

2 Material und Methode

2.1 Material

Diese Studie wurde im Zeitraum März 2001 bis April 2002 in der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin, Oertzenweg 19 B, 14163 Berlin durchgeführt.

Die Thermogramme wurden von Pferden und Eseln angefertigt, die poliklinische oder stationäre Patienten der Klinik waren oder aber der Klinik selbst gehörten.

Die Thermogramme wurden mit der Infrarot – Thermographiekamera „VARIOSCAN compact 3011“ der Firma JENOPTIK AG, die mir von der Klinik für Pferde der FU Berlin zur Verfügung gestellt wurde, hergestellt.

2.1.1 Die Kamera VARIOSCAN compact 3011

Für die thermographischen Untersuchungen in dieser Arbeit wurde die Thermographiekamera “VARIOSCAN compact 3011“ der Firma JENOPTIK AG (InfraTec GmbH, Infrarotsensorik und Messtechnik, Gostritzer Straße 61 – 63, 01217 Dresden) verwendet. Das Gerät kann mit einem 230V Netzteil oder einem 12V internen Akku betrieben werden. Zudem befindet sich an der Bodenplatte ein Gewinde für ein Stativ.

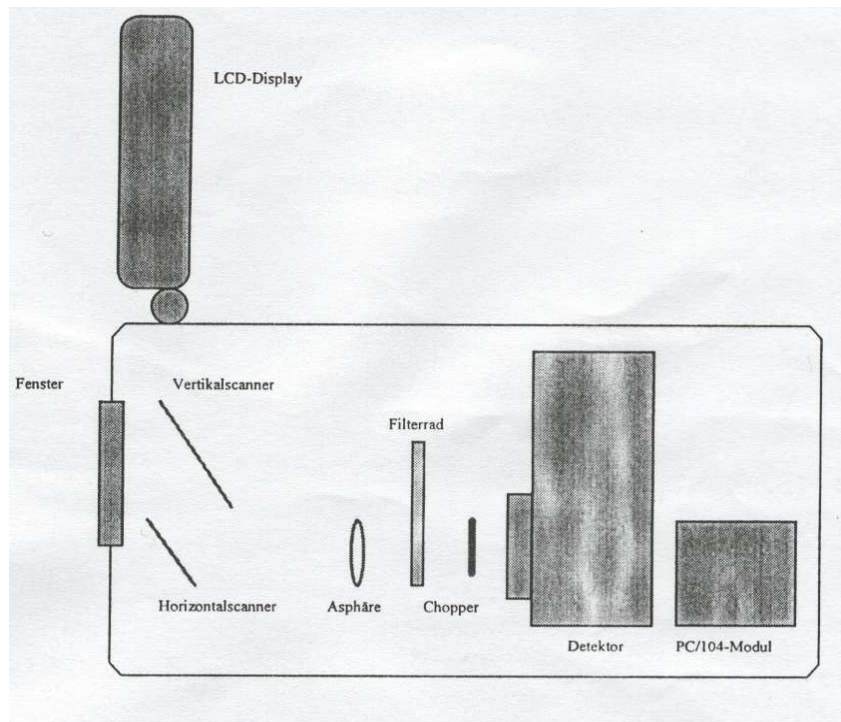


Abbildung 1: prinzipieller Aufbau der VARIOSCAN compact

Die Thermographiekamera wiegt ca. 5,4 kg. VARIOSCAN compact ist ein Wärmebildsystem für die Wellenlängenbereiche 8 – 12 μm . Sie arbeitet nach dem Prinzip des objektseitigen Scannings. Das Objekt wird durch einen zweidimensionalen Spiegelscanner abgetastet.

Der Horizontalscanner realisiert die zeilenweise Abtastung, wobei mit einer Abtastfrequenz von 135 Hz jeweils 300 Pixel in Vor- und Rücklauf aufgenommen werden. Der Vertikalscanner baut aus den Zeilen das komplette Bild auf.

Die vom Scanner kommende Bildinformation wird durch die asphärische Abbildungsoptik auf den Detektor fokussiert. Zur Fokussierung auf unterschiedliche Objektentfernungen wird die Abbildungsoptik axial verschoben, wobei die mögliche Objektentfernung zwischen 0,2 m und unendlich liegt. Das Detektorsignal wird verstärkt, mit 16 Bit digitalisiert und mit einer Auflösung von 8 Bit (256 Farben) visualisiert. Jede Farbe des Thermogramms repräsentiert eine bestimmte Temperatur.



Abbildung 2: Thermographiekamera VARIOSCAN compact

Nach jeweils einem aufgenommenen Bild wird ein Referenzstrahler (Chopper) in den Strahlengang eingebracht, dessen Temperatur durch ein Thermoelement gemessen wird. Durch Vergleich der Strahlungsintensitäten des Choppers und des Objektes ist eine online – Temperaturmessung realisierbar.

Als Detektor wird bei der VARIOSCAN compact 3011 ein Empfänger verwendet, der mit Flüssigstickstoff gekühlt werden muss. Der Temperaturmessbereich der Thermographiekamera liegt zwischen -40°C und $+1200^{\circ}\text{C}$, wobei die Temporauflösung bei $\pm 0,03\text{ K}$ liegt. Auf dem Display baut sich bei 200 Zeilen pro Bild und 300 Pixel pro Zeile alle 0,8 sec ein Bild auf. Die Kamera hat ein Objektfeld von 30° horizontal und 20° vertikal, und verfügt über einen Autofokus und sechs Zoomstufen (Anonymus, 1998).

2.1.2 Datenspeicherung und Verarbeitung

Die Thermographiekamera VARIOSCAN compact 3011 verfügt über eine interne Bildspeicherung und die Möglichkeit, Thermogramme und die dazugehörigen Daten auf einer PCMCIA – Memory – Card zu sichern. Jedem Bild ist es möglich, einen Namen mit fünf Buchstaben zuzuordnen, die bei Wiederholung mit einer laufenden Nummer versehen werden. Zudem werden Datum und Uhrzeit in der Kamera eingestellt und beim Abspeichern von Thermogrammen mit abgelegt. Intern gespeicherte Thermogramme können auf die PCMCIA – Memory – Card kopiert werden.

