung der Hornröhrchen (→) im Trachtenbereich.
Structural changes of the horn tubules ((→) in the heel.

Außenzone zur Innenzone ab und könnte somit einen stoßdämpfenden Schutzmechanismus für die inneren Strukturen darstellen. Am Übergang vom Inneren zum mittleren Drittel des Kronhorns ändert sich außerdem auch die Ausrichtung der Zellen des Zwischenröhrchenhorns. Der Innenzone wird

damit eher eine Aufnahme der von proximal nach distal wirkenden Kräfte zugesprochen, während in den äußeren Schichten eher eine Verspannungsfunktion gegen radiär wirkende Druckkräfte zu erkennen ist (Nickel et al. 1938). Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die Außen- und Mittelzone des Kronhorns vermehrt zur Lastenaufnahme herangezogen werden. Unter normalen Umständen ist Hufhorn ein Material, welches in alle Richtung einwirkende Kräfte toleriert. Demnach werden die mechanischen Eigenschaften des Hufhorns auch maßgeblich durch die Zwischenröhrensubstanz bestimmt. Diese verläuft rechtwinklig zu den Hornröhren. Dies erklärt auch, warum der Druckwiderstand des Horns rechtwinklig zu den Hornröhren 50-80% höher ist als parallel dazu. Auch die Zugkraft ist in diese Richtung stärker. Diese Tatsache stellt eine Erklärung dar, warum oben beschrieben strukturellen Veränderungen in Längsrichtung zu den Hornröhren zu beobachten sind und sich maßgeblich in der Außen- bzw. Mittelzone des Kronhorns manifestieren. Da die Seiten- und insbesondere Trachtenwände biomechanisch weniger Festigkeit aufweisen und gleichzeitig den Großteil der Last tragen, erklärt sich, wieso gerade in diesem Bereich die biomechanischen Belastungen besonders deutlich sichtbar werden. In Abhängigkeit von der Belastung treten Punkte in der Trachtenwand auf, die deutlich zeigen, wo die Belastung die physikalische Toleranz der Röhren-Zwischenröhrenkonstruktion übersteigt. Da die Sohle einen stabilisierenden Beitrag zur Hufkapselarchitektur einnimmt, ist verständlich, dass die biomechanischen Stresspunkte auf gleicher Höhe wie das Sohlenniveau liegen. Ab dem Moment wo wachstumsbedingt der Tragrand über die Sohle reicht, fällt die haltgebende Wirkung der Sohle weg und die Hornröhren unterliegen einer stärkeren Belastung als weiter proximal. Demnach stellen die biomechanischen Stresspunkte im Trachtenbereich die Stelle dar, an der der Hornzusammenhalt überlastet ist und zeigt damit exakt die Grenze, auf der das Sohlenniveau des Tragrandes zu erreichen ist. Nach unserer Theorie stellt also diese mechanisch stark beanspruchte Region im Trachtenbereich eine sichtbare und messbare Orientierung für die Kürzung des Hufhorns im Sinne der F-Balance dar.

Punkt 2 – Die Grenze zwischen Sohle und Hufwand

Wie oben beschrieben stehen die biomechanischen Stresspunkte im Trachtenbereich in direkten Zusammenhang mit dem Sohlenniveau. Sie grenzen demnach deutlich die Stelle ab, an welcher der Tragrand über die Sohle hinauswächst. Verfolgt man diese Linie weiter, ergibt sich der zweite Orientierungspunkt dieser Theorie. Die Grenze, an der Hufwand und Sohle aneinander stoßen, und die Höhe, die sich der Tragrand an dieser Grenze über die Sohle erhebt (Abb. 6 und 7).

