

4 Diskussion

Die Thermographie hat in den letzten Jahren zunehmend Einzug in die Lahmheitsdiagnostik beim Pferd gehalten. Durch Messung der Oberflächentemperatur sollen Hinweise auf mögliche Erkrankungen der Gliedmassen erhalten werden.

In der vorliegenden Arbeit ist besonderes Augenmerk auf die thermographische Untersuchung von gesunden und erkrankten Hufen und ihre Interpretation gelegt worden. Für die Auswertung der Thermogramme wurden Beurteilungsschemata entwickelt, um die entstandenen farblichen Muster quantitativ durch Temperaturmessung zu unterstützen.

Material und Methoden

In Vorversuchen sind Thermogramme von Hufen aus Abständen von 3 m, 2 m, 1,5 m, und 70 cm angefertigt worden. Die Aufnahmen aus 3 m, 2 m, und 1,5 m Entfernung lieferten dasselbe Temperaturverteilungsmuster eines Hufes wie die Aufnahmen aus 70 cm Entfernung, was die Beobachtungen von (*Ghafir et al., 1996*) bestätigt. In seiner Studie konnte zwischen thermographischen Aufnahmen aus 0,5 m und 3,5 m Entfernung kein signifikanter Temperaturunterschied ($p > 0,05$) gemessen werden.

Zur Auswertung der Thermogramme aus 3 m, 2 m, und 1,5 m Entfernung musste ein Zoomfaktor eingesetzt werden, wodurch die Aufnahme deutlich an Schärfe verlor.

Die Thermogramme wurden daraufhin aus einer Distanz von ca. 70 cm angefertigt, da in dieser Einstellung die Bildschärfe ein gutes Ergebnis lieferte und auch die Darstellung des Hufes in der Bildeinteilung des Thermogramms optimal war.

Die Kamera wurde in der Hand gehalten oder mit dem Fuß unterstützt, da ein Aufstellen auf den Boden zu übermäßigen Schwingungen innerhalb des Gerätes führten, was sich in einem störenden Geräusch äußerte.

Die VARIOSCAN compact scannt alle 0,8 Sekunden ein Bild, so dass es möglich war, das Temperaturverteilungsmuster des Hufes über einige Minuten zu beobachten und ein Thermogramm abzuspeichern, welches ein repräsentatives Muster des Hufes zeigte.

Auf diese Weise sollte die Auswertung von aussagekräftigen Thermogrammen gesichert werden.

Wieland (1992) empfahl eine thermographische Untersuchung in geschlossenen Räumen, um Zugluft und andere die Oberflächentemperatur beeinflussende Faktoren zu minimieren.

Aus diesen Gründen sind auch die thermographischen Aufnahmen dieser Studie in geschlossenen, beheizten Räumen mit konstanter Temperatur vorgenommen worden. Den Patienten wurde 15 Minuten Zeit vor der Untersuchung eingeräumt, um sich den Temperaturen des Untersuchungsraumes anzugleichen.

Es wurde auf eine Rasur des Saumes verzichtet, da das Kürzen des Fells zu Temperaturerhöhung führt. Bei Thermogrammen, die von Hufen angefertigt wurden, über denen die Saumregion rasiert war, konnte keine deutliche Abgrenzung der Haut vom Huf vorgenommen werden. Dies bestätigt die Aussage von *Clark und Cena (1972)*, die das Fell als thermalen Widerstand zwischen Hautoberfläche und Strahlungsoberfläche beschrieben.

Daher musste bei der Auswertung der Thermogramme, besonders von Pferden mit starker Kötenbehaarung, die Kronsaumregion bzw. die Abgrenzung zwischen Huf und Haut mit besonderer Präzision definiert werden. Ein Ausgrenzen der von Haaren überdeckten Hufanteile in der Kronsaumregion ist vorgenommen worden. Bei einem Großteil der untersuchten Pferde jedoch ragten nur wenige feine Haare in die Kronsaumregion hinein, so dass in diesen Fällen auf eine solche Ausgrenzung verzichtet wurde. Pferde, die eine übermäßige Kötenbehaarung aufweisen wie beispielsweise die Kaltblutrassen, sind aus diesen Gründen nicht in die Studie aufgenommen worden. Dem in der Kontrollgruppe vertretenen Shire Horse Wallach wurde vor Aufnahme der Thermogramme die starke Kötenbehaarung zurückgeschlagen und mit Hilfe von Bandagen fixiert.