Über ein PCMCIA – Laufwerk wurden die Thermogramme auf einen PC übernommen und mit der IRBIS® Infrarot – Thermographiesoftware bearbeitet. Hier war es möglich, den vollständigen Namen des Patienten und einen Kommentar mit den Thermogrammen abzuspeichern. Zudem können mit der Software bis zu zehn Messpunkte definiert werden. Die zu den jeweiligen Messpunkten zugehörigen Temperaturen werden in einer nebenstehenden Tabelle aufgeführt. Es ist ebenfalls möglich, manuell Bereiche zu definieren, von denen jeweils die Durchschnittstemperatur, die Minimaltemperatur und die Maximaltemperatur in der nebenstehende Tabelle aufgeführt werden.

Die Daten wurden zusätzlich auf CD - Rom gebrannt, und können so auf jedem PC mit der IRBIS® Infrarot – Thermographiesoftware sichtbar gemacht und ausgedruckt werden. Zusätzlich können die Thermogramme als Bitmap gespeichert werden, und sind in diesem Format der weiteren Textverarbeitung zugänglich.

2.1.3 Untersuchtes Patientenmaterial

Insgesamt wurden im Rahmen dieser Studie die Hufe von vierundfünfzig Equiden thermographisch untersucht.

Die Tiere (überwiegend Pferde und zwei Esel) waren im Zeitraum März 2001 bis Mai 2002 poliklinische oder stationäre Patienten der Klinik für Pferde der FU Berlin.

In die Kontrollgruppe wurden zwanzig lahmheitsfreie Pferde mit gesunden Hufen aufgenommen.

Die Patienten mit Huferkrankungen wurden in folgende Untersuchungsgruppen unterteilt:

2.1.3.1 Patienten mit verschiedenen Hufformen

Diese Gruppe umfasst fünf Patienten, deren Hufe von der normalen Hufform abweichen:

Patient Nr.1:

Ein 15-jähriger Hannoveraner Wallach, der vorn links einen Knollhuf aufwies.

Patient Nr.2:

Ein 18-jähriger Ponywallach, dem vorn rechts auf der dorsolateralen Seite des Hufes die Hälfte der Hornwand bogenförmig abgetragen wurde.

Patient Nr.3:

Ein 10-jähriger Eselhengst, der aufgrund einer nicht behandelten chronischen Hufrehe an allen vier Hufen die klassische Form von „Aladins Pantoffeln“ (*Pollitt, 1999*) entwickelt hatte.

Patient Nr.4:

Ein 16-jähriger Traberwallach, der am rechten Vorderhuf eine hohle Wand ausgebildet hatte. Daraufhin wurde an der dorsalen Hornplatte ein ca. 6 mm starkes Quadrat aus der Hornwand entfernt.

Patient Nr.5:

Ein 11-jähriger Warmblutwallach, der am rechten Vorderhuf eine Hornsäule ausgebildet hatte. Von diesem Zustand wurden thermographische Aufnahmen angefertigt.

2.1.3.2 Patienten mit Hufverbänden

Diese Untersuchungsgruppe umfasst fünf Pferde, aus dem Besitz der Klinik für Pferde der FU Berlin.

Die Pferde waren lahmfrei und ohne pathologische Hufveränderungen. Es wurden Thermogramme der Vorderhufe von der dorsalen Hufwand erstellt. Direkt im Anschluss, sofern eine Symmetrie der Thermogramme gegeben war, wurde den Probanden an einer

Vordergliedmaße ein Hufsackverband mit Verbandswatte, zwei elastischen Binden und einem Sackleinenumschlag angelegt. Der andere Huf der Vordergliedmaße blieb ohne Verband, um einen Vergleich dokumentieren zu können. Der Verband wurde regelmäßig über 24 Stunden mit kaltem Wasser angegossen und nach 24 Stunden wieder entfernt.

Die Thermogramme wurden direkt nach dem Entfernen des Verbandes und innerhalb der folgenden vier Stunden alle 60 Minuten angefertigt.

Die Aufnahmen erfolgten von 0°, so dass die Durchschnittstemperatur der dorsalen Hufwand ermittelt werden konnte. Diese Werte wurden mit denen der dorsalen Hufwand an der kontralateralen Gliedmaße, die keinen Hufsackverband trug, verglichen.

Diese Untersuchung sollte dokumentieren, wie lange der kühlende Hufsackverband Einfluß auf die Huftemperatur hat, bzw. nach Ablauf welches Zeitraums ein aussagekräftiges Thermogramm von einem Huf angefertigt werden kann, der zuvor einen kühlenden Hufsackverband getragen hat.

Um möglichst vergleichbare Thermogramme zu erhalten, wurde dieser Versuch nur an den Vorderhufen durchgeführt, da in diesem Fall eine Annäherung von 50 cm in einem 0° Winkel problemlos möglich war.

2.1.3.3 Patienten mit Hornspalten

Hornspalten sind Trennungen im Bereich der Hornwand in der Längsrichtung der Hornröhrchen. Entsprechend der Ausdehnung und des Sitzes der Hornspalten unterscheidet man Tragerand-, Kronrand- und durchlaufende Hornspalten. Nach dem Bereich der betroffenen Hornwand kennt man Zehen-, Seiten- und Trachtenwandhornspalten.

Die Hornspalten können durch ihr unterschiedlich tiefes Eindringen in die verschiedenen Schichten der Hornwand gekennzeichnet sein. Oberflächliche Hornspalten verlaufen in der Glasurschicht und nur an der Außenfläche der Röhrenschicht. Tiefe Hornspalten reichen bis in die Röhrenchicht der Hornwand. Sind alle Schichten der Hornwand in Mitleidenschaft gezogen, spricht man von durchdringenden Hornspalten, die von Blutungen oder Eiterungen begleitet sein können (*Ruthe et al., 1997*).