Das Sohlensegment nimmt die distale Fläche des Hufes ein und wird durch den Tragrand begrenzt. Die Sohle zeigt bei einem gesunden Huf eine Wölbung, die sich bei Lastaufnahme leicht abflacht. An der weichen Sohle beginnen die Hornzellen, sich in den distalen Lagen voneinander zu lösen und an der Oberfläche abzuschilfern. Somit ist die Sohle unbearbeitet mit einer Schicht aus losen Hornschuppen bedeckt. Die Dicke der Sohle variiert in Abhängigkeit von der Region. Vor der Strahlspitze ist sie am dünnsten und am peripheren Rand nahe der Hufwand am stärksten (Abb. 8). Insgesamt ist eine

Sohlendicke von 6-15 mm zu messen. Die Dicke der Sohle unterliegt jedoch starken Variationen. Wird die Sohle zu stark ausgedünnt oder kommt es zu Quetschungen der Sohle, wird der Papillarkörper der Sohlenlederhaut unter Belastung zusammengedrückt. Mit zunehmender Kompression vermindert sich das Sohlenwachstum und es wird minderwertiges, dünnes, weiches Sohlenhorn gebildet. Die Lederhautpapillen sind zudem mit zahlreichen Schmerz- und Druckrezeptoren



Abb. 6 Grenze zwischen Hufwand und Sohle (→).
Boundary between hoof wall and sole (→).

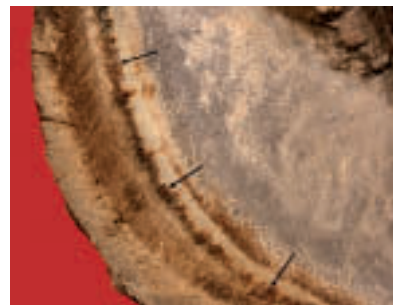


Abb. 7 Tragrandüberstand an der Grenze zwischen Hufwand und Sohle (→).
Overgrowth of the weight bearing margin, coronary and wall horn grown excessively above the sole horn level (→).



Abb. 8 Unterschiedliche Dicke der Sohle in Abhängigkeit von der Region mit der ausgeprägtesten Stärke am peripheren Rand.
Varying thickness of the sole horn depending on the region of the sole. Thickness gradually increases towards the margin of the sole and the thickest horn is present at the border of white line.

besetzt, die dieses Segment sehr empfindlich machen. Demnach ist es wichtig, dass ein Großteil der Last vom Tragrand (Margo solearis) getragen wird. Der Tragrand besteht aus Kron- und Wandhorn. Die Verbindung zwischen Sohle und Hornwand stellt die weiße Linie dar. Das Terminalhorn wird nach dem weichen Verhornungstyp gebildet. Terminalröh-

chen- und Kappenhorn füllen in der weißen Linie die Zwischenräume zwischen den Hornblättchen als elastische Hornmassen aus und bilden dadurch eine flexible Verbindung zwischen Kron- und Sohlenhorn (Bragulla 1994).

Generell weist das Wandhorn gegenüber dem Sohlenhorn die doppelte Druckfestigkeit auf. Auch im Vergleich mit der Zugfestigkeit ist das Sohlenhorn schwächer, weist aber nicht viel weniger Belastbarkeit auf als das Kronhorn (Schroth 2001). Damit wird klar, dass insbesondere die dünnen Teile der Sohle nicht zum direkten Tragen der Last herangezogen werden sollten und damit die Sohlenwölbung zu erhalten bzw. wiederherzustellen ist. Wenn überhaupt, kann der periphere Sohlenrand unterstützend zur Gewichtsaufnahme genutzt werden. Demnach ist es wichtig, den Tragrand nicht zu stark zu kürzen, jedoch im ausreichenden Maße, um biomechanische Überlastung und Ausbrechen der Hornstruktur zu vermeiden. Denn wie oben beschrieben ist mit 70 cm² die Fußungsfläche, die zur Lastaufnahme genutzt wird, sehr klein. Je schmaler demnach der tragende Hufabschnitt gehalten wird, desto mehr Gewicht lastet auf den entsprechenden Strukturen. Somit ist es durchaus von Nutzen, die äußeren, an die weiße Linie grenzenden 0,3-0,6 cm des Sohlenabschnitts mit zum Tragen heranzuziehen (Balch et al. 1997). Anhand dieser anatomischen Grundlagen, lässt sich ableiten, dass die Grenze von Sohle zu Tragrand ein genaues Maß vorgibt, wie viel Horn entfernt werden darf, um einen belastbaren Tragrand und ausreichend Fußungsfläche zu schaffen.

