

Untersuchungen zur Hufrehe bei Pferden mit Hilfe des HufScan®-Systems

Mohamad Al Naem



INAUGURAL-DISSERTATION zur Erlangung des Grades eines **Dr. med. vet.**
beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Die rechtliche Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Buches liegt ausschließlich bei dem Autor dieses Werkes.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2014

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2014

© 2014 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus dem Klinikum Veterinärmedizin, Klinik für Pferde (Chirurgie) mit
Lehrschmiede der Justus-Liebig-Universität Gießen
Betreuer: Prof. Dr. L. – F. Litzke

Untersuchungen zur Hufrehe bei Pferden mit Hilfe des HufScan®-Systems

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Mohamad Al Naem

Tierarzt aus Aleppo, Syrien

Gießen, 2014

Mit Genehmigung des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr.Dr.h.c. Martin Kramer

1. Gutachter: Prof. Dr. Litzke
2. Gutachter: Prof. Dr. Reinacher

Tag der Disputation: 21.01.2014

Meinen Eltern

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	8	
Tabellenverzeichnis	9	
Abbildungsverzeichnis	13	
1	Einleitung	20
2	Literaturübersicht	21
2.1	Anatomie des Hufes	21
2.2	Die Hufrehe	24
2.2.1	Definition der Hufrehe	24
2.2.2	Ätiologie der Hufrehe	25
2.2.3	Pathogenese	25
2.2.4	Phasen der Hufrehe	27
2.2.5	Symptome der Hufrehe	27
2.2.5.1	Initialphase	27
2.2.5.2	Akute Hufrehe	27
2.2.5.3	Chronische Hufrehe	28
2.2.6	Röntgenologische Untersuchung	28
2.2.7	Therapie der Hufrehe	29
2.2.7.1	Unterstützende Maßnahmen	29
2.2.7.2	Medikamentelle Therapie	30
2.2.7.3	Orthopädische Maßnahmen	30
2.2.7.4	Chirurgische Maßnahmen	33
2.3	Die Methoden zur Erfassung von Lahmheiten und Bewegungsstörungen beim Pferd	33
2.3.1	Bewegungszyklus und Hufkräfte	33
2.3.2	Die Geschichte der Bewegungsanalyse beim Pferd	34
2.3.3	Kinematik	35
2.3.3.1	Hochfrequenzkinematographie	35
2.3.3.2	Elektrogoniometrie	35

2.3.3.3	Elektromyographie	36
2.3.4	Kinetik	36
2.3.4.1	Kaegi Equine Gait Analysis System	37
2.3.4.2	Equine Gait Analysis System	38
2.3.4.3	Kraftmessschuh	38
2.3.4.4	Kraftmessplatte	38
2.3.4.5	Druckmesssystem	39
2.3.4.6	Accelerometrie	40
3	Material und Methode	41
3.1	Tiermaterial	41
3.2	Gruppeneinteilungen	41
3.2.1	Gruppeneinteilungen nach dem Krankheitsstadium	41
3.2.1.1	Gruppe 1 (akute Hufrehe)	41
3.2.1.2	Gruppe 2 (chronische Hufrehe)	42
3.2.2	Einteilung der Rehe-Patienten nach dem Beschlagtyp	43
3.2.2.1	Therapiegruppe A (Klebebeschlag)	44
3.2.2.2	Therapiegruppe B (NBS-Eisen)	44
3.2.2.3	Therapiegruppe C (modifiziertes Hinterhufeisen)	44
3.2.3	Kontrollgruppe	44
3.3	Klinisch-orthopädische und radiologische Untersuchung der Pferde	45
3.3.1	Klinisch-orthopädische und radiologische Untersuchung der Rehe-Patienten (Gruppe 1)	45
3.3.1.1	Klinisch-orthopädische Untersuchung	45
3.3.1.2	Röntgenuntersuchung der Gruppe 1	47
3.3.2	Klinisch-orthopädische Untersuchung der Gruppe 2	48
3.3.3	Klinisch-orthopädische Untersuchung der Kontrollgruppe	48
3.4	Behandlung der Rehe-Patienten	48
3.4.1	Behandlung der akuten Rehe-Patienten	48
3.4.1.1	Orthopädische Maßnahmen zur Behandlung der akuten Rehe-Patienten	48

3.4.1.2	Medikamentelle Therapie der akuten Rehe-Patienten	48
3.4.1.3	Orthopädische Therapie der akuten Rehe-Patienten nach Abklingen der akuten Symptome	49
3.4.1.3.1	Klebebeschlag mit Dallmer-Cuff	49
3.4.1.3.2	Beschlag mit einem NBS-Eisen	50
3.4.2	Orthopädische Therapie der chronischen Rehe-Patienten	50
3.4.2.1	Das NBS-Eisen	51
3.4.2.2	Modifiziertes Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und mit zusätzlichem Strahlunterstützendem Polster	51
3.5	Messsystem und Messmethode zur Bestimmung der Druckverteilung am Huf	52
3.5.1	Datalogger-Einheit	52
3.5.2	Dataabnehmer	53
3.5.3	Remote Trigger (Fern Trigger)	53
3.5.4	Akku-Einheit	54
3.5.5	Der Hufsensor	54
3.5.6	Softwareprogramm (FastSCAN Mobile Research Version 6.34®)	55
3.6	Anbringen des Messsystems am Pferd	56
3.7	Messprotokoll und Durchführung der Messung	57
3.8	Auswertung der Messungen	58
3.9	Statistik	59
3.9.1	Statistische Auswertung der Barhuf-Messungen bei Rehepatienten und der Kontrollgruppe	60
3.9.2	Statistische Auswertungen bei den Therapiegruppen A, B und C	60
4	Ergebnisse	61
4.1	Ergebnisse der klinisch-orthopädischen Untersuchungen	61
4.1.1.	Gruppe 1 (akute Hufrehe)	61
4.1.2	Gruppe 2 (chronische Hufrehe)	62
4.1.3	Kontrollgruppe	62
4.1.4	Therapiegruppe A	65
4.1.5	Therapiegruppe B	65
4.1.6	Therapiegruppe C	66

4.2	Röntgenuntersuchung der Patienten in der Gruppe 1 (akute Hufrehe)	67
4.3	Ergebnisse der medikamentellen Therapie der Hufrehepatienten in der Gruppe 1	68
4.4	Ergebnisse der HufScan-Untersuchungen	70
4.4.1	Beschreibung des Belastungsmusters	70
4.4.1.1	Beschreibung des Belastungsmusters bei den akuten Hufrehe-Patienten barhuf zum Zeitpunkt des Beendens der medikamentellen Therapie	70
4.4.1.2	Beschreibung des Belastungsmusters bei den chronischen Hufrehe-Patienten barhuf vor dem Beschlagen	71
4.4.1.3	Beschreibung des Belastungsmusters in der Kontrollgruppe	73
4.4.1.4	Beschreibung des Belastungsmusters bei den Pferden in der Therapiegruppe A (Klebebeschlag)	74
4.4.1.5	Beschreibung des Belastungsmusters bei den Pferden in der Therapiegruppe B (NBS-Shoe®)	76
4.4.1.6	Beschreibung des Belastungsmusters bei den Pferden in der Therapiegruppe C (modifiziertes Hinterhufeisen)	78
4.4.2	Verteilung der vertikalen Kraft auf die Sohlenabschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten)	79
4.4.2.1	HufScan-Untersuchungen in den Gruppen 1, 2 und der Kontrollgruppe	79
4.4.2.2	Messung der Kraft in der Therapiegruppe A (Klebebeschlag)	84
4.4.2.3	Messung der Kraft in der Therapiegruppe B (NBS – Eisen)	89
4.4.2.4	Messung der Kraft in der Therapiegruppe C (modifizierte Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen)	93
4.4.3	Größe der Belastungsfläche in den verschiedenen Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten)	98
4.4.3.1	Belastungsfläche (Gruppen 1, 2 und Kontrollgruppe)	98
4.4.3.2	Größe der Belastungsfläche in der Therapiegruppe A (Klebebeschlag)	101

4.4.3.3	Größe der Belastungsfläche in der Therapiegruppe B (NBS-Eisen)	104
4.4.3.4	Größe der Belastungsfläche in der Therapiegruppe C (modifiziertes Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen)	107
4.4.4	Größe der Druckspitze in den verschiedenen Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten)	110
4.4.4.1	Druckspitzen beim Klebebeschlag (Therapiegruppe A)	110
4.4.4.2	Druckspitzen in N/cm ² in der Therapiegruppe B (NBS-Eisen)	113
4.4.4.3	Druckspitze in der Therapiegruppe C (Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen)	116
5	Diskussion	120
5.1	Klinisch-orthopädische Untersuchung	120
5.2	Beschlagen der Rehe-Patienten	120
5.3	Die Messmethode	122
5.4	Messungen mit dem HufScan®-System	126
5.4.1	Messungen bei lahmfreien Pferden (Kontrollgruppe)	126
5.4.2	Messungen bei den Hufrehe-Patienten (Gruppe 1 und 2)	126
5.4.3	Messung bei Patienten der Therapiegruppe A (Klebebeschlag)	127
5.4.4	Messung bei Patienten der Therapiegruppe B (NBS-Shoe®)	130
5.4.5	Messung bei Patienten der Therapiegruppe C (modifiziertes Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und Polster)	132
6	Zusammenfassung	133
7	Summary	135
8	Danksagung	137
9	Schrifttum	138

Abkürzungsverzeichnis

- A. Arteria
- Aa. Arteriae
- AAEP American Association of Equine Practitioners
- Abb. Abbildung
- bzw. beziehungsweise
- ca. circa
- cm Zentimeter
- cm² Quadratzentimeter
- g Gramm
- kg Kilogramm
- J Jahr
- M. Musculus
- Mm. Musculi
- mm Millimeter
- N Newton
- N. Nervus
- Nn. Nervi
- NBS Natural Balance Shoe
- N/cm² Newton pro Quadrat Zentimeter
- Nr. Nummer
- s Sekunde
- Tab. Tabelle
- TBS Tiefe Beugesehne
- z.B. zum Beispiel

Tabellenverzeichnis

1. Pferde mit akuter Hufrehe mit Angaben zu Alter, Rasse, Geschlecht, Körpermasse und Verwendungszweck. 42
2. Chronische Hufrehepatienten mit Angaben zu Alter, Rasse, Geschlecht, Körpermasse sowie Verwendungszweck der Patienten. 43
3. Darstellung des Tiermaterials in der Kontrollgruppe mit Angaben zu Alter, Rasse, Geschlecht, Körpermasse sowie Verwendungszweck. 45
4. Untersuchungsprotokoll für die klinische Untersuchung von Rehepatienten (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP). 47
5. Tabellarische Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Patienten in der Gruppe 1 bei Erstvorstellung (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP). 63
6. Tabellarische Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Patienten in der Gruppe 2 vor dem Beschlagen (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP). 64
7. Tabellarische Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Patienten in der Therapiegruppe A nach dem Beschlagen (n=7) (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP). 65
8. Tabellarische Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Patienten in der Therapiegruppe B in der Bewegung nach dem Beschlagen (n=17) (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP). 66
9. Tabellarische Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Patienten in der Therapiegruppe C nach dem Beschlagen (n=7) (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP). 66
10. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung der Gruppe 1 (akute Hufrehe) 87
11. Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Tiere in der Gruppe 1 nach Beenden der medikamentellen Therapie und Entfernen der 69

Hufgipse (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP).

12. Übersicht über die Mittelwerte der Verteilung der vertikalen Kraft (in Prozent) auf die drei Sohlenabschnitte in den drei Gruppen mit Standardabweichung. 80

13. Die p-Werte der prozentualen Kraftverteilung mit den Haupteffekten Gruppe, Seite, Abschnitt und den Wechselwirkungen Seite-Gruppe, Abschnitt-Gruppe, Seite-Abschnitt und Seite-Abschnitt-Gruppe; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben. 84

14. Übersicht der Differenzmittelwerte zur Verteilung der vertikalen Kraft in Prozent für den Klebebeschlag (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung). 86

15. p-Werte zur prozentualen Kraftverteilung der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben. 88

16. Übersicht der Differenzmittelwerte zur Verteilung der Kraft in Prozent für das NBS-Eisen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten mit Standardabweichung. 91

17. p-Werte zur prozentualen Kraftverteilung der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben. 93

18. Übersicht der Mittelwerte und Standardabweichungen der Differenzen zur prozentualen Kraftverteilung in den drei Sohlenabschnitten vor und nach dem Beschlag mit Hinterhufeisen mit seitlichen Aufzügen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen). 95

19. p-Werte zur Differenz der prozentualen Kraftverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten 97

Seite und Hufabschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben.

20. Übersicht über die Verteilung der Belastungsfläche (in Prozent) auf die drei Sohlenabschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) in den Gruppen 1, 2 und der Kontrollgruppe (Mittelwert mit Standardabweichung). 99
21. p-Werte der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche mit den Haupteffekten Gruppe, Seite, Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Gruppe, Abschnitt-Gruppe, Seite-Abschnitt und Seite-Abschnitt-Gruppe; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben. 101
22. Übersicht der Differenzmittelwerte zur Verteilung der prozentualen Belastungsflächen im Vergleich vor und nach dem Klebebeschlagen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung). 102
23. p-Werte zur prozentualen Verteilung der Belastungsfläche der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben. 104
24. Übersicht der Differenzmittelwerte zur Verteilung der Belastungsfläche in Prozent in der Therapiegruppe B (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten mit Standardabweichung. 105
25. p-Werte zur prozentualen Belastungsflächenverteilung der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben. 107
26. Übersicht der Mittelwerte der Differenz zur Verteilung der Belastungsfläche in Prozent in der Therapiegruppe C (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung). 108
27. p-Werte zur prozentualen Verteilung der Belastungsfläche der 110

Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben.

28. Übersicht der Differenzmittelwerte zu den Druckspitzenwerten in 111
N/cm² für den Klebebeschlag (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung).

29. p-Werte zu den Druckspitzenwerten der Differenzen (nach dem 113
Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben.

30. Übersicht der Differenzmittelwerte zu den Druckspitzenwerten für das 114
NBS-Eisen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung).

31. p-Werte zu den Druckspitzenwerten der Differenzen (nach dem 116
Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben.

32. Übersicht der Mittelwerte der Differenz zu den Druckspitzenwerten in 117
N/cm² für das Hinterhufeisen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung).

33. p-Werte zu den Druckspitzenwerten der Differenzen (nach dem 119
Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben.

Abbildungsverzeichnis

1. Halbierender Längsschnitt durch den Huf.	23
2. Segmenteinteilung am ausgeschuhten Huf mit Hornkapsel (links, a und c) und Lederhautoberfläche (rechts, b und d).	24
3. Sagittalschnitt durch einen pathologischen Huf bei Hufrehe mit hochgradiger Rotation des Hufbeines und Quetschung der Sohlenmatrix.	26
4. Teilresektion der dorsalen Hufkapselwand bei einem sieben-jährigen Isländer- Wallach mit einer Hufrehe.	31
5. Der Beschlag nach Bolz-Sander.	32
6. Das herzförmige Hufeisen (Heart Bar Shoe).	32
7. Die vier Phasen der Gliedmaßenbewegung während eines kompletten Bewegungszyklus inklusive Druckverteilungsmuster (Druckmessungen bei einem fünf-jährigen lahmheitsfreien Warmblutwallach).	34
8. Klebebeschlag. A- Ansicht von vorne. B- Bodenfläche	49
9. Das NBS-Eisen. A- Ansicht von vorne. B- Bodenfläche.	50
10. Modifiziertes Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und guter Abdachung im Zehenteil (Pfeil) zur Anwendung an Vorderhufen bei chronischen Hufrehe-Patienten.	51
11. Datalogger-Einheit.	52
12. Dataabnehmer.	53
13. Remote Trigger.	53
14. Akku-Einheit.	54
15. Der Hufsensor.	55
16. Das Sensorbild eines sieben-jährigen Warmblutwallaches während der Stützbeinphase.	56
17. A und B zeigen die einsatzbereite Messapparatur am Pferd.	57

18. Einteilung des Hufabdrucks in drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten)	59
19. Boxplots der Messgrößen Rotationsgrad ($^{\circ}$), Rehestrecke (mm) und der Sohlendicke (mm) in der Gruppe 1 (akuter Hufrehe).	68
20. Das Druckverteilungsbild eines akuten Hufrehe-Patienten (barhuf) mit dem Kraftzentrum.	71
21. Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve (Gruppe 1).	71
22. Das Druckverteilungsbild eines chronischen Hufrehe-Patienten mit einem Flachhuf (barhuf) und eingezeichnetem Kraftzentrum.	72
23. Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve (Gruppe 2).	73
24. Das Druckverteilungsbild eines lahmfreien Pferdes (barhuf) mit dem eingezeichneten Kraftzentrum.	74
25. Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve (Kontrollgruppe).	74
26. Das Druckverteilungsbild (mit dem Kraftzentrum) eines Pferdes mit dem Klebebeschlag.	75
27. Verlauf Kraft-Zeit-Kurve (Therapiegruppe A).	76
28. Das Druckverteilungsbild eines Pferdes mit dem NBS-Eisen mit eingezeichnetem Kraftzentrum.	77
29. Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve (Therapiegruppe B).	77
30. Das Druckverteilungsbild eines Pferdes mit dem modifizierten Hinterhufeisen mit eingezeichnetem Kraftzentrum.	78
31. Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve (Therapiegruppe C).	79
32. Prozentuale Verteilung der vertikalen Kraft auf die drei Sohlenabschnitte der rechten Vordergliedmaße in den Gruppen 1, 2 und in der Kontrollgruppe (Mittelwerte mit Standardabweichung).	81
33. Prozentuale Verteilung der vertikalen Kraft auf die drei Sohlenabschnitte der linken Vordergliedmaße in den Gruppen 1, 2 und in der Kontrollgruppe (Mittelwerte mit Standardabweichung).	81

34. a.) Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) in der Kontrollgruppe exemplarisch dargestellt bei dem Pferd Nr. 45 (barhuf), während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus 82
- b.) Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) in der Gruppe 1, gemessen bei dem Hufrehe-Patienten Nr. 26 (barhuf) nach Abklingen der akuten Symptome, während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus. 82
- c.) Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) in der Gruppe 2, gemessen bei dem chronischen Hufrehe-Patienten Nr. 8 (barhuf), während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus. 83
35. A- Der Hufabdruck des Klebebeschlages mit eingeblendeter Druckskala. 84
- B- Bodenfläche des Klebebeschlages.
36. Die prozentuale Kraftverteilung des Klebebeschlages in den drei Abschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwert mit Standardabweichung). 85
37. Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) bei einem Hufrehe-Patienten nach Anbringen des Klebebeschlages während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus. 86
38. Die Differenz der prozentualen Kraftverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe A in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung). 87
39. Die Differenz der prozentualen Kraftverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe A in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung). 87
40. A- Der Hufabdruck bei einem Pferd nach Beschlag mit einem NBS-Eisen mit eingeblendeter Druckskala. 89
- B- Sohlenfläche des NBS-Beschlages mit eingebrachtem Polster.

41. Die prozentuale Kraftverteilung des NBS-Eisens in den drei 90
Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen
(Mittelwert mit Standardabweichung).
42. Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) bei 90
einem Hufrehe-Patienten nach Anbringen des NBS-Eisens während der
Stützbeinphase eines Bewegungszyklus.
43. Differenz der prozentualen Kraftverteilung (nach dem Beschlagen minus 91
den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der
Therapiegruppe B in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit
Standardabweichung).
44. Die Differenz der prozentualen Kraftverteilung (nach dem Beschlagen 92
minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der
Therapiegruppe B in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit
Standardabweichung).
45. Hufabdruck eines Vorderhufes nach Beschlag mit einem modifizierten 93
Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und Hufpolster.
46. Die prozentuale Kraftverteilung in den drei Sohlenabschnitten (Zehe, 94
Hufmitte und Trachten) beider Vordergliedmaßen nach Beschlag mit einem
Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und Strahlpolster (Mittelwert
mit Standardabweichung).
47. Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) bei 94
einem Hufrehe-Patienten nach Anbringen des modifizierten Hinterhufeisens
während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus.
48. Einfluss des Beschlages (Therapiegruppe C, rechte Vordergliedmaße) auf 95
die relative Kraftverteilung auf die drei Sohlenabschnitte (nach dem
Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) (Mittelwert mit
Standardabweichung).
49. Die Differenz der prozentualen Verteilung der Kraft (nach dem Beschlagen 96
minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der
Therapiegruppe C in den drei Abschnitten (Mittelwert mit
Standardabweichung).

50. Prozentuale Verteilung der Belastungsfläche auf die drei Sohlenabschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) der rechten Vordergliedmaße in den Gruppen 1, 2 und 3 (Mittelwert mit Standardabweichung). 99
51. Prozentuale Verteilung der Belastungsfläche auf die drei Sohlenabschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) der linken Vordergliedmaße in den Gruppen 1, 2 und der Kontrollgruppe (Mittelwert mit Standardabweichung). 100
52. Die prozentuale Verteilung der Belastungsfläche des Klebebeschlages in den drei Abschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Vordergliedmaßen (Mittelwerte mit Standardabweichung). 102
53. Die Differenz der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) auf die drei Sohlenabschnitte der Hufe der rechten Vordergliedmaße in der Therapiegruppe A (Mittelwert mit Standardabweichung). 103
54. Die Differenz der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße auf die drei Sohlenabschnitte in Therapiegruppe A (Mittelwert mit Standardabweichung). 103
55. Die prozentuale Verteilung der Belastungsfläche in der Therapiegruppe B in den drei Abschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwert mit Standardabweichung). 105
56. Die Differenz der prozentualen Belastungsflächenverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe B in den drei Abschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung). 106
57. Die Differenz der prozentualen Belastungsflächenverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe B in den drei Abschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung). 106
58. Die prozentuale Verteilung der Belastungsfläche in den drei Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) nach Beschlag mit einem Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und Polster (Mittelwerte mit Standardabweichung). 108

59. Die Differenz der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe C in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung). 109
60. Die Differenz der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe C in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung). 109
61. Die Druckspitzenwerte des Klebebeschlages in den drei Abschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwerte mit Standardabweichung). 111
62. Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm² (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe A in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung). 112
63. Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm² (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße bei der Gruppe A in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung). 112
64. Die Druckspitzenwerte des NBS-Eisens in den drei Abschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwerte mit Standardabweichung). 114
65. Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm² (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe B in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung). 115
66. Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm² (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe B in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung). 115
67. Die Druckspitzenwerte des Hinterhufeisens mit seitlichen Zehenaufzügen in den drei Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwerte mit Standardabweichung). 117

68. Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm^2 (nach dem Beschlagen minus 118 den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe C in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung).
69. Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm^2 (nach dem Beschlagen minus 118 den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe C in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung).

1. Einleitung

Die Hufrehe ist eine aseptische Entzündung mit Destruktionsprozessen des Hufbeintrageapparates. Ist es bereits zur Lageveränderung des Hufbeines gekommen, spricht man von einer chronischen Hufrehe. In diesem Fall konzentrieren sich die Therapiemaßnahmen auf die orthopädische Zubereitung und den Beschlag des Pferdes.

Im Jahr 1939 wurde an der damaligen Chirurgischen Veterinärklinik in Gießen ein Bolz-Sander-Beschlag entwickelt. Die vorliegende wissenschaftliche Arbeit soll den Einfluss verschiedener nach dem Prinzip von Bolz angefertigten Beschläge auf das Fußungsverhalten des Pferdes, unter besonderer Berücksichtigung der Hufrehe, untersuchen.

In den letzten Jahren wurden erfolgreich verschiedene Druckmesssysteme eingesetzt, um Lahmheiten und Bewegungsstörungen beim Pferd zu analysieren, zu diagnostizieren und Therapiemaßnahmen zu überprüfen.

In dieser Studie wird die Druckverteilung unter dem Huf im Schritt bei unbeschlagenen sowie beschlagenen Pferden mit Hilfe von einem Druckverteilungsmesssystem „HufScan“ der Firma Megascan® untersucht.

Das Ziel dieser Studie ist die Untersuchung des Belastungsmusters bei Rehepatienten sowie lahmfreien, unbeschlagenen Pferden. Weiterhin soll überprüft werden, ob die untersuchten Beschläge die Kriterien des Rehebeschlages nach Bolz erfüllt haben oder nicht. Zum Schluss wird das HufScan-System als eine Methode zur Erfassung kinetischer Parameter und Überprüfung des Effektes verschiedener Beschläge bei Pferden in der Bewegung beurteilt.

2. Literaturübersicht

2.1 Anatomie des Hufes

Der Begriff Zehenendorgan umfasst die Hufkapsel mit den darunter liegenden Strukturen (Bolliger u. Geyer 1992). Das Hufbein, das Strahlbein sowie der distale Teil des Kronbeins befinden sich innerhalb der Hufkapsel (Abb. 1). An der dorsoproximalen Grenze des Hufbeines befindet sich der Processus extensorius, an der die gemeinsame Strecksehne inseriert. Mit den Hufbeinästen sind die Hufknorpel verwachsen (Wissdorf et al. 2002).

Die Hufhaut besteht aus Hufoberhaut (Epidermis), Huflederhaut (Dermis) sowie Tela subcutanea (Unterhaut) (Bolliger u. Geyer 1992). Die Epidermis setzt sich aus Stratum germinativum und stratum corneum zusammen. Die Dermis enthält zahlreiche Blutgefäße, von daher ist sie für die Ernährung der Epidermis verantwortlich (Bolliger 1991). Die Unterhaut wird am Kronsaum und am Ballen zu einem hoch elastischen Kissen modifiziert, das sowohl als Stoßdämpfer eine große Rolle spielt als auch einen sanften Übergang von der behaarten Haut zu der verhornten Hufhaut herstellt (Bolliger 1991). Im Wand- und Sohlenbereich geht die Unterhaut in Periost des Hufbeines und in Perichondrium des Hufknorpels über (Budras und Röck 2008). Im Bereich des Strahles ist die Subkutis polsterartig verdickt, in der sich wenige Drüsen befinden (Bolliger 1991).

Bolliger und Geyer (1992) haben den Huf in verschiedene Abschnitte eingeteilt: Saum, Kron- und Wandsegment sowie Sohlen-, Ballen- und Strahlsegment.

Das Saumsegment ist ein wenige Millimeter breites Band unterhalb des Haaransatzes und geht palmar bzw. plantar in den Ballen über. Die Unterhaut des Saumsegments ist als Polster modifiziert. Seine Lederhaut besteht aus Papillen und seine Oberhaut bildet das Saumhorn, welches distal die Glasurschicht bildet (Budras und König 2008).

Das Kronsegment schließt sich distal an das Saumband an (Budras und König 2008). Hier besteht die Lederhaut aus nach distal gerichteten Papillen, die in die Hornröhrchen hineinpassen (Pollitt 1999). Die Kronepidermis produziert die Hauptschicht der Hufwand, die sich aus Hornröhrchen zusammensetzt, die im Laufe des Wachstums parallel zur Facies parietalis des Hufbeines nach distal geschoben werden (Budras und König 2008).

Das Wandsegment reicht vom Kronsegment bis distal zum Tragrand (Budras und König 2008). Es besteht aus Glasurschicht, Schutzschicht und Verbindungsschicht. Die Glasurschicht ist eine dünne Hornschicht, die von der Saumlederhaut produziert wird. Die Schutzschicht ist die stärkste Schicht und wird vom Kronsegment

produziert. Die Verbindungsschicht besteht aus Hornblättchen, die sich mit den Huflederhautblättchen verzahnen (Wissdorf et al. 2002).

Sowohl die äußere Oberfläche der Wandlederhaut als auch die innere Seite der Hornkapsel besitzen jeweils ca. 600 primäre Lamellen. Jede primäre Lamelle besitzt auf ihrer Fläche ca. 100 bis 200 sekundäre Lamellen (Bolliger und Geyer 1992). Zwischen dem Hufbein und der Hufkapsel spannt sich der Hufbeinträger, welcher aus einem bindegewebigen und einem epidermalen Anteil besteht (Wissdorf et al. 2002). Das auf dem Hufbein als Druckkraft lastende Körpergewicht wird durch den Hufbeinträger in eine Zugkraft umgewandelt und über seinen bindegewebigen (Wandlederhaut) und epidermalen (Wandoberhaut) Teil auf die Hufplatte weitergeleitet (Budras et al. 1993).

Das Sohlensegment ist leicht konkav gewölbt und besitzt keine Unterhaut (Budras und König 2008). Die Hornsohle liegt auf der Basisfläche des Hufes zwischen dem Tragrand und dem Strahl (Wissdorf et al. 2002). Es setzt sich aus Sohlenkörper, zwei Sohlenschenkeln, zwei Sohlenwinkeln sowie wandseitigem und zentralem Rand zusammen (Wissdorf et al. 2002). Genauso wie im Kronsaum passt jede dermale Papille der Sohlenlederhaut in ein Sohlenoberhautröhrchen hinein (Pollitt 2008).

Das Strahlsegment weist eine Strahlspitze sowie zwei Strahlschenkel auf. Zwischen diesen Schenkeln liegt die mittlere Strahlfurche, jeweils seitlich dazu befinden sich die beiden seitlichen Strahlfurchen. Durch den W-förmigen Querschnitt des weichen Hornstrahles ist die stoßbrechende Funktion gewährleistet. An seiner Basis geht der Hornstrahl in den proximal gelegenen Hornballen über (Budras und König 2008).

Die zwischen dem Wand- und Sohlensegment bestehende Verbindung wird als Weiße Linie bezeichnet (Bolliger und Geyer 1992, Wissdorf et al. 2002). Ihre Breite entspricht der Höhe der Hornblättchen. Die weiße Linie spielt eine große Rolle beim Hufbeslag und spiegelt den Zustand des Hufbeinträgers wieder. Sie gliedert sich in Hornblättchen und Füllhorn (Zadow und Budras 2008).

Die Blutgefäßversorgung der Hufe geht von den beiden Aa. digitales palmares bzw. plantares aus (Kainer 1989, Wissdorf et al. 2002). Die Innervation der Lederhaut und der zentralen Teile des Zehenendorgans erfolgt an der Vordergliedmaße über die Nn. digitales palmares mediales und laterales. Während der mediale Zehennerv ausschließlich aus dem N. medianus seine Nervenfasern erhält, hat der laterale Zehennerv seinen Ursprung sowohl im N. medianus als auch im N. ulnaris. An der Hintergliedmaße wird der Huf durch die Nn. digitales plantares mediales et laterales innerviert (Wissdorf et al. 2002).

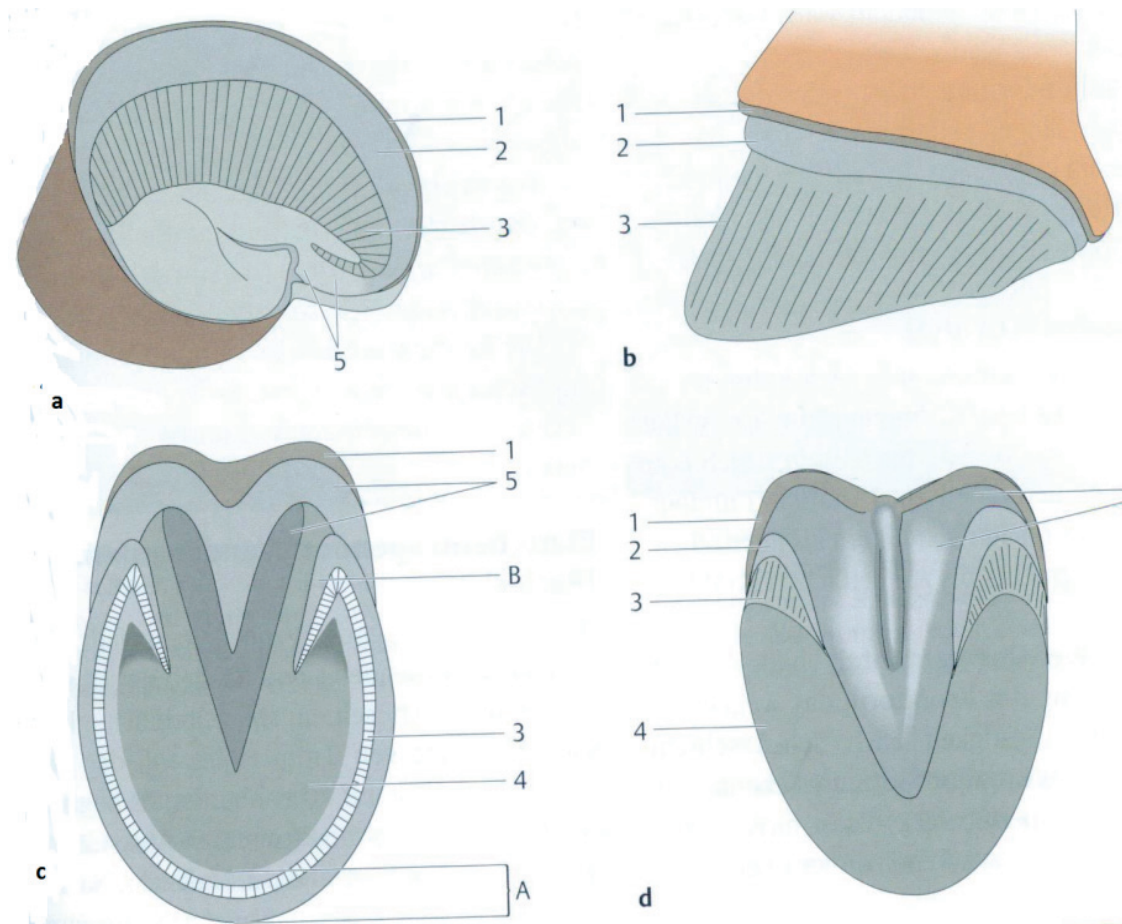


Abb. 2: Segmenteinteilung am ausgeschuhten Huf mit Hornkapsel (links, a und c) und Lederhautoberfläche (rechts, b und d).

a:Innenansicht; b: Lederhautoberfläche der Hufwand; c: Basisfläche mit Tragfläche, bestehend aus Tragrand, weißer Linie und äußerem Sohlenrand (A), die sich in die Eckstrebe (B) fortsetzen; d: Lederhautoberfläche an der Hufbasis.

1 Saumsegment; 2 Kronsegment; 3Wandsegment (in c als weiße Linie sichtbar); 4 Sohlensegment; 5 Strahl-Ballensegment.

(Aus : Litzke und Rau 2012)

2.2 Die Hufrehe

2.2.1 Definition der Hufrehe

Die Hufrehe wird als Pododermatitis aseptica diffusa benannt. Sie stellt eine multifaktorielle bzw. multisystemische Erkrankung mit Manifestation in den Hufen dar (Coffman 1983) und wird durch eine Schädigung bzw. Zusammenhangstrennung des Hufbeinträgers gekennzeichnet (Baxter 1992, Budras et al. 1993. Budras u. Huskamp 1999). Hauptsächlich erkranken beide Vordergliedmaßen, es können aber auch nur ein Huf oder alle vier Hufe betroffen sein (Stashak 1989).

Man unterscheidet die akute von der chronischen Hufrehe. Im akuten Stadium zeigt das Pferd Schmerzsymptome im Bereich des Hufes mit pochender Pulsation, Wendeschmerzen und Lahmheit (Stashak 1989). Es wird erst von einer chronischen Hufrehe gesprochen, wenn eine Verlagerung des Hufbeines innerhalb der Hufkapsel in Form von Senkung bzw. Rotation vorliegt (Buchner u. Berger 2009).

2.2.2 Ätiologie der Hufrehe

Man unterscheidet verschiedene Reheursachen, wie z. B. die Fütterungsrehe, die Geburtsrehe und die Belastungsrehe. Die Fütterungsrehe wird durch einen Kohlenhydratüberschuss verursacht (Buchner 2005). Als Geburtsrehe bezeichnet man eine Rehe, die durch die bei einer Nachgeburtsverhaltung freigesetzten Toxine ausgelöst wird (Stashak 1989). Des Weiteren kann eine Überbelastung einer Gliedmaße eine Belastungsrehe auf der überbelasteten Gliedmaße auslösen (Peloso et al. 1996). Ein weiterer wichtiger Auslöser ist eine Glukokortikoidverabreichung, insbesondere Triamzinolon (Gerhards 2008, Buchner u. Berger 2009). Endotoxämie bei schwerer Kolik (Farajallah 2007), Kolitis und septische Peritonitis (Buchner u. Berger 2009) können ebenso wie Infektionen des Respirationstraktes (Pleuropneumonie, septische Pleuritis) eine Hufrehe auslösen (Buchner u. Berger 2009). Außerdem wird die Hufrehe durch die Aufnahme von großen Mengen kalten Wassers nach einer anstrengenden Arbeit ausgelöst (Stashak 1989). Neben diesen Auslösern können auch Equines Cushing-Syndrom und Equines Metabolisches Syndrom eine Hufrehe verursachen (Buchner u. Berger 2009). Die Aufnahme von Giftpflanzen, wie schwarze Walnuss kann auch Hufrehe hervorrufen (Belknap et al. 2007).

2.2.3 Pathogenese

Eine der Theorien ist die Vasokonstriktionstheorie, welche auf einer Mikrozirkulationsstörung beruht, die mit Hypoperfusion und Ischämie einhergeht (Hood 1984). Die Vasokonstriktion führt zur Öffnung von arterio-venösen Anastomosen an der Basis der primären Lederhautblättchen (Molyneux et al. 1994, Buchner u. Berger 2009). Die arterio-venösen Anastomosen (AVA) haben den geringsten Widerstand, so dass das Blut direkt von den Arterien in die Venen fließt (Robinson 1990).

Bei allen Formen der Hufrehe entstehen Minderdurchblutungen in den Hufen bis hin zu einer lokalen Ischämie in der Huflederhaut (Coffman et al. 1970, Moore et al. 1989). Die entstehende Ischämie löst einen Schmerz aus, welcher eine Katecholaminausschüttung bewirkt, und dadurch wiederum zu einer Verstärkung der Vasokonstriktion führt (Rautenfeld und Fedele 2005). Die Minderdurchblutung wird entweder durch Vasokonstriktion (Hertsch 1993) oder Vasokompression verursacht (Budras u. Huskamp 1999, Dietz u. Budras 2000). Bei der traumatischen Rehe wird die Vasolazeration als Ursache der Durchblutungsstörung angesehen (Dietz u.

Budras 2000). Es kommt durch die Unausdehnbarkeit der Hufkapsel zu einer Verstärkung der Minderdurchblutung, da das durch eine Kapillarschädigung ausgetretene Blut zu einer Kompression der Gefäße innerhalb der Hufkapsel führt (Hertsch 1993).

Die Matrix-Metalloproteinasen MMP 2 und MMP 9 sind für das normale Remodelling der Verbindungen zwischen Basalmembran und Basalzellen im Rahmen des Hornwachstums verantwortlich (Buchner u. Berger 2009). Die zweite Theorie basiert auf der Lyse und der Trennung der Basalmembran von den epidermalen Zellen infolge der Aktivierung von Matrix-Metalloproteinasen (MMP) durch Entzündungsmediatoren sowie andere Triggerfaktoren (Pollitt 1999, Kyaw-Tanner und Pollitt 2004).

Bei der Belastungsreihe zeigen die Pferde keine systemische Abnormalität, sondern eine Verletzung an einer Gliedmaße, die zur übermäßigen Belastung der kontralateralen Gliedmaße führt (Baxter 1992). Die Kombination einer reduzierten Durchblutung an der dorsalen Hufwand und der ständige Zug der tiefen Beugesehne am Hufbein konnten zur Trennung der Huflederhaut von den epidermalen Zellen beitragen, und eine Hufrehe auslösen (Baxter 1992).

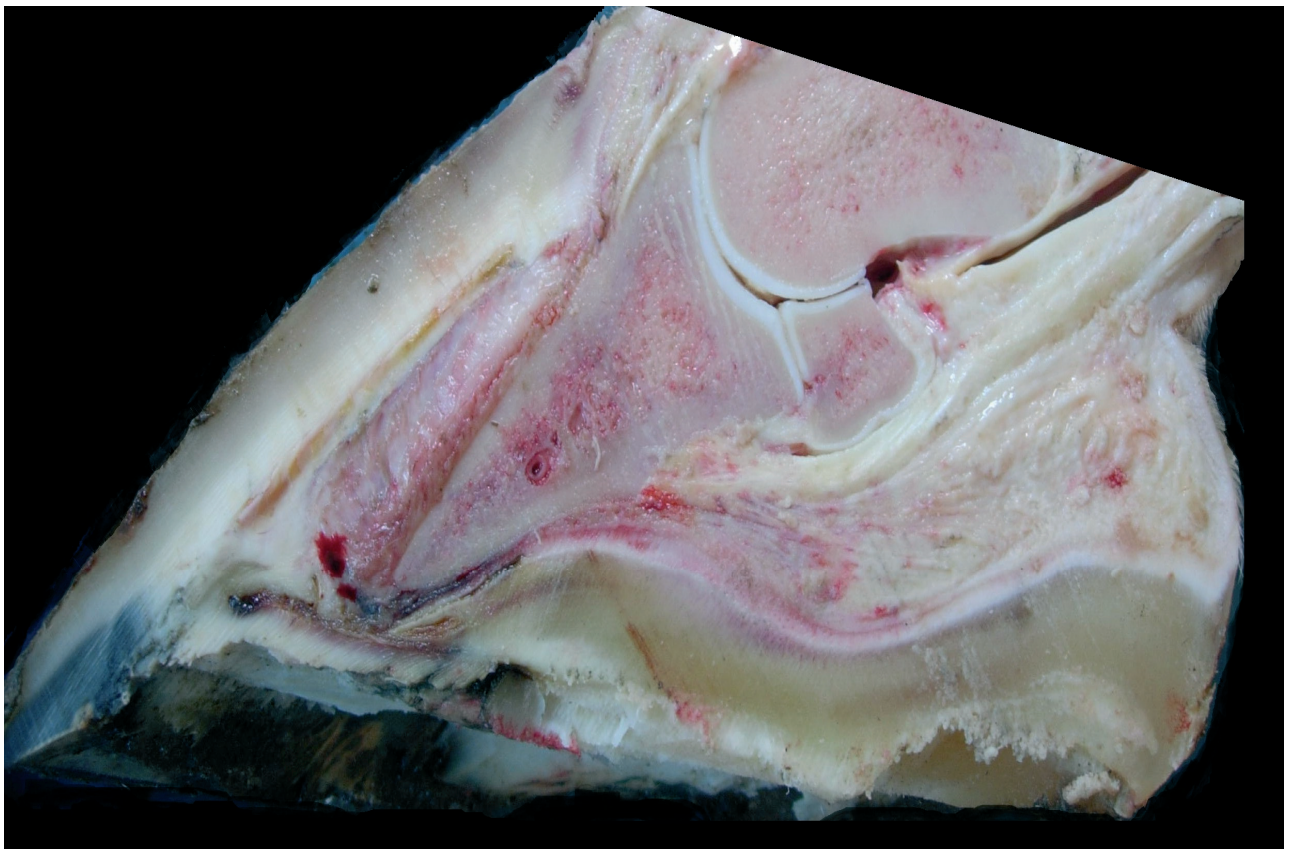


Abb. 3: Sagittalschnitt durch einen pathologischen Huf bei Hufrehe mit hochgradiger Rotation des Hufbeines und Quetschung der Sohlenmatrix

2.2.4 Phasen der Hufrehe

Die Hufrehe beginnt mit der Initial- oder Entwicklungsphase, die den Zeitraum vom Beginn des Einwirkens der auslösenden Faktoren bis kurz vor dem Auftreten der ersten Symptome umfasst. Sie kann 24 bis 48 Stunden (Buchner 2005) oder sogar bis 10 Tage bei der Belastungsrehe dauern (Körber 2006). Danach beginnt die akute Phase mit den ersten Symptomen an den Hufen. Bei adäquater Therapie kann die akute Hufrehe vollständig abheilen (Buchner 2005). Kommt es durch die akute Hufrehe zur Lageveränderung des Hufbeines innerhalb der Hufkapsel, spricht man von einer chronischen Hufrehe (Buchner 2005, O'Grady 2010). oder wenn die akuten Rehesymptome mehr als 72 Stunden andauern (Morrison 2010). Morrison (2010) teilt die chronische Hufrehe in eine stabile und aktive instabile Phase. In der stabilen Phase ist die Verlagerung des Hufbeines abgeschlossen, während es in der aktiven Phase, bereits rotiert, aber noch nicht stabil.