Um ein thermographisches Muster von Hufen mit Hornspalten zu bekommen, wurden von verschiedensten Hornspalten Thermogramme angefertigt.

Patient Nr.11:

Ein 10-jähriger Warmbluthengst, der am rechten Vorderhuf medial eine durchlaufende Hornspalte der Trachtenwand aufwies. Am Tragerand klafften die Enden des Hornspaltes ca. 4 cm auseinander. Der Hengst trug über dem Hornspalt eine Metallplatte, die den Hornspalt am Tragerand stabilisieren sollte. Für die thermographischen Aufnahmen wurde die Metallplatte entfernt.

Patient Nr.12:

Eine 4-jährige Warmblutstute, die am linken Vorderhuf eine schmale Tragerandhornspalte der Zehenwand ausgebildet hatte.

Patient Nr.13:

Eine Kronrandhornspalte der Trachtenwand medial am linken Vorderhuf eines 15-jährigen Warmblutwallachs. Der Hornspalt hatte ca. 2 cm unter dem Kronsaum seine weiteste Stelle. Hier klaffte der Hornspalt 3,2 cm auseinander.

Patient Nr.14:

Sehr schmale Tragerandhornspalten der Zehenwand an beiden Vorderhufen eines 10-jährigen Hannoveraner Wallachs.

Patient Nr.15:

Tragerandhornspalten der lateralen Trachtenwand am rechten Hinterhuf einer 8-jährigen Traberstute, die an ihrem proximalen Ende eine 2,5 cm breite Querrille hatte.

Patient Nr.16:

Eine 11-jährige Traberstute, die lateral am linken Vorderhuf eine schmale Kronrandhornspalte der Trachtenwand ausgebildet hatte.

Patient Nr.17:

Ein 6-jähriger Warmblutwallach, der lateral am rechten Vorderhuf eine Tragerandhornspalte der Seitenwand zeigte.

Patient Nr.18:

Eine 5-jährige Warmblutstute, die lateral am linken Hinterhuf eine durchlaufende Trachtenwandhornspalte zeigte.

2.1.3.4 Patienten mit Pododermatitis purulenta

In dieser Untersuchungsgruppe finden sich fünf Pferde, die mit der Verdachtsdiagnose Pododermatitis purulenta in die Klinik eingeliefert und thermographisch untersucht worden sind. Dabei wurden sowohl von dem erkrankten Huf als auch von dem Huf der kontralateralen Gliedmaße Thermogramme erstellt.

Patient Nr.19:

Eine 3-jährige Vollblutstute wurde mit einer seit vier Tagen andauernden hochgradigen Lahmheit hinten links vorgestellt. Die Pulsation am linken Hinterfuß war deutlich verstärkt und die röntgenologische Untersuchung war ohne besonderen Befund. Die Hufzangenprobe war an der lateralen Eckstrebe der Sohle des linken Hinterhufes positiv. Von der Sohle aus konnte durch Nachschneiden kein Abszess gefunden werden. Es wurden von dem betroffenen Huf thermographische Aufnahmen gemacht.

Patient Nr.20:

Ein 13-jähriger Berbermixwallach, der seit drei Jahren vorne beidseits an chronischer Hufrehe litt, wurde mit akuter, hochgradiger Stützbeinlahmheit vorne rechts vorgestellt. Die Pulsation der Zehenarterien des rechten Vorderbeins war verstärkt und auf die Hufzangenprobe reagierte der Wallach am medialen Strahl des rechten Vorderhufes deutlich positiv.

Es wurden Thermogramme von beiden Vorderhufen in dorsaler, medialer und lateraler Ansicht angefertigt.

Patient Nr.21:

Ein 18-jähriger Traberhengst wurde mit einer mittelgradigen Lahmheit hinten rechts vorgestellt. Die Pulsation an der rechten Hintergliedmaße war verstärkt. Eine haselnussgroße Vorwölbung der lateralen Hornkapsel und eine Umfangsvermehrung dorsolateral im Saum des betreffenden Hufes wurden bei der klinischen Untersuchung festgestellt. Der Hengst äußerte keine Anzeichen von Schmerz, wenn Druck auf die Umfangsvermehrung im Saum ausgeübt wurde.

Von dem rechten Hinterhuf des Traberhengstes wurden von lateral und dorsal Thermogramme aufgenommen.

Patient Nr.22:

Ein 5-jähriger Isländerwallach wurde mit einer deutlich geringgradigen Lahmheit vorne rechts in der Klinik vorgestellt. Die Untersuchung mit der Hufzange blieb negativ. Der Wallach wurde in die Klinik eingestellt und zeigte drei Tage später eine mittelgradige Lahmheit vorne rechts. Die Pulsation an der rechten Vordergliedmaße war verstärkt. Es wurden Thermogramme sowohl von der Hufwand, als auch von der Hufsohle angefertigt.

Patient Nr.23:

Ein 12-jähriger Warmblutwallach wurde mit einer akuten Lahmheit in der Klinik vorgestellt. Der Wallach zeigte bei der klinischen Untersuchung eine hochgradige Lahmheit vorne rechts und deutliche Pulsation an dieser Gliedmaße. Die röntgenologische Untersuchung blieb ohne besonderen Befund. An der Sohle des rechten Vorderhufes war vor der Strahlspitze ein kirschkernegroßer Bereich mit seröser Exsudation zu beobachten. Die thermographischen Aufnahmen wurden sowohl vom Huf, als auch von der Sohle der rechten Vordergliedmaße angefertigt.

2.1.3.5 Patienten mit Pododermatitis diffusa aseptica acuta

Pferde mit akuter Hufrehe kamen zur stationären Behandlung in die Klinik und wurden thermographisch untersucht. Die Diagnose wurde durch die klinische Lahmheitsuntersuchung und röntgenologische Untersuchung gestellt.

