

# Der Einfluss der Sohlendicke auf die Thermoisolation der Hornkapsel beim Equiden

Melanie Fruck<sup>1</sup>, Bettina Wollanke<sup>1</sup> und Johann Maier<sup>2</sup>

Pferdeambulanz (Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie des Pferdes)<sup>1</sup> und Institut für Tieranatomie<sup>2</sup> der Ludwig-Maximilians-Universität München

## Zusammenfassung

Lahmheiten, die nach einem Heißbeschlagn auffallen, werden häufig dem Hufschmied zur Last gelegt. Ziel der vorliegenden Studie war es, die Sohlendicke zu bestimmen, bei der zwischen Lederhaut und Hornkapsel eine Temperaturveränderung messbar wird und ab der sich auch Gewebeschäden an der Sohlenlederhaut einstellen. Von 20 Pferden unterschiedlicher Rasse und Größe im Alter zwischen 2 und 17 Jahren wurden jeweils beide Vordergliedmaßen unverzüglich nach der Euthanasie im Karpalgelenk abgesetzt und an den Hufen wurden die beim Hufbeschlagn üblichen Bedingungen des Aufbrennens des Eisens simuliert. Begleitend wurde die Temperaturveränderung im Inneren der Hornkapsel gemessen. Die Temperatur von 51°C, bei der mit ersten Gewebeschäden zu rechnen ist, wurde erst bei einer Sohlendicke von  $\bar{x} < 5,4$  mm erreicht. Eine Schädigung des Gewebes (Extravasation, Veränderungen der Struktur bzw. Deformation der Zellen und deren Kerne) zeigte sich bei den histologischen Untersuchungen erst bei einer Sohlendicke von weniger als 4 mm. Der k-Wert von Horn, gemessen mit der Flash-Methode, betrug ca. 0,2 W/K\*m. Das Hufhorn weist somit eine sehr schlechte Wärmeleitfähigkeit auf. Die bekannten, höchstgradig effektiven thermoisolierenden Eigenschaften der Hornkapsel wurden bestätigt: Erst ab einer Sohlendicke von  $\bar{x} < 5,4$  mm kann bei übertrieben heißem und langem Aufbrennen überhaupt eine irreversible thermische Schädigung der Lederhaut entstehen. Voraussetzung für die Beurteilung der Sohlendicke nach einem Hufbeschlagn mit anschließend festgestellter Lahmheit ist, dass zeitnah nach dem Beschlagn und dem Auftreten einer Lahmheit durch eine geeignete Röntgenuntersuchung mit orthogradem Strahlengang und Markierung der Sohle die Sohlendicke dokumentiert wird. Anhand der Sohlendicke kann dann beurteilt werden, ob überhaupt eine Verbrennung der Lederhaut beim Hufbeschlagn möglich war und wie hoch die Wahrscheinlichkeit dafür ist, dass eine Verbrennung stattgefunden hat.

**Schlüsselwörter:** Pferd, Huf, Heißbeschlagn, Verbrennungen, Lederhaut

## The Influence of the sole - thickness of the Equine hoof capsule on its thermoisolation - capacity

Lameness that appears after hot-shoeing is an issue the farrier is often blamed for. The aim of this study was to investigate the thickness of the sole at which it is possible to measure a change in temperature within the hoof capsule. In addition it was aimed to measure what change in temperature causes damage to the corium of the sole. The front limbs of 20 horses, aged between 2 and 17 years old and of differing breed and size, were cut off at the carpal joint immediately after euthanasia. The experiment involved a simulation of routine conditions during hot-shoeing such as fitting the shoe on the hoof by branding. Branding was continued until a significant change in temperature was observed. The temperature described as "critical" in histological studies so far (51°C with a branding time of 3 minutes) was achieved with a sole diameter of  $\bar{x} < 5.4$  mm ( $s = \pm 1, 5$  mm). Damage to the tissue (extravasation, change in structure such as deformation of the cells and their nuclei) was found during histological examination of these samples which were taken from the sole with a diameter of 4 mm or less. The k-parameter of the horn analysed by the flash-method was 0,2 W/K\*m, which means Horn has a very poor thermal conductivity. The well-known, highly effective thermo-isolating characteristic of the horn capsule was confirmed. Only when a sole has a thickness of  $\bar{x} < 5.4$  irreversible thermal damage can occur when performing an excessively hot and long-lasting branding. In this way the results can help to answer questions in the area of forensic medicine. Therefore it is of great importance to perform adequate x-rays (perpendicular course of beam; labelling of the sole) in order to document the (actual) thickness of the sole after branding and the following occurrence of lameness. By measuring the thickness of the sole it can be told whether there is a possibility that damages on the corium may have been caused by hot-shoeing, at all, and thereby also tell the probability of this to occur.