Punkt 3 – Der Winkel des proximalen Wandabschnitts – Was von oben vorgegeben wird

Auch die Wandkontur des Hufes passt sich den biomechanischen Belastungen an (König und Liebich 2011). Besonders auffällig wird dies an schiefen Hufen mit unterschiedlich gewinkelten bzw. langen Wänden. Generell lässt sich sagen, dass die steilere Hufwand mehr Gewicht zu tragen hat, also mehr unter biomechanischer Belastung steht. Dies hat eine adaptive Anpassung des Hufhorns zur Folge. Wie oben beschrieben ist festes Hufhorn durch viele Hornröhrchen pro Flächeneinheit, mit starker Rinde, die nur wenig Zwischenröhrchenhorn zum Zusammenhalt brauchen, gekennzeichnet. Damit zeigen auch steile Wandabschnitte weniger Zwischenröhrchenhorn sowie im Kronhorn dünnere Röhrchen mit dickerer Rinde und kleineren Markräumen (Bruhnke 1931). Zudem drängen sich mehr Hornröhrchen auf einer Fläche zusammen als auf der flachen Hufseite. Diese funktionelle Adaptation bedeutet im Umkehrschluss, dass in den flachen Wandabschnitte, die weniger Kräfte zu tolerieren haben, die Feinarchitektur der Röhrchen entsprechend ausgerichtet ist. Makroskopisch sichtbar wird dies auch im Vergleich der Dicke zwischen steiler und flacher Wand. Die steilere Wand ist deutlich dünner als die flache. Dies zeigt sich insbesondere im distalen Teil und ist besonders gut ersichtlich bei der Betrachtung des Tragrandes auf Höhe des Sohlenniveaus.

Physikalisch ist es zudem so, dass eine gestreckt laufende Wand effizienter Last aufnimmt als ein Abschnitt mit Knicken und Richtungsabweichungen (Abb. 9 und 10). Die Hufwände sind so zu bearbeiten, dass alle Teile gleichmäßig zur Lastaufnahme herangezogen werden (Ruthe 1988, O'Grady und Poupard 2003). Die Autoren gehen davon aus, dass das pro-

ximale Drittel der Hufwand den von der Gliedmaße und dem Huf vorgegebenen Winkel vorgibt, was einen weiteren natürlichen Orientierungspunkt zur Herstellung eines belastbaren Hufes darstellt. Da die abgeknickten und flacheren Wandteile mehr dickeres Wandhorn aufweisen als die steilen, kann durch Beraspeln die optimale Winkelung durch Streckung der Wand wiederhergestellt werden (Abb. 11). Somit werden die



Abb. 9 Winkelabweichung der Wandkontur (weißer →) des Hufes mit einem Hornspalt (→) resultierend aus einer biomechanischen Überlastung in dieser Region.

Deviation of the wall angle (white →) at a hoof with a horn crack (→) due to biomechanical overload in this region.



Abb. 10 Winkelabweichung der Wandkontur (weißer →) des Hufes mit Stauchung (→) der Hufwand.

Deviation of the angle of the wall contour (white →) of the hoof with compressibility (→) of the hoof wall.



Abb. 11 Adaption der Hufwand an unterschiedliche Belastungsverhältnisse.

Adaption of the hoof wall to different load.

beim Aufußen auftretenden Kräfte direkt und ohne Knicke oder Winkeländerung auf die Hornkapsel übertragen. Als Referenz bzw. Bezugspunkt zeigt sich ebenfalls ein Zusammenhang zwischen der Breite des Tragrandes und der Verkrümmung der Hornwand (Abb. 12). Je dicker der Trage-

rand, desto mehr kann von der Wand abgetragen werden. Resultat ist ein gleichmäßig breiter Tragerand und gleichmäßig gestreckte Wände an der gesamten Hornkapsel.