Die Therapie setzte sich aus medikamenteller Behandlung (Acepromazin in 3x täglicher Dosierung) und der orthopädischen Maßnahme der Trachtenerhöhung zusammen. Die

Trachtenerhöhung erfolgte durch Aufkleben eines *Dallmer* Hufschuhs und dem Unterschauben von Keilen (ca. 4 cm).

Die Patienten wurden in Boxen mit tiefer Späneestreu aufgestellt und während ihres Aufenthaltes regelmäßig thermographisch untersucht.

In dieser Untersuchungsgruppe finden sich vier Patienten.

Patient Nr.24:

Eine 16-jährige deutsche Kleinpferdstute, die am Tag zuvor uneingeschränkten Zugang zur Futterkiste hatte und größere Mengen Rübenschnitzel und Hafer aufgenommen hatte.

Die Stute zeigte eine deutliche Koliksymptomatik und Pulsation der Zehenarterien auf allen vier Gliedmaßen. Es wurde eine Rehetherapie eingeleitet. Die klinischen Anzeichen der Hufrehe mit verstärkter Pulsation der Zehenarterien der Vordergliedmaße, rechts stärker als links, Wendeschmerz und Bewegungsunlust wurden in den ersten vier Tagen mit kühlenden Hufsackverbänden, danach orthopädisch mit einer Trachtenhochstellung behandelt.

Nach zehn Tagen konnte keine erhöhte Pulsation an den Hintergliedmaßen diagnostiziert werden.

Die röntgenologische Untersuchung ergab keinen Hinweis auf eine Verlagerung des Hufbeins.

Im Laufe der thermographischen Untersuchung wurden die aufgeschraubten Keile am neunten Tag des Klinikaufenthaltes entfernt und zwei Stunden später Thermogramme angefertigt. Diese Untersuchung sollte klären, ob die Trachtenerhöhung einen Einfluß auf die Oberflächentemperatur des Hufes nimmt.

Patient Nr.25:

Eine 10-jährige Reitponystute, die bei der Vorstellung in der Klinik eine hochgradige Lahmheit zeigte, welche sich an der rechten Vordergliedmaße deutlicher als an der linken Vordergliedmaße darstellte. Die Stute zeigte zudem auf der Vordergliedmaße einen deutlichen Wendeschmerz. An den Zehenarterien der Vordergliedmaße war sowohl rechts als auch links eine hochgradige Pulsation fühlbar. Bei der röntgenologischen Untersuchung konnte keine Rotation oder Senkung der Hufbeine festgestellt werden.

Die thermographischen Aufnahmen wurden während des Klinikaufenthaltes der Stute alle zwei Tage angefertigt.

Patient Nr.26:

Ein 16-jähriger Warmblutwallach, der wegen einer Torsio coli operiert wurde und links eine Gonotrochlosis zeigte. Der Wallach fiel mit einer verstärkten Pulsation an den Zehenarterien der Hintergliedmaße auf.

Patient Nr.27:

Ein 10-jähriger Warmblutwallach, der nach einer Kolikoperation eine verstärkte Pulsation an drei Gliedmaßen zeigte. Der Wallach war geringgradig lahm. Die röntgenologische Untersuchung ergab zwei Tage später eine geringgradige Senkung des Hufbeins an beiden Hintergliedmaßen und an der linken Vordergliedmaße. Die thermographische Untersuchung erfolgte zeitgleich zur Lahmheitsuntersuchung.

2.1.3.6 Patienten mit Pododermatitis diffusa aseptica

In diese Untersuchungsgruppe sind vier Patienten aufgenommen worden, die bereits eine Pododermatitis diffusa aseptica chronica aufwiesen, zum Untersuchungszeitpunkt jedoch einen akuten Schub zeigten.

Patient Nr.28:

Eine 17-jährige Warmblutstute, die acht Tage vor Einlieferung in die Klinik mit einer Lahmheit der Vordergliedmaße auffiel. Bei der Einstellung in die Klinik war die Stute stark verschwitzt und zeigte vorne beidseits eine hochgradige Lahmheit mit Trachtenfußung, einem trippelnden Gang und ständigem Standwechsel. Die Stute hatte an beiden Vorderbeinen eine deutlich verstärkte Pulsation der Zehenarterien. Die röntgenologische Untersuchung zeigte eine mittelgradige Verlagerung des Hufbeins der beiden Vorderhufe, sowohl in Form einer Senkung als auch in Form einer Rotation.

Patient Nr.29:

Ein vierjähriger Warmblutwallach, der vor zwei Wochen durch eine mittelgradige Lahmheit auffiel. Bei Einlieferung in die Klinik zeigte der Wallach vorne beidseits Trachtenfußung und einen klammen Gang. Die Pulsation der Zehenarterien war an allen vier Gliedmaßen verstärkt. Die röntgenologische Untersuchung der Zehen im lateromedialen Strahlengang ergab an beiden Vorderhufen eine mittelgradige Hufbeinsenkung, die mit einer Hufbeinrotation kombiniert war.

Der Wallach wurde in den folgenden elf Tagen täglich thermographisch untersucht. Über vier Tage wurden Aufnahmen sowohl vormittags als auch nachmittags angefertigt, um mögliche tageszeitliche Veränderungen zu dokumentieren. Die Aufnahmen wurden aus 50 cm Entfernung bevorzugt von der dorsalen Hufwand, aber auch in medialer und lateraler Ansicht angefertigt.