**Keywords:** Horse, hoof, hot-shoeing, farrier, thermal damage, corium

## Einleitung

Bei Hitzeeinwirkung auf Gewebe sind sowohl die Temperatur als auch die Zeitdauer von Bedeutung dafür, ob Gewebeschäden entstehen. Gewebeschäden können grundsätzlich schon ab einer Temperatur von 44°C eintreten, jedoch ist dann eine Einwirkzeit dieser Temperatur von 6 Stunden erforderlich. Bei 51°C treten Gewebeschäden schon nach 3 Minuten auf (Drommer 1990). Die Hornkapsel hat sehr gute thermoisolierende Eigenschaften. Sowohl extreme Kälte als auch

Hitze können der Huflederhaut nur schaden, wenn die Hornschicht zwischen der Lederhaut und der Extremitättemperatur außerhalb der Hornkapsel zu dünn ist (Köhler 1939, Moser und Westhues 1950, Bauer 1954, Hickman 1983, Ruthe et al. 1997, Hermanns 1992, Wissdorf et al. 2002). Um bei Lahmheiten, die sich nach einem Hufbeschlagn einstellen, eine Entscheidungshilfe zu bekommen, ob eine Verbrennung der Lederhaut entstanden sein kann, ist die Kenntnis der Sohlendicke unmittelbar nach dem Hufbeschlagn von zentraler Bedeutung.

Die Sohlendicke kann anhand von Röntgenaufnahmen gut dokumentiert werden, jedoch existieren keine aktuellen und detaillierten Untersuchungen dazu, wie die den Röntgenbildern zu entnehmende Sohlendicke zu bewerten ist. In der Literatur sind bisher nur umstrittene und ausnahmslos veraltete Angaben darüber verfügbar, unter welchen Bedingungen bzw. bei welcher Schichtdicke der Hornsohle bei einem sachgemäßen Aufbrennen des Hufeisens eine thermische Schädigung der Lederhaut entstehen kann. Die Interpretation von nach einem Hufbeschlag angefertigten Röntgenaufnahmen ist daher bisher nur nach Einschätzung des jeweilig beauftragten Tierarztes möglich gewesen. Die Untersuchungen, die mit Hilfe eines versierten Hufschmiedes an Präparaten durchgeführt wurden, sollten die thermoisolierenden Eigenschaften der Hornsohle in Abhängigkeit von der Sohlendicke prüfen, um in Streitfällen eine Grundlage für die Bewertung von zeitnah nach einem Hufbeschlag angefertigten Röntgenaufnahmen zu bieten und eine ungerechtfertigte Beschuldigung des Hufschmiedes zu verhindern.

Ziel der vorliegenden Studie war es demnach, die Sohlendicke zu bestimmen, bei der zwischen Lederhaut und Hornkapsel eine Temperaturveränderung messbar wird und ab der sich auch Gewebeschäden an der Sohlenlederhaut einstellen.



**Abb 1a** Das Thermoelement des Temperaturmessgerätes (OMEGA, HH12A) in situ.  
*Thermal element of the temperature measuring device (OMEGA, HH12A) in situ.*

### Material und Methoden

Von 20 Pferden unterschiedlicher Rasse und Größe im Alter zwischen 2 und 17 Jahren wurden jeweils beide Vordergliedmaßen unverzüglich nach der Euthanasie im Karpalgelenk abgesetzt und an den Hufen wurde der beim Heißbeschlag übliche Aufbrennvorgang durchgeführt - allerdings bei deutlich höherer Aufbrenndauer sowie -temperatur. Begleitend wurde die Temperaturveränderung in der Hornkapsel mittels eines Thermoelementes gemessen (Abb. 1a und b). Hierzu wurde mit Hilfe einer Bandsäge ein keilförmiges Stück aus

dem dorsalen Kronsegment exzidiert. Diese Öffnung am Kronsaum ermöglichte einen idealen Zugang zur Hufkapsel von dorsal: von dort aus wurde mit Hilfe eines Nagels von ca. 2 mm Durchmesser ein Kanal zwischen dorsaler Hufwand und Lederhaut parallel zum Hufbein vorgebohrt. Anschließend wurde das Thermoelement in diesen Kanal eingeführt und der Sitz durch eine Röntgenaufnahme kontrolliert. Die Spitze des Thermoelementes musste sich im Bereich der Hufbeinspitze zwischen Sohlenhorn und Lederhaut befinden. Die Injektion von Ultraschallgel, das als „Wärmeleitpaste“ fungieren sollte, diente der Überbrückung der sehr unterschied-