Es wurden unterschiedliche Pferderassen (Warmblüter, Araber, Traber, Haflinger, Shire Horse) in die Kontrollgruppe aufgenommen, um verschiedene Hufgrößen thermographisch zu untersuchen. Die Traber hatten in den meisten Fällen eine spitze Hufform, die Warmblüter einen regelmäßigen Huf. Der Araberhengst und der Haflingerwallach hatten relativ kleine Hufe, das Shire Horse hingegen übermäßig große. Dennoch stellt sich an allen Hufoberflächen das gleiche Temperaturverteilungsmuster dar. Die absolute Huftemperatur war hingegen bei jedem Pferd unterschiedlich, was auch von *Verschooten (1997)* beschrieben wurde.

Ein Vergleich zwischen der Temperatur der dorsalen Hufwand von rechtem und linkem Vorder- bzw. Hinterhuf wurde erstellt, um einen Orientierungswert zu erhalten, der bei einseitigen Hufkrankungen herangezogen werden kann.

Es wurde bei der Auswertung der Thermogramme besonderes Augenmerk auf die Temperaturdifferenzen gelegt, da absolute Temperaturen stark von der Umgebungstemperatur abhängig sind, wie auch von *Palmer (1983)* beschrieben wurde.

Auf einen Vergleich von absoluten Temperaturwerten zwischen verschiedenen Pferden wurde aus diesem Grund weitgehend verzichtet.

Nachdem das beschriebene Wärmезungenmuster bei Pferden mit akuter Hufrehe beobachtet wurde, stellte sich die Frage, dieses Phänomen möglichst genau zu beschreiben und in absoluten Temperaturwerten zu definieren. Ein einfaches auftreten des Musters sollte nicht allein die Diagnose Hufrehe stützen. Mit Hilfe der IRBIS® Thermographiesoftware ist es möglich, den mittleren Temperaturwert der Farbskala individuell für jedes Thermogramm zu bestimmen. Dem mittleren Temperaturwert wurde bei dieser Software die Farbe gelbgrün zugeordnet. Ebenso kann der Temperaturbereich der Farbskala individuell angepasst werden. So können die Farbvarianten der Skala (von weiß bis schwarz) eine Temperaturdifferenz von z.B. 10°C oder 30°C repräsentieren. Ohne diese Skala kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob die Farbe rot auf dem Thermogramm z.B. die Temperatur 25°C repräsentiert, oder den Temperaturbereich 22°C – 27°C.

Daher ist eine Interpretation von Thermogrammen nur mit der dazugehörigen Temperaturfarbverteilungsskala möglich.

Deshalb wurden in dieser Arbeit verschiedene Temperaturmessbereiche am Huf definiert, um sich bei der Auswertung nicht allein auf das Farbmuster der Thermogramme zu stützen, sondern die beobachteten Farbverteilungsmuster auch quantitativ in Temperaturen auszudrücken.

Die Definition der Messbereiche in den einzelnen Hufansichten stellte sich bei der Auswertung teilweise als schwierig dar. Besonders die Grenze zwischen R1 und R2 (zwischen Kronsaum und proximaler Hufwand), denn selbst am Huf kann keine Aussage über die genaue Grenze des Kronsaumbandes getroffen werden.

Es wurde versucht, das gezeichnete Schema auf jeden Huf anzuwenden, d.h. die Grenze zwischen den Regionen R2 und R3 auf die Hälfte der Hufwand zu legen und die Regionen R1

und R2 bzw. R4 und R3 im Verhältnis 1:2 auf der proximalen bzw. distalen Hufwandhälfte einzuteilen.

Diese Definition der Regionen, die manuell an den Thermogrammen für jede Hufwand vorgenommen wurde, stellt sicherlich die größte Fehlerquelle dar.

