

Abteilung Bestandsbetreuung beim Wiederkäuer
Klinik für Wiederkäuer
Department für Nutztiere und öffentliches Veterinärwesen
Veterinärmedizinische Universität Wien
(Leitung: Univ. Prof. Dr. Marc Drillich)

***Vergleich unterschiedlicher
Messmethoden und Messorte zur
Erhebung der inneren Körpertemperatur
bei Milchkühen***

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung der Würde einer
Diplomtierärztin
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Vorgelegt von
Rohr Andrea

Wien, September 2012

Betreuer: Univ. Prof. Dr. Marc DRILLICH, Dipl. ECBHM, Dipl. ECAR
Abteilung Bestandsbetreuung beim Wiederkäuer

Begutachter: Ao. Univ. Prof. Dr. Andreas FUTSCHIK
Plattform Bioinformatik und Biostatistik

Betreuender Partner: Dr. Johann GASTEINER, Dipl. ECBHM
LFZ Raumberg-Gumpenstein
Institut Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit

Mit Unterstützung von: Dr. rer. nat. Alexander G.TICHY
Institut für Med. Physik und Biostatistik der VUW

DANKSAGUNG

Ich möchte mich auf diesem Wege bei all denen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Besonderer Dank geht an Dr. Marc Drillich, welcher durch die intensive, geduldige und verständnisvolle Betreuung sowie durch die Unterstützung in allen Belangen, wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Weiters möchte ich auch Dr. Alexander Tichy danken, der mir bei der Auswertung und Erstellung des Statistikeiles sehr geholfen und mich geduldig unterstützt hat.

Ein Dank geht auch an Dr. Johann Gasteiner, welcher mir mit dem Themenvorschlag und der Bereitstellung der technischen Geräte diese Arbeit ermöglicht hat.

Nicht unerwähnt möchte ich Gregor Huber für die Unterstützung und Hilfe bei den technischen Geräten lassen. Ebenso möchte ich Ing. Johann Häusler für die Bereitstellung der benötigten Daten danken.

Ebenfalls geht ein Dank an die beiden Stallarbeiter Christoph Huber und Johann Danglmaier, die mich bei meiner 16-tägige Probenahme begleitet und nach einer langen Nacht aufgemuntert haben, sowie mir jederzeit hilfsbereit zur Seite standen.

Zuletzt möchte ich noch meiner Mama und meinen Großeltern für die jahrelange Unterstützung und deren Glauben an mich danken.

Ich möchte mich bei dir Christian, für deine Hilfe, deine Ratschläge und deine Unterstützung in dieser langen und anstrengenden Zeit bedanken!

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

bzw.	-	beziehungsweise
ca.	-	circa
CIDR	-	controlled intravaginal drug release
cm	-	Zentimeter
ggr.	-	geringgradig
d.h.	-	das heißt
g	-	Gramm
hgr.	-	hochgradig
IKT	-	Innere Körpertemperatur
kg	-	Kilogramm
mgr.	-	mittelgradig
mm	-	Millimeter
n	-	Stichprobe
p	-	P-Wert (Irrtumswahrscheinlichkeit)
r	-	Korrelationskoeffizient
s.c.	-	subkutan
THg	-	Quecksilberthermometer
Tdig	-	Digitalthermometer
TIR_li	-	Temperatur Infrarotkamera linkes Auge
TIR_re	-	Temperatur Infrarotkamera rechtes Auge
Tsc	-	Temperatur subkutaner Sensor
TPS	-	Temperatur Pansensor
TVS	-	Temperatur Vaginalsensor
u.a.	-	unter anderem
VT	-	Versuchstier
z.B.	-	zum Beispiel
°C	-	Grad Celsius
Ø	-	Durchmesser

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	1
2	Literaturübersicht	4
2.1	Angaben zur inneren Körpertemperatur beim Rind	4
2.2	Abweichungen und Schwankungen	5
2.3	Angaben zu pathologischen Werte in der Literatur.....	8
2.3.1	<i>Hypothermie und Hyperthermie</i>	<i>8</i>
2.3.2	<i>Fieber</i>	<i>8</i>
2.4	Fehlerquellen beim Messen	9
2.5	Messmethoden/Messorte	9
2.5.1	<i>Rektale Messung.....</i>	<i>10</i>
2.5.2	<i>Vaginale Messung</i>	<i>10</i>
2.5.3	<i>Messung der Augentemperatur</i>	<i>10</i>
2.5.4	<i>Messung der subkutanen Temperatur</i>	<i>11</i>
2.5.5	<i>Messung der Vormagentemperatur</i>	<i>12</i>
3	Material und Methoden.....	14
3.1	Ziele der Untersuchungen	14
3.2	Versuchsbetrieb und -tiere	14
3.3	Messmethoden und Messorte	15
3.3.1	<i>Rektale Messung.....</i>	<i>15</i>
3.3.2	<i>Vaginale Messung</i>	<i>17</i>
3.3.3	<i>Messung der Augentemperatur</i>	<i>18</i>
3.3.4	<i>Messung der Hauttemperatur</i>	<i>20</i>
3.3.5	<i>Messung der Vormagentemperatur</i>	<i>22</i>
3.3.6	<i>Messung der Umgebungstemperatur</i>	<i>23</i>
3.3.7	<i>Messung der relativen Luftfeuchte.....</i>	<i>23</i>
3.4	Probenschema	25
3.5	Statistische Bearbeitung der Daten	26
4	Ergebnisse.....	27
4.1	Geschätzte Randmittel	27
4.2	Korrelation der einzelnen Sensoren	29
4.2.1	<i>Korrelation Quecksilberthermometer, THg</i>	<i>29</i>

4.2.2	<i>Korrelation Digitalthermometer, Tdig</i>	29
4.2.3	<i>Korrelation Augentemperatur links und rechts, TIR_li und TIR_re</i> ..	29
4.2.4	<i>Korrelation Sensor s.c., Tsc</i>	29
4.2.5	<i>Korrelation Sensor Pansen, TPS</i>	31
4.2.6	<i>Korrelation Sensor Vagina, TVS</i>	31
4.3	Korrelationen April 2011	31
4.3.1	<i>Korrelation Quecksilberthermometer, THg</i>	31
4.3.2	<i>Korrelation Digitalthermometer, Tdig</i>	31
4.3.3	<i>Korrelation Augentemperatur links und rechts, TIR_li und TIR_re</i> ..	32
4.3.4	<i>Korrelation Sensor s.c., Tsc</i>	32
4.3.5	<i>Korrelation Sensor Pansen, TPS</i>	32
4.3.6	<i>Korrelation Sensor Vaginal, TVS</i>	34
4.4	Korrelationen August 2011	34
4.4.1	<i>Korrelation Quecksilberthermometer, THg</i>	34
4.4.2	<i>Korrelation Digitalthermometer, Tdig</i>	34
4.4.3	<i>Korrelation Augentemperatur links und rechts, TIR_li und TIR_re</i> ..	34
4.4.4	<i>Korrelation Sensor s.c., Tsc</i>	36
4.4.5	<i>Korrelation Sensor Pansen, TPS</i>	36
4.4.6	<i>Korrelation Sensor Vaginal, TVS</i>	36
4.4.7	<i>Korrelation Logger Luftfeuchte und Außentemperatur, Logg_RH und Logg_AT</i>	36
4.5	Tagesschwankungen des Temperaturverlaufes	37
5	Diskussion	39
5.1	Relevanz der Möglichkeiten zur Temperaturkontrolle	39
5.1.1	<i>Rektale Messung</i>	40
5.1.2	<i>Vaginale Messung</i>	42
5.1.3	<i>Messung der Augentemperatur</i>	44
5.1.4	<i>Messung der Hauttemperatur</i>	46
5.1.5	<i>Messung der Vormagentemperatur</i>	48
5.1.6	<i>Messung der Außentemperatur und der Luftfeuchte</i>	51
5.2	Tagesschwankungen des Temperaturverlaufes	53
6	Schlussfolgerung	56
7	Zusammenfassung	58

8	Summary.....	61
9	Literaturverzeichnis.....	64
10	Abbildungsverzeichnis.....	73
11	Tabellenverzeichnis.....	74

1 Einleitung

Als innere Körpertemperatur wird die Temperatur im Körperinneren eines Organismus verstanden. Die Messung der inneren Körpertemperatur (IKT) stellt eine bedeutende Standarduntersuchung im Rahmen der klinischen Untersuchung dar, um Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand des zu untersuchenden Tieres ziehen zu können.

Ein striktes Herdenmanagement und die Integrierte Bestandsbetreuung spielen vor allem in Milchviehbetrieben hinsichtlich der Tiergesundheit eine wesentliche Rolle. Es ist wichtig, Landwirte für einfache Tätigkeiten, wie zum Beispiel das Messen der Körpertemperatur, zu sensibilisieren und diese Tätigkeiten in den normalen Arbeits- und Betriebsablauf zu integrieren. Tierärzte und auch Landwirte nutzen vor allem die rektale Messung der Körpertemperatur mittels Thermometer, um Abweichungen von physiologischen Parametern festzustellen. Obwohl die Messung einen wichtigen Hinweis auf bereits eingetretene und fortgeschrittene Erkrankungen liefert, wird mit immer größer werdenden Betrieben und steigender Kuhzahl in erster Linie die Früherkennung bestimmter Erkrankungen und damit die prophylaktische Tätigkeit des Tierarztes immer wichtiger. So ist die regelmäßige Messung der Körpertemperatur vor allem post partum ein wichtiger Bestandteil des Fruchtbarkeitskonzeptes. SMITH und RISCO (2005) beschrieben die rektale Messung der Körpertemperatur post partum als eine der meist genutzten und einfachsten Methoden zur Identifizierung kranker Milchkühe. So rückt zum Beispiel die Überwachung und frühzeitige Erkennung von Puerperalstörungen immer mehr in den Vordergrund. Die Messung fünf bis zehn Tage nach der Abkalbung ist einfach in der Durchführung und verursacht nur geringe Kosten (KRISTULA et al., 2001).

Es steht jedoch bei der Erfassung der IKT nicht immer nur das Krankheitsgeschehen im Vordergrund. So liefert die IKT auch wichtige Hinweise auf physiologische Prozesse z.B. auf eine Geburt, die ebenfalls mit einer Erhöhung der IKT einhergeht. BURFEIND et al. (2011) untersuchten den Abfall der IKT vor der Kalbung, um den genauen Abkalbezeitpunkt vorhersagen zu können. Von 33 Erstlingskühen wurden vaginal, mittels Logger und zweimal täglich rektal, die IKT erhoben. Bei einem Temperaturabfall von $\geq 0,3^{\circ}\text{C}$ über 24 Stunden, vaginal und rektal gemessen, konnte der Kalbezeitpunkt innerhalb 24 Stunden vorhergesagt

werden. Trotz des Temperaturabfalls etwa 48 Stunden ante partum konnte keine präzise Bestimmung sondern nur ein Hinweis auf den bevorstehenden Abkalbezeitpunkt getroffen werden.

Nicht nur in der Milchviehhaltung spielt die Messung der IKT eine entscheidende Rolle, sondern ist auch in der Kälberhaltung und Stiermast von Interesse.

Die Messungen und der damit verbundene Arbeitsaufwand werden immer mehr als wichtiger Teil des Herdenmanagement verstanden und zurzeit mit technischen Hilfsmitteln unterstützt. So verwendeten BURFEIND et al. (2011) in ihrer Studie Logger für die Erhebung der vaginalen Temperatur, welche 8 ± 4 Tage und 9 ± 4 Tage vor dem vorhergesagten Abkalbetermin eingeführt wurden und die Temperatur alle 10 Minuten maßen.

Neben der Erfassung der inneren Körpertemperatur mittels rektal eingeführten Thermometern, wurden auch andere, zum Teil invasive Methoden erprobt. Die Eingabe eines Bolus in den Pansen (BEWLEY et al., 2008; IPEMA et al., 2008), implantierte Thermistoren im Euter (BITMAN et al., 1984; LEFCOURT et al., 1999) und Mikroprozessor gesteuerte Datenlogger, die in die Vagina eingeführt wurden, um die Temperatur bei verschiedenen Fragestellungen zu messen (BURFEIND et al., 2011; SUTHAR et al., 2011) sind nur einige Beispiele davon. Es werden mittlerweile auch Halsband-Transponder, Pansensensoren und zusätzliche Ohrclips für Rinder angeboten. Vorteile solcher Systeme sind die kontinuierliche Erfassung der Temperatur und der damit reduzierte Arbeitsaufwand. Demgegenüber stehen die Nachteile der schwierigen Einzeltier erfassung, der Kosten in der Anschaffung und beim Verlust der Sensoren.

Weitere Methoden zur Messung der IKT sind die subkutane (s.c.) Implantation von Mikrochips und die Messung der Augentemperatur mittels Infrarotkamera. Subkutan implantierte Mikrochips sind eine invasive, aber möglicherweise für die Zukunft interessante Methode, Temperaturdaten vor allem in großen Betrieben kontinuierlich zu überprüfen. Die Messung der Augentemperatur erfordert im Gegensatz dazu einen wesentlich größeren Arbeitsaufwand und kontinuierliche Bedingungen. Die Messung beruht auf dem Blutfluss der oberflächlichen Kapillaren rund um das Auge. In aktuellen Studien wurde gezeigt, dass die Infrarot-Messung der Augentemperatur ein guter Indikator für Stress ist, da die, durch das sympathische System innervierten Kapillaren, auf Änderungen des Blutflusses reagieren (STEWART et al., 2007).

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es, Messorte und Messmethoden zu finden, die eine enge Korrelation mit der rektal gemessenen IKT haben und damit für ein erleichtertes Herdenmanagement eingesetzt werden können.

2 Literaturübersicht

2.1 Angaben zur inneren Körpertemperatur beim Rind

Die Körpertemperatur eines Tieres hängt von der Menge an Wärmeenergie pro Körpergewichtseinheit ab.

$$\text{Körperwärme} = \text{Wärmebildung} \pm \text{Wärmeaustausch mit der Umgebung}$$

Endotherme Tiere, unter anderem das Rind, sind in der Lage, durch ihre endogene Wärmeproduktion ihre Körpertemperatur unabhängig von der Außentemperatur aufrechtzuerhalten (STEINLECHNER, 2010).

Unter Körpertemperatur beim Rind wird im allgemeinen die innere Körperwärme verstanden, die mit einem der üblichen Maximalthermometer (innerhalb der auf diesem angegebenen Zeitspanne) oder mit einem elektronischen Digitalthermometer rektal zu messen ist (STÖBER, 1990). Die Messung der IKT stellt eine bedeutende Standarduntersuchung dar, um Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand und eventuell schon bestehende Krankheitsprozesse ziehen zu können.

Jeder Organismus besitzt eine individuelle, für ihn physiologische, innere Körpertemperatur. Die innere Körpertemperatur hängt von verschiedenen internen und externen Faktoren ab. So üben das Alter des Rindes, die endogene Wärmeproduktion bzw. die Blutversorgung, die Versorgung an Nährstoffen und die jeweilige Leistung, das Laktationsstadium, aber auch die Umgebungstemperatur und die Luftfeuchtigkeit einen entscheidenden Einfluss auf die innere Körpertemperatur aus (BAUMGARTNER, 2009).

Von physiologischen Werten spricht man beim erwachsenen Rind innerhalb eines Temperaturbereiches von 38,3°C bis 38,8°C (BAUMGARTNER, 2009). Verschiedene Autoren machten jedoch unterschiedliche Angaben, welche Werte als physiologisch anzusehen sind (Tabelle 1).

Tabelle 1: Unterschiedliche Definitionen der physiologischen Körpertemperatur beim Rind in Grad Celsius der verschiedenen Autoren

BAUMGARTNER, 2009	38,3 – 38,8
BENZAQUEN et al., 2007	38,0 – 39,1
DRILLICH et al., 2001	bis 39,5
KRISTULA et al., 2001	bis 39,1
REBHUN, 2008	38,0 – 39,1
STÖBER, 1990	38,0 – 39,0

2.2 Abweichungen und Schwankungen

Abweichungen der IKT vom jeweiligen Normbereich (Hypo- bzw. Hyperthermie) müssen nach Zusammenfassung aller erhobenen Befunde klinisch interpretiert werden. Die Normaltemperaturen variieren zwischen den einzelnen Tieren (WRENN et al., 1961; LEFCOURT et al., 1999) und sind tageszeitlichen Schwankungen unterworfen (BITMAN et al., 1984).

WRENN et al. (1961) untersuchten die täglichen Temperaturschwankungen bei Milchrindern. Es wurden normale, tragende und ovariektomierte Tiere, sowie Kalbinnen untersucht. Als Datengrundlage dienten 102 täglich kontinuierlich gemessene Temperaturkurven. Dabei zeigten 67% der Tiere zwei deutliche Erhöhungen (peaks), 23% zeigten nur einen peak, 7% der Tiere waren polyphasisch (Aufzeichnung drei oder mehrerer peaks) und 3% der Tiere zeigten keine Erhöhung der Körpertemperatur im Tagesverlauf. Die Häufigkeiten dieser peaks unterschieden sich zwischen den Gruppen nicht. Ebenfalls von wichtiger Bedeutung sind die Schwankungen der Temperatur im Tagesverlauf. Die Temperaturen waren bei allen Tieren am Vormittag und Nachmittag erhöht, in den Abend- und frühen Morgenstunden erniedrigt.

PICCIONE et al. (2003), KENDALL und WEBSTER (2009) beschrieben ebenfalls den bereits von WRENN et al. (1961) dargestellten und vorher erwähnten Verlauf des Tagesrhythmus mit der Minimaltemperatur in der Früh und dem Maximalwert in den Abendstunden.

Weitere Unterschiede, die ebenfalls bei der Messung der inneren Körpertemperatur zu berücksichtigen sind, sind Alter sowie Geschlecht und Reproduktionsstatus. Auch das untersuchte WRENN et al. (1958) bei den einzelnen Gruppen. Die höchsten Körpertemperaturen zeigten sich bei Kälbern und tragenden Tieren.

Wesentlich niedrigere Temperaturen wurden bei laktierenden und ovariektomierten Tiere aufgezeichnet.

KENDALL und WEBSTER (2009) untersuchten den Einfluss der Jahreszeit und des physiologischen Status (Laktationstag, Reproduktionsstatus) auf den Verlauf der Körpertemperatur und fanden heraus, dass sowohl die Jahreszeit als auch der Status des Tieres einen wesentlichen Einfluss auf den Rhythmus der Körpertemperatur haben.

BITMAN et al. (1984) implantierten sechs Holstein Frisian Kühen (drei in der Früh-laktation und drei in der Spät-laktation) Thermistoren (temperaturempfindliche Halbleiter, deren Widerstand sich mit der Temperatur ändert) in das rechte Vorderviertel und in die Peritonealhöhle um festzustellen, ob die Temperatur des Euters unabhängig von der inneren Körpertemperatur reguliert wird. Sie fanden heraus, dass die Eutertemperatur eng mit der IKT korrelierte ($38,8 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$). Auch bei diesem Versuch konnte ein 24 Stunden - Muster mit einem Minimalwert um 09:30 Uhr und einer konstanten Erhöhung der Temperatur um 23:00 Uhr festgestellt werden.

WENZ et al. (2011) untersuchten die Zusammenhänge von verschiedenen Faktoren (u.a. Stoffwechsel, Krankheiten, Kalbemonat) mit der IKT bei 392 Kühen 10 Tage post partum. Die Temperaturen waren bei den Erstkalbenden $0,1$ bis $0,2^{\circ}\text{C}$ höher als bei den Kühen mit mehreren Geburten und auch die erkrankten Tiere hatten höher innere Körpertemperaturen als die gesunden ($38,9 \pm 0,04^{\circ}\text{C}$ bis $39,2 \pm 0,73^{\circ}\text{C}$ im Gegensatz zu $38,7 \pm 0,03^{\circ}\text{C}$). Jene Tiere die an Metritis erkrankt waren, wiesen um $0,1^{\circ}\text{C}$ ($38,8 \pm 0,05^{\circ}\text{C}$) höhere Temperaturen auf. Zusammenfassend konnten sie einen Zusammenhang mit der Trächtigkeit, dem Kalbemonat und der Erkrankung, vor allem mit Metritiden nachweisen.

Den Zusammenhang zwischen innerer Körpertemperatur und Zyklusstand untersuchten WRENN et al. (1958) anhand vaginaler Messungen. Sie konnten eine physiologische Temperaturschwankung in Zusammenhang mit dem Zyklusstand nachweisen. Kurz vor der Brunst konnten niedrigere und am Tag der Brunst höhere Temperaturen beobachtet werden. Im weiteren Verlauf sanken die Temperaturen wieder ab, stiegen aber in der Gelbkörperphase wieder an.

Eine weitere Beobachtung machten sie zum Ende der Trächtigkeit, wo ein rapider Rückgang der Vaginaltemperatur kurz vor der Geburt dokumentiert wurde. Damit liefern die Temperaturbeobachtungen einen nutzbaren Indikator für die Aktivität des Corpus luteum.