**Abb 1b** Aufbrennen des Hufeisens bei gleichzeitiger Temperaturmessung.  
*Experimental design to investigate the temperature within the hoof whilst hot-shoeing.*



**Abb 2** Röntgenologische Messung der Sohlendicke.  
*Measuring the actual thickness of the sole by performing x-rays.*

lichen Wärmeleitfähigkeit der Medien Luft (im vorgebohrten Kanal) und Horn. Das Aufbrennen erfolgte mindestens bis zu dem Zeitpunkt, zu dem das Thermoelement einen signifikanten Anstieg der Temperatur anzeigte.

Zwischendurch wurde das Aufbrennen immer wieder gestoppt und die jeweils vorliegende Sohlendicke röntgenologisch dokumentiert (Abb. 2). Die Aufnahmen wurden im 90°-Winkel bei orthogradem Strahlengang mit 57 kV und 6,4 mAs mit Hilfe eines digitalen, transportablen Röntgengerätes (Typ Gamma Vision, Physia, Modell PXP 40HF) erstellt. Zur genauen Identifikation der Sohle auf den Röntgenbildern wurde eine Skalpellklinge als Markierung verwendet. Um der erforderlichen

Messgenauigkeit gerecht zu werden, musste miteinbezogen werden, dass aufgrund divergierender Röntgenstrahlen die auf den Röntgenbildern gemessene Sohlendicke nicht identisch mit der tatsächlich gemessenen Sohlendicke ist. Um diese Ungenauigkeit zu eliminieren, wurde der Korrekturfaktor wie folgt ermittelt: ein exakt 1 cm langes Metallplättchen wurde bei einer Röntgenaufnahme axial auf die Dorsalseite der Hufkapsel geklebt. Im Röntgenbild stellte sich das Plättchen mit einer Länge von 12,18 mm dar. Aus der Differenz zwischen tatsächlicher und gemessener Länge des Metallplättchens wurde ein Korrekturfaktor von abgerundet 1,2 errechnet.



**Abb 3** Eine für die histologische Untersuchung entnommene Probe des Hufes nach Aufbrennen des Hufeisens bei einer Sohlendicke von 0 mm.

*Sample of the hoof, taken for histological examination after branding with a thickness of the sole of 0 mm.*

Zusätzlich wurde in weiteren Messreihen geprüft, ob der Feuchtigkeitsgehalt des Horns oder die Pigmentierung einen Einfluss auf die Thermoisolation der Hornkapsel haben und ob durch Kühlung nach dem Aufbrennen ein schnelleres Abkühlen begünstigt wird.

Die Einteilung der abgetrennten Gliedmaßen erfolgte in 2 Gruppen: 10 Präparate wurden zunächst eingefroren und später nach dem Auftauen für die Temperaturmessungen eingesetzt. Weitere 10 Präparate wurden unmittelbar nach der Euthanasie für den Versuch verwendet. Bei diesen Hufen wurden zusätzlich Proben für histologische Untersuchungen entnommen (Abb. 3). Hieraus erfolgte die Erstellung histologischer Schnitte bei schrittweisem Abbrennen mit 2 verschiedenen Färbungen (Masson-Goldner und Hämatoxylin-Eosin).

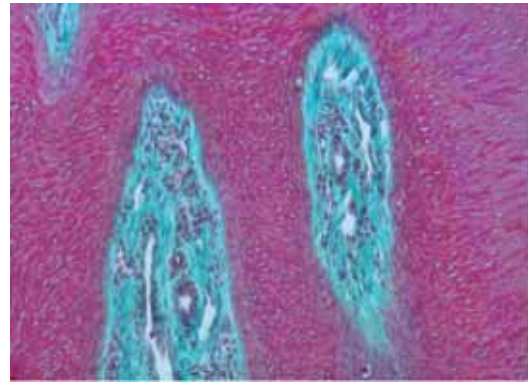
Des Weiteren wurden unterstützend zu den Temperaturmessungen mit einem Nano-Flash-Gerät (Netzsch, Typ LFA 447) die physikalischen Eigenschaften (Dichte, Wärme- und Temperaturdurchlässigkeit) von aus der Hufkapsel entnommenem Sohlenhorn unterschiedlichster Beschaffenheit (Feuchtigkeitsgrad, Pigmentierung) ermittelt.