F(flexibilität)-Balance – Die Beschreibung der longitudinalen Flexibilität

Die longitudinale Flexibilität steht in direktem Zusammenhang mit der vertikalen Flexibilität und der medio-lateralen Balance des Hufes (Anz 2009). Insbesondere das Kronsegment mit der ausgeprägten Subkutis am Übergang zu den Weichgeweben der Gliedmaße zeichnet sich durch eine starke Beweglichkeit aus. Diese Flexibilität wird besonders deutlich in der Ballenregion. Die beiden Hufballen, geteilt durch die Ballengrube und gestützt durch die Hufknorpel zeigen viel Spielraum in der vertikalen Ebene. Zudem ist auch das Hufhorn an sich durch Elastizität gekennzeichnet, die es ihm erlaubt, Bewegungen in verschiedene Richtungen zu tolerieren (Douglas et al. 1996). Viel Beschrieben ist die Flexibilität im Rahmen des Hufmechanismus, wobei insbesondere die Beweglichkeit in horizontaler Richtung von Bedeutung ist. Beim Aufsetzen treten zudem starke Kräfte in vertikaler Richtung, also senkrecht zu den Hufstrukturen auf. Diese Druckkräfte werden zwar auf die Tra-



Abb. 12 Unterschiedliche Dicke des Tragerandes (↔) in Abhängigkeit von den Belastungsverhältnissen.
Different thickness of the weight bearing margin (↔) depending on the stress situation.

gränder umgeleitet, dennoch wird die vertikale Belastung des Hufes nicht aufgehoben. Diese vertikalen Kräfte reichen aus, um Bewegungen in entsprechender Richtung im Trachten- und Ballensegment hervorzurufen. Drehpunkt stellt hier die Zehemitte in Verlängerung des Strahls dar. Ausgehend von diesem Drehzentrum können sich die mediale und laterale Hufhälfte im hinteren Hufbereich in vertikaler Richtung flexibel bewegen. Dieser Mechanismus ist notwendig, um beim Laufen auf unregelmäßigem Untergrund Unebenheiten ausgleichen zu können. Beispielsweise ein Stein unter der lateralen Trachte bzw. hinteren Seitenwand würde beim Auftreten einen enormen Druck verursachen, wäre der Huf in der vertikalen Richtung ein starres Gebilde. Durch die vertikale Flexibilität ist es möglich, dass sich die entsprechende Seite etwas nach proximal verschiebt, während die mediale Seite normal auf dem planem Untergrund fußt. Diese Tatsache setzt das Konzept der Hufzubereitung nach Daniel Anz um. Die Trachtenlänge, gemessen vom Haaransatz bis zum Stresspunkt, ist für den Huf medial und lateral gleich lang. Lediglich deren Winkelung wird durch das Pferd vorgegeben und bestimmt die individuelle Glied-

massenstellung. Bei Pferden mit schiefen Hufen und Gliedmaßenfehlstellungen wird, bedingt durch eine ungleiche Trachtenlänge verbunden mit einer medio-lateralen Imbalance, der Ballen der längeren Trachte häufig nach proximal gestaucht (Anz 2007). Durch das Angleichen der Trachtenlängen wird sich die ursprünglich längere Trachtenseite nach dem Ausschneiden zunächst in der Schwebe befindet und die Boden-

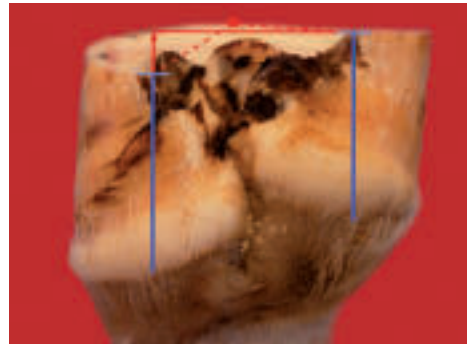


Abb. 13 Hufzubereitung nach Methode der F-Balance mit Angleichung Trachtenlängen (I), wobei sich die ursprünglich längere Seite in der Schwebe (I) befindet und die Bodenfläche des Hufes einen spiralförmigen Verlauf aufweist. Schema zur Beschreibung der longitudinalen Flexibilität (↑) des Hufes. Drehpunkt der longitudinalen Flexibilität im Bereich vor der Strahlspitze (•).