Auch SUTHAR et al. (2012) untersuchten den endogenen und exogenen Effekt von Progesteron auf die Körpertemperatur. Die Messungen erfolgten mittels vaginalen Temperaturloggern und einem, für die rektale Temperatur verwendeten, Digitalthermometer. Im ersten Versuch verglichen sie trächtige und nicht trächtige Tiere und fanden bei den trächtigen eine um $0,3 \pm 0,01^{\circ}\text{C}$ höhere Vaginaltemperatur. Im zweiten Versuch wurden die Tiere zufällig Gruppen (eine mit CIDR + Progesteron und eine mit CIDR ohne Wirkstoff) zugeteilt. Auch hier konnten am dritten Tag nach der Behandlung um $0,3 \pm 0,03^{\circ}\text{C}$ höhere Vaginaltemperaturen dokumentiert werden als am ersten und fünften Tag. Im dritten Versuch wurden die Temperaturlogger 24 Stunden \pm 24 Stunden nach der Ovulation sowie 48 Stunden später eine CIDR + Progesteron eingesetzt und anschließend am fünften \pm 24 Stunden sowie am siebten Tag \pm 24 Stunden wieder entfernt. Auch hier konnte eine Erhöhung der Vaginaltemperatur von $0,2 \pm 0,05^{\circ}\text{C}$ sowie $0,1 \pm 0,05^{\circ}\text{C}$ im Gegensatz zu vor und nach der Behandlung beobachtet werden. Auch SUTHAR et al. (2012) fanden damit heraus, dass sich der Anstieg der Vaginaltemperatur auf eine endogene und exogene Progesteronkonzentration zurückführen lässt.

Eine ähnliche Studie wurde zuvor von BURFEIND et al. (2011) veröffentlicht. Sie untersuchten, wie präzise die vaginal und rektal gemessene Körpertemperatur eine Prognose im Bezug auf die bevorstehende Abkalbung liefern kann. Den zu kalbenden Tieren wurden Temperaturlogger in die Vagina eingeführt und zusätzlich wurde zweimal täglich die Temperatur mittels Rektalthermometer gemessen. Die Vaginaltemperatur war am Tag der Abkalbung, im Vergleich zu 24 bis 48 Stunden vorher, um $0,2$ bis $0,3^{\circ}\text{C}$ und $0,6$ bis $0,7^{\circ}\text{C}$ niedriger. Die Abkalbung konnte bei einem Temperaturabfall von $\geq 0,3^{\circ}\text{C}$ (gemessen über 24 Stunden) für die nächsten 24 Stunden vorhergesagt werden. Die Rektaltemperaturen waren bei der Abkalbung um $0,3$ bis $0,5^{\circ}\text{C}$ und $0,4$ bis $0,6^{\circ}\text{C}$ niedriger als die 24 bis 48 Stunden vorher gemessenen Werte. Auch hier war ein Abfall der Rektaltemperatur von $\geq 0,3^{\circ}\text{C}$ zur Vorhersage des Abkalbezeitpunktes innerhalb 24 Stunden ausreichend. Die Messungen lieferten wichtige Informationen im Zusammenhang mit den klinischen Anzeichen der bevorstehenden Geburt, wie z.B. die Relaxation der Beckenbänder.

Die Veränderungen der IKT können durch Temperaturkurven definiert beschrieben werden. Temperaturkurven sind charakteristische Kurven, die sich bei mehrmaligem, mindestens zweimal täglichem Messen ergeben. Sie können sich je nach Temperaturschwankungen mehr oder weniger charakteristisch darstellen.

Diese Kurven werden auch als sogenannte Fieberkurven bezeichnet. Durch diese Kurven können Tagesminimum und Tagesmaximum der Temperatur des Tieres bestimmt werden. Die Tagesdifferenz ergibt sich dann aus dem Unterschied zwischen den beiden (BAUMGARTNER, 2009). Wie in den Kapitel 2.4 und 2.5 beschreiben, spielt nicht nur das Tier selber sondern auch durch die Messtechnik, die Art des Thermometers und die Eindringtiefe in das Rektum hinsichtlich der Abweichungen und auch Schwankungen eine entscheidende Rolle (BURFEIND et al., 2010).

2.3 Angaben zu pathologischen Werte in der Literatur

2.3.1 Hypothermie und Hyperthermie

Man bezeichnet die Körperkerntemperatur, die ein Säugetier im Ruhezustand hat, als normotherm (STEINLECHNER, 2010). Als pathologische Werte bezeichnet man erhöhte (Hyperthermie) oder erniedrigte (Hypothermie) Werte der IKT, welche im schlimmsten Fall zum Kälte- bzw. Hitzetod führen können.

BAUMGARTNER (2009) definierte die Temperaturen folgendermaßen:

subferbril:	Temperatursteigerung an der Grenze des Normalen (0,1 bis 0,2°C)
geringgradig erhöht:	bis 1°C
mittelgradig erhöht:	1-2°C
hochgradig erhöht:	2-3°C
hyperpyretisch:	mehr als 3°C über maximalen phys. Grenzwert
subnormal:	unter minimalen phys. Grenzwert

2.3.2 Fieber

Fieber ist ein Symptomenkomplex, bei dem es unter anderem zur Erhöhung der IKT und zur Sympathikotonie kommt (BAUMGARTNER, 2009). Die durch exogene oder endogene Pyrogene ausgelöste Erhöhung des Sollwertes bedingt, dass die IKT deutlich unter dem neuen Sollwert liegt (STEINLECHNER, 2010). Welche Temperatur

als Grenzwert für Fieber beim Rind und damit als Indikation für eine Behandlung angesehen werden sollte, ist in der Literatur nicht einheitlich angegeben.

DRILLICH et al. (2001) definierten Fieber im Zusammenhang mit der toxisch puerperalen Metritis ab einer rektal gemessenen Körpertemperatur von $> 39,5^{\circ}\text{C}$. Andere Autoren gaben bei der gleichen Erkrankung als Grenzwerte eine IKT von $39,2$ (SMITH et al., 1998) bis $39,8^{\circ}\text{C}$ an (DINSMORE et al., 1996; DRILLICH et al., 2001; OVERTON et al., 2003; CHENAULT et al., 2004; SHELDON et al., 2004).

2.4 Fehlerquellen beim Messen

Fehlerquellen können sowohl bei den technisch verwendeten Messgeräten oder bei der messenden Person liegen aber auch durch das Tier selbst hervorgerufen werden. Fehlerquellen und damit falsch gemessene Temperaturen können durch nicht ordnungsgemäße Messungen, nach Beanspruchung bzw. nach körperlicher Arbeit (z.B. in Form von Milchbildung) oder Nahrungsaufnahme und damit verbundenem vermehrtem Stoffwechsellaufwand für den Organismus auftreten. Weiteres können falsch erhöhte Werte auch bei Proktitis (Entzündungen des Mastdarms), Hyperämien, Obstipationen, Mastdarmlähmungen sowie durch Sphinkterlähmungen, Durchfälle, rektale Untersuchungen vor der Messung aber auch durch nicht tief genug eingeführte Thermometer auftreten (BAUMGARTNER, 2009). BURFEIND et al. (2010) fanden heraus, dass die unterschiedlichen Werte der rektal gemessenen IKT gering vom Kotabsatz ($<0,1^{\circ}\text{C}$) aber deutlich von der Eindringtiefe des Thermometers (bis zu $0,4^{\circ}\text{C}$) und der Art des Thermometers (bis $0,3^{\circ}\text{C}$) beeinflusst werden. Ebenfalls wurde die Wiederholbarkeit der Messung zwischen unterschiedlichen Untersuchern getestet. Die Abweichung betrug bei einigen Tieren immerhin bis zu $0,5^{\circ}\text{C}$.

2.5 Messmethoden/Messorte

Um Abweichungen der Körpertemperatur festzustellen, wird heute fast ausschließlich die Messung der rektalen Körpertemperatur herangezogen. Es sind jedoch auch andere Lokalisationen und Messmethoden anwendbar, die im Folgenden vorgestellt werden sollen.

2.5.1 Rektale Messung

Die rektale Messung stellt das meist angewandte Verfahren zur Überprüfung der IKT dar. Laut REBHUN (2008) soll das rektal eingeführte Thermometer, 15 cm lang sein und für zwei Minuten an Ort und Stelle verweilen. BURFEIND et al. (2010) untersuchten, in wie weit sich die rektal gemessene Körpertemperatur durch Eindringtiefe, Kotabsatz oder sogar durch das Verfahren selbst beeinflussen lässt. Sie fanden deutliche Unterschiede im Bezug auf die Eindringtiefe des Thermometers (bis zu 0,4°C). Der vorherige Kotabsatz hatte keinen Effekt auf die gemessene Temperatur. BEWLEY et al. (2008) fanden heraus, dass der Zusammenhang zwischen rektal und rektal gemessener Temperatur stark miteinander korreliert ($r = 0,65$) und von Jahreszeit, Laktationstag, Aufstallung und Abkalbungen abhängig ist.

2.5.2 Vaginale Messung

Einen Vergleich zwischen rektal und vaginal gemessener inneren Körpertemperatur untersuchten VICKERS et al. (2010). Sie beschrieben den Zusammenhang zwischen rektal und vaginal gemessener IKT bei frischlaktierenden ($n=1.393$; $r = 0,81$) und bei hochlaktierenden Tieren ($n=556$; $r = 0,46$). In dieser Studie waren die Temperaturen bei gesunden Tieren in der Nacht höher und zwischen 08:00 Uhr bis 10:00 Uhr niedriger als bei erkrankten Tieren. Bei Tieren mit Nachgeburtsverhaltung verschob sich die Zeitspanne auf 11:00 Uhr bis 13:00 Uhr. Es konnte ebenfalls eine enge Beziehung zwischen vaginaler und rektaler Temperatur gefunden werden, die jedoch von Temperaturbereich und vom Zeitunterschied zwischen den Messungen abhängig war.

2.5.3 Messung der Augentemperatur

Die Messung der Augentemperatur wird mittels einer Infrarotkamera durchgeführt. Sie kann zur Erfassung von Schmerz (COOK et al., 2005; STEWART et al., 2008), von Stress (PAVLIDIS et al., 2002; STEWART et al., 2007) und von emotionalen Störungen (LEVINE et al., 2001) herangezogen werden.

STEWART et al. (2008) untersuchten bei Kälbern die Änderung der Augentemperatur während des Enthornungsvorganges mit und ohne Lokalanästhesie. Dabei wurde, bei der Enthornung ohne Lokalanästhesie, eine langanhaltende Erhöhung der Temperatur festgestellt. Es wurde angenommen, dass der Anstieg der Augentemperatur aufgrund der Diffusion des Blutes und damit sympathischer Innervation via Vasokonstriktion herbeigeführt wurde. Ähnliche Beobachtungen machte COOK et al. (2005) bei der Entfernung des Geweihs bei Wapitis.

SCHAEFER et al. (2006) fanden bei Kälbern einen plötzlichen Abfall der Augentemperatur in Zusammenhang mit Angst induzierten Stimuli.

STUBSJØEN et al. (2009) beschrieben die Temperaturmessung am Auge beim Schaf. Sie untersuchten Schmerzempfindungen und damit verbundene Änderungen der Augentemperatur gemeinsam mit der Herzfrequenz. Sie fanden heraus, dass die Herzfrequenz ein besser sensibles, nicht invasives Verfahren ist, als die Messung der Augentemperatur mittels Infrarotkamera, um leichten bis mittelschweren Schmerz festzustellen.

2.5.4 Messung der subkutanen Temperatur

Die subkutane Temperaturmessung ist derzeit nur im Heimtier- und vereinzelt auch im Pferdebereich zu finden. Die Verwendung von Sendern im Rinderbereich zur automatischen Erfassung der Körpertemperatur könnte ein gutes System sein, um einen Anstieg der Temperatur frühzeitig zu erkennen. Jedoch spielt die richtige Lokalisation der Sensoren eine entscheidende Rolle, um die Einflüsse der Umgebungstemperatur zu minimieren (KAMANN et al., 1999; GEORG et al., 2009). Ein Problem bei der subkutanen Temperaturmessung ist der Umstand, dass dieses System zum Einsatz bei Lebensmittel liefernden Tieren nicht zugelassen ist (KLINDTWORTH, 2007; SCHWALM et al., 2009).

LEFCOURT und ADAMS (1996) implantierten 10 Stierkälbern Temperatursensoren hinter dem Brustkorb und fanden bei allen 10 Kälbern nahezu identische Temperaturen von $39,0 (\pm 0,12^{\circ}\text{C})$.

KAMANN et al. (1999) verglichen die rektal gemessene Körpertemperatur mit der subkutanen. Sie implantierten 15 Kälbern die Sensoren subkutan unter dem Dreiecksknorpel am Ohransatz (Skutulum) und ermittelten eine Korrelation von $r = 0,82$. Es wurde jedoch auch beobachtet, dass nach der Injektion die Temperatur

ca. eine Woche um 1,5°C höher war und bis zum Ende des Versuches ca. 1,0°C niedriger lag als die rektal gemessene Körpertemperatur.

GOODWIN (1998) verglich die Temperaturen von kleinen Wiederkäuern und Pferden. Sie verwendete ein Infrarotthermometer im Ohr, einen subkutanen Mikrochip und im Vergleich dazu ein digitales, rektal eingeführtes Thermometer. Sowohl bei den Pferden als auch bei den Schafen konnten signifikant höhere rektale Temperaturen im Vergleich zu Infrarotwerte und s.c. gemessenen Temperaturen nachgewiesen werden. Bei den Ziegen waren rektale und s.c. Temperaturwerte signifikant höher als die Infrarottemperaturen.

GEORG et al. (2009) untersuchten die Injektion von Temperatursensoren an drei verschiedenen Lokalisationen bei Stierkälbern. Sie wählten das linke Ohr unter dem Dreiecksknorpel, das rechte Ohr an der Ohrbasis und an der linken Halsseite in der Mitte zwischen Hinterkopf und Buggelenk als Lokalisation aus. Der Versuch zeigte, dass 90,8% der subkutanen Temperaturwerte unter den rektal gemessenen lagen. Die Differenzen befanden sich zwischen 0,43 bis 0,68°C.

2.5.5 Messung der Vormagentemperatur

SIEVERS et al. (2004) empfahlen die intraruminale Messung, da diese Methode viele Vorteile mit sich bringen kann. Sie ist unabhängig von externen Störfaktoren und kann daher auch von außen nicht manipuliert werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Messsonden verloren gehen, ist sehr gering. Die intraruminale Temperatur wurde als effektive Methode für die Körperkerntemperaturmessung etabliert (HICKS et al., 2001; PRENDIVILLE et al., 2002), da aufgrund der Wärme produzierenden Mikroorganismen, die intraretikuläre oder intraruminale Temperatur ungefähr um 0,5°C höher ist als die Körperkerntemperatur (BITMAN et al., 1984; HICKS et al., 2001; PRENDIVILLE et al., 2002).

Zur kontinuierlichen Erfassung der Temperatur und des pH-Wertes im Vormagenbereich wurde eine Messeinheit in Bolusform entwickelt (GASTEINER et al., 2009). Der Sensor wurde an pansenfistulierten Tieren des Lehr- und Forschungszentrums (LFZ) Raumberg-Gumpenstein, Irdning im Rahmen eines Fütterungsversuches eingesetzt. Bei dieser Studie wurden drei Fütterungsgruppen mit unterschiedlichen Rationen in 30 Minuten Intervallen bezüglich Veränderung von pH-Wert und Temperatur im Pansen untersucht. Die Versuchsgruppe mit erhöhtem

Krafffutterangebot in der Ration wies auch eine erhöhte IKT auf, was auf erhöhte mikrobiologische Umsetzungsvorgänge im Pansen zurückzuführen ist (GASTEINER et al., 2009). Die Messergebnisse wurden signifikant durch Perioden der Wasseraufnahme bei den Tieren beeinflusst. Ob die Temperaturmessung im Pansen einen Hinweis auf die IKT liefern kann und ob eine positive Korrelation vorliegt, wurde in diesem Versuch jedoch nicht ermittelt.

SIMMONS et al. (1965), DRACY und KURTENBACH (1968) und YAMADA et al. (2001) beschrieben die Wasseraufnahme und deren Auswirkungen auf die gemessene Temperatur als den limitierenden Faktor bei der Verwendung des Pansensensors. Sie konnten einen vorübergehenden, aber deutlichen Abfall der ruminalen oder retikulären Temperatur nach der Wasseraufnahme nachweisen. Die Zeit, die benötigt wird, um wieder auf den Temperaturlevel vor der Wasseraufnahme zu kommen, beträgt 20 bis 120 Minuten (SIMMONS et al., 1965; BROD et al., 1982; YAMADA et al., 2001).

3 Material und Methoden

3.1 Ziele der Untersuchungen

Ziel der Untersuchungen war es, fünf unterschiedliche Messmethoden und Messorte zur Erhebung der IKT unter standardisierten Bedingungen mit einem Goldstandard (rektale Temperaturmessung mit einem Quecksilberthermometer) untereinander zu vergleichen.

Es wurde die Korrelation zwischen der rektal gemessenen IKT und den anderen Messmethoden bestimmt. Die Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit wurde ebenfalls in der Arbeit berücksichtigt, um gegebenenfalls Effekte auf die erhobenen Parameter zu ermitteln.

3.2 Versuchsbetrieb und -tiere

Die Diplomarbeit wurde am Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Irdning mit n=12 Tieren in Anbindehaltung durchgeführt. Der Versuch teilte sich in zwei Versuchsblöcke. Der erste Versuchsblock startete im April 2011 und der zweite im August 2011. Pro Block wurden je 6 Tiere der Rasse BV x HF und FV x HF in Anbindehaltung aufgestellt. Versuch 1 umfasste 6 Tiere. Versuch 2 umfasste ebenfalls 6 Tiere, wobei 3 davon bereits im ersten Versuch aufgestellt waren. Die beiden Tiergruppen wurden unabhängig voneinander betrachtet, sodass eine Tieranzahl von n=12 ausgewertet werden konnte.

Die zusätzlich erfassten Daten der Tiere waren die Rasse, Laktationszahl, Laktationsstadium und die Milchleistung (Tabelle 2).

Tabelle 2: Auflistung der Versuchstiere

Tier	Name	Rasse	Lak. Zahl	Lak. Stadium*	Mkg	Untersuchungszeitraum
VT ₁	Olio	BV x HF	3	3.	20,5	16.04. – 30.04.2011
VT ₂	Neckar	BV x HF	3	3.	18,6	16.04. – 30.04.2011
VT ₃	Gretl	BV x HF	3	1.	39,6	16.04. – 30.04.2011
VT ₄	Duddy	BV x HF	7	2.	28,6	16.04. – 30.04.2011
VT ₅	Neisse	BV x HF	3		trocken	16.04. – 30.04.2011
VT ₆	Dami	BV x HF	5	2.	22,5	16.04. – 30.04.2011
VT ₇	Olio	BV x HF	3		trocken	05.08. – 23.08.2011
VT ₈	Dami	BV x HF	5	3.	18,4	05.08. – 23.08.2011
VT ₉	Norhild	BV x HF	3	2.	29,2	05.08. – 23.08.2011
VT ₁₀	Gretl	BV x HF	3	2.	32,1	05.08. – 23.08.2011
VT ₁₁	Nanna	FV x HF	3	3.	8,3	05.08. – 23.08.2011
VT ₁₂	Nagerl	BV x HF	3		trocken	05.08. – 23.08.2011

*Einteilung des Laktationsstadiums: 1. Drittel = bis 100 Tage p.p., 2. Drittel = 100 – 200 Tage p.p., 3. Drittel = 200 – 300 Tage p.p.

3.3 Messmethoden und Messorte

Die Messungen wurden mit fünf unterschiedlichen Methoden an fünf verschiedenen Messorten durchgeführt und mit dem Goldstandard (Quecksilberthermometer, THg) verglichen. Die Temperatur wurde rektal (digitales Thermometer, Tdig), vaginal (Vaginalsonde, TVS), intraruminal (Pansensonde, TPS), subkutan (Sensor, Tsc) und intracorneal (Infrarot, rechtes und linkes Auge, TIR_re, TIR_li) erhoben. Während der Untersuchungsdurchgänge wurden stündlich die Außentemperatur und die Luftfeuchtigkeit bestimmt.

3.3.1 Rektale Messung

Die erste rektale Messung erfolgte mit einem Quecksilberthermometer (Abbildung 1) und wurde als Goldstandard herangezogen. Die weitere rektale Messung erfolgte mit einem elektronischen Thermometer (Abbildung 2).

Das Quecksilberthermometer (Veterinär d26) wurde 11cm in das Rektum eingeführt und für exakt 3 Minuten dort belassen. Aufgrund des Alters des verwendeten Thermometers, sind keine Hersteller- und Firmenangaben vorhanden.

Als Vergleich wurde ein elektronisches Thermometer (Veterinärthermometer SC 12 von Scala[®], Bayer, Leverkusen, Deutschland) verwendet. Der angegebene Messbereich des Thermometers befand sich zwischen 32,0°C und 43,9°C. Die Messgenauigkeit wurde laut Hersteller bei einer Umgebungstemperatur von 18,0°C bis 28,0°C zwischen 35,5°C bis 42,0°C mit 0,1°C definiert.

Das Thermometer wurde 8,5cm in das Rektum eingeführt. Sobald der Signalton hörbar war wurde es wieder aus dem Rektum entfernt und die angezeigte Temperatur wurde notiert. Die maximale Messzeit betrug bei diesem Thermometer 30 Sekunden. Eine Messungenauigkeit (Fehlfunktion) wurde vom Thermometer selbst während der Messungen nicht angezeigt.