Patient Nr.30:

Ein 13-jähriger Andalusier Wallach wurde mit einer hochgradigen Lahmheit vorne links in die Klinik eingewiesen. Der Wallach zeigte eine hochgradige Pulsation der Zehenarterie vorne links und eine geringgradige Pulsation vorne rechts. Die Untersuchung mit der Hufzange zeigte an der Sohle der linken Vordergliedmaße im Bereich der Zehenspitze ein positives Ergebnis. Die röntgenologische Untersuchung ergab vorne beidseits eine Senkung des Hufbeins mit einer Rotation kombiniert, die an der linken Vordergliedmaße jedoch stärker ausgeprägt war, als an der rechten.

Der Wallach trug an beiden Vorderhufen *Dallmer* Hufschuhe mit untergeschraubten Keilen.

Patient Nr.31:

Ein 5-jähriger Mangalarga – Marchador Wallach, der bei Einlieferung in die Klinik einen klammen Gang auf allen vier Gliedmaßen mit hochgradigem Wendeschmerz an beiden Vordergliedmaßen zeigte. Die Pulsation der Zehenarterien war an beiden Vordergliedmaßen deutlich verstärkt und an den Hintergliedmaßen schwach verstärkt.

Die Beugeproben waren an der Vordergliedmaße deutlich positiv und an der Hintergliedmaße positiv. Die röntgenologische Untersuchung ergab eine Hufbeinsenkung auf allen vier Gliedmaßen.

Die thermographischen Aufnahmen wurden alle zwei Tage jeweils von allen vier Hufen angefertigt.

2.1.3.7 Patienten mit *Pododermatitis diffusa aseptica chronica*

Zwei Pferde und ein Esel, die aufgrund einer chronischen Hufrehe in der Klinik vorgestellt wurden, sind thermographisch und röntgenologisch untersucht worden. Sie erhielten eine Trachtenerhöhung, weitere orthopädische Maßnahmen wie das Entfernen der entstandenen Knollen und in drei Fällen Bolzsche Rinnen. Die Patienten waren ohne Lahmheit.

Patient Nr.32:

Ein 13-jähriger Berberwallach, der seit drei Jahren an chronischer Hufrehe litt. Am linken Vorderhuf war röntgenologisch eine Rotation des Hufbeins um 0,2 cm, am rechten Vorderhuf eine Rotation von 0,8 cm sichtbar.

Der Wallach trug an beiden Vorderhufen *Dallmer* Hufschuhe mit untergeschraubten ca. 2 cm hohen Keilen.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung ist der Wallach zur Beschlagserneuerung in die Klinik gekommen und zeigte keine Lahmheit.

Patient Nr.33:

Ein 10-jähriger Eselhengst, der an allen vier Hufen eine chronische Hufrehe zeigte. Die röntgenologische Untersuchung zeigte auf allen vier Hufen eine mittelgradige Hufbeinrotation. Zum Zeitpunkt der thermographischen Untersuchung war der Esel ohne Lahmheit.

Patient Nr.34:

Ein 13-jähriger Shetlandponywallach, der seit zwei Jahren eine chronische Hufrehe vorne beidseits zeigt. Dieser Wallach wurde zur klinischen und röntgenologischen

Nachuntersuchung in der Klinik vorgestellt. Die röntgenologische Untersuchung ergab keine weitere Rotation der Hufbeine der Vordergliedmaßen. Der Wallach zeigte keine Lahmheit. Die thermographischen Aufnahmen wurden von der dorsalen, lateralen und medialen Wand beider Vorderhufe angefertigt.

2.1.3.8 *Patienten der Kontrollgruppe*

Die Kontrollgruppe bestand aus zwanzig Pferden, die sich zur stationären Behandlung in der Klinik befanden und bei denen keine Erkrankung der Gliedmaßen und keine Lahmheit vorlag. Die Gruppe setzt sich aus fünf Stuten, dreizehn Wallachen und zwei Hengsten zusammen. Die Pferde waren zwischen vier und zwanzig Jahren alt. Bei den Pferden handelte es sich um zwölf Warmblüter, fünf Traber, ein Araber, ein Haflinger und ein Shire Horse. Die thermographischen Aufnahmen wurden von beiden Vorderhufen und Hinterhufen sowohl von dorsal, als auch von lateral und medial aus einem Abstand von ca. 50 cm angefertigt. Eine Sedation der Pferde wurde in keinem der Fälle vorgenommen.

Zudem sind zehn Aufnahmen der Sohlenfläche von unbeschlagenen Vorderhufen angefertigt worden, um ein thermographisches Muster der Sohlenfläche zu bestimmen.

Die meisten Pferde der Kontrollgruppe waren beschlagen, so dass von diesen keine thermographischen Aufnahmen der Sohle angefertigt wurden.

2.2 Methode

2.2.1 Durchführung der Untersuchung

Die thermographische Untersuchung wurde in den Vormittagsstunden vorgenommen, wobei die Einhufer in einen Untersuchungsraum gebracht wurden. Die Erstellung von Thermogrammen auf der Stallgasse wurde nur vorgenommen, wenn z.B. starke Schmerzen des Patienten ein Verbringen in den Untersuchungsraum unmöglich machten.

Im Untersuchungsraum erhielten die Pferde ca. fünfzehn Minuten Zeit, sich zu akklimatisieren. Bei dem Anfertigen von Thermogrammen wurden Zugluft und direkte Sonneneinstrahlung vermieden. Die Räume waren im Winter geheizt. Die Raumtemperatur lag deshalb in einem für die Erstellung von Thermogrammen empfohlenen Temperaturbereich von 20° - 30°C.

Pferde, die diagnostische Anästhesien erhalten hatten, oder an den Extremitäten mit Salben oder Einreibungen behandelt wurden, sind nicht in diese Studie aufgenommen worden. Verbände oder Bandagen an den Beinen wurden mindestens 2 Stunden vor der Untersuchung entfernt.

Zudem wurden die Hufe mit einer Bürste grob gereinigt, um Artefakte durch Verschmutzung des Hufhorns zu vermeiden.

Bei Verlaufstudien wie z.B. bei der Hufrehe, standen die Patienten unter der oralen Gabe von Acepromazin.