2.2.5 Symptome der Hufrehe

2.2.5.1 Initialphase

Während der Entwicklungsphase zeigen die Pferde keine klinischen Symptome einer Hufrehe (Körber 2006, Buchner u. Berger 2009).

2.2.5.2 Akute Hufrehe

Bei der akuten Hufrehe ist der Allgemeinzustand deutlich reduziert, Herz- und Atemfrequenz, sowie die Körpertemperatur sind erhöht, die Schleimhäute sind injiziert und gerötet, die Futteraufnahme ist reduziert oder völlig aufgehoben (Stashak 1989, Körber 2006). Die Pferde nehmen eine charakteristische Stellung ein und versuchen ihr Gewicht auf die Trachten zu verlagern. Bei Erkrankung der Vorderhufe, stellt das Pferd die Vorderbeine weit nach vorn um den Zug der tiefen Beugesehne auf das Hufbein zu verringern. Die Hinterhufe werden unter den Körper gestellt um viel Körperlast zu übernehmen. Sind die Hinterhufe betroffen, werden die Vorderhufe unter den Körper gestellt. Im Falle einer Beteiligung aller vier Hufe versucht das Pferd lange Zeit auf dem Boden zu liegen (Stashak 1989). In der Bewegung zeigen die Pferde Trachtenfußung, einen klammen Gang und Wendeschmerzen. Die Pulsation der Mittelfußarterie (A. digitalis palmaris communis II, A. metatarsa dorsalis III) ist verstärkt. Außerdem sind die betroffenen Hufe vermehrt warm und die Hufzangenuntersuchung ist positiv (Baxter 1996).

Nach dem System von OBEL kann man die akute Hufrehe klinisch in verschiedenen Lahmheitsgrade einteilen (Buchner u. Berger 2009):

- Grad I: Das Pferd bewegt sich freiwillig und zeigt im Trab einen klammen Gang, die Hufe werden ständig wechselseitig belastet.
- Grad II: Das Pferd bewegt sich noch willig, zeigt den typischen Rehegang und Wendeschmerz. Das Aufheben einer Vordergliedmaße ist immer möglich.
- Grad III: Das Pferd bewegt sich widerwillig, und zeigt Widerstand beim Aufheben eines Fußes.
- Grad IV: Das Pferd steht wie angewurzelt auf der Stelle oder liegt.

Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Lahmheitsgrad und den mikroskopischen Schädigungen. Je höher der Lahmheitsgrad ist, desto stärker sind die mikroskopisch erkennbaren Schäden am Hufbeinträger (Pollitt 2008).

2.2.5.3 Chronische Hufrehe

Bei chronischer Rehe beschränken sich die Veränderungen auf den Huf und den Gang. Es kommt zum Einsenken der Krone oberhalb der Hufkapsel, welches als Delle oberhalb des Kronsaumes palpiert werden kann (Schatzmann et al. 1990) und zur Hufbeinabsenkung oder Hufbeinrotation (Abb. 3), welche durch den Zug der tiefen Beugesehne am Hufbein ausgelöst wird (Huskamp 1990). Der Huf verliert seine regelmäßige Form und nimmt die Form eines Rehehufes an, der durch typische divergierende Reheringe charakterisiert ist. Zusätzlich ist die weiße Linie verbreitert und die Sohle ist abgeflacht oder vorgewölbt. Die dorsale Hufwand nimmt eine konkave Form an und bei inadäquater Hufkorrektur kann sich eine typische Hufreheknolle entwickeln (Buchner u. Berger 2009). Des Weiteren kann es durch eine starke Rotation des Hufbeines innerhalb der Hufkapsel zum Sohlendurchbruch kommen (Pollitt 1999).

2.2.6 Röntgenologische Untersuchung

Um eine Lageveränderung des Hufbeines innerhalb der Hufkapsel zu erkennen, und die Prognose zu bestimmen, sollten Röntgenaufnahmen in einem lateromedialen Strahlengang angefertigt werden (Buchner u. Berger 2009). Außerdem ist eine Röntgenaufnahme im Strahlengang von anterior nach posterior (0°) erforderlich, um eine Seitenrotation des Hufbeines zu diagnostizieren (Brunken 2008).

Die Dorsalwand der Hufkapsel und die Dorsalfläche des Hufbeines sind bei gesunden Pferden annähernd parallel (Buchner u. Berger 2009). Der Rotationsgrad ergibt sich aus der Divergenz des Winkels der dorsalen Hufkapselwand und des dorsalen Hufbeinwinkels (Brunken 2008). Abweichungen bis zu 4° können als normale Variation und Messunschärfe angesehen werden. Liegt eine Rotation von $5-10^\circ$ vor, handelt es sich um eine geringgradige Hufbeinrotation. Von einer

mittelgradigen Hufbeinrotation spricht man, wenn der Winkel zwischen 10-15° liegt. Ein Winkel über 15° wird als hochgradige Hufbeinrotation eingestuft (Buchner u. Berger 2009).

Zur Bestimmung der Hufbeinsenkung wird die Rehestrecke gemessen. Die Rehestrecke ist der vertikale Abstand zwischen dem proximalen Punkt der dorsalen Hufwand und dem proximalen Punkt des Processus extensorius des Hufbeines. Im Falle einer Senkung des gesamten Hufbeines beträgt der Hufwand-Hufbein-Abstand mehr als 2 cm und der Margo solearis-Bodenabstand verringert sich (Brunken 2008).

Außerdem kommt es infolge von Zerreißen an den verschiedenen Verankerungen des Hufbeinträgers und im Bereich des vermehrt gebildeten Narbenhorns zum Eintreten von Luft in die dorsale Hornwand. Im Röntgenbild führt das zur Entstehung von Aufhellungslinien zwischen dem Hufbein und der dorsalen Hufwand (Butler et al. 1993). Die andauernde Druckbelastung der Spitze des rotierten Hufbeines auf dessen Sohlenrand führt zur Aufbiegung des Margo solearis und zur Bildung einer hutkrempeartigen Ausziehung (Bolz 1939, Thrall 1994, Brunken 2008). Frakturen des Margo solearis entstehen sekundär durch Ostitis oder Osteomyelitis (Thrall 1994). Zusätzlich kann eine Atrophie des Hufbeines bei der chronischen Rehe mit großem Rotationswinkel infolge des permanenten Drucks auf den Margo solearis beobachtet werden (Bolz 1939, Brunken 2008).

Des Weiteren stellt sich die digitale Venographie als ein radiologisches Verfahren unter Anwendung von Kontrastmittel zur Darstellung der Blutversorgung bei Rehe-Patienten dar (Rucker et al. 2006).

2.2.7 Therapie der Hufrehe

Die Behandlung der Hufrehe umfasst die Kombination verschiedener Therapieansätze. Zu diesen Punkten zählen unterstützende Maßnahmen, medikamentelle Therapie, orthopädische Maßnahmen und die chirurgische Therapie. Entscheidend ist es, neben der gezielten Therapie der Hufrehe die primäre Ursache zu erkennen und abzustellen bzw. zu behandeln.

2.2.7.1 Unterstützende Maßnahmen

Bei Verdacht auf Hufrehe könnte durch die Kühlung der Hufe im Initialstadium der Ausbruch der Hufrehe verhindert werden (Van Eps u. Pollitt 2004). Zunächst soll die Box tief mit Sägespänen, Torf oder Sand eingestreut werden (Stashak 1989, Buchner u. Berger 2009). Bei Fütterungsrehe sind die Pferde auf eine Diät zu setzen. Durch den Einsatz von Manueller-Lymph-Drainage werden die Gewebetoxine schneller abtransportiert und eine Drucksenkung innerhalb der Hufkapsel erreicht (Rautenfeld u. Fedele 2005).

2.2.7.2 Medikamentelle Therapie

Zur medikamentösen Therapie der Hufrehe sind folgende Punkte zu beachten:

Behandlung der Primärerkrankung: Im Falle einer Überfütterung mit Kohlenhydraten sollten Abführmittel eingesetzt werden. Bei Nachgeburtshaltung ist Uterusspülung durchzuführen (Yelle 1986, Buchner u. Berger 2009).

Schmerztherapie und Förderung der Durchblutung in der Huflederhaut: Es werden NSAID als entzündungshemmende und schmerzlindernde Medikamente eingesetzt. Aus dieser Gruppe hat Phenylbutazon den stärksten Effekt bei der Schmerzbekämpfung (Baxter 1996). Um die Durchblutung in der Huflederhaut zu fördern steht in erster Linie der Einsatz von Heparin zur Verfügung. Es werden auch Azepromazin und Isoxsuprin als vasodilatorische Medikamente eingesetzt (Buchner u. Berger 2009). Auch der Einsatz von Azetylsalizylsäure wird empfohlen, da sie eine Abnahme der Thromboxansynthese bewirkt und zu einer Verbesserung der Fließeigenschaften des Blutes führt (Baxter u. Moore 1987, Buchner u. Berger 2009).

2.2.7.3 Orthopädische Maßnahmen

Im akuten Stadium konzentriert sich die Therapie auf eine Verhinderung bzw. Verminderung der Hufbeinrotation. Das kann durch eine Trachtenhochstellung erzielt werden, um den Zug der tiefen Beugesehne auf das Hufbein zu reduzieren (Huskamp 1990). Außerdem führt die Trachtenhochstellung zur Abnahme der Belastung im Zehenspitzenbereich mit gleichzeitiger Zunahme der Belastung im Trachtenbereich (Klunder 2000). Eustace und Caldwell (1989) sind der Meinung, dass die Trachtenhochstellung zur Kompression der Gefäße im Kronsaumbereich führen kann und somit das normale Wachstum des Horns beeinträchtigt.

Um die Trachten hochzustellen, empfiehlt Huskamp (1990) in Abhängigkeit von der Schwere der Erkrankung drei unterschiedliche Gipsverbände. Ist das Ballen-Strahl-Segment nicht betroffen, wird dieses mittels eines Hufgips-Verbandes zur Lastaufnahme herangezogen. Bei Beteiligung des Ballen-Strahl-Segments ist der Fesselgelenkbereich mittels eines mittleren Gipsverbandes bis unter das Karpalgelenk zur Lastaufnahme heranzuziehen. Beim Ausschuhlen wird ein Gipsverband bis über das Karpalgelenk angebracht.

Weitere Möglichkeiten zur Trachtenhochstellung sind Holzkeile oder Kunststoffkeile. Des Weiteren kann am unbeschlagenen Huf der anschnallbare Dallmer-Clog mit aufgeschraubter Keilplatte angebracht werden. Zusätzlich kann eine Sohleneinlage (Huflederkit, Silikonkautschuk) bis zur weitesten Stelle des Hufes hinter der Stahlspitze angebracht werden (Hertsch et al. 1996).

Zudem kann die Bolz'sche Rinne, die 1-2 cm unter der Krone bis auf die Blättchenschicht geschnitten wird, das parallele Wachstum zwischen der Hufkapsel und der Oberfläche des Hufbeines fördern (Buchner u. Berger 2009). Des Weiteren wird von einigen Autoren die teilweise (Abb. 4) oder vollständige Resektion der dorsalen Hufkapselwand empfohlen (Eustace u. Caldwell 1989, Neubert 2007).



Abb. 4: Teilresektion der dorsalen Hufkapselwand bei einem sieben-jährigen Isländer-Wallach mit einer Hufrehe

Das Prinzip der Rehebeschlüge beruht auf der Entlastung der dorsalen Zehenwand sowie des Sohlenkörpers, außerdem sollen die belastbaren, hinteren Hufanteile zur Lastaufnahme herangezogen werden (Buchner u. Berger 2009). Außerdem soll darauf geachtet werden, dass kein Druck auf die Zehenspitze ausgeübt wird, aus diesem Grund dürfen kein Zehenaufzug oder Zehennägel verwendet werden (Lukas 2007).

Zahlreiche orthopädische Beschlüge stehen zur Behandlung der Hufrehe zur Verfügung. Bei dem Hufeisen nach Bolz (1939) handelt es sich um ein Eisen mit einem ca. 3 cm breiten Quersteg, der Daumenbreit hinter der Strahlspitze den Sohlenkörper unterstützt (Abb. 5). Der Tragrand der Zehenwand soll um 2-3 mm schweben, außerdem werden die Trachten gekürzt.



Abb. 5: Der Beschlag nach Bolz-Sander

Ein herzförmiges Hufeisen (Abb. 6) kann ebenfalls zur Behandlung der Rehe-Patienten eingesetzt werden (Eustace u. Caldwell 1989, Morrison 2010). Durch das herzförmige Hufeisen kann der Strahl zur Lastaufnahme herangezogen werden, außerdem ermöglicht das herzförmige Hufeisen eine bessere Last Verteilung (Stashak 1989). Goetz (1989) stellte ein anpassbares herzförmiges Hufeisen vor, hierbei kann der Druck auf den Strahl mittels einer Inbusschraube gesteuert werden.



Abb. 6: Das herzförmige Hufeisen (Heart Bar Shoe)

Eine weitere Möglichkeit zum Beschlagen der Rehe-Patienten ist der Holzbeschlag. Der Holzbeschlag ermöglicht eine gleichmäßige Lastverteilung auf bestimmte Hufteile, außerdem ist die Bearbeitung des Materials leicht und das Hochstellen der

Trachten bzw. das Anbringen einer Zehenrichtung ist möglich (O'Grady u. Steward 2008).

Zusätzlich können Hufschuhe (Sigafos Series II shoes) an der Hufkapsel aufgeklebt werden (Morrison 2010). Hertsch et.al (1996) beschreiben einen Hufschuh (Dallmer-Cuff®) mit einem darunter angebrachten zehenoffenen Hufeisen, der zur Therapie der chronischen Hufrehe eine Anwendung findet.

2.2.7.4 Chirurgische Maßnahmen

Verschiedene chirurgische Maßnahmen wurden empfohlen, um eine weitere Rotation des Hufbeines innerhalb der Hufkapsel zu verhindern. Eine Tenotomie der tiefen Beugesehne führt zur Eliminierung deren Zuges auf das Hufbein (Allen et.al 1986). Eine weitere Möglichkeit ist die Desmotomie des Unterstützungsbands der tiefen Beugesehne (Neubert 2007).

2.3 Die Methoden zur Erfassung von Lahmheiten und Bewegungsstörungen beim Pferd

2.3.1 Bewegungszyklus und Hufkräfte

Der Bewegungszyklus wird in zwei Phasen unterteilt, Stützbein- und Hangbeinphase. Die Stützbeinphase umfasst die Zeit vom ersten Kontakt des Hufes mit dem Boden beim Auf Fuß bis zum Ende des Abrollens. Die Hangbeinphase beginnt mit dem Ende des Abrollens und endet beim nächsten Auf Fuß. Während des Bewegungszyklus werden am Huf vier charakteristische Phasen unterschieden (Litzke und Rau 2012) (s. Abb. 7):

1. Vorführphase, in der die Gliedmaße schwebt.
2. Landungsphase, beginnt mit dem ersten Kontakt des Hufes mit dem Boden und dauert bis zum Stützen. Die Auf Fußung kann auf der ganzen Tragfläche des Hufes (plan) erfolgen, auf der Zehenspitze, der Seitenwand oder auf den Trachten.
3. Stützen, indem die Gliedmaße eine senkrechte Position nimmt.
4. Abrollen, in der die Gliedmaße über die Zehe abrollt.

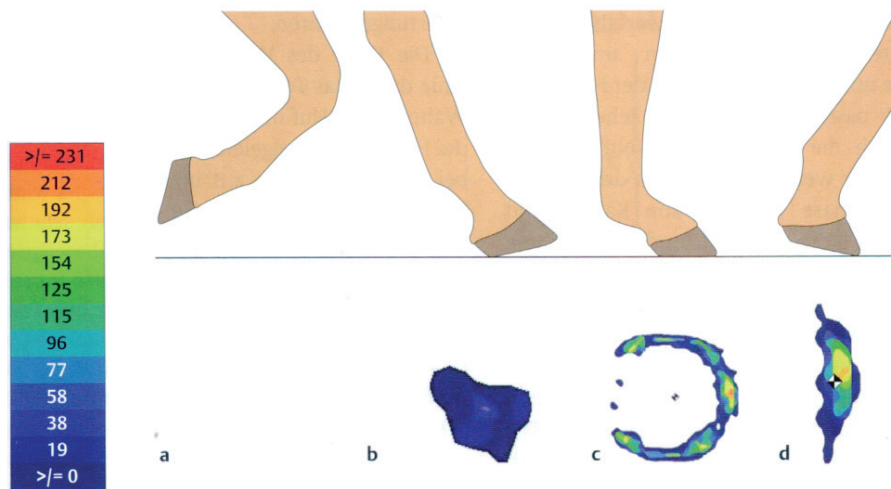


Abb. 7: Die vier Phasen der Gliedmaßenbewegung während eines kompletten Bewegungszyklus inklusive Druckverteilungsmuster (Druckmessungen bei einem fünfjährigen lahmheitsfreien Warmblutwallach). Die Untersuchungen erfolgten mit dem HufScan System®. Farbige Druckskala zur Darstellung der verschiedenen Druckwerte (N/cm²). a) Vorführphase, b) Landungsphase, c) Mitte der Stützbeinphase, d) Abrollen (aus: Litzke und Rau 2012)

Der Begriff Hufdruckmessung umfasst die Erfassung und Darstellung der unter dem Huf im Augenblick der Fußung auftretenden Kräfte (Girtler et al. 1987). Die auftretenden Hufkräfte lassen sich in drei Komponenten aufteilen. Eine vertikale Kraft, die senkrecht von dorsal nach ventral einwirkt, eine horizontale Hufkraft, die longitudinal in Bewegungsrichtung ausgeübt wird und eine andere horizontale Hufkraft, die senkrecht zur Bewegungsrichtung ausgeübt wird (Dohne 1990, Klunder 2000).

2.3.2 Die Geschichte der Bewegungsanalyse beim Pferd

Schon Aristoteles (384-322 v.Chr.) beschrieb erste allgemeine Beobachtungen über Gliedmaßenbewegungen und deren Koordination bei Vierbeinern (Knezevic 1985). Die ersten biomechanischen Untersuchungen am Pferd wurden im Jahr 1870 von Marey durchgeführt. Dabei kam ein pneumatischer automatischer Aufzeichner zum Einsatz. Mit Hilfe von mit Rosshaar gefüllten Gummibällen, die unter allen vier Hufen angebracht waren, wurde bei jeder Fußung die Formänderung der Bälle über das pneumatische System registriert (Leach u. Dagg 1983). Diese Methode ermöglichte eine Bewegungsanalyse des Pferdes in den drei Grundgangarten. Mit Hilfe von zwei an Kruppe und Widerrist befestigten zusammengefalteten Trommeln und davon ausgehenden Hebeln konnten Aufzeichnungen über vertikale Bewegungen des Rumpfes registriert werden. Aus den Untersuchungen wurde gefolgert, dass die Hinterviertel den Hauptantrieb vermitteln, während die Vorderviertel für die Unterstützung sorgen (Knezevic 1985).

Die ersten biokinetischen Untersuchungen mit Kraftaufnehmern wurden von Björk (1958) durchgeführt. Er konnte mit Hilfe von selbst entwickelten metallenen Hufschuhen sowohl die vertikalen als auch die horizontalen Kräfte unter den Vorder- sowie auch den Hintergliedmaßen beim Ziehen von Lasten bestimmen (Björk 1958).

2.3.3 Kinematik

Die Kinematik ist ein Teilgebiet der Mechanik. Sie beschreibt die Bewegung des Körpers durch Raum-Zeitparameter, ohne die die Bewegung verursachenden Kräfte zu berücksichtigen (Girtler 1987, Clayton u. Schamhardt 2001, Cobrin 2004).

Um die Bewegung des Körpers verstehen zu können, müssen sowohl kinematische als auch kinetische Parameter erfasst werden. Das kann zum Beispiel durch den Einsatz von Hochfrequenzkinematographie in Kombination mit kinetischen Messverfahren geschehen (Girtler 1987).

2.3.3.1 Hochfrequenzkinematographie

Als Kinematographie bezeichnet man die filmische Aufnahme mehrerer Bewegungszyklen anhand einer Hochfrequenzkamera (Clayton u. Schamhardt 2001). Dabei werden geformte Marker (flach-, kugel- oder halbkugelförmige) an den Rotationszentren bestimmter Gelenke angebracht und die Bewegungszyklen fotografisch erfasst (Clayton und Schamhardt 2001). Diese Methode weist verschiedenen Vorteile auf. Einerseits ermöglicht sie die Aufzeichnung einer großen Menge von Informationen, die sowohl qualitativ als auch quantitativ analysiert werden können. Andererseits können die Filme für spätere Untersuchungen gespeichert werden (Clayton und Schamhardt 2001).

Aysan (1964) benutzte eine Kamera mit einer Frequenz von 132 Bildern pro Sekunde, um die räumlichen und zeitlichen Parameter der Bewegung des Pferdes zu untersuchen. Es wurden 24 Pferde mit verschiedenen Lahmheitsgraden untersucht. Die Untersuchungen im Trab ergaben folgende Ergebnisse:

- Die Fußungsphase der erkrankten Gliedmaße bleibt gleich oder verkürzt sich.
- Der diagonale Synchronismus ist häufig aufgelöst, sodass die gesunde Gliedmaße immer zuerst fußt.
- Die Schubkraft der kranken Diagonalen ist stets geringer als die der Gesunden, weshalb die folgende sagittale Phasenverschiebung stets kleiner als 50% der Bewegungsfolge ist.

2.3.3.2 Elektrogoniometrie

Die Elektrogoniometrie wird als die elektronische Registrierung der Veränderung von Gelenkwinkeln während der Bewegung bezeichnet. Die Messung erfolgt mit einem Potentiometer, welches zwischen zwei miteinander verbundenen Schenkeln befestigt

ist. Diese Schenkel werden an der Gliedmaße mit einem Band oder Riemen befestigt, sodass das Zentrum des Elektrogoniometers über dem Rotationszentrum des untersuchten Gelenks liegt. Die Winkeländerungen des Gelenks verändern die elektrischen Widerstände des Potentiometers. Die ermittelten Daten werden mittels Computertechnik ausgewertet (Clayton u. Schamhardt 2001, Leach 1987). Nachteile dieser Methode stellen die Einschränkung der normalen Bewegung durch das Gewicht des Elektrogoniometers, oder die schwierige Identifikation der Rotationsachse des Gelenks (Leach 1987) dar.

2.3.3.3 Elektromyographie

Die Elektromyographie dient der Feststellung der funktionellen Muskelaktivität bestimmter Muskelgruppen während der Vorwärtsbewegung und wird meistens mit der Hochfrequenzkinematographie kombiniert (Girtler 1987).

Die Elektromyographie kann sowohl in der Bewegungsanalyse bei Pferden als auch zur Diagnose von neurologischen Störungen wie z.B. bei Equine motor neurone disease (EMND) oder der Hyperkalemic periodic paralysis (HYPP) eingesetzt werden (Clayton u. Schamhardt 2001).

Tokuriki u. Aoki (1991) untersuchten bei vier Pferden mit und ohne Reiter die Aktivität und Bewegung des Halses elektromyographisch und kinematisch im Schritt, Trab und Galopp. Die Untersuchung ergab, dass der M. brachiocephalicus kein Halsmuskel, sondern ein Muskel der Vordergliedmaße ist und eine Rolle als Streckmuskel des Schultergelenks spielt.

2.3.4 Kinetik

Die Kinetik umfasst die Analyse von auf den Körper einwirkenden Kräften und den daraus resultierenden Bewegungen des Körpers (Girtler 1987, Tietje 1992, Barrey 1999, Clayton u. Schamhardt 2001). In der kinetischen Bewegungsanalyse interessieren vor allem die Kräfte, die zwischen dem Huf und dem Boden in der Stützbeinphase auftreten (Girtler 1987). Zur Erfassung der auftretenden Kräfte werden verschiedene Kraftaufnehmer (Dehnungsmessstreifen und piezoelektrische Kraftaufnehmer), die nach verschiedenen Prinzipien funktionieren, eingesetzt.

Die Messtechnik mit dem piezoelektronischen Effekt beruht auf dem Verhalten der Quarzkristalle, unter Belastung elektrische Ladungen abzugeben, die nach Umwandlung in elektrische Spannungen ein Maß für die Kraft darstellen.

Bei Dehnungsmessstreifen (DMS) handelt es sich um elektrische Kraftaufnehmer, die die Verformung einer Fläche messen, auf der sie aufgeklebt werden. So wird zu jedem Zeitpunkt der Belastung eine Änderung des Widerstands durch Länge- und Querschnittsänderung eines dünnen Drahtes erfasst. Die Widerstandsänderung wird

mit einer Wheatstoneschen Brückenschaltung in eine Spannungsänderung umgewandelt und registriert. Die elektrischen Spannungsunterschiede werden in der Regel zunächst verstärkt und anschließend gemessen (Knezevic 1962). Kraftaufnehmer nach dem Dehnungsmessstreifen-Prinzip wurden in der Bewegungsanalyse in verschiedenen Formen eingesetzt. Dabei wurden sie direkt am Hornschuh befestigt, um entweder die Spannungen am Hornschuh während der Bewegung zu erfassen (Knezevic 1962, Colles 1989a, Colles 1989b) oder um den Hufmechanismus zu untersuchen (Weißbacher 2001, Bellenzani et al. 2007). Ebenfalls fanden sie ihre Anwendung in Kraftmessschuhen, um die im Augenblick der Fußung entstehenden Kräfte zwischen dem Huf und dem Boden zu messen (Björk 1958).

Die Kombination von drei DMS, die im Winkel von 45° zueinander liegen, wird als Rosettenmessstreifen bezeichnet, der die dreidimensionalen Dehnungen messen kann (Clayton u. Schamhardt 2001). Beim Einsatz von Rosettenmessstreifen kann die Formveränderung der Hufkapsel bei jeder Fußung erfasst werden (Hansen et al. 2003).

Weißbacher (2001) untersuchte in vitro den Hufmechanismus und den Einfluss verschiedener Hufbeschläge auf die Bewegung der Hufkapsel mit Hilfe von DMS und Infrarot-Hochfrequenzkamera. Nach dem Vergleich der Ergebnisse der beiden Messverfahren wurde bestätigt, dass eine erhöhte Bewegung der Hufkapsel nicht automatisch in höheren Spannungen resultiert und daher die Aussagekraft der DMS-Daten bezüglich Gesamtbewegung der Hufkapsel angezweifelt werden muss.

Hansen et al. (2005) haben in vitro die Verformung der Hufwand bei der Fußung mittels DMS gemessen. Dabei wurden 20 normal geformte Hufe in drei Situationen (barhuf, mit Hufrehegips und mit Rehebeschlag) untersucht. Bei Pferden mit Rehegips wurde eine deutlich signifikante Verringerung der longitudinalen Hauptspannung und damit der Kompression an der dorsalen Hufwand um 59% festgestellt. Durch den Hufrehebeschlag mit schwebender Zehe konnte eine Entlastung der dorsalen Hufwand um 23% erreicht werden, allerdings blieb die Trachtenwand ohne Mehrbelastung.

Im Folgenden sind verschiedene kinetische Untersuchungsmethoden aufgelistet:

2.3.4.1 Kaegi Equine Gait Analysis System

Dieses System besteht aus einer Meßstraße, welche mit einer harten Gummimatte bedeckt ist. Die Messzone hat eine Breite von 1,2 m und eine Länge von 4 m. Sie enthält 160 hydraulische Drucksensoren, welche 2,5 cm breit und quer zur Laufrichtung angeordnet sind. Jeder Sensor hat einen Drucküberträger, der den hydraulischen Druck in elektrische Signale umwandelt. Die Verarbeitung der Daten erfolgt mit einem Computerprogramm. Dieses System kann die vertikale Kraft, die

Zeit der Stützbeinphase, die Distanz zwischen der Gliedmaßenplatzierung (Leach 1987) und die Kraftverteilung in mehreren Bereichen von dorsal nach palmar bzw. plantar messen. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Messung in allen Gangarten möglich ist (Dohne 1991).

2.3.4.2 Equine Gait Analysis System

Als weitere Entwicklung dieser Messstraße entstand das Equine Gait Analysis System (EGA-System) (Huskamp et al.1990).

Tietje (1992) hat in seiner Arbeit dieses System zur Bewegungsanalyse und Lahmheitsuntersuchung bei Pferden verwendet. Mit Hilfe dieses Systems können verschiedene Parameter wie vertikale und maximale Kraft, Belastungsdauer (pro Fußung und Kraftaufnehmer) und Zeitpunkt der maximalen vertikalen Kraft erfasst werden. Außerdem ermöglicht das EGA-System die Darstellung des Kraftverlaufes in Abhängigkeit von der Zeit.

2.3.4.3 Kraftmessschuh

Als Kraftmessschuh wird die Kombination von metallenen Hufeisen mit integrierten Sensoren bezeichnet (Dohne 1991). Als Kraftaufnehmer werden entweder Dehnungsmessstreifen (Björk 1958) oder piezoelektrische Elemente (Klunder 2000) verwendet. Der Nachteil dieser Schuhe ist das hohe Gewicht, das die normale Bewegung beeinträchtigt (Dohne et al. 1990). Außerdem kann man mit ihnen nur die vertikale Kraft bestimmen (Leach 1987). Die Vorteile dieser Messschuhe sind die Möglichkeit der Registrierung von zahlreichen aufeinanderfolgenden Schritten und die gleichzeitige Registrierung unterschiedlicher Gliedmaßen. Zusätzlich ist die Untersuchung auf unterschiedlichen Böden durchführbar (Dohne et al.1990, Clayton u. Schamhardt 2001).

Marquis (1999) entwickelte eine Vorrichtung zur Lahmheitsdiagnostik und Bewegungsanalyse beim Pferd in allen Gangarten, beim Springen sowie mit und ohne Reiter. Hierbei verwendete er Druckmessschuhe mit piezoelektrischen Aufnehmern, welche mit einer Luftkammer versehen wurden, um den hohen Anforderungen zu entsprechen. Die Datenübertragung erfolgte per Funk. Mit diesen Hufschuhen konnten Belastungskräfte und Belastungszeiten ermittelt werden.

2.3.4.4 Kraftmessplatte

Die Kraftmessplatte besteht aus einer Stahlplatte, welche in den Boden versenkt und mit einem rutschfesten Material bedeckt ist. Bei der Fußung der Gliedmaße wird die Kraft mittels Messwertwandler ermittelt und in elektrische Signale umgewandelt. Die Signale der Kraftaufnehmer werden über einen Verstärker zu einem Computer zur

Auswertung weitergeleitet. Als Sensoren werden Dehnungsmessstreifen oder piezoelektrische Elemente verwendet (Clayton u. Schamhardt 2001). Die Kraftmessplatte ermöglicht die Erfassung aller drei Komponenten der Hufkräfte (Vertikale F_z , Transversale F_x , Longitudinale F_y) (Clayton u. Schamhardt 2001), ohne die Bewegung des Pferdes zu beeinträchtigen (Leach 1987).

Der Einsatz von Kraftmessplatten für die routinemäßige klinische Arbeit ist jedoch begrenzt.

Die Kräfte, die durch gleichzeitigen Kontakt verschiedener Gliedmaßen mit der Platte entstehen, können nicht separiert werden (Oosterlinck et al. 2009). Außerdem ist eine Kraftmessplatte stationär, d.h. die Pferde müssen zu ihr transportiert werden (Perino et al. 2007). Das gleichzeitige Messen mehrerer Gliedmaßen ist nur möglich, wenn mehrere Platten verwendet werden (Perino et al. 2007).

Beim Einsatz nur einer Messplatte ist es kaum möglich, Veränderungen der Kräftemuster zwischen den Gliedmaßen zu bestimmen (Leach 1987). Die Messgenauigkeit nimmt in Richtung der Ecken ab. Deshalb sind häufige (im Schritt bis zu drei, im Trab bis zu zwanzig) Versuche für eine zentrale Platzierung des Hufes auf der Platte notwendig (Merkens et al. 1986). Das Kraftmessplatten-System ist teuer, und um verlässliche Daten zu produzieren, ist eine extensive Ausbildung und Fachkenntnis unverzichtbar (Perino et al. 2007).

Durch Dow et al. (1991) wurden 18 Traber über einen Zeitraum von zwei Jahren regelmäßig mit Hilfe der Kistler-Kraftmessplatte im Trab gemessen. Aus den Untersuchungen wurde gefolgert, dass schon subklinische Erkrankungen des Bewegungsapparates mit dieser Methode identifiziert werden können.

Pehm et al. (2000) untersuchten, wie eine Hufkorrektur die plane Fußung beeinflusst. Es wurden sieben lahmfreie Pferde im Schritt mit Hilfe einer Kraftmessplatte gemessen, bei denen an einer Vorderextremität am lateralen Tragrand eine Hufkorrektur durchgeführt wurde. Die Vergleichsmessungen vor und nach Korrektur zeigen, dass eine Hufkorrektur nur zu einer vorübergehenden Verringerung der transversalen Fußungskraft führt.

2.3.4.5 Druckmesssystem

Das Druckmesssystem besitzt eine hohe Zell-Rezeptordichte von 2,6 pro cm^2 (Rogers u. Back 2003) und eine Hochmessfrequenz (Oosterlinck et al. 2009). Dadurch wird die Auflösung von Druckgradienten über der Hufeisentragsfläche ermöglicht (Rogers u. Back 2003).

Druckmesssysteme erlauben auch die Analyse von gleichzeitigen und aufeinanderfolgenden Hufschlägen. Damit können detaillierte Informationen über die Belastung der verschiedenen Teile des Hufes während der Stützbeinphase erfasst

werden (Oosterlinck et al. 2009). Der Vorteil des In-shoe Druckmesssystems ist, dass der Druck unter bestimmten Gebieten des Fußes gemessen werden kann, während die Patienten verschiedene Typen von Schuhen oder orthopädische Einlagen tragen (Mueller u. Strube 1996). Um verlässliche Daten erzeugen zu können, braucht dieses System einen planen glatten Untergrund (Perino et al. 2007).

Druckmesssysteme wurden erfolgreich bei verschiedenen Tierarten für verschiedene Zwecke verwendet. Gemessen wurde die Druckverteilung unter der Katzenpfote (Franks et al. 2000) Bei Pferden wurde erfolgreich mit Hilfe dieses Systems der Einfluss verschiedener Beschläge auf die statische Hufdruckverteilung quantifiziert (Rogers u. Back 2003). Es konnte erfolgreich der Einfluss der Hufkorrektur und Hufbalance bewertet werden (Van Heel et al. 2004). Außerdem wurde die Passform von zwei Sätteln in Zusammenhang mit Rückenuntersuchungen mit Hilfe eines elektronischen Sattel-Messsystem untersucht (Werner et al. 2002). Bei Hunden wurden auch mit dem Walkway Druckmesssystem die vertikalen Kräfte erfasst (Besancon et al. 2003). Aus den Untersuchungen von Oosterlinck et al. (2009) konnte gefolgert werden, dass die Druckplatte als Alternative zur Kraftplatte für die Quantifizierung von Peak Vertical Pressure (PVP), Peak Vertical Force (PVF) und Vertical Impuls (VI) zumindest bei Ponies in der Klinik einsetzbar ist.

2.3.4.6 Accelerometrie

Mit diesem Messverfahren kann die Boden-Reaktions-Kraft, die bei der Fußung zwischen dem Pferd und dem Boden auftritt, erfasst werden (Girtler 1988). Die Beschleunigung wird mittels Beschleunigungsmesser gemessen, die an dem zu untersuchenden Körperabschnitt fixiert wird (Barrey 1999). Die Beschleunigungssensoren wurden an der Hufwand fixiert, um sowohl den initialen Bodenkontakt und die damit verbundene Beschleunigung zu messen (Clayton u. Schamhardt 2001) als auch das Dämpfungsverhalten von verschiedenen Reitbahnbelägen zu untersuchen (Barrey et al. 1991).

Barrey u. Desbrosse (1996) haben mit Hilfe von Beschleunigungssensoren Lahmheiten bzw. Bewegungsstörungen des Pferdes untersucht. Die Beschleunigungssensoren wurden am Sternum platziert und erfassten die Beschleunigungen der vertikalen (dorsoventralen) und horizontalen (lateralomedialen) Achsen des Pferdes. Dadurch konnte der Grad und die Seite der Lahmheit erfasst werden.

3. Material und Methode

3.1 Tiermaterial

Insgesamt wurde in dieser Dissertation das Druckverteilungsmuster der Vordergliedmaßen im Schritt bei 54 Pferden mit dem Hufscan-System® untersucht. Das Tiermaterial verteilt sich auf eine Kontrollgruppe mit 16 lahmfreien Pferden und auf 38 Rehe-Patienten.

Die Untersuchungen fanden im Zeitraum von 2010 bis 2011 in der Klinik für Pferde (Chirurgie) mit Lehrschmiede der Justus-Liebig-Universität Gießen und unter Praxisverhältnissen statt. Die Untersuchungen in der Praxis wurden unter ambulanten Verhältnissen im Rahmen des Beschlagwechsels bei einem externen Hufschmiedemeister durchgeführt (s. Gruppeneinteilung).

3.2 Gruppeneinteilungen

Initial wurden die Rehe-Patienten im Rahmen dieser Studie nach dem Krankheitsstadium in zwei Gruppen eingeteilt: akute und chronische Hufrehe. Außerdem wurde eine Kontrollgruppe gebildet. Die Kontrollgruppe bestand aus lahmfreien, unbeschlagenen Pferden.

Anschließend erfolgte eine Unterteilung der Rehe-Patienten aus den beiden Gruppen (akute und chronische Hufrehe) je nach angebrachtem therapeutischem Beschlag in drei Gruppen (Therapiegruppe A, B und C). Die akuten Rehe-Patienten wurden erst nach Abklingen der akuten Rehesymptome beschlagen.

3.2.1 Gruppeneinteilungen nach dem Krankheitsstadium

3.2.1.1 Gruppe 1 (akute Hufrehe)

Diese Patientengruppe umfasst alle Pferde mit klinischen Anzeichen einer akuten Hufrehe bei der Vorstellung in der Klinik für Pferde (Chirurgie). Im Einzelfall kann es sich dabei um Pferde handeln, die erstmalig an Rehe erkrankten oder die bereits mehrere Reheschübe erlitten haben (akute oder chronische Rehe mit akutem Schub) und die in der Klinik für Pferde (Chirurgie) stationär behandelt wurden. Insgesamt wurden 17 an akuter Hufrehe erkrankte Pferde verschiedener Rassen und Altersgruppen in dieser Gruppe aufgenommen, davon waren elf Stuten und sechs Wallache.

Die Tiere sind in der Tabelle 1 aufgelistet.

Tier Nr.	Alter	Rasse	Geschlecht	KM (kg)	Verwendungszweck
1	17 J	Isländer	Stute	420	Freizeitpferd
2	20 J	Isländer	Stute	420	Freizeitpferd
3	18 J	Isländer	Stute	410	Zuchtstute
4	17 J	Vollblut arabisch	Stute	280	Freizeitpferd
5	12 J	Pony	Stute	285	Freizeitpferd
6	6 J	Warmblut	Stute	485	Zuchtstute
7	23 J	Pony	Wallach	290	Freizeitpferd
8	13 J	Warmblut	Stute	580	Zuchtstute
9	10 J	Tinker	Wallach	550	Freizeitpferd
10	17 J	Norweger	Wallach	490	Freizeitpferd
11	9 J	Vollblut arabisch	Wallach	585	Freizeitpferd
12	21 J	Isländer	Wallach	415	Freizeitpferd
13	14 J	Vollblut arabisch	Stute	435	Zuchtstute
14	16 J	Quarter Horse	Stute	550	Freizeitpferd
15	7 J	Shetlandpony	Stute	200	Freizeitpferd
16	14 J	Warmblut	Wallach	585	Freizeitpferd
17	12 J	Fjordpferd	Stute	600	Freizeitpferd

Tab. 1: Pferde mit akuter Hufrehe mit Angaben zu Alter, Rasse, Geschlecht, Körpermasse und Verwendungszweck

3.2.1.2 Gruppe 2 (chronische Hufrehe)

In dieser Gruppe wurden die an chronischer Hufrehe erkrankten Pferde, die in der Lehrschmiede der Justus-Liebig-Universität Gießen sowie unter Praxisbedingungen bei einem externen Hufschmiedemeister zum Beschlagwechsel bzw. zum Bearbeiten der Hufe vorgestellt wurden, zusammengefasst. Insgesamt umfasst die Gruppe 2 21 Pferde. Die Pferde gehören zu verschiedenen Rassen. Das Alter der Pferde schwankt in dieser Gruppe zwischen sieben und 20 Jahren. Es handelt sich um 13 Stuten und acht Wallache.

Die Pferde sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Tier Nr.	Alter	Rasse	Geschlecht	KM (kg)	Verwendungszweck
18	20 J	Isländer	Stute	410	Zuchtstute
19	15 J	Kaltblut	Wallach	680	Freizeitpferd
20	19 J	Pony	Wallach	180	Arbeit(Zugpferd)
21	11 J	Pony	Stute	120	Freizeitpferd
22	19 J	Pony	Wallach	220	Freizeitpferd
23	20 J	Isländer	Wallach	385	Freizeitpferd
24	20 J	Vollblut arabisch	Stute	550	Freizeitpferd
25	17 J	Warmblut	Stute	420	Freizeitpferd
26	18 J	Warmblut	Stute	585	Freizeitpferd
27	19 J	Warmblut	Stute	485	Freizeitpferd
28	14 J	Isländer	Stute	420	Zuchtstute
29	18 J	Warmblut	Wallach	550	Freizeitpferd
30	8 J	Kaltblut	Stute	690	Zuchtstute
31	13 J	Warmblut	Stute	610	Freizeitpferd
32	11 J	Haflinger	Wallach	540	Freizeitpferd
33	14 J	Warmblut	Wallach	610	Freizeitpferd
34	18 J	Warmblut	Wallach	540	Freizeitpferd
35	20 J	Kaltblut	Stute	450	Freizeitpferd
36	8 J	Vollblut arabisch	Stute	485	Freizeitpferd
37	7 J	Vollblut arabisch	Stute	485	Zuchtstute
38	7 J	Warmblut	Stute	600	Zuchtstute

Tab. 2: Chronische Hufrehepatienten mit Angaben zu Alter, Rasse, Geschlecht, Körpermasse sowie Verwendungszweck der Patienten

3.2.2 Einteilung der Rehe-Patienten nach dem Beschlagtyp

Nach Beenden der medikamentellen Therapie und Abklingen der akuten Symptome der Hufrehe wurden die Rehe-Patienten aus der Gruppe 1 mit einem orthopädischen Beschlag beschlagen. Dabei standen zwei Beschläge zur Auswahl, ein Klebebeschlag (s. Kapitel 4.1.3.1) und ein Natural Balance® Shoe (s. Kapitel 4.1.3.2).

Die chronischen Rehe-Patienten der Lehrschmiede der JLU wurden mit dem Natural Balance® Shoe und die Pferde eines externen Hufschmiedemeisters mit einem modifizierten Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen beschlagen (s. Kapitel 4.2.2).

