

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

**Physikalische Auswirkungen der Trachtenhochstellung  
am Huf des Pferdes**

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

vorgelegt von  
Pascal Klunder  
Tierarzt aus APT (Frankreich)

Berlin 2000

Journal Nr.: 2358

Gedruckt mit Genehmigung  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. K. Hartung  
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. habil. B. W. Hertsch  
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. K.D. Budras

**Tag der Promotion: 26.06.2000**

Meiner Tante und meinem Onkel, die trotz der "zeitlichen Verschätzungen" nicht an der Vollendung dieser Arbeit gezweifelt haben und ohne die diese ganze Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Meinen lieben Eltern, deren moralische Unterstützung aus der heimatlichen Provence mir immer wieder neue Kräfte bei meiner Arbeit gegeben hat.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung:</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Schrifttum</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1 Historischer Überblick über die verschiedenen Hufdruckmessverfahren</b> .....	<b>2</b>
2.1.1 Druckmeßschuhe .....	3
2.1.2 Meßstraßen .....	4
<b>2.2 Begriffsbestimmungen</b> .....	<b>4</b>
2.2.1 Der Begriff „Huf“ .....	4
2.2.2 Der Begriff „Zehenendorgan“ .....	6
2.2.3 Der Begriff „Hufbeinträger“ .....	8
2.2.4 Die Begriffe „Hufrehe“, „akute Hufrehe“ und „chronische Hufrehe“ .....	9
2.2.5 Der Begriff „Hufdruckmessung“ .....	12
<b>2.3 Physikalisch-mechanische Grundlage</b> .....	<b>12</b>
2.3.1 Einleitung in die Biophysik .....	12
2.3.2 Zentripetalkraft bzw. Fliehkraft .....	13
2.3.3 Physikalische Größen .....	14
2.3.4 Die gemessenen Kräfte unter dem Huf.....	15
2.3.5 Kraftaufnehmer .....	19
2.3.5.1 Dehnungsmeßstreifen-Prinzip .....	19
2.3.5.2 Piezoelektrische Kraftaufnehmer.....	19
2.3.5.3 Kapazitives Meßprinzip .....	20
2.3.6 Kraftmeßschuhe.....	22
2.3.7 Elektronische Auswertung.....	22
2.3.8 Praktische Bedeutung der Druckpunktmessung .....	23
<b>2.4 Meßverfahren für die Bewegungsmessung</b> .....	<b>24</b>
<b>2.5 Visuelle Methoden</b> .....	<b>24</b>
2.5.1.1 Kinematographie .....	24
2.5.1.2 Videographie .....	25
2.5.1.3 Automatische optische Bewegungssysteme .....	25
2.5.1.4 Elektrogoniometrie .....	25
2.5.1.5 Accelerometrie .....	27
2.5.1.6 Kraftmeßplatten .....	28

2.5.2	Pedobarographen .....	31
2.5.3	Kaegi-Equine-Gait-Analysis-System.....	31
2.5.4	EGA-System (Equine-Gait-Analysis).....	31
2.5.5	Hufeisen mit Druckmeßelementen .....	32
2.5.5.1	Hufeisen mit einem Drucksensor.....	32
2.5.5.2	Hufeisen mit 3 Drucksensoren .....	33
<b>2.6</b>	<b>Die Hufrehe .....</b>	<b>33</b>
2.6.1	Historische Zusammenfassung .....	33
2.6.2	Biomechanik am Huf.....	34
2.6.3	Pathophysiologie .....	37
2.6.4	Therapiemöglichkeiten .....	39
2.6.4.1	Orthopädische Ansätze.....	39
2.6.4.2	Chirurgische Ansätze.....	41
2.6.4.3	Andere therapeutische Ansätze.....	42
<b>3.</b>	<b>Eigene Untersuchungen.....</b>	<b>43</b>
<b>3.1</b>	<b>Material und Methode .....</b>	<b>43</b>
3.1.1	Allgemeiner Teil 1: Anwendung im statisch optimierten Versuch .....	43
3.1.1.1	Material und Technik.....	43
3.1.1.2	Patientengut .....	48
3.1.2	Allgemeiner Teil 2: Anwendung beim stehenden Pferd .....	49
3.1.2.1	Meßapparatur.....	49
3.1.2.2	Patientengut .....	49
3.1.2.3	Erhöhung der Trachten .....	49
3.1.3	Spezieller Teil: Methode zur Ermittlung der Werte .....	49
3.1.4	Statistische Auswertungsmethode.....	51
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1</b>	<b>Statische Versuche in der Druckpresse .....</b>	<b>52</b>
4.1.1	Messungen ohne Keil im Trachtenbereich.....	52
4.1.2	Messungen mit Keil im Trachtenbereich .....	53
4.1.3	Ermittelte Differenzen ohne/mit Keil.....	54
4.1.4	Röntgenologische Betrachtung.....	56
<b>4.2</b>	<b>Dynamische Versuche an stehenden Pferden.....</b>	<b>58</b>
4.2.1	Gewichtsverteilung der gemessenen Pferde .....	58
4.2.2	Beziehungen zwischen Körpergewicht und Hufkraft.....	59