Eine Markierung der Regionen auf der Hufwand, die auf den Thermogrammen sichtbar ist und eine Einteilung erleichtern würde, stellt keine sinnvolle Möglichkeit dar. Jegliche auf den Thermogrammen erkennbare Markierung hätte einen Einfluß auf die Oberflächentemperatur der Hufwand und würde dadurch die Ergebnisse verfälschen.

Patientenmaterial

Verschiedene Hufformen

Die Knollhufbildung des Patienten Nr.1 stellt sich thermographisch als kältester Bereich des Hufes dar. Diese kalte Zone erstreckt sich über den gesamten Bereich der über die normale Hufform herausragende Knolle.

Diese Hufform kann im Anschluss an eine akute, nicht erfolgreich behandelte Reheerkrankung entstehen. Dabei hat eine breite Trennung der Hornwand von der Lederhaut stattgefunden, in deren Zwischenraum sich Narbenhorn befindet. Die Zehenwand biegt sich in ihrem Tragerandteil ab, während die Krone durch den restlichen, übermäßig in Anspruch genommenen Aufhängeapparat des Hufbeins einsinkt (*Ruthe et al., 1997*).

Aufgrund der Narbenhorneinlagerung zwischen Hornwand und Huflederhaut ist der Abstand von Lederhaut zur Hufoberfläche größer als bei der physiologischen Hufform. So dringt weniger Wärme der gefäßreichen Lederhaut an die Oberfläche der Hufwand. Zudem stellt das Narbenhorn als totes Material eine Isolierschicht dar, die dem Weitertransport von Wärme entgegensteht.

Daher stellt sich der Knollenbereich auf den Thermogrammen als kälteste Zone des Hufes dar. Sie müsste ihrer Größe nach dem Umfang und der Ausdehnung des Narbenhorns entsprechen.

Ähnlich verhält es sich mit der Interpretation des Thermogramms der Pantoffelhufbildung des Patienten Nr.3. Durch die für Rehepferde typische Trachtenfußung wird das an der Zehe gebildete Horn nicht abgenutzt. Der Tragrand, der keinen Kontakt mehr zum Boden hat, besteht nur noch aus totem Hornmaterial, welches in keiner direkten Verbindung mehr zur Huflederhaut steht. Daher findet kein Wärmetransport in die Hufspitze statt und das Horn

nimmt Umgebungstemperatur an. Von dorsal aus betrachtet stellte sich der sichtbare Teil der Sohle deutlich wärmer dar. Dies rührt von dem räumlich engeren Kontakt der Huflederhaut mit der Hornsohle her.

In diesem Fall kann eine thermographische Aufnahme vor der Hufzubereitung einen Hinweis darauf geben, wie groß der Anteil des Hufhorns ist, der keine Verbindung mehr zur Lederhaut hat und deshalb bedenkenlos abgetragen werden kann.

Der halbmondförmig abgetragene Bereich des Hufhorns bei Patient Nr.2 stellt sich besonders neben dem durch die Abtragung entstandenen „Kliff“ durchweg wärmer dar, als die parallel dazu gemessenen Punkte auf der „Kliffkante“. Diese Ergebnisse resultieren aus der unterschiedlichen Wanddicke der Hornwand in diesem Bereich. Vergleichbar ist dies mit den Ergebnissen des Patienten Nr.4. Durch die Abtragung von Hufhorn ist die Wanddicke geringer geworden und isoliert eine geringere Wärmemenge. Deshalb konnten in diesem Bereich höhere Temperaturen gemessen werden als parallel dazu an der Hufwand. Eine Hornwand von dünnerem Durchmesser absorbiert weniger Wärmestrahlung aus der Lederhaut als eine dickere Hornwand. Somit stellt die Hufwanddicke den limitierenden Faktor dar, denn ihre Qualität und Quantität bestimmt das Temperaturverteilungsmuster der Hufwand.

Diese Ergebnisse bestätigen die Untersuchungen von *Albrecht (1956)*, der bei pathologischen Veränderungen der Hornwandstärke eine Erhöhung bzw. eine Erniedrigung der Hufteperatur verzeichnen konnte.