3.2.2.1 Therapiegruppe A (Klebebeschlag)

Sieben Rehe-Patienten aus der Gruppe 1 wurden nach Abklingen der akuten Symptome der Hufrehe mit einem Klebebeschlag mit Dallmer-Cuff beschlagen. Bei den Tieren handelte es sich um die Pferde mit den Nummern: 2, 4, 5, 6, 11, 16 und 17 (s. Tabelle 1).

Da dieser Beschlag im Vergleich zu anderen Beschlägen relativ teuer ist (ca. 100 € pro Huf) und die Zustimmung des Tierbesitzers erforderlich ist, haben sich nicht alle Pferdebesitzer für diesen Beschlag entschieden.

3.2.2.2 Therapiegruppe B (NBS-Eisen)

Diese Gruppe beinhaltete 17 Rehe-Patienten. Neun Pferde davon waren zuvor stationär wegen akuter Hufrehe Symptomatik behandelt worden (Patienten-Nr.: 1, 3, 7, 8, 9, 10, 12, 13 und 14 aus der Gruppe 1, s. Tabelle 1), die nach Abklingen der Rehesymptome beschlagen wurden. Acht Pferde stammten aus der Gruppe 2 (Patienten-Nr.: 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 und 31, s. Tabelle 2), die zum Beschlagwechsel in der Lehrschmiede der JLU in Gießen vorstellig waren. Die Rehe-Patienten der Therapiegruppe B wurden in der Lehrschmiede der Justus-Liebig-Universität mit einem NBS (Natural Balance® Shoe)-Beschlag versorgt.

3.2.2.3 Therapiegruppe C (modifiziertes Hinterhufeisen)

Die Pferde dieser Gruppe wurden unter ambulanten Verhältnissen mit einem modifizierten Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen beschlagen. Dabei handelte es sich um insgesamt sieben an chronischer Hufrehe erkrankte Patienten aus der Gruppe 2 (Patienten-Nr.: 32, 33, 34, 35, 36, 37 und 38, s. Tabelle 2).

3.2.3 Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe beinhaltet 16 lahmfreie, unbeschlagene Pferde mit regelmäßigen Hufformen und regelmäßiger Zehen- und Gliedmaßenstellung. Die Pferde stammen aus verschiedenen Pferderassen, das Alter schwankt zwischen fünf und 18 Jahren und das Geschlecht verteilt sich auf fünf Stuten und elf Wallache.

Die Probanden sind in der Tabelle 3 aufgelistet.

Tier Nr.	Alter	Rasse	Geschlecht	KM(kg)	Verwendungszweck
39	5 J	Warmblut	Wallach	600	Freizeitpferd
40	5 J	Warmblut	Wallach	565	Freizeitpferd
41	7 J	Warmblut	Wallach	650	Freizeitpferd
42	9 J	Warmblut	Wallach	600	Freizeitpferd
43	12 J	Warmblut	Stute	600	Freizeitpferd
44	9 J	Tinker	Wallach	550	Freizeitpferd
45	16 J	Isländer	Wallach	500	Freizeitpferd
46	18 J	Isländer	Wallach	550	Freizeitpferd
47	9 J	Haflinger	Stute	500	Zuchtstute
48	14 J	Warmblut	Wallach	600	Freizeitpferd
49	15 J	Warmblut	Stute	500	Freizeitpferd
50	8 J	Warmblut	Wallach	650	Freizeitpferd
51	9 J	Warmblut	Stute	510	Freizeitpferd
52	13 J	Warmblut	Wallach	600	Freizeitpferd
53	12 J	Warmblut	Stute	600	Freizeitpferd
54	17 J	Pony	Wallach	410	Freizeitpferd

Tab. 3: Darstellung des Tiermaterials in der Kontrollgruppe mit Angaben zu Alter, Rasse, Geschlecht, Körpermasse sowie Verwendungszweck

3.3 Klinisch-orthopädische und radiologische Untersuchung der Pferde

3.3.1 Klinisch-orthopädische und radiologische Untersuchung der Rehe-Patienten (Gruppe 1)

3.3.1.1 Klinisch-orthopädische Untersuchung

Im Rahmen dieser Studie wurde ein Rehe-Untersuchungsprotokoll erstellt, wonach sich die orthopädische Untersuchung richtete. Das Protokoll ist in Tabelle 4 dargestellt.

Alle Rehepatienten wurden in der Bewegung auf hartem sowie auf weichem Untergrund im Schritt untersucht. Es fand eine Dokumentation des Gangbildes und des Fußungsmusters statt. Dabei wurde ein besonderes Augenmerk auf klammen Gang und Trachtenfußung gelegt. Es erfolgte die Erfassung der Lokalisation, des Lahmheitsgrades (Grad eins bis fünf) sowie des Wendeschmerzes. Anschließend wurde der Huf mit Fokussierung auf Einsenken des Kronsaumes, Verbreiterung der weißen Linie, Vorwölbung oder Quetschungen der Sohle, Reheringe und vermehrte

Wärme untersucht. Des Weiteren wurde eine Hufzangenuntersuchung durchgeführt.

Im Folgenden wurden die Frequenz und die Qualität der Pulsation der Hauptmittelfußarterie (*A. digitalis palmaris communis II*) palpiert.

Aufgrund der klinisch-orthopädischen Untersuchung fand eine Einordnung der an akuter Hufrehe erkrankten Patienten nach OBEL-Grad statt.

Die Einteilung der klinisch feststellbaren Lahmheit erfolgte nach den Empfehlungen der AAEP (Stashak 2002). Danach werden fünf Lahmheitsgrade unterschieden:

- 0- Keine Lahmheit feststellbar
- 1- Lahmheit schwierig festzustellen und nicht konstant sichtbar
- 2- Lahmheit ist auf der Geraden im Schritt und Trab schwierig festzustellen, aber konstant
- 3- Lahmheit ist im Trab unter allen Umständen ständig festzustellen
- 4- Lahmheit offensichtlich, deutliches Kopfnicken und / oder verkürzter Gang
- 5- Lahmheit offensichtlich, minimale Belastung im Stand oder in der Bewegung, Unfähigkeit sich zu bewegen

Nach Beenden der medikamentellen Therapie der akuten Hufrehe-Patienten und Entfernen der Hufgipse wurden die Patienten einer klinisch-orthopädischen Untersuchung in der Bewegung unterzogen.

**Untersuchungsmethode
bzw. Parameter**

Befund

Adspektion	Entlastung der Gliedmaßen		Ja / Nein		
	Nach vorn gestellte Vordergliedmaße	Ja / Nein			
	Unter den Körper gestellte Hintergliedmaßen		Ja / Nein		
	Normale Stellung der Gliedmaßen	Ja / Nein			
Hufuntersuchung	Hufzange		Positiv / negativ		
	Weiße Linie		Normal / verbreitert		
	Hufform		Normal / pathologisch verändert		
	Reheringe		Ja / nein		
	Kronsaum eingesunken		Ja / nein		
	Sohlenwölbung		Normal / Flachhuf / Vollhuf		
	Huftemperatur erhöht		Ja / Nein		
	Sohlendurchbruch		Ja / Nein		
	Pulsation	Physiologisch		Pathologisch	
	Aufheben der Gliedmaße	Leicht	Schwierig	Nicht möglich	
Lahmheitsgrad		Grad (1–5)*			
Lokalisation der Lahmheit		Vorn rechts	Vorn links		
Bewegung	Trachtenfußung		Ja / nein		
	Wendeschmerz		Ja / nein		
	Klammer Gang		Ja / nein		
OBEL-Grad	1	2	3	4	

Tab. 4: Untersuchungsprotokoll für die klinische Untersuchung von Rehepatienten (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP)

3.3.1.2 Röntgenuntersuchung der Gruppe 1

Im Anschluss an die klinische Untersuchung erfolgte eine röntgenologische Untersuchung. Es wurde eine 90° Aufnahme angefertigt. Die Befundung der Röntgenbilder erfasste den Grad der Hufbeinrotation und die Sohlendicke. Außerdem wurde die Absenkung des Hufbeines über die Rehestrecke bestimmt. Andere pathologische radiologische Befunde wurden ebenso berücksichtigt.

Ausgewertet wurde die am stärksten betroffene Gliedmaße.

3.3.2 Klinisch-orthopädische Untersuchung der Gruppe 2

Alle Tiere der Gruppe 2 wurden nach dem Rehe-Untersuchungsprotokoll (s. Tabelle 4) untersucht. Auf eine Einteilung in OBEL-Grade wurde verzichtet. Außerdem wurden sie einer Lahmheitsuntersuchung auf hartem sowie auf weichem Boden, im Schritt und Trab, vor und nach Anbringen des therapeutischen Beschlages unterzogen.

3.3.3 Klinisch-orthopädische Untersuchung der Kontrollgruppe

Die Pferde in dieser Gruppe wurden von drei Tierärzten auf eine Lahmheit im Schritt und Trab, auf hartem sowie auf weichem Boden untersucht.

3.4 **Behandlung der Rehe-Patienten**

3.4.1 Behandlung der akuten Rehe-Patienten

3.4.1.1 Orthopädische Maßnahmen zur Behandlung der akuten Rehe-Patienten

Nach Diagnosestellung einer akuten Hufrehe wurden die Hufeisen bei den Patienten entfernt. Die dorsale Zehenwand wurde parallel zur dorsalen Hufbeinwand abgeraspelt. Anschließend wurden die betroffenen Hufe mit Hufgipsen nach Huskamp (1990) entlastet bzw. hochgestellt.

Die an akuter Hufrehe erkrankten Tiere wurden in einer tief eingestreuten Box eingestallt.

3.4.1.2 Medikamentelle Therapie der akuten Rehe-Patienten

Zur Behandlung der akuten Hufrehe wurde ein NSAID (Metacam[®] 0,6 mg/kg Körpermasse p.o) als schmerzmilderndes und entzündungshemmendes Medikament eingesetzt. Zusätzlich wurde Acepromazin (Vetranquil[®] 0.01 mg/kg Körpermasse p.o) zur Vasodilatation und Daltenparin (Fragmin 50 I.E 1 x täglich s.c) aufgrund der antikoagulären Wirkung verabreicht.

Der akute Reheschub galt als überwunden, wenn die Pferde mit den Hufgipsen ohne Medikamente im Schritt auf hartem sowie auf weichem Boden lahmfrei liefen.

3.4.1.3 Orthopädische Therapie der akuten Rehe-Patienten nach Abklingen der akuten Symptome

Nach Abklingen der akuten Rehe-Symptome wurden die Hufe nach dem folgenden Prinzip bearbeitet und anschließend mit einem orthopädischen Beschlag versorgt.

Zunächst wird die dorsale Hufwand abgeraspelt, um annähernd den normalen Abstand zwischen der dorsalen Hufbeinwand und der dorsalen Hufkapsel wiederherzustellen. Außerdem wird das zerfallene Horn in der Sohle sowie am Strahl entfernt. Die Trachten werden mäßig gekürzt, um ungefähr das normale Verhältnis zwischen der Sohlenfläche des Hufbeines und der Sohlenfläche der Hufkapsel (ca. 15 mm) wiederherzustellen (O'Grady 2010).

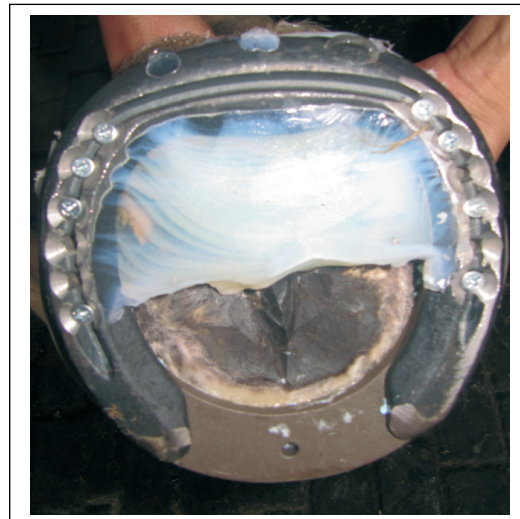
Folgende Beschläge wurden nach Abklingen der akuten Rehe-Symptome verwendet:

3.4.1.3.1 Klebebeschlag mit Dallmer-Cuff

Der Klebebeschlag besteht aus einem Dallmer-Cuff (Dallmer GmbH + Co KG) mit einem darunter umgekehrt aufgeschraubten zehenoffenen NBS (Natural Balance® Shoe)-Eisen und einem strahlunterstützenden Polster (Equipak, Vettec® Inc, Oxnard, CA, USA) (Abb. 8).



A- Ansicht von vorne



B- Die Bodenfläche

Abb. 8: Klebebeschlag. A- Ansicht von vorne. B- Bodenfläche

Anbringen des Klebebeschlages

Zunächst wurde die Hornkapsel mit Schleifpapier (Siarexx cut 1960, Schweiz) aufgeraut und danach mit Ether (Diethyl Ether, Fluka®) entfettet. Das NBS-Eisen wurde dem Huf als zehenoffener Beschlag angepasst und anschließend auf einem

Dallmer-Hufschuh (Dallmer GmbH + Co KG) entsprechend (zehenoffen) verschraubt. Als Letztes erfolgte das Aufkleben des Dallmer-Hufschuhs auf der Hufkapsel nach Anleitung der Firma Dallmer (GmbH + Co KG). Außerdem wurde ein Polster (Equipak, Vettec® Inc, Oxnard, CA, USA) zwei bis drei Zentimeter hinter der Strahlspitze in den palmaren Hufabschnitt eingefüllt.

3.4.1.3.2 Beschlag mit einem Natural Balance® Shoe

Nach Hufzubereitung wurde eine schwebende Zehe angebracht. Das Anbringen einer Schwebze am Zehentragrand erfolgt durch das Entfernen von drei bis fünf Millimetern des Hufhornes vom Zehentragrand, um den bodenseitigen Gegendruck auf die dorsale Hufwand zu verhindern (Bolz 1939). Anschließend wurde ein NBS (Natural Balance® Shoe)-Eisen angebracht. Beim Aufnageln wurden ausschließlich Löcher in den Bereich der Seitenwand genagelt, die Zehennägel wurden nicht gesetzt. Zuletzt fand auch hier das Einfüllen des Polsters (Equipak, Vettec® Inc, Oxnard, CA, USA) im palmaren Hufabschnitt (2-3 cm hinter der Strahlspitze) statt (Abb. 9).



A- Ansicht von vorne

B- Die Bodenfläche

Abb. 9: Das NBS-Eisen. A- Ansicht von vorne. B- Bodenfläche.

3.4.2 Orthopädische Therapie der chronischen Rehe-Patienten

Nach Durchführung der speziellen orthopädischen Untersuchung (s. Tabelle 4) wurden die Hufe nach dem oben beschriebenen Prinzip (s. Kapitel 3.4.1.3) zubereitet. Anschließend erfolgte das Anbringen eines orthopädischen Beschlages. Bei den chronischen Rehe-Patienten wurden folgende Beschläge verwendet:

3.4.2.1 Das NBS-Eisen (s. Kapitel 3.4.1.3.2)

Dieses Eisen wurde bei den chronischen Rehe-Patienten, die zum Beschlagwechsel in der Lehrschmiede der JLU vorgestellt wurden, angebracht.

3.4.2.2 Modifiziertes Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und mit zusätzlichem strahlunterstützendem Polster

Zu Beginn wurde die bereits bekannte Hufzubereitung durchgeführt und eine schwebende Zehe geraspelt. Um das Aufbringen eines kommerziell erhältlichen regelmäßigen Hinterhufeisens mit Zehenaufzügen (Abb. 3) auf den Vorderhuf zu ermöglichen, erfolgte zunächst das warme Umrichten des Hufeisens auf die Vorderhufform, danach das Anschmieden einer guten Abdachung und schließlich das Anpassen an den betroffenen Huf. Daraufhin wurde eine Zehenrichtung am Eisen (die Zehenrichtung ist am Eisen angeschmiedet) angebracht. Nach dem Aufnageln der Hufeisen an beiden Vorderhufen wurde das Einfüllen eines Polsters (Equipak, Vettec® Inc, Oxnard, CA, USA) im hinteren Hufabschnitt (zwei bis drei Zentimeter hinter der Strahlspitze) durchgeführt.

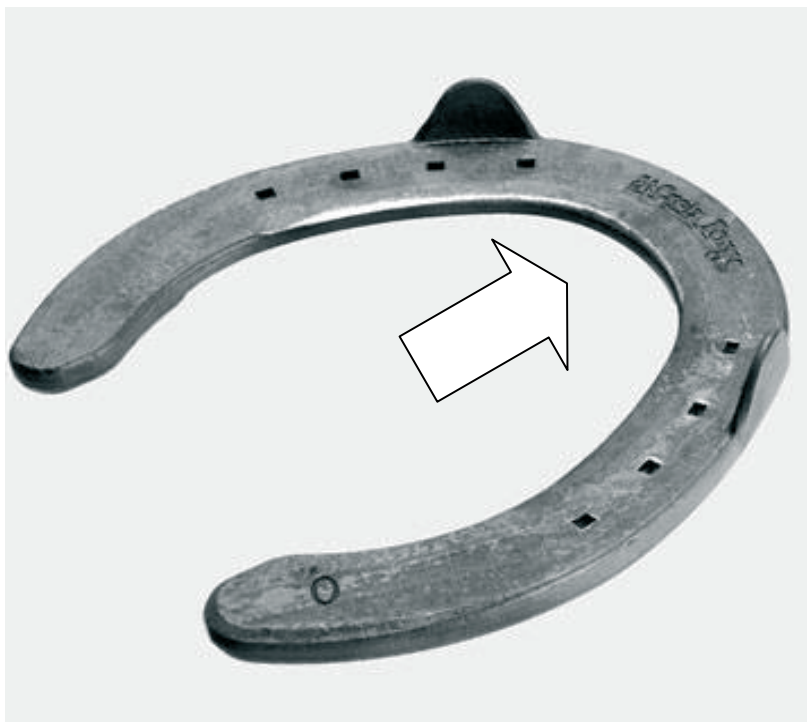


Abb. 10: Modifiziertes Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und guter Abdachung im Zehenteil (Pfeil) zur Anwendung an Vorderhufen bei chronischen Hufrehe-Patienten

3.5 Messsystem und Messmethode zur Bestimmung der Druckverteilung am Huf

Bei dem in dieser Dissertation verwendeten Druckverteilungsmesssystem handelt es sich um das System HufScan® der Firma SAVECOMP MEGASCAN®.

Das HufScan®-System ist ein mobiles System und ermöglicht die Erfassung von Kraft, Druck und Belastungsfläche unter dem Huf bzw. dem Hufeisen an zwei Gliedmaßen gleichzeitig im Stand sowie in der Bewegung.

Das HufScan®-System besteht aus Hardwarekomponenten, Datalogger-Einheit, zwei Dataabnehmern, Remote Trigger, Akku-Einheit, zwei Hufsensoren und dem Softwareprogramm HufScan Mobile Research Foot 6.34®.

3.5.1 Datalogger-Einheit

Die Datalogger-Einheit (Abb. 11) ist mit der Batterie mittels eines Stromkabels verbunden. Die Datalogger-Einheit wird mit einem Gürtel unmittelbar hinter dem Widerrist des Pferdes an der ventralen Seite des Thorax befestigt.

An der Datalogger-Einheit werden sowohl die von den Dataabnehmern ausgehenden Kabel, als auch das Triggerkabel angeschlossen.

Die aufgenommenen Daten werden in der Datalogger-Einheit gesammelt und gespeichert. Nach der Messung werden die Daten über ein USB Kabel auf einen Computer übertragen.



Abb. 11: Datalogger-Einheit

3.5.2 Dataabnehmer

Die Dataabnehmer werden beim Pferd jeweils lateral an einer am Röhrlbein (Os metatarsale III) befestigten Manschette fixiert und per Kabel mit der Datalogger-Einheit verbunden. Der Hufsensor wird an den Dataabnehmer angeschlossen.

Der Dataabnehmer (Abb. 12) nimmt Daten vom Sensor auf und wandelt sie in auswertbare Informationen um.



Abb. 12: Dataabnehmer

3.5.3 Remote Trigger (Fern Trigger)

Das Trigger Kabel wird an die Datalogger-Einheit angeschlossen. Es dient zum Auslösen bzw. zum Beenden der Aufzeichnung (Abb. 13).

Der Anfang und das Ende der Aufzeichnung werden jeweils durch ein akustisches Signal angezeigt.



Abb. 13: Remote Trigger

3.5.4 Akku-Einheit

Für die Stromversorgung der Datalogger-Einheit steht ein Akku zur Verfügung (Abb. 14). Der aktuelle Ladezustand wird durch Leuchtdioden angezeigt. Die Batterie wird mit dem Ladenetzteil vor jeder Messung aufgeladen.



Abb. 14: Akku-Einheit

3.5.5 Der Hufsensor

Der Hufsensor setzt sich aus 1089 Messpunkten zusammen, die gleichmäßig in Reihen auf dem Sensor angeordnet sind. Pro cm^2 existieren vier Messpunkte mit einem Messbereich von 1 N/cm^2 bis 200 N/cm^2 .

Der Sensor besitzt eine Dicke von $0,15 \text{ mm}$ und eine Aufzeichnungsrate bis zu 500 Hz (Abb. 15).

Vor Verwendung der Sensoren müssen diese entsprechend der Hufgröße zugeschnitten werden.

Jeder Hufsensor wird durch zwei selbstklebende Schutzfolien, die 3 mm größer als der Sensor sind, geschützt. Die Schutzfolien beeinflussen nach Angaben des Herstellers die Messgenauigkeit nicht.

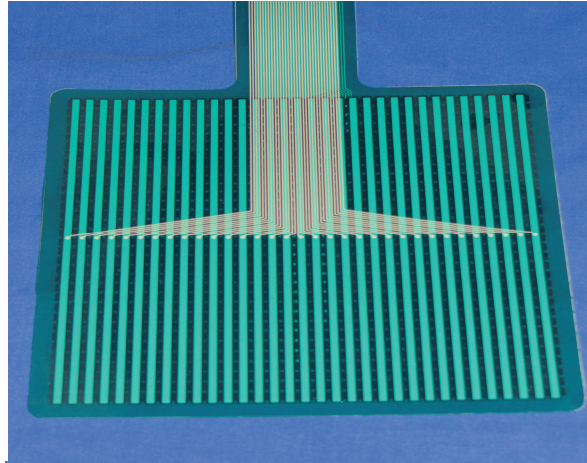


Abb. 15: Der Hufsensor

3.5.6 Softwareprogramm (FastSCAN Mobile Research Version 6.34®)

Die Installation der Software FastSCAN Mobile Research Version 6.34® erfolgte auf dem Personal Computer (PC) des Herstellers Dell (Modell: Latitude E5500, Prozessor: Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU P8400 @ 2,26GHz 2,27 GHz, Systemtyp: 32 Bit-Betriebssystem, Windows 7 Professional Copyright © 2009 Microsoft Corporation).

Mit Hilfe des Softwareprogrammes ist es möglich, die von den Sensoren erfassten Werte, als farbig codierte Druckverteilungsbilder zweidimensional anzuzeigen und als fsx-Dateien zu speichern. Die Abbildung 16 stellt das Gesamtbild eines Hufensors während der Stützbeinphase dar und wird als „Sensorbild“ bezeichnet. In dem Sensorbild werden die Sensorzellen belastungsabhängig in verschiedenen Farben dargestellt. Hierfür steht die Druckskala zur Verfügung, die jedem Druckwert eine individuelle Farbe zuordnet. Dunkelblau steht für Gebiete mit dem niedrigsten Druck und die rote Farbskala deutet Regionen mit höchstem Druck an (Abb. 16). Die belastete Fläche innerhalb des Sensorbildes bildet insgesamt das Druckverteilungsbild eines Hufes. Die unbelasteten Sensorzellen innerhalb eines Sensorbildes zeigen keine Verfärbung.

Die Sensorbilder jeder durchgeführten Messung werden in einzelnen Schritten mit Hilfe des Softwareprogrammes FastSCAN Mobile Research® gruppiert. Alle Sensorbilder eines Schrittes werden in einem virtuellen Bild zusammenfassend dargestellt. Im Folgenden wird das virtuelle Bild als „Hufabdruck“ bezeichnet.

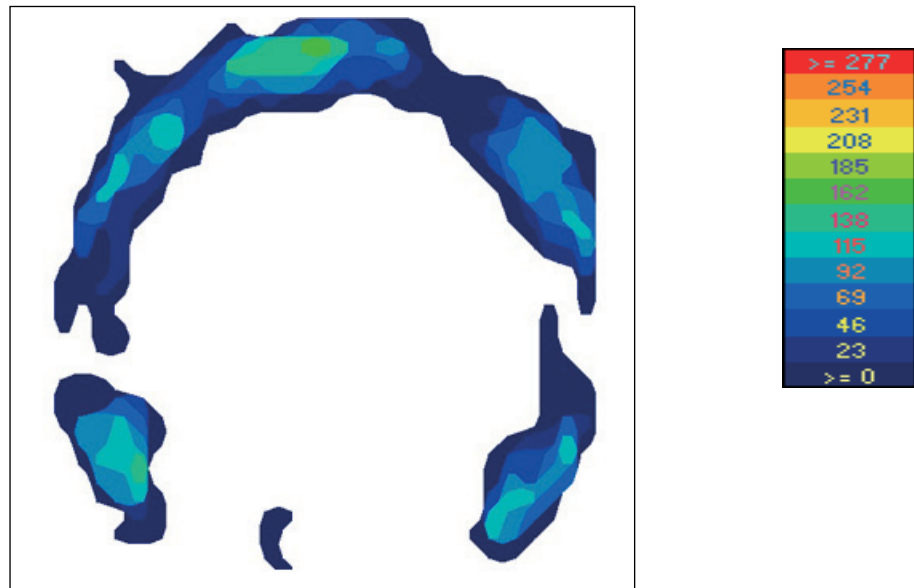


Abb. 16: Das Sensorbild eines sieben-jährigen Warmblutwallachs während der Stützbeinphase. Die belasteten Sensorzellen werden belastungsabhängig farbig dargestellt und bilden insgesamt das Druckverteilungsbild eines Hufes. Je nach gemessenem Druck (N/cm²) reagieren die Sensorzellen mit unterschiedlichen Farben (s. Druckskala rechts)

3.6 Anbringen des Messsystems am Pferd

Die zu untersuchenden Pferde mussten eine gewisse Kooperationsbereitschaft zeigen, da das Anbringen des Messsystems nur an einem ruhig stehenden Pferd möglich ist.

Die Datalogger-Einheit wurde mit einem Gürtel um den Brustkorb des Pferdes, unmittelbar hinter dem Widerrist, befestigt.

Anschließend wurde der Dataabnehmer an einer, lateral am Röhrlbein (Os metacarpale III) angelegten Manschette angebracht und mit einem Klettband befestigt. Es erfolgte die Verbindung zwischen dem Dataabnehmer und der Datalogger-Einheit mittels eines Kabels.

Der Hufsensor wurde unter dem Huf angebracht, mit einem Klebeband (utiltiy Duct Tape, Tesa®) befestigt und mit dem Dataabnehmer verbunden. Ebenso wurde das Triggerkabel an der Datalogger-Einheit angeschlossen und am Gürtel befestigt. Anschließend folgte die Kalibrierung nach Anweisung des Herstellers.

In der Abbildung 17 ist die Messapparatur nach Anbringen am Pferd dargestellt.

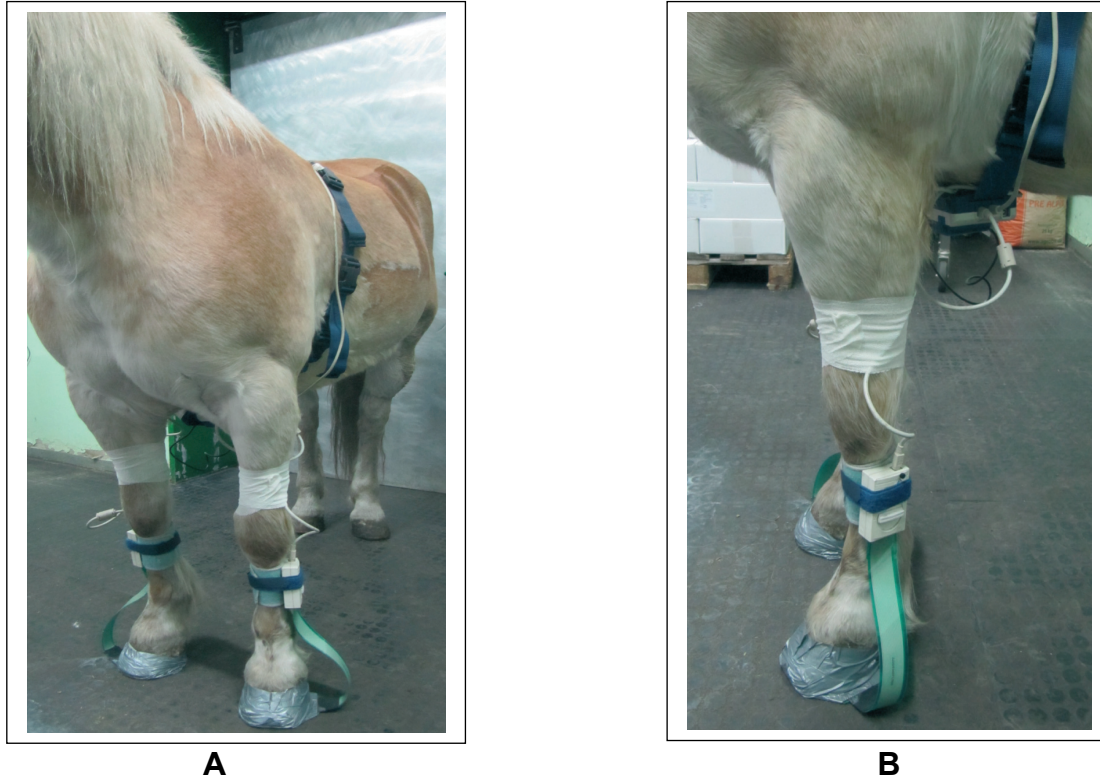


Abb. 17: A und B zeigen die einsatzbereite Messapparatur am Pferd

3.7 Messprotokoll und Durchführung der Messung

Nach Anbringen des HufScan®-Messsystems wurden die Probanden zur Gewöhnung an das System einige Meter an der Hand geführt.

Die Pferde wurden entweder von dem Besitzer oder von einem erfahrenen Tierpfleger an der Hand geführt. Während der Messung wurden die Pferde von der linken Seite am langen Zügel mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit geradeaus geführt. Es wurde darauf geachtet, dass der Kopf und der Hals des Pferdes gerade in Bewegungsrichtung ausgerichtet blieben bzw. durch das Vorführen keine Beeinflussung der Ausrichtung erfolgte.

Die Untersuchung des Druckverteilungsmusters bei den Probanden wurde im Schritt an den Vordergliedmaßen durchgeführt. Die Schrittmessungen wurden auf einer ebenen Asphaltstraße auf dem Gelände der tierärztlichen Fakultät in Gießen bzw. am Beschlagort des externen Hufschmiedes durchgeführt.

Vor jeder Messung wurde die Vorführstrecke gekehrt, um alle Steine zu entfernen.

Der Messvorgang bei jedem Pferd bestand aus drei Durchgängen von jeweils zehn Sekunden. Es wurde eine Aufzeichnungsfrequenz von 250 Hz eingestellt, d.h. pro Sekunde werden 250 Druckverteilungsbilder gemessen.

Jeder Proband wurde zwei Messvorgängen unterzogen.

Bei den Probanden in der Gruppe 1 wurde der erste Messvorgang barhuf nach Abklingen der akuten Rehe-Symptome und nach Entfernen des Hufgipses durchgeführt. Eine zweite Messung erfolgte nach Anbringen eines therapeutischen Beschlages in Form eines Klebebeschlages oder eines NBS-Beschlages.

Bei den Pferden in der Gruppe 2 fand der erste Messvorgang vor der Hufzubereitung nach Entfernen des alten Hufeisens (barhuf) statt und der zweite wurde nach Anbringen des therapeutischen Beschlages durchgeführt.

In der Kontrollgruppe wurde ein einziger Messvorgang bei allen Tieren barhuf durchgeführt.

3.8 Auswertung der Messungen

Die Druckmessungen wurden erst dann gewertet, wenn Artefakte sicher ausgeschlossen werden konnten. Das Auftreten folgender Artefakte führte zum Verwerfen der Daten des betroffenen Messversuches und zum Wiederholen des Messversuches:

- Offensichtliche Fehlmessungen einzelner Drucksensoren
- Unvollständiges Abbild der Huffläche durch Übertreten der nutzbaren Sensorfläche oder durch Beschädigung einzelner Drucksensoren

In jedem Durchgang wurden zehn Sekunden lang, je nach Pferdegröße, ca. sieben bis elf Schritte pro Huf gemessen. Für die Berechnungen und Auswertung wurden nur die Daten von fünf Schritten, ausgehend vom zweiten Schritt, genutzt.

Der Hufabdruck wurde mit Hilfe eines Koordinatensystems in drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) unterteilt (Abb. 18). Aus jedem Abschnitt wurden folgende Parameter berechnet:

- A- Die Kraft (N): Mit der Kraft wird die von den Hufsensoren gemessene Vertikalkraft bezeichnet. In jedem Abschnitt wurde zunächst die Kraft in Newton ermittelt, anschließend wurden daraus prozentuale Werte gebildet.
- B- Die Belastungsfläche (cm²): Hiermit wird die, während der Stützbeinphase von den Sensoren in jedem Abschnitt gemessene, Belastungsfläche in cm² bezeichnet. Aus den gemessenen Werten in cm² wurden prozentuale Werte gebildet.
- C- Die Druckspitze (N/cm²): Mit der Druckspitze wird die Fläche von 1 cm², die die größte Druckeinwirkung zeigt, bezeichnet. Die Druckspitzenwerte wurden ausschließlich bei den Therapiegruppen ermittelt.

Für die gemessenen Werte der fünf Schritte wurde ein Mittelwert gebildet. Anschließend wurde ein Mittelwert aus allen drei Durchgängen bestimmt und für die

Auswertung berücksichtigt.

Das Ziel dieser Aufteilung der Fußungsfläche ist die Untersuchung des Verteilungsmusters verschiedener Messgrößen in den Abschnitten im Gruppenvergleich zwischen den Rehe-Patienten und der Kontrollgruppe im unbeschlagenen Zustand. Außerdem sollte die Umverteilung der Parameter bei den Rehe-Patienten bei verschiedenen Therapiebeschlägen nach dem Beschlag erfasst werden.

Drüber hinaus wurde die Fußungsart der Probanden ermittelt und ausgewertet. Außerdem wurde das Kraftzentrum (das Zentrum aller auf den Huf einwirkenden Kräfte) während der Stützbeinphase analysiert.

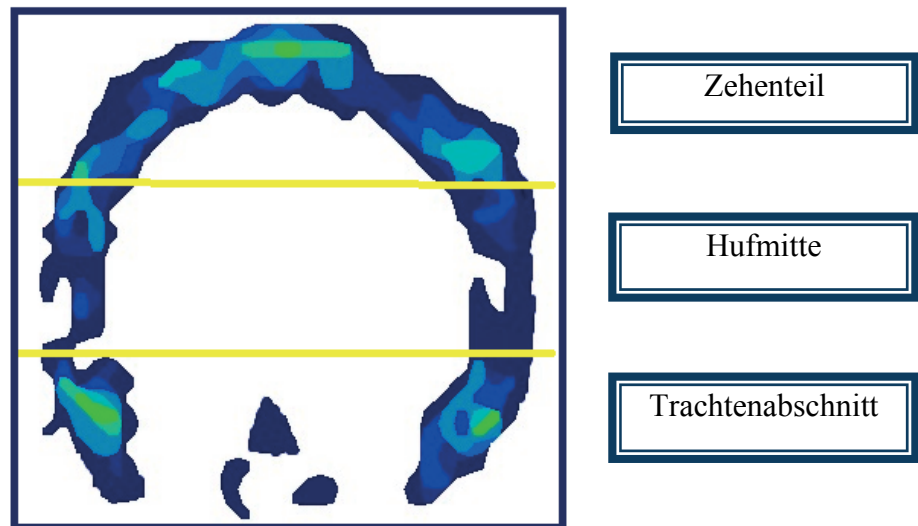


Abb. 18: Einteilung des Hufabdrucks in drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten)

3.9 Statistik

Die statistische Auswertung der Messergebnisse mit dem Huf-Scan-System erfolgte in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Fachbereiches Veterinärmedizin der JLU Gießen.

Bei der Bewertung der statistischen Signifikanzen wurde das Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ zugrunde gelegt, d.h. Ergebnisse mit $p \leq 0,05$ wurden als statistisch signifikant angesehen. Der p-Wert (auch „Überschreitungswahrscheinlichkeit“ oder „Signifikanzwert“ genannt) ist eine Kennzahl zur Auswertung statistischer Tests. Dieser Wert gibt an, wie glaubhaft ein Stichprobenergebnis ist, wenn die Nullhypothese wahr ist.

3.9.1 Statistische Auswertung der Barhuf-Messungen bei Rehepatienten und der Kontrollgruppe

Für die statistische Auswertung wurde das Statistikprogrammpaket BMDP, Release 8,1 (BMDP Statistical Software, Los Angeles, CA) eingesetzt. In Anlehnung an die Untersuchungen wurde der Vergleich der Mittelwerte der Variablen zwischen linker und rechter Seite, den Hufabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) und zwischen den Therapiegruppen durchgeführt. Dabei kam eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen zur Anwendung.

3.9.2 Statistische Auswertungen bei den Therapiegruppen A, B und C

Zur statistischen Prüfung der Parameter Kraft und Belastungsfläche in Prozent sowie der Druckspitze in N/cm^2 wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt durchgeführt.

Die Messwerte der Barhufmessung in den Therapiegruppen A, B und C wurden innerhalb jeder Gruppe mit denen nach dem Beschlagen verglichen. Für jede Messgröße wurde an jedem untersuchten Abschnitt des Hufes die Differenz des Mittelwertes nach dem Beschlagen minus dem Mittelwert vor dem Beschlagen gebildet und statistisch ausgewertet.

4. Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der klinisch-orthopädischen Untersuchungen

4.1.1 Gruppe 1 (akute Hufrehe)

Hier sind die Ergebnisse der klinisch-orthopädischen Untersuchung der akuten Hufrehe-Patienten in der Gruppe 1 bei Erstvorstellung in der Klinik für Pferde (Chirurgie) JLU erfasst (Tab. 5).

Die Ergebnisse der klinisch-orthopädischen Untersuchung der akuten Hufrehe-Patienten nach Beenden der medikamentellen Therapie und Entfernen der Hufgipse (vor dem Beschlagen) sind gesondert in dem Kapitel 4.3 unter den Ergebnissen der medikamentellen Therapie (Tab. 11) tabellarisch dargestellt.

Von den 17 Patienten stellten fünf Pferde die erkrankten Vordergliedmaßen nach vorn, die übrigen Pferde stellten die Gliedmaßen physiologisch unter den Körper. Die Vorderhufe wurden bei sieben Rehe-Patienten wechselseitig belastet.

Zudem reagierten alle Tiere positiv auf die Hufzangenuntersuchung, vor allem im Bereich der Hufbeinspitze. Bei sechs Pferden wurde eine Verbreiterung der weißen Linie festgestellt. Zwei von 17 Patienten mit akuter Hufrehe hatten einen Knollhuf und zeigten divergierende Reheringe. Eine Einsenkung des Kronsaumes konnte bei drei Pferden palpiert werden. Ein Sohlendurchbruch wurde bei keinem Patienten beobachtet. Alle Rehe-Patienten wiesen eine vermehrte Wärme der Hufe und eine verstärkte Pulsation der Hauptmittelfußarterie auf. Zusätzlich zeigten zwei Pferde an beiden Vordergliedmaßen einen flachen Huf.

Insgesamt konnten bei 15 Rehe-Patienten die Vordergliedmaßen leicht aufgehoben werden, bei zwei Tieren war es schwer.

In der Bewegung zeigten alle Tiere einen klammen Gang, Wendeschmerz sowie Trachtenfußung. Die Lahmheit an den Vordergliedmaßen war unterschiedlich stark ausgeprägt, so dass bei zwölf Rehe-Patienten eine Lahmheit in der rechten Vordergliedmaße im Vordergrund stand und bei fünf Patienten in der linken Vordergliedmaße. Die Lahmheitsgrade variierten zwischen zwei und vier.

Hinsichtlich der Schwere der Erkrankung wurden drei Patienten in den OBEL-Grad drei eingeordnet, bei zwölf akuten Rehe-Patienten wurde der OBEL-Grad zwei beobachtet und zwei Pferde zeigten eine akute Rehe mit einem OBEL-Grad eins.

Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Kriterien für die Einteilung in die Lahmheitsdiagnostik eins bis fünf hier aufgelistet:

- 0- Keine Lahmheit feststellbar
- 1- Lahmheit schwierig festzustellen und nicht konstant sichtbar
- 2- Lahmheit ist auf der Geraden im Schritt und Trab schwierig festzustellen, aber konstant
- 3- Lahmheit ist im Trab unter allen Umständen ständig festzustellen
- 4- Lahmheit offensichtlich, deutliches Kopfnicken und / oder verkürzter Gang
- 5- Lahmheit offensichtlich, minimale Belastung im Stand oder in der Bewegung, Unfähigkeit sich zu bewegen

4.1.2 Gruppe 2 (chronische Hufrehe)

In der Tabelle 6 werden die Ergebnisse der klinisch-orthopädischen Untersuchung der chronischen Hufrehe-Patienten bei Vorstellung vor dem Beschlagen aufgelistet.

Die Ergebnisse der klinisch-orthopädischen Untersuchung nach Anbringen des therapeutischen Beschlags sind je nach Therapiegruppe in den Kapiteln (4.1.4 bis 4.1.6) beschrieben.

4.1.3 Kontrollgruppe

Die Pferde in dieser Gruppe zeigten in der Bewegung auf hartem sowie auf weichem Boden und an der Longe keine Lahmheit.

Untersuchungsmethode		Befund		
Adspektion	Entlastung der Gliedmaßen	ja	nein	
		7	10	
	Nach vorn gestellte Vordergliedmaße	ja	nein	
		5	0	
	Unter den Körper gestellte Hintergliedmaßen	ja	nein	
		0	17	
	Normale Stellung der Gliedmaßen	ja	nein	
		12	0	
	Hufzange	positiv	negativ	
		17	0	
Hufuntersuchung	Weißer Linie	normal	verbreitert	
		11	6	
	Hufform	physiologisch	pathologisch verändert	
		15	2	
	Reheringe	ja	Nein	
		2	15	
	Kronsaum eingesunken	ja	nein	
		3	14	
	Sohlenwölbung	Normal	Flachhuf	
		15	2	
Pulsation	Huftemperatur erhöht	ja	nein	
		17	0	
	Sohldurchbruch	ja	nein	
		0	17	
	Physiologisch	Pathologisch		
	0	17		
	Aufheben der Gliedmaße	Leicht	Schwierig	Nicht möglich
		15	2	0
		Lahmheitsgrad		
		Grad (1-5)*		
Grad 2		Grad 3	Grad 4	
8		4	5	
Bewegung		Lokalisation der Lahmheit	Vorn rechts	Vorn links
			12	5
		Trachtenfußung/ Wendescherz/ Klammer Gang	ja	nein
			17	0
OBEL-Grad	1	2	3	4
	2	12	3	0

Tab. 5: Tabellarische Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Patienten in der Gruppe 1 bei Erstvorstellung (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP)

Untersuchungsmethode	Befund		
Adspektion	Entlastung der Gliedmaßen	ja	nein
		0	21
	Nach vorn gestellte Vordergliedmaße	ja	nein
		0	21
	Unter den Körper gestellte Hintergliedmaßen	ja	nein
		0	21
	Normale Stellung der Gliedmaßen	ja	nein
		21	0
	Hufzange	positiv	negativ
		7	14
Hufuntersuchung	Weißer Linie	normal	verbreitert
		13	8
	Hufform	physiologisch	pathologisch verändert (Knollhuf)
		16	5
	Reheringe	ja	nein
		5	16
	Kronsaum eingesunken	ja	nein
		4	17
	Sohlenwölbung	Normal	Flachhuf
		16	5
Pulsation	Huftemperatur erhöht	ja	nein
		0	21
	Sohldurchbruch	ja	nein
		0	21
Aufheben der Gliedmaße	Physiologisch	Pathologisch	
		21	0
	Leicht	Schwierig	Nicht möglich
		21	0
Bewegung	Lahmheitsgrad Grad (1–5)*		
	Grad 0		Grad 2
	16		5
	Lokalisation der Lahmheit	Vorn rechts	Vorn links
		2	3
	Trachtenfußung	ja	nein
		13	8
	Wendeschmerz	ja	nein
		0	21
	Klammer Gang	ja	nein
	0	21	

Tab. 6: Tabellarische Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Patienten in der Gruppe 2 vor dem Beschlagen (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP)

4.1.4 Therapiegruppe A

Drei Pferde zeigten nach Beenden der medikamentellen Therapie und Entfernen der Hufgipse einen Lahmheitsgrad eins und bei drei Pferden konnte man einen Lahmheitsgrad zwei beobachten. Ein Patient ließ einen Wendeschmerz erkennen. Außerdem wiesen alle Patienten eine Trachtenfußung auf.