4.2.3	Betrachtung beider Gliedmaßen.....	62
4.2.3.1	Prozentuale Verteilung der Hufkraft .....	62
4.2.3.2	Gliedmaßen ohne Keileinsatz.....	64
4.2.3.3	Gliedmaßen mit Keileinsatz.....	65
4.2.3.4	Ermittelte Differenzen ohne/mit Keil.....	66
<b>4.3</b>	<b>Betrachtung der Rehepferde .....</b>	<b>67</b>
4.3.1	Betrachtung der Gliedmaßen.....	68
<b>5.</b>	<b>Diskussion:.....</b>	<b>70</b>
5.1	Zur Untersuchung der physikalischen Auswirkungen der Trachtenhochstellung ....	70
5.2	Zur Auswahl von Präparaten und Patienten.....	72
5.3	Zur Auswahl geeigneter Meßmethoden.....	74
5.4	Zur Bedeutung der gemessenen Hufkräfte .....	77
<b>6.</b>	<b>Schlußfolgerungen.....</b>	<b>79</b>
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>85</b>
<b>8.</b>	<b>Summary.....</b>	<b>88</b>
<b>9.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>91</b>
<b>10.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>106</b>

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

<b>bar</b>	Druckeinheit für Flüssigkeiten (= $10^5$ Pa)
<b>F</b>	Kraft (in kN bzw. N)
<b>Jh.</b>	Jahrhundert
<b>GKA</b>	Gesamtkraftangriffspunkt
<b>KGW</b>	Körpergewicht
<b>kN</b>	Kilonewton (= 1000 Newton)
<b>kPa</b>	Kilo-Pascal (= 1000 Pascal)
<b>M.</b>	Muskel ( <i>lateinisch</i> = <i>musculus</i> )
<b>mbar</b>	Millibar (= 1000 bar)
<b>Mill.</b>	Millionen
<b>m/s</b>	Meter pro Sekunde
<b>OBS</b>	oberflächliche Beugesehne (des M. flexor digitalis superficialis)
<b>P</b>	Druck (in kg)
<b>Pa</b>	Pascal: Druckeinheit (= $\text{N/m}^2$ )
<b>SS</b>	Strecksehne (des M. extensor digitalis communis)
<b>TBS</b>	tiefe Beugesehne (des M. flexor digitalis profundus)
<b>u.a.</b>	unter anderem
<b>UB</b>	Unterstützungsband
<b>usw.</b>	und so weiter
<b>v. Chr.</b>	vor Christi
<b>z.B.</b>	zum Beispiel
<b>z.T.</b>	zum Teil
<b>z.Z.</b>	zur Zeit

Ich bedanke mich vielmals:

Bei **Herrn Prof. Dr. B. Hertsch** für die Themenwahl, die Hilfsbereitschaft, das kollegiale Arbeitsklima und die verschiedenen fachlichen Auftritte.

Bei **Herrn Prof. Dr. K.D. Kramer** aus dem Fachbereich Physik (Abt. Experimentalphysik) an der FU-Berlin für das Vermitteln physikalischer Zusammenhänge und der Piezoelektrizität.

Bei **Herrn H. Dallmer** für die faszinierende Meßapparatur und für den Einsatz zugunsten des Pferdewohles. Weiterhin bei **Frau Helsing** und **Herrn Koch** für die freundschaftliche Aufnahme und für den Zugang zu den „französischen Fachauftritten“.

Meinen besonderen Dank möchte ich **Herrn Dr. M. Sommerer** richten, der mir bei dieser aufwendigen und doch spannenden Arbeit immer wie ein „großer Bruder“ zur Seite stand und keine Mühe bei den diversen Unterstützungen gescheut hat.

Einen weiteren Dank möchte ich **Frau Dr. S. Dahms** aus dem Institut für Biometrie und Informationsverarbeitung aussprechen, ohne sie wäre dieser bescheidene Durchblick in der "allmächtigen Wissenschaft der Statistik" nicht möglich gewesen.

**Herrn Peter Weber** und **Frau Anneliese Bolz** gebührt mein Dank für den Einsatz bei der "lästigen Ausmerzungen" des immer wieder auftretenden Fehlerteufels.

Meiner **Freundin Kirstin** danke ich herzlichst für das Verständnis, die Geduld und die unterstützenden Momente bei dieser Arbeit.

Vergessen möchte ich auch nicht meine **Kollegin Gudrun Müller** aus der Pferdeklunik, für die keine meiner „sportlichen Meßübungen“ am Pferd zuviel war.

Zu guter Letzt möchte ich unseren **Klinikpferden Immerda, Einhard** und **Halli** meine große Dankbarkeit für die vielen endlosen und für sie langweiligen Meßseancen in der Versuchsphase erweisen!

## LEBENS LAUF

- Name:** Pascal Klunder
- Geboren:** 9. April 1965 in APT (Frankreich) als Sohn von Oscar Klunder und seiner Frau Christel, geborene Schroeter
- Schulbildung:**
- 1970 – 1975: Ecole municipale, Joucas (F) (Grundschule)
  - 1975 – 1982: Lycée mixte d’Apt, (F) (Gymnasium)
  - 29.06.1982: Abitur
- Studium/ Ausbildung:**
- 1982 – 1985: Langues étrangères appliquées in Université de Provence I, académie d’Aix-Marseille, (F) (Grundstudium der Dolmetscherausbildung)
  - 1985 – 1986: Photographieausbildung in Université de Provence II, académie d’Aix-Marseille (F)
  - 1986 – 1988: Ausbildung zum Unteroffizier und Militärreporter in Ecole d’Application de l’Infanterie, Montpellier (F)
  - 1989 – 1995: Studium der Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin
  - 15.02.1996: Approbation als Tierarzt
  - 1996 - 2000: Dissertation + Spezialisierung zum Medical IT-Consultant