Die Thermogramme wurden bei einem Messabstand von 0,5 – 1 m angefertigt, wobei die Thermographiekamera in der Hand gehalten wurde, um möglichst flexibel und mit den Hufen auf einer Ebene zu sein.

Die dorsalen Aufnahmen wurden in 0° Winkel, die lateralen bzw. medialen im 90° Winkel angefertigt.

Für jedes Pferd wurde manuell die Temperatureinstellung an der Kamera vorgenommen, die sich aus der individuellen Körperoberflächentemperatur ergab.

2.2.2 Diagnostik und Auswertung der einzelnen Untersuchungsgruppen

2.2.2.1 Auswahl der Messbereiche am Huf

Um bei einer Erkrankung des Hufes Temperaturunterschiede zu definieren, wurden am Huf jeweils 4 Regionen (R1 bis R4) pro Ansicht (dorsal, lateral bzw. medial) gewählt.

So ergaben sich pro Huf 12 Messbereiche; in jeder Ansicht jeweils vier Regionen.

Die folgenden Abbildungen zeigen anhand von Zeichnungen die ausgewählten Regionen in den verschiedenen Ansichten.

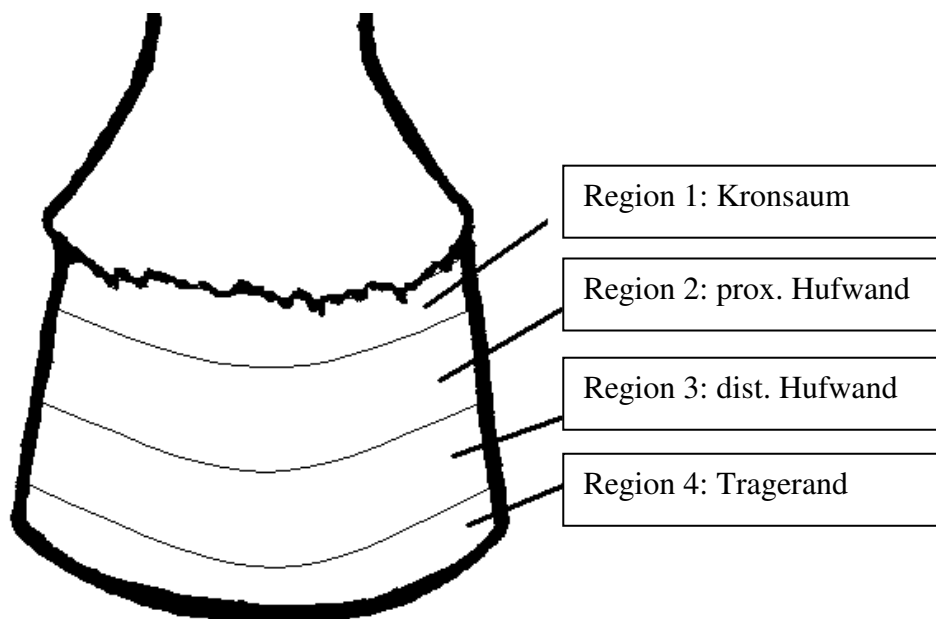


Abbildung 3: Temperaturmessbereiche in der dorsalen Hufansicht

Die Grenze zwischen den Regionen R2 und R3 wurde auf die mittlere Huflänge gelegt, so dass die Regionen R1 und R2 die proximale Hufhälfte und die Regionen R3 und R4 die distale Hufhälfte einnehmen.

Die Regionen R1 und R2 wurden auf der proximalen Hufhälfte im Verhältnis 1/3 zu 2/3 verteilt.

Die Regionen R3 und R4 wurden auf der distalen Hufhälfte im Verhältnis 2/3 zu 1/3 verteilt.

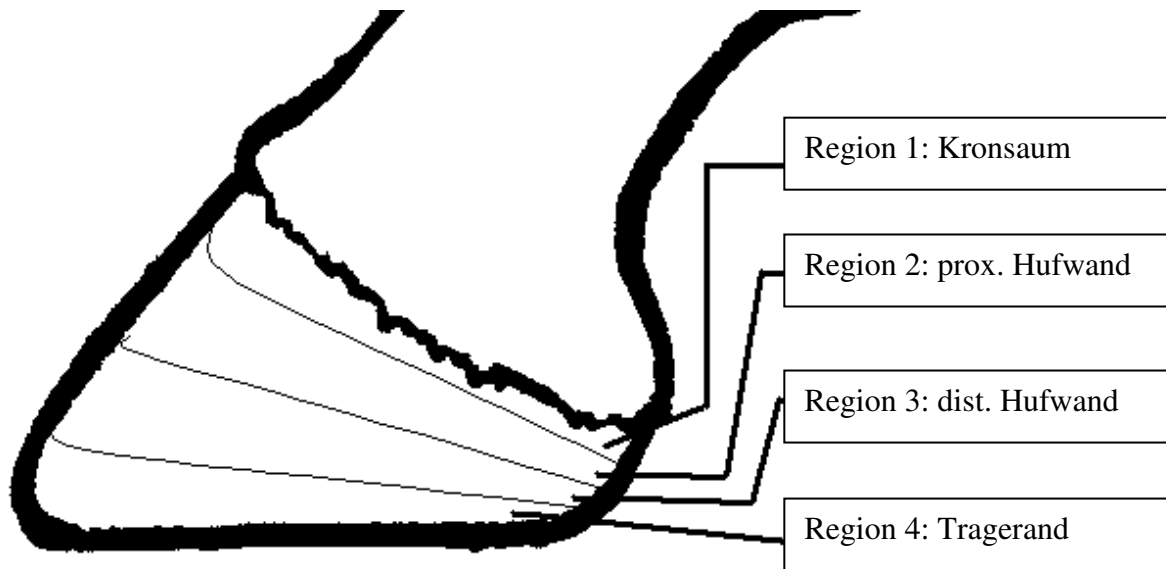


Abbildung 4: Temperaturmessbereiche in der medialen bzw. lateralen Hufansicht

Wenn die thermographisch untersuchten Pferde Eisen mit Aufzügen oder aufgeklebte Hufschuhe trugen, wurden bei der Temperaturmessung der Tragerandregion die Aufzüge nicht mit in die Messung mit hineingenommen, da sie Fremdkörper am Huf darstellen, und den Messwert verfälschen könnten.