## Ergebnisse

Bis zu einer röntgenologisch gemessenen Sohlendicke von  $\bar{x} > 5,9$  mm ( $s = \pm 1,3$  mm) war keine Temperaturveränderung im Inneren der Hufkapsel feststellbar. Bei einer Sohlendicke von  $\bar{x} < 5,9$  mm ( $s = \pm 1,3$  mm) stieg die Temperatur dann relativ schnell auf 48°C und auch auf deutlich höhere Temperaturen an. Die Temperatur von 51°C, bei der bei

einer Einwirkzeit von über 3 Minuten mit ersten Gewebeschäden zu rechnen ist (Weiss 1985, Sandritter und Beneke 1986, Drommer 1990, Büttner und Thomas 2003), wurde erst bei einer Sohlendicke von  $\bar{x} < 5,4$  mm erreicht. Eine Schädigung des Gewebes (Extravasation, Veränderungen der Struktur bzw. Deformation der Zellen und deren Kerne) zeigte sich bei den histologischen Untersuchungen erst bei einer Sohlendicke von weniger als 4 mm (Abb. 4 und 5).

Der mittels der Nano-Flash-Methode gemessene k-Wert von Horn betrug ca. 0,2 W/K\*m. Das Hufhorn weist somit eine



**Abb 4** Histologischer Schnitt (Masson-Goldner-Färbung, 1:20), der von einem Huf mit 13 mm dicker Sohle vor dem Aufbrennen des Hufeisens gewonnen wurde (links eine längs geschnittene, rechts eine diagonale geschnittene Lederhautpapille).

*Histological sample (Masson-Goldner-stain, 1:20) taken of a hoof with a sole-thickness of 13 mm before performing any branding at all (longitudinal cut papilla of corium on the left, diagonal cut papilla on the right).*



**Abb 5** Histologischer Schnitt (Masson-Goldner-Färbung, 1:20), der von einem Huf gewonnen wurde, der bis zur Lederhaut abgebrannt wurde. Im Vergleich mit dem in Abb. 4 dargestellten Querschnitt einer Lederhautpapille werden die Zusammenhangstrennungen zwischen Lederhaut und Epidermis ersichtlich. Es kommt zur Koagulation des Zottenstromas mit Strukturverlust und verminderter Anfärbbarkeit.

*Histological sample (Masson-Goldner-stain, 1:20) taken of a hoof burned down to the Corium. Compared to Fig. 4 a clear separation of the originally dense dermo-cornal-connection is obvious. There is a coagulation of the villi with loss of their structure and reduced colour uptake.*

sehr schlechte Wärmeleitfähigkeit auf (zum Vergleich: Beton hat eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit mit 2 W/K\*m, Dämmstoffe haben eine schlechte Wärmeleitfähigkeit mit 0,02 - 0,04 W/K\*m). Zudem waren keine signifikanten Unterschiede zwischen der Wärmeleitfähigkeit von pigmentiertem und

unpigmentiertem oder feuchtem und trockenem Horn zu verzeichnen. Das Kühlen des Horns mit einem nassen Schwamm nach dem Aufbrennen des Hufeisens beschleunigte das Abkühlen der Temperatur in der Hornkapsel erheblich.

## Diskussion

Mit der vorliegenden Untersuchung konnte die schlechte Wärmeleitfähigkeit des Hufhorns bestätigt und erstmals exakt die Sohlendicke erarbeitet werden, ab der auch bei übertrieben heißem und langem Aufbrennen des Eisens eine gewebeschädigende Temperaturveränderung innerhalb der Hornkapsel feststellbar wird. Durch zeitnah nach einem Hufbeschlag erstellte Röntgenaufnahmen, die eine Beurteilung der Sohlendicke ermöglichen, kann somit eingeschätzt werden, ob eine Verbrennung der Lederhaut überhaupt in Frage kommt und wie wahrscheinlich diese ist (Fruck 2008). Bei nach einem Hufbeschlag festgestellten Lahmheiten ist eine derartige Röntgenuntersuchung daher unerlässlich, um zu klären, ob eine Verbrennung für die Lahmheit ursächlich sein kann oder nicht.