Die Hornsäule des Patienten Nr. 5 stellt sich thermographisch kälter dar als das sie umgebende Hufhorn. Dies lässt sich mit der anatomischen Beschaffenheit der Hornsäulen erklären, die sich als Verdickung an der Innenfläche der Hornwand darstellen. Sie bestehen meistens aus verbildetem, narbigem Blättchen- und Röhrenhorn, denn diese krankhafte Hornbildung ist das Produkt einer umschriebenen chronischen Entzündung der Wandlederhaut, die sich allmählich in die Länge und Breite vergrößert (*Ruthe et al., 1997*).

Diese Hornwandverdickungen stellen eine größere Isolierung dar, so dass Wärme aus der Huflederhaut nicht mit gleicher Intensität bis an die Hufoberfläche dringt wie an der übrigen Hornwand. Daher stellt sich die Hornsäule thermographisch kälter dar als das gesunde Hufhorn.

Hufverbände

Bei der Untersuchung über den Einfluss von kalt angegossenen Hufverbänden auf die Oberflächentemperatur des Hufes wurde nur jeweils ein Vorderhuf in Verband gelegt. Der Huf der korrespondierenden Gliedmaße wurde als Bezugsmessbereich gewählt, da sich die Oberflächentemperatur der Umgebungstemperatur anpasst und es aussagekräftiger erschien, die Temperaturdifferenz zwischen den Vorderhufen zu errechnen, anstatt sich nur auf die Temperaturschwankungen der Oberflächentemperatur des untersuchten Hufes zu beziehen.

Die Untersuchung über die Hufverbände zeigt deutlich, dass der über 24 Stunden im kalten Hufverband belassene Huf eine deutliche Abkühlung erfährt.

Nach Abnahme des Hufverbandes lässt die Verdunstungskälte, die sich über dem feuchten Huf entwickelt, den Huf erst langsam erwärmen. Erst nach ca. drei Stunden befindet sich die Oberflächentemperatur dieses Hufes wieder im Normalbereich bzw. auf Höhe der Ausgangstemperatur. Diese Ergebnisse unterstützen die Aussage von *Colles und Pusey (2003)*, die Feuchtigkeit aufgrund der Absorption als eine Fehlerquelle bei der Thermographie ansehen.

Dies muss berücksichtigt werden, wenn Hufe thermographisch untersucht werden sollen, die zuvor einen Hufsackverband getragen haben. Bei Hufverbänden, die über einen Tag mit kaltem Wasser angegossen wurden, ist zu empfehlen, die thermographischen Aufnahmen ca. drei Stunden nach Entfernen der Verbände anzufertigen. Erst nach dieser Zeit hat sich der Huf an die Umgebungstemperatur angepasst und seine Oberflächentemperatur unterliegt nur noch minimalen Schwankungen.

Hornspalten

Die thermographische Darstellung der Hornspalten hat zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt. Die sehr schmalen Hornspalten des Patienten Nr.14 konnten thermographisch nicht dargestellt werden. In diesem Fall sind die Hornspalten vermutlich nur im oberen Hufhorn vorhanden und die unteren Hornwandschichten sind nicht vom Hornspalt durchtrennt. Dies erklärt, warum weder eine Temperaturerhöhung, noch eine Temperaturniedrigung an der Lokalisation der Hornspalten zu finden ist.

Bei fokalen Temperaturerhöhungen im Verlauf von Hornspalten (z.B. Patient Nr.13) kann hier eine größere Tiefe des Spaltes vermutet werden, die vermehrt Wärme aus der darunter liegenden Lederhaut an die Hufoberfläche dringen lässt.

Auch die Querrillen von Patient Nr.15, die als therapeutische Maßnahme an das proximale Ende von Tragerandhornspalten gesetzt werden, um ein weiteres Vordringen des Spaltes bis hin zum Kronsaum zu verhindern, dringen tief in die Hornwand ein und stellen sich daher als „hot spot“ dar.

An diesen Stellen ist die Isolation des Hufhorns aufgrund der verringerten Wanddicke geringer. So dringt Wärme aus der Lederhaut an die Oberfläche und verursacht einen „hot spot“.