Um die Thermogramme von Sohlenflächen zu bewerten, sind verschiedene Messbereiche definiert worden.

An der Sohlenfläche wurden für folgende Zonen Temperaturmittelwerte bestimmt:

S1 = Tragerand und Eckstreben

S2 = linke seitliche Strahlfurche

S3 = rechte seitliche Strahlfurche

S4 = Sohlenkörper

S5 = Hornsohle und Sohlenwinkel

Die nachstehende schematische Zeichnung stellt die Einteilung der Sohle graphisch dar:

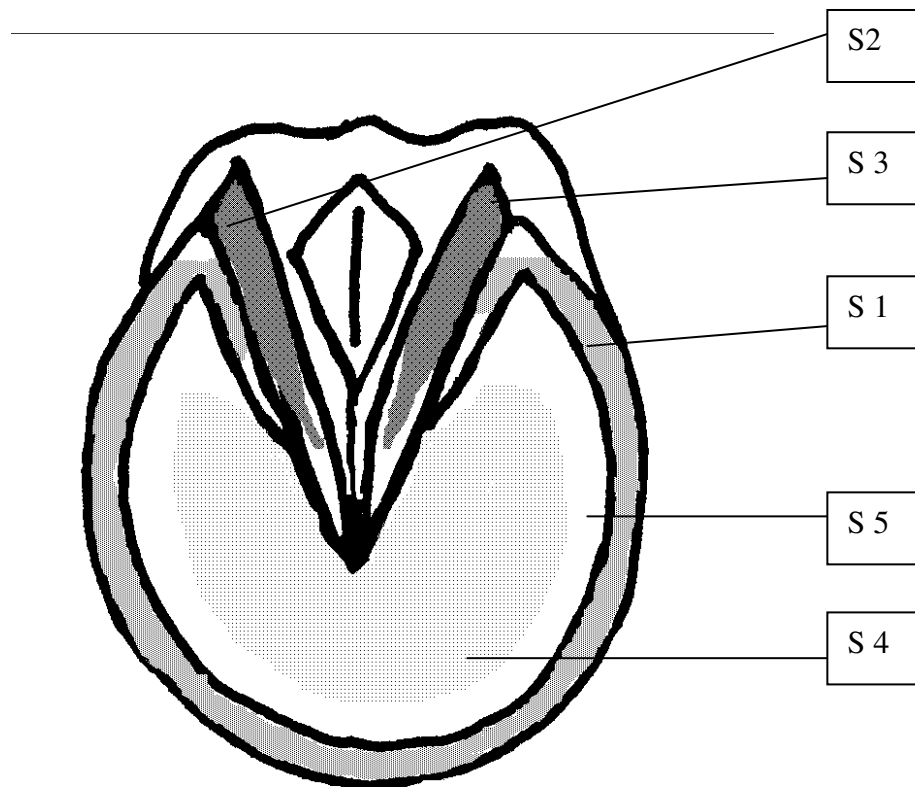


Abbildung 5: Definierte Zonen an der Sohlenfläche

2.2.2.2 *Meßwerte*

Von jeder Region des Hufes wurde mittels des IRBIS® Softwareprogramms die Durchschnittstemperaturwerte ermittelt. Das Programm ermöglicht es, die Regionen zu markieren und errechnet die jeweiligen Temperaturmittelwerte, sowie die Temperaturmaxima und –minima. Die Durchschnittstemperaturwerte T in ° Celsius wurden mit denen der anderen Regionen an der jeweiligen Hufansicht verglichen und die Differenzen zwischen den Regionen errechnet. So entstehen ΔT Werte, bezogen auf die verglichenen Regionen

$\Delta T 1$: Temperaturdifferenz R1 zu R2

$\Delta T 2$: Temperaturdifferenz R2 zu R3

$\Delta T 3$: Temperaturdifferenz R3 zu R4

$\Delta T 4$: Temperaturdifferenz R1 zu R4

Die Durchschnittstemperatur des gesamten Hufes **TH** wurde durch Messung der gesamten dorsalen Hufwand vorgenommen, da die Regionen einen prozentual unterschiedlichen Anteil an der Durchschnittstemperatur haben. Daher wurde auf eine errechnete Durchschnittstemperatur, ermittelbar durch die Durchschnittstemperaturen der einzelnen Regionen, verzichtet.

PARAMETER (°C/°K)	BESCHREIBUNG DER PARAMETER
T R1 – R4 / T S1 – S4	Durchschnittstemperatur der jeweiligen Hufregion (R1 – R4) bzw. Sohlenregion (S1 – S4) der einzelnen Ansichten in °C
T VLD	Mittelwert der Oberflächentemperatur der jeweiligen Hufansicht (hier vorne links dorsal)
ΔT 1 – 4	Temperaturdifferenz der einzelnen Regionen einer Ansicht in °K
ΔT VLI / VL II / VL III	Temperaturdifferenz der Ansichten VLD-VLL bzw. VLD-VLM bzw. VLL-VLM in °K
ΔT H	Temperaturdifferenz zwischen den Ansichten VRD – VLD bzw. HRD – HLD in °K

2.2.2.2.1 Auswertung bei Patienten mit unterschiedlichen Hufformen

Bei den fünf Patienten dieser Untersuchungsgruppe wurden thermographische Aufnahmen aus dorsaler, medialer und lateraler Ansicht angefertigt.

Das oben erstellte Schema der Hufregionen konnte aufgrund der veränderten Hufform nicht angewandt werden.