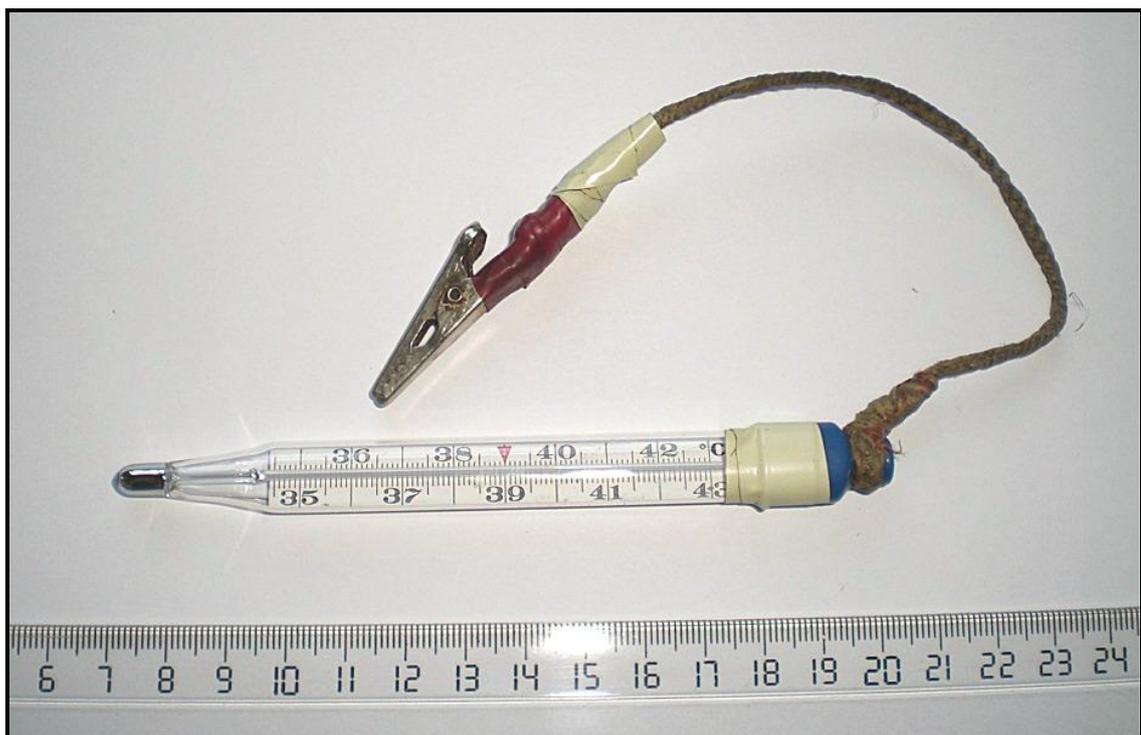


Abbildung 1: Quecksilberthermometer Veterinär d26

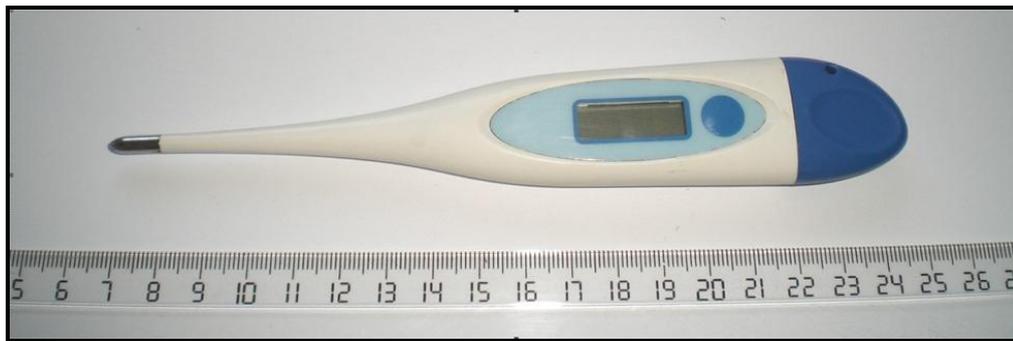


Abbildung 2: Verwendetes Digitalthermometer zur Erhebung der rektalen IKT

3.3.2 Vaginale Messung

Die vaginale Messung erfolgte kontinuierlich in 10-minütigem Abstand über genormte und validierte Sensoren mit Mikroprozessoren entwickelt von Mitarbeitern der Technischen Universität Graz (Sciencepark). Der Sensor besteht aus einem bruchsicheren Kunststoffgehäuse (Copolymerisiertes Polyoxymethylen) und hat eine Dichte von $1,4\text{g/cm}^3$. Die Vaginalsensoren waren mit einer Länge von 180mm und einem Durchmesser von 36mm so gebaut, dass ein Herausfallen verhindert werden sollte (Abbildung 3). Die erhobenen Temperaturdaten wurden drahtlos über Funkwellen in 10-minütigen Abständen an das externe Empfängergerät geliefert (GASTEINER et al., 2009). Die Sensoren wurden mit der Hand nach gründlicher Reinigung der Vagina mit Seife und Wasser, bis vor den Muttermund eingebracht und dort abgelegt.



Abbildung 3: Vaginalsensor (Gasteiner, 2009)



Abbildung 4: Angebrachte Gummischläuche zur Erhöhung des Widerstandes

An den Sensoren wurden für den zweiten Versuchsblock zusätzlich flexible Gummischläuche mit einem Kabelbinder befestigt, um einen erhöhten Widerstand zu erzielen und um ein Herausfallen zu minimieren (Abbildung 4).

3.3.3 Messung der Augentemperatur

Die Messung der Augentemperatur wurde mittels Infrarotkamera (ThermaCAMP™60 (220 x 100 x 120mm; 2,0 kg; Stativ Standard, ¼“ – 20) FLIR Systems, Inc., Hessen, Deutschland) durchgeführt (Abbildung 5). Die Einstellungen der Kamera waren bei allen Erhebungen gleich.

Einstellungen:

Trefl (<i>reflektierende Temperatur</i>)	= 20
Tatm (<i>Umgebungslufttemperatur</i>)	= 20
Abst. (<i>Abstand</i>)	= 2.0
FOV (<i>Field of view, Sehwinkel</i>)	= 24
ϵ (<i>Emissionsgrad</i>)	= 0,96
Genauigkeit	= $\pm 2^{\circ}\text{C}$ oder $\pm 2\%$
Temperaturbereich (Standard)	= - 40 - +120



Abbildung 5: Für die Messungen der Augentemperaturen wurde eine Infrarotkamera ThermaCAMP™ 60 der Firma FLIR Systems verwendet (Seiten- und Aufsicht) (www.flir.com)

Die Messung erfolgte stündlich nach Abschluss der Messungen mit den anderen Methoden. Es wurde versucht, einen Abstand von ungefähr 0,5m sowie einen Winkel von ungefähr 90° einzuhalten. Der genaue Messpunkt befand sich im ventralen nasalen Winkel vor der Caruncula lacrimalis (Abbildung 6). Die Messung erfolgte beidseits. Die Bilder der Messung wurden als JPEG Dateienformat gespeichert und mit der Analysensoftware ThermaCAM Reporter 2002 (FLIR Systems, Inc., Hessen, Deutschland) ausgewertet.

Die erhaltenen Temperaturdaten beruhen auf dem Blutfluss der oberflächlichen Kapillaren rund um das Auge, welche bei physiologischen Bedingungen reguliert werden (STEWART et al., 2005).

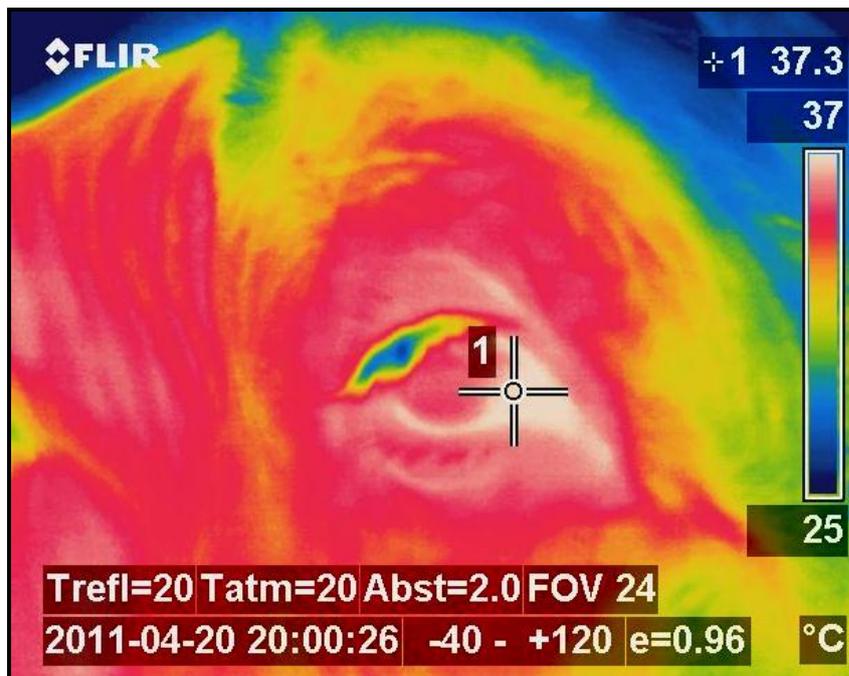


Abbildung 6: Temperaturmessung des rechten Auges mittels Infrarotkamera

3.3.4 Messung der Hauttemperatur

Als weitere Lokalisation wurde die subkutane Messung durchgeführt. Die Messung erfolgte mit LifeChip[®], einem subkutan eingebrachten Sensor (Biothermo[™], Destron Fearing, Minnesota, Vereinigte Staaten). Der Mikrochip mit einer Größe von ca. 14,5 x 2,1mm (Abbildung 7) wurde mittels steril verpacktem Applikator s.c., im oberen Drittel des Halses auf der linken Seite implantiert (Abbildung 8). Die Stelle wurde vorher rasiert und desinfiziert. Mittels Destron Fearing[™] Pocket Reader[®] wurde die Temperatur abgelesen und notiert (Abbildung 9).



Abbildung 7: Größenvergleich des verwendeten LifeChip[®] mit Bio-Thermo[™] Technologie (www.destronfearing.com)



**Abbildung 8: Steril verpackter Applikator des LifeChip®
(www.destronfearing.com)**



Abbildung 9: Mit dem Destron Fearing™ Pocket Reader® wurde die Temperatur seitlich am Hals abgelesen

3.3.5 Messung der Vormagentemperatur

Zur kontinuierlichen Messung der Temperatur im Vormagenbereich wurde von Mitarbeitern der Technischen Universität Graz (Sciencepark) eine Sonde, die aufgrund ihrer Bauart (Länge 180mm, Ø 36mm, Gewicht 208g) einem erwachsenen Rind per os eingegeben werden kann, entwickelt (GASTEINER et al., 2009).

Die Messeinheit besteht aus einem bruchsicheren Kunststoffgehäuse (Copolymerisiertes Polyoxymethylen) und hat eine Dichte von $1,4\text{g/cm}^3$ (Abbildung 10).



Abbildung 10: Intraruminale Temperaturmeseinheit mit einer Länge von 180mm, einem Ø von 36mm und einem Gewicht von 208g (Gasteiner, 2009)

Aktuelles Datum, Uhrzeit sowie die Ohrmarken-Nummer des jeweils entsprechenden Tieres sind in das System integriert. Die gemessenen Daten werden in einem nicht flüchtigen Speicher der Sonde abgelegt und können jederzeit von außerhalb des Pansens mittels eines externen Empfangsgerätes ausgelesen werden. Das System überträgt die Messergebnisse drahtlos über Funkwellen (433 MHz) an das externe Empfangsgerät. Die derzeitige Spezifikation der Pansen-pH-Sonde beinhaltet vom Anwender wählbare Messintervalle (von 1 Sekunde bis zu Stundenintervallen) (GASTEINER, 2009). Die intraruminale Temperaturmessung in dieser Arbeit erfolgte kontinuierlich in 10-minütigem Abstand (Abbildung 11).

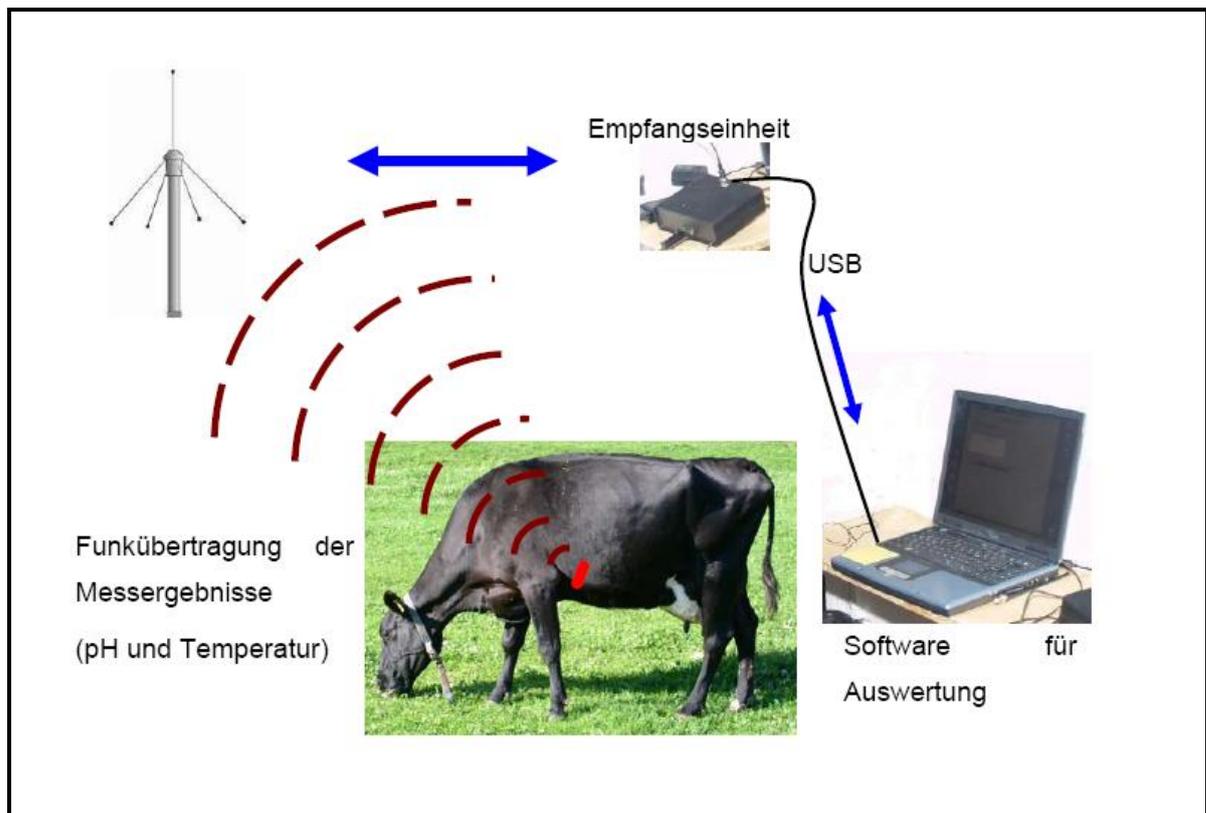


Abbildung 11: Intraruminale Temperaturmesseinheit für Rinder mit kabelloser Datenübertragung (Gasteiner, 2009)

3.3.6 Messung der Umgebungstemperatur

Zur kontinuierlichen Messung der Umgebungstemperatur wurde ein interner Temperatursensor (testostor 171-3, Testo AG, Lenskirch, Deutschland) verwendet (Abbildung 12). Der Messbereich des Temperatursensors, mit einer Größe von 131 x 68 x 84mm und einem Gewicht von 320g, wurde von -10°C bis +50°C und einer Genauigkeit von $\pm 0,5^\circ\text{C}$ angegeben. Die Messung der Umgebungstemperatur erfolgte kontinuierlich in 15-minütigen Intervallen. Die gespeicherten Temperaturen wurden anschließend mittels Schnittstelle auf dem PC ausgewertet.

3.3.7 Messung der relativen Luftfeuchte

Die relative Luftfeuchte wurde mit dem kompakten Feuchtlogger (mit Display) (testo 175-H2[®], Testo AG, Lenskirch, Deutschland) aufgezeichnet (Abbildung 13). Der Messbereich sowie die Genauigkeit wurden laut Hersteller mit 0 bis +100%rF sowie $\pm 3\%rF$ angegeben. Die Messung der relativen Luftfeuchte erfolgte, so wie

bei der Messung der Umgebungstemperatur, in 15-minütigen Intervallen. Die gespeicherten Temperaturen wurden ebenfalls mittels Schnittstelle auf dem PC ausgewertet.



Abbildung 12: Der testostor 171-3® zur Aufzeichnung der Umgebungstemperatur (www.testo.de)



Abbildung 13: Der testo 175-H2 zur Aufzeichnung der relativen Luftfeuchte (www.testo.de)

3.4 Probenschema

Die Probeentnahme am LFZ Raumberg–Gumpenstein wurde in zwei Erhebungen eingeteilt. Die erste Erhebung dauerte 10 Tage. Die zweite Erhebung betrug 6 Tage. In jedem Erhebungsblock befanden sich 6 Tiere in Anbindehaltung. Die Intervalle der Erhebungen im Frühjahr und im Sommer 2011 teilten sich in eine Tag- und in eine Nachtmessung, um eine kontinuierliche Messung über 24 Stunden zu gewährleisten. Die Tagmessung begann um 06:00 Uhr und endete um 17:00 Uhr desselben Tages. Die Nachtmessung begann um 18:00 Uhr und endete um 05:00 Uhr des nächsten Tages. Eine Tag- beziehungsweise eine Nachtmessung beliefen sich daher auf je 12 Stunden. Die zusammengehörenden Messungen wurden als ein Probetag gewertet.

Intervall der Erhebungen im April und im August 2011

SA	SO	DI	MI	FR	SA	MO	DI	DO	FR
d	n	d	n	d	n	d	n	d	n

d....Messdaten Tag von 06:00 – 18:00 Uhr

n....Messdaten Nacht von 18:00 – 06:00 Uhr

■....Messtage

3.5 Statistische Bearbeitung der Daten

Die erhobenen Werte wurden während des Versuches händisch auf bereits vorgefertigte Excel-Datenblätter eingetragen. Pro Kuh und Tag wurde ein Blatt (12 Stunden-Messung) ausgefüllt und anschließend ins Excel (Version 2003, Microsoft® Office) übertragen.

Die Rohdaten wurden mit SPSS (Version 20) aggregiert. Die bereits vorher aggregierten Mittelwerte der einzelnen Sonden wurden anschließend mit SPSS mit dem Korrelationstest nach Pearson geprüft.

Die geschätzten Randmittel sowie die Paarweisen Vergleiche wurden ebenfalls mit SPSS (Version 20) berechnet.

Als statistisches Signifikanzniveau wurde ein $\alpha=0,05$ gewählt. Weiterführende Angaben wurden wie folgt definiert: ***= $p<0,001$, **= $p<0,01$ und *= $p<0,05$.

Die Einteilung der Korrelationskoeffizienten wurde in 0,2er Schritten wie folgt definiert: sehr gering: $r < 0,2$; gering: $r = 0,2 - 0,4$; mäßig: $r = 0,4 - 0,6$; stark: $r = 0,6 - 0,8$; sehr stark: $r = 0,8 - 1,0$ (BROSELIUS, 1998).

4 Ergebnisse

4.1 Geschätzte Randmittel

Die niedrigste Temperatur wurde im Mittel von TIR_li mit 36,37°C, die höchste vom Pansensensor mit 39,17°C (Tabelle 3) geschätzt. Dies ergibt eine signifikante mittlere Differenz von 2,80°C (Tabelle 4).

Tabelle 3: Mittelwerte der einzelnen Messsonden in Grad Celsius

Sonde	Mittelwert	Standardfehler	95% - Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
THg	38,44	0,01	38,41	38,46
Tdig	38,47	0,02	38,43	38,51
TIR_li	36,37	0,03	36,32	36,43
TIR_re	36,43	0,03	36,37	36,49
Tsc	36,74	0,05	36,64	36,84
TPS	39,17	0,06	39,07	39,28
TVS	38,91	0,03	38,85	38,97

THg – Quecksilberthermometer, Tdig – Digitalthermometer, TIR_li – Temperatur Infrarotkamera linkes Auge, TIR_re – Temperatur Infrarotkamera rechtes Auge, Tsc – Temperatur subkutaner Sensor, TPS – Temperatur Pansensensor, TVS – Temperatur Vaginalsensor

Zwischen THg (38,44°C) und Tdig (38,47°C) wurden keine signifikanten Unterschiede in den Mittelwerten festgestellt. Die mittlere Differenz betrug 0,03°C.

Die gemessenen Augentemperaturen TIR_li mit 36,37°C und TIR_re mit 36,43°C unterschieden sich signifikant mit einer mittlere Differenz von 0,06°C.

THg, Tdig und TVS unterschieden sich nur geringfügig voneinander. Die signifikante mittlere Differenz von THg und TVS betrug 0,47°C, die von Tdig und TVS 0,44°C.