Stellt sich der Hornspalt als durchweg kälter als das angrenzende Hufhorn dar (z.B. Patient Nr.16), so lässt dies auf eine tiefere, aber nicht durchdringende Hornspalte schließen. Durch die Zusammenhangstrennung des Hufhorns tritt der schlechte Wärmeleiter Luft in den Spalt ein und hat die thermographisch sichtbare und messbare Temperaturniedrigung zur Folge. Da keine vermehrte Wärme aus der Huflederhaut in diesen Fällen an die Hufoberfläche dringt, reicht der Spalt nicht bis auf diese heran.

Damit kann das thermographische Bild von Hornspalten einen Hinweis auf die Eindringtiefe der Spalten in das Wandhorn geben.

Pododermatitis purulenta

Im Fall des Patient Nr.19 war ein deutlicher „hot spot“ am lateralen Kronsaum des linken Hinterhufes erkennbar, der einen Hinweis auf die Lokalisation bzw. den Ort des möglichen Durchbruch des Abszesses gab. Die Temperaturdifferenz zwischen rechtem und linkem Hinterhuf lag im Normalbereich ($0,3^{\circ}\text{C}$). Die Lokalisation des „hot spot“ lag aber außerhalb des Messbereiches, da er sich nicht am Hufhorn, sondern proximal davon im Saum befand. So erklärt es sich, dass zwischen den Hinterhufen keine Temperaturdifferenz $> 1^{\circ}\text{C}$ gemessen werden konnte.

Der Patient Nr.20 zeigte alle klinischen Erscheinungen eines Hufabszesses und die Temperaturdifferenz zwischen rechtem und linkem Vorderhuf lag mit $1,7^{\circ}\text{C}$ deutlich über der Differenz zwischen gesunden Vorderhufen.

Die genaue Lokalisation des Abszesses durch einen „hot spot“ auf den thermographischen Aufnahmen war aufgrund der langen Behaarung des Wallachs nicht möglich. Eine Rasur der betreffenden Region vor Aufnahme der Thermogramme ist hier bewusst nicht vorgenommen worden, um den Fall ohne vorherige Manipulation dokumentieren zu können.

Die Umfangsvermehrung am dorsolateralen Saum des rechten Hinterhuf des Patient Nr.21 stellte sich thermographisch deutlich als „hot spot“ dar. Auf Druck zeigte der Hengst jedoch keinen Schmerz, so dass vermutet werden kann, dass der Reifungsprozess des Abszesses zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht vollständig abgeschlossen war.

Das thermographische Bild bzw. der darauf erkennbare „hot spot“ weist jedoch auf einen entzündlichen Prozess an dieser Lokalisation hin.

Die Entzündung breitet sich auf dem Weg des geringsten Widerstandes aus, bis es zur beschriebenen Fistelbildung im Saumbereich kommt. Daher sind die beschriebenen „hot spots“ im Saumbereich sichtbar, welcher sich am normalen Huf kälter als die am Huf definierte Kronsaumregion darstellt.

Der Hufabszess, der in der medialen Eckstrebe am rechten Vorderhuf des Patienten Nr.22 lokalisiert war, konnte durch die auf den Thermogrammen deutlich sichtbaren „hot spots“ gefunden werden. Die Temperatur der dorsalen Hufwand war am rechten Vorderhuf um 1,3°C niedriger als die Durchschnittstemperatur der dorsalen Hufwand des linken Vorderhufes. An der medialen Hufwand des rechten Vorderhufes konnten keine Abweichungen des Temperaturverteilungsmusters von dem normaler Hufe gefunden werden. Der Abszess zeigte sich lediglich durch eine Temperaturerhöhung, die an der Sohle sichtbar gemacht werden konnte. Da bei dem Wallach zum Zeitpunkt der Einlieferung in die Klinik nur die Verdachtsdiagnose Hufabszess gestellt werden konnte, wurde er eingestallt und trug zwei Tage lang am rechten Vorderhuf einen Angussverband, der die Reifung des Abszesses beschleunigen sollte. Der Verband wurde eine Stunde vor der thermographischen Untersuchung entfernt und kann die Ursache für die Temperaturdifferenz zwischen dorsaler Wand des rechten und linken Vorderhufs sein. Da sich der Hufabszess auf den Thermogrammen der medialen Wand durch keine Temperaturerhöhung weder an der Hufwand noch im Saumbereich darstellte, kann darauf geschlossen werden, dass der Abszess sich nicht bis in die Saumregion hinauf bewegt hat. Durch die Eröffnung des Abszesses von der Sohle aus konnte diese Vermutung bestätigt werden.