Insbesondere eine nach einem Hufbeschlag festgestellte Hufrehe wird schnell auf den Beschlag zurückgeführt. Abgesehen davon, dass umstritten ist, ob eine Verbrennung der Sohlenlederhaut zu einer Hufrehe führen kann, könnten die zeitnah nach dem Hufbeschlag erstellten Röntgenaufnahmen neben der Sohlendicke auch Veränderungen im Sinne einer chronischen Hufrehe offenbaren. Auftretende Röntgenveränderungen im Rahmen einer Hufrehe können nicht innerhalb von 2 oder 3 Tagen nach dem Hufbeschlag entstanden und somit nicht durch den Beschlag hervorgerufen worden sein.

Es kann unterstellt werden, dass die Hufeisen bei einem regulären Hufbeschlag nicht so heiß sind und kürzer aufgebrannt werden, als es in dieser Studie bewusst gehandhabt wurde. Die ermittelte Sohlendicke von 5,4 mm bietet somit eine gute Sicherheit, dass eine Verbrennung der Lederhaut beim Aufbrennen des Eisens im Rahmen eines Hufbeschlags nahezu ausgeschlossen ist.

Hinzu kommt, dass die Durchblutung der Lederhaut, die eine Bedeutung für die Thermoregulation im Hufbereich hat, die Temperaturerhöhung insofern beeinflusst, dass die Temperatur im Inneren der Hornkapsel möglicherweise langsamer ansteigt und schneller wieder abfällt. Vermutlich ist die Hornkapsel selbst jedoch die wichtigste Komponente, um thermische Schäden an der Lederhaut zu verhindern. Sollte während des Aufbrennens der Verdacht aufkommen, dass eine zu große Hitzeeinwirkung stattgefunden hat (z.B. Reaktion des Pferdes während des Brennens), ist es in jedem Fall ratsam, den Huf mit kaltem Wasser zu kühlen. Durch diese Maßnahme kann die Temperatur des Horns schneller wieder abgesenkt werden, die Hitzeeinwirkung ist kürzer und die thermische Schädigung der Lederhaut kann somit gemildert werden.

Das Tiefgefrieren eines Teils der in dieser Studie verwendeten Präparate hat die Messergebnisse im Versuch nicht beeinflusst. Der Unterschied der Sohlendicke, ab der die gewebeschädigende Temperatur von 51°C erreicht wurde, betrug zwischen den aufgetauten und den frischen Präparaten weniger als 0,1 mm. Für histologische Untersuchungen wurden ausschließlich die frischen Präparate verwendet, die von Pfer-



den stammten, die erst 30 Minuten zuvor euthanasiert worden waren.

Da die Untersuchungen ausschließlich an den Extremitäten euthanasierter Tiere durchgeführt wurden, konnte nur der Befund unmittelbar nach dem Aufbrennen des Eisens erhoben werden. Es wäre jedoch interessant, die weiteren Folgen der Hitzeeinwirkung beobachten zu können und die verschiedenen Zwischenstufen der Entzündungsprozesse nachzuvollziehen. Noch weitaus bedeutender wäre es, die Konsequenzen der Verbrennungen in diesen Arealen auf lange Sicht gesehen zu betrachten. Um später eintretende Anzeichen einer Entzündungsreaktion feststellen zu können, müsste ein Tierversuch angemeldet werden. Dadurch könnte ein Einblick in beginnende hitzebedingte Gewebeläsionen gewonnen werden. Bereits nach ein paar Stunden ist mit der Einwanderung erster Entzündungszellen und einer Mediator-induzierten (Histamin, Kinine) Durchblutungssteigerung der Kapillaren zu rechnen (Drommer 1990, Büttner und Thomas 2003), die sich in histologischen Schnitten aus den Hufen der im Anschluss euthanasierten Pferde darstellen lassen würden. Auf zellulärer Ebene wäre eine Koagulationsnekrose zu erwarten, die durch membranschädeninduzierten Wassereinstrom in die Zelle mit resultierender Zerstörung der Zellstrukturen charakterisiert wird (Sandritter und Beneke 1981) und bei in vivo durchgeführtem Aufbrennen möglicherweise deutlicher zu erkennen wäre, als an den Präparaten.

### Schlussfolgerung und klinische Relevanz

Die bekannten, höchstgradig effektiven thermoisolierenden Eigenschaften der Hornkapsel wurden bestätigt. Erst ab einer Sohlendicke von  $\bar{x} < 5,4$  mm kann bei übertrieben heißem und langem Aufbrennen überhaupt eine irreversible thermische Schädigung der Lederhaut entstehen.