Im Mittel wurde von Tsc eine Temperatur von 36,74°C gemessen. Zwischen Tsc und TPS wurde eine signifikante mittlere Differenz von 2,44°C, zwischen Tsc und TVS von 2,17°C, zwischen Tsc und dem digitalen Verfahren von 1,73°C sowie zwischen Tsc und dem Quecksilberthermometer von 1,70°C geschätzt. Die mittlere Differenz zwischen Tsc und TIR_li betrug 0,36°C bzw. TIR_re 0,31°C und war signifikant.

Tabelle 4: Paarweise Vergleiche der Sonden

Sonde (I)	Sonde (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	95% Konfidenzintervall für die Differenz ^b	
				Untergrenze	Obergrenze
1	2	-0,03	0,02	-0,06	0,00
	3	2,06*	0,03	2,00	2,12
	4	2,01*	0,03	1,95	2,06
	5	1,70*	0,05	1,61	1,79
	6	-0,74*	0,05	-0,83	-0,64
	7	-0,47*	0,03	-0,52	-0,42
2	1	0,03	0,02	0,00	0,06
	3	2,09*	0,03	2,03	2,16
	4	2,04*	0,03	1,98	2,10
	5	1,73*	0,05	1,64	1,83
	6	-0,70*	0,05	-0,81	-0,60
	7	-0,44*	0,03	-0,50	-0,38
3	1	-2,06*	0,03	-2,12	-2,00
	2	-2,09*	0,03	-2,16	-2,03
	4	-0,06*	0,01	-0,08	-0,03
	5	-0,36*	0,05	-0,46	-0,26
	6	-2,80*	0,06	-2,91	-2,69
	7	-2,53*	0,04	-2,62	-2,45
4	1	-2,01*	0,03	-2,06	-1,95
	2	-2,04*	0,03	-2,10	-1,98
	3	0,06*	0,01	0,03	0,08
	5	-0,31*	0,05	-0,41	-0,21
	6	-2,74*	0,05	-2,85	-2,63
	7	-2,48*	0,04	-2,56	-2,39
5	1	-1,70*	0,05	-1,79	-1,61
	2	-1,73*	0,05	-1,83	-1,64
	3	0,36*	0,05	0,26	0,46
	4	0,31*	0,05	0,21	0,41
	6	-2,44*	0,05	-2,54	-2,33
	7	-2,17*	0,05	-2,27	-2,07
6	1	0,74*	0,05	0,64	0,83
	2	0,70*	0,05	0,60	0,81
	3	2,80*	0,06	2,69	2,91
	4	2,74*	0,05	2,63	2,85
	5	2,44*	0,05	2,33	2,54
	7	0,27*	0,05	0,17	0,37
7	1	0,47*	0,03	0,42	0,52
	2	0,44*	0,03	0,38	0,50
	3	2,53*	0,04	2,45	2,62
	4	2,48*	0,04	2,39	2,56
	5	2,17*	0,05	2,07	2,27
	6	-0,27*	0,05	-0,37	-0,17

Sonde 1 = THg – Quecksilberthermometer; Sonde 2 = Tdig – Digitalthermometer; Sonde 3 = TIR_li – Temperatur Infrarotkamera linkes Auge; Sonde 4 = TIR_re – Temperatur Infrarotkamera rechtes Auge; Sonde 5 = Tsc – Temperatur subkutaner Sensor; Sonde 6 = TPS – Temperatur Pansensensor; Sonde 7 = TVS – Temperatur Vaginalsensor

4.2 Korrelation der einzelnen Sensoren

4.2.1 Korrelation Quecksilberthermometer, THg

Es wurde eine signifikante Korrelation zwischen THg und allen anderen Sensoren berechnet. Innerhalb der Gruppe korrelierte THg mit Tdig am stärksten ($r = 0,67$). TPS mit $r = 0,57$ und Tsc mit $r = 0,55$ zeigten ebenfalls eine mäßige Korrelation (jeweils $p < 0,001$). Am geringsten korrelierte THg mit den Messungen der beiden Augentemperaturen (TIR_li $r = 0,21$, TIR_re $r = 0,23$) (Tabelle 5). Weiters konnte eine Korrelation mit der Lufttemperatur ($r = 0,47$) sowie mit der Luftfeuchte ($r = 0,36$) ermittelt werden (jeweils $p < 0,001$).

4.2.2 Korrelation Digitalthermometer, Tdig

In der Gruppe des Tdig wurde die stärkste Korrelation mit THg ($r = 0,67$) festgestellt. Die Korrelationen zu den übrigen Sonden waren gering (alle $r < 0,30$). Es bestand kein signifikant linearer Zusammenhang zur Luftfeuchtigkeit ($r = 0,11$; $p = 0,126$).

4.2.3 Korrelation Augentemperatur links und rechts, TIR_li und TIR_re

Eine sehr starke Korrelation konnte zwischen den beiden mittels Infrarot-Messung bestimmten Augentemperaturen ermittelt werden ($r = 0,90$; $p < 0,001$). Weitere Korrelationen müssen als gering eingestuft werden ($r < 0,30$). Es bestand keine signifikante Korrelation zur vaginal gemessenen Temperatur (TIR_li: $r = 0,04$; $p = 0,596$; TIR_re: $r = 0,03$; $p = 0,667$) und zur Luftfeuchte (TIR_li: $r = 0,07$; $p = 0,314$; TIR_re: $r = 0,07$; $p = 0,342$).

4.2.4 Korrelation Sensor s.c., Tsc

Es wurde eine signifikante Korrelation (jeweils $p < 0,001$) mit allen anderen Sensoren berechnet, wobei eine mäßige Korrelation mit THg ($r = 0,55$) und TPS ($r = 0,49$) bestand. Sehr gering war die Korrelation zu TVS ($r = 0,22$; $p = 0,003$). Zusätzlich wurde eine starke Korrelation zur Luftfeuchtigkeit ($r = 0,71$) festgestellt.

Tabelle 5: Korrelationen (nach Pearson) zwischen den Messergebnissen der unterschiedlicher Sensoren sowie der beiden Augentemperaturmessungen über den gesamten Versuchszeitraum

Sonde	THg	Tdig	TIR_li	TIR_re	Tsc	TPS	TVS	Logg_RH	Logg_AT
THg	1	,67**	,21**	,23**	,55**	,57**	,48**	,36**	,47**
Tdig	,67**	1	,25**	,26**	,30**	,31**	,31**	,11	,25**
TIR_li	,21**	,25**	1	,90**	,28**	,25**	,04	,07	,34**
TIR_re	,23**	,26**	,90**	1	,30**	,26**	,03	,07	,34**
Tsc	,55**	,30**	,28**	,30**	1	,49**	,22**	,38**	,71**
TPS	,57**	,31**	,25**	,26**	,49**	1	,43**	,65**	,23**
TVS	,48**	,31**	,04	,03	,22**	,43**	1	,17*	,14
Logg_RH	,36**	,11	,07	,07	,38**	,65**	,17*	1	,02
Logg_AT	,47**	,25**	,34**	,34**	,71**	,23**	,14	,02	1

THg – Quecksilberthermometer

Tdig – Digitalthermometer

TIR_li – Temperatur Infrarotkamera linkes Auge

TIR_re – Temperatur Infrarotkamera rechtes Auge

Tsc – Temperatur subkutaner Sensor

TPS – Temperatur Pansensensor

TVS – Temperatur Vaginalsektor

Logg_RH – Logger für relative Luftfeuchte

Logg_AT – Logger für Außentemperatur

4.2.5 Korrelation Sensor Pansen, TPS

Zwischen TPS und THg wurde eine mäßige Korrelation von $r = 0,57$, zwischen TPS und Tsc von $r = 0,49$ (jeweils $p < 0,001$) berechnet. Während zwischen TPS und Luftfeuchtigkeit eine starke Korrelation festgestellt wurde ($r = 0,65$), war diese für die Außentemperatur gering ($r = 0,23$; $p = 0,003$).

4.2.6 Korrelation Sensor Vagina, TVS

Die relativ stärkste, aber in der Bewertung nur mäßige Korrelation konnte zwischen TVS und THg mit $r = 0,48$ ($p < 0,001$) ermittelt werden. Keine signifikant linearen Zusammenhänge wurden zu TIR_li ($r = -0,39$; $p = 0,596$), TIR_re ($r = -0,31$; $p = 0,667$) sowie der Außentemperatur ($r = 0,14$; $p = 0,061$) hergestellt. Eine Korrelation zur Luftfeuchtigkeit war ebenfalls sehr gering ($r = 0,17$; $p = 0,016$).

4.3 Korrelationen April 2011

4.3.1 Korrelation Quecksilberthermometer, THg

Im April konnte zwischen THg und Tdig mit $r = 0,66$ ($p < 0,001$) die stärkste Korrelation ermittelt werden. Die Außentemperatur mit $r = 0,44$ zeigte eine mäßige Korrelation (ebenfalls $p < 0,001$). Keine signifikant linearen Zusammenhänge wurden zu Tsc ($r = 0,16$; $p = 0,075$), TPS ($r = 0,04$; $p = 0,687$) sowie zu TVS ($r = 0,14$; $p = 0,134$) hergestellt (Tabelle 6). Sehr gering waren die Korrelationen mit der Luftfeuchtigkeit ($r = -0,19$; $p = 0,036$), mit TIR_li ($r = 0,22$; $p = 0,019$) und TIR_re ($r = 0,28$; $p = 0,002$).

4.3.2 Korrelation Digitalthermometer, Tdig

Zwischen Tdig und THg wurde die stärkste Korrelation von $r = 0,66$, zwischen Tdig und Außentemperatur in der Bewertung nur geringe Korrelation von $r = 0,32$ (jeweils $p < 0,001$) berechnet. Gering war die Korrelation zu TIR_li ($r = 0,24$; $p = 0,010$) und TIR_re ($r = 0,28$; $p = 0,002$). Es bestand keine signifikante Korrelation zu Tsc

($r = 0,17$; $p=0,070$), zu TPS ($r = 0,07$; $p=0,443$) sowie zur vaginal gemessenen Temperatur ($r = 0,10$; $p=0,297$) und zur Luftfeuchtigkeit ($r = -0,13$; $p=0,152$).

4.3.3 Korrelation Augentemperatur links und rechts, TIR_li und TIR_re

Die stärkste Korrelation konnte zwischen den beiden Augentemperaturen ermittelt werden ($r = 0,91$; $p<0,001$). Es bestand kein signifikant linearer Zusammenhang zur Luftfeuchtigkeit (TIR_li: $r = 0,16$; $p=0,073$; TIR_re: $r = 0,14$; $p=0,131$). Die Korrelationen zu den übrigen Sonden waren alle $r < 0,41$.

4.3.4 Korrelation Sensor s.c., Tsc

Zwischen Tsc und Außentemperatur wurde eine starke Korrelation von $r = 0,63$, zwischen Tsc und den beiden, mittels Infrarot-Messung bestimmten Augentemperaturen, geringe Korrelation von $r = 0,34$ für TIR_li und von $r = 0,39$ für TIR_re (jeweils $p<0,001$) berechnet. Keine signifikant linearen Zusammenhänge wurden zu THg ($r = 0,16$; $p=0,075$), Tdig ($r = 0,17$; $p=0,070$), TPS ($r = 0,090$; $p=0,33$) sowie zu TVS ($r = 0,06$; $p=0,529$) hergestellt. Zusätzlich wurde eine geringe Korrelation zur Luftfeuchte von $r = -0,32$ ermittelt.

4.3.5 Korrelation Sensor Pansen, TPS

Es wurde eine signifikante Korrelation (jeweils $p<0,001$) zu TIR_li, TIR_re, der Luftfeuchte und der Außentemperatur berechnet. Während zwischen TPS und TIR_li die relativ stärkste Korrelation festgestellt wurde ($r = 0,41$), war diese für TVS gering ($r = 0,23$; $p=0,012$). Kein signifikant linearer Zusammenhang bestand zu THg ($r = 0,04$; $p=0,687$), Tdig ($r = 0,07$; $p=0,443$) und Tsc ($r = 0,09$; $p=0,327$).

Tabelle 6: Korrelationen (nach Pearson) zwischen den Messergebnissen der unterschiedlichen Sensoren sowie der beiden Augentemperaturmessungen für den Versuchszeitraum April

Sonde	THg	Tdig	TIR_li	TIR_re	Tsc	TPS	TVS	Logg_RH	Logg_AT
THg	1	,66**	,22*	,28**	,16	,04	,14	-,19*	,44**
Tdig	,66**	1	,24**	,28**	,17	,07	,10	-,13	,32**
TIR_li	,22*	,24**	1	,91**	,34**	,41**	-,32**	,16	,35**
TIR_re	,28**	,28**	,91**	1	,39**	,38**	-,35**	,14	,38**
Tsc	,16	,17	,34**	,39**	1	-,09	-,06	-,32**	,63**
TPS	,04	,07	,41**	,38**	-,09	1	-,23*	,33**	-,35**
TVS	,14	,10	-,32*	-,35*	-,06	-,23*	1	-,38**	,06
Logg_RH	-,19*	-,13	,16	,14	-,32**	,33**	-,38**	1	-,51**
Logg_AT	,44**	,32**	,35**	,38**	,63**	-,35**	,06	-,51**	1

THg – Quecksilberthermometer

Tdig – Digitalthermometer

TIR_li – Temperatur Infrarotkamera linkes Auge

TIR_re – Temperatur Infrarotkamera rechtes Auge

Tsc – Temperatur subkutaner Sensor

TPS – Temperatur Pansensensor

TVS – Temperatur Vaginalsensor

Logg_RH – Logger für relative Luftfeuchte

Logg_AT – Logger für Außentemperatur

4.3.6 Korrelation Sensor Vaginal, TVS

In der Gruppe des TVS wurde die relativ stärkste Korrelation mit der Luftfeuchte ($r = -0,38$) festgestellt. Die Korrelationen zu TIR_li, TIR_re und TPS waren $r < 0,35$. Es bestand keine signifikante Korrelation zu THg ($r = 0,14$; $p=0,134$), Tdig ($r = 0,10$; $p=0,297$), Tsc ($r = 0,06$; $p=0,529$) und der Außentemperatur ($r = 0,06$; $p=0,507$).

4.4 Korrelationen August 2011

4.4.1 Korrelation Quecksilberthermometer, THg

Es konnte die stärkste signifikante Korrelation zwischen THg und Tdig ermittelt werden ($r = 0,68$; $p < 0,001$). Während zwischen THg und TVS eine mäßige Korrelation festgestellt wurde ($r = 0,53$; $p < 0,001$), war diese für Tsc gering ($r = 0,29$; $p=0,015$) (Tabelle 7). Die Korrelationen zu TPS, TIR_li und TIR_re waren $r < 0,40$. Es bestand kein signifikant linearer Zusammenhang zur Luftfeuchtigkeit ($r = -0,14$; $p=0,245$) und zur Außentemperatur ($r = 0,02$; $p=0,849$).

4.4.2 Korrelation Digitalthermometer, Tdig

Während zwischen Tdig und THg die stärkste Korrelation festgestellt wurde ($r = 0,68$), war diese für TIR_li gering ($r = 0,31$; $p=0,008$). Mit allen anderen Sensoren konnte kein signifikant linearer Zusammenhang hergestellt werden.

4.4.3 Korrelation Augentemperatur links und rechts, TIR_li und TIR_re

Eine sehr starke Korrelation wurde zwischen TIR_li und TIR_re ermittelt ($r = 0,85$; $p < 0,001$). Es bestand keine signifikante Korrelation zu TPS (TIR_li: $r = 0,04$; $p=0,771$; TIR_re: $r = 0,23$; $p=0,095$), TVS (TIR_li: $r = 0,12$; $p=0,314$; TIR_re: $r = 0,15$; $p=0,208$) und Tdig (TIR_re: $r = 0,23$; $p=0,056$). Gering war die Korrelation zu THg (TIR_li: $r = 0,30$; $p=0,010$; TIR_re: $r = 0,24$; $p=0,042$).

Tabelle 7: Korrelationen (nach Paerson) zwischen den Messergebnissen der unterschiedlichen Sensoren sowie der beiden Augentemperaturmessungen für den Versuchszeitraum August

<i>Sonde</i>	<i>THg</i>	<i>Tdig</i>	<i>TIR_li</i>	<i>TIR_re</i>	<i>Tsc</i>	<i>TPS</i>	<i>TVS</i>	<i>Logg_RH</i>	<i>Logg_AT</i>
THg	1	,68**	,30*	,24*	,29*	,39**	,53**	-,14	,02
Tdig	,68**	1	,31**	,23	,19	,25	,37**	-,14	-,07
TIR_li	,30*	,31**	1	,85**	,43**	,04	,12*	-,40**	,48**
TIR_re	,24*	,23	,85**	1	,39**	,23	,15*	-,25*	,40**
Tsc	,29*	,19	,43**	,39**	1	-,13	-,05	-,52**	,61**
TPS	,39**	,25	,04	,23	-,13	1	,38**	,16	-,29*
TVS	,53**	,37**	,12	,15	-,05	,38**	1	,02	-,08
Logg_RH	-,14*	-,14	-,40*	-,25	-,52**	,16	,02	1	-,86**
Logg_AT	,02	-,07	,48**	,40**	,61**	-,29*	-,08	-,86**	1

THg – Quecksilberthermometer

Tdig – Digitalthermometer

TIR_li – Temperatur Infrarotkamera linkes Auge

TIR_re – Temperatur Infrarotkamera rechtes Auge

Tsc – Temperatur subkutaner Sensor

TPS – Temperatur Pansensensor

TVS – Temperatur Vaginalsensor

Logg_RH – Logger für relative Luftfeuchte

Logg_AT – Logger für Außentemperatur

4.4.4 Korrelation Sensor s.c., Tsc

Es wurde eine signifikante Korrelation (jeweils $p < 0,001$) mit der Luftfeuchte von $r = -0,52$, mit TIR_li von $r = 0,43$ und mit TIR_re von $r = 0,39$ berechnet, wobei die stärkste Korrelation mit der Außentemperatur ($r = 0,61$) bestand. Keine linear signifikanten Zusammenhänge wurden zu Tdig ($r = 0,19$; $p = 0,111$), TPS ($r = -0,13$; $p = 0,356$) und TVS ($r = -0,05$; $p = 0,664$) hergestellt.

4.4.5 Korrelation Sensor Pansen, TPS

Die relativ stärkste signifikante Korrelation wurde zwischen TPS und THg ($r = 0,39$; $p = 0,004$) sowie die geringste zwischen TPS und TVS ($r = 0,38$; $p = 0,005$) ermittelt. Gering war die Korrelation zur Außentemperatur ($r = 0,29$; $p = 0,034$). Es bestand keine signifikante Korrelation zu Tdig ($r = 0,25$; $p = 0,072$), TIR_li ($r = 0,04$; $p = 0,771$), TIR_re ($r = 0,23$; $p = 0,095$), Tsc ($r = -0,13$; $p = 0,356$) und der Luftfeuchtigkeit ($r = 0,16$; $p = 0,236$).

4.4.6 Korrelation Sensor Vaginal, TVS

Zwischen TVS und THg wurde eine mäßige Korrelation von $r = 0,53$ berechnet. Gering war die Korrelation zu TPS ($r = 0,38$; $p = 0,005$) und Tdig ($r = 0,37$; $p = 0,001$). Keine signifikant linearen Zusammenhänge wurden zu den anderen Sensoren berechnet.

4.4.7 Korrelation Logger Luftfeuchte und Außentemperatur, Logg_RH und Logg_AT

Die stärkste signifikante Korrelation von $r = 0,86$ ($p < 0,001$) konnte zwischen der Luftfeuchtigkeit und der Außentemperatur ermittelt werden.

4.5 Tagesschwankungen des Temperaturverlaufes

Abbildung 14 zeigt den mittleren Temperaturverlauf über 24 Stunden in den Untersuchungsabschnitten, in den Monaten April und August. In den frühen Morgenstunden konnte bei THg, Tdig, TIR_li, TIR_re und TPS ein Abfall der IKT beobachtet werden. TVS zeigte im April einen geringgradigen Anstieg. Tsc zeigte stündliche Schwankungen, blieb aber in Summe auf gleichem Niveau. Im August zeigte Tsc einen stündlichen An- und Abstieg der Temperatur.

Über den Vormittag stiegen die Temperaturen leicht an. Ausnahmen waren TVS und Tsc im April, sowie Tsc im August. Tsc zeigte einen Abfall der Temperatur bis in den späten Vormittag, stieg dann aber kontinuierlich an.

In den frühen Nachmittagsstunden wurden von THg und Tdig in beiden Monaten stündliche Temperaturschwankungen beobachtet, die aber in ihrem Verlauf gleichbleibend waren. TIR_li und TIR_re zeigten einen leichten Abfall im April. Bei TPS wurde in beiden Monaten ein Temperaturabfall, der erst am späten Nachmittag wieder anstieg, beobachtet. Tsc stieg bis in die Abendstunden im April und August kontinuierlich an.

In den Abendstunden konnten erhöhte Temperaturen verzeichnet werden. In der Nacht und den Anfangsstunden des Folgetages wurden von allen Sensoren gleichbleibende Temperaturen („Temperaturplateaus“) beobachtet, die dann wiederum in den frühen Morgenstunden absanken.