Alle Hufrehe-Patienten in der Gruppe A, exklusive einem Patienten, zeigten eine geringgradige Verbesserung der Lahmheit nach Anbringen des Klebebeschlags. Dieser eine Patient hingegen wies keine Veränderung des Lahmheitsgrades auf. Die Patienten zeigten weder einen klammen Gang, noch einen Wendeschmerz (Tab. 7).

Untersuchungsmethode	Befund		
Bewegung	Lahmheitsgrad	Grad (1–5)*	
	Grad 0	Grad 1	
	3	4	
	Lokalisation der Lahmheit	Vorn rechts	Vorn links
		2	2
	Trachtenfußung	ja	nein
		5	2
	Wendeschmerz/ Klammer Gang	ja	nein
	0	7	

Tab. 7: Tabellarische Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Patienten in der Therapiegruppe A nach dem Beschlagen (n=7) (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP)

4.1.5 Therapiegruppe B

Vor dem Beschlagen zeigten drei Patienten in dieser Gruppe einen Lahmheitsgrad zwei und fünf Patienten einen Lahmheitsgrad eins. Keiner der Patienten wies einen klammen Gang oder einen Wendeschmerz auf. Nach dem Beschlagen wurde eine Verbesserung des Lahmheitsgrades um einen Grad beobachtet. Die Pferde zeigten einen schwungvollen Gang und keinen Wendeschmerz (Tab. 8).

Untersuchungsmethode	Befund		
	Lahmheitsgrad	Grad (1–5)*	
	Grad 0	Grad 1	
	14	3	
Bewegung	Lokalisation der Lahmheit	Vorn rechts	Vorn links
		1	2
	Trachtenfußung	ja	nein
		17	0
	Wendeschmerz/ Klammer Gang	ja	nein
	0	17	

Tab. 8: Tabellarische Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Patienten in der Therapiegruppe B in der Bewegung nach dem Beschlagen (n=17) (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP)

4.1.6 Therapiegruppe C

Ein Patient zeigte vor dem Beschlagen einen Lahmheitsgrad zwei. Außerdem wiesen alle Patienten eine Trachtenfußung, aber keinen Wendeschmerz auf.

Nach Anbringen des therapeutischen Beschlages (modifiziertes Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen) zeigten alle Hufrehe-Patienten in dieser Gruppe, exklusive einem Patienten, keine Lahmheit. Dieser eine Patient hingegen wies eine Verbesserung des Gangbildes um einen Lahmheitsgrad auf. Bei sieben Patienten ließ sich eine Trachtenfußung erkennen, ein klammer Gang hingegen konnte nicht beobachtet werden (Tab. 9).

Untersuchungsmethode	Befund		
	Lahmheitsgrad	Grad (1–5)*	
	Grad 0	Grad 1	
	6	1	
Bewegung	Lokalisation der Lahmheit	Vorn rechts	Vorn links
		1	0
	Trachtenfußung	ja	nein
		7	0
	Wendeschmerz/ Klammer Gang	ja	nein
	0	7	

Tab. 9: Tabellarische Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Patienten in der Therapiegruppe C nach dem Beschlagen (n=7) (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP)

4.2 Röntgenbefunde der Patienten in der Gruppe 1 (akute Hufrehe)

In der Tabelle 10 sind die Ergebnisse der radiologischen Untersuchung in der Gruppe 1 (akute Hufrehe) der am stärksten betroffenen Vordergliedmaße dargestellt. Zwei akute Rehe-Patienten zeigten zusätzliche radiologisch-pathologische Formveränderungen am Hufbein in Form einer hutkrempeartigen Ausziehung der Hufbeinspitze.

In der Abbildung 19 sind die Boxplots der Messgrößen Rotationsgrad, Rehestrecke und Sohlendicke dargestellt.

Patientennummer	Rotationsgrad	Rehestrecke mm	Sohlendicke mm
1	6°	11,6	7
2	9°	14,5	18,1
3	12°	7	17,3
4	0°	12,6	16,1
5	11°	12	9,4
6	9°	12	14,4
7	13°	15	10,8
8	0°	12,1	15,5
9	3°	20	13,2
10	6°	10,7	11,8
11	15°	10,8	5,8
12	7°	13,8	11
13	6°	5,5	9,1
14	10°	7,5	15,7
15	11°	6,6	12,5
16	0°	8,5	15,7
17	6°	18,2	7,4

Tab.10: Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung der Gruppe 1 (akute Hufrehe)

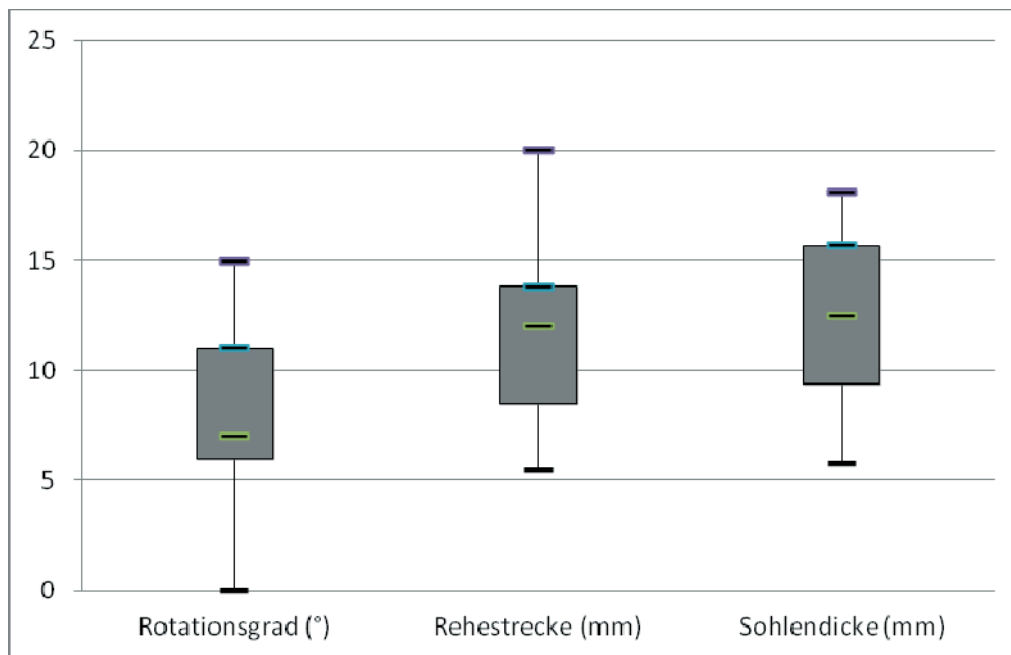


Abb. 19: Boxplots der Messgrößen Rotationsgrad (°), Rehestrecke (mm) und der Sohlendicke (mm) in der Gruppe 1 (akute Hufrehe)

4.3 Ergebnisse der medikamentellen Therapie der Hufrehe-Patienten in der Gruppe 1

Die Behandlungsdauer der akuten Hufrehe-Patienten vom Zeitpunkt der Vorstellung in der Klinik bis zur Entlassung beträgt zwischen fünf und 21 Tagen (im Mittel acht Tage).

Alle Hufrehe-Patienten in der Gruppe 1 wurden nach demselben Behandlungsschema (s. Kapitel 3.4.1.2) medikamentell behandelt.

Die Ergebnisse der klinisch-orthopädischen Untersuchung sind in der Tabelle 11 dargestellt.

Untersuchungsmethode

Befund

Adspektion	Entlastung der Gliedmaßen	ja	nein
		0	17
	Nach vorn gestellte Vordergliedmaße	ja	nein
		0	17
	Unter den Körper gestellte Hintergliedmaßen	ja	nein
		0	17
	Normale Stellung der Gliedmaßen	ja	nein
		17	0
	Hufzange	positiv	negativ
		7	10
Hufuntersuchung	Weißer Linie	normal	verbreitert
		11	6
	Hufform	physiologisch	pathologisch verändert
		15	2
	Reheringe	ja	nein
		2	15
	Kronsaum eingesunken	ja	nein
		3	14
	Sohlenwölbung	Normal	Flachhuf
		15	2
Pulsation	Huftemperatur erhöht	ja	nein
		0	17
	Sohldurchbruch	ja	nein
		0	17
	Physiologisch	Pathologisch	
Aufheben der Gliedmaße	10	7	
	Leicht	Schwierig	Nicht möglich
	17	0	0
Bewegung	Lahmheitsgrad Grad (1–5)*		
	Grad 0	Grad 1	Grad 2
	5	8	4
	Lokalisation der Lahmheit	Vorn rechts	Vorn links
		8	4
	Trachtenfußung	ja	nein
		17	0
	Wendeschmerz	ja	nein
		2	15
	Klammer Gang	ja	nein
	0	17	

Tab. 11: Darstellung der klinisch-orthopädischen Untersuchung der Tiere in der Gruppe 1 nach Beenden der medikamentellen Therapie und Entfernen der Hufgipse (* zur Anwendung kam die Einteilung in fünf Lahmheitsgrade der AAEP)

4.4 Ergebnisse der HufScan – Untersuchungen

4.4.1 Beschreibung des Belastungsmusters

4.4.1.1 Beschreibung des Belastungsmusters bei den akuten Hufrehe-Patienten barhuf zum Zeitpunkt des Beendens der medikamentellen Therapie

Bei dem ersten Bodenkontakt während der Stützbeinphase fußen die Pferde mit den Trachten (plan, mediale oder laterale Trachte zuerst) auf.

Das Belastungsmuster der Hufrehe-Patienten aus der Gruppe 1 wurde exemplarisch am Beispiel eines dieser Patienten aufgezeichnet und ließ sich in zwei Fußungsphasen einteilen. Vom Zeitpunkt der Auffußung bis zum zweiten Drittel der Stützbeinphase (Zeitpunkt des höchsten Kraftwertes) bleibt das Kraftzentrum (das Zentrum aller auf den Huf einwirkenden Kräfte) im Trachtenabschnitt bzw. am Übergang vom Trachten- bis zum Hufmittelabschnitt. Folglich findet während der ersten zwei Drittel der Stützbeinphase die größte Lastaufnahme im Trachtenabschnitt bzw. im Übergang vom Trachten- bis zum Hufmittelabschnitt statt.

Anschließend erfolgt das Abrollen. Der Abrollpunkt befand sich bei der Mehrzahl der 17 Pferde in der Gruppe 1 in der Mitte der Zehe. Drei Pferde zeigten ein Abrollen über die laterale Zehe, zwei Pferde über die mediale Zehe. Daraus resultiert, dass der Zehenabschnitt hauptsächlich während des Abrollens belastet wird. Allerdings ist bei der Beobachtung der Kraft-Zeit-Kurve (s. Abb. 21) auffällig, dass der Kraftwert während des letzten Drittels der Stützbeinphase kontinuierlich sinkt.

Die Abbildung 20 stellt exemplarisch das Druckverteilungsmuster bei einem akuten Hufrehe-Patienten aus der Gruppe 1 dar.

Vom ersten Bodenkontakt bis zum Ende des zweiten Drittels der Stützbeinphase steigt die Kraft bis 2433 N an. Anschließend sinkt die Kurve bis zum Abrollen ab.

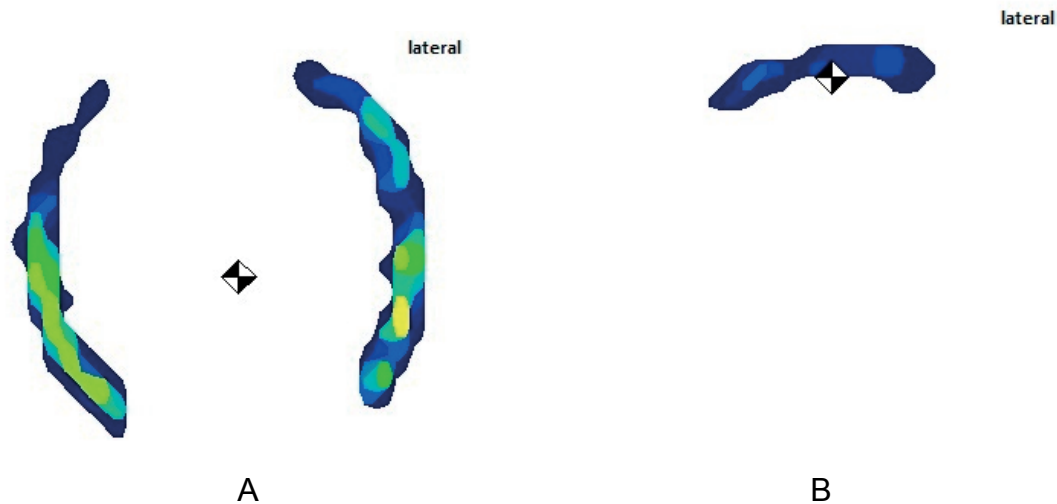


Abb. 20: Das Druckverteilungsbild eines akuten Hufrehe-Patienten (barhuf) mit dem Kraftzentrum.

A: Zum Ende des zweiten Drittels der Stützbeinphase (Zeitpunkt des höchsten Kraftwertes)

B: Kurz vor dem Abrollen über die Zehe am Ende des letzten Drittels der Stützbeinphase

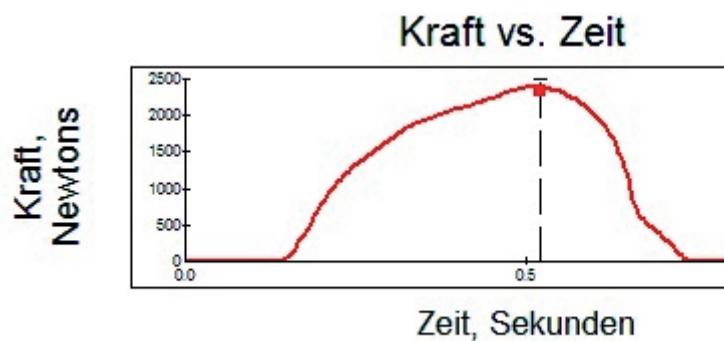


Abb. 21: Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve (Gruppe 1). Vom ersten Bodenkontakt bis zum Ende des zweiten Drittels der Stützbeinphase steigt die Kraft-Zeit-Kurve an, anschließend sinkt die Kurve bis zum Abrollen ab. Die gestrichelte Linie verdeutlicht den Zeitpunkt des höchsten Kraftwertes (2433N)

4.4.1.2 Beschreibung des Belastungsmusters bei den chronischen Hufrehe-Patienten barhuf vor dem Beschlagen

Der überwiegende Teil der chronischen Hufrehe-Patienten (17 Pferde) zeigte eine Trachtenfußung. Lediglich bei wenigen Hufrehe-Patienten (vier Pferde) konnte man eine laterale Fußung beobachten.

Die Abbildung 22 zeigt die Druckverteilungsbilder bei einem chronischen Hufrehe-Patienten (exemplarisch). Das Belastungsmuster des chronischen Hufrehe-Patienten ließ sich in drei Fußungsphasen einteilen.

Anhand der Kraft-Zeit-Kurve (Abb. 23) lässt sich erkennen, dass die Pferde während der Stützbeinphase drei unterschiedliche Fußungsmuster aufzeigten:

Vom ersten Bodenkontakt bis zum Ende des ersten Drittels der Stützbeinphase steigt die Kraft-Zeit-Kurve kontinuierlich an, sodass der Kraftwert am Ende des ersten Drittels der Stützbeinphase 1450 N beträgt. In dieser Phase befindet sich das Kraftzentrum im Trachtenabschnitt, sodass die vermehrte Lastaufnahme im Trachtenabschnitt liegt.

Im zweiten Drittel der Stützbeinphase zeigt die Kraft-Zeit-Kurve einen annähernd horizontalen Verlauf, bei dem nur ein geringgradiger Anstieg des Kraftwertes bis auf 1790 N zu verzeichnen ist. Das Kraftzentrum befindet sich im Hufmittelabschnitt, d.h. es herrscht in dieser Phase eine annähernd gleichmäßige Verteilung der Lastaufnahme vor.

Im letzten Drittel der Stützbeinphase sinkt die Kraft-Zeit-Kurve steil ab und die Lastaufnahme findet hauptsächlich im Zehenabschnitt statt.

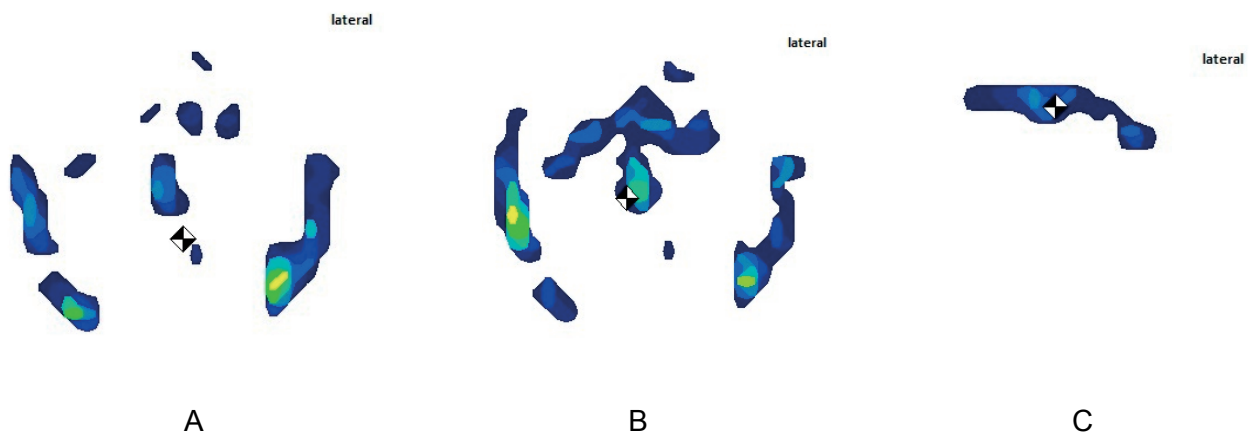


Abb. 22: Das Druckverteilungsbild eines chronischen Hufrehe-Patienten mit einem Flachhuf (barhuf) und eingezeichnetem Kraftzentrum.

A: Zum Ende des ersten Drittels der Stützbeinphase

B: Zum Ende des zweiten Drittels der Stützbeinphase

C: Kurz vor dem Abrollen über die laterale Zehe am Ende des letzten Drittels der Stützbeinphase

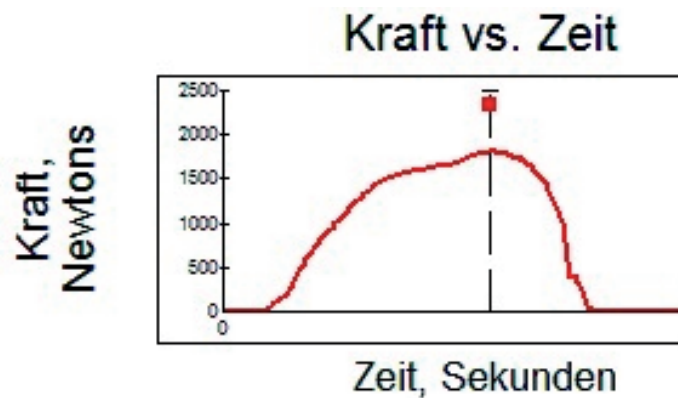


Abb. 23: Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve (Gruppe 2). Im ersten Drittel der Stützbeinphase steigt die Kurve an, während des zweiten Drittels lässt sich ein relativ horizontaler Verlauf mit leichtem Anstieg erkennen und das letzte Drittel weist einen Abfall der Kurve auf. Die gestrichelte Linie verdeutlicht den Zeitpunkt des höchsten Kraftwertes (1790 N)

4.4.1.3 Beschreibung des Belastungsmusters in der Kontrollgruppe

Bei den lahmfreien Pferden wurde überwiegend eine plane Fußung (10 Pferde) beobachtet. Allerdings zeigten drei Pferde eine laterale Fußung, drei Pferde eine Trachtenfußung und ein Pferd eine Zehenfußung.

Die Abbildung 24 zeigt die Druckverteilungsbilder bei einem barhuf lahmfreien Pferd (exemplarisch). Das Belastungsmuster ließ sich in drei Fußungsphasen einteilen.

Im ersten Drittel der Stützbeinphase wurde zunächst ein Anstieg der Kraft-Zeit-Kurve beobachtet (Abb. 25). Der Kraftwert beträgt am Ende dieses Drittels 2820 N. Im Folgenden wies die Kurve einen horizontalen Verlauf auf. Das Kraftzentrum befand sich im Hufmittelabschnitt, sodass eine relativ gleichmäßige Verteilung der Lastaufnahme erfolgte.

Im zweiten Drittel wurde anfangs ein horizontaler Verlauf der Kurve erfasst, gefolgt von einem leichten Anstieg der Kurve, bis zum Erreichen des höchsten Kraftwertes 3400 N. Die Lage des Kraftzentrums veränderte sich hierbei nur minimal.

Mit Beginn des letzten Drittels erfolgt ein Abfall der Kraft-Zeit-Kurve bis zum Abrollen. In dieser Phase beginnt die Abrollphase mit einer Lastaufnahme hauptsächlich im Zehenabschnitt. Das Abrollen fand meistens über die Mitte der Zehe statt, allerdings wurden Abweichungen von den Medianen beobachtet.

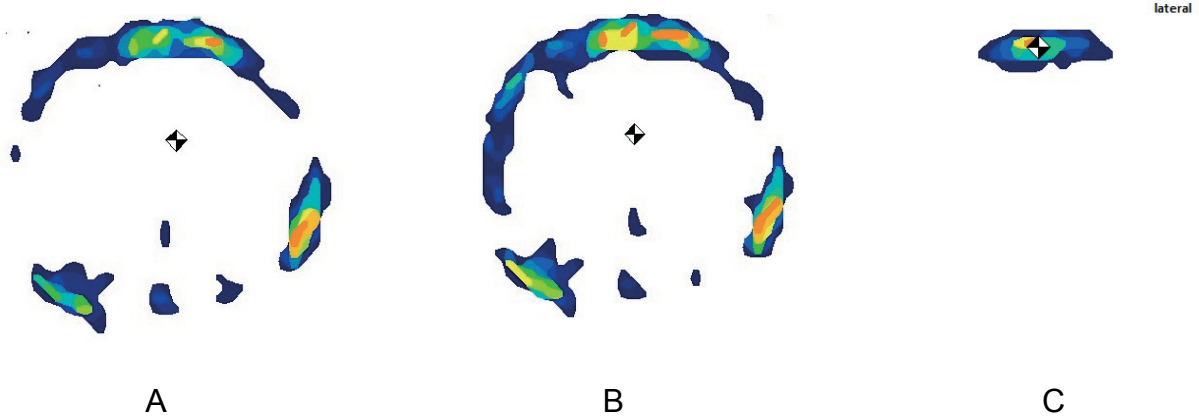


Abb. 24: Das Druckverteilungsbild eines lahmfreien Pferdes (barhuf) mit dem eingezeichneten Kraftzentrum.

A: Zum Ende des ersten Drittels der Stützbeinphase

B: Zum Ende des zweiten Drittels der Stützbeinphase

C: Kurz vor dem Abrollen am Ende des letzten Drittels der Stützbeinphase

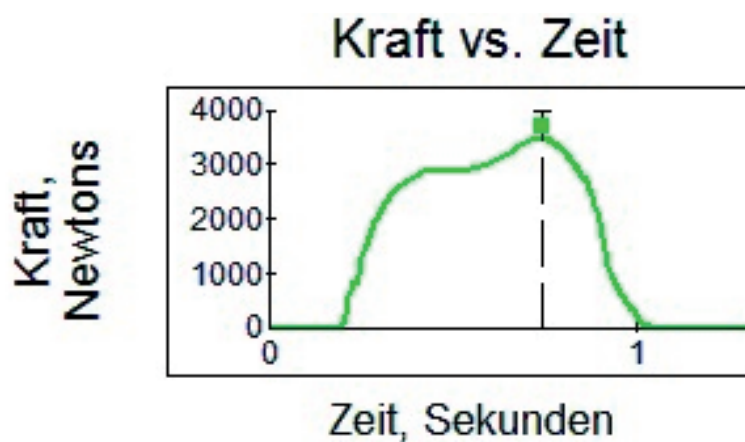


Abb. 25: Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve (Kontrollgruppe). Der initiale Anstieg wird gefolgt von einem horizontalen Verlauf der Kurve im ersten Drittel. Das zweite Drittel der Stützbeinphase verzeichnet einen leichten Anstieg der Kurve bis zum Erreichen des höchsten Kraftwertes. Im letzten Drittel ist ein Abfall der Kurve bis zum Abrollen zu beobachten. Die gestrichelte Linie verdeutlicht den Zeitpunkt des höchsten Kraftwertes (3400 N)

4.4.1.4 Beschreibung des Belastungsmusters bei den Pferden in der Therapiegruppe A (Klebebeschlag)

Die Auffußung erfolgt mit den Trachten (plan, laterale oder mediale Trachte). Lediglich bei zwei Pferden konnte die Trachtenfußung anhand der klinisch-orthopädischen Untersuchung nicht mit den bloßen Augen beobachtet werden.

Bei der Betrachtung des Druckverteilungsbildes (Abb. 26. Bild: A) eines Pferdes mit Klebebeschlag ist auffällig, dass der hintere Abschnitt des Strahles und die Eckstreben durch das Anbringen eines Polsters zur Lastaufnahme herangezogen wurden. Außerdem ist zu sehen, dass der Tragrand der Zehe gar keinen Kontakt mit dem Boden hat.

Das Belastungsmuster eines Hufrehe-Patienten mit einem Klebebeschlag (exemplarisch) ließ sich in zwei Fußungsphasen einteilen. In der Abbildung 27 ist der Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve dargestellt.

Vom Zeitpunkt der Auffußung bis zur Mitte der Stützbeinphase steigt die Kraft-Zeit-Kurve (Kraftwert 2887 N) an. Das Kraftzentrum befindet sich während der ersten Hälfte der Stützbeinphase im Hufmittelabschnitt, jedoch in der hinteren Hufhälfte. Folglich liegt die Lastaufnahme geringgradig vermehrt in der hinteren Hufhälfte.

In der zweiten Hälfte der Stützbeinphase befindet sich das Kraftzentrum anfangs zentral im Hufmittelabschnitt und während der Abrollphase bewegt es sich in Richtung des Zehenabschnittes.

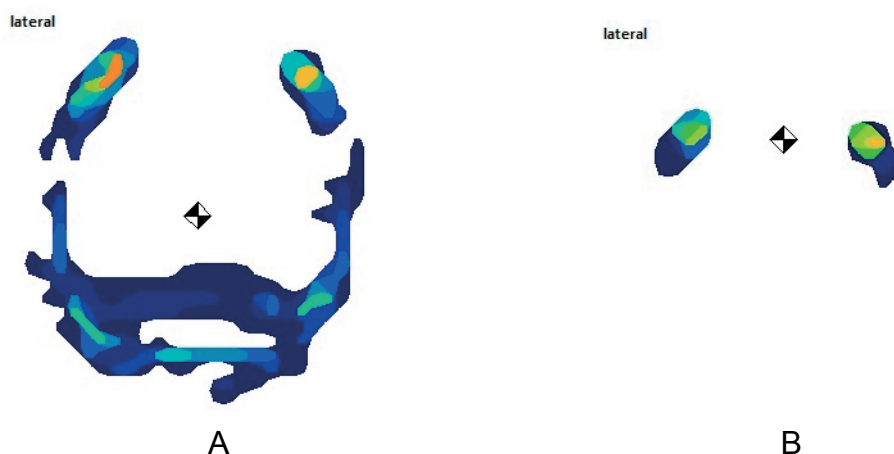


Abb. 26: Das Druckverteilungsbild (mit dem Kraftzentrum) eines Pferdes mit dem Klebebeschlag.

A: Zeitpunkt der Mitte der Stützbeinphase

B: Kurz vor dem Abrollen am Ende der Stützbeinphase

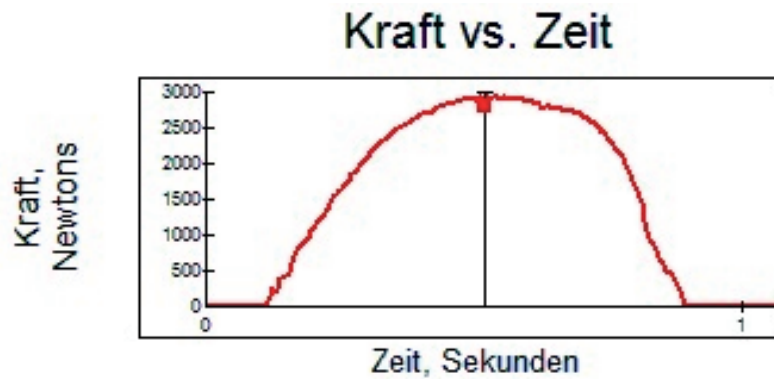


Abb. 27: Verlauf Kraft-Zeit-Kurve (Therapiegruppe A). Im ersten Drittel der Stützbeinphase erfolgt ein Anstieg der Kraft-Zeit-Kurve. Das zweite Drittel zeigt eine Phase, in der die Kraft über die Zeit annähernd gleichbleibend ist. Schließlich lässt sich im letzten Drittel ein Abfall der Kraft-Zeit-Kurve bis zum Abrollen erkennen. Die schwarze Linie verdeutlicht den Zeitpunkt des höchsten Kraftwertes (2887 N)

4.4.1.5 Beschreibung des Belastungsmusters bei den Pferden in der Therapiegruppe B (NBS-Shoe®)

Die Auffußung erfolgt mit den Trachten (plan, laterale oder mediale Trachte).

Die Abbildung 28 zeigt die Druckverteilungsbilder bei einem Hufrehe-Patienten aus der Therapiegruppe B (exemplarisch). Das Belastungsmuster ließ sich in drei Fußungsphasen einteilen. Die Abbildung 29 stellt den Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve dar.

Vom Zeitpunkt des ersten Kontaktes mit dem Boden bis zum Ende des ersten Drittels der Stützbeinphase steigt die Kraft-Zeit-Kurve (Kraftwert 2440) an. Das Kraftzentrum befindet sich im Hufmittelabschnitt, jedoch mit Verlagerung in Richtung des Zehenabschnittes.

Im zweiten Drittel zeigt die Kurve zunächst einen horizontalen Verlauf und darauf folgend steigt sie bis zum Erreichen des höchsten Kraftwertes (3470 N) am Ende des zweiten Drittels der Stützbeinphase an. Das Kraftzentrum bleibt im Hufmittelabschnitt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die größte Lastaufnahme während der ersten zwei Drittel der Stützbeinphase im Hufmittel- bzw. Zehenabschnitt stattfindet.

Im letzten Drittel der Stützbeinphase fällt die Kurve ab und das Kraftzentrum bewegt sich zum Zehenabschnitt.

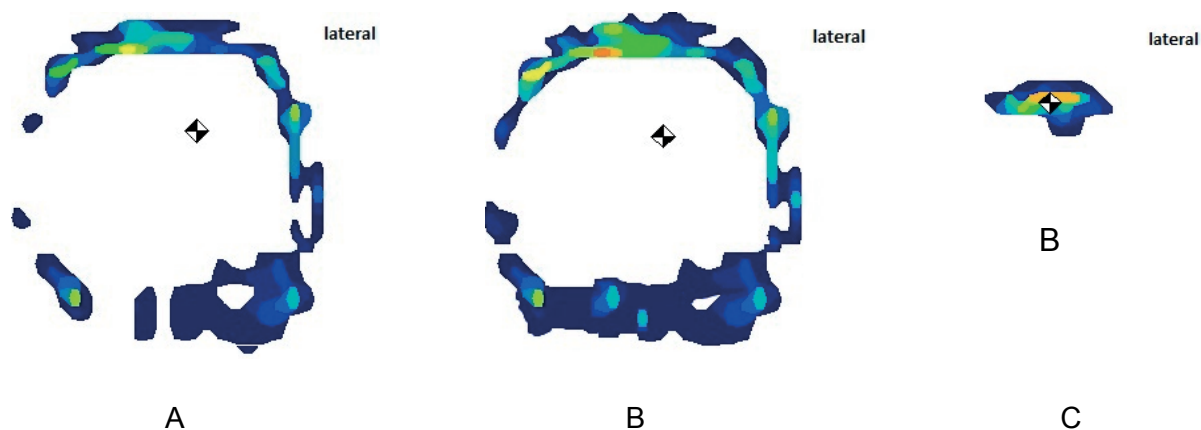


Abb. 28: Das Druckverteilungsbild eines Pferdes mit dem NBS-Eisen mit eingezeichnetem Kraftzentrum.

A: Zum Ende des ersten Drittels der Stützbeinphase

B: Zum Ende des zweiten Drittels der Stützbeinphase

C: Kurz vor dem Abrollen am Ende des letzten Drittels der Stützbeinphase

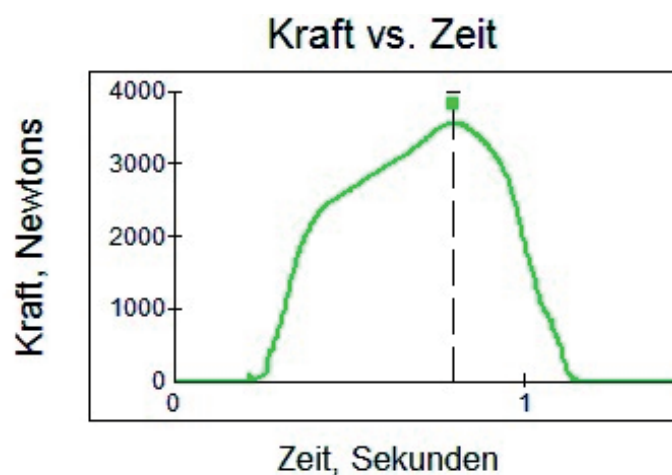


Abb. 29: Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve (Therapiegruppe B). Anstieg der Kurve bis zum Erreichen eines ersten Höhepunktes am Ende des ersten Drittels der Stützbeinphase (Kraftwert 2440 N). Danach erfolgt ein weiterer Anstieg bis zum Erreichen des höchsten Kraftwertes am Ende des zweiten Drittels der Stützbeinphase. Anschließend fällt die Kurve bis zum Abrollen ab. Die gestrichelte Linie verdeutlicht den Zeitpunkt des höchsten Kraftwertes (3470 N)

4.4.1.6 Beschreibung des Belastungsmusters bei den Pferden in der Therapiegruppe C (modifiziertes Hinterhufeisen)

Die Trachtenfußung wurde bei allen Pferden in dieser Gruppe beobachtet.

Das Belastungsmuster eines chronischen Hufrehe-Patienten aus der Therapiegruppe C ließ sich in drei Fußungsphasen einteilen (Abb. 30).

Vom Zeitpunkt des ersten Kontakts mit dem Boden bis zum kurz vor dem Abrollen ist das Kraftzentrum im Hufmittelabschnitt zu beobachten. Dies bedeutet, dass die Lastaufnahme relativ gleichmäßig verteilt ist. Der höchste Kraftwert am Ende des zweiten Drittels der Stützbeinphase beträgt 2780 N.

Die Kraft-Zeit-Kurve (Abb. 31) zeigt einen ähnlichen Verlauf wie bei den lahmfreien Pferden.

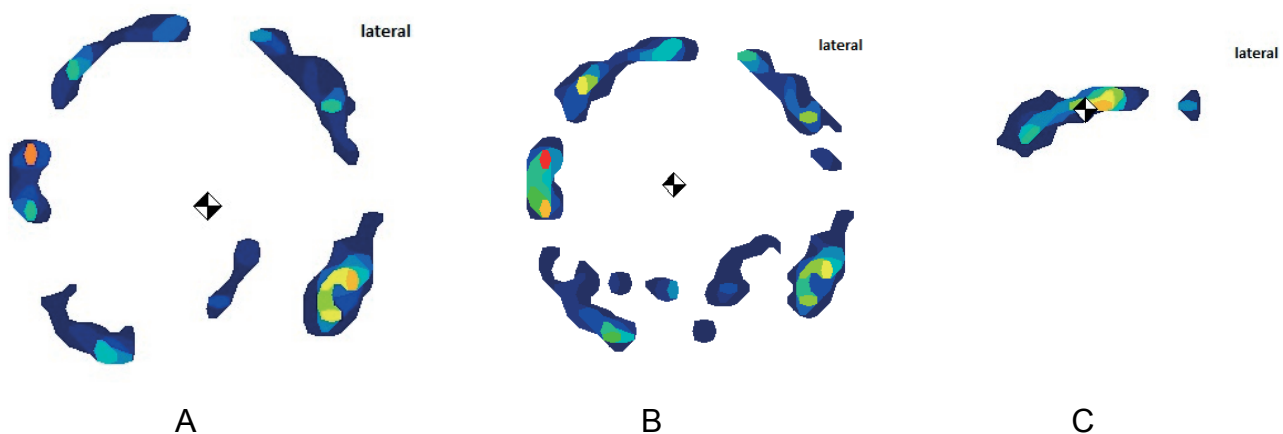


Abb. 30: Das Druckverteilungsbild eines Pferdes mit dem modifizierten Hinterhufeisen mit eingezeichnetem Kraftzentrum.

A: Zum Ende des ersten Drittels der Stützbeinphase

B: Zum Ende des zweiten Drittels der Stützbeinphase

C: Kurz vor dem Abrollen am Ende des letzten Drittels der Stützbeinphase

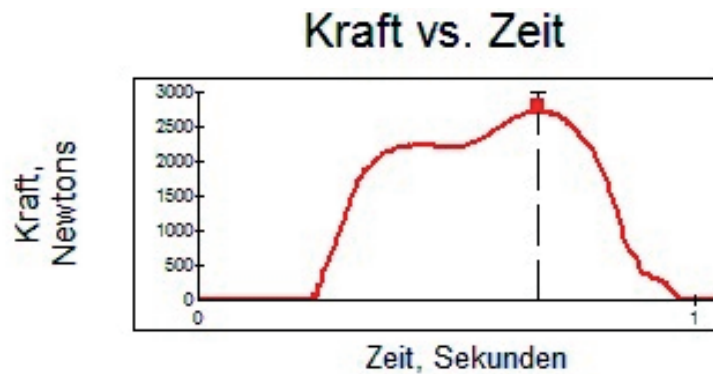


Abb. 31: Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve (Therapiegruppe C).

Der initiale Anstieg wird gefolgt von einem horizontalen Verlauf der Kurve im ersten Drittel. Das zweite Drittel der Stützbeinphase verzeichnet einen leichten Anstieg der Kurve bis zum Erreichen des höchsten Kraftwertes. Im letzten Drittel ist ein Abfall der Kurve bis zum Abrollen zu beobachten. Die gestrichelte Linie verdeutlicht den Zeitpunkt des höchsten Kraftwertes (2780 N)

4.4.2 Verteilung der vertikalen Kraft auf die Sohlenabschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten)

4.4.2.1 HufScan-Untersuchungen in den Gruppen 1, 2 und der Kontrollgruppe

In der Gruppe 1 wurden Messungen nach Abklingen der akuten Symptome durchgeführt.

Im Hufabdruck (virtuelles Summationsbild) in der Gruppe 1 zeigte der Trachtenabschnitt der rechten Vordergliedmaße mit 41% den höchsten Wert der vertikalen Kraft. Die Hufmitte wurde mit 30 % und die Zehe mit 29 % der gesamten vertikalen Kraft belastet.

In der Gruppe 2 wurde der Hufmittelabschnitt der rechten Vordergliedmaße mit 29,5 % der gesamten vertikalen Kraft belastet, wohingegen die Zehe im Vergleich zur Gruppe 1 einen geringen Anstieg der Kraftaufnahme mit 32 % zeigte. Die Trachten wurden mit 38,5 % weiterhin am stärksten belastet.

Im Gegensatz zu den Gruppen 1 und 2, wurde bei den lahmfreien Pferden in der Kontrollgruppe der Zehenabschnitt der rechten Vordergliedmaße mit 46,5 % am stärksten belastet; gleichzeitig wurde der Hufmittelabschnitt mit 15 % der gesamten vertikalen Kraft deutlich entlastet. Die Trachten wurden mit 38,5 % belastet (Abb. 32).

Die Verteilung der vertikalen Kraft auf die linke Vordergliedmaße verhält sich analog zur rechten Seite (Abb. 33).

In der Tabelle 12 sind die Mittelwerte der Verteilung der vertikalen Kraft auf die drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) der rechten sowie der linken Vordergliedmaße für alle Gruppen (1, 2 und 3) tabellarisch dargestellt.

Der Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve in den drei Sohlenabschnitten wurde exemplarisch in den drei Gruppen dargestellt (Abb. 34 a-c).