Im Falle des Patienten Nr.23 mit seröser Exsudation an der Strahlspitze des rechten Vorderhufes konnte thermographisch dieser Bereich als „hot spot“ definiert werden. Der „hot spot“ nahm im Verhältnis einen größeren Bereich an der Sohle ein, als der an der Sohle sichtbare Bereich seröser Exsudation. Diese Beobachtung kann bedeuten, dass auf dem Thermogramm das Ausmaß der Pododermatitis genauer bestimmt werden konnte. Eine

andere Erklärung wäre, dass der „hot spot“ des Thermogramms den Bereich genauer definiert, an dem die Sohle besonders dünn ist und deshalb vermehrt Wärme aus der Huflederhaut an die Oberfläche der Sohle dringt. Die Diagnose lautete in diesem Fall „Pododermatitis aseptica“, so dass vermutet wird, dass der „hot spot“ den gesamten von der Entzündung betroffenen Bereich darstellt.

Auch wenn die Untersuchungsgruppe der Hufabszesse nur klein war, so konnte festgestellt werden, dass die Thermographie eine gute diagnostische Möglichkeit darstellt, um die genaue Lokalisation und Ausdehnung von Hufabszessen zu definieren. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass der Hufabszess ein entzündliches Geschehen darstellt und Wärme eines der Kardinalsymptome der Entzündung ist. Gleiche Erfahrungen werden von *Cronau et al., (1990)* beschrieben.

Pododermatitis diffusa aseptica acuta

Da zumeist Pferde mit einer klinisch manifesten bzw. chronischen Hufrehe in die Klinik eingeliefert worden sind, war es nicht möglich, einen Verlauf bis zum Auftreten von klinischen Anzeichen zu dokumentieren. Somit fehlen ausreichend Informationen über das thermographische Bild der Initialphase einer Hufrehe.

In vielen Fällen konnten Wärmezungen auf der lateralen und medialen Ansicht der Hufe beobachtet werden. Da sich die Auswertung der Thermogramme nicht allein auf das Farbmuster beziehen sollte, sind die definierten Regionen erstellt worden.

Im Fall des Patient Nr.25 konnten Temperaturdifferenzen ($\Delta T1$ Werte) auf den medialen und lateralen Ansichten aller vier Hufe gemessen werden, deren Werte deutlich unter denen der Kontrollgruppe liegen.

Bei den Pferden der Kontrollgruppe konnte kein $\Delta T1$ Wert unter 1°C gemessen werden. Bei der Stute konnten hingegen in den lateralen und medialen Ansichten der Hufe $\Delta T1$ Werte zwischen $0,1^\circ\text{C}$ und $0,7^\circ\text{C}$ gemessen werden. Dies stellt die im thermographischen Bild deutlich gewordenen Wärmezungen in absoluten Temperaturen dar.

Bei dem Patient Nr.26 konnte nur an zwei Tagen ein $\Delta T1$ Wert in den Ansichten HLM und HRL von $0,8^\circ\text{C}$ gemessen werden. Die an anderen Tagen gemessenen $\Delta T1$ Werte liegen zwischen $1,2^\circ\text{C}$ und $1,5^\circ\text{C}$ und unterscheiden sich damit nicht von den bei der Kontrollgruppe gemessenen Werten.

Besonders am rechten Hinterhuf ist in diesem Fall aufgrund der Gonotrochlose links eine Belastungsreihe zu vermuten.

In den beschriebenen Fällen akuter Hufrehe sind teilweise keine röntgenologischen Veränderungen aufgetreten. Die beschriebenen Wärmezungen an der lateralen und medialen Hufwand gingen mit einer röntgenologisch darstellbaren Senkung des Hufbeins einher.

Hood et al. (2001) konnten ebenfalls eine Hyperthermie der Hufwand in der akuten Krankheitsphase der Hufrehe beobachten. Wo sich genau am Huf diese Wärmezonen zeigten, ist hingegen nicht beschrieben worden.