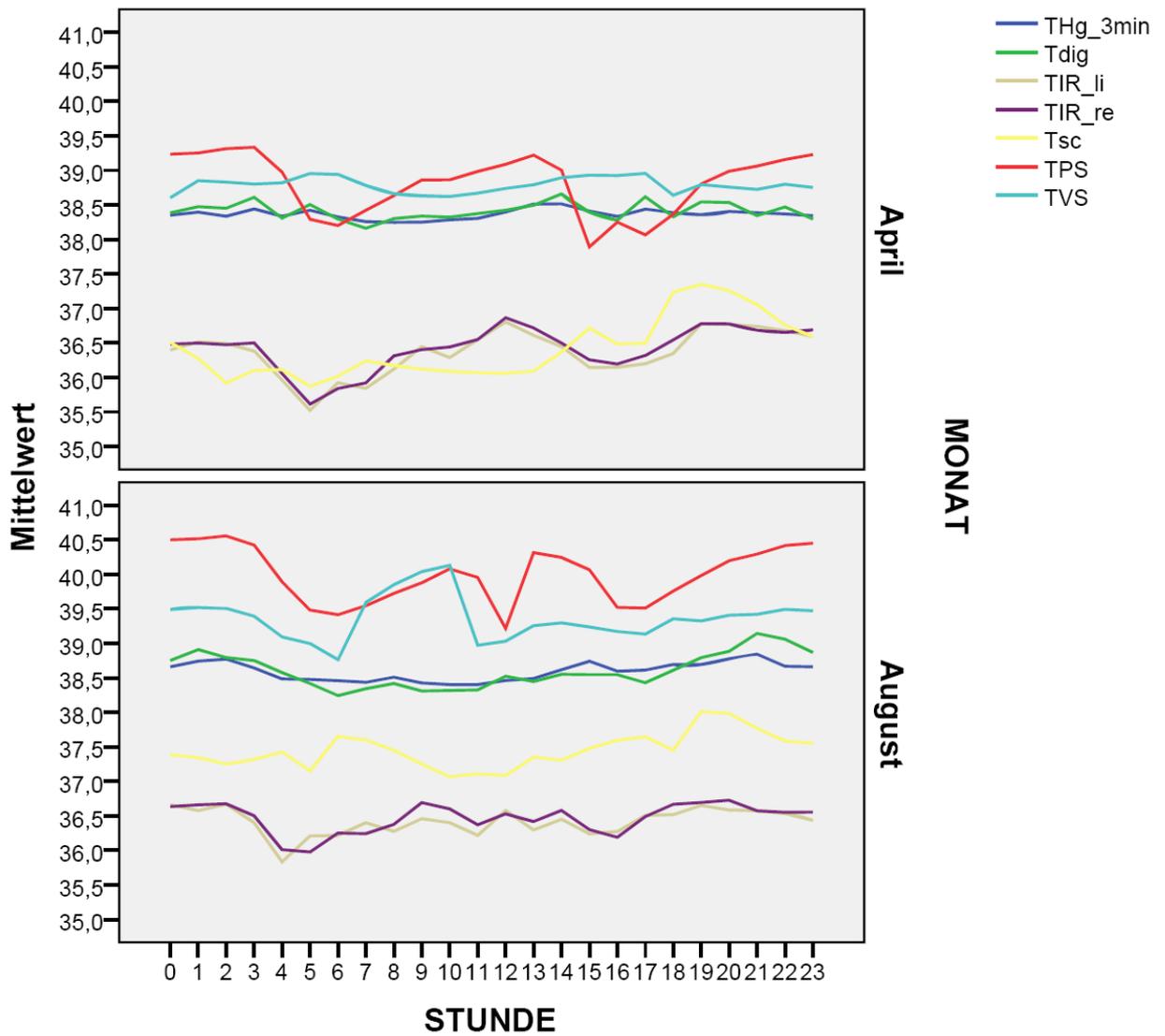


Abbildung 14: Grafische Darstellung des mittleren Temperaturverlaufes in den Monaten April und August der einzelnen Sensoren über 24 Stunden

5 Diskussion

5.1 Relevanz der Möglichkeiten zur Temperaturkontrolle

Die Erhebung der IKT beim Rind ist eine wichtige Maßnahme in der Früherkennung von Krankheiten. Die rektale Messung stellt eine der zeit- und kostengünstigsten Methoden dar, welche auch von Landwirten selbst durchgeführt werden kann. Im vorliegenden Versuch wurde die rektale Temperatur auf zwei Arten gemessen, um sie anschließend mit anderen Lokalisationen und Messmethoden zu vergleichen.

Eine neuartige Lokalisation zur Temperaturerfassung, die auch im vorliegenden Versuch untersucht wurde, stellt der Pansen dar (MATHEW, 2000). Die Datenübertragung erfolgte bei HICKS et al. (2001), BEWLEY et al. (2008) und IPEMA et al. (2008) sowie in dem vorliegenden Versuch über Funkwellen, welche an eine externe Empfangseinheit geschickt wurden. In anderen Versuchen wurden die Daten via Kabel übertragen (ALZAHAL et al., 2011).

Eine weitere Möglichkeit zur frühzeitigen Erkennung des Anstieges der Körpertemperatur ist die Messung der s.c. Temperatur mittels Chip. Der Zusammenhang zwischen rektal und s.c. gemessener Temperatur wurde bereits von KAMANN et al. (1999) über eine Studiendauer von 70 Tagen untersucht. Die elektronische Tierkennzeichnung bei Rindern, in die möglicherweise auch eine Datenerfassung integriert werden könnte, wurde in Deutschland bereits diskutiert. Augenmerk wurde neben der Verwendung von Boli oder elektronischen Ohrmarken bevorzugt auf Injektate mit integriertem Temperatursensor gelegt. Der kritisch zu bewertende Punkt ist die Rückgewinnung der Injektate bei der Schlachtung, da diese Systeme derzeit für Lebensmittel liefernde Tiere nicht zugelassen sind (KLINDTWORTH, 2007). Steigt jedoch das Interesse an diesen Injektaten mit integrierter Temperaturerfassung, sodass ein Zusatznutzen entsteht könnte diese Methode, bei besserer Möglichkeit für die Rückgewinnung, interessante Verwendungen finden (KLINDTWORTH, 2007).

Ebenfalls von Interesse sind Temperaturerhobungen mittels Infrarotkamera. COOK et al. (2005) und STEWART et al. (2008) verwendeten die Temperaturmessung am Auge, um Schmerzreaktionen beim Enthornungsvorgang festzustellen. In den

Studien anderer Autoren (LEVINE et al., 2001; PAVLIDIS et al., 2002; STEWART et al., 2007) wurden Stress und emotionale Störungen mittels Infrarotkamera untersucht. Diese Methode der Körpertemperaturerhebung beruht auf dem Blutfluss der oberflächlichen Kapillaren rund ums Auge. In aktuellen Studien wurde gezeigt, dass die Infrarot-Messung der Augentemperatur ein guter Indikator für Stress ist, da die durch das sympathische System innervierten Kapillaren auf Änderungen des Blutflusses reagieren (STEWART et al., 2007).

Da die Interpretation der r-Werte nicht einheitlich gehandhabt wird und auch andere Einteilungen Verwendung finden, beruht die Einteilung der r-Werte in der vorliegenden Arbeit auf denen von BROSELIUS (1998). Die Einteilung der Korrelationskoeffizienten wurde bereits in Kapitel 5.2 genauer beschrieben.

5.1.1 Rektale Messung

Die rektale Messung wurde in stündlichen Intervallen beginnend mit dem Quecksilberthermometer (THg) und anschließend mit dem Digitalthermometer (Tdig) durchgeführt. Das Quecksilberthermometer diente als Goldstandard und wurde 11cm, sowie das Digitalthermometer 8,5cm in das Rektum eingeführt, um sicher zu gehen, die vorherrschende Temperatur und nicht, z.B. durch eventuelle Lufteinströmung, einen zu niedrigen Wert zu messen.

STÖBER (1990) und BAUMGARTNER (2009) beschrieben in Lehrbüchern, dass das Thermometer so weit wie möglich in das Rektum eingeführt werden sollte. Laut REBHUN (2008) sollte das verwendete Thermometer 15cm lang sein und für mindestens zwei Minuten im Rektum verweilen. Von mehreren Autoren wurden in ihren Studien Einführtiefen eines Thermometers zwischen 7,7 und 15cm beschrieben (GOODWIN, 1998; PICCIONE et al., 2003; BURFEIND et al., 2010, 2011; WENZ et al., 2011). Der Vergleich zwischen einer Einführtiefe von 11,5 und nur 6,0cm desselben Thermometers zeigte einen Unterschied von 0,4°C (BURFEIND et al., 2010).

Die in der vorliegenden Studie gewählte Einführtiefe wurde somit bereits von anderen Autoren als gutes Maß festgelegt. Da eine Verweildauer von zwei Minuten als ausreichend angesehen wurde (REBHUN, 2008), wurde hier zur Sicherheit eine Verweildauer für das Quecksilberthermometer von drei Minuten gewählt.

BURFEIND et al. (2010) untersuchten die Wiederholbarkeit der Messung unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren und fanden heraus, dass eine Wiederholung der Messung mit hoher Sicherheit sehr ähnliche Messwerte erbringt. Sie verwendeten in der Studie vier verschiedene Digitalthermometer. Es ist festzustellen, dass bis auf HICKS et al. (2001) alle anderen Autoren neuerer Studien ausschließlich Digitalthermometer verwendeten (GOODWIN, 1998; PICCIONE et al., 2003; BENZAQUEN et al., 2007; BEWLEY et al., 2008; PALENIK et al., 2009; SCHUTZ und BEWLEY 2009; VICKERS et al., 2010; WENZ et al., 2011).

Weiters ist bemerkenswert, dass GOODWIN (1998), PALENIK et al. (2009), BURFEIND et al. (2010) und VICKERS et al. (2010) die Einzigen waren, die in ihren Studien angaben, ein kalibriertes Thermometer zu verwenden. Auch in der vorliegenden Studie wurde keine Kalibrierung der verwendeten Thermometer durchgeführt.

Für die Monate April und August ergaben sich die stärksten Korrelation zwischen THg und Tdig mit $r = 0,67$ sowie eine mittlere Temperatur des Quecksilberthermometers von $38,44^{\circ}\text{C}$ und des Digitalthermometers von $38,47^{\circ}\text{C}$. Die gefundenen Werte können mit denen von NAYLOR et al. (2010) mit $38,95 \pm 0,05^{\circ}\text{C}$ für das Quecksilberthermometer sowie $38,46 \pm 0,07^{\circ}\text{C}$ für das Digitalthermometer verglichen werden. BURFEIND et al. (2010) stellten fest, dass die Art des ausgewählten Thermometers bis zu $0,3^{\circ}\text{C}$ vom gemessenen Wert variierte. Dies fanden auch bereits BEWLEY et al. (2008) und NAYLOR et al. (2010). Die von BURFEIND et al. (2010) vergleichsweise hohen Korrelationen ($r = 0,94$ bis $r = 0,96$) sind möglicherweise auf die Verwendung von vier Digitalthermometern zurückzuführen. Die in ihrer Studie angeführten Unterschiede von bis zu $0,3^{\circ}\text{C}$ zwischen den verschiedenen Thermometerarten können bei vereinzelt Messungen in der vorliegenden Studie bestätigt werden. Da aber diese Unterschiede nicht kontinuierlich über mehrere Messungen waren, sondern nur vereinzelt dokumentiert wurden, sind sie mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Messungenauigkeiten bzw. Messfehler zurückzuführen.

Weitere Überlegung im Rahmen der vorliegenden Studie betrafen die Messintervalle. Die Messungen wurden in stündlichen Intervallen durchgeführt. Diese Intervalle wurden aufgrund der Möglichkeit der Durchführung und einer möglichst genauen Darstellung des Tagesverlaufs (24 Stunden-Messung) ausgewählt. Weiters wäre ein kürzeres Intervall wegen möglicher Kollisionen mit

den anderen Messungen nicht durchführbar gewesen. Andere Autoren bevorzugten die Messung direkt nach den Melkungen (SMITH et al., 1998; BEWLEY et al., 2008; SCHUTZ und BEWLEY, 2009; WENZ et al., 2011;) oder machten genaue Zeitangaben. SMITH et al. (1998) und WENZ et al. (2011) z.B. maßen direkt nach den Melkzeiten, die von 05:00 bis 08:00 Uhr dauerten. BURFEIND et al. (2011) nutzten den Zeitraum um 7:30 Uhr \pm 15 min und um 17:00 Uhr \pm 15 min. Auch BURFEIND et al. (2011) maßen zweimal täglich und wählten die gleichen Zeitangaben wie bereits PICCIONE et al. (2003).

Das Ziel in der vorliegenden Studie war es, die gleichen stündlichen Abstände einzuhalten, um für jede Stunde einen vergleichbaren Wert zu liefern. Laut BURFEIND et al. (2010) sollte jeden Tag um die gleiche Zeit die Temperatur erhoben werden, um Verzerrungen aufgrund der Messung zu minimieren. Aber auch für die Anwendung in der Praxis stellt diese Durchführung sicher die praxisrelevanteste Form dar. Da vor allem Landwirte immer wieder auf das Temperaturmessen, in erster Linie bei Kühen post partum, hingewiesen werden, ist dies sicher die Messmethode der Wahl.

Auch AALSETH (2005) gab die Genauigkeit von Digitalthermometern wieder, beschrieb aber auch, dass sie nur so gut seien, wie der Anwender selbst. Die genauesten Messwerte bekommt man dann, wenn derjenige, der die Temperatur überprüft, auch derjenige ist, der sie das ganze Jahr über erhebt.

5.1.2 Vaginale Messung

Für die Messung der vaginalen Temperatur wurden in der vorliegenden Studie validierte Sensoren mit Mikroprozessoren mit einer Länge von 180mm, einem Durchmesser von 36mm sowie einem Gewicht von über 208g verwendet. Je schwerer die Sensoren gebaut wurden, desto geringer war die Gefahr des Ausstoßens vor allem während der Ruhephasen. Die von VICKERS et al. (2010), SUTHAR et al. (2011) und BURFEIND et al. (2011) verwendeten Temperaturlogger "MiniLog 8" waren wesentlich kleiner (92mm \times 20mm) und wogen nur 40,5g. Angaben bezüglich des Verlustes der Sensoren wurden keine dokumentiert. MATHEW (2000) beschrieb das Problem des Ausstoßens der vaginal applizierten Sender. Die Tatsache, dass die Sensoren in der vorliegenden Arbeit aufgrund ihres noch immer zu geringen Gewichtes und ihrer unpassenden Bauweise für die

Verwendung in der Vagina (glatte Oberfläche ohne Widerstand) ebenfalls ausgestoßen wurden, barg natürlich die Gefahr der Interpretation falscher Messwerte. An den Sensoren wurden für den zweiten Versuchsblock zwar zusätzlich flexible Gummischläuche mit einem Kabelbinder befestigt, um einen erhöhten Widerstand zu erzielen und um das Herausfallen zu verhindern, was aber kaum eine Verbesserung erzielte. Die Sensoren wurden, so wie von MATHEW (2000) beschrieben, so schnell wie möglich wieder in die Tiere eingelegt.

Für die dauerhafte Nutzung solcher Sensoren unter praxisrelevanten Bedingungen (keine dauerhafte Beobachtung, Spaltenboden) müssten die Instrumente entsprechend verändert werden. Weiters muss der Verlust der Sensoren so schnell wie möglich gemeldet bzw. angezeigt werden, da auch die Finanzierung und die Umsetzung solcher Maßnahmen auf längere Zeit gesehen einen Vorteil und nicht noch zusätzliche Arbeit mit sich bringen sollte. Bereits VICKERS et al. (2010) beschrieben das Problem, dass die Messungen der vaginalen Temperatur mittels Logger, im Grunde viel leichter durch Loggerbewegungen, Verlust der Logger und durch Lufteinstrom in die Vagina, vor allem wenn die Tiere liegen, betroffen sind. Darüber hinaus liegt die Genauigkeit der im Handel erhältlichen Digitalthermometer in der Regel bei $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, wogegen sie bei den Loggern mit $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ angegeben wurde (VICKERS et al., 2010).

Die Korrelation zwischen vaginaler und rektaler Messung betrug im vorliegenden Versuch $r = 0,48$ und ist mit der von VICKERS et al. (2010) mit $r = 0,46$ vergleichbar. VICKERS et al. (2010) fanden heraus, dass die Stärke der Korrelation auch von Abständen zwischen zwei Messungen beeinflusst wird. So konnten sie bei Messungen, die unter 10 Minuten wiederholt wurden, Korrelationskoeffizienten von $r = 0,85$ feststellen. Diese Ergebnisse bestätigen, dass ein Teil der Variationen auf die Zeitunterschiede zwischen den Messungen zurückzuführen sein können. Eine weitere Ursache dieser Variationen könnte durch die von SUTHAR et al. (2011) beschriebenen erhöhten Blutflüsse während des Östrus erklärt werden. In der vorliegenden Studie wurde auf den Reproduktionszyklus der Tiere nicht näher eingegangen.

Da die rektale Messung mittels Quecksilberthermometer die erste Messung zu Beginn einer neuen Stunde war und die vaginale Messung in 10-minütigen Intervallen aufgezeichnet wurde, erklärt dies die nahezu ähnliche Korrelation zu VICKERS et al. (2010).

RAJAMAHENDRAN et al. (1989) untersuchten den Unterschied zwischen der Vaginal- und der Trommelfelltemperatur und fanden, dass die Vaginaltemperaturen um durchschnittlich 0,35°C höher lagen.

Die Schwierigkeit beim Vergleich eines standardisierten Verfahrens mit einem neuen Verfahren besteht darin, dass am Anfang kein Ansatz optimal ist und im Nachhinein immer Fehler gefunden werden (VICKERS et al., 2010).

Die im vorliegenden Versuch verwendeten Vaginalsensoren zeigten zwar eine für die Praxis ausreichende Genauigkeit zur Erhebung der IKT, mit einer durchschnittlich um 0,47°C höheren Temperatur als die des Quecksilberthermometers, sind aber aufgrund ihrer Bauweise für die Verwendung, vor allem in Großbetrieben, nicht sinnvoll. Außerdem müssen weitere Versuche klären, in wie fern die Sensoren bezüglich Messgenauigkeit (Abstände zwischen Messungen, Loggerbewegungen) verfeinert und bezüglich Bauweise praxistauglich umgebaut werden können.

Falls diese Sensoren für den dauerhaften Einsatz unter Praxisbedingungen verwendet werden, müssen auf jeden Fall Widerstand und Gewicht erhöht sowie der Nutzer auf die zu erwartenden höheren gemessenen Temperaturen informiert werden.

5.1.3 Messung der Augentemperatur

Die Messung der Augentemperatur wurde bei STEWART et al. (2005, 2007, 2008, 2010), SCHAEFER et al. (2006) und TIMSIT et al. (2010) sowie im vorliegenden Versuch mit der ThermoCAMPTM60 der Firma FLIR Systems durchgeführt

Der Messpunkt befand sich auch wie bei den bereits erwähnten Autoren im ventralen nasalen Winkel vor der Caruncula lacrimalis. Laut STEWART et al. (2008) befindet sich an dieser Lokalisation der höchste Temperaturbereich des Auges, was bei der Festlegung des optimalen Messpunktes in der vorliegenden Studie bestätigt werden konnte. Dieser maximale Temperaturbereich lässt sich wiederum auf das Zusammentreffen der oberflächlichen Kapillaren rund ums Auge schließen (STEWART et al., 2008). Aufgrund dieser Tatsache eignete sich das Verfahren gut, um durch das autonome Nervensystem hervorgerufene Veränderung, wie Stress,

Schmerz oder emotionale Störungen zu erfassen (LEVINE et al., 2001; PAVLIDIS et al., 2002; COOK et al., 2005; STEWART et al., 2005, 2007, 2008, 2010).

Da sich die eigenen Erfahrungen bezüglich der Temperaturmessung am Auge in Grenzen hielten, orientierte sich die vorliegende Studie sehr an den Beschreibungen und Dokumentationen von STEWART et al. (2005, 2007, 2008, 2010). Bei den Messungen wurde versucht, so wie von STEWART et al. (2007, 2010) beschrieben, einen Abstand von ungefähr 0,5m, sowie ein Winkel von 90° einzuhalten. Da die Messungen stündlich und nur von einer Person durchgeführt wurden, war ein Fixieren der Tiere nicht möglich. Ebenso wurde der Tages- und Nachtablauf der Tiere (Fressverhalten, Liegen, Schlafen) nicht unterbrochen was ebenfalls eine Einhaltung des 90° Winkels erschwerte. Obwohl versucht wurde, diesen Winkel von 90° einzuhalten, da die Positionierung des Messpunktes genauer festgelegt werden konnte, war die Einhaltung von 90° jedoch nicht immer möglich. Die Aufnahmen wurden, im Gegensatz zu STEWART et al. (2007) und STUBSJØEN et al. (2009) in der vorliegenden Studie nicht nur von der linken Seite sondern beidseits gemacht. Die Messung und damit die Erfassung der linken und der rechten Augentemperatur wurden gewählt um festzustellen, ob nicht nur zwischen den Augentemperaturen und den Quecksilbertemperaturen Unterschiede herrschen, sondern auch zwischen den beiden Augen selber. Der Unterschied zwischen linkem und rechtem Auge zum THg betrug 2,06 bzw. 2,01°C. Dieser geringe Unterschied von 0,05°C ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Messungenauigkeiten (kein optimaler Winkel von 90°) zurückzuführen. Weiters könnte aber auch Zugluft solche geringen Unterschiede hervorgerufen haben.