Gruppen	Sohlenabschnitt	Seite	Kraft in Prozent	Standardabweichung
Gruppe 1 N=17	Zehe	rechts	29	8,8
		links	29	9,5
	Hufmitte	rechts	30	7,7
		links	32	8,8
	Trachten	rechts	41	9,3
		links	39	7,3
Gruppe 2 N=21	Zehe	rechts	32	10,1
		links	32,5	10,1
	Hufmitte	rechts	29,5	12,6
		links	29,5	10,1
	Trachten	rechts	38,5	7,7
		links	38	5,9
Kontrollgruppe N=16	Zehe	rechts	46,5	6,8
		links	45	7,7
	Hufmitte	rechts	15	9,05
		links	13,5	7,5
	Trachten	rechts	38,5	5,1
		links	41,5	5,3

Tab. 12: Übersicht über die Mittelwerte der Verteilung der vertikalen Kraft (in Prozent) auf die drei Sohlenabschnitte in den drei Gruppen mit Standardabweichung

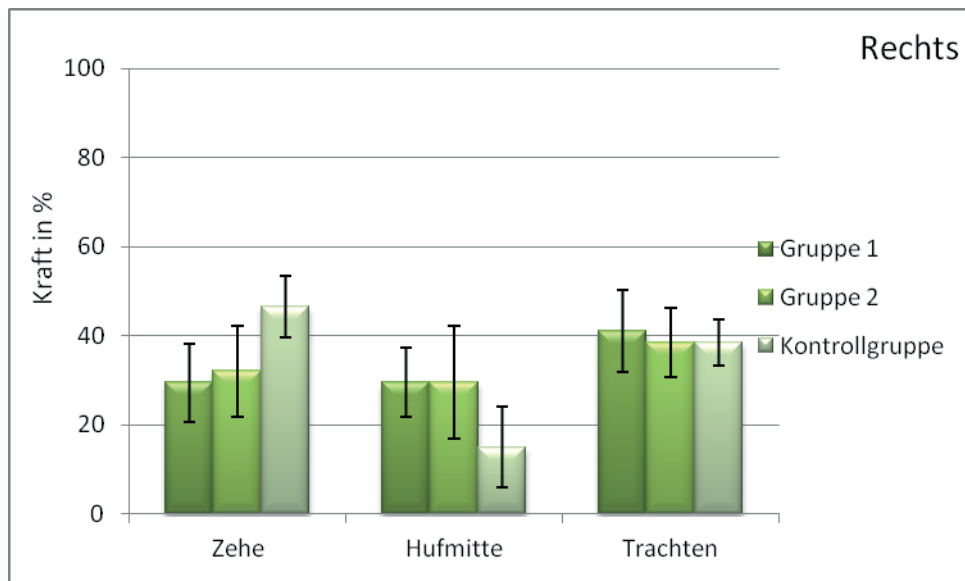


Abb. 32: Prozentuale Verteilung der vertikalen Kraft auf die drei Sohlenabschnitte der rechten Vordergliedmaße in den Gruppen 1, 2 und in der Kontrollgruppe (Mittelwerte mit Standardabweichung)

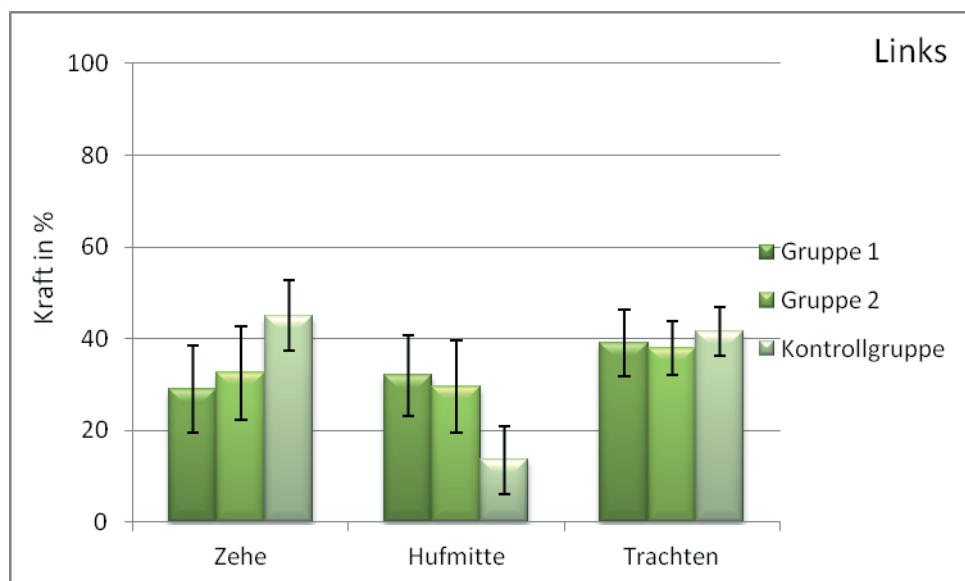


Abb. 33: Prozentuale Verteilung der vertikalen Kraft auf die drei Sohlenabschnitte der linken Vordergliedmaße bei Rehe-Patienten in den Gruppen 1, 2 und in der Kontrollgruppe (Mittelwerte mit Standardabweichung)

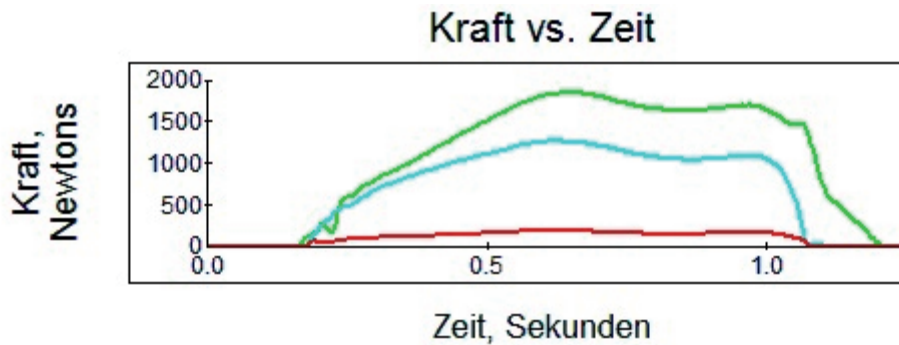


Abb. 34 a: Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) in der Kontrollgruppe exemplarisch dargestellt bei dem Pferd Nr. 45 (barhuf), während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus.

Legende:

Im Zehenabschnitt (grün) findet die höchste Lastaufnahme statt und zwar vom ersten Bodenkontakt bis zum Abfußen.

Der Hufmittelabschnitt (rot) nimmt kaum Last auf.

Der Trachtenabschnitt (hellblau) zeigt eine gute Lastaufnahme vom ersten Bodenkontakt bis kurz vor dem Abrollen.

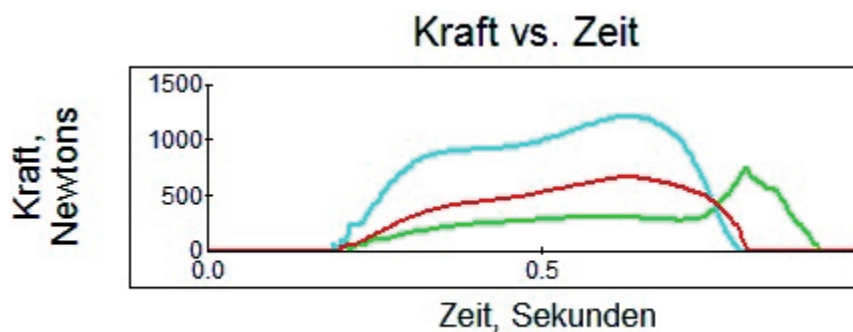


Abb. 34 b: Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) in der Gruppe 1, gemessen bei dem Hufrehe-Patienten Nr. 8 (barhuf) nach Abklingen der akuten Symptome, während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus.

Legende:

Die höchste Lastaufnahme findet im Trachtenbereich (hellblau) statt, der Hufmittelabschnitt (rot) nimmt weniger Last auf im Vergleich zum Trachtenabschnitt. Der Zehenabschnitt (grün) lässt kurz vor dem Abrollen einen Peak erkennen.

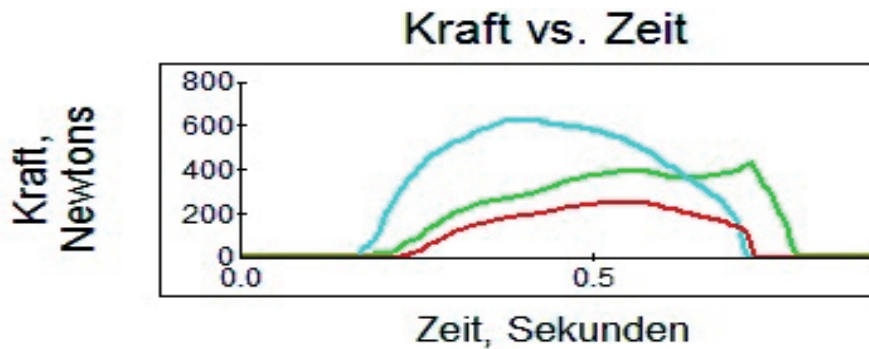


Abb. 34 c: Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) in der Gruppe 2, gemessen bei dem chronischen Hufrehe-Patienten Nr. 26 (barhuf), während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus.

Legende:

Die höchste Lastaufnahme findet im Trachtenabschnitt (hellblau) statt. Im Vergleich zu den akuten Hufrehe-Patienten nimmt der Zehenabschnitt (grün) mehr Last auf (wie in der vorherigen Kraft-Zeit-Kurve veranschaulicht). Der Hufmittelabschnitt (rot) wird am wenigsten belastet.

Statistische Ergebnisse

Die statistische Auswertung der prozentualen Kraftverteilung zwischen den Gruppen, linker und rechter Seite sowie den Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) erfolgte an Hand des Vergleiches der Mittelwerte mithilfe einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich der Faktoren Seite und Abschnitt.

Gruppenvergleich:

Die Mittelwerte für die Kraft (in %) wurden zwischen den drei Gruppen (1, 2 und Kontrollgruppe) verglichen. Da der p-Wert > 0,05 ist, bestehen keine globalen signifikanten Unterschiede.

Seitenvergleich:

Die Mittelwerte der Kraft (in %) der rechten und linken Gliedmaße wurden miteinander in Relation gesetzt. Der p-Wert ist > 0,05; somit bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Seiten.

Abschnittvergleich:

Nach dem Vergleich der Mittelwerte der Kraft (in %) zwischen den drei Abschnitten wurden global (d.h. gemittelt über alle Gruppen) hoch signifikante Unterschiede (p-Wert: < 0,0001) festgestellt.

Wechselwirkungen:

Die Wechselwirkungen zwischen Gruppe, Seite und Abschnitt wurden ausgewertet. Es wurden statistisch hoch signifikante Wechselwirkungen ($p < 0,0001$) zwischen Abschnitt und Gruppe bezüglich der prozentualen Kraftverteilung festgestellt, d.h. dass die prozentualen Kraftverteilungen in den drei Abschnitten der Gruppen 1, 2 und der Kontrollgruppe nicht gleich sind. Auf der anderen Seite zeigten die Wechselwirkungen zwischen Seite-Gruppe, Seite-Abschnitt sowie Seite-Gruppe-Abschnitt keine statistisch signifikanten Unterschiede für die Kraft in %.

Messgröße	Haupteffekte			Wechselwirkungen			
	Gruppe	Seite	Abschnitt	Seite-Gruppe	Abschnitt-Gruppe	Seite-Abschnitt	Seite-Abschnitt-Gruppe
Kraft in %	$p = 0,44$	$p = 0,38$	$p = 0,0001$	$p = 0,44$	$p = 0,0001$	$p = 0,68$	$p = 0,36$

Tab. 13: Die p-Werte der prozentualen Kraftverteilung mit den Haupteffekten Gruppe, Seite, Abschnitt und den Wechselwirkungen Seite-Gruppe, Abschnitt-Gruppe, Seite-Abschnitt und Seite-Abschnitt-Gruppe; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben

4.4.2.2 Messung der Kraft in der Therapiegruppe A (Klebebeschlag)

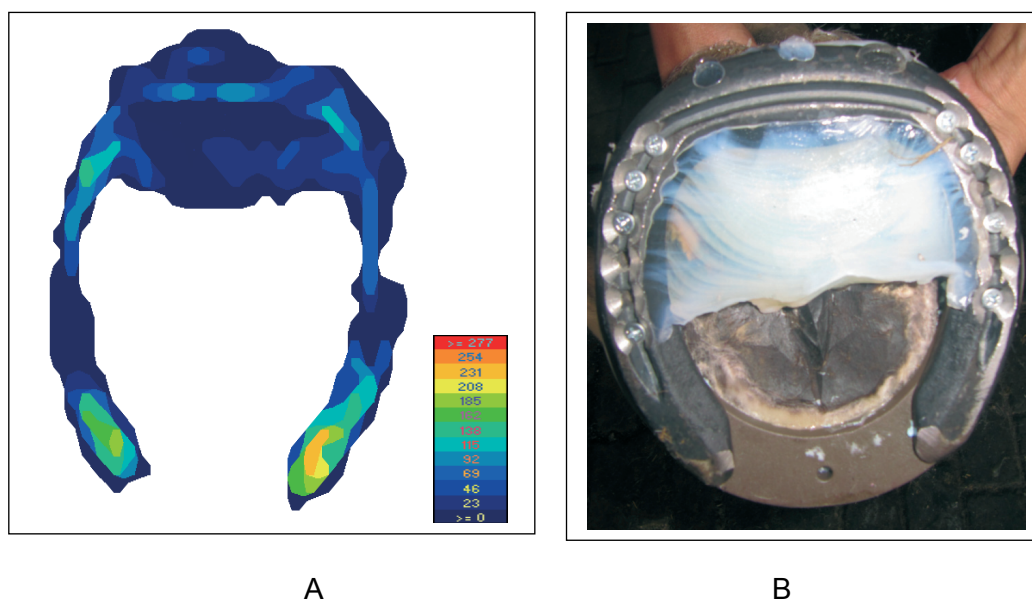


Abb. 35: A- Der Hufabdruck des Klebebeschlages mit eingblendeter Druckskala. B- Bodenfläche des Klebebeschlages

Im Hufabdruck eines Pferdes mit dem Klebebeschlagn (Abb. 35) fällt auf, dass im Zehenabschnitt der Tragrand der dorsalen Hufwand durch Verwendung eines zehenoffenen Hufeisens unter dem Dallmer Hufschuh komplett aus der Last genommen wurde. Es wurde in diesem Abschnitt nur der Übergang der Zehe zur seitlichen Hufwand belastet. Der Abrollpunkt liegt also in Höhe der Schenkelenden.

Die Abbildung 36 zeigt die prozentuale Kraftverteilung in den drei Sohlenabschnitten. Sowohl im Trachten- als auch im Zehenabschnitt ist eine deutlich vermehrte Belastung zu erkennen. Der Hufmittelabschnitt ist wenig belastet.

Zur Untersuchung des Einflusses des therapeutischen Beschlages im Vergleich zum unbeschlagnen Zustand wurde die Differenz der Mittelwerte gebildet und statistisch ausgewertet. Die Differenzmittelwerte beider Gliedmaßen mit der Standardabweichung sind in der Tabelle 14 aufgelistet.

Bei dem Klebebeschlagn konnte für die rechte Vordergliedmaße eine Zunahme des prozentualen Kraftwertes im Zehenabschnitt (Übergang Zehe zur seitlichen Hufwand) um 10% und im Trachtenabschnitt um 1% mit gleichzeitiger Abnahme im Hufmittelabschnitt um 11% im Vergleich zu den Pferden im unbeschlagnen Zustand festgestellt werden (Abb. 38).

Die Differenz der prozentualen Kraftverteilungen in den drei Abschnitten für die linke Vordergliedmaße verhält sich ähnlich wie bei der rechten Vordergliedmaße (Abb. 39).

Der Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve wurde exemplarisch an einem Hufrehe-Patienten aus der Therapiegruppe A in den drei Sohlenabschnitten dargestellt (Abb. 37).

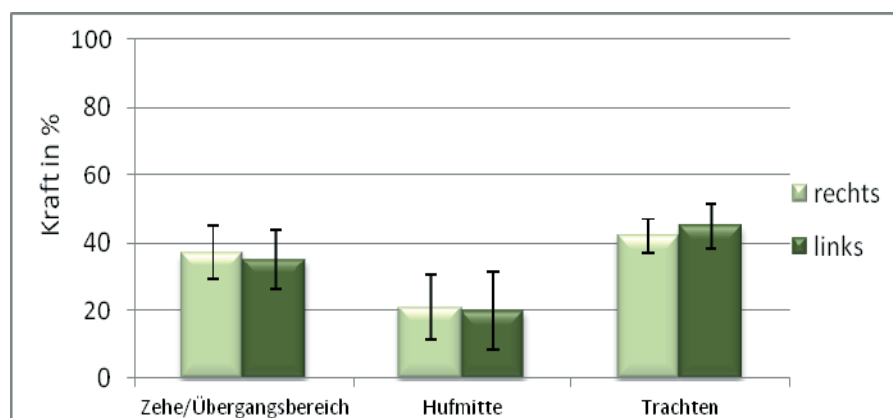


Abb. 36: Die prozentuale Kraftverteilung des Klebebeschlages in den drei Abschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwert mit Standardabweichung)

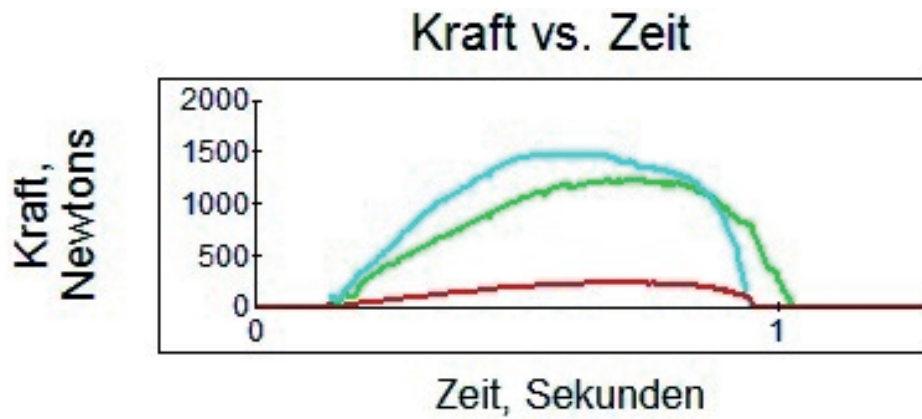


Abb. 37: Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) bei einem Hufrehe-Patienten nach Anbringen des Klebebeschlages während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus.

Legende:

Die Lastaufnahme ist im Zehenabschnitt (grün) und im Trachtenabschnitt (hellblau) annähernd gleich, allerdings findet im Trachtenabschnitt eine geringfügig größere Lastaufnahme statt. Im Hufmittelabschnitt ist die Lastaufnahme gering.

Sohlenabschnitt	Seite	Kraft in Prozent Nach – Vor dem Beschlagen	Standardabweichung
Zehe	rechts	10	9,1
	links	10	6,2
Hufmitte	rechts	-11	7,9
	links	-14	11,07
Trachten	rechts	1	7,2
	links	4	6,3

Tab. 14: Übersicht der Differenzmittelwerte zur Verteilung der vertikalen Kraft in Prozent für den Klebebeschlag (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung)

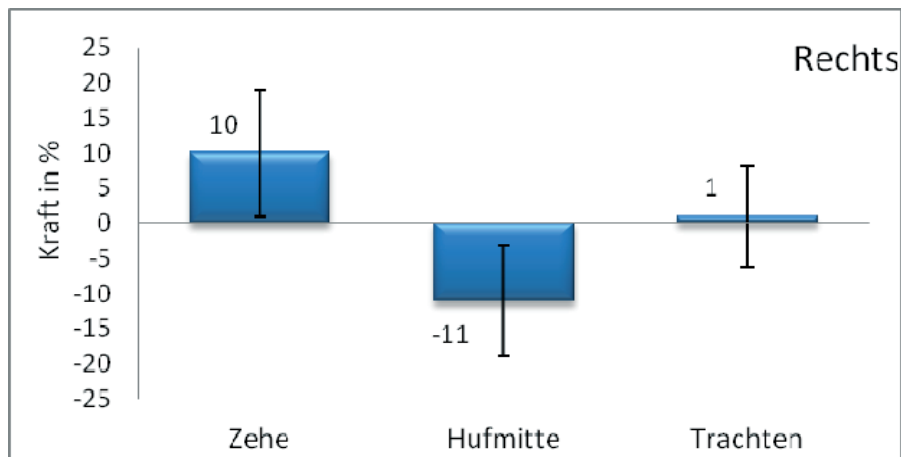


Abb. 38: Die Differenz der prozentualen Kraftverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe A in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung)

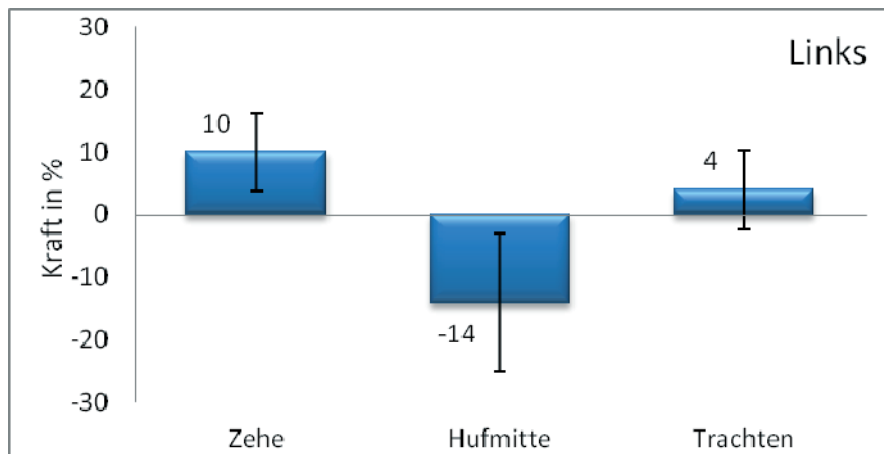


Abb. 39: Die Differenz der prozentualen Kraftverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe A in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung)

Statistische Ergebnisse

Zur statistischen Prüfung des Parameters (Kraft in Prozent) wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt durchgeführt.

Seitenvergleich:

Es bestehen hinsichtlich der Kraftverteilung auf die verschiedenen Sohlenabschnitte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Seiten, weil der p-Wert $> 0,05$ ist.

Abschnittsvergleich:

Beim Vergleich der Differenzmittelwerte der Kraft in Prozent in den drei Abschnitten vor und nach dem Anbringen des Klebebeschlages konnten hoch signifikante Unterschiede (p -Wert $< 0,002$) festgestellt werden. Das bedeutet, dass der Klebebeschlag zu einer signifikanten Veränderung der Kraftverteilung zwischen den verschiedenen Sohlenabschnitten geführt hat.

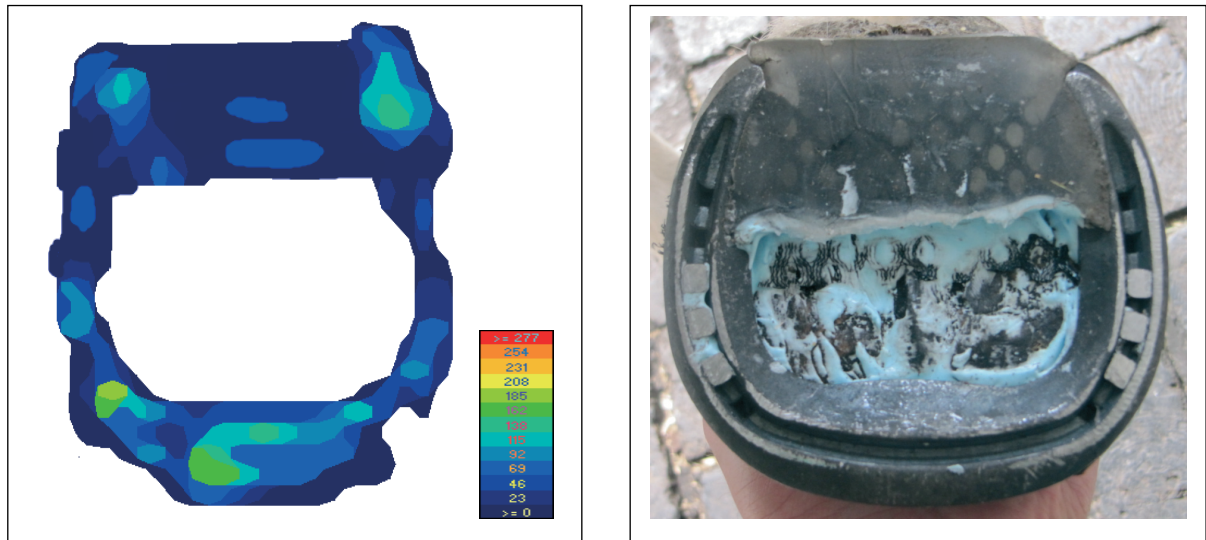
Wechselwirkungen:

Die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Hufabschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und Seite ergab für die vertikale Kraft statistisch keine signifikanten Unterschiede.

Messgröße	Haupteffekte		Wechselwirkungen
	Seite	Abschnitt	Seite-Abschnitt
Kraft in %	$p = 0,73$	$p = 0,002$	$p = 0,17$

Tab. 15: p -Werte zur prozentualen Kraftverteilung der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p -Werte sind hervorgehoben

4.4.2.3 Messung der Kraft in der Therapiegruppe B (NBS – Eisen)



A

B

Abb. 40: A- Der Hufabdruck bei einem Pferd nach Beschlag mit einem NBS-Eisen mit eingblendeter Druckskala. B- Sohlenfläche des NBS-Beschlages mit eingebrachtem Polster

Die Abbildung 40 zeigt den Hufabdruck eines Hufrehe-Patienten mit einem NBS-Shoe.

Der Blick auf die Abbildung 21 zeigt, dass der prozentuale Kraftwert im Zehenabschnitt am größten ist, während der prozentuale Kraftwert im Hufmittensowie Trachtenabschnitt annähernd gleichmäßig ist. In der Tabelle 22 sind die Werte der beiden Vordergliedmaßen dargestellt.

Der Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve wurde exemplarisch an einem Hufrehe-Patienten aus der Therapiegruppe B in den drei Sohlenabschnitten dargestellt (Abb. 42).

Zur Untersuchung des Einflusses des therapeutischen Beschlages im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand wurde die Differenz der Mittelwerte und statistisch ausgewertet (Tab. 16). Nach Anbringen des NBS-Beschlages wurde für die rechte Vordergliedmaße eine Zunahme des prozentualen Kraftwertes im Zehenabschnitt um 4,5% und in der Hufmitte um 2,5% im Vergleich zum Barhuf-Zustand ermittelt. Gleichzeitig nahm die Kraftaufnahme im Trachtenbereich um 7 % ab. (43).

Die Verteilung der Kraft auf die drei Sohlenabschnitte an der linken Vordergliedmaße verhält sich ähnlich (Abb. 44).

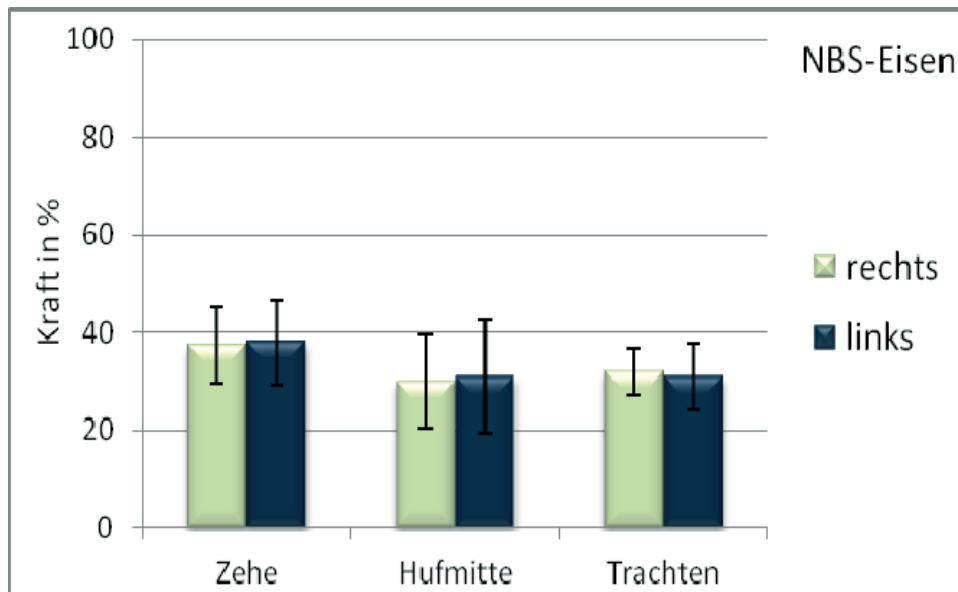


Abb. 41: Die prozentuale Kraftverteilung des NBS-Eisens in den drei Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwert mit Standardabweichung)

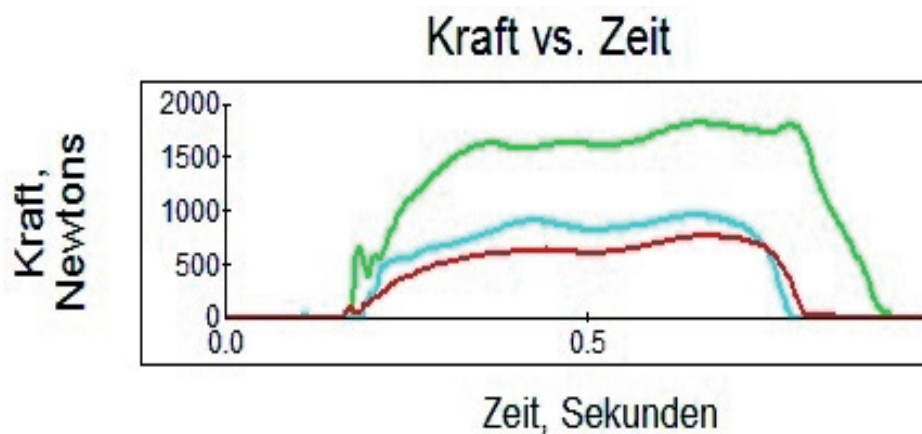


Abb. 42: Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) bei einem Hufrehe-Patienten nach Anbringen des NBS-Eisens während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus.

Legende:

Die höchste Lastaufnahme findet im Zehenabschnitt (grün) statt. Im Trachtenabschnitt (hellblau) sowie im Hufmittelabschnitt (rot) ist eine annähernd gleichmäßige Lastverteilung zu verzeichnen.

Sohlenabschnitt	Seite	Kraft in Prozent Nach – Vor dem Beschlagen	Standardabweichung (s)
Zehe	rechts	4,5	10,9
	links	6	9,8
Hufmitte	rechts	2,5	13,2
	links	1	9,9
Trachten	rechts	-7	11,4
	links	-7	5,5

Tab. 16: Übersicht der Differenzmittelwerte zur Verteilung der Kraft in Prozent für das NBS-Eisen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten mit Standardabweichung

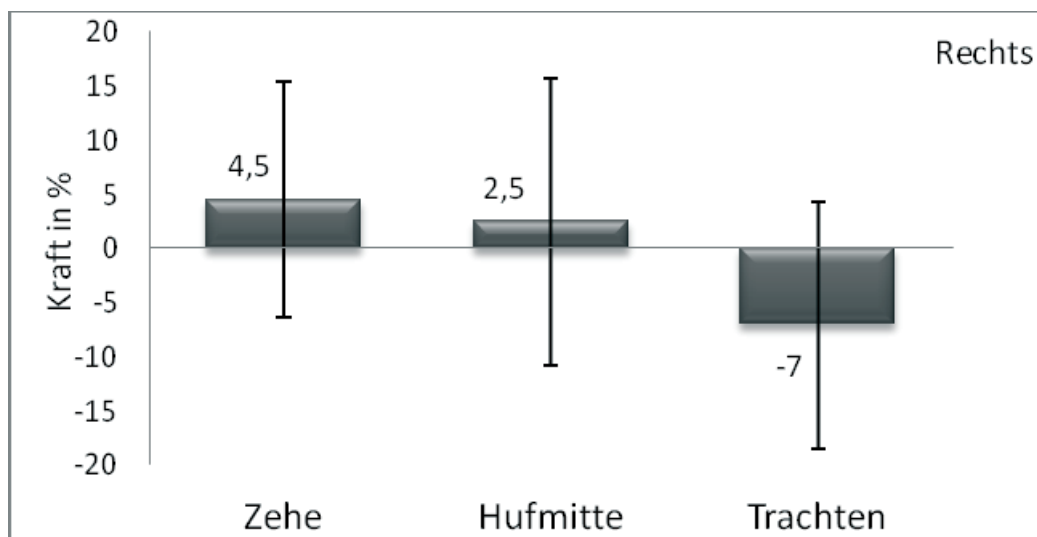


Abb. 43: Differenz der prozentualen Kraftverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe B in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung)

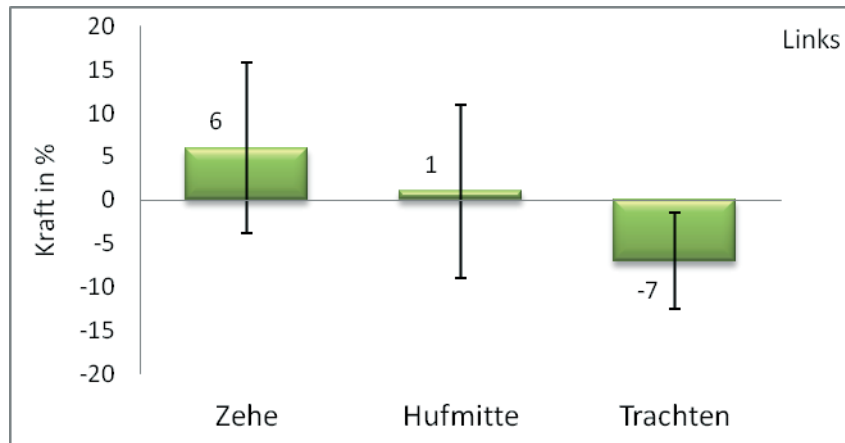


Abb. 44: Die Differenz der prozentualen Kraftverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe B in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung)

Statistische Ergebnisse

Zur statistischen Prüfung des Parameters (Kraft in Prozent) wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt durchgeführt.

Seitenvergleich:

Die statistische Prüfung ergab einen p-Wert 0,23. Somit bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Seiten für die Messgröße (Kraft in Prozent).

Hufabschnittsvergleich:

Beim Vergleich der Mittelwert-Differenzen der prozentualen Kraftverteilung auf die drei Sohlenabschnitte wurden hoch signifikante Unterschiede (p-Wert < 0,0079) festgestellt, d.h. die Differenz der prozentualen Kraftverteilung unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Sohlenabschnitten bei den Pferden mit NBS-Eisen im Vergleich zu denselben Pferden ohne Beschlag.

Wechselwirkungen:

Die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen den Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) und der Seite ergab für die prozentuale Verteilung der vertikalen Kraft statistisch keine signifikanten Unterschiede.

Messgröße	Haupteffekte		Wechselwirkungen
	Seite	Abschnitt	Seite-Abschnitt
Kraft in %	p= 0,23	p= 0,0079	p= 0,55

Tab. 17: p-Werte zur prozentualen Kraftverteilung der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben

4.4.2.4 Messung der Kraft in der Therapiegruppe C (modifizierte Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen)

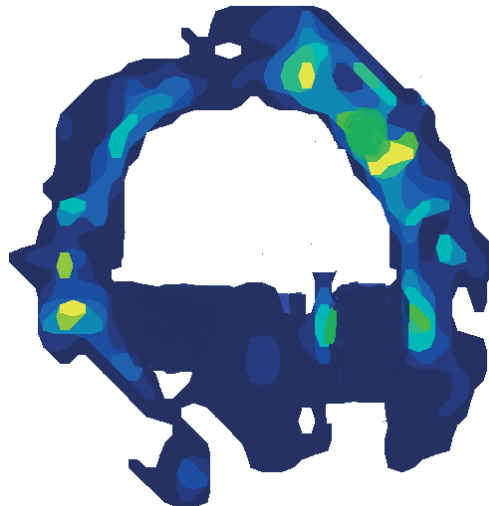


Abb. 45: Hufabdruck eines Vorderhufes nach Beschlag mit einem modifizierten Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und Hufpolster

In der Abbildung 45 ist der Hufabdruck eines Hufrehe-Patienten aus der Therapiegruppe C dargestellt.

Die Abbildung 46 veranschaulicht das Verteilungsmuster der Kraft nach Beschlag mit einem Hinterhufeisen mit strahlunterstützendem Polster. Es fällt auf, dass im Hufmittelabschnitt die größte Kraftaufnahme stattfindet, während sich die Kräfte im Zehen- sowie Trachtenabschnitt relativ gleichmäßig verteilen.

Der Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve wurde exemplarisch an einem Hufrehe-Patienten aus der Therapiegruppe C in den drei Sohlenabschnitten dargestellt (Abb. 47).

Zur Untersuchung des Einflusses des therapeutischen Beschlages im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand wurde die Differenz der Mittelwerte gebildet und statistisch ausgewertet. Die prozentualen Kraftwerte unter dem Zehen- sowie dem Trachtenabschnitt für die rechte Vordergliedmaße verringern sich jeweils um 4% und 12% im Vergleich zu den Werten der unbeschlagenen Pferde, wohingegen sich die Werte im Hufmittelabschnitt um 16% erhöhen (Abb. 48).

Die Kraftverteilungen in den verschiedenen Abschnitten der linken Vordergliedmaße verhalten sich ähnlich, wie die an der rechten Vordergliedmaße (Abb. 49).

In der Tabelle 18 sind die Differenzen der gemessenen anteiligen Kraftwerte (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) aufgeführt.

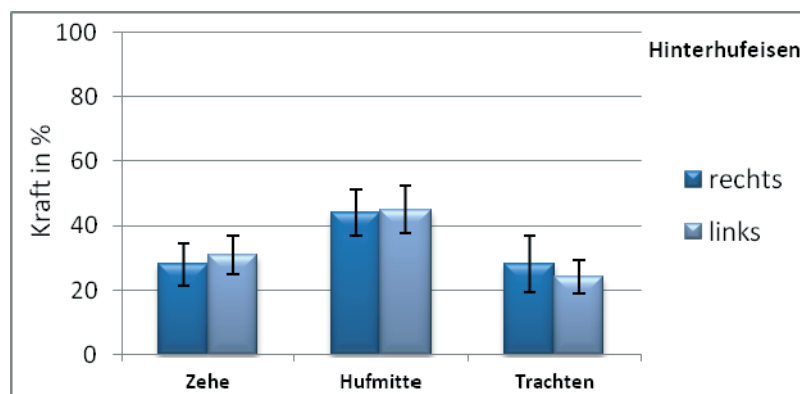


Abb. 46: Die prozentuale Kraftverteilung in den drei Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Vordergliedmaßen nach Beschlag mit einem Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und Strahlpolster (Mittelwert mit Standardabweichung)

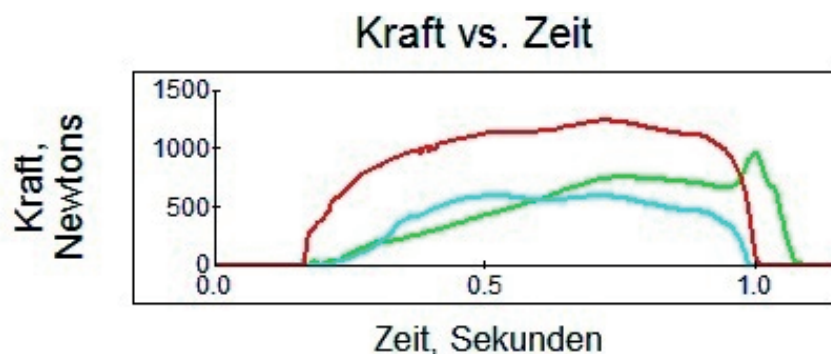


Abb. 47: Kraft-Zeit-Kurve der drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) bei einem Hufrehe-Patienten nach Anbringen des modifizierten Hinterhufeisens während der Stützbeinphase eines Bewegungszyklus.

Legende:

Die höchste Lastaufnahme findet im Hufmittelabschnitt (rot) statt. Im Trachtenabschnitt (hellblau) sowie im Zehenabschnitt (grün) ist eine annähernd gleichmäßige Lastverteilung zu verzeichnen.

Sohlenabschnitt	Seite	Kraft in Prozent Nach – Vor dem Beschlagen	Standardabweichung (s)
Zehe	rechts	-4	7,9
	links	-3	9,7
Hufmitte	rechts	16	12,7
	links	17	11,01
Trachten	rechts	-12	5,2
	links	-14	5,4

Tab. 18: Übersicht der Mittelwerte und Standardabweichungen der Differenzen zur prozentualen Kraftverteilung in den drei Sohlenabschnitten vor und nach dem Beschlag mit Hinterhufeisen mit seitlichen Aufzügen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen)

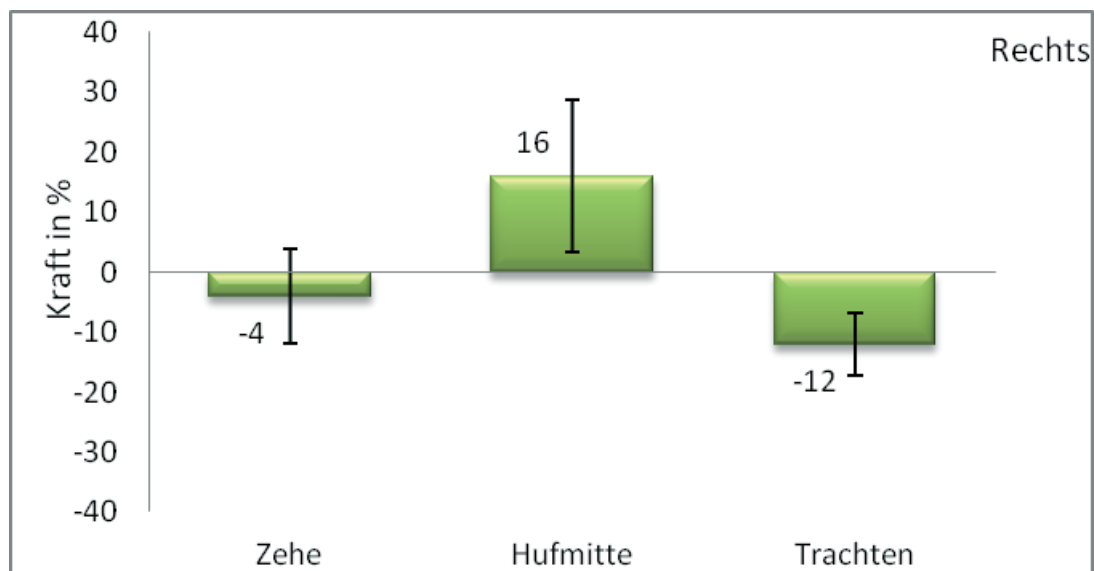


Abb. 48: Einfluss des Beschlages (Therapiegruppe C, rechte Vordergliedmaße) auf die relative Kraftverteilung auf die drei Sohlenabschnitte (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) (Mittelwert mit Standardabweichung)

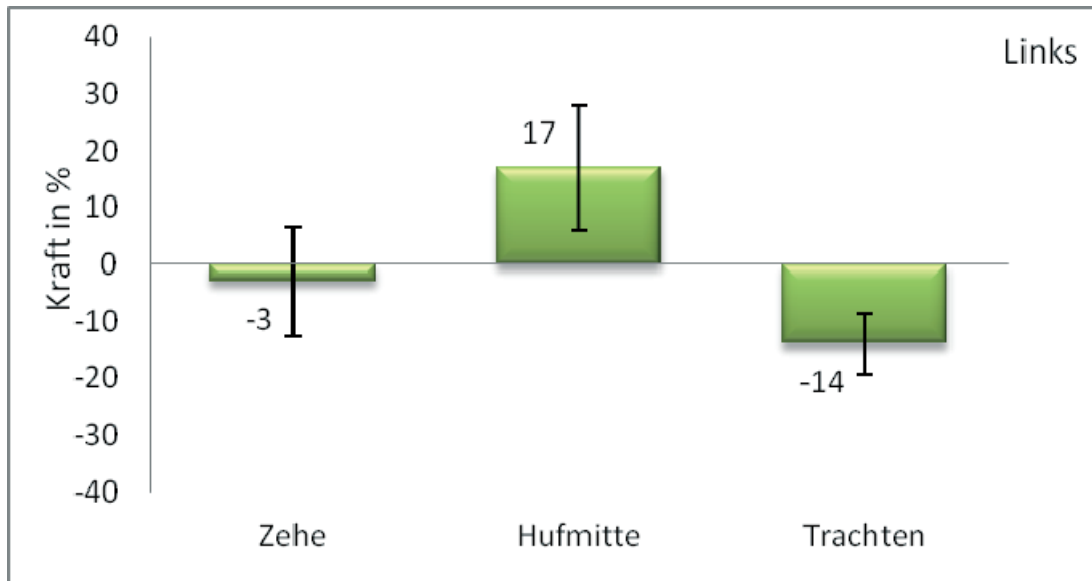


Abb. 49: Die Differenz der prozentualen Verteilung der Kraft (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe C in den drei Abschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung)

Statistische Ergebnisse:

Zur statistischen Prüfung des Parameters (Kraft in Prozent) wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt durchgeführt.