Pododermatitis diffusa aseptica

Bei dem Patient Nr.28 zeigte sich nicht das Bild der seitlichen Wärmezungen. Stattdessen fiel ein stark verbreiteter Kronaum auf. Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen dem röntgenologischen Befund der Hufbeinrotation und des thermographischen Bildes. So könnte eine Hufbeinrotation durch die Verkippung am Kronpolster vermehrt Druck auf das Kronhorn ausüben und dadurch den Kronhornbereich erwärmen.

Die vermehrte Wärme an und unterhalb des Kronsaums im thermographischen Bild einer akuten Hufrehe wurde auch von *Purohit und McCoy (1980)* beschreiben.

Auch *Schnabl und Zeller (1982)* beobachteten bei einer akuten Hufrehe mit Rotation des Hufbeins ein thermographisch darstellbares hochentzündliches Geschehen in beiden Vorderhufen.

Bei der akuten Hufrehe liegt in allen Fällen eine gestörte periphere Zirkulation der Lederhaut der Vorderwand vor. Kardinalsymptom der Entzündung ist eine erhöhte Wärme, bedingt durch eine verstärkte Durchblutung.

Eine vermehrte Wärme der dorsalen Hufwand konnte im Fall der akuten Futterrehe des Patienten Nr.24 beobachtet werden.

Anschließend kann es im entzündeten Gewebe zu Durchblutungsstörungen durch intra-vasale Thrombose oder Gewebeinfarkte kommen. Dann ist die Zone der Durchblutungsstörung umgeben von wärmeren Zonen, die auf arterio-venöse Shunts zurückzuführen sind.

Bei der Ponystute mit Futterrehe konnte dies gut dokumentiert werden. Die Wärmezunge an der dorsalen Hufwand bildete sich zurück und es zeigten sich daraufhin Wärmezungen an den Seitenwänden des Hufes.

Daher sind in den unterschiedlichen Stadien der Hufrehe verschiedene Thermogramme zu erwarten. Nach einer von *Hood et a. (2001)* induzierten Hufrehe konnte in den ersten 10 Stunden eine Hypothermie und erst mit Auftreten von Lahmheit eine Hyperthermie der Hufwand verzeichnet werden.

Das Bild der Wärmezunge an der dorsalen Hufwand stellte sich daher als erstes Stadium einer Hufreheerkrankung dar.

Thermographische Untersuchungen sind daher für die Einschätzung des Rehestadiums von Nutzen. Durch Verlaufskontrollen kann der Zeitpunkt bestimmt werden, an denen die Patienten wieder bewegt oder orthopädische Maßnahmen eingestellt werden können.

Daher stellt die Thermographie in der Hufrehedagnostik eine sinnvolle Ergänzung zu den bereits etablierten Untersuchungsmethoden dar.

Pododermatitis diffusa aseptica chronica

Die Pferde und Ponys, die seit mehreren Jahren eine chronische Hufrehe haben, zeigen thermographisch keine Auffälligkeiten. So konnte beobachtet werden, dass sich Hufthermogramme von chronischen Rehepatienten und den Pferden der Kontrollgruppe im Temperaturverteilungsmuster nicht unterscheiden. Eine chronische Rehe stellt keinen entzündlichen Prozess dar, der sich thermographisch darstellen ließe. Somit sind hier die Grenzen der Thermographie gesetzt. Es stellte sich die Frage, ob die Thermographie die Ausbildung bzw. das Vorhandensein von Narbenhorn oder die Reperfusion der Gefäße an der dorsalen Wand zeigen könnte.

Die untersuchten Fälle geben keinen Hinweis darauf, dass dieses mit Hilfe von Thermogrammen möglich wäre. Dazu wäre eine größere Gruppe von Probanden notwendig. Auch die Anfertigung von Angiogrammen dieser Versuchstiere könnte mögliche Zusammenhänge zwischen dem thermographischen Bild und der Perfusion der Lederhaut herstellen.

Kontrollgruppe

Die Beobachtung von *Purohit und McCoy (1980)* über die Temperaturbandenverteilung des Hufes kann in dieser Form nicht bestätigt werden. Sie beschreiben parallel zum Kronsaum

verlaufende 1°C niedrigere Temperaturbanden, die zum Tragrand hin an Temperatur abnehmen. Diese Studie hingegen hat gezeigt, dass sich die Banden wärmerer Temperatur, die sich distal des Kronsaums anschließen, an den Seitenwänden breiter werden. Daher kommt es besonders an der medialen Hufwand zu niedrigeren ΔT_1 Werten als an der dorsalen Hufwand.