JOHNSON et al. (2011) beschreiben als bisher einzige den Zusammenhang zwischen Augen- und Körpertemperatur. Sie gaben in ihrer Studie, die an Ponies durchgeführt wurde, die verschiedenen Einflussfaktoren wie Distanz zum Tier oder Sonneneinstrahlung an. Auch im vorliegenden Versuch wurde die Sonneneinstrahlung als ein Störfaktor angesehen.

Für die Praxis stellt diese Methode der Erhebung der IKT ein nicht invasives Verfahren dar. JOHNSON et al. (2011) gaben an, durch die maximale mittels Infrarotkamera gemessene Augentemperatur 92,3% der fieberhaften Ponies in ihrer Studie detektiert zu haben, was wiederum ein gutes Maß für die frühzeitige Erkennung darstellen würde.

Trotzdem ist festzustellen, dass die Messung mittels Infrarotkamera im vorliegenden Versuch ein sehr aufwendiges und nicht leicht durchzuführendes Verfahren darstellte, da versucht werden sollte, einen Messwinkel von etwa 90° beizubehalten. Für Betriebe, welche Gänge zum Durchtreiben haben (z.B. zum Melkstand, zu Wiegeeinrichtungen) besteht prinzipiell die Möglichkeit, Scanner an der Wand zu befestigen, um die Augentemperatur zu ermitteln. Für solche Betriebe wäre es vielleicht in Zukunft eine Überlegung, sich für ein solches nicht invasives Verfahren zu entscheiden.

5.1.4 Messung der Hauttemperatur

Für die Messung wurde der LifeChip[®] mit einer Größe von ca. 14,5mm x 2,1mm verwendet und mittels steril verpacktem Applikator subkutan im oberen Drittel des Halses auf der linken Seite implantiert. Auch GEORG et al. (2009) verwendeten diesen Sensor in ihrem Versuch und implantieren ihn, in einem von drei Fällen, auf die linke Halsseite. Diese Lokalisation wurde im vorliegenden Versuch aufgrund der Aufstallung der Tiere und der damit verbundenen leichteren Zugänglichkeit gewählt. Ein weiteres Kriterium waren die bereits von GEORG et al. (2009) beschriebenen Defekte der Sensoren im Bereich der Ohrbasis und des Ohrgrundes aufgrund von vermuteten Rankämpfen bzw. durch das Anschlagen an Nackenrohr oder Fressgitter. Die Injektate in der vorliegenden Studie lieferten, so wie auch von GEORG et al. (2009) beschrieben, bis zum letzten Messtag genaue Temperaturwerte und waren von Verlust oder Defekt ausgenommen. Dies lässt auf eine sichere Lokalisation schließen.

Die Korrelation mit dem THg betrug im vorliegenden Versuch $r = 0,55$. Die geringe Korrelation im Gegensatz zu LEFCOURT und ADAMS (1996), GOODWIN (1998), KAMANN et al. (1999) und GEORG et al. (2009) könnte eventuell auf die Lokalisation der Injektate zurückzuführen sein. Die Lokalisationen von LEFCOURT und ADAMS (1996), GOODWIN (1998), KAMANN et al. (1999) und zum Teil auch von GEORG et al. (2009) befanden sich zwar ebenfalls auf der linken Körperseite, waren aber am Thoraxbereich bzw. bei KAMANN et al. (1999) und GEORG et al. (2009) an Ohrbasis und Ohrgrund eher von Umwelteinflüssen wie z.B. Wind oder Sonneneinstrahlung geschützt.

Die mittlere Differenz in der vorliegenden Studie zwischen Quecksilberthermometer und s.c. Messung betrug 1,7°C. GEORG et al. (2009) fanden lediglich einen Temperaturunterschied von 0,7 bis 1,42°C. Laut Hersteller, der den s.c. Sensor an Pferden testete, wurde der Temperaturunterschied zur rektalen Messung mit 3°C angegeben, was damit wesentlich höher lag. Die mittleren Temperaturen lagen beim s.c. Sensor bei 36,74°C und können mit denen von GEORG et al. (2009) verglichen werden. Die von LEFCOURT und ADAMS (1996) beschriebenen durchschnittlichen Werte von $39,04 \pm 0,12^\circ\text{C}$ bei der Implantation der Temperatursonden hinter den Brustkorb lagen damit wesentlich höher. Diese hohen Temperaturen könnten durch die tiefe Implantation und damit auch näherer Lage zur Körperkerntemperatur erklärt werden.

In der Studie von GOODWINN (1998) war bei allen drei Tierarten die s.c. Temperatur diejenige, die am stärksten variierte. Es ist jedoch möglich, dass die Umgebungstemperatur, die Aufstallung und auch die direkte Sonneneinstrahlung diese Variationen bei der Messung der subkutanen Temperatur verursachten (GOODWINN, 1998).

Die Implantation der Sensoren erfolgte in der vorliegenden Arbeit fünf Tage vor Versuchsbeginn. GOODWIN (1998) implantierte die Sensoren ca. acht Wochen bevor der Versuch startete. Im Versuch von KAMANN et al. (1999) wurden die Temperaturen gleich nach der Implantation abgelesen. Sie fanden unmittelbar nach der Applikation um 1,5°C höhere und am Ende der Beobachtungsphase um 1,0°C höhere Temperaturen als sie rektal maßen, was wiederum auf eine lokale Entzündungsreaktion schließen lässt. In der vorliegenden Studie konnten diese lokalen Entzündungsreaktionen nicht nachgewiesen werden.

Der in der vorliegenden Studie gewählte Sensor ist ein für Pferde und Kleintiere verwendeter Registrierungssensor mit integrierter Temperaturspeicherung, der jedoch in Österreich für Lebensmittel liefernde Tiere nicht zugelassen ist. Der Gedanke, dieses System einzusetzen, um vor allem in größeren Herden, frühzeitig Temperaturanstiege zu erkennen und damit auch einen vermeidbaren finanziellen Schaden abzuwenden, sollte weiterhin als eine sinnvolle Überlegung für die Zukunft beachtet werden. Bereits KAMANN et al. (1999) und GEORG et al. (2009) beschrieben die Verwendung von s.c. Sendern im Rinderbereich zur automatischen Erfassung der Körpertemperatur und damit frühzeitigen Erkennung eines Temperaturanstieges

als gutes geeignetes System. Ob dieses System jedoch für die Praxis so etabliert werden kann, dass es auch an Lebensmittel liefernden Tieren später einmal Einsatz findet, hängt neben der rechtlichen Zulassung in erster Linie von dem Bekanntheitsgrad und damit auch der Nachfrage dieses Systems ab.

In wie fern das Gewebe (z.B. Fettgewebe, Muskelgewebe) einen Einfluss auf die Messgenauigkeit hat, gilt es jedoch noch zu klären.

5.1.5 Messung der Vormagentemperatur

Die intraruminale Messung mit ihren vielen Vorteilen wurde bereits von SIEVERS et al. (2004) beschrieben. GASTEINER et al. (2009) verwendete zur Messung der Vormagentemperatur und des pH-Wertes eine Messeinheit in Bolusform, die per os oder auch über eine Pansenfistel den Tieren eingegeben werden konnte. Die gleiche Messeinheit wurde auch in der vorliegenden Arbeit verwendet.

Die Eingabe des Pansensensors erfolgte bei den Tieren per os, da dies für die Tiere im Vergleich zur Eingabe über eine herzustellende Pansenfistel eine geringere Belastung darstellt. HICKS et al. (2001) verwendeten den „CorTemp™ Sensor“, einen Quarz-Kristall-Temperatursensor aus der Humanmedizin, der ebenfalls per os eingegeben wurde. Auch der Sensor der Firma SmartStock von DYE et al. (2005) wurde per os eingegeben.

Ein zu beachtender Einflussfaktor ist die genaue Lokalisation der Sensoren. Der in der vorliegenden Arbeit oral eingegebene Sensor kam mit hoher Wahrscheinlichkeit im Retikulum zu liegen, was wiederum eine erleichterte Vergleichbarkeit mit anderen Autoren möglich machte.

Die gemessenen Daten wurden auf einem Chip der Sonde gespeichert und über Funkwellen an das externe Empfangsgerät übermittelt. Via USB-Kabel wurden die Daten zum Laptop geschickt, automatisch gespeichert und grafisch dargestellt. Ähnliche Systeme verwendeten DYE et al. (2005) und IPEMA et al. (2008). MATHEW (2000) und HICKS et al. (2001) verwendeten Systeme bei denen der Sensor auf die Temperatur reagierte und je nach Wert unterschiedliche Signale an das externe Empfangsgerät schickte. Andere Systeme, bei denen die Tiere selbst sogenannte „Lesestationen“ passieren mussten, verwendeten BEWLEY et al. (2008, 2010) mit dem „Phase IV Cattle Temperatur Monitoring System“ (Hochfrequenz-Transponder),

sowie SCHUTZ und BEWLEY (2009), die das Bella Health System ausprobierten, welches bereits an Universitäten und größeren Farmen im Einsatz war.

So wie in der vorliegenden Studie, waren auch die von SCHUTZ und BEWLEY (2009) eingesetzten Boli mit einer sogenannte „RF-Identifizierungstechnologie“ innerhalb des Sensors ausgestattet, die zusätzlich eine genaue Identifikationsspeicherung der am Versuch teilnehmenden Tiere möglich machte. Das System von ALZAHAL et al. (2007) übertrug die Daten via Kabel über eine Pansenfistel heraus auf eine außen am Rind montierte Speichereinheit. Dieses System wäre jedoch für die Anwendung an mehreren Tieren oder auch in Gruppenhaltung ungeeignet.

Der im vorliegenden Versuch verwendete Sensor mit einer Größe von 180mm, einem Durchmesser von 36mm und einem Gewicht von ca. 208g war dem von HICKS et al. (2001) der ähnlichste. Der Sensor von MATHEW (2000) (115mm x 50mm) wurde zusätzlich in eine Plastikflasche, die mit Kies gefüllt und in einem baumwollenen Pansenverdauungsack mit einer Schnur an der Pansenfistel befestigt war gegeben. Die kleinsten und damit auch leichtesten Sensoren wurden von DYE et al. (2005) und TIMSIT et al. (2010) verwendet. SIEVERS et al. (2004) beschrieben die Wahrscheinlichkeit des Verlorengehens der Sensoren als sehr gering. Der in der vorliegenden Studie verwendete Sensor blieb aufgrund seines Eigengewichtes im Vormagensystem liegen und konnte daher nicht verloren gehen. Über den Verlust der Sensoren wurden in den Studien von DYE et al. (2005) und TIMSIT et al. (2010) jedoch keine Angaben gefunden.

Die im vorliegenden Versuch ermittelte Pansentemperatur befand sich in einem Bereich von 39,07 bis 39,28°C und lag damit im Durchschnitt über die gesamte Messperiode bei 39,17°C. BEWLEY et al. (2008) beschrieben eine durchschnittliche Pansentemperatur von 39,28°C. In der von GASTEINER et al. (2009) veröffentlichten Studie wurden die Tiere mit drei verschiedenen Rationen gefüttert, was unterschiedliche Pansentemperaturen zur Folge hatte. Die niedrigsten Temperaturen ($38,12 \pm 0,80^\circ\text{C}$) wurden bei Tieren mit Weidegang und zusätzlicher Heufütterung und die höchsten Temperaturen bei Tieren mit einer Ration aus 50% Kraft- und 50% Grundfutter ($38,55 \pm 0,83^\circ\text{C}$) festgestellt. Auch jene Tiere mit reiner Heufütterung lagen unter den in der vorliegenden Studie dokumentierten Werten ($38,40 \pm 0,70^\circ\text{C}$). Die Rationen der am Versuch teilnehmenden Tiere wurden in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt. Die Schwankungen der

Pansentemperaturen sind daher mit hoher Wahrscheinlichkeit in erster Linie durch die Umbau- bzw. Fermentationsvorgänge zu erklären.

Die im vorliegenden Versuch ermittelte Differenz zum THg lag bei $0,74^{\circ}\text{C}$ und befand sich somit leicht über dem von BEWLEY et al. (2008) gefundenen Wert von $0,45^{\circ}\text{C}$. Weiters zeigte der Pansensensor im Mittel über die beiden Versuchsmonate eine Korrelation von $r = 0,57$ zum Quecksilberthermometer, welche mit den Ergebnissen von HICKS et al. (2001) vergleichbar sind. Hier fanden BEWLEY et al. (2008) eine stärkere Korrelation ($r = 0,65$) zwischen rektaler und retikulärer Temperatur. BURNS et al. (2002) beschrieben rund um die Brunst Korrelationen von $r = 0,50$ und PRENDIVILLE et al. (2002) Korrelationen mit $r = 0,34$. Die stärkste Korrelation ($r = 0,92$) wurde von SIEVERS et al. (2004) beschrieben.

Diese Variationen der Messwerte der verschiedenen Autoren sowie in der vorliegenden Studie selbst, sind möglicherweise auf die von NOFFSINGER et al. (1961) und BEWLEY et al. (2008) beschriebenen Faktoren (Jahreszeit, Melktage, Aufstallungssystem und eine Trächtigkeit der Tiere) zurückzuführen. In der vorliegenden Arbeit wurde im August, im Gegensatz zum April eine höhere Pansentemperatur verzeichnet, was den Einfluss der Jahreszeit (höhere Außentemperatur, wärmere Wassertemperatur) bestätigte. BEWLEY et al. (2008) wiederum fanden im Frühling und Herbst stärkere Korrelationen ($r = 0,715$ und $r = 0,726$) als im Sommer und im Winter ($r = 0,580$ und $r = 0,565$), was ebenfalls auf den jahreszeitlichen Einfluss schließen lässt. Bereits in früheren Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Pansentemperatur variabler sei als die rektale Temperatur (NOFFSINGER et al., 1961).

Die Varianz der Werte der verschiedenen Autoren sowie in der vorliegenden Arbeit selber sind nicht nur auf die Jahreszeit, sondern auch mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die unterschiedlichen Messinstrumente, das Fress- und Trinkverhalten der Tiere sowie die physiologischen Veränderungen innerhalb der jeweiligen Tiere zurückzuführen. GASTEINER et al. (2009) beschrieben z.B. das zeitliche Absinken der Pansentemperatur (negative peaks) mit der Wasseraufnahme. Andere Autoren wie CUNNINGHAM et al. (1964) und BEWLEY et al. (2008) beschrieben nach der Wasseraufnahme eine über mehr als drei Stunden dauernde, starke Abnahme der Pansentemperatur. Hinsichtlich der Temperaturverhältnisse im Pansen konnten signifikante Veränderungen im Tagesverlauf beobachtet werden, die mit dem

Energiegehalt der verfütterten Rationen sowie kurzzeitig auch mit der Wasseraufnahme der Tiere zusammenhängen (SCHNEIDER, 2010).

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Pansentemperatur mit der rektalen Temperatur zu vergleichen, um damit Hinweise auf die IKT zu bekommen. Die Darstellung der signifikanten positiven Korrelation zwischen THg und TPS lassen somit Hinweise auf die IKT zu.

Weiters zeigten die Ergebnisse, dass der Sensor nicht nur bei der Messung des pH-Wertes, sondern auch bei der der Vormagentemperatur in Zukunft brauchbare Daten liefern kann. Die Umsetzung der gewonnenen Daten und die Zusammenhänge mit dem Pansen pH-Wert, z.B. zur frühzeitigen Detektion der subakuten Pansenazidose, müssen jedoch in weiteren Versuchen geklärt werden.

Der Pansensensor liefert vor allem für Betriebe mit großer Tieranzahl (z.B. Mastbetriebe) aber auch für Betriebe mit verschiedenen Fütterungsgruppen (Milchviehhaltung) einen guten Überwachungsmechanismus hinsichtlich der Tiergesundheit.

Weiters muss noch die von GASTEINER et al. (2009) beschriebene eventuelle negative tiergesundheitsliche Auswirkung bei längerer Verweildauer ausgeschlossen werden.

Ob dieses System für den praktischen Einsatz herangezogen werden kann, hängt vermutlich in erster Linie von den Kosten bzw. von der Erlaubnis für den Einsatz an Lebensmittel liefernden Tieren ab.

5.1.6 Messung der Außentemperatur und der Luftfeuchte

Im vorliegenden Versuch wurden neben den bereits beschriebenen Verfahren auch die Umgebungstemperatur (Logg_AT) sowie die relative Luftfeuchte (Logg_RH) mittels Datenlogger aufgezeichnet.

Die in der vorliegenden Studie berechnete Korrelation zwischen Luftfeuchte und THg betrug $r = 0,36$. Die Korrelation zwischen Umgebungstemperatur und THg betrug $r = 0,47$. Eine negative Korrelation konnte von PRENDIVILLE et al. (2002) von $r = -0,54$ ermittelt werden. In der vorliegenden Arbeit konnten Variationen hinsichtlich der beiden Versuchsblöcke festgestellt werden. So betrug der Zusammenhang zwischen Umgebungstemperatur und THg im Versuchblock April

$r = 0,44$ wogegen im Versuchsblock August eine nicht signifikante Korrelation von $r = 0,02$ nachgewiesen wurde.

Diese Variationen der durchschnittlichen Körpertemperatur zwischen den Beobachtungszeiträumen und damit auch der Umgebungstemperatur wurden bereits in früheren Studien beschrieben (ECHTERNKAMP, 1984; FORDHAM et al., 1988; LAMMOGLIA et al., 1997; LEFCOURT et al., 1999; SCHUTZ und BEWLEY, 2009). Weiters wurden auch der allgemeine Gesundheitszustand, der Aktivitätslevel und damit verbundenes Fress- und Trinkverhalten sowie der Reproduktionsstatus als Ursache dieser Variationen angegeben.

Die Umgebungstemperatur hat jedoch nicht nur auf die rektal gemessene Temperatur einen Einfluss, sondern auch auf die Temperatur des Trommelfells (LEFCOURT und ADAMS, 1998), der Flanke (COPPOLA et al., 2002) und auf die Pansentemperatur (PRENDIVILLE et al., 2002; SCHUTZ und BEWLEY, 2009). So konnte in der vorliegenden Studie eine Korrelation zwischen Umgebungstemperatur und Pansentemperatur von $r = 0,23$ ($p=0,003$) ermittelt werden. In der Studie von PRENDIVILLE et al. (2002) wurde ein durchschnittlicher Korrelationskoeffizient zwischen Umgebungstemperatur und Pansentemperatur von $r = -0,74$ berechnet. Diese Unterschiede könnten auf die unterschiedliche Fütterung zurückzuführen sein, da es sich bei den am Versuch von PRENDIVILLE et al. (2002) teilnehmenden Tieren um Charolais-Ochsen handelte, die Silage ad libitum und sechs Kilogramm Kraftfutter bekamen. Bei der in der vorliegenden Studie verfütterten Ration handelte es sich um eine Milchviehration mit zusätzlicher Heufütterung, was auf unterschiedliche Pansentemperaturen und damit auch unterschiedliche Korrelationen schließen lässt. Zusätzlich gaben PRENDIVILLE et al. (2002) an, dass es im Laufe des Versuches zu Einschränkungen der Aufzeichnungen gekommen war.

MAATJE et al. (1987) stellten fest, dass die Aufzeichnungen von Temperaturen im Sommer wesentlich schwieriger seien als im Winter. Gründe dafür waren die hohen Temperaturen und die Auswirkungen auf die Strategien der Tiere, sich abzukühlen. Ab einer täglichen Maximaltemperatur von $25,6^{\circ}\text{C}$ stieg die Körpertemperatur linear mit einem Wert von $0,42^{\circ}\text{C}$ pro 5°C an. Zudem wurde festgestellt, dass die Maximalwerte der Körpertemperatur ein bis fünf Stunden hinter denen der Umgebungstemperatur lagen (LEFCOURT und ADAMS, 1996). Während des Winters wurden die Körpertemperaturen nicht signifikant von den Umgebungstemperaturen

beeinflusst und auch die peaks der Körpertemperaturen waren bei unter $-7,5^{\circ}\text{C}$ Außentemperatur schwer zu erkennen (LEFCOURT und ADAMS, 1998).

Da die bereits beschriebenen Einflussfaktoren nachgewiesene Auswirkungen auf die Körpertemperatur haben, sollte in der vorliegende Studie festgestellt werden, ob auch die Umgebungstemperatur und die relative Luftfeuchte Auswirkungen auf die Körpertemperatur haben. Es ist weiters festzustellen, dass in der vorliegenden Studie die relative Luftfeuchte eine stärkere Korrelation zur im Pansen gemessenen Temperatur zeigte als die Umgebungstemperatur.

5.2 Tagesschwankungen des Temperaturverlaufes

Die Normaltemperaturen variieren zwischen den einzelnen Tieren (WRENN et al., 1961; LEFCOURT et al., 1999) und sind tageszeitlichen Schwankungen unterworfen (WRENN et al., 1958, 1961; BITMAN et al., 1984; LAMMOGIA et al., 1997; PICCIONE et al., 2003; KENDALL und WEBSTER, 2009; VICKERS et al., 2010; BURFEIND et al., 2011). Diese tageszeitlichen Schwankungen wurden auch in der vorliegenden Studie nachgewiesen.