Es soll vielmehr die sich aus der individuellen Hufform ergebende Veränderung des thermographischen Bildes beschrieben und interpretiert werden.

2.2.2.2.2 Auswertung bei Patienten mit Hufverbänden

Bei den fünf Patienten dieser Untersuchungsgruppe sind thermographische Aufnahmen der Vorderhufe in der dorsalen Ansicht angefertigt worden.

Um die Auswirkung der kühlenden Verbände auf die Huftemperatur zu dokumentieren, sind jeweils die Durchschnittstemperaturwerte dieser Ansichten gemessen worden (**TH vr** und **TH vl**). Entsprechend dem zeitlichen Verlauf der Untersuchung sind diese Durchschnittstemperaturwerte einander gegenüber gestellt worden.

Der daraus errechnete Temperaturdifferenzwert wurde mit ΔTH bezeichnet und in °Kelvin angegeben.

Auch dieser Wert wurde mit dem Untersuchungszeitraum in Bezug gesetzt.

2.2.2.2.3 Auswertung bei Patienten mit Hornspalten

Um die Temperaturdifferenzen zwischen den Hornspalten und dem angrenzenden Hufhorn zu verdeutlichen, sind entlang der Hornspalten jeweils fünf Messpunkte bestimmt worden, die mit einem parallelen Bezugsmesspunkt im angrenzenden gesunden Hufhorn verglichen werden. Die Messpunkte wurden vom Kronsaum in Richtung Tragerand fortlaufend nummeriert (P1 – P5).

2.2.2.2.4 Auswertung bei Patienten mit Pododermatitis purulenta

In dieser Untersuchungsgruppe wurden Thermogramme sowohl von der dorsalen Hufwand, als auch von der Hufsohle der erkrankten und der korrespondierenden gesunden Gliedmasse aufgenommen. So konnte der Wert ΔTH ermittelt, und mit dem der Kontrollgruppe verglichen werden.

Die Aufnahmen der Sohlen wurden auf Auffälligkeiten (z.B. „hot spot“) hin untersucht, und mit den Schemata der Sohlenaufnahmen der Kontrollgruppe ins Verhältnis gesetzt.

2.2.2.2.5 Auswertung bei Patienten mit Pododermatitis diffusa aseptica acuta

Bei den vier Patienten dieser Untersuchungsgruppe wurde ein besonderes Augenmerk auf den Wert $\Delta T1$ der medialen und lateralen Hufansichten gelegt. Da die Erkrankung sowohl an den Vorderhufen als auch an den Hinterhufen auftrat, sind die Ergebnisse von den Ansichten VRL / VRM und VLL / VLM bzw. HRL / HRM und HLL / HLM ausgehend.

Zudem wurde bei dem Patienten Nr. 24 eine Senkrechte mit drei Parallelen auf der Mitte der dorsalen Hufwand gefällt und der Temperaturverlauf vom Kronsaum zum Tragerand hin in jeweils 1°C Schritten graphisch dargestellt.

2.2.2.2.6 Auswertung bei Patienten mit Pododermatitis diffusa aseptica

Auch bei den Patienten dieser Untersuchungsgruppe wurde die Priorität der Messungen auf die Ermittlung des $\Delta T1$ Wertes gelegt.

2.2.2.2.7 Auswertung bei Patienten mit Pododermatitis diffusa aseptica chronica

Bei den Patienten dieser Untersuchungsgruppe sind sowohl die Werte ΔTH aller Hufe, als auch die $\Delta T1$ Werte der betroffenen Hufe ermittelt worden.

2.2.2.2.8 Auswertung bei Patienten der Kontrollgruppe

Es wurden Messungen der gesamten dorsalen, lateralen und medialen Hufwand vorgenommen, um die Temperaturunterschiede zwischen der Vorderwand und den Seitenwänden eines Hufes vergleichen zu können.

So entstanden absolute Messwerte für die Parameter VLD / VLM / VLL usw. und Temperaturdifferenzen die mit den Parametern $\Delta T_{VL I}$ / $\Delta T_{VL II}$ / $\Delta T_{VL III}$ bezeichnet wurden.

Um die Temperaturen der vier Hufe eines Pferdes miteinander vergleichen zu können, sind die Temperaturmittelwerte der gesamten dorsalen Fläche (z.B. VLD) der jeweiligen Hufe gegenüber gestellt worden. Dabei sind zum einen die Temperaturdifferenzen zwischen den Vorder- bzw. Hinterhufen, als auch zwischen allen vier Hufen eines Pferdes errechnet worden.

Diese sind als Parameter ΔT_H Vorder- bzw. Hinterhufe und ΔT_H gesamt in °K bezeichnet worden.

Somit kann eine Aussage über die Huftemperaturunterschiede bei gesunden Pferden getroffen werden.

Zudem wurden an den Hufansichten dorsal, lateral und medial die beschriebenen Regionen definiert und die Temperaturdifferenzen dieser errechnet. So entstanden die Parameter ΔT_{1-4} für jede Hufansicht (z.B. VLD).

Um möglichst unabhängig von Hufgröße und absoluter Huftemperatur zu sein, wurde eine Linie an der Medianen der dorsalen Wand gezogen. Am proximalen Ende der Linie, in der Kronsaumregion, wurde ein Temperaturpunkt gemessen. Im folgenden wurden entlang dieser Linie jeweils die Punkte markiert, an denen die Oberflächentemperatur um 1 °C, im Vergleich zum vorangegangenen Punkt, gesunken ist. Dabei stellt der erste Punkt die höchste Temperatur dar. So können mit Hilfe weiterer senkrechter Linien die einzelnen Punkte einer

Temperatur verbunden werden und man erhält ein schematisches Temperaturverteilungsmuster des Hufes.

Diese Methode ist angewandt worden, um ein schematisches Temperaturverteilungsmuster gesunder Hufe graphisch darzustellen.