Zudem konnte gezeigt werden, dass die Oberflächentemperatur an der distalen Hufhälfte in ihrem Verlauf eine größere Temperaturdifferenz aufweist als die der proximalen Hufhälfte. Dieser unterschiedliche Temperaturverlauf an der Hufwand wird von *Purohit und McCoy (1980)* nicht beschrieben.

Bei dem Vergleich der Temperaturwerte der dorsalen Wand der Vorderhufe konnte in 93% der Fälle eine geringe Abweichung ($<0,75^\circ\text{C}$) festgestellt werden, was den Aussagen von *Weil (1997)* entspricht, der keine signifikanten Unterschiede zwischen rechter und linker Gliedmaße bei Pferden der Kontrollgruppe feststellen konnte.

Auch *Webbon (1978)* beschrieb, dass die Temperaturdifferenz zwischen rechter und linker Vordergliedmaße $<1^\circ\text{C}$ beträgt.

Die Kronsaumregion stellt sich sowohl in der Kontrollgruppe, als auch bei den Pferden mit Hufkrankungen als wärmster Bereich dar, was von *Palmer (1983)*, *Purohit (1980)* und *Turner (1991)* ebenfalls dokumentiert wurde.

Die deutlich höhere Temperatur der Kronsaumregion im Vergleich zur Hufwand resultiert aus der in dieser Wachstumszone noch dünnen Hornschicht und dem darunter liegenden arteriovenösen Plexus. Die Kronlederhaut überzieht an dieser Stelle das 7 – 8 mm starke Kronpolster und schließt distal an die Saumlederhaut an (*Habermehl, 1996*). Daher ist die Distanz zwischen Kronlederhaut und Oberfläche des Kronhorns geringer als die Strecke zwischen Wandlederhautblättchen und Wandhorn. So dringt in der Kronsaumregion mehr Wärme an die Oberfläche des Hufes als im übrigen Bereich der Hornplatte.

Aufgeschmiedete Eisen und deren Aufzüge stellten sich auf den Thermogrammen durchweg kälter als das Hufhorn dar. Die Hufeisen haben zumeist die Temperatur des Bodens angenommen.

Bei den Thermogrammen der Sohle ist ebenfalls die unterschiedliche Stärke des Sohlenhorns Ursache für das Temperaturverteilungsmuster der Sohlenfläche.

Die Bereiche, die sich thermographisch am wärmsten darstellten, sind der Huflederhaut am nächsten. So stellen sich die seitlichen Strahlfurchen mit den höchsten Temperaturen dar, die den Lederhautstrahlschenkeln unmittelbar aufliegen. Auch wenn die untersuchten Sohlen nicht frisch ausgeschnitten waren, so hatten doch die seitlichen Strahlfurchen die größte Tiefe der gesamten Sohle.

Weiterhin zeigte sich in drei Fällen die mittlere Strahlfurche ebenfalls als warmer Bereich. In diesen Fällen war die mittlere Strahlfurche gut ausgeprägt und zeichnete sich augenscheinlich deutlich ab. Der Hornstrahl, in den die mittlere Strahlfurche eingebettet ist, besteht aus Weichhorngebilde, welches vermutlich nicht nur eine gute Quellfähigkeit besitzt, sondern auch einen weniger guten Wärmeisolator darstellt als beispielsweise das Wandhorn.

Der Tragrand, der vom distalen Rand der Hufplatte, der Linea alba und einem Anteil der Hornsohle gebildet wird, zeigt im Thermogramm die kältesten Temperaturen der gesamten Sohlenfläche. Dies mag an seiner anatomischen Beschaffenheit liegen, denn der Tragrand ragt immer einige Millimeter über den Sohlenkörper hinaus und hat zur Huflederhaut die größte Distanz.

In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass die Thermographie als bildgebendes Verfahren in der Diagnostik der Hufkrankungen wertvolle Hinweise liefern kann.