Seitenvergleich:

Da der p-Wert 0,34 ist, bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Seiten für die Kraft in Prozent.

Sohlenabschnittsvergleich:

Der Vergleich der Mittelwert-Differenzen für die Kraft in Prozent in den drei Sohlenabschnitten vor und nach dem Beschlag in der Therapiegruppe C ergab hoch signifikante Unterschiede (p-Wert < 0,0003). Es kann geschlossen werden, dass der Beschlag zu einem signifikanten Belastungsmuster der Vorderhufe führt. Im Vergleich zu den barhuf ermittelten Messungen kommt es zu einer signifikant verstärkten Kraftaufnahme im Hufmittelabschnitt.

Wechselwirkungen:

Die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen den Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) und der Seite ergab für die prozentuale Verteilung der Kraft statistisch keine signifikanten Unterschiede.

	Haupteffekte		Wechselwirkungen
Messgröße	Seite	Abschnitt	Seite-Abschnitt
Kraft in %	p= 0,34	p= 0,0003	p= 0,95

Tab. 19: p-Werte zur Differenz der prozentualen Kraftverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Hufabschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben

4.4.3 Größe der Belastungsfläche in den verschiedenen Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten)

4.4.3.1 Belastungsfläche (Gruppen 1, 2 und Kontrollgruppe)

Die Belastungsfläche eines Hufes ergibt sich aus dem virtuellen Hufabdruck, den das Huf-Scan-System während eines Bewegungszyklus berechnet (Fußung, Stützbeinphase, Abrollen). Für die Gruppe 1, 2 und für die Kontrollgruppe sind entsprechende typische Druckverteilungsbilder jeweils (A, B und B) in den Abbildungen 20, 22 und 24 wiedergegeben.

Aus der Tabelle 20 ist ersichtlich, dass das prozentuale Verteilungsmuster der Belastungsflächen in den Gruppen 1 und 2 im Unterschied zur Kontrollgruppe annähernd identisch ist.

Die Belastungsfläche des Hufes an der rechten Vordergliedmaße (Abb. 50) betrug in der Gruppe 1 im Zehenabschnitt 41 % der Gesamtfläche und in der Gruppe 2 waren 40 % zu verzeichnen; – wohingegen es in der Hufmitte 29,5 % (Gruppe 1) und 29 % (Gruppe 2) waren. Im Trachtenabschnitt wurden 29,5 % (Gruppe 1) und 29 % (Gruppe 2) gemessen.

In der Kontrollgruppe wies der Zehenabschnitt am rechten Vorderhuf die größte Belastungsfläche mit 46 % auf; während in der Hufmitte 20 % und im Trachtenabschnitt 34 % der Gesamtbelastungsfläche ermittelt wurden.

Die prozentuale Verteilung der Belastungsflächen am Huf der linken Vordergliedmaße verhält sich nahezu identisch wie die auf der rechten Seite (Abb. 51).

In der Tabelle 20 sind die Mittelwerte der Verteilung der Belastungsfläche auf die drei Sohlenabschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) für die rechte und linke Vordergliedmaße in den Gruppen 1, 2 und der Kontrollgruppe dargestellt.

Gruppen	Sohlenabschnitt	Seite	Belastungsfläche in Prozent	Standardabweichung
Gruppe 1 n=17	Zehe	rechts	41	6,7
		links	40	5,3
	Hufmitte	rechts	29,5	5,3
		links	30,5	5,3
	Trachten	rechts	29,5	4,9
		links	29,5	5,1
Gruppe 2 n=21	Zehe	rechts	40	7,02
		links	40	6,4
	Hufmitte	rechts	29	6,9
		links	30	6,09
	Trachten	rechts	31	5,1
		links	30	5,1
Kontrollgruppe n=16	Zehe	rechts	46	5,7
		links	46	5,1
	Hufmitte	rechts	20	6,2
		links	19,5	4,4
	Trachten	rechts	34	6,6
		links	34,5	5,4

Tab. 20: Übersicht über die Verteilung der Belastungsfläche (in Prozent) auf die drei Sohlenabschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) in den Gruppen 1, 2 und der Kontrollgruppe (Mittelwert mit Standardabweichung)

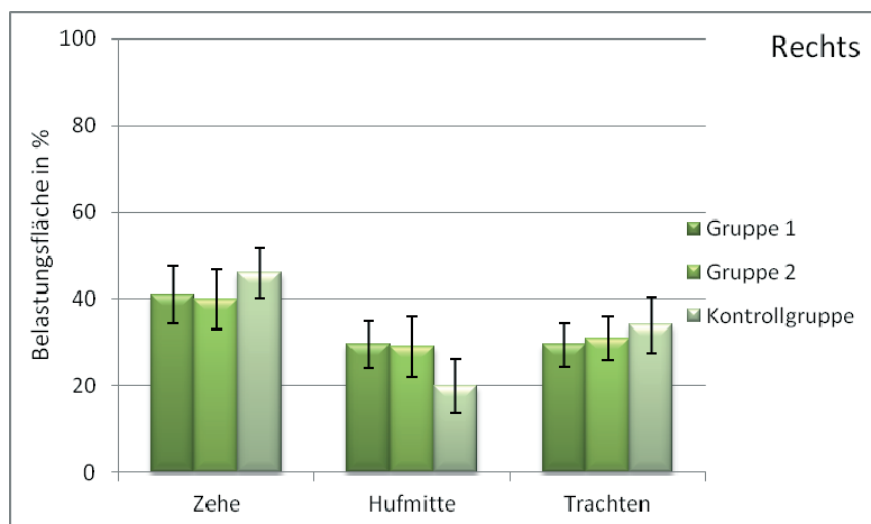


Abb. 50: Prozentuale Verteilung der Belastungsfläche auf die drei Sohlenabschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) der rechten Vordergliedmaße in den Gruppen 1, 2 und 3 (Mittelwert mit Standardabweichung)

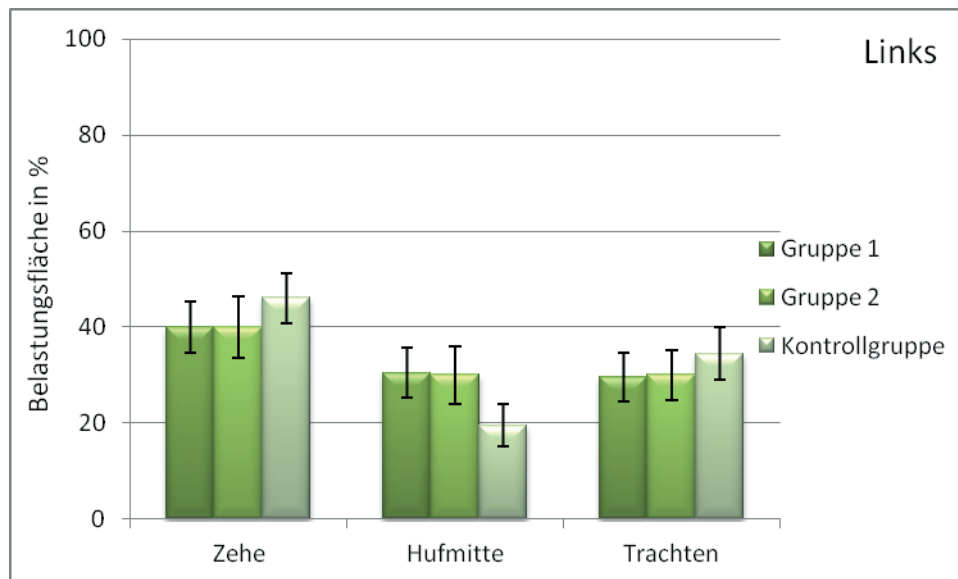


Abb. 51: Prozentuale Verteilung der Belastungsfläche auf die drei Sohlenabschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) der linken Vordergliedmaße in den Gruppen 1, 2 und der Kontrollgruppe (Mittelwert mit Standardabweichung)

Statistische Ergebnisse

Mit Hilfe einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt wurden die Mittelwerte der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche der Gruppen, der linken und rechten Seite sowie der Sohlenabschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) miteinander verglichen.

Gruppenvergleich:

Die Mittelwerte der Belastungsfläche in % wurden innerhalb der drei Gruppen (1, 2 und 3) miteinander verglichen. Da der p-Wert $> 0,05$ ist, bestehen keine globalen signifikanten Unterschiede.

Seitenvergleich:

Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Seiten für die Belastungsfläche in %, weil der p-Wert $> 0,05$ ist.

Abschnittsvergleich:

Nach Vergleich der Mittelwerte der Belastungsfläche in % zwischen den drei Abschnitten wurden global (d.h. gemittelt über alle Gruppen) hoch signifikante Unterschiede (p-Wert: $< 0,0001$) festgestellt. Das bedeutet, dass die Verteilung der Belastungsfläche in den drei Sohlenabschnitten nicht identisch ist.

Wechselwirkungen:

Bei der Untersuchung der Wechselbeziehung zwischen Gruppe und Hufabschnitt mit $p < 0,0001$ ergab sich eine statistisch hoch signifikante Wechselwirkung bezüglich der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche. Dies bedeutet, dass sich die prozentuale Verteilung der Belastungsfläche auf die drei Sohlenabschnitte in den Gruppen 1, 2 und der Kontrollgruppe unterschiedlich verhält.

Auf der anderen Seite führte die Wechselwirkung zwischen Seite-Gruppe, Seite-Abschnitt sowie Seite-Gruppe-Abschnitt zu einem nicht signifikanten Ergebnis.

Messgröße	Haupteffekte			Wechselwirkungen			
	Gruppe	Seite	Abschnitt	Seite-Gruppe	Abschnitt-Gruppe	Seite-Abschnitt	Seite-Abschnitt-Gruppe
Belastungsfläche in %	p= 0,31	p=0,49	p= 0,0001	p= 0,48	p= 0,0001	p= 0,88	p= 0,81

Tab. 21: p-Werte der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche mit den Haupteffekten Gruppe, Seite, Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Gruppe, Abschnitt-Gruppe, Seite-Abschnitt und Seite-Abschnitt-Gruppe; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben

4.4.3.2 Größe der Belastungsfläche in der Therapiegruppe A (Klebebeschlag)

Die Belastungsfläche ergibt sich aus dem Druckverteilungsbild A (s. Abb. 26).

Die Abbildung 52 zeigt die Verteilung der Belastungsfläche bei den Pferden mit Klebebeschlag. Es ist zu erkennen, dass der Trachtenabschnitt die größte Belastungsfläche besitzt und die Belastung im Zehen- sowie Hufmittelabschnitt relativ gleichmäßig verteilt ist.

Die prozentuale Belastungsfläche des Hufes der rechten Vordergliedmaße war bei Pferden mit Klebebeschlag im Zehenabschnitt um 11% und in der Hufmitte um 3% geringer, jedoch im Trachtenbereich um 14% größer als bei unbeschlagenen Pferden (Abb. 53). Die Daten der linken Vordergliedmaße ähneln den Messergebnissen an der rechten Vordergliedmaße und sind in der Abbildung 54 als Differenzwerte graphisch repräsentiert.

In der Tabelle 22 sind die jeweiligen Werte der beiden Vordergliedmaßen tabellarisch dargestellt.

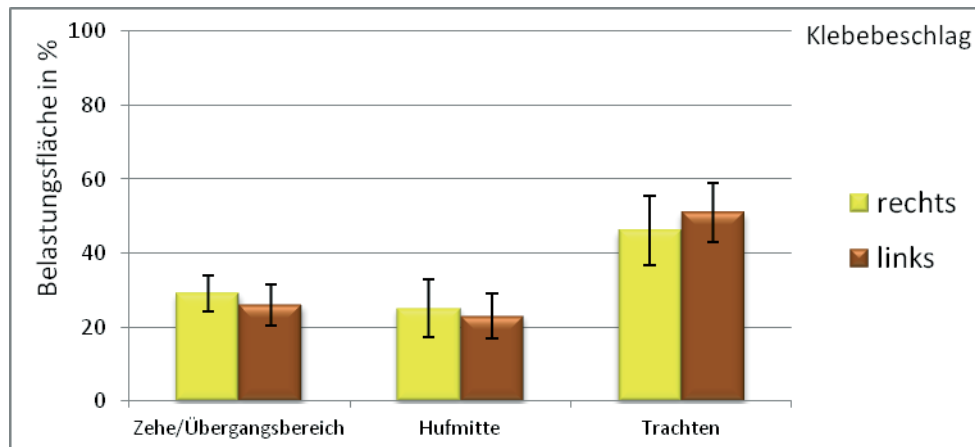


Abb. 52: Die prozentuale Verteilung der Belastungsfläche des Klebebeschlages in den drei Abschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Vordergliedmaßen (Mittelwerte mit Standardabweichung)

Sohlenabschnitt	Seite	Differenz der Belastungsflächen in Prozent (Nach – Vor dem Beschlagen)	Standardabweichung (s)
Zehe	rechts	-11	11,1
	links	-12	4,4
Hufmitte	rechts	-3	10,5
	links	-8	7,4
Trachten	rechts	14	11,8
	links	20	6,7

Tab. 22: Übersicht der Differenzmittelwerte zur Verteilung der prozentualen Belastungsflächen im Vergleich vor und nach dem Klebebeschlagen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung)

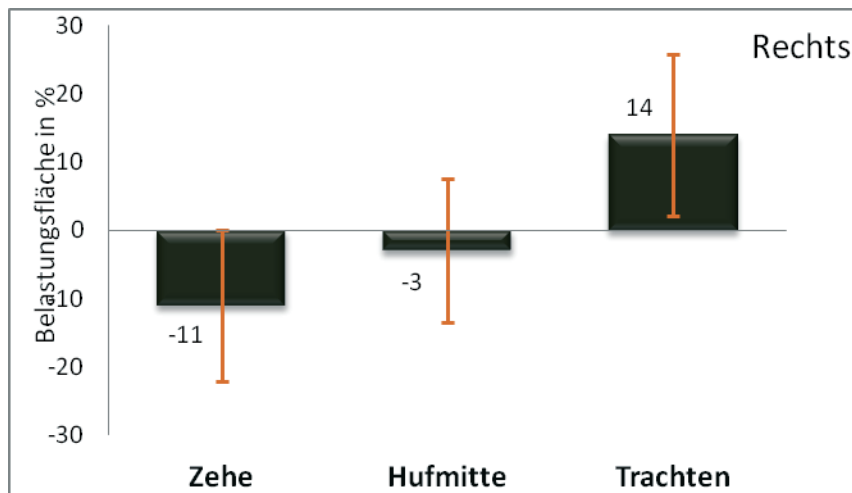


Abb. 53: Die Differenz der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) auf die drei Sohlenabschnitte der Hufe der rechten Vordergliedmaße in der Therapiegruppe A (Mittelwert mit Standardabweichung)

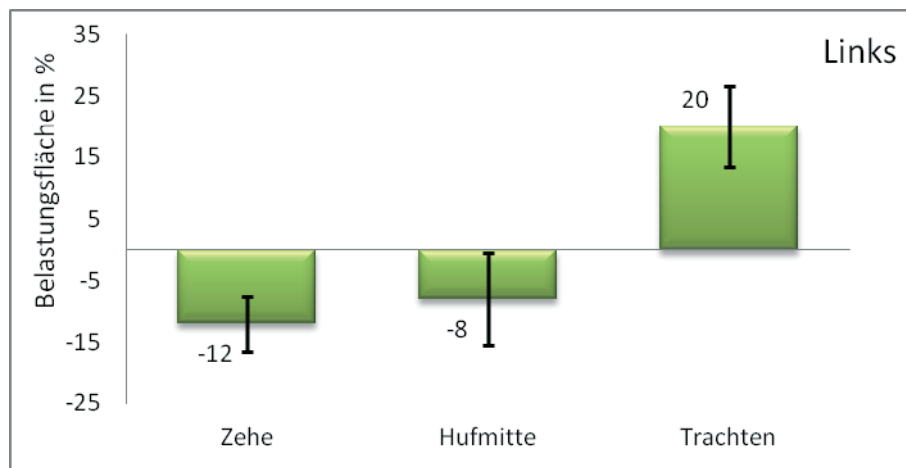


Abb. 54: Die Differenz der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße auf die drei Sohlenabschnitte in Therapiegruppe A (Mittelwert mit Standardabweichung)

Statistische Ergebnisse

Zur statistischen Prüfung des Parameters (Belastungsfläche in Prozent) wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt durchgeführt.

Seitenvergleich:

Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Seiten für die Belastungsfläche in Prozent, weil der p-Wert $> 0,05$ ist.

Abschnittsvergleich:

Beim statistischen Vergleich der Differenzmittelwerte für die anteiligen Belastungsverhältnisse (Belastungsfläche in Prozent) in den drei Sohlenabschnitten wurden hoch signifikante Unterschiede (p -Wert $< 0,0002$) festgestellt, d.h. dass der Klebebeschlag im Vergleich zum barhuf – Befund zu einer signifikanten Veränderung der Belastungsverhältnisse zwischen den verschiedenen Sohlenabschnitten führt.

Wechselwirkungen:

Die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Hufabschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und Seite ergab für die prozentuale Verteilung der Belastungsfläche statistisch keine signifikanten Unterschiede.

Messgröße	Haupteffekte		Wechselwirkung
	Seite	Abschnitt	Seite-Abschnitt
Belastungsfläche in %	$p = 0,33$	$p = 0,0002$	$p = 0,21$

Tab. 23: p -Werte zur prozentualen Verteilung der Belastungsfläche der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p -Werte sind hervorgehoben

4.4.3.3 Größe der Belastungsfläche in der Therapiegruppe B (NBS-Eisen)

Das Druckverteilungsbild B (s. Abb. 28) zeigt die Belastungsfläche eines Rehe-Patienten mit dem NBS-Eisen.

Bei Betrachtung des Verteilungsmusters der Belastungsfläche bei den Pferden mit NBS-Eisen, ist auffällig, dass die Belastungsfläche im Zehenabschnitt am größten und im Hufmittelabschnitt am kleinsten ist (Abb. 55).

Die Belastungsfläche für die rechte Gliedmaße erhöht sich im Trachtenabschnitt um 3 % im Vergleich zu den unbeschlagenen Patienten, während sich die Belastungsfläche im Zehenabschnitt um 1,5 % und in der Hufmitte um 1,5 % verringern (Abb. 56).

Das Verteilungsmuster der linken Gliedmaße ähnelt dem der rechten Gliedmaße (Abb. 57).

In der Tabelle 24 sind die Werte der beiden Vordergliedmaßen dargestellt.

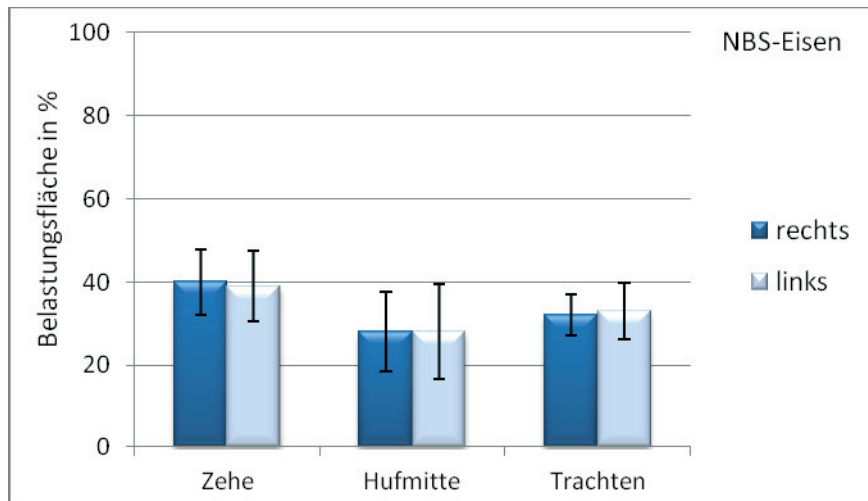


Abb. 55: Die prozentuale Verteilung der Belastungsfläche in der Therapiegruppe B in den drei Abschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwert mit Standardabweichung)

Sohlenabschnitt	Seite	Belastungsfläche in Prozent Nach – Vor dem Beschlagen	Standardabweichung (s)
Zehe	rechts	-1,5	8,7
	links	-2,5	5,4
Hufmitte	rechts	-1,5	7,6
	links	-2,5	7,4
Trachten	rechts	3	9,3
	links	5	6,9

Tab. 24: Übersicht der Differenzmittelwerte zur Verteilung der Belastungsfläche in Prozent in der Therapiegruppe B (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten mit Standardabweichung

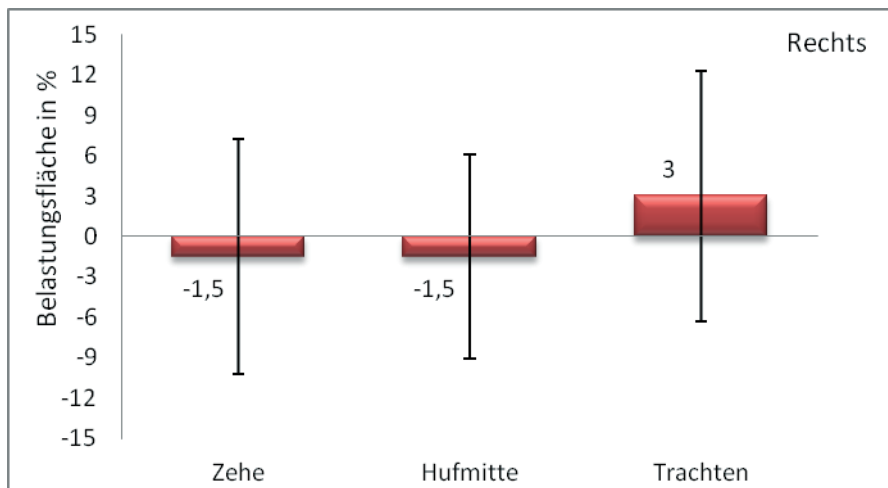


Abb. 56: Die Differenz der prozentualen Belastungsflächenverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe B in den drei Abschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung)



Abb. 57: Die Differenz der prozentualen Belastungsflächenverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe B in den drei Abschnitten (Mittelwert mit Standardabweichung)

Statistische Ergebnisse

Zur statistischen Prüfung des Parameters (Belastungsfläche in Prozent) wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt durchgeführt (s. Tab. 26).

Seitenvergleich:

Da p-Wert 0,13 ist, bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Seiten für die Messgröße (Belastungsfläche in Prozent).

Abschnittsvergleich:

Beim Vergleich der Differenzmittelwerte für die Belastungsfläche (in Prozent) in den drei Abschnitten wurden signifikante Unterschiede (p -Wert $< 0,04$) festgestellt, d.h. dass die Differenz (der Wert nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche in den verschiedenen Sohlenabschnitten unterschiedlich ist. Dies ergibt ein anderes Verteilungsmuster der Belastungsfläche bei dem NBS-Eisen im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand.

Wechselwirkungen:

Die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen den unabhängigen Merkmalen ergab zwischen Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und Seite für die prozentuale Verteilung der Belastungsfläche statistisch keine signifikanten Unterschiede.

	Haupteffekte		Wechselwirkungen
Messgröße	Seite	Abschnitt	Seite-Abschnitt
Belastungsfläche in %	$p= 0,13$	$p= 0,04$	$p= 0,41$

Tab. 25: p -Werte zur prozentualen Belastungsflächenverteilung der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p -Werte sind hervorgehoben

4.4.3.4 Größe der Belastungsfläche in der Therapiegruppe C (modifiziertes Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen)

Das Druckverteilungsbild B in der Abbildung 30 zeigt die Belastungsfläche eines Hufes mit dem modifizierten Hinterhufeisen.

Bei Betrachtung des prozentualen Verteilungsmusters der Belastungsfläche (Abb. 58) fällt eine relativ gleichmäßige Verteilung auf die drei Sohlenabschnitte nach dem Beschlagen auf.

Die Abbildung 59 veranschaulicht für die rechte Vordergliedmaße, beim Vergleich zwischen den Pferden vor dem Beschlagen mit denselben Pferden nach dem Beschlagen, eine Abnahme der Belastungsfläche im Zehenabschnitt um 6% und eine Zunahme im Hufmittel- sowie Trachtenabschnitt jeweils um 4% bzw. 2%.

Die Differenz der Werte der Belastungsfläche an der linken Gliedmaße weist eine Abnahme im Zehen- sowie Trachtenabschnitt jeweils um 4% und 1% mit gleichzeitiger Zunahme im Hufmittelabschnitt um 5% auf (Abb. 60).

In der Tabelle 26 sind die Werte der Differenz der prozentualen Belastungsflächenverteilung (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit Standardabweichung aufgeführt.

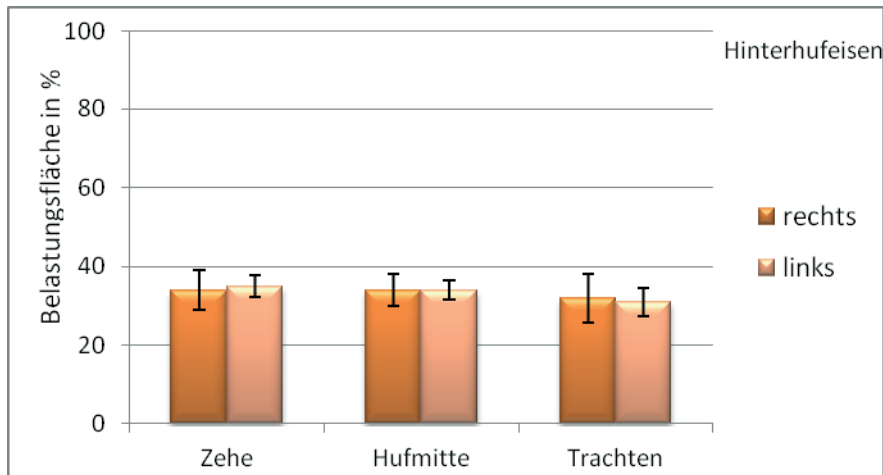


Abb. 58: Die prozentuale Verteilung der Belastungsfläche in den drei Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) nach Beschlag mit einem Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und Polster (Mittelwerte mit Standardabweichung)

Sohlenabschnitt	Seite	Belastungsfläche in Prozent Nach – vor dem Beschlagen	Standardabweichung
Zehe	rechts	-6	2,5
	links	-4	5,9
Hufmitte	rechts	4	6,01
	links	5	5,6
Trachten	rechts	2	6,3
	links	-1	6,6

Tab. 26: Übersicht der Mittelwerte der Differenz zur Verteilung der Belastungsfläche in Prozent in der Therapiegruppe C (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

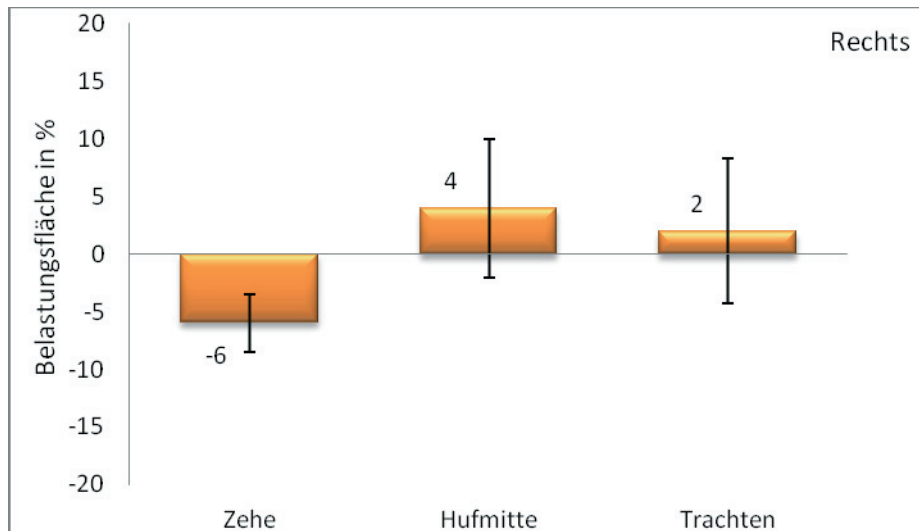


Abb. 59: Die Differenz der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe C in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

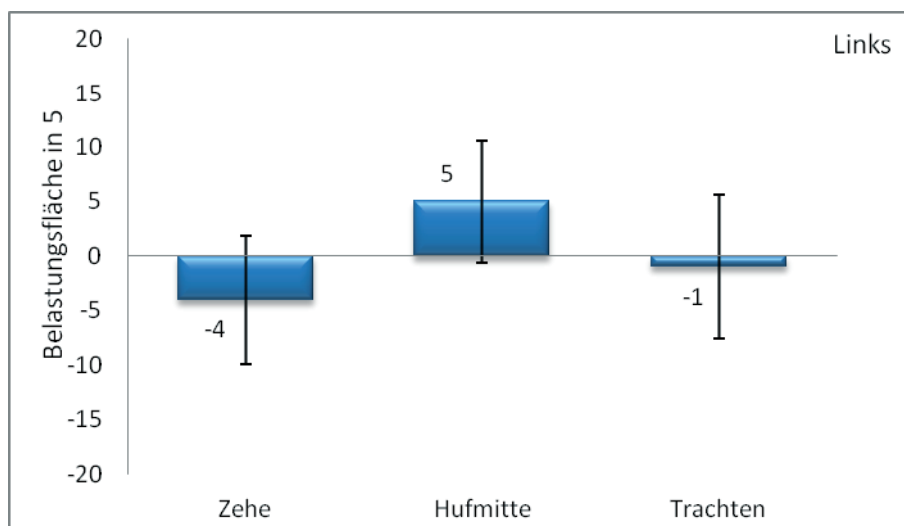


Abb. 60: Die Differenz der prozentualen Verteilung der Belastungsfläche (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe C in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

Statistische Ergebnisse

Zur statistischen Prüfung der abhängigen Parameter (die Belastungsfläche in Prozent) wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt durchgeführt.

Seitenvergleich:

Da der p-Wert 0,21 ist, bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Seiten für die Belastungsfläche in Prozent.

Abschnittsvergleich:

Beim Vergleich der Mittelwerte-Differenzen für die relative Belastungsfläche in den drei Abschnitten wurden signifikante Unterschiede (p-Wert < 0,02) festgestellt, d.h. dass sich die Belastungsfläche durch Beschlagen mit einem Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen im Vergleich zum ungeschlagenen Zustand unterschiedlich auf die verschiedenen Sohlenabschnitte verteilt.

Wechselwirkungen:

Die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen den unabhängigen Merkmalen ergaben zwischen Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und Seite für die prozentuale Verteilung der Belastungsfläche statistische keine signifikanten Unterschiede.

	Haupteffekte		Wechselwirkungen
Messgröße	Seite	Abschnitt	Seite-Abschnitt
Belastungsfläche in %	p=0,21	p= 0,02	p= 0,28

Tab. 27: p-Werte zur prozentualen Verteilung der Belastungsfläche der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben

4.4.4 Größe der Druckspitze in den verschiedenen Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten)

4.4.4.1 Druckspitzen beim Klebebeschlag (Therapiegruppe A)

In der Abbildung 61 ist zu erkennen, dass die Druckspitzen im Zehenabschnitt am höchsten sind, während sie im Hufmittel- sowie Trachtenabschnitt niedriger bzw. relativ gleichmäßig verteilt sind. Die Werte der Druckspitzen für beide Vordergliedmaßen sind in der Tabelle 28 dargestellt.

Bei barhuf Pferden wurden am rechten Huf maximale Druckwerte im Zehenabschnitt von 227,2 N/cm², in der Hufmitte von 137,5 N/cm² und im Trachtenabschnitt von 158,1 N/cm² gemessen.

Für die rechte Vordergliedmaße nahmen die Werte der Druckspitze im Zehenabschnitt des Klebebeschlages im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand um 56,9 N/cm² auf 284,1 N/cm² zu. Demgegenüber nahmen die Druckspitzen sowohl im Hufmittel- als auch im Trachtenabschnitt jeweils um 63,6 N/cm² auf 201,1 N/cm² bzw. um 79,1 N/cm² auf 237,2 N/cm² ab (Abb. 62).

Die Änderung der Werte der Druckspitzen zwischen dem Klebebeschlag und dem unbeschlagenen Zustand für die Hufe der linken Gliedmaße zeigt eine ähnliche Tendenz, wie an der rechten Vordergliedmaße (Abb. 63).

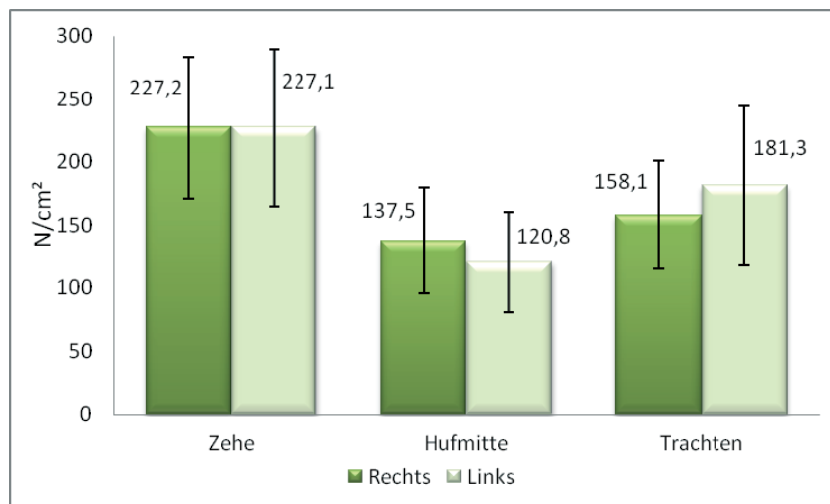


Abb. 61: Die Druckspitzenwerte des Klebebeschlages in den drei Abschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwerte mit Standardabweichung)

Sohlenabschnitt	Seite	Druckspitze in N/cm ² Nach – Vor dem Beschlagen	Standardabweichung
Zehe	rechts	56,9	28,8
	links	55	63,8
Hufmitte	rechts	-63,6	57,2
	links	-76,8	58,3
Trachten	rechts	-79,1	66,7
	links	-53,5	33,7

Tab. 28: Übersicht der Differenzmittelwerte zu den Druckspitzenwerten in N/cm² für den Klebebeschlag (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

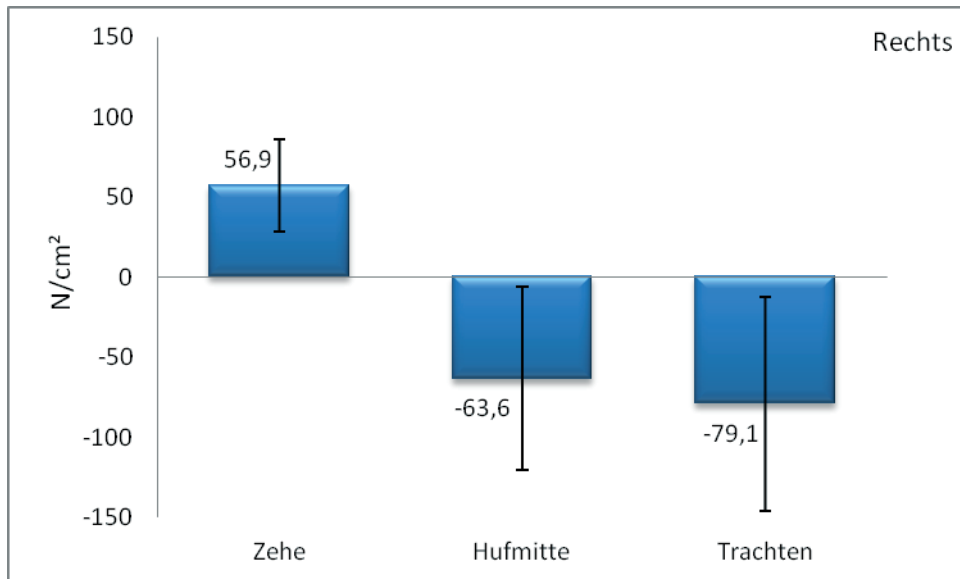


Abb. 62: Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm^2 (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe A in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

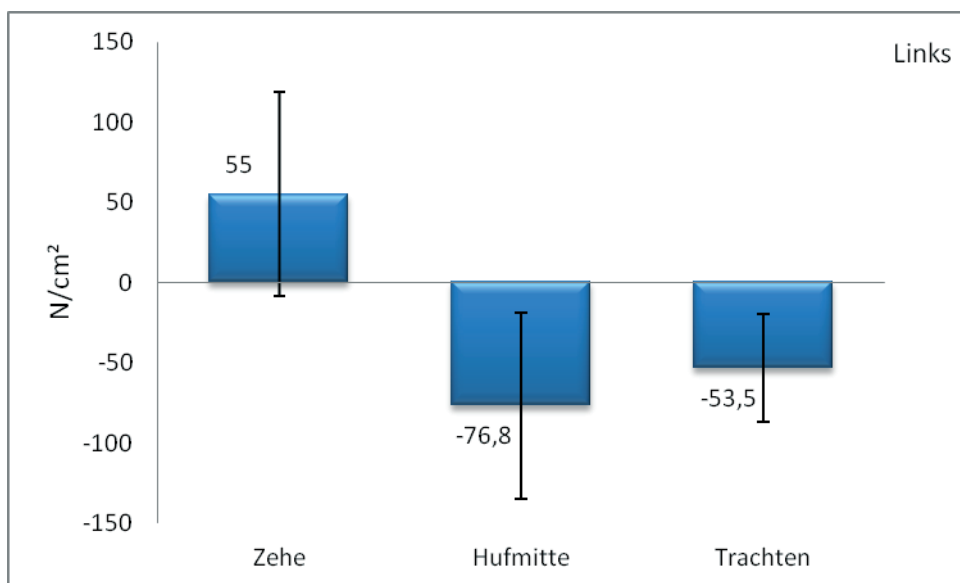


Abb. 63: Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm^2 (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße bei der Gruppe A in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

Statistische Ergebnisse

Zur statistischen Prüfung des Parameters (Druckspitze in N/cm^2) wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt durchgeführt.

Seitenvergleich:

Beim Vergleich der Seiten konnten für die Druckspitzen keine signifikanten Unterschiede (p -Wert = 0,18) festgestellt werden.

Abschnittsvergleich:

Der Vergleich der Mittelwerte der Druckspitzen (N/cm^2) der drei Abschnitte miteinander zeigte hoch signifikante Unterschiede (p -Wert < 0,0006), d.h. dass die Differenz der Druckspitzenwerte in den verschiedenen Sohlenabschnitten bei dem Klebebeschlagn verschieden ist.

Wechselwirkungen:

Die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen den unabhängigen Merkmalen ergaben zwischen den Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) und der Seite für die Druckspitze statistisch keine signifikanten Unterschiede.

Messgröße	Haupteffekte		Wechselwirkungen
	Seite	Abschnitt	Seite-Abschnitt
Druckspitze in N/cm^2	$p = 0,86$	$p = 0,0006$	$p = 0,53$

Tab. 29: p -Werte zu den Druckspitzenwerten der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p -Werte sind hervorgehoben

4.4.4.2 Druckspitzen in der Therapiegruppe B (NBS-Eisen)

Die Druckspitzenwerte sind im Zehenabschnitt geringfügig höher als in den anderen Sohlenabschnitten. Im Hufmitten- und Trachtenabschnitt sind sie annähernd gleichmäßig hoch (Abb. 64).

Die Druckspitzenwerte für beide Vordergliedmaßen (Mittelwerte mit Standardabweichung) sind in der Tabelle 30 dargestellt.

Im Trachtenabschnitt bei den Pferden mit NBS-Eisen nahmen die Druckspitzenwerte der rechten Vordergliedmaße um $31,2 \text{ N}/\text{cm}^2$ im Vergleich zum unbeschlagenen

Zustand ab, während sie sowohl im Zehen- als auch im Hufmittelabschnitt jeweils um 35,04 N/cm² und 14,6 N/cm² zunahmen (Abb. 65).

Die Änderung der Druckspitzenwerte nach Beschlagen mit einem NBS-Eisen im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand für die linke Gliedmaße zeigt eine ähnliche Tendenz zur rechten Vordergliedmaße (Abb. 66).

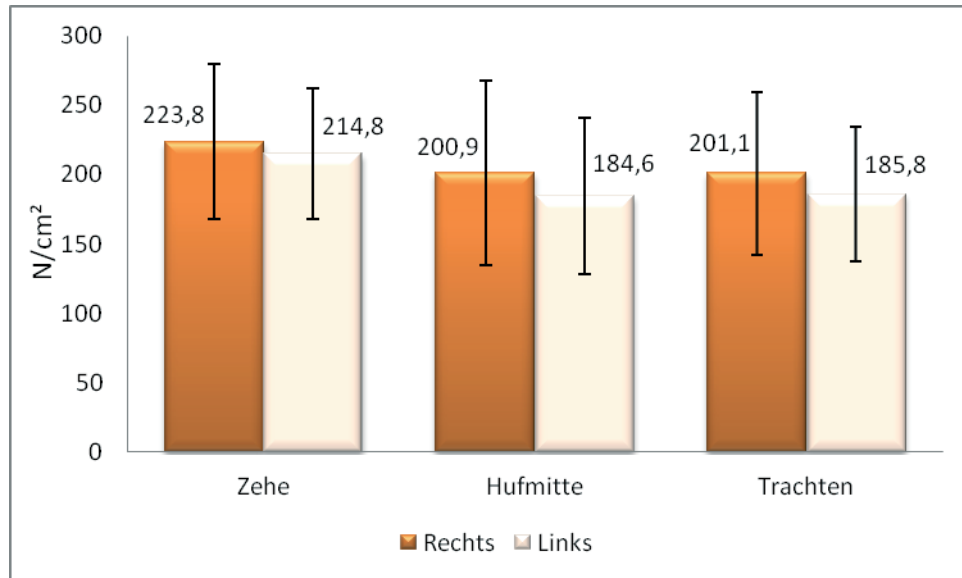


Abb. 64: Die Druckspitzenwerte des NBS-Eisens in den drei Abschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwerte mit Standardabweichung)

Sohlenabschnitt	Seite	Druckspitze in N/cm ² Nach – Vor dem Beschlagen	Standardabweichung (s)
Zehe	rechts	35,04	56,12
	links	10	68,3
Hufmitte	rechts	14,6	53,6
	links	8	62,6
Trachten	rechts	-31,2	50,8
	links	-69	50,1

Tab. 30: Übersicht der Differenzmittelwerte zu den Druckspitzenwerten für das NBS-Eisen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

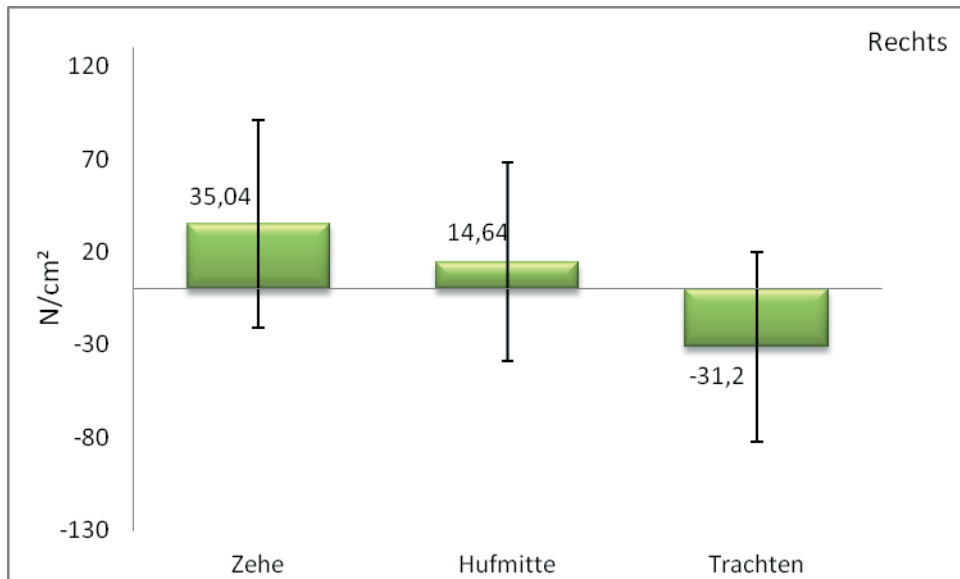


Abb. 65: Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm^2 (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe B in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

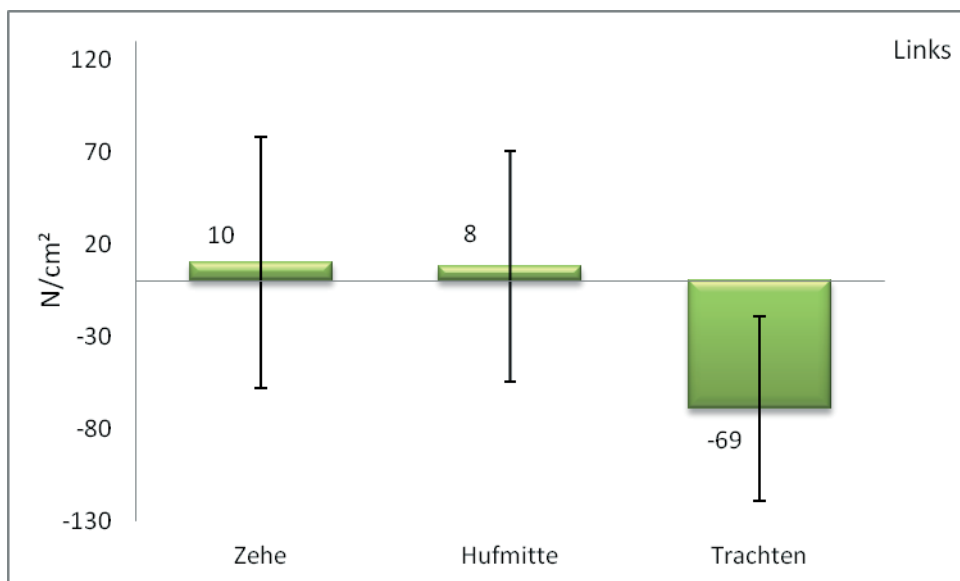


Abb. 66: Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm^2 (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe B in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

Statistische Ergebnisse

Zur statistischen Prüfung des Parameters (Druckspitzenwert in N/cm^2) wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt durchgeführt.