Hoof trimming using the F-Balance method with adjustment of the length of the heels (I). Note that the original longer side is in suspense (I) and the ground surface of the hoof shows a spiral shape. Semi schematic illustration showing the longitudinal flexibility of the hoof. Center of rotation of the longitudinal flexibility (↑) in the area in front of the apex of frog (•).

fläche des so zubereiteten Hufes die Form einer Spirale aufweisen (Abb. 13). Durch die longitudinale bzw. vertikale Flexibilität kann sich durch die Belastung der Gliedmaße oder das Aufbringen eines Hufbeschlages die zuvor hochgestauchte Wand wieder senken. Gleichzeitig wird auch das Hufbein so verlagert, dass es anschließend parallel zum Boden verläuft. Daraus resultieren eine Verlagerung des Schwerpunktes und eine Verbesserung des Gangbildes sowie der Gliedmaßenstellung. Das Pferd, die Gliedmaße und der Huf befinden sich in ihrer natürlichen Balance, welche von der Physiologie des Pferdes gefordert wird, da sich der Hufbearbeiter streng nach den sicht- und messbaren Marken im Huf richtet.

Praktische Durchführung der Hufzubereitung nach der F-Balance

Grundlegend sollte die arbeitende Person die Gliedmaße des Pferdes selber aufnehmen. Dies ist hilfreich, um einen korrekten Blick auf die palmare/plantare Huffläche zu haben und im richtigen Winkel auf die Hufe zu schauen. Nur so lässt sich der Huf sachgerecht bearbeiten.

1. Schritt

Um eine genaue Beurteilung des Hufes zu gewährleisten und alle oben beschriebenen Orientierungspunkte zu erkennen, ist eine gründliche Reinigung des Hufes unerlässlich. Dies beinhaltet unter Umständen auch die Entfernung von loseem Ballen- bzw. Saumhorn, welches das kaudale Ende der lateralen

Strahlfurchen und den kaudalen Trachtenbereich bedeckt. Zudem sollte eine Säuberung der Sohle erfolgen, wobei lediglich das lose, mürbe Sohlenhorn abgetragen wird, um die Grenze zwischen funktionaler Sohle und Wandabschnitt darstellen zu können.

2. Schritt

Es folgt eine gedachte Verlängerung der jeweiligen kaudalen Trachtenwand zum Haaransatz des darüber liegenden Bal-



Abb. 14 und 15 Messung der Distanz zwischen Haaransatz und den strukturellen Veränderungen im Trachtenbereich mit einem Zirkel zur Orientierung, in welchem Maße die Kürzung des Hufes zu erfolgen hat.

Measurement of the distance between hair line and the structural alterations in the heels with a compass for orientation, in which dimension the hoof has to be trimmed.



Abb. 16 Kürzung des Hufes ausgehend von der lateralen Trachte im Bereich der strukturellen Abweichungen mit einer Hufschneidezange. *Trimming of the hoof beginning at the lateral heel in the region of the structural change with a hoof cutting tong.*

lens. Auf der Seite, wo die strukturellen Abweichungen besonders deutlich sichtbar sind, wird die Distanz zwischen Haaransatz und diesem Punkt gemessen. Dies wird mit Hilfe eines Zirkels durchgeführt (Abb. 14 und 15). Zur besseren Erkennung beim anschließenden Kürzen der Wand wird mit

der Zirkelspitze direkt am Stresspunkt die Wand leicht ange-ritzt. Anschließend wird mit der gleichen Einstellung am Zirkel auf der anderen Trachtenseite die Lage des Stresspunktes kontrolliert und angezeichnet.

3. Schritt

Nach Erkennung der Stresspunkte und Festlegung des abzutragenden Trachtenhorns wird mit einer Hufschneidezange eine Trachte genau auf Höhe des jeweiligen Stresspunktes



Abb. 17 Kürzung des überstehenden Tragrandes mit einer Hufschneidezange entlang der Wand-Sohlengrenze. *Trimming the overgrown weight bearing margin with a hoof nipper along the border between hoof wall and sole.*



Abb. 18 Abschließen der Kürzung des Tragrandes mit Erreichen der medialen Trachte im Bereich der strukturellen Abweichungen mit Angleichung der Trachtenlängen.

Complete the trimming of the weight bearing margin down to the level of the medial heel in the region of the structural changes while adjusting the length of the heels.



Abb. 19 Begradigung der Fußungsfläche durch planar führen der Raspel.

Straightening of the weight bearing surface with planar use of the rasp.

gekürzt (Abb. 16) und der über das Sohlenniveau stehende Tragrand entlang der Wand-Sohlengrenze abgestemmt (Abb. 17). Die Zange ist plan, im 90° Winkel zur Zehenachse, in

leicht versetzten Abständen entlang dieser Markierung bis zum Stresspunkt der anderen Trachte zu führen (Abb. 18). Nur so erhält man einen gleichmäßigen stufenlosen Tragrand.