In den frühen Morgenstunden (ca. 03:00 Uhr) konnte ein Abfall der Körpertemperatur in den Gruppen THg, Tdig, TIR und TPS beobachtet werden. Dieser Temperaturabfall wurde auch von WRENN et al. (1961), LAMMOGIA et al. (1997), PICCIONE et al. (2003) und KENDALL und WEBSTER (2009) beschrieben. BITMAN et al. (1984) beschrieben diesen Abfall bis 09:30 Uhr und fanden in diesem Bereich auch die Minimaltemperaturen des Tages. Einen zweiten Minimalwert konnten BITMAN et al. (1984) um etwa 20:00 bis 22:00 Uhr beobachten. Die in der vorliegenden Studie beobachteten Minimaltemperaturen des Tages befanden sich bei THg und Tdig um jeweils 07:00 Uhr \pm 30 Minuten sowie bei Tsc im August um 10:00 Uhr \pm 30 Minuten. Auch die Umgebungstemperatur wies im April einen Minimalwert um ca. 07:00 bis 09:00 Uhr auf. Die Minimaltemperaturen der restlichen Sensoren wurden erst im späteren Tagesverlauf verzeichnet. Bei VICKERS et al. (2010) und BURFEIND et al. (2011) konnten diese niedrigeren Temperaturen in der Zeit von 08:00 bis 10:00 Uhr bzw. 08:00 bis 13:00 Uhr beobachtet werden. Bei den Tieren mit Nachgeburtshaltung verschob sich die Zeitspanne auf 11:00 bis

13:00 Uhr (VICKERS et al., 2010). Diese Zeitangaben konnten auch in der vorliegenden Studie anhand der Pansentemperatur bestätigt werden. So zeigte der Pansensensor im August eine Minimaltemperatur um 12:00 Uhr sowie im April um 15:00 Uhr.

Die im vorliegenden Versuch erhobenen vaginal und subkutan gemessenen Temperaturen zeigten ebenfalls einen leichten Abfall bis in den späten Vormittag, stiegen dann aber ebenfalls, wie die anderen Temperaturen wieder kontinuierlich an. Dies wurde auch von WRENN et al. (1961) beschrieben. BITMAN et al. (1984) dokumentierten in der Zeit von 12:00 bis 13:00 Uhr eine Temperaturerhöhung von bis zu 1°C. Dies konnte in der vorliegenden Studie mit geringen Unterschieden ebenfalls festgestellt werden. Es konnte ein Temperaturanstieg von 0,5°C in der Zeit von 12:00 bis 14:00 Uhr beobachtet werden. Die einzige Übereinstimmung mit der von BITMAN et al. (1984) dokumentierten Temperaturerhöhung konnte im August mit dem Pansensensor festgestellt werden. Bezüglich dieser Übereinstimmung lassen sich nur Vermutungen anstellen.

Die im Versuch erhobenen Temperaturen zeigten in den frühen Nachmittagsstunden (13:00 bis 17:00 Uhr) von den beiden rektal gemessenen Verfahren in beiden Monaten stündliche Temperaturschwankungen, die aber in ihrem Verlauf gleichbleibend waren. Der leichte Abfall der Augentemperatur könnte auf Ruhezeiten oder auf Zugluft um diese Uhrzeiten schließen lassen. Die von WRENN et al. (1961) gefundenen leichten Anstiege um diese Zeit wurden auch hier bestätigt. Durch den Anstieg der Umgebungstemperatur ist es auch zu einem kontinuierlichen Anstieg der s.c. Temperatur gekommen.

LAMMOGIA et al. (1997) beschrieben das Temperaturmaximum um 19:00 Uhr. VICKERS et al. (2010) und BURFEIND et al. (2011) konnten ebenfalls zu dieser Zeit ein Maximum verzeichnen. In der Zeit von 17:00 bis 18:00 Uhr \pm 30 Minuten konnten in der vorliegenden Studie auch die Maximalwerte der Umgebungstemperatur festgestellt werden. Dies erklärt auch das Temperaturmaximum des Tsc zu dieser Zeit. SUTHAR et al. (2011) konnten ein Temperaturmaximum ($38,9 \pm 0,3$ C) um 17:00 Uhr bei den Tieren feststellen, die 48 Stunden nach einer dritten Prostaglandininjektion sowie 96 Stunden nach der Ovulation waren. Auch BITMAN et al. (1984) beschrieben zu dieser Zeit das Temperaturmaximum des Tages.

Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Autoren konnten WRENN et al. (1961), PICCIONE et al. (2003) sowie KENDALL und WEBSTER (2009) einen Abfall der Körpertemperatur in den Abendstunden beobachten. In der vorliegenden Studie

konnte dieser Abfall, mit Ausnahme der Messungen mittels Pansensensor, der dann in den frühen Morgenstunden (03:00 Uhr) sein Temperaturmaximum erreichte, ebenfalls bestätigt werden. Diese Abweichung bei der Pansentemperatur ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die vorher stattgefundene Futteraufnahme und damit verbundenen mikrobiellen Fermentations- und Umbauvorgänge des Futters im Pansen zurückzuführen. Außerdem wurde zu dieser Zeit beobachtet, wie die Tiere wiederkauten und dabei eine ruhende Position einnahmen. Diese Annahme konnte durch METZ et al. (1987) bestätigt werden, die bei laktierenden Tieren, die eine liegende Position einnahmen, einen Anstieg der Temperatur um über 0,2°C feststellten. Diese bereits von METZ et al. (1987) beschriebenen Ergebnisse konnten damit teilweise erklären, warum die Pansentemperatur in der Nacht höher ist als am Tag (IPEMA et al., 2008).

In der Nacht und den Anfangsstunden des Folgetages wurden bei allen Sensoren gleichbleibende Temperaturen, sogenannte „Temperaturplateaus“, beobachtet, die in den frühen Morgenstunden (gegen 03:00 Uhr) wiederum absanken. WRENN et al. (1961), BITMAN et al. (1984), LEFCOURT und SCHMIDTMANN (1989), PICCIONE et al. (2003), KENDALL et al. (2008), KENDALL und WEBSTER (2009) und VICKERS et al. (2010) beschrieben ebenfalls erniedrigte Temperaturen in den Nacht- und frühen Morgenstunden. Während dieser Zeit (02:00 bis 04:00 Uhr \pm 30 Minuten) konnte in der vorliegenden Arbeit das Temperaturminimum des Tsc sowie den Messungen an den beiden Augen festgestellt werden, was sich durch die niedrigen Umgebungstemperaturen und dem Ruheverhalten der Tiere erklären lässt. Die niedrigsten Tagestemperaturen konnten SUTHAR et al. (2011) um 05:00 Uhr ($38,5 \pm 0,1$ C) und um 03:00 Uhr ($38,6 \pm 0,2$ C) bei den Tieren feststellen, die 96 Stunden nach der Ovulation, sowie 48 Stunden nach einer dritten Prostaglandininjektion waren. KENDALL und WEBSTER (2009) untersuchten den Effekt der Rasse Holstein Frisian, Jersey und einer Kreuzung aus beiden auf die Körpertemperatur. Sie fanden keinen Rasseunterschied in der täglichen Durchschnittstemperatur.

All diese Variationen der Körpertemperatur und des zircadianen Rhythmus beruhen auf den bereits oben beschriebenen Faktoren. Außerdem ist der physiologische Hormonstatus, in dem sich das Tier befindet, sowie wenn auch nur in geringem Ausmaß, die Rasse des Tieres von Bedeutung.

6 Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob es Messorte und Messmethoden gibt, die eine enge Korrelation mit der mittels Quecksilberthermometer (Goldstandard) rektal gemessenen inneren Körpertemperatur haben und damit für ein erleichtertes Herdenmanagement eingesetzt werden können.

Die bisher veröffentlichten Studien beziehen sich oftmals nur auf zwei verschiedene Verfahren, bei denen jedoch auch die rektal gemessene Temperatur mittels Thermometer als Goldstandard herangezogen wurde. Andere Autoren wiederum verwendeten die rektale Temperatur lediglich zur Kalibrierung für die eigentlich verwendeten Messinstrumente.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten, dass die beiden rektal gemessenen Methoden die am stärksten korrelierenden Verfahren mit der geringsten Temperaturdifferenz waren. Dabei ist die Einführtiefe, die Art des Thermometers sowie der Benutzer selbst als Einflussfaktor zu berücksichtigen.

Die zweitstärkste Korrelation konnte zwischen Quecksilberthermometer und dem per os eingegebenen Pansensensor hergestellt werden. Auf die für die Praxis zu berücksichtigenden Faktoren, wie tageszeitliche Veränderungen, den Energiegehalt der verfütterten Ration sowie das Trinkverhalten der Tiere wurde hingewiesen. Diese Ergebnisse könnten als zusätzliche Information zum pH-Wert wertvolle Daten über die Tiergesundheit liefern.

Der auf der linken Halsseite implantierte Mikrochip mit integrierter Temperaturspeicherung lieferte bis zum letzten Versuchstag genaue Temperaturwerte und war von Verlust oder Defekt ausgenommen. Obwohl es ein schnelles und einfaches Verfahren zur frühzeitigen Erkennung von Temperaturänderungen, vor allem in Großbetrieben (z.B. Mast) darstellen könnte, wurde zur Umgebungstemperatur eine stärkere Korrelation als zum Quecksilberthermometer festgestellt. Diese Umwelteinflüsse wären bei konstanter Aufstallungstemperatur zu minimieren. Weiters müsste der Sensor, da in Österreich für Lebensmittel liefernde Tiere nicht zugelassen, erst in weiteren Versuchen unter Praxisbedingungen getestet werden.

Die Messung der inneren Körpertemperatur mittels vaginal eingebrachten Sensoren birgt, wie bereits in früheren Studien beschrieben, aufgrund von Loggerbewegungen, Verlust der Logger bzw. durch Luftestrom in die Vagina, die

Gefahr falscher Messwerte. Die Ergebnisse im vorliegenden Versuch zeigten eine mäßige Korrelation zum Quecksilberthermometer. Die Logger sind aufgrund ihrer Bauweise (glatte Oberfläche ohne Widerstand) für den Praxiseinsatz nicht geeignet. Die hohen Kosten sowie der leichte Verlust der Logger stehen zurzeit in keiner Relation zum möglichen Nutzen.

Die vorliegende Studie zeigte auch, dass die Verwendung einer Infrarotkamera zur Messung der Augentemperatur eher ungeeignet ist. Die Zusammenhänge zwischen Quecksilberthermometer und Augentemperatur waren gering und konnten bereits durch Zugluft beeinflusst werden. Für die Erfassung von Schmerzen oder Stress ist die Messung mittels Infrarotkamera in der Literatur als zuverlässige Methode beschrieben worden. Die Temperaturdifferenzen von über 2°C können für den Einsatz in der Praxis zur Herdenkontrolle jedoch nicht überzeugen.

Die gefundenen Ergebnisse zeigten, dass gemessen am Goldstandard (Quecksilberthermometer, rektale Messung), die rektal erhobene Temperatur mittels Digitalthermometer, die höchste Übereinstimmung, gefolgt von der intraruminalen Messung zeigte.

7 Zusammenfassung

Die frühe Erkennung einer nicht mehr im Normalbereich liegenden inneren Körpertemperatur (IKT) erkrankter Tiere, ermöglicht sowohl dem Landwirt als auch dem Tierarzt eine rasche Einleitung der Therapie mit besseren Heilungschancen für die betroffenen Tiere. Vor allem in größeren Betrieben spielt die Früherkennung bestimmter Erkrankungen und die damit verbundene kurative Tätigkeit des Tierarztes eine wichtige Rolle.

Ziel dieser Diplomarbeit war es festzustellen, ob sich die rektal gemessene Temperatur bei Milchkühen mit anderen Messmethoden und Messorten vergleichen lässt. Die Messungen erfolgten mit einem rektal eingeführten Quecksilberthermometer (als Goldstandard), einem rektal eingeführten Digitalthermometer, einem subkutanen Chip mit integrierter Temperaturspeicherung (linke Halsseite), einem Vaginal- und einem Pansensensor sowie einer Infrarotkamera für die beiden Augentemperaturen. Zusätzlich wurden auch die Umgebungstemperatur sowie die relative Luftfeuchte, mittels im Stall angebrachten Temperaturloggern, aufgezeichnet.

Für den Versuch standen 12 Milchkühe der Rasse Brown Swiss x Holstein Frisian über einen Zeitraum von insgesamt 16 Tagen aus den Monaten April und August 2011 zur Verfügung. Die Messungen aller Messmethoden erfolgten stündlich zwischen 06:00 und 05:00 Uhr des Folgetages, um eine 24 Stunden-Messung zu gewährleisten.

Die rektale innere Körpertemperatur wurde beginnend mit dem Quecksilberthermometer (THg) und anschließend mit einem Digitalthermometer erhoben. Zwischen den beiden rektal gemessenen Verfahren konnte die stärkste Korrelation ($r = 0,67$; $p < 0,001$) sowie die geringste mittlere Differenz ($0,03^{\circ}\text{C}$) ermittelt werden. Hier lieferte das Digitalthermometer höhere Temperaturen. Um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der gemessenen Werte zu erhalten, sollte darauf geachtet werden, möglichst immer die gleiche Einführtiefe sowie das gleiche Thermometer zu verwenden. Mit der Umgebungstemperatur konnte eine mäßige Korrelation von $r = 0,47$ ($p < 0,001$) hergestellt werden.

Die Sonden für die vaginale Messung wurden nach gründlicher Reinigung vor dem Muttermund positioniert. Die Ergebnisse zeigten zum Quecksilberthermometer eine mittlere Differenz von 0,47°C sowie eine mäßige Korrelation von $r = 0,48$. Die Sensoren müssen jedoch noch bezüglich ihrer Bauweise und ihres Gewichtes (Loggerbewegungen, Verlustrate) für den Einsatz in der Praxis verbessert werden.

Weiters wurde der Zusammenhang zwischen rektaler Temperatur und Pansentemperatur untersucht. Aufgrund der geringeren Belastung für die Tiere wurden die Sonden per os eingegeben und kamen mit hoher Wahrscheinlichkeit im Retikulum zu liegen. Zwischen Rektal- und Pansentemperatur wurde die zweit stärkste, obwohl in der Bewertung nur mäßige Korrelation ermittelt ($r = 0,57$; $p < 0,001$). Die durchschnittliche Temperatur des Pansensors betrug 39,17°C und lag somit um 0,74°C höher als die Rektaltemperatur. Mit der Umgebungstemperatur konnte im April eine geringe negative Korrelation von $r = -0,35$, im August jedoch eine starke Korrelation von $r = 0,61$ (jeweils $p < 0,001$) zum Pansensor ermittelt werden. Bei der Interpretation des Zusammenhanges zwischen Pansentemperatur und rektal gemessener Temperatur sollte Vorsicht geboten sein. Die Differenzen sollten in Zusammenhang mit dem pH-Wert interpretiert werden, da vor allem die verfütterte Ration und die damit verbundenen Umbau- und Fermentationsvorgänge einen wesentlichen Einfluss auf die Temperatur im Vormagensystem haben.

Auch der Zusammenhang zur subkutanen Temperatur wurde untersucht. Den Tieren wurde fünf Tage vor Versuchsbeginn ein Chip mit integrierter Temperaturspeicherung an der linken Halsseite implantiert und mit Hilfe eines Lesegerätes abgelesen. Der Temperaturunterschied zwischen THg und der s.c. Temperatur betrug 1,70°C. Weiters konnte ein mäßiger Zusammenhang ($r = 0,55$; $p < 0,001$) mit dem Quecksilberthermometer sowie ein starker Zusammenhang mit der Umgebungstemperatur ($r = 0,71$; $p < 0,001$) hergestellt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die subkutane Temperatur sehr stark von der Umgebungstemperatur und der Lokalisation des implantierten Chips abhängt.

Als eine eher unübliche Lokalisation zur Erhebung der IKT wurde in der Studie auch die Augentemperatur mittels Infrarotkamera zum Vergleich herangezogen. Der Messpunkt befand sich im ventralen nasalen Winkel vor der Caruncula lacrimalis. Die Augentemperatur zeigte eine mittlere Differenz von 2,01°C bzw. 2,06°C sowie

eine geringe Korrelation des linken Auges von $r = 0,21$ ($p=0,003$) bzw. des rechten Auges von $r = 0,23$ ($p=0,001$) zum Quecksilberthermometer. Die Messung der Augentemperatur stellt ein nicht leicht durchzuführendes Verfahren dar, welches möglichst immer mit der Einhaltung eines 90° Winkels durchgeführt werden sollte. Obwohl die Messung mittels Infrarotkamera ein aufwändiges, jedoch nicht invasives Verfahren darstellt, könnte es sich in der Zukunft lohnen, sich für dieses Verfahren zu entscheiden.

Die gefundenen Ergebnisse zeigen, dass die rektal gemessenen Verfahren die stärkste Korrelation zueinander aufweisen (mit dem Quecksilberthermometer definiert als Goldstandard). Trotzdem sollte bei der Messung auf ein möglichst weit eingeführtes Thermometer geachtet werden. Der zweitstärkste Zusammenhang mit dem Pansensor sollte kritisch hinterfragt werden, da die gefütterte Ration in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt wurde und hier nachweislich ein großer Einfluss bestehen kann. Auch beim subkutan implantierten Chip spielt die Außentemperatur einen wesentlichen Einflussfaktor auf die gemessenen Temperaturwerte. Werden die Vaginalsensoren für die Verwendung in der Praxis verbessert und der Nutzer über den höheren Temperaturunterschied in Kenntnis gesetzt, könnte dieses Verfahren in Zukunft Verwendung finden. Die Messungen der Augentemperaturen stellen trotz des Vorteiles eines nicht invasiven Verfahrens, eine sehr aufwendige und nicht leicht durchzuführende Methode dar.

8 Summary

Early diagnosis of abnormal inner body temperature in diseased animals enables farmers as well as veterinarians for rapid initiation of therapy with greater cure rates for the animals. Especially in dairy cows an early diagnosis of certain metabolic diseases, resulting predominantly in decreasing body temperature and of infectious diseases, usually resulting in increasing body temperature, and the appropriate treatment by the veterinarian play an important role.

The objective of the present work was to determine whether the rectally measured temperature can be compared with other methods and localisations. Measurements took place by means of a rectally introduced mercury thermometer (as gold standard), a rectally introduced digital thermometer, a subcutaneous chip with integrated temperature measurement (RFID, left side of neck), a vaginal sensor and a ruminal sensor as well as by an infrared-camera for the measurement of eyes temperature. Additionally, the environmental temperatures as well as relative humidity in the stable were monitored continuously by means of temperature loggers.

For this trial, 12 dairy cows (Brown Swiss x Holstein Friesian) were available for 16 days on total during april and august 2011. Measurements with all described methods were performed every hour between 06:00 a.m. and 05:00 a.m. of the next day in order to ensure 24 hours measurement.

Rectal temperature was assessed beginning with the mercury thermometer followed by a digital thermometer. The strongest correlation ($r = 0.67$; $p < 0.001$) and the lowest mean difference (0.03°C) was determined between these two rectal measurement methods, with the higher temperatures recorded by the digital thermometer. In order to achieve a high comparability of the measured values, it is important to use always the same inserting depth and to use always the same type of thermometer. A positive correlation was found with the environmental temperature ($r = 0.47$; $p < 0.001$).

After thorough cleaning the probes for vaginal measurement these were positioned in front of the cervix. Results show a mean difference of 0.47°C as well as a

moderate correlation of $r = 0.48$. The sensors showed an adequate accuracy for assessment of IKT in practice, announcing a temperature being on average 0.47°C higher than measured with the mercury thermometers. Regarding their construction and their weight (logger movements, loss rate) the loggers could be improved for practical use.

Furthermore, the relationship between rectal and ruminal temperature was assessed. In order to keep the animals' stress on a low level, probes were placed per os and most likely positioned in the reticulum. The second strongest but in interpretation only moderate correlation ($r = 0.57$; $p < 0.001$) was determined between rectal and ruminal temperature. Average temperature of the ruminal sensor was at 39.17°C and, thus, 0.74°C higher than rectal temperature.

The temperature measured with the ruminal sensor had a low negative correlation to ambient temperature of $r = 0.35$ ($p < 0.001$) in april; in august, however, there was a strong correlation of $r = 0.61$ ($p < 0.001$) between ambient temperature and temperature measured in the rumen. This aspect should be taken into consideration when results of the ruminal sensor are interpreted. Furthermore pH-value, fermentation and fermentation processes have an essential effect on temperature in the ruminal system.

The relationship between rectally measured temperature and sub-cutaneous temperature was assessed as well. Five days before the trial started animals were implanted a chip with an integrated temperature measurement system on the left side of their neck and temperature was readout by a hand held reading device. The temperature difference to the gold standard was on average 1.70°C . Furthermore, a moderate correlation ($r = 0.55$; $p < 0.001$) with the mercury thermometer as well as a strong correlation with environmental temperature ($r = 0.71$, $p < 0.001$) was found. These results showed that the subcutaneously recorded temperature strongly depends on environmental temperature and therefore on the localisation of the implanted chip.