Seitenvergleich:

Beim Vergleich der Seiten konnten für die Druckspitzenwerte keine signifikanten Unterschiede (p-Wert = 0,3) festgestellt werden.

Abschnittsvergleich:

Der Vergleich der Mittelwerte der Druckspitze N/cm² der drei Abschnitte miteinander zeigte hoch signifikante Unterschiede (p-Wert < 0,0001), d.h. die Differenz der Druckspitzenwerte in den verschiedenen Sohlenabschnitten bei dem NBS-Eisen im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand verschieden ist.

Wechselwirkungen:

Die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen den unabhängigen Merkmalen ergaben zwischen Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und Seite für die Druckspitzenwerte statistisch keine signifikanten Unterschiede.

	Haupteffekte		Wechselwirkungen
Messgröße	Seite	Abschnitt	Seite-Abschnitt
Druckspitze in N/cm ²	p= 0,3	p= 0,0001	p= 0,75

Tab. 31: p-Werte zu den Druckspitzenwerten der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p-Werte sind hervorgehoben

4.4.4.3 Druckspitzen in der Therapiegruppe C (Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen)

Die Druckspitzenwerte bei dem Hufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen sind im Trachtenabschnitt am niedrigsten, während sie im Hufmitten- sowie Zehenabschnitt annähernd gleichmäßig verteilt sind (Abb. 67).

Für die rechte Vordergliedmaße wurde eine Zunahme der Druckspitzenwerte bei dem Hufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand im Hufmittelabschnitt jeweils um 38,9 N/cm² festgestellt. Dahingegen wurde eine Abnahme sowohl im Zehen- um 12,9 N/cm², als auch im Trachtenabschnitt um

81,5 N/cm² beobachtet (Abb. 68). Die Daten der linken Vordergliedmaße sind in der Abbildung 69 dargestellt.

Die Differenzwerte der beiden Vordergliedmaßen sind in der Tabelle 32 dargestellt.

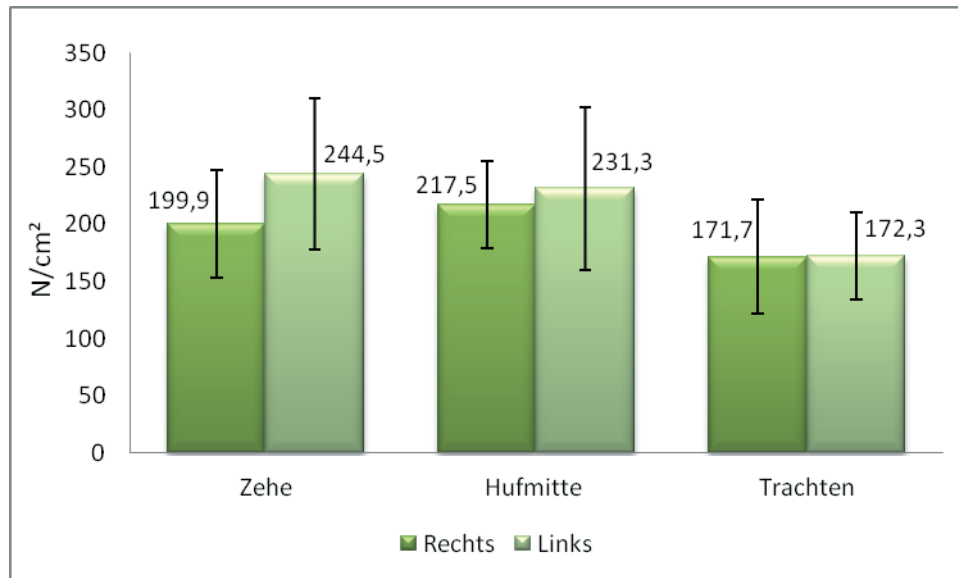


Abb. 67: Die Druckspitzenwerte des Hinterhufeisens mit seitlichen Zehenaufzügen in den drei Sohlenabschnitten (Zehe, Hufmitte und Trachten) beider Gliedmaßen (Mittelwerte mit Standardabweichung)

Sohlenabschnitt	Seite	Mittlerer Druckwert in N/cm ² Nach – Vor dem Beschlagen	Standardabweichung (s)
Zehe	rechts	-12,9	19,4
	links	-18,04	22,5
Hufmitte	rechts	38,9	58,07
	links	62,28	66,8
Trachten	rechts	-81,5	45,7
	links	-57,5	49,7

Tab. 32: Übersicht der Mittelwerte der Differenz zu den Druckspitzenwerten in N/cm² für das Hinterhufeisen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) in den drei Sohlenabschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

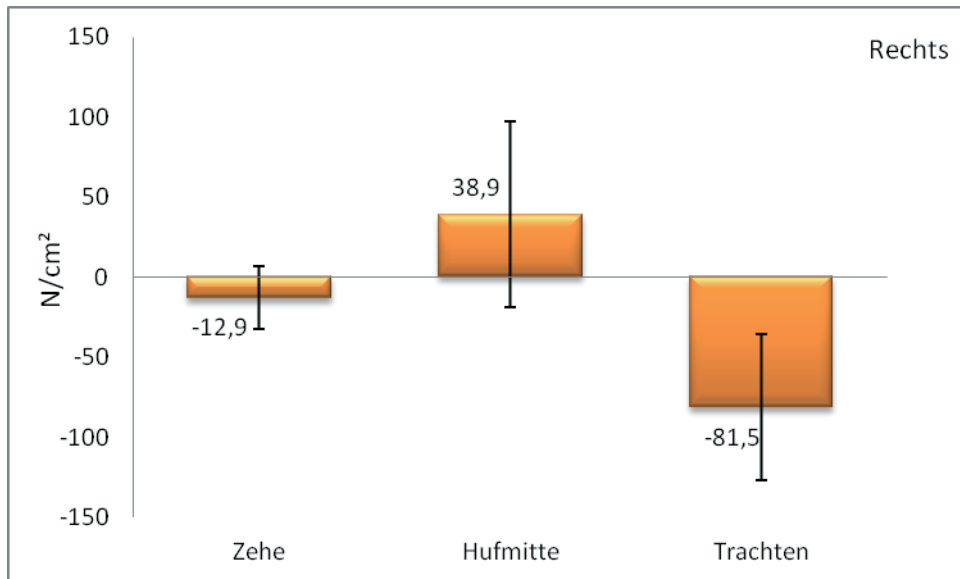


Abb. 68: Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm² (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die rechte Vordergliedmaße in der Therapiegruppe C in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

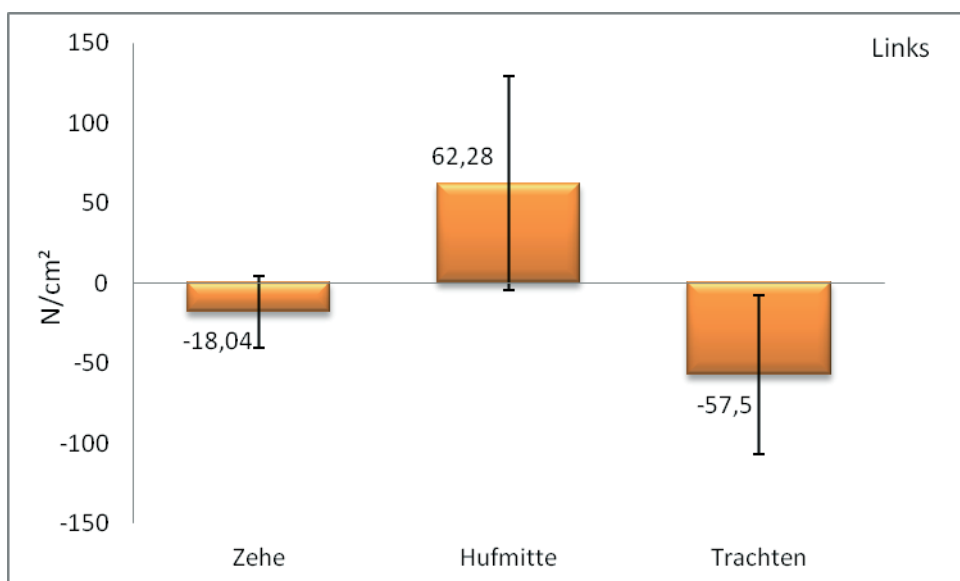


Abb. 69: Die Differenz der Druckspitzenwerte in N/cm² (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) für die linke Vordergliedmaße in der Therapiegruppe C in den drei Abschnitten (Mittelwerte mit Standardabweichung)

Statistische Ergebnisse

Zur statistischen Prüfung der abhängigen Parameter (Druckspitzenwert in N/cm²) wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Seite und Abschnitt durchgeführt.

Seitenvergleich:

Beim Vergleich der Seiten konnten für die Druckspitzenwerte keine signifikanten Unterschiede (p -Wert = 0,59) festgestellt werden.

Abschnittsvergleich:

Der Vergleich der Mittelwerte der Druckspitzenwerte N/cm^2 der drei Abschnitte miteinander zeigte hoch signifikante Unterschiede (p -Wert < 0,0012), d.h. der Beschlag führt zu einer signifikanten Veränderung der Druckverteilung auf die Belastungsfläche. Durch den Beschlag kommt es zu einer deutlichen Zunahme der Druckwerte in der Hufmitte und zu einer markanten Verringerung im Trachtenabschnitt.

Wechselwirkungen:

Die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen den unabhängigen Merkmalen ergab zwischen Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und Seite für die Druckspitze statistisch keine signifikanten Unterschiede.

Messgröße	Haupteffekte		Wechselwirkungen
	Seite	Abschnitt	Seite-Abschnitt
Druckspitze in N/cm^2	$p = 0,64$	$p = 0,0012$	$p = 0,73$

Tab. 33: p -Werte zu den Druckspitzenwerten der Differenzen (nach dem Beschlagen minus den Wert vor dem Beschlagen) mit den Haupteffekten Seite und Abschnitt (Zehe, Hufmitte und Trachten) und den Wechselwirkungen Seite-Abschnitt; die signifikanten p -Werte sind hervorgehoben

5. Diskussion

5.1 Klinisch-orthopädische Untersuchung

Das in dieser Arbeit angewendete Rehe-Untersuchungsprotokoll hat sich als sehr hilfreich bewiesen.

Unseren Ergebnissen zufolge, zeigten die akuten Hufrehe-Patienten in der Bewegung einen klammen Gang, Wendeschmerz und eine Trachtenfußung, außerdem waren alle Patienten auf die Hufzangenuntersuchung empfindlich. Die Pulsation der Hauptmittelfußarterie war klopfend. Im Gegensatz dazu, zeigten die chronischen Hufrehe-Patienten keine Pulsation der Hauptmittelfußarterie, allerdings wiesen sie eine Trachtenfußung auf. Zudem wurde bei den meisten chronischen Hufrehe-Patienten eine typische Hufform (Knollhuf) beobachtet.

Diese Befunde stimmen mit den in der Literatur beschriebenen Symptomen der Hufrehe (akute und chronische) überein (Stashak 1989, Baxter 1994, Pollitt 1998, Buchner u. Berger 2009).

5.2 Orthopädischer Beschlag der Rehe-Patienten

In der Literatur sind verschiedene Richtlinien zum Beschlagen eines chronischen Rehe-Patienten beschrieben. Zum einen wird die Verlagerung des Abrollpunktes nach palmar angestrebt bzw. empfohlen, um das Abfußen zu erleichtern bzw. um den Zug der tiefen Beugesehne während des Abrollens zu reduzieren. Dies erfolgt durch das Anbringen einer Zehenrichtung bzw. durch Zurücksetzen des Eisens (Morrison 2010, O'Grady 2010). Zum anderen wird das Heranziehen der Sohle sowie des Strahles im palmaren bzw. plantaren Hufbereich zur Lastaufnahme angestrebt, um die Belastungsfläche zu vergrößern, sowie die Belastung des Huftrageapparates zu reduzieren. Dies kann durch Anbringen eines Steges bzw. durch Polster aus Werk oder synthetische Polymere erreicht werden (Morrison 2010, O'Grady 2010). Außerdem sind die Trachten bei der Hufzubereitung zu schonen bzw. können die Trachten hochgestellt werden, um den Zug der tiefen Beugesehne auf das Hufbein zu reduzieren. Dies erfolgt durch das Anbringen eines Beschlages mit Keilen (Morrison 2010, O'Grady 2010).

Die von uns untersuchten Beschläge berücksichtigen die bereits von Bolz (1939) erarbeiteten Prinzipien. Die von Bolz erarbeiteten Prinzipien beruhen auf der Entlastung der schmerzhaften Hufbereiche und einer Gewichtsverlagerung auf die gesunden Hufabschnitte. Dies erfolgt durch das Schwebenlassen der dorsalen

Zehenwand, das Anbringen eines Steges daumenbreit hinter der Strahlspitze sowie das mäßige Kürzen der Trachten.

Zunächst wurden das NBS-Eisen sowie das Hufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen zurückgesetzt, außerdem wurde an beiden Beschlägen eine Zehenrichtung angebracht, um das Abrollen während der Abfußung zu erleichtern. Somit wurde der Zug auf den geschädigten Huftrageapparat reduziert.

An den Schenkelenden des zehenoffenen Eisens wurde eine Zehenrichtung am Eisen angebracht. Außerdem endeten die Schenkel im Übergangsbereich der Zehenwand zur Seitenwand, somit kam es zu einer Verlagerung des Abrollpunktes nach palmar und die zehenoffenen Eisen wirkten, als ob sie zurückgesetzt seien. Das führte zu einer Erleichterung des Abrollens.

Das Anbringen einer Schwebe am Zehentragrand entlastet diesen Bereich (Bolz 1939). Dies wurde sowohl beim NBS-Eisen als auch beim Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen durchgeführt, außerdem wurde der Zehentragrand beim Klebebeschlag durch das zusätzliche Anbringen eines zehenoffenen Eisens aus der Last genommen.

Die in dieser Studie untersuchten Beschläge vergrößerten die Belastungsfläche im Trachtenabschnitt im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand. Dies erfolgt durch das angebrachte Polster bzw. durch den Steg des zehenoffenen Eisens im Falle des Klebebeschlags. Das Polyurethan-Polster (Equi-Pak, Vettec Inc, Oxnard, CA, USA) ist selbstklebend, relativ weich und füllt die seitlichen Strahlfurchen aus, wodurch alle Strukturen im Trachtenabschnitt zur Lastaufnahme herangezogen werden (O'Grady 2010). Im Vergleich zu anderen Rehebeschlägen, die die hinteren Hufstrukturen durch einen Metallsteg unterstützen, wie zum Beispiel das herzförmige Hufeisen oder der Beschlag nach Bolz, ist das Polyurethan-Polster sehr leicht.

Alle von uns untersuchten Beschläge erfüllten die Kriterien eines modifizierten Rehebeschlags nach Bolz (1939). Hingegen wurde in unserer Studie der Abrollpunkt nach palmar verlagert.

Bei der Therapie von Rehepatienten ist strikt zwischen einer akuten und chronischen Hufrehe zu unterscheiden. Während bei der chronischen Hufrehe orthopädische Beschläge zur Anwendung kommen, basiert die Therapie der akuten Rehe auf der Abstellung der Reheursachen, einer Entlastung des erkrankten Hufbeinträgers, z. B. durch Ruhigstellung der Pferde auf weichem Boden, Abnehmen der Hufeisen oder Entfernung der Zehennägel und einer adäquaten physikalischen und medikamentellen Therapie. Zur Unterstützung der medikamentösen Therapie bei akuten Rehe-Patienten werden die Trachten durch einen Hufgips nach Huskamp (1990) hochgestellt. Durch Trachtenhochstellung wird der Zug der tiefen Beugesehne auf das Hufbein reduziert (O'Grady 2010) und mehr Last vom Trachtenbereich

aufgenommen (Klunder 2000). Somit wird der bei akuten Rehe-Patienten schmerzhaft Zehenbereich entlastet (Hansen et al. 2005). Die Hochstellung der Trachten über einen langen Zeitraum führt zur Stauchung der Trachten, hiermit können die Trachten schmerzhaft werden (O'Grady 2010).

Das langfristige Ziel des Managements von chronischen Rehe-Patienten ist die Wiederherstellung eines normalen Palmarwinkels (0° - 5°), ein gleichmäßiges Wachstum der Zehenwand sowie der Trachten und das Erreichen einer normalen Sohlendicke (Morrison 2010).

5.3 Die Messmethode

Zur Erfassung des Druckverteilungsmusters sowohl bei Rehe-Patienten, als auch bei unbeschlagenen lahmheitsfreien Pferden und um den therapeutischen Effekt verschiedener Rehebeschläge objektiv zu überprüfen, wurde das HufScan®-System eingesetzt. Das HufScan®-System ist ein mobiles System und kann die Druckverteilung unter dem Huf in der Bewegung gleichzeitig an zwei Gliedmaßen bei beschlagenen und unbeschlagenen Pferden messen. In der Literatur finden sich Berichte über den Einsatz von Druckverteilungsmess-Systemen zur Erfassung der Druckverteilung unter den Klauen von Rindern (van der Tol et al. 2002) und zur Messung kinetischer Parameter bei klinisch normalen Hunden (Duncan et al. 2006), sowie bei Schafen (Kim und Breu 2008). Darüber hinaus wurde mit einem Satteldruckmesssystem der Zusammenhang von Rückenproblemen mit der Sattelform untersucht (Sibylle et al. 2005). Ferner wurde die Druckplatte von Oomen et al. (2012) erfolgreich zur Erfassung der Lastverteilung bei beschlagenen Pferden in der Bewegung eingesetzt. Zusätzlich wurde das Hoof™-System in Kombination mit kinematischen Messmethoden am Laufband eingesetzt (Lange et al. 2012). Dohne (1991) verwendete einen mit drei Drucksensoren eingebetteten Druckmessschuh zur Erstellung von Standardwerten bei lahmfreien Pferden, sowie zur Durchführung einer Bewegungsanalyse bei lahmen Pferden. Klunder (2000) untersuchte mit einem Druckmessschuh den Effekt der Hochstellung der Trachten. Dieser Hufschuh besitzt vier Drucksensoren, die die Erfassung der Hufkräfte unter den beiden Trachten sowie am Tragrand der lateralen und medialen Hufspitze bei unbeschlagenen Pferden im Stand und in der Bewegung ermöglicht.

In den eigenen Untersuchungen erwies sich das HufScan-System® als praktikabel und leicht anzuwenden. Mit dem Softwareprogramm FastSCAN Mobile Research® konnten die erfassten Daten farbig codiert als Druckverteilungsbild dargestellt werden. Das Druckverteilungsbild lässt sich mit dem Softwareprogramm FastSCAN Mobile Research® in Abschnitte unterteilen, außerdem bietet es die Möglichkeit, verschiedene Parameter, wie zum Beispiel die Kraft, die Belastungsfläche und die mittleren Druckwerte aus jedem Abschnitt zu erfassen. Hiermit konnte eine Umverteilung von Kraft-, Druck- und Belastungsflächenwerten nach dem Beschlagen

im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand gemessen werden. Zusätzlich können die erfassten Daten zweier Gliedmaßen im zeitlichen Verlauf als Video dargestellt werden. Die Anwendung des Softwareprogrammes ist unkompliziert, lässt sich nach einer Unterweisung gut bedienen und hat sich als benutzerfreundlich erwiesen.

Aufgrund der Mobilität des HufScan®-Systems war es möglich, Messungen an verschiedenen Orten durchzuführen. Außerdem bietet das HufScan®-System die Möglichkeit, Messungen auf verschiedenen Untergründen und bei den verschiedenen Gangarten (Schritt, Trab und Galopp) durchzuführen. Somit konnte der Einfluss verschiedener Untergründe auf Druck-, Kraft- und Belastungsflächenwerte unter dem Huf erfasst werden. Im Gegensatz dazu, sind die Kraftmessplatte und das EGA-System ortsgebundene stationäre Einheiten (Tietje 1992, Merkens 1986, Perino et al. 2007), wodurch die Untersuchungen des Effektes verschiedener Untergründe auf die Verteilung von Kraft-, Druck- und Belastungsflächenwerte nicht durchführbar sind.

Im Falle von Hufrehe-Patienten war es entscheidend, die Messung innerhalb weniger Schritte durchführen zu können und dennoch repräsentative Ergebnisse zu erhalten, da der bereits geschädigte Huftrageapparat bei jedem weiteren Schritt unter mechanischer Belastung stehen würde. Aus diesem Grund war der Einsatz des HufScan®-Systems anderen Messsystemen gegenüber vorteilhaft. Das HufScan®-System ermöglicht die Erfassung mehrerer Fußungen, je nach eingestellter Aufzeichnungszeit an zwei Gliedmaßen gleichzeitig. Ebenso bieten die Kraftmessschuhe die Möglichkeit, mehrere Fußungen an mehreren Gliedmaßen gleichzeitig zu messen (Dohne 1991), während die Kraftmessplatte nur eine Gliedmaße zur gleichen Zeit messen kann (Merkens 1986, Perino et al. 2007). Des Weiteren ist die Anzahl der gemessenen Fußungen pro Lauf bei dem EGA-System begrenzt.

Das HufScan®-System kann nur die vertikale Kraft erfassen, während die Kraftmessplatte alle drei Komponenten der Hufkraft messen kann (Clayton und Schamhardt 2001). Außerdem ist der mit der Druckplatte gemessene vertikale Hufkraftwert signifikant niedriger, als der von der Kraftmessplatte gemessene Wert. Dementsprechend erscheint die Kraftmessplatte bezüglich der Erfassung von Kraftwerten genauer zu sein (Oosterlinck et al. 2010). Die Untersuchungen an klinisch gesunden Hunden (Duncan et al. 2006) ergaben analoge Ergebnisse, dabei waren die von der Druckplatte im Zeitablauf erfassten Daten von denselben Hunden einheitlich. Deshalb kann die Druckplatte zur Evaluierung der kinetischen Parameter bei demselben Tier im Zeitablauf eingesetzt werden. In unserer Studie wurde das HufScan®-System zur Erfassung verschiedener Parameter bei demselben Tier eingesetzt, allerdings einmal barhuf und einmal nach Anbringen eines therapeutischen Beschlages.

Ratzlaff et al. (1990) verwendete bei seinen Untersuchungen ein mit einem beziehungsweise drei integrierten Kraftaufnehmern versehenes Hufeisen. Ein ähnliches System wurde von Björk (1985) vorgestellt. Die beiden Systeme können die Verteilung der vertikalen Kraft unter dem Huf ausschließlich im beschlagenen Zustand erfassen, wohingegen das HufScan®-System die Erfassung der Druckverteilung bei beschlagenen- und unbeschlagenen Pferden ermöglicht. Somit kann mit diesem System der therapeutische Effekt der Beschläge objektiv beurteilt werden.

Des Weiteren zählen das relativ geringe Gewicht der Sensoren sowie die minimale Dicke zu den Vorteilen dieses Systems, da der Bewegungsablauf der Pferde nicht beeinträchtigt wird. Die Kraftmessplatte beeinträchtigt die Bewegung der Pferde während der Messung ebenfalls nicht (Leach 1987). Im Gegensatz dazu beeinträchtigt das hohe Gewicht der Kraftmessschuhe von Björk (1958) von über zwei Kilogramm die Bewegung der Tiere erheblich. Das Gewicht und die Dicke der von Kai et al. (2000) verwendeten Messapparatur betragen jeweils ca. 480 g und 20 mm.

Um die Umverteilung von Kraft-, Druck- und Belastungsflächenwerten in den verschiedenen Hufabschnitte bei den Rehe-Patienten nach dem Beschlagen im Vergleich zu dem unbeschlagenen Zustand zu erfassen, wurde der Hufabdruck in drei gleichmäßige Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) unterteilt. Demgegenüber unterteilten Oomen et al. (2012) den Hufabdruck an der weitesten Stelle des Hufes in zwei Hälften, Zehe und Trachten, um die Lastverteilung in den beiden Hufhälften bei Pferden mit zwei verschiedenen Beschlägen (ein normales Hufeisen und ein Eisen mit verbreitertem Zehenteil) zu erfassen. Dabei stellten sie fest, dass bei den Pferden mit dem Eisen mit verbreitertem Zehenteil der totale vertikale Druck im Zehenteil, im Vergleich zum normalen Eisen, signifikant reduziert wurde.

Zu den möglichen Komplikationen bei der Anwendung des HufScan®-System zählt das Vorhandensein von Steinen auf der Messstrecke, was zu fehlerhaften Ergebnissen bzw. zur Schädigung der Sensoren führen kann. Außerdem ist die Messung von Hufeisen mit z.B. Stollen nicht möglich, da die Stollen bzw. die vorstehenden Nägel den Sensoren Schaden zufügen, sowie punktuell hohe Druckwerte bedingen.

Um vergleichbare und repräsentative Druckverteilungsmessungen zu erhalten, wurde bei den vorliegenden Untersuchungen für den Versuchsaufbau eine ebene Asphaltstrecke ausgewählt. Somit konnte der Einfluss verschiedener Beschläge auf die Verteilung von Kraft, Druck und Belastungsfläche überprüft werden. Eine ebene Asphaltstrecke ist überall vorhanden. Die Messungen wurden im Schritt durchgeführt, um die Patienten möglichst wenig zu belasten. Dohne (1991) führte ähnliche Untersuchung ebenfalls auf einer Asphaltstraße durch.

Weiterhin erfordert die Erfassung der Daten ein gutes Haften der Sensoren unter den Hufen. Das Rutschen bzw. Verschieben der Sensoren während der Bewegung führt zu fehlerhaften Informationen. Aus diesem Grund war eine individuelle Anpassung an die jeweilige Hufgröße durch Zuschneiden notwendig. Diese Maßnahme erhöhte die Kosten, da nur eine geringe Anzahl von Probanden mit demselben Hufsensor gemessen werden konnten. Im Gegensatz hierzu konnten die Hufschuhe von Dohne (1991) durch Verstellen der Haltriemen an die verschiedenen Hufgrößen angepasst werden. Des Weiteren erfordert das Anbringen der Sensoren unter dem Huf bzw. dem Hufeisen keine invasive Prozedur, wohingegen das Befestigen der von Ratzlaff et al. (1990) verwendeten Meßapparatur nur durch Aufnageln möglich ist. In den Untersuchungen von Ratzlaff et al. (1990) zeigte sich außerdem, dass die Befestigung der Dataabnehmer lateral am Röhrlbein (Os metatarsale III) an den Hintergliedmaßen von vielen Pferden nicht gut toleriert wird. Dies machte eine Messung an den Hintergliedmaßen bei den meisten Pferden unmöglich. Daher wurden die eigenen Untersuchungen ausschließlich an den Vorderextremitäten durchgeführt.

Das Anbringen und Kalibrieren der Messapparatur erwies sich in den eigenen Untersuchungen als unproblematisch und schnell durchführbar. Im Mittel wurden dafür weniger als zehn Minuten benötigt. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Lange und Mitarbeiter. Sie benötigten für das Anbringen und Kalibrieren der Meßapparatur ca. zehn Minuten (Lange et al. 2012).

Nach Meinung des Doktoranden kann das HufScan®-System genaue und reproduzierbare Daten zur Lastverteilung sowohl bei unbeschlagenen als auch bei beschlagenen Pferden in der Bewegung erfassen. Die erfassten Daten von jedem einzelnen Pferd waren in den drei Durchgängen eines Messvorganges fast identisch. Anschließend erlaubt das Softwareprogramm die graphische Darstellung von zwei Gliedmaßen gleichzeitig. Deshalb findet das HufScan®-System seine praktische Anwendung zur Erfassung des Belastungsmusters in der Bewegung, außerdem ermöglicht es die Überprüfung des Effektes eines Beschlages auf die Lastverteilung in der Bewegung. Allerdings sind die relativ hohen Kosten der Sensoren nachteilig zu berücksichtigen. Die Anbringung des Dataabnehmers, vor allem an den Hintergliedmaßen, ist verbesserungswürdig.

Die Fußungszeit wurde in der vorliegenden Studie aus verschiedenen Gründen nicht berücksichtigt. Einerseits stammten die Probanden aus verschiedenen Pferderassen und hatten dementsprechend verschiedene Größen. Dadurch sind die Fußungszeiten der Tiere physiologischer Weise unterschiedlich. Andererseits bedingen die verschiedenen Erkrankungsphasen mit den unterschiedlichen Lahmheitsgraden unterschiedliche Fußungszeiten.

5.4 Messungen mit dem HufScan®-System

5.4.1 Messungen bei lahmfreien Pferden (Kontrollgruppe)

Unsere Untersuchungen von 16 lahmfreien unbeschlagenen Pferden zeigten für die rechte Vordergliedmaße eine vermehrte Belastung des Zehen- und Trachtenabschnitts mit jeweils 46,5% und 38,5%, sowie die Belastung des Hufmittelabschnitts mit 15% der gesamten vertikalen Kraft. Für die linke Vordergliedmaße wurde ein ähnliches Verteilungsmuster beobachtet.

Tietje (1992) stellte durch Untersuchung der Belastungsmuster von 262 unbeschlagenen Gliedmaßen von lahmfreien Pferden eine Belastungsspitze sowohl im Zehen- als auch im Trachtenbereich und eine niedrige Belastung im mittleren Hufabschnitt fest.

Klunder (2000) stellte demgegenüber bei 30 lahmfreien Pferden eine relativ gleichmäßige Verteilung der Kraft unter den vier Quadranten (laterale- und mediale Zehe, laterale- und mediale Trachte) des Tragrandes fest. Diese Untersuchungen erfolgten im Stehen und dies kann für das unterschiedliche Verteilungsmuster verantwortlich sein, da nach Reily (2010) die Gangart das Verteilungsmuster der Kräfte verändert.

In der Studie von Oomen et al. (2012) wurden bei sechs beschlagenen lahmfreien Pferden höhere Werte der vertikalen Spitzenkraft (peak vertical force) in der kranialen Hufhälfte, im Vergleich zu der kaudalen Hufhälfte festgestellt. Die Untersuchungen von Rogers und Back (2003) ergaben ebenso eine vermehrte Belastung in der kranialen Hufhälfte bei glatten Hufeisen, Eggbar-Eisen sowie bei Hufeisen mit Keilen unter den Trachten.

5.4.2 Messungen bei den Hufrehe-Patienten (Gruppe 1 und 2)

Die vertikalen Kraftwerte im Trachtenabschnitt bei den Rehe-Patienten verschiedener Krankheitsstadien sind höher, als die des Zehenabschnitts. Dieses Ergebnis stimmt mit dem von Klunder (2000) überein. Klunder untersuchte mit einem Kraftmessschuh die Kraftverteilung unter den vier Quadranten des Tragrandes im Stehen bei hochgradig erkrankten Rehe-Patienten. Dabei stellte er fest, dass die Trachten 61% und die Hufspitzen 39% der Kraft aufnehmen. In unserer Studie wurde bei der Gruppe 1 (akute Hufrehe nach Abklingen der akuten Symptome) der Trachtenabschnitt am stärksten belastet. Der Kraftwert beträgt 41 %, während die Hufmitte mit 30 % und die Zehe mit 29 % der gesamten vertikalen Kraft belastet wurden. In der Gruppe 2 wurde der Hufmittelabschnitt mit 29,5 % und die Zehe mit

32 % der gesamten vertikalen Kraft belastet. Die Trachten wurden mit 38,5 % weiterhin am stärksten belastet.

Die vorliegenden Untersuchungen der Verteilung der vertikalen Kraft bei Rehe-Patienten zeigten eine geringe Kraftzunahme im Zehenabschnitt bei chronischen Rehe-Patienten, im Vergleich zu den akuten Rehe-Patienten. In der Gruppe 1 wurde der Zehenabschnitt mit 29% der gesamten vertikalen Kraft belastet, während er bei der Gruppe 2 mit 32% belastet wurde. Dies kann durch verminderte Schmerzhaftigkeit bei chronischen Rehe-Patienten durch Abheilung des geschädigten Huftrageapparates erklärt werden. Klunder (2000) führte die Mehrbelastung der Trachten bei den akuten Rehe-Patienten auf den Schmerz im Zehenbereich zurück. Damit kann unsere Erklärung unterstützt werden.

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse wurde in den Gruppen 1 und 2 unter Verzicht auf eine mögliche Datentransformation (zum Beispiel Logarithmus) mit den Originaldaten durchgeführt, weil für fast alle Untergruppen in guter Näherung eine Normalverteilung der Messwerte gegeben war. Nur in seltenen Fällen wurde eine leicht rechtsschiefe Verteilung beobachtet, in den Graphiken (Abb. 32, 33, 50, und 51) erkennbar an einem erhöhten Variationskoeffizienten. Insgesamt gesehen wäre eine Datentransformation deshalb eher schädlich als nützlich gewesen. Da für mehrfaktorielle Designs keine geeigneten nicht-parametrischen Verfahren existieren, wurde die Auswertung mithilfe der parametrischen Statistik unter Anwendung der an der Versuchsplanung orientierten mehrfaktoriellen Varianzanalyse durchgeführt.

5.4.3 Messung bei Patienten der Therapiegruppe A (Klebebeschlag)

Bei Pferden nach sehr langwieriger, akuter Rehephase bietet sich erfahrungsgemäß der geklebte Hufschutz an, um die traumatischen Einflüsse des traditionellen Hufbeschlages zu vermeiden. Hierbei verwenden wir den Dallmer Cuff, aufgeklebt mit „Vettec Super Fast“.

Der Dallmer Cuff ist einfach zu Verarbeiten und Anzupassen und bietet ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Der Kleber „Super Fast“ aus dem Hause Vettec besteht aus einer Zwei-Komponenten-Polyurethanbasis und bindet sehr schnell, wodurch die einseitige Belastung für das Pferd beim Anbringen des Beschlages zeitlich reduziert wird und es für das Pferd komfortabler und weniger provozierend auf die empfindlichen Strukturen ist. Modifiziert wird der geklebte Hufschutz, der letztendlich als „Träger“ fungiert, mit einem zehenoffenen Beschlag aus Stahl oder Aluminium. In der Regel wird hier ein NBS-Hufeisen zehenoffen mit angebrachter Zehenrichtung unter den Dallmer Cuff geschraubt. Dies kann wahlweise vor oder auch nach dem Klebevorgang erfolgen, zeitsparender für die Arbeit am Pferd ist die Anbringung des Eisens an den Cuff vor dem Klebevorgang. Als „Steg“, dem Prinzip des klassischen Bolz-Sander Beschlages entsprechend- „ die gesunden Teile des Hufes werden zum Tragen herangezogen, die kranken Teile des Hufes werden entlastet“- bietet sich das

Eingießen eines „Steges“ mit dem Produkt „Equi Pak“ der Fa. Vettec an. Dieses Produkt besteht ebenfalls aus einer Zwei-Komponenten-Polyurethanbasis und weist eine hohe Adhäsion auf. Der Vorteil der Nutzung dieses Produktes gegenüber einem gewöhnlich eingeschweißten Steg mit unterfütterten Polsterprodukten (z.B. der klassische Hufleder kitt oder Silikonprodukte) ist das geringere Gewicht trotz hervorragender Unterstützung. So wird die meist vorhandene Trachtenfußung der Rehepatienten durch das ersparte Gewicht im Bereich der tragenden, hinteren Hufabschnitte erfahrungsgemäß nicht zusätzlich forciert.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass der Klebebeschlag die Belastungsfläche im Trachtenabschnitt, im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand, deutlich vergrößert. Einerseits könnte das strahlunterstützende Polster für die Zunahme der Belastungsfläche verantwortlich sein, andererseits trug vermutlich das zehenoffene Hufeisen dazu bei, die Belastungsfläche im Trachtenabschnitt zu vergrößern. Gleichzeitig nahm die Kraft geringfügig zu. Die Vergrößerung der Belastungsfläche führte zur Abnahme der Druckspitzenwerte durch Verteilung der einwirkenden Kräfte auf eine größere Fläche.

Untersuchungen der Druckverhältnisse bei einem Klebebeschlag dieser Art existieren in der Literatur nach Wissen des Autors nicht. Das Eggbar-Eisen kommt im kaudalen Anteil dem hier verwendeten Beschlag am Nächsten.

Reily (2010) untersuchte die Kraftverteilung unter dem Huf mit einem Eggbar-Eisen im Trab. Dabei stellte er eine Zunahme der Kraft in der kaudalen Hälfte des Eggbar-Eisens um 6% im Vergleich zum normalen Eisen fest.

Rogers und Back (2003) stellten anhand ihrer Untersuchungen des Druckverteilungsmusters des Eggbar-Eisens fest, dass das Eggbar-Eisen eine größere Belastungsfläche im Vergleich zu einem regelmäßigen Hufeisen bietet. Außerdem führte das Eggbar-Hufeisen in diesen Untersuchungen zur Verringerung der Druckspitzen im Trachtenbereich, wodurch die Belastung der Trachten reduziert wird.

Unseren Ergebnissen zufolge nahm die Belastungsfläche im Zehenabschnitt beim Klebebeschlag im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand ab. Gleichzeitig nahmen die vertikalen Kräfte in diesem Abschnitt und die Druckspitzenwerte zu. Dies führte zur Bildung höherer Druckspitzen im Bereich der seitlichen Zehenwände. Die Abnahme der Belastungsfläche lässt sich durch das Anbringen eines zehenoffenen Hufeisens erklären, wodurch der Tragerand der dorsalen Zehenwand keinen Kontakt mit dem Boden hat, sondern nur die seitlichen Zehenwände.

Der Klebebeschlag hat durch das zehenoffene Hufeisen die bei Rehe-Patienten extrem schmerzhaft dorsale Zehenwand aus der Last genommen. Somit wurde die Last im Zehenabschnitt ausschließlich auf die seitlichen Zehenwände übertragen. Die Ergebnisse der klinisch-orthopädischen Untersuchung, nach Anbringen des

Klebebeschlages, ergab eine Verbesserung des Gangbildes (exklusive einem Patienten, der keine Veränderung des Lahmheitsgrades aufwies) bei den Hufrehe-Patienten, im Vergleich zu denselben Tieren im unbeschlagenen Zustand. Dies kann die Reduzierung der Lahmheit sowie die Zunahme der vertikalen Kräfte im Zehenabschnitt im Vergleich zu dem unbeschlagenen Zustand erklären. Da die vertikalen Kräfte auf weniger schmerzhaften Bereiche (seitliche Zehenwände) übertragen wurden.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Hansen et al. (2005), die die Verformung (Dehnung und Stauchung) der Hufkapsel mit Rosettendehnungsmessstreifen *in vitro* bei unbeschlagenen, sowie mit zehenoffenen Eisen bei beschlagenen Extremitäten untersuchten. Dabei stellten sie eine Entlastung der dorsalen Hufwand um 23% bei den beschlagenen Gliedmaßen im Vergleich zu unbeschlagenen fest. Allerdings nahm die Belastung in der Hufmitte nicht zu.

Die Entscheidung für den Klebebeschlages in der Therapiegruppe A erfolgte anhand des klinischen Bildes nach Zustimmung des Tierbesitzers aufgrund der relativ hohen Kosten. Es wurden Rehe-Patienten, die initial mit einem OBEL-Grad drei in der Klinik vorgestellt wurden, vorzugsweise mit dem Klebebeschlages behandelt.

Auf Grund der klinischen Untersuchungen, als auch der Messergebnisse, empfiehlt sich die Anwendung des Klebebeschlages bei den Rehe-Patienten als therapeutischen Beschlag unmittelbar nach Abklingen der akuten Symptome, besonders bei im dorsalen Bereich der Hufkapsel extrem empfindlichen Pferden. Außerdem bietet ein Klebebeschlages einen nagellosen Schutz der Hufkapsel (Cheremie und O'Grady 2003), sodass die beim Aufnageln entstehenden Erschütterungen vermieden werden können. Dies führt zur Schonung der schmerzhaften Hufbereiche bei Rehe-Patienten (O'Grady 2002). Zusätzlich ermöglicht der Klebebeschlages durch Entlastung der dorsalen Zehenwand den Regenerationsprozess des geschädigten Huftrageapparates (Hansen et al. 2005).

Auf der anderen Seite ist der Klebebeschlages relativ teuer im Vergleich zu anderen Beschlägen. Außerdem besteht beim Ankleben des Hufschuhs besonders bei sehr dünn beraspelter Hufkapsel eine Verbrennungsgefahr der Huflederhaut infolge der hohen Temperaturen, die beim Aushärten der verwendeten Kleber entstehen. deshalb ist beim Zubereiten der Hufe darauf zu achten, dass die Hufwände und die Hufsohle nicht zu stark geschwächt werden und genügend Hornmaterial im Bereich der Klebestellen belassen wird.