4. Schritt

Nach der Kürzung des Tragrands werden mit einer Raspel vorsichtig entstandene Grate entfernt und eventuell (bei unbeschlagenen Pferden) der Tragrand gebrochen. Dies erfolgt durch Beraspeln oder vorsichtiges Abkneifen der äußeren



Abb. 20 Abrunden des Tragrandes mit einer Raspel.
Rounding the weight bearing margin with a rasp.



Abb. 21 und 22 Angeglichene Trachtenlängen nach Kürzung des Hufes ausgehend von den strukturellen Veränderungen im Trachtenbereich entlang der Wand-Sohlengrenze.
Adjusted heel length after trimming the hoof starting from the structural changes in the heels along the border between hoof wall and sole.

Millimeter des Tragrands (Abb. 19). Es sollte maximal Horn bis zur weißen Linie entfernt werden. Bei der Bearbeitung der Fußungsfläche mit der Raspel ist darauf zu achten, dass diese absolut plan geführt wird und nur zur Entfernung kleiner Unebenheiten genutzt wird (Abb. 20). Das angestrebte Ziel ist ein möglichst gleichmäßiger Tragrand, von dem alle Abschnit-

te zur Lastaufnahme herangezogen werden. Mit der Belastung des Hufes werden sich aufgrund der vertikalen Flexibilität beide Trachtenseiten, die nun die exakt gleiche Länge aufweisen (Abb. 21 und 22), auf das gleiche Bodenniveau begeben, wodurch sie nun auch eine gleiche Höhe aufweisen.

5. Schritt

Die gleichen Arbeitsschritte werden an der kontralateralen Gliedmaße wiederholt. Dabei ist unbedingt die ermittelte Länge der Trachten der zuerst bearbeiteten Seite beizubehalten! Die ermittelte Distanz bleibt im Zirkel festgestellt. Der Rest wird wie beschrieben durchgeführt. Die Erfahrung in der Messung der Trachtenlängen hat gezeigt, dass ca. 98 % der Pferde an den Vordergliedmaßen das exakt gleiche Maß zeigen und ebenso an den Hintergliedmaßen ein zwar kürzeres, jedoch für die 4 Trachten gleiches Maß vorweisen.

6. Schritt

Als nächstes erfolgt die Bearbeitung der Hintergliedmaßen nach dem gleichen Schema, nur dass die Trachtenlänge mit dem Zirkel neu auf die Hinterhufe angepasst wird. Dabei wird die jeweilige Länge wieder für beide Seiten genutzt.



Abb. 23 und 24 Streckung der Wand mit einer Huf Raspel.
Trimming the hoof wall contour with a hoof rasp.

7. Schritt

Zuletzt werden mit Hilfe der Huf Raspel die Hufwände, bei Bedarf, so bearbeitet, dass sie einen ungebrochenen gestreckten Verlauf zeigen (Abb. 23 und 24). Dazu werden sowohl Vorder- als auch Hinterbeine auf einen Bock genommen.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass die Theorie der F-Balance folgenden Ansprüchen gerecht wird: Sie ist individuell auf jedes Pferd und jeden Huf abgestimmt. Unabhängig von Haltung, Fütterung, Alter, Rasse und Nutzung wird die korrekte Bearbeitung des jeweiligen Hufes gewährleistet. Dennoch bezieht sich diese Zubereitungsmethode auf definierte und anatomisch gestützte Referenzpunkte. Diese natürlichen Markierungen sind leicht nachvollziehbar und an jedem Huf je nach Ausprägungsgrad gut sichtbar. Damit ist die Methode präzise lehrbar und damit leicht erlernbar und auf jedes Pferd objektiv und standardisiert zu übertragen. Zudem ist sie leicht in der Durchführung und unter jeden Umständen ohne viele Hilfsmittel praktikabel. Die Theorie gewährleistet die Herstellung eines ausbalancierten Hufes, der die festgelegten Anforderungen an einen gesunden Huf erfüllt und immer auf die gleiche und zuverlässige Weise von Huf zu Huf und Pferd zu Pferd reproduzierbar ist. Mit Sicherheit ist die gleiche Zubereitung von beiden Vorder- bzw. Hinterhufen gegeben. Damit stellt diese Theorie der F-Balance eine neue Methode zum Bearbeiten der Pferdehufe dar, welche die lange schon geforderten definierten Orientierungspunkte zur Hufzubereitung liefert, ohne das Pferd, die Gliedmaße oder den Huf selbst in ein mathematisches oder geometrisches Modell zu pressen. Damit wird dieses Konzept dem menschlichen Wunsch nach konkreten Standardisierung gerecht, ohne die Individualität des Pferdes zu vernachlässigen.