Measuring of the eyes' temperature was performed with an infrared-camera. The measuring point was in the ventral nasal angle in front of the caruncula lacrimalis. The temperature of the left and right eye showed a mean difference of 2.01°C and

2.06°C, respectively, as well as a low correlation of $r = 0.21$ ($p=0.003$) and $r = 0.23$ ($p=0.001$) compared to the mercury thermometer. Measurement of the eye temperature is not an easy procedure to perform, because it should always be carried out with a correct angle of the camera to the eye of 90°. Measuring the temperature with an IR-camera is an intricate but not invasive procedure, it could be a valuable tool in the future.

According to these results (if thermometry with a mercury thermometer is regarded as gold standard), the rectal methods evince the strongest correlations. The thermometer should be inserted as deep as possible. The second strongest correlation with the ruminal sensor should be discussed carefully, because the impact of the fed ration has not been considered in the present study and verifiably, this can be a strong factor of influence. However, it should be noticed that this study was not designed to define the ‚true‘ body temperature.

In terms of the measured temperatures, environmental temperature plays an essential role when using the subcutaneous chip, as well. If the vaginal sensors are improved for practical use and the user is informed about the absolute higher values indicated by this method, it could be the one for the future.

In spite of the advantage not being invasive, the measurements of eye temperature represent an intricate and complex method.

9 Literaturverzeichnis

AALSETH, E. (2005)

Fresh cow management: What is important, what does it cost, and what does it return?

Proceedings of the 7th Western Dairy Management Conference: 1-12

ALZAHAL, O.; ALZAHAL, H.; STEELE, M.A.; SCHAIK, M.V.; KYRIAZAKIS, I.; DUFFIELD, T.F.; MCBRIDE, B.W. (2011)

The use of a radiotelemetric rumen bolus to detect body temperature changes in lactating dairy cattle

J. Dairy Sci. 94: 3568-3574

ALZAHAL, O.; KEBRAEB, E.; FRANCE, J.; FROETSCHER, M.; MCBRIDE, B.W. (2007)

Ruminal temperature may aid in the detection of subacute ruminal acidosis

J. Dairy Sci. 91: 202-207

BAUMGARTNER, W. (2009)

Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere

Stuttgart: Parey Verlag

BENZAQUEN, M.E.; RISCO, C.A.; ARCHBALD, L.F.; MELENDEZ, P.; THATCHER, M.-J.; THATCHER, W.W. (2007)

Rectal temperature, calving-related factors, and the incidence of puerperal metritis in postpartum dairy cows

J. Dairy Sci. 90: 2804-2814

BEWLEY, J.M.; EINSTEIN, M.E.; GROTT, M.W.; SCHUTZ, M.M. (2008)

Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows

J. Dairy Sci. 91: 4661-4672

BEWLEY, J.M.; SCHUTZ, M.M. (2010)

Recent studies using a reticular bolus system for monitoring dairy cattle core body temperature

The First North American Conference on Precision Dairy Management 2010

BITMAN, J.; LEFCOURT, A.; WOOD, D.L.; STROUD, B. (1984)

Circadian and ultradian temperature rhythms of lactating dairy cows

J. Dairy Sci. 67: 1014-1023

- BROD, D.L.; BOLSEN, K.K.; BRENT, B.E. (1982)
Effect of water temperature on rumen temperature, digestion and rumen fermentation in sheep
J. Anim. Sci. 54: 179-182
- BROSELIUS, F. (1998)
SPSS 8: Professionelle Statistik unter Windows
Bonn, International Thomson Publishing Verlag
- BURFEIND, O.; VON KEYSERLINGK, M.A.G.; WEARY, D.M.; VEIRA, D.M., HEUWIESER, W. (2010)
Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows
J. Dairy Sci. 93: 624-627
- BURFEIND, O.; SUTHAR, V.S.; VOIGTSBERGER, R.; BONK, S.; HEUWIESER, W. (2011)
Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows
J. Dairy Sci. 94: 5053-5061
- BURNS, P.D.; WAILES, W.R.; BAKER, P.B. (2002)
Changes in reticular and rectal temperature during the peri-estrous period in cows
J. Anim. Sci. 80: 128
- CHENAULT, J.R.; MCALLISTER, J.F.; CHESTER JR, S.T.; DAME, K.J.; KAUSCHE, F.M.; ROBB, E.J. (2004)
Efficacy of ceftiofur hydrochloride sterile suspension administered parenterally for the treatment of acute postpartum metritis in dairy cows
J. Am. Vet. Med. Assoc. 224: 1634-1639
- COOK, N.J.; CHURCH, J.S.; SCHAEFER, A.L.; WEBSTER, J.R.; MATTHEWS, L.R.; SUTTIE, J.M. (2005)
Stress and pain assessment of velvet antler removal from elk (*Cervus elaphus canadensis*) and reindeer (*Rangifer tarandus*)
OJVR 9: 24-36
- COPPOLA, C.L.; COLLIER, R.J.; ENNS, R.M. (2002)
Using body surface temperature to predict calving
Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science 53
- CUNNINGHAM, M.D.; MARTZ, F.A.; MERILAN, C.P. (1964)
Effect of drinking – Water temperature upon ruminant digestion, intraruminal temperature, and water consumption of non lactating dairy cows
J. Dairy Sci. 47: 382-385

DINSMORE, R.P.; STEVENS, R.D.; CATTELL, M.B.; SALMAN, M.D.; SUNDLOF, S.F. (1996)
Oxytetracycline residues in milk after intrauterine treatment of cows with retained fetal membranes
J. Am. Vet. Med. Assoc. 209: 1753-1755

DRACY, A.E.; KURTENBACH, A.J. (1968)
Temperature change within the rumen, crop area, and rectal area when liquid of various temperatures was fed to calves
J. Dairy Sci. 51: 1787-1790

DRILLICH, M.; BEETZ, O.; PFÜTZNER, A.; SABIN, M.; SABIN, H.-J.; KUTZER, P.; NATTERMANN H.; HEUWIESER, W. (2001)
Evaluation of a systemic antibiotic treatment of toxic puerperal metritis in dairy cows
J. Dairy Sci. 84: 2010-2017

DYE, T.K.; RICHARDS, C.J.; BURCIAGA-ROBLES, L.O.; KREHBIEL, C.R.; STEP, D.L.; FULTON, R.W.; CONFER, A.W. (2005)
Rumen temperature boluses for monitoring health of feedlot cattle
J. Anim. Sci., Publication Nr.: 1461787

ECHTERNKAMP, S.E. (1984)
The relationship between prepartum systemic estrone sulfate concentrations and calf birth weight in beef cows
J. Anim. Sci. 59: 368-373

FORDHAM, D.P.; ROWLINSON, P.; MCCARTHY, T.T. (1988)
Oestrus detection in dairy cows by milk temperature measurement
Res. Vet. Sci. 44: 366-374

GASTEINER, J.; FALLAST, M.; ROSENKRANZ, S.; HÄUSLER, J.; SCHNEIDER, K.; GUGGENBERGER, T. (2009)
Zum Einsatz einer intraruminalen pH-Datenmesseinheit mit kabelloser Datenübertragung bei Rindern unter verschiedenen Fütterungsbedingungen
WTM. 96: 188-194

GEORG, H.; UDE, G.; SCHWALM, A.; WENDERDEL, B. (2009)
Untersuchung von Injektaten zur elektronischen Tierkennzeichnung mit Temperatursensoren und Überprüfung geeigneter Injektionsorte bei Bullenkälbern
vTI Agriculture and Forestry Research 4: 287-294

GOODWIN, S.D. (1998)
Comparison of body temperatures of goats, horses, and sheep measured with a tympanic infrared thermometer, an implantable microchip transponder, and a rectal thermometer
Contemp Top Lab Anim. Sci. 37: 51-55

HICKS, L.C.; HICKS, W.S.; BUCKLIN, R.A.; SCHEARER, J.K.; BRAY, D.R.; SOTO, P.; CARVALHO, V. (2001)
Comparison of methods of measuring deep body temperature of dairy cows
Livestock Environment VI: 432-438

IPEMA, A.H.; GOENSE, D.; HOGWERF, P.H.; HOUWERS, H.W.J.; VON ROEST, H. (2008)
Pilot study to monitor body temperature of dairy cows with a rumen bolus
Comput. Electron. Agric. 68: 49-52

JOHNSON, S.R.; RAO, S.; HUSSEY, S.B.; MORLEY, P.S.; TRAUB-DARGATZ, J.L. (2011)
Thermographic eye temperature as an index of body temperature in ponies
JEVS. 31: 63-66

KAMANN, B.; KLINDTWORTH, K.; WENDL, G.; KRAETZL, W.D.; SCHÖN, H.; HARTUNG, J. (1999)
Automatische Gesundheitsüberwachung mit Hilfe von injizierbaren Temperaturtranspondern in der Kälberaufzucht
TU München-Weihenstephan, Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung: 249-254

KENDALL, P.E.; TUCKER, C.B.; DALLEY, D.E.; CLARK, D.A.; WEBSTER, J.R. (2008)
Milking frequency affects the circadian body temperature rhythm in dairy cows
Livestock Sci. 117: 130-138

KENDALL, P.E.; WEBSTER, J.R. (2009)
Season and physiological status affects the circadian body temperature rhythm of dairy cows
Livestock Prod. Sci. 125: 155-160

KLINDTWORTH, M. (2007)
Elektronische Tierkennzeichnung : Anwendungen und Perspektiven
KTBL-Schrift 457: 89-98

KRISTULA, M.; SMITH, B.I.; SIMEONE, A. (2001)
The use of daily postpartum rectal temperatures to select dairy cows for treatment with systemic antibiotics
Bovine Pract. 35: 117-125

LAMMOGLIA, M.A.; BELLOWS, R.A.; SHORT, R.E.; BELLOWS, S.E.; BIGHORN, E.G.; STEVENSON, J.S.; RANDEL, R.D. (1997)
Body temperature and endocrine interactions before and after calving in beef cows
J. Anim. Sci. 75: 2526-2534

LEFCOURT, A.M.; ADAMS, W.R. (1996)
Radiotelemetry measurement of body temperatures of feedlot steers during summer
J. Anim. Sci. 74: 2633-2640

LEFCOURT, A.M.; HUNTINGTON, J.B.; AKERS, R.M.; WOOD, D.L.; BITMAN, J. (1999)
Circadian and ultradian rhythms of body temperature and peripheral concentrations of insulin and nitrogen in lactating dairy cows
Domest. Anim. Endocrinol. 16: 41-55

LEFCOURT, A.M.; SCHMIDTMANN, E.T. (1989)
Body temperature of dry cows on pasture: Environmental and behavioral effects
J. Dairy Sci. 72: 3040-3049

LEVINE, J.A.; PAVLIDIS, I.; COOPER, M. (2001)
The face of fear
The Lancet 357: 1757

MAATJE, K.; ROSSING, W.; WIERSMA, F. (1987)
Temperature and activity measurements for oestrus and sickness detection in dairy cattle
Proc. 3rd Symp. on Automation in Dairying, Wageningen, The Netherlands: 239-249

MATHEW, S.R. (2000)
Changes in rumen temperature, vaginal temperature and drinking behaviour throughout the estrous cycle in tie-stalled dairy cattle
Department of Animal Science, University of Manitoba (Canada)

METZ, J.; WIERSMA, F.; ROSSING, W.; VAN DEN BERG, V. (1987)
First experiences with a telemetry system for measurements of body temperature by dairy cows
Proc. 3rd Symp. on Automation in Dairying, Wageningen, The Netherlands: 185-197

NAYLOR, J.M.; STREETER, R.M.; TORGERSON, P. (2010)
Factors affecting rectal temperature measurement using commonly available digital thermometers
Res. Vet. Sci. (2012) 92: 121-123

NOFFSINGER, T.L.; OTAGAKI, K.K.; FURUKAWA, C.T. (1961)
Effect of feed and water intake on rumen and body temperatures of sheep under subtropical conditions
J. Anim. Sci. 20: 718-722

OVERTON, M.W.; SISCHO, W.M.; REYNOLDS, J.P. (2003)
Evaluation of effect of estradiol cypionate administered prophylactically to postparturient dairy cows at high risk for metritis
J. Am. Vet. Med. Assoc. 223: 846-51

PALENIK, T.; DOLEZEL, R.; KRATOCHVIL, J.; CECH, S.; ZAJIC, J.; JAN, Z.; VYSKOCIL, M. (2009)
Evaluation of rectal temperature in diagnosis of puerperal metritis in dairy cows
Veterinarni Medicina, 54: 149-155

PAVLIDIS, I.; EBERHARDT, N.L.; LEVINE, J.A. (2002)
Human behaviour: seeing through the face of deception
Nature 415: 35

PICCIONE, G.; CAOLA, G.; REFINETTI, R. (2003)
Daily and estrous rhythmicity of body temperature in domestic cattle
BMC Physiol 3: 7

PRENDIVILLE, D.J.; LOWE, J.; EARLEY, B.; SPAHR, C.; KETTLEWELL, P. (2002)
Radiotelemetry systems for measuring body temperature
Beef Prod. 57, Grange Research Centre, Tunsany, UK

RAJAMAHENDRAN, R.; ROBINSON, J.; DESBOTTES, S.; WALTON, J.S. (1989)
Temporal relationships among estrus, body temperature, milk yield, progesterone and luteinizing hormone levels, and ovulation in dairy cows
Theriogenology 31: 1173-1182

REBHUN; DIVERS, T.J.; PEEK, S.F. (2008)
Rebhun's Diseases of dairy cattle
Saunders Elsevier, 2008

SCHAEFER, A.L.; STEWART, M.; WEBSTER, J.R.; COOK, N.J.; COLYN, J.J.; LEPAGE, P.; CHURCH, J.S.; HALEY, D.B. (2006)
Objective measurement of pain and fear in cattle using infrared thermography
Proceedings of the International Society of Applied Ethology, North American, Canada: The University of British Columbia: 55

SCHNEIDER, K. (2010)
Vergleichende Untersuchungen zur Pansensaftentnahme und zur Messung des pH-Wertes im Vormagensystem von Rindern
Inaugural-Dissertation, Department für Nutztiere und Bestandsbetreuung,
Veterinärmedizinischen Universität Wien

SCHUTZ, M.M.; BEWLEY, J.M. (2009)
Implications of changes in core body temperature
Proc. 18th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference, USA 2009: 39-54

SCHWALM, A.; GEORG, H.; UDE, G. (2009)
Elektronische Tierkennzeichnung
Landbauforsch. 59: 279-286

SHELDON, I.M.; DOBSON, H. (2004)
Post partum uterine health in cattle
Anim. Reprod. Sci. 82-83, 295-306

SIEVERS, A.K.; KRISTENSEN, N.B.; LAUE, H.-J.; WOLFFRAM, S. (2004)
Development of an intraruminal device for data sampling and transmission
J. Anim. Feed Sci. 13: 207-210

SIMMONS, K.R.; DRACY, A.E.; ESSLER, W.O. (1965)
Diurnal temperature patterns in unrestrained cows
J. Dairy Sci. 48: 1490-1493

SMITH, B.I.; RISCO, C.A. (2005)
Management of periparturient disorders in dairy cattle
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 21: 503-521

SMITH, B.I.; DONOVAN, G.A.; RISCO, C.; LITTELL, R.; YOUNG, C.; STANKER, L.H.;
ELLIOTT, J. (1998)
Comparison of various antibiotic treatments for cows diagnosed with toxic puerperal
metritis
J. Dairy Sci. 81: 1555-1562

STEINLECHNER, S. (2010)
Wärmebilanz und Temperaturregulation in Physiologie der Haustiere
Enke Verlag 2010, 3.Auflage

- STEWART, M.; STAFFORD, K.J.; DOWLING, S.K.; SCHAEFER, A.L.; WEBSTER, J.R. (2008)
Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic
Physiol. Behav. 93: 789-97
- STEWART, M.; WEBSTER, J.R.; SCHAEFER, A.L.; COOK, N.J.; SCOTT, S.L. (2005)
Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare
Animal Welfare 14: 319-325
- STEWART, M.; WEBSTER, J.R.; STAFFORD, K.J.; SCHAEFER, A.L.; VERKERK, G.A. (2010)
Effects of an epinephrine infusion on eye temperature and heart rate variability in bull calves
J. Dairy Sci. 93: 5252-5257
- STEWART, M.; WEBSTER, J.R.; VERKERK, G.A.; SCHAEFER, A.L.; COLYN, J.J.; STAFFORD, K.J. (2007)
Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography
Physiol. Behav. 92: 520-525
- STÖBER, M. (1990)
Kennzeichen, Anamnese, Grundregeln, Allgemeine Untersuchung
Die klinische Untersuchung des Rindes
Paul Parey Verlag, Berlin-Hamburg, 3. Auflage
- STUBSJØEN, S.M.; FLØ, A.S.; MOE, R.O.; JANCZAK, A.M.; SKJERVE, E.; VALLE, P.S.; ZANELLA, A.J. (2009)
Exploring non-invasive methods to assess pain in sheep
Physiol. Behav. 98: 640-648
- SUTHAR, V.S.; BURFEIND, O.; BONK, S.; DHAMI, A.J.; HEUWIESER, W. (2012)
Endogenous and exogenous progesterone influence body temperature in dairy cows
J. Dairy Sci. 95: 2381-9
- SUTHAR, V.S.; BURFEIND, O.; PATEL, J.S.; DHAMI, A.J.; HEUWIESER, W. (2011)
Body temperature around induced estrus in dairy cows
J. Dairy Sci. 94: 2368-2373
- TIMSIT, E.; ASSIE, S.; QUINIOU, R.; SEEGER, H.; BAREILLE, N. (2011)
Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses
Vet. J. 190: 136-142

WENZ, J.R.; MOORE, D.A.; KASIMANICKAM, R. (2011)
Factors associated with the rectal temperature of Holstein dairy cows during the first
10 days in milk
J. Dairy Sci. 94: 1864-1872

WRENN, T.R.; BITMAN, J.; SYKES, J.F. (1958)
Body temperature variations in dairy cattle during the estrous cycle and pregnancy
J. Dairy Sci. 41: 1071-1076

WRENN, T.R.; BITMAN, J.; SYKES, J.F. (1961)
Diurnal patterns of bovine body temperature
J. Dairy Sci. 44: 2077-2080

VICKERS, L.A.; BURFEIND, O.; VON KEYSERLINGK, M.A.G.; VEIRA, D.M.; WEARY, D.M.;
HEUWIESER, W. (2010)
Comparison of rectal and vaginal temperatures in lactating dairy cows
J. Dairy Sci. 93: 5246-5251

YAMADA, A.; SUTOH, M.; IMURA, T. (2001)
The changes of rumen temperature with grazing behavior in the daytime
Grassl. Sci. 47: 491-493

10 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Quecksilberthermometer Veterinär d26</i>	16
<i>Abbildung 2: Verwendetes Digitalthermometer zur Erhebung der rektalen IKT</i>	17
<i>Abbildung 3: Vaginalsensor (Gasteiner, 2009)</i>	17
<i>Abbildung 4: Angebrachte Gummischläuche zur Erhöhung des Widerstandes</i>	18
<i>Abbildung 5: Für die Messungen der Augentemperaturen wurde eine Infrarotkamera ThermoCAMP™ 60 der Firma FLIR Systems verwendet</i>	19
<i>Abbildung 6: Temperaturmessung des rechten Auges mittels Infrarotkamera</i>	20
<i>Abbildung 7: Größenvergleich des verwendeten LifeChip® mit Bio-Thermo™ Technologie (www.destronfearing.com)</i>	20
<i>Abbildung 8: Steril verpackter Applikator des LifeChip® (www.destronfearing.com)</i>	21
<i>Abbildung 9: Mit dem Destron Fearing™ Pocket Reader® wurde die Temperatur seitlich am Hals abgelesen</i>	21
<i>Abbildung 10: Intraruminale Temperaturmesseinheit mit einer Länge von 180mm, einem Ø von 36mm und einem Gewicht von 208g (Gasteiner, 2009)</i>	22
<i>Abbildung 11: Intraruminale Temperaturmesseinheit für Rinder mit</i>	23
<i>Abbildung 12: Der testostor 171-3® zur Aufzeichnung der Umgebungs-temperatur (www.testo.de)</i>	24
<i>Abbildung 13: Der testo 175-H2 zur Aufzeichnung der relativen Luftfeuchte</i>	24
<i>Abbildung 14: Grafische Darstellung des mittleren Temperaturverlaufes in den Monaten April und August der einzelnen Sensoren über 24 Stunden</i>	38

11 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Unterschiedliche Definitionen der physiologischen Körpertemperatur beim Rind in Grad Celsius der verschiedenen Autoren.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabelle 2: Auflistung der Versuchstiere</i>	<i>15</i>
<i>Tabelle 3: Mittelwerte der einzelnen Messsonden in Grad Celsius</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 4: Paarweise Vergleiche der Sonden.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabelle 5: Korrelationen (nach Pearson) zwischen den Messergebnissen der unterschiedlicher Sensoren sowie der beiden Augentemperaturmessungen über den gesamten Versuchszeitraum.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabelle 6: Korrelationen (nach Pearson) zwischen den Messergebnissen der unterschiedlichen Sensoren sowie der beiden Augentemperaturmessungen für den Versuchszeitraum April.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabelle 7: Korrelationen (nach Paerson) zwischen den Messergebnissen der unterschiedlichen Sensoren sowie der beiden Augentemperaturmessungen für den Versuchszeitraum August.....</i>	<i>35</i>