Voraussetzung für die Beurteilung der Sohlendicke nach einem Hufbeschlag mit anschließend festgestellter Lahmheit ist, dass zeitnah nach dem Beschlag und dem Auftreten einer Lahmheit durch eine Röntgenuntersuchung (orthograder Strahlengang, Markierung der Sohle) die Sohlendicke dokumentiert wird. Dem Hufschmied können durch die in der vorliegenden Studie ermittelten Sohlendicken mit einer Röntgenuntersuchung vor dem Hufbeschlag zudem Entscheidungen für oder gegen einen Heißbeschlag bei Pferden mit dünner Sohle erleichtert werden. Sollte beim Aufbrennen ein Wegziehen des Hufes den Verdacht auf eine thermische Reizung der Huflederhaut ergeben, ist ein sofortiges Kühlen des Hufes mit kaltem Wasser ratsam.

### Herstelleradressen

<sup>1</sup> Gierth X-Ray international GmbH, 01587 Riesa, [www.gierth-x-ray.de](http://www.gierth-x-ray.de)

<sup>2</sup> Erich Netzsch GmbH & Co. Holding KG, 95100 Selb, [www.netzsch.com](http://www.netzsch.com)

### Danksagung

Die Autoren danken Frau Silvia Mitterer (Erstellung der histologischen Schnitte) und Herrn Fritz Reithmeier (Hufschmied, Hufzubereitung und Aufbrennen der Hufeisen) für ihr Engagement. Sie haben ganz entscheidend zur Durchführung der vorliegenden Studie beigetragen.

### Literatur

- Bauer T. (1954) Handbuch des Hufbeschlags. Hrsg. Mittler & Sohn GmbH. Darmstadt, 111f
- Büttner R. und Thomas C. (2003) Physikalische Noxen. In: Allgemeine Pathologie., R. Büttner und C. Thomas, Hrsg. Schattauer. Stuttgart, New York. 87f
- Fruck M. (2008) Einfluss der Sohlendicke auf die Thermoisolation der Hornkapsel beim Equiden. Vet. Med. Diss. München
- Hermanns W. A. (1992) Hufpflege und Hufbeschlag. Hrsg. Ulmer. Stuttgart. 130f, 172f
- Drommer W. (1990) Unbelebte äußere Krankheitsursachen. In: Lehrbuch der Allgemeinen Pathologie für Tierärzte und Studierende der Tiermedizin, L.-C. Schulz, Hrsg. Enke Stuttgart. 112-115
- Hertsch B. (2002) Schultergliedmaße: Hufbereich. In: Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes, H. Wissdorf, E. Deegen und H. Gerhards, Hrsg. M&H Schaper. Alfeld-Hannover. 365-393
- Hickmann J. (1983) Der richtige Hufbeschlag: Handbuch für Theorie und Praxis., J. Hickmann, Hrsg. BLV Verlagsgesellschaft. München, Wien, Zürich. 129f
- Köhler H. (1939) Ein Beitrag zur Frage der Verbrennung der Huflederhaut beim Beschlag. Berlin
- Moser E. und Westhues M. (1950) Die Verbrennung und Erfrierung der Lederhaut. In: Leitfaden der Huf- und Klauenkrankheiten., E. Moser und M. Westhues, Hrsg. Enke. Stuttgart. 98-100
- Ruthe H., Müller H. und Reinhardt F. (1997) Krankhafte Veränderungen am Huf. In: Der Huf: Lehrbuch des Hufbeschlags., H. Ruthe, H. Müller und F. Reinhardt, Hrsg. Enke. Stuttgart. 149f, 174f.
- Sandritter W. und Beneke G. (1981) Verbrennungen. In: Lehrbuch der Allgemeinen Pathologie: Ein Lehrbuch für Studierende. Hrsg. Schattauer, Stuttgart. 99f
- Weiss E. (1985) Haut. In: Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere, E. Joest, Hrsg. Parey. Berlin, Hamburg. 291-294, 444f.
- Wissdorf H, Otto B., Hertsch B. und Keller H. (2002) Hufbereich, Regio unguularis. In: Wissdorf H., Gerhards H., Huskamp B. und Deegen E. (Hrsg.): Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. Verlag M & H Schaper, Alfeld - Hannover, 365-392

Dr. Melanie Fruck  
PD Dr. Bettina Wollanke  
Universität München  
Klinik für Pferde  
Veterinärstr. 13  
80539 München  
[melredzora@yahoo.de](mailto:melredzora@yahoo.de)