Literatur

- Anz D. (2006) El balance "F" o triangular. *Ecuestre* 286
- Anz D. (2007) El balance "F" del pie. *Hacia el equilibrio absoluto del caballo. El Herrador* 129
- Anz D. (2009) Un nuevo concepto en el herrado del caballo. *Mundo Hípico* 14
- Balch O. K., Butler D., White K. und Metcalf S. (1995) Hoof balance and lameness: improper toe length, hoof angle and mediolateral Balance. *Comp. cont. Educ. pract. Vet.* 17, 1275-1283
- Balch O. K., Butler D. und Collier M. A. (1997) Balancing the normal foot: hoof preparation, shoe fit and shoe modification in the performance horse. *Equine vet. Educ.* 9, 143-154
- Bragulla H., Reese S. und Mülling C. (1994) Histochemical and immunohistological studies of the horn quality of the equine hoof. *Anat. Histol. Embryol.* 23, 44-45
- Bruhne J. (1931) Morphologische Untersuchungen des Wandhorns und der Wandlederhaut einiger pathologischer Hufe. *Dt. tierärztl. Wschr.* 39, 433-438
- Bushe T., Turner T. A. und Poulos P. (1987) The effect of hoof angle on coffin, pastern and fetlock joint angles. *Am. Assoc. Equine Pract.* 33, 729-737
- Colahan P., Lindsey E. und Nunier C. (1993) Determination of the center of pressure of the hoofs of the forelimbs of horses standing on a flat level surface. *Acta Anat.* 146, 175-178
- Collings D. (2006) Hoof trimming in horses. *Vet Rec.* 159, 688
- Corbin I. (2004) Kinematische Analyse des Bewegungsablaufes bei Pferden mit Gliedmaßenfehlstellungen und deren Behandlung durch Beschlagskorrekturen. *Diss. Med. Vet. Hannover*
- Crevier-Denoix N., Roosen C., Dardillat C., Pourcelot P., Jerbi H., Sanaa M. und Denoix J.-M. (2001) Effects of heel and toe elevation upon the digital joint angles in the standing horse. *Equine vet. J. Suppl.* 33, 74-78
- Davies H. M. (2002) No hoof, no horse! The clinical implications of modelling the hoof capsule. *Equine Vet J.* 34, 646-647
- De Wit B., de Clercq D. und Aerts P. (2000) Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running. *J. Biomech.* 33, 269-278
- Douglas J. E., Mittal C., Thomason J. J. und Jofriet J. F. (1996) The modulus of elasticity of equine hoof wall: implications for the mechanical function of the hoof. *J. exp. Biol.* 199, 1829-1836
- Formilo D. (2007) Das Ausbalancieren des Hufes. in: *Der Huf* 126, 22-27
- Fürst A., von Salis B., Isenbügel E., Weishaupt M., Bertolla R. und Geyer H. (2006) Do we need a quality control for horse shoes and farriery? *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 148, 73-80
- Grady S. E. und Poupard D. A. (2001) Physiological horseshoeing: an overview. *Equine vet. Educ.* 13, 330-334
- Hampson B. A., Connelley A. D., de Laat M. A., Mills P. C. und Pollitt C. C. (2011) Sole Depth and weight-bearing characteristics of the palmar surface of the feet of feral horses and domestic Thoroughbreds. *Am. J. Vet. Res.* 72, 727-735
- Kasper A. (2008) *Hufkurs – Das Praxisbuch für Reiter, Hufpfleger und Hufschmiede.* Kosmos Verlag, 3. Aufl., 38-49
- König H. E. und Liebig H. G. (2011) *Anatomie der Haussäugetiere.* Schattauer Verlag, New York, 5. Aufl., 644-653
- Lingens I., Al Aiyon A. und Budras K.-D. (2011) Die Entwicklung der Hufpflege von der Antike bis zur Neuzeit. *Pferdeheilkunde* 27, 514-521