Das Anbringen dieser orthopädischen Maßnahme wird in der Regel einmal durchgeführt und bleibt über ein Beschlagsintervall von vier bis sechs Wochen am Huf. Danach folgt der Beschlag mit genagelten Hufeisen, ebenfalls nach dem Prinzip von Bolz- und Sander. Die geklebte Maßnahme könnte durchaus auch über mehrere Intervalle durchgeführt werden, allerdings ist es für den Kunden mit einem erheblich

höheren finanziellen Mehraufwand verbunden. Außerdem sollte bei gehäuft angewendeter Klebung stets die Hornqualität beobachtet werden und die Wahl des Klebers sollte stets auf ein lösungsmittelfreies Produkt fallen, um Schädigungen der Hornstruktur zu vermeiden. Es sollte jedoch nicht als endgültige Dauerlösung angestrebt werden, das Pferd mit einem zehenoffenen Beschlag laufen zu lassen, da es laut unserer Ergebnisse vermehrte Druckspitzen im Übergang der Seitenwände zur Zehenwand gibt. Wie bei allen therapeutischen Beschlagsmaßnahmen sollte bedacht werden, dass die Entlastung einer erkrankten Region wiederum gesunde Regionen bis hin zur Überbelastung strapazieren kann. Generell sollte beim Umgang mit solchen Produkten, welche in die Kategorie der „Gefahrenstoffe“ eingereiht werden, streng nach den Arbeitsschutzrichtlinien (BG Metall) und den Sicherheitsdatenblättern des Herstellers, sowie den allgemeinen Gebrauchsinformationen gearbeitet werden.

5.4.4 Messung bei Patienten der Therapiegruppe B (NBS-Shoe®)

Bei Pferden mit unkompliziertem Verlauf der akuten Phase und rascher Besserung, wurde als therapeutische Beschlagsmaßnahme direkt das klassische Beschlagsprinzip nach Bolz-Sander verwendet. Hierbei wurden für unsere Messungen NBS-Beschläge mit Vettec Equi Pak® eingesetzt.

Das Prinzip des Belastens der gesunden Teile erfolgte durch ein Polster (Vettec Equi Pak®) in den hinteren Hufabschnitten, mindestens einen Zentimeter hinter der Strahlspitze bis zum Trachtenende. Das Entlasten der erkrankten Teile erfolgt durch die Nagelung im Bereich der Seitenwände, die in das Hufeisen angebrachte Abdachung (mittels Schleifen oder Schmieden) und die durch Hufzubereitung eingearbeitete Schwebe im Bereich der Zehenwand. Das Zehenwandsegment sowie der Sohlenkörper dürfen keinerlei Druck oder Quetschung erfahren. Anhand unserer Ergebnisse konnten wir feststellen, dass bei „zurück gesetzten“ Beschlägen (wie z.B. der NBS-Beschlag), welche zur Wiederherstellung der Hufbalance und der Entfernung des Knollhufes dienen, die absolute Druckspitze im Bereich der Zehenwand liegt. Ohne eine eingearbeitete Abdachung und Schwebe, wäre dieser Beschlag für das Pferd schmerzhaft und nicht praktikabel.

Unsere Ergebnisse zeigten eine Zunahme der vertikalen Kräfte im Zehenabschnitt um 2,5% mit gleichzeitiger Abnahme der Belastungsfläche um 1,5% bei den Pferden mit NBS-Eisen im Vergleich zu denen ohne Beschlag. Dies bedeutet, dass die einwirkende Kraft über eine kleinere Fläche verteilt wird und damit der Anstieg der Druckspitzenwerte erklärt ist.

Durch das Anbringen einer Schwebe an der Zehe wird die dorsale Wand der Hufkapsel aus der Last genommen, wodurch die am Eisen auftretenden Kräfte im

Zehenabschnitt auf die seitlichen Zehenwände übertragen werden. Die Entlastung der schmerzhaften Bereiche verbesserte das klinische Bild und minderte die Lahmheit. Der Beschlag mit einem NBS-Eisen führt dazu, dass die Pferde mehr Last im Zehenabschnitt aufnehmen. Damit nähert sich das Fußungsmuster der Hufrehe-Patienten den Verhältnissen bei gesunden Pferden. Die Entlastung könnte anhand der Untersuchungen von Reilly (2010) bestätigt werden. Seinen Ergebnissen nach werden die Hufkräfte nur auf die Kontaktfläche zwischen dem Tragrand und dem Eisen übertragen.

In dieser Untersuchung nahm die Belastungsfläche im Trachtenabschnitt durch das Anbringen eines strahlunterstützenden Polsters zu. Gleichzeitig nahm die Kraft ab, wodurch es zur Reduzierung der Druckspitzenwerte kam. Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen, stellten Van Heel und Back (2006) keine Vergrößerung der Belastungsfläche bei den Pferden mit Standardeisen mit und ohne Polyurethan-Polster fest. Es gilt allerdings zu beachten, dass die Untersuchung im Stand auf hartem Boden stattgefunden hat. Außerdem wurde das Polster unter dem gesamten Huf angebracht.

Oomen et al. (2012) untersuchten das Druck- und Belastungsflächenverteilungsmuster des Standardeisens sowie des Eisens mit verbreitertem Zehenteil und schmalen Schenkelenden in der Bewegung. Dabei wurde eine Zunahme der Belastungsfläche im Zehenteil bei dem Eisen mit verbreiteter Zehe im Vergleich zum Standardeisen beobachtet. Dementsprechend nahm der gesamte Vertikaldruck ab.

Der Beschlag mit dem NBS-Eisen wurde vorzugsweise bei Rehe-Patienten mit OBEL-Grad eins bis zwei eingesetzt, außerdem ist es im Vergleich zum Klebebeschlag kostengünstiger. Allgemeingültig kann man sagen, dass der Huf nach diesem Prinzip mit Schweben so lange beschlagen werden sollte, bis die Merkmale und Symptome des chronischen Rehehufes nicht mehr erkennbar sind. Bei Entwicklung und Ausbildung einer wieder gesunden, starken Sohle mit einer zur Hufform passenden Sohlenwölbung ist ein guter Schritt in Richtung eines regelmäßigen Beschlages nunmehr den Steg aus dem Beschlag zu entfernen. Die Hufstatik ist dann ausreichend stabilisiert. Zusätzlich könnte allerdings bei gleich platziertem Beschlag, eine Ledersohle zum Schutz und zur weiteren Kräftigung der Sohle verwendet werden. Das Ausbilden einer wieder zusammenhängenden, nicht verbreiterten weißen Linie benötigt einen Mindestzeitraum von einem Jahr. Eine nicht verbreiterte weiße Linie setzt eine Parallelität zwischen Hufbein und dorsaler Hornwand voraus. Deshalb empfiehlt es sich nach zwei bis drei Beschlagsperioden ein Röntgenbild zur Kontrolle anzufertigen, um eine korrekte Hufzubereitung mit korrekt platziertem Hufeisen zu gewährleisten. Während dieses Zeitraums sollte weiterhin mit einem „zurück gesetzten“ Hufeisen mit Schweben beschlagen werden, um jegliche Hebelkräfte im Bereich der Zehenwand zu minimieren und die noch nicht voll intakte Aufhängung nicht zu strapazieren.

Ist der Huf ohne jegliche Anzeichen und Symptome des chronischen Reehufes, das Pferd ohne Lahmheit und ohne positive Zangenprobe im Bereich des Sohlenkörpers, so kann das Pferd auf einen regelmäßigen Beschlag umgestellt werden und das Training des Pferdes aufgebaut werden.

5.4.5 Messung bei Patienten der Therapiegruppe C (modifiziertes Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und Polster)

Unseren Ergebnissen nach zeigten die Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen und Polster ein besonderes Umverteilungsmuster im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand.

Es wurde im Hufmittelabschnitt eine deutliche Zunahme der vertikalen Kraft mit einer geringen Zunahme der Belastungsfläche festgestellt. Der Hufmittelabschnitt besteht aus den seitlichen Hufwänden sowie einem Teil des strahlunterstützenden Polsters. Die in diesem Abschnitt einwirkende Kraft wird zum größten Teil von den seitlichen Hufwänden aufgenommen und dies führte zur Bildung höherer Druckspitzen. Diese Umverteilung der vertikalen Kraftwerte bei einem Hufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen könnte durch das Anbringen einer starken Zehenrichtung bzw. durch zu starkes Kürzen der Trachten erklärt werden. Andererseits könnte es sein, dass dieses Verteilungsmuster für diesen Beschlag typisch ist.

Außerdem zeigte unsere Studie eine geringe Zunahme der Belastungsfläche im Trachtenabschnitt. Diese könnte durch das Anbringen eines Polsters erklärt werden. Das bestätigt den Effekt eines Polsters auf die Vergrößerung der Belastungsfläche. Außerdem zeigte sich in den vorliegenden Untersuchungen ein Unterschied im Verteilungsmuster der Belastungsfläche im Trachtenabschnitt zwischen den beiden Gliedmaßen. Dies könnte durch das Anbringen unterschiedlicher Füllungsmassen im hinteren Hufabschnitt erklärt werden.

In der Literatur sind keine Angaben zur Verteilung von Kraft, Belastungsfläche sowie mittleren Druckwerten, vor allem im Hufmittelabschnitt, zu finden. Außerdem wurden nur sieben Tiere mit diesem Beschlag untersucht. Daher ist die Durchführung der Untersuchungen mit einer ausreichend großen Anzahl von Probanden zu empfehlen, um aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten.

6. Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Erfassung des Belastungsmusters bei Rehe-Patienten sowie bei lahmfreien Pferden mit Hilfe des Druckverteilungsmess-Systems HufScan®. Außerdem sollte der Effekt von Rehebeschläge bei Patienten mit chronischer Hufrehe auf die Lastverteilung in der Bewegung untersucht werden. Außerdem sollte das HufScan®-System als Messmethode zur Bewegungsanalyse bei Pferden bewertet werden.

Im Literaturteil wurden verschiedene Messmethoden zur Bewegungsanalyse beim Pferd mit besonderem Augenmerk auf die Druckverteilungsmess-Systeme vorgestellt. Außerdem wurden die verschiedenen Krankheitsstadien der Hufrehe und deren Symptome sowie Behandlungsmöglichkeiten zusammengefasst.

Die Lastverteilung wurde mit dem HufScan®-System bei 38 Rehe-Patienten verschiedener Krankheitsstadien und bei 16 lahmfreien Pferden erfasst. Untersucht wurden weiterhin drei verschiedene Hufrehebeschläge zur Therapie der chronischen Hufrehe. Im Einzelnen handelt es sich dabei um einen Klebebeschlag mit darunter angebrachtem zehenoffenen NBS-Eisen, ein NBS-Eisen mit schwebender Zehe sowie ein modifiziertes Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen. Bei allen drei Beschlägen wurde ein strahlunterstützendes Polster (Equi-Pak, Vettec Inc, Oxnard, CA, USA) angebracht.

Mit Hilfe des Softwareprogrammes FastSCAN Research Mobile® wurden die erfassten Daten als farbig codiertes Druckverteilungsbild dargestellt und erfasst. Der Hufabdruck wurde in drei Abschnitte (Zehe, Hufmitte und Trachten) eingeteilt. Aus jedem Abschnitt wurden Kraft (N) und Belastungsfläche (cm²) in Prozent sowie der Druckspitzenwert N/cm² erfasst.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass der Klebebeschlag die Belastungsfläche im Trachtenabschnitt im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand signifikant ($p=0.0002$) deutlich vergrößerte. Außerdem nahm die Belastungsfläche im Zehenabschnitt beim Klebebeschlag im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand ab. Gleichzeitig nahmen die vertikalen Kräfte im Zehenabschnitt signifikant ($p=0,002$) zu. Dies führte zum signifikanten ($p=0,0006$) Anstieg der mittleren Druckwerte im Zehenabschnitt. Zusätzlich wurde der Tragrand der Zehenwand durch das zehenoffene Hufeisen unter dem Klebebeschlag aus der Last genommen.

Des Weiteren zeigten unsere Untersuchungen bei Pferden mit NBS-Eisen im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand eine signifikante ($p=0,0079$) Zunahme der vertikalen Kräfte im Zehenabschnitt mit gleichzeitiger Abnahme der Belastungsfläche, d.h. die einwirkenden Kräfte wurden über eine kleinere Fläche verteilt und damit stiegen die Druckspitzenwerte. Durch das Anbringen einer

Schwebe an der Zehe wurde die dorsale Wand der Hufkapsel aus der Last genommen, wodurch die am Eisen auftretenden Kräfte im Zehenabschnitt auf die seitlichen Zehenwände übertragen wurden. Außerdem nahm die Belastungsfläche im Trachtenabschnitt durch das Anbringen eines Polsters im hinteren Hufbereich zu, gleichzeitig nahm die Kraft ab, wodurch es zur Reduzierung der Druckspitzenwerte kam.

Es wurde bei dem modifizierten Hinterhufeisen mit seitlichen Zehenaufzügen in der Hufmitte eine signifikante ($p=0,0003$) Zunahme der vertikalen Kraft mit einer geringen Zunahme der Belastungsfläche sowie der Druckspitzenwerte festgestellt. Außerdem zeigte unsere Studie eine geringe Zunahme der Belastungsfläche im Trachtenabschnitt durch das Anbringen eines Polsters. Zudem wurde auch eine geringe Abnahme der vertikalen Kräfte im Zehenabschnitt mit gleichzeitiger deutlicher Abnahme im Trachtenabschnitt festgestellt.

Die Kraftwerte im Trachtenabschnitt bei den barhuf Rehe-Patienten verschiedener Krankheitsstadien waren höher als die des Zehenabschnitts. Des Weiteren zeigten die Untersuchungen der Verteilung der vertikalen Kraft bei Rehe-Patienten eine geringe Kraftzunahme im Zehenabschnitt bei chronischen Rehe-Patienten im Vergleich zu akuten Rehe-Patienten unmittelbar nach Abklingen der akuten Symptome.

Unsere Untersuchungen von 16 lahmfreien unbeschlagenen Pferden zeigten für die rechte Vordergliedmaße eine ungleichmäßige Verteilung der einwirkenden Kräfte auf die Hufsohle. Die höchsten Kraftwerte wurden im Zehenteil mit 46,5%, gefolgt vom Trachtenabschnitt mit 38,5 % gemessen. Die geringste Belastung wurde für den Hufmittelabschnitt mit 15% der gesamten vertikalen Kraft gemessen. Die Unterschiede erwiesen sich als statistisch signifikant ($p=0,0001$). Für die linke Vordergliedmaße wurde ein ähnliches Verteilungsmuster beobachtet.

Das HufScan®-System hat sich als bedienungsfreundlich erwiesen. Das HufScan®-System kann die Druckverteilung unter dem Huf in der Bewegung bei beschlagenen sowie unbeschlagenen Pferden erfassen und reproduzierbar quantitativ messen. Außerdem ermöglicht das Softwareprogramm FastSCAN Mobile Research® die graphische Darstellung der erfassten Daten von zwei Gliedmaßen gleichzeitig im zeitlichen Verlauf. Die Anwendung des Softwareprogrammes ist unkompliziert und lässt sich nach entsprechender Unterweisung gut bedienen.

Des Weiteren kann das Softwareprogramm FastSCAN Mobile Research® das Druckverteilungsbild in Abschnitte unterteilen, außerdem können verschiedene Parameter wie zum Beispiel die Kraft, die Belastungsfläche und der Druckspitzenwert aus jedem Abschnitt erfasst werden. Hiermit kann eine Umverteilung von Kraft und Belastungsfläche nach dem Beschlagen im Vergleich zum unbeschlagenen Zustand gemessen werden. Somit kann der therapeutische Effekt der Beschläge objektiv beurteilt werden.

7. Summary

The aim of this study was to obtain information about the load pattern of the horses with acute and chronic laminitis as well as sound (lameness free) horses using the pressure distribution measuring system HufScan®. Furthermore, to analyse the effect of the therapeutics Horseshoe on the load distribution at a walk. Finally the evaluations of the HufScan® system as a motion analysis system in the horses.

In the literature part different measuring methods of the movement analysis were introduced to the horse with special attention to the pressure distribution measuring systems. Additionally, the different stages of the laminitis and their symptoms as well as possibilities of treatment were summarised.

The load distribution was assessed by using the HufScan® system in 38 horses with laminitis and 16 sound horses. Three types of therapeutics Horseshoe were examined, a Glue on-shoe by Dallmer with open-toed NBS, a NBS with rasped toe as well as horseshoe with clips at the sidewall of the toe. Additionally, a sole and frog-supporting polyurethane pad (Equi-Pak, Vettec Inc, Oxnard, CA, USA) was used by all the types of shoes.

The hoof prints of the pressure distribution were divided once into three regions (toe, middle hoof and heels region) and once into two (lateral and medial hoof half). From every segment the force and the contact area in percent were measured as well as the mean pressure values N / cm².

The results show that the Glue on-shoe increases the load surface in the heels region by comparison to the barefoot's ($p=0,0002$) condition as well as the load surface decreases in the toe region whereas the vertical forces increase. This leads to the increase of the mean pressure values in this segment ($p=0,0006$). In addition, the Glue on-shoe relieves the pain of the dorsal wall of the toe, this due to the open-toed horseshoe.

In Addition the study show an increase of the vertical forces in the toe region with concurrent decrease of the contact area in the horses with NBS shoe by comparison to those barefoot that means the vertical forces are distributed above a smaller surface and thereby increase the mean pressure values. By Grasping the toe, the dorsal wall of the hoof capsule will be relieved, whereby the vertical forces in the toe region will be transferred on the side wall of the toe. In addition, the contact area increases in the heel region by applying a sole and frog-supporting pad and simultaneously the vertical force will decrease whereby, it comes to a reduction in the mean pressure values.

It is established that the patients with horseshoe with clips on the sidewall of the toe show an increase of the vertical force in the quarter region and simultaneously increase the contact area as well as the mean pressure values (0,0003). Additionally, our study shows by applying a supporting pad to the heel region an increase of the contact area will be occurred. Furthermore, a decrease of the vertical forces is also established in the toe region and in the heel region.

The values of the vertical force in the heel region are higher than that in the toe region in the horses with laminitis. In addition the analysis of the distribution of the vertical force shows a slight increase in the toe region in the patients with chronic laminitis in comparison with the acute patients.

Our investigations of 16 sound barefoot horses show an increasing of the load of the toes and heel region with 46.5 % and 38.5 % respectively, whereas the load of the quarter region is 15 % of the total force in the right forelimb ($p=0,0001$). The loading pattern in the left forelimb is similar to those of the right forelimb.

The increase of the value in the vertical force in the toe region of the Glue on-Shoe ($p=0,002$) as well as the NBS shoe (0,0079) is due to the relieving of the injured hoof structures at the dorsal hoof wall. Furthermore, the relieving of the damaged structures of the toe lead to increase the load of other hoof structures whereby the more loaded areas will be damaged over time.

The hoof scan system has proved to be easy to use. It allows detailed evaluation of the load distribution at the walk in barefoot as well as shod horses. Moreover, the software programme allows a segmentation of the hoof prints of the pressure distribution in regions with the option to get different parameters such as for example the force, the contact area and the mean pressure value from every region. Hereby the redistribution of the force and contact area can be measured in shod horses by comparison to the barefoot condition. Therefore the therapeutic effect of the horseshoes can be evaluated objectively. Furthermore, it allows the representation of the data of both limbs over time. The use of the software programme and its instructions are uncomplicated and can be easy managed.

8. Danksagung

Für meine Doktorarbeit schulde ich vielen Menschen meinen herzlichsten Dank. Mein besonderer Dank für die hilfreiche Unterstützung und für die Überlassung dieses äußerst interessanten Themas gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. L.-F. Litzke. Er hat mich bis zum Abschluss meiner Dissertation begleitet und mit seinen wertvollen Ratschlägen maßgeblich zum Entstehen dieser wissenschaftlichen Arbeit beigetragen.

Herzlich bedanken möchte ich mich ebenfalls bei Herrn PD Dr. Axel Schönfelder und bei Frau Melanie Striebinger, die mir mit ihrem fundierten Fachwissen und ihrer konstruktiven Kritik tatkräftig zur Seite standen.

Mein Dank richtet sich zudem an Herrn Dr. K. Failing und Herrn Schaubmer für ihre Hilfe und die unendliche Geduld bei der Erstellung der Statistiken.

9. Schrifttum

1. **Aysan, I. (1964):** Beitrag zur Analyse der Bewegungsanomalien beim Pferd mit Hilfe der Kinematographischen Methode. Gießen, Vet. Med. Diss 1964.
2. **Allen, D., White, N.A., Foerner, J.F. u. Gordan, J. (1986):** Surgical management of chronic laminitis in horse: 13 cases (1983-1985). J.Am.Vet.Med.Assoc. 189, 1604-1606.
3. **Barrey,E and Desbrosse, F. (1996):** Lameness detection using an accelerometric device. Pferdeheilkunde 12, 617-622.
4. **Barrey, E. und Landjrit, B. (1991):** Shock and vibration during hoof impact on different track surfaces. Equine Exercise Physiol. 3, 97-106.
5. **Barrey,E. (1999):** Methods, Applications and Limitations of Gait Analysis in Horses. Vet. J. 175, 7-22.
6. **Baxter. G.M. (1986):** Equine laminitis caused by distal displacement of the distal Phalanx 12 cases (1976-1985). J. Am. Vet. Med. Assoc.189, 326-329.
7. **Baxter, G.M. (1992):** Equine Laminitis. Equine Pract. 14, 13-22.
8. **Baxter, G.M. (1996):** Diagnosing and treating acute laminitis. Vet. Med. 91, 940-952.
9. **Baxter, G.M. u. J.N. Moore (1987):** Effect of asperin on ex vivo generation of thromboxane in healthy horse. Am. J. Vet. Res. 50. 13-16.
10. **Besancon, M.F. Gonzemius, M.G. Derrick, T.R u. Ritter, M.J. (2003):** Comparison of vertical forces in normal greyhounds between force platform and pressure walkway measurement systems. Vet comparative. Ortho. Traumto. 3, 153-157.

11. **Belknap, J.K., S. Giguere, A. Pettigrew, A.M. Cochran, A.W.v.Eps, C.C. Pollitt (2007):** lamellar pro-inflammatory cytokine expression patterns in laminitis at the developmental stage and at the onset of lameness. *Equine Vet. J.* 39. 42-47.
12. **Belknap, J.K u. Moore, J.N. (1989):** Evaluation of heparin for prophylaxis of equine laminitis: 71 cases (1980-1986). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 195, 505-507.
13. **Bellenzani, M.C.R., Greve, J.M.D and Pereira, C.A.M. (2007):** In Vitro Assessment of the Equine Hoof Wall Strains in Flat Weight Bearing and After Heel Elevation. *J. Equine. Vet. Science.* 27, 11.
14. **Björck, G. (1958):** Studies on the draught forces of horses: development of a method using strain gauges for measuring forces between hoof and ground. *Acta Agrig. Scand. Suppl.* 4, 1-109.
15. **Bolliger, Ch. (1991):** The equine hoof: morphological and histochemical findings. *Diss. Zürich.*
16. **Bolliger, Ch. Und Geyer, H. (1992):** Zur Morphologie und Histochemie des Pferdehufes. *Pferdeheilkunde.* 8, 269-286.
17. **Bolz, W. (1939):** Behandlung der chronischen Hufrehe. Gießen, *Vet. Med.* *Diss.* 1939.
18. **Brunken, G. (1985):** Die prognostische Bedeutung der röntgenologischen Untersuchung bei der chronischen Hufrehe des Pferdes. Hannover, *Tierärztl. Hochschule, Diss.*
19. **Brunken, G. (2008):** Die röntgenologische Untersuchung und die röntgenologisch nachweisbaren Befunde bei der Hufrehe. *Internationales Hufrehesymposium.* Berlin.

20. **Buchner, F. (2005):** Hitze im Huf. Pferderevue. 4. 34-37.
21. **Buchner, F. (2008):** Unterstützende Therapie am Huf bei der Hufrehe: Biomechanische Prinzipien und Validierung von orthopädischen Maßnahmen am Huf. Internat Hufrehesymposium. Freie Universität Berlin. 11.-13. Nov.2008
22. **Buchner, F. und Berger, S. (2009):** Hufrehe beim Pferd. Continuing Vet. Education. CVE-Pferd 2-2009.
23. **Budras, K.-D., Bragullat, H., Mülling, C. u. Reese, S. (1993):** Zur Struktur des gesunden und Rehe-kranken Pferdehufes. Orthopädie bei Huf- und Klautentieren. / P.F. Knezevic (Hrsg.). 237-251.
24. **Budras, K.-D. u. Huskamp, B. (1999):** Belastungshufrehe – Vergleichende Betrachtungen zu anderen systemischen Hufreheerkrankungen. Pferdeheilkunde. 15, 89-110.
25. **Budrad, K. –D. u. König, H.-E. (2008):** Huf (Ungula) des Pferdes. Atlas der Anatomie des Pferdes: Lehrbuch für Tierärzte und Studierende.
26. **Budras, K.-D. u. Röck, S. (2008):** Atlas der Anatomie des Pferdes, 5. Auflage. Schlüterscher-Verlag, Hannover.
27. **Butler, J.A., Colles, C.M., Dyson, S.J., Kold, S.E., u. Poulos Jr, P.W. (1993):** Clinical Radiology of the Horse. Oxford Blackwell Scientific Publications, London, Edlinburgh, Boston, Paris, Berlin, Vienna.
28. **Clayton and Schamhardt (2001):** Measurement Techniques for Gait Analysis. Equine Lokomotion .Verlag W.B. Sanders, Philadelphia. London. 55-76, 2001.

29. **Coffman, J.R. (1983):** Hufrehe beim Pferd. Knezevic, P.F. (Hrsg.): Orthopädie bei Huf- und Klautiere. Verlag Schlütersche, Hannover, 72-79.
30. **Coffman, J.R. and Colles, CM. (1983):** Insulin tolerance in laminitic ponies. Can. J. Comp. Med. 47, 347-351.
31. **Coffman, J.R., J.H. Johnson, M.M. Guffy u. E.J. Finicchio. (1970):** Hoof circulation in equine laminitis. J. Am. Vet. Med. Assoc. 156, 76-83.
32. **Cohen, N.D., E.M. Parson, T.L. Seahorn u. G.K. Carter. (1994):** Prevalence and factors associated with development of laminitis in horses with duodenitis/proximal jejunitis: 33 cases (1985-1991). J. Am. Vet. Med. Assoc. 204, 250-254.
33. **Colles, C.M. (1991):** Laminitis research. Equine vet, J. 23, 237-238.
34. **Colles, C. M. (1989a):** The relationship of frog pressure to heel expansion. Equine Vet. J. 1, 13-16.
35. **Colles, C. M. (1989b):** A technique for assessing hoof function in the horse. Equine Vet. J. 21, 17-22.
36. **Corbin, I. (2004):** kinematische Analyse des Bewegungsablaufes bei Pferden mit Gliemaßenfehlstellungen und deren Behandlung durch Beschlagkorrekturen. Hannover, Vet. Med. Diss 2004.
37. **De la Rebiere, G.; Franck, T.; Deby-Dupont, G.; Salciccia, A.; Grulke, S.; Peters, F. and Serteyn, D. (2008):** Effects of unfractionated and fractionated heparins on myeloperoxidase activity and interactions with endothelial cells: Possible effects on the pathophysiology of equine laminitis. Vet. J. 178.
38. **Dietz, O. u. Budras, K.-D. (2000):** Zur Problematik der Hufrehe mit einem Vergleich zwischen Flach-, Voll- und Rehehuf. Prakt Tierarzt. 81, 714-720.

39. **Dow, S.; Leendertz, Mm. J. A.; Silver I. A. und Goodship, A. E. (1991):** Identification of subclinical tendon injury from ground reaction force analysis. Equine Vet. J. 2, 60-65.
40. **Dohne, W. (1991):** Biokentische Untersuchung am Huf des Pferdes mittel Kraftmeßschuhe. Hannover Disseration 199.
41. **Dohne, Werner.; Hertsch, Dallmer. und Wöbrmann. (1990):** Vorstellung einer neuartigen Meßsystem zur dynamo- graphischen Untersuchung der Bewegung des Pferdes. Pferdeheikund. 6, 265-271.
42. **Eustace, R.A. (2004):** Fütterung des Rehepferdes. praktisch Tierarzt. 8, 572-576.
43. **Eustace, R.A. (2004):** Laminitis in the 21st Century – clinical awareness must include show horses. Vet. J.167. 121-122.
44. **Eustace, R.A. u. M.N. Caldwell (1989):** The construction of the heart bar shoe and the technique of dorsal wall resection. Equine. Vet. J. 21, 379-372.
45. **Farajallah, A. (2007):** Laminitis as a complication of colic surgery: a review of cases. 10 Th Geneva Congress of Equine Medicine and Surgery 11-13 December 2007.
46. **Floyd, A.E. und Mansmann, R.A. (2009):** Hufkrankheiten: Diagnostik- Therapie-orthopädischer Beschlag. 1.Auflage 2009. © Elsevier GmbH, München.
47. **Franks, Joanne N.; Boothe, Harry W. ; Taylor, Lathrop. ; Geller, Sue.; Carroll, Gwendolyn L. ; Cracas, Victoria. and Boothe, Dawn M. (2000):** Evaluation of transdermal fentanyl patches for analgesia in cats undergoing onychectomy. J. Am. Vet. Med. Assoc. 1, 1013-1020.

48. **French, KR. und Pollitt C.C. (2004):** Equine laminitis: glucose deprivation and MMP activation induce dermo-epidermal separation in vitro. *Equine Vet J.* 36, 261-266.
49. **Girtler, D. (1987):** Untersuchungen über die Dauer des Bewegungszyklus-Stützbeinphase, Hangbeinphase-phase, Phasenverschiebung- bei lahmen und bewegungsgestörten Pferden im Schritt und trab sowie kinematische Beurteilungen zu deren Bewegungsmuster. Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia legendi, Veterinärmedizinische Fakultät Wien.
50. **Girtler, D.; Kastner, J. und Hozreiter, St. (1987):** die Bewegung des stützbeinlahmen pferdes vor und nach der leitungsanästhesie in weg-zeit-diagrammen. *Wien Tierärztl. Monatsschr.* 74, 135-142.
51. **Gerhards, H. (2008):** Iatorogene Hufrehe. Internationales Hufrehesymposium. Berlin.
52. **Goetz, T.E. (1987):** Anatomic, Hoof. And scheing considerations for the treatments of laminitis in Horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 190, 1323-1332.
53. **Goetz, T.T. (1989):** The treatment of laminitis in horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 5. 73-108.
54. **Hansen, N. Buchner, F.; Haller, J. and Windischbauer, G. (2003):** Hufwandverformung beim Pferd: Valdierung von verschiedenen Hufreheterapien mittels Dehnungsmessstreifentechnik. *Biomedizinisch Technik.* 48.
55. **Hansen, N.; Buchner, F. ; Haller, J. and Windischbauer, G. (2005):** Evaluation Using Hoof Wall Strain Gauge of a Therapeutic Shoe and a Hoof Cast with a Heel Wedge as Potential Supportive Therapy for Horses with Laminitis. *Vet. Surgery.* 34, 630-636.

56. **Hemker, S. und Hertsch, B. (2002):** Zur röntgenologischen Auswertung bei chronischer Hufrehe. *Prakt Tierarzt.* 7, 610-617 .
57. **Hertsch, B. (1993):** Zur orthopädischen Therapie der Hufrehe. In Knezevic, P. F. (Hrsg): *Orthopädie bei Huf- und Klauentiere.* Verlag Schattauer Stuttgart. 269-281.
58. **Hertsch, B. Höppner, S. u. Dallmer, H. (1996):** Der Huf und sein nagelloser Hufschutz. Möglichkeit der Anwendung. FN-Verlag, Warendorf 1996.
59. **Hertsch, B. Und Madeiczky, V. (1993):** Vergleichende mikroangiographische Untersuchungen bei der akuten und chronische Hufrehe des Pferdes. *Pferdeheilkunde.* 9, 283-296.
60. **Hood, D.M. (1984):** Studies on the pathogenesis of Equine laminitis. PhD thesis, Texas A and M University.
61. **Hood, D.M., Grosenbaugh, D.A. und Slater, M.R. (1994):** Vascular Perfusion in horses with chronic laminitis. *Equine vet. J.* 26, 191-196.
62. **Hunt, R. J., Allen, D., Baxter, G.M., Jackman, B.R. und Parks, A.H. (1991):** Mid-metacarpal Deep Digital Flexor Tenotomy in the Management of Refractory Laminitis in Horses. *Vet. Surgery.* 1, 15-20.
63. **Huskamp, B. (1990):** Anmerkungen zur orthopädischen Behandlung der Hufrehe. *Pferdeheilkund.* 6, 3-9.
64. **Huskamp, B.; Tietje, S.; Nowak, M. und Stadtbäumer, G. (1990):** Fußungs- und Bewegungsmuster gesunder und strahl- beinranker Pferde- gemessen mit dem Equine-Gait-Analysis-System (EGA- System). *Pferdeheilkunde.* 6: 231-236.

65. **Johnson, P.J., Messer, N.T., und Ganjam, V.K. (2004):** Cushing's syndromes. Insulin resistance and endocrinopathic laminitis. *Equine Vet J.* 36: 194-198.
66. **Judy, E Carter., Glauppo, D., Snyder, Jack R., und Willits, Neil H. (2001):** Evaluation of an in-shoe pressure measurement system in horses. *AJVR* 62.
67. **Kainer, R.A. (1989):** Clinical Anatomy of the Equine Foot. *Vet. Clin. North Am: Equine Practice* 5, Nr. 1, 1-46.
68. **Klunder, P. (2000):** Physikalische Auswirkung der Trachtenhochstellung am Huf des Pferdes. Berlin, Freie Universität, Fachbereich Veterinärmedizin, Diss 2000.
69. **Kneszevic, P. F. (1962):** Klinik des Trachtenzwanghufes und Grundlagen der Ungulographie mit Dehnungsmeßstreifen beim Pferd. *Wien.tierärztl.Monatsschr.*49.
70. **Kneszevic, P. F. (1985) :**Zur Geschichte der Bewegungslehre des Pferdes – eine historische Betrachtung der Untersuchungstechniken. *Wien. Tierärztl. Monatsschr.* 72, 399-405.
71. **König H.E. und Liebich H.-G. (2009):** Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis 4., Überarbeitete Auflage.
72. **Körper, Hans-Dieter. (2006):** Hufkrankheiten. Verlage Sandra Asmussen. Seite 82-101.
73. **Kyaw-Tanner, M., und Pollitt C.C. (2004):** Equine laminitis: increased transcription of matrix metalloproteinase-2 (MMP-2) occurs during the developmental phase. *Equine Vet J.* 36, 221-225.
74. **Leach, D.H. (1987):** Locomotion analysis Technology for Evaluation of Lameness in Horses. *Equine Vet J.* 2, 79-99.

75. **Leach, D.H. u. Dagg, A.I. (1983):** Evolution of equine locomotion research. Equine Vet J. 2, 87-92.
76. **Lukas, Uwe. (2007):** Gesunde Hufe- kein Zufall. 1 Auflage.
77. **Litzke, L-F. u. Rau, B. (2012):** Der Huf. Lehrbuch des Hufbeschlages. Enke Verlag. Stuttgart.
78. **Marquis, H. (1991):** Messvorrichtung zur Lahmheitsdiagnostik und Bewegungsanalyse bei Pferden. Vet. Med. Diss, Ludwig-Maximilians-Univ. München.
79. **Merkens, H.W., Schamhardt, H.C., Hartman, W. u. Kersjes, A.W. (1986):** Ground reaction force patterns of Dutch Warmblood horses at normal walk. Equine Vet. J. 18, 207-214.
80. **Moleman, M., van Heel, C.V., van Weeren, P.R., und Back, W. (2006):** Hoof growth between two shoeing sessions leads to a substantial increase of the moment about the distal, but not the proximal, interphalangeal joint. Equine vet. J. 2, 170-174.
81. **Molyneux, G.S., Haller, C.J., Mogg, K., und C.C. Pollitt, C.C. (1994):** The structure, innervation and location of arteriovenous anastomoses in the equine foot. Equine vet. J. 26, 305-312.
82. **Moore, J.N., Allen Jr., D., Clark, E.S. (1989):** Pathophysiology of acute laminitis. Vet. Clin. North. Am. Equine. Pract. 5, 67-72.
83. **Moore, J.N., und Allen, D. (1996):** The pathophysiology of acute laminitis. Vet, Med. 936-939.
84. **Morrison, S. (2010):** Chronic laminitis: Foot management. Vet. Clin. North. Am. Equine. Pract. 425-446.

85. **Mueller, M. J. and Strube, M. J. (1996):** Generalizability of in-shoe peak pressure measures using the F-scan system. *Clinical Biomechanics*. 3, 159-164.
86. **Neubert, D. (2007):** Orthopädische Behandlungsmaßnahmen bei der akuten und chronischen Hufrehe: Ein Behandlungskonzept aus der Hufreheklunik „ The Laminitis Clinic „ in England. *praktische Tierarzt*. 88, 810-816.
87. **O’Grady, S. E. (2008):** Möglichkeiten des Hufbeschlages bei der akuten und chronischer Hufrehe. *Internationales Hufrehesymposium 2008*.
88. **O’Grady, S.E. (2010):** Farriery for chronic laminitis. *Vet. Clin. North. Am. Equine. Pract.* 407-423.
89. **O’Grady, S.E., und Steward, M.L. (2008):** The wooden Shoe: A Practical Option for Treating Chronic Laminitis. *Internationales Hufrehesymposium 2008*.
90. **Oosterlinck, M.; Pille, F.; Back, W.; Dewulf, J. and Gasthuys, F. (2009):** Comparison of pressure plate and force plate gait kinetics in sound warmbloods at walk and trot. *Equine Vet. J.* 186, 347-351. .
91. **Peham, C.; Müller, M. ; Girtler, D. und Scheidl, M. (2000):** Einfluß der Hufkorrektur auf die Fußungskräfte des Pferdes im Schritt- Untersuchung auf der Mehr-komponenten-Kraftmeßplatte. *Wien. Tierärztl. Mschr.* 87, 77-83.
92. **Pellmann, R., Budras, K.-D., und Bragulla, H. (1996):** Struktur und Funktion des Hufbeinträgers beim Pferd und seine Bedeutung bei der Hufrehe. *Pferdeheilkunde*. 13, 53-64.
93. **Peloso, J.G., Cohen, M.A., Walker, J.P., Gayle, J.M., u. Moyer, w. (1996):** Case-control study of risk factors fort he development of laminitis in the contralateral limb in equidae with unilateral lameness. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 209, 1746-1749.

94. **Perino, V.V.; Kawcak, C. E.; Frisbie, D.D.; Reiser, R.F. and McIlwraith, C.W. (2007):** The Accuracy and precision of an Equine In-Shoe Pressure Measurement System as a Tool for Gait Analysis. *J. Equine Vet. Sc.* 4, 161-166.
95. **Pollitt, C.C. (1996):** Basement membrane pathology. A feature of acute equine laminitis. *Equine Vet J.* 28: 38-46.
96. **Pollitt, C.C. (1999):** Equine Laminitis: A revised Pathophysiology. In: *Proceedings of the Annual Convention of the AAEP.* 45. 188-192.
97. **Pollitt, C.C. (2007):** update on the pathophysiology of laminitis. 10th Geneva Congress of Equine Medicine and Surgery 11-13.
98. **Pollitt, C.C. (2007):** laminitis: what treatment at what stage? 10th Geneva Congress of Equine Medicine and Surgery 11-13.
99. **Pollitt, C.C. (2008):** Zum aktuellen Stand der Pathogenese der Hufrehe. Internationales Hufrehesymposium 2008.
100. **Ratzlaff, M.H.; Hyde, M.L.; Grant, B.D.; B.D., Balch, O. and Wilson, P.D. (1990):** Measurement of vertical forces and temporal components of the strides of Horses using Instrumented shoes. *J. Equine. Vet. Sc.* 10, 23-25.
101. **Rautenfeld, D.B.v.; Fedele, C. (2005):** Manuelle Lymphdrainage beim Pferd. Schlütersche Verlagsgesellschaft.
102. **Robinson, N.E. (1990):** Digital blood flow, arteriovenous anastomoses and laminitis. *Equine vet, J.* 22, 381-383.
103. **Rogers, W and W, Back. (2003):** Wedge and Eggbar Shoes Change the Pressure Distribution Under the Hoof on the Forelimb in the Square Standing Horse. *J. Equine Vet. Sc.* 7, 306-309.

- 104.**Rucker A, Redden RF, Arthur EG. (2006):** how to perform the digital venogram. AAEP. 56.
- 105.**Schatzmann, U., Ueltschi, G., u. Diehl, M. (1990):** Erfahrungen mit dem Heart-Bar-Beschlag in Klinik und Praxis. Pferdeheilkunde 6, 173-176.
- 106.**Sprouse, R.F., Garner, H.E., und Green, E.M. (1987):** Plasma endotoxin levels in horses subjected to carbohydrate induced laminitis. Equine vet J.19, 25-28.
- 107.**Stashak, T.S. (1989):** Lahmheit. Adam's Lahmheit bei Pferden. 13-15. 4 Auflage. Verlag M. u. H. Schaper, Hannover.
- 108.**Stashak, T.S. (2002):** Lameness, the Foot, Laminitis. T.S. Stashak. Adam's Lameness in Horses. 5. Edition. 645-664.
- 109.**Stick, J.A., Jann, H.W., Scott, E.A., und Robinson, N.E. (1982):** Pedal bone rotation as a prognostic sign in laminitis of the horses. J. Am. Vet. Med. Assoc. 151, 1588-1598.
- 110.**Tietje, S.:Das (1992):** EGA-System (Equine Gait Analysis) –eine Möglichkeit zur Bewegungsanalyse und Lahmheitsuntersuchung beim Pferd. München, Vet.Med.Diss 1992.
- 111.**Thrall, D.E (1994):** Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology, 2. edition. W.B. Saunders Company, Philadelphie, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokoyo.
- 112.**Tokuriki, M. and O, Aoki. (1991):** Neck muscles activity in Horses during Locomotion with and without a Rider. Equine Exercise. Phys. 3, 146-150.
- 113.**Van Eps, A.W. und Pollitt, C.C. (2004):** Equine laminitis: cryotherapy reduces the severity of the acute lesion. Equine vet.J. 36, 255-260.

114.**Van Heel, M. C. V. ; A, Barneveld. ; P. R. van Weeren and W. Back. 2004):** Dynamic Pressure measurements for the detailed study of Hoof balance: the effect of trimming. Equine. Vet. J. 36, 778-782.

115.**Weishaupt, Michael A. ; Thomas Wiester. ; Hermann P. Hogg, Patrick Jordan, Jörg A. Auer. (2004):** Vertical ground reaction force-time histories of sound Warmblood horses trotting on a treadmill. Vet J. 168, 304-311.

116.**Weißbacher, N. (2001):** Untersuchungen zum Hufmechanismus beim Pferd. Vergleich des unbeschlagenen Hufes mit verschiedenen Beschlagssituationen mit Hilfe von Dehnungsmessstreifen und mit einem kinematischen Messsystem. Diss. Wien, 2001.

117.**Werner, D. Nyikos, S. Kalpen, A. Geuder, M. Haas, C. Vontobel, H.-D., Auer, J.A u. Brigitte von Rechenberg. (2002):** Druckmessungen unter dem Sattel: Eine Studie mit einem elektronischen Sattel-Messsystem (Novel GmbH). Pferdeheilkunde. 18, 125-140.

118.**Wissdorf. H., Otto, B., Hertsch, B., und Keller, H. (2002):** Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. Seite 279-301.

119.**Zadow, von Charlotte. und Budras, Klaus-Dieter. (2008):** Linea alba unguis (Zona alba)- die weiße Linie des Pferdehufes in ihrer Semizirkumferenz. Pferdeheilkunde. 24,306-312.

120.**Yelle, M. (1986):** Klinischer Leitfaden zur Rehe des Pferdes. Pferdeheilkunde 2, 291-294.



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-6144-9



9 783835 196144 9