- Jackson J. (1997) *The natural horse – Foundations for the natural horsemanship.* Star Ridge Pub Verlag, 1. Aufl.
- Nickel R. (1938) Über den Bau der Hufhörchen und seine Bedeutung für den Mechanismus des Pferdehufes. *Hannover, tierärztliche Hochschule, Vet. Habilitation, Auszug, Sonderabdruck aus der Dt. tierärztl. Wschr.* 46
- O'Grady S. E. und Poupard D. A. (2003) Proper physiologic horseshoeing. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 19, 333-351
- Ovniczek G. D., Page B. T. und Trotter G. W. (2003) Natural balance trimming and shoeing: its theory and application. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 19, 353-377
- Page B. T. (2002) Breakover of the hoof and its effects on structures and forces within the foot. *J Eq Vet Sc.* 22, 258-263
- Peham C. (2000): Einfluß der Hufkorrektur auf die Fußungskräfte des Pferdes im Schritt- Untersuchung auf der Mehrkomponenten-Kraftmessplatte. *Wien, tierärztl. Monatsschr.*, 87, 77-83
- Richter T. (2011) Wenn das Gebäude krank macht – der „diagnostische Blick“ Sonntag 16 Verlag Zeitschrift für Ganzheitliche Tiermedizin, 25, 16-20
- Ronchetti A., Day P. und Weller R. (2011) Mediolateral hoof balance in relation to the handedness of apprentice farriers. *Vet.Rec.* 168, 48
- Russell W. (1901) Scientific horseshoeing for leveling and balancing the action and the gait of horses and remedying and curing the different diseases of the foot. *Cincinnati: Robert Clarke Co.*, 76, 97-99
- Ruthe H. (1988) *Der Huf.* 4. Aufl., neu überarb. Müller v. H., Reinhard, Fischer, Stuttgart, New York, 37-42, 216-217
- Schroth S. (2001): Anatomische und histologische Untersuchung an den Hufen von Connemara-Ponys, Irish Huntern und Englischen Vollblütern. *Diss. Med. Vet. Leipzig*
- Stashak T. S. (Ed.) (2002) *Trimming and shoeing for balance and soundness.* In: *Adam's Lameness in Horses*, Lea & Febiger, Philadelphia, 4. Aufl.
- Strasser H. (2000) *Gesunde Hufe ohne Beschlag*, Bd. 2 *Huforthopädie*, Danker Verlag Wölfersheim, 1. Aufl.
- Tscherne L. (1910) Über die Beziehung der Qualität des Wandhorns des Pferdes zur histologischen Einrichtung der Selben. [Dissertation med. vet]. *Dresden: tierärztliche Hochschule Dresden*
- Van Heel M. C., Moleman M., Barneveld A., Van Weeren P. R. und Back W. (2005) Changes in location of centre of pressure and hoof-unrollment pattern in relation to an 8-week shoeing interval in the horse. *Equine Vet. J.* 37, 536-40
- Williams G. und Deacon M. (2010) *Hufbalance – Schlüssel zu Gesundheit und Leistung.* Cadmoa Verlag, 1, Aufl. 27-44
- Wilson A. M., Seelig T. J., Shield R. A. und Silverman B. W. (1998) The effect of foot imbalance on point of force application in the horse. *Equine Vet. J.* 30, 540-545
- Wandruszka N. (2008a) *Mediolaterale Imbalance- Funktionelle Anatomie des Pferdes und ihre Wirkung auf den Huf Teil 2. Hundkatzeperferd* 1, 35-37
- Wandruszka N. (2008b) *Dorsopalmare Imbalance- Funktionelle Anatomie des Pferdes und ihre Wirkung auf den Huf Teil 3. Hundkatzeperferd* 2, 27-31
- Dr. med. vet. Jenny Hagen
Veterinär-Anatomisches Institut
Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig
An den Tierkliniken 43
04103 Leipzig
hagen@vetmed.uni-leipzig.de*