

Aus der Tierexperimentellen Einrichtung der Charité,  
Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow-Klinikum,  
eingereicht  
über den Fachbereich Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Untersuchungen der Körpertemperatur an Versuchsschweinen, ermittelt mit der  
Transpondertechnik an verschiedenen Implantationsorten im Vergleich zur rektal  
gemessenen Körpertemperatur

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

vorgelegt von  
Hauke Sonnenberg  
Tierarzt aus Nordhorn

Berlin 2011  
Journal- Nr. 3384

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.- Prof. Dr. L. Brunnberg  
Erster Gutachter: PD Dr. Ch. Große- Siestrup  
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. K. H. Lahrmann  
Dritter Gutachter: Prof. Dr. H. Tönhardt

*Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):*

pigs, transponders, body temperature, implantation, thermoregulation

Tag der Promotion: 30.06.2010

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-86664-911-8

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2010**

Dissertation, Freie Universität Berlin

**D 188**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2011

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – [www.menschundbuch.de](http://www.menschundbuch.de)

Meinen Eltern  
Marliese und Heiko Sonnenberg



<b>Inhaltsverzeichnis</b>		Seite
<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>3</b>
2.1.	Grundlagen der Thermoregulation beim Schwein	3
2.1.1.	Physiologie der Thermoregulation	3
2.1.2.	Körperinnentemperatur (Körperkerntemperatur) beim Schwein	5
2.1.3.	Thermoneutralzonenkonzept	8
2.1.4.	Wärmebildung, Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe	11
2.2.	Physiologische und pathologische Änderungen der KT	12
2.2.1.	Einfluss des Geschlechts	12
2.2.2.	Zyklusbedingte Temperaturschwankungen	14
2.2.3.	Zirkadiane Rhythmen	15
2.2.4.	Einflüsse von Lebensalter und Gewicht	14
2.2.5.	Nahrungsaufnahme	17
2.2.6.	Einfluss körperlicher Aktivität und psychische Belastungen auf die KT	18
2.2.7.	Umweltfaktoren	19
2.2.8.	Überschreiten und Unterschreiten der Regelkapazität	21
2.2.9.	Schweinekrankheiten	23
2.2.10.	Dehydratation	27
2.3.	Anatomie und Besonderheiten der Haut des Schweines	28
2.4.	Methoden und geschichtlicher Überblick der Temperaturmessung	31
2.5.	Transponder	33
2.5.1.	Einflussfaktoren auf die Temperaturmessung mittels Transponder	36
2.5.2.	Funktionsausfälle von Transpondern	36

---

2.5.3.	Implantation von Transpondern	37
<b>3.</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>39</b>
3.1.	Versuchstiere, Versuchsaufbau, Haltung und Fütterung	39
3.2.	Aufbau, Funktionsweise eines Transponders und Lesegerätes	40
3.3.	Beschreibung der Messgeräte	42
3.4.	Vorgehensweise der Applikation und Lokalisation der Transponder	44
3.5.	Erfassung der Rektaltemperatur (RT) mittels Digitalthermometer	47
3.6.	Erfassung der Hauttemperatur mittels Transponder	47
3.7.	Aufzeichnungen des Verhaltens der Schweine	47
3.8.	Statistische Auswertung	48
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>50</b>
4.1.	Einzeltiermessungen	50
4.2.	Temperaturergebnisse aller Tiere nach Messort	67
4.3.	Korrelation	79
4.3.1.	Beschreibung über alle Tiere	79
4.3.2.	Einzelfall- Korrelationen	80
4.4.	Regression	84
4.5.	Anzahl und Ursachen der Funktionsausfälle von Transpondern	97
4.5.1.	Einzeltierbeschreibung	97
4.5.2.	Aufzeichnungen der Funktionsausfälle (FA) der einzelnen sowie aller Transponderpositionen	99
4.5.3.	Beschreibung aller Transponderpositionen (Tr. Pos.)	101
4.6.	Klinische Befunde im Bereich der Implantationsstelle	101
4.7.	Erfassung des Verhaltens der Schweine	101

---

<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>102</b>
5.1.	Einschätzung von Material und Methoden	102
5.2.	Statistische Auswertung	103
5.2.1.	Zusammenhänge Korrelation	103
5.2.2.	Zusammenhänge Regression	104
5.3.	Diskussion der Transponderapplikationen	105
5.4.	Diskussion der Funktionsausfälle	106
5.5.	Diskussion der Transponderverluste	107
5.6.	Diskussion der Transponderdefekte	109
5.7.	Diskussion möglicher Einflüsse auf die Rektal- und Hauttemperatur	110
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>112</b>
<b>7.</b>	<b>Summary</b>	<b>114</b>
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>116</b>
<b>9.</b>	<b>Tabellenanhang</b>	<b>137</b>
<b>10.</b>	<b>Danksagung</b>	<b>144</b>
<b>11.</b>	<b>Selbständigkeitserklärung</b>	<b>146</b>

## Abkürzungen

ACTH	Adreno- Corticotropes- Hormon
Ans.	Ansatz
bzw.	beziehungsweise
CLOCK- Proteine	CLOCK- Gen, Proteine die an DNA binden können und die Transkription weiterer Gene aktivieren (Circadianer Rhythmus)
CYCLE- Proteine	CYCLE- Gen (Circadianer Rhythmus)
CRY- Proteine	CRY- Gen (Circadianer Rhythmus)
DNA	Desoxyribonukleinsäure
EtO	Gassterilisation mit Ethylenoxid
etc.	et cetera
FA	Funktionsausfall der Transponder
g	Gramm
IPTT	Implantierbarer- Programmierbarer- Temperatur- Transponder
K	Kelvin
KT	Körpertemperatur
mod.	modifiziert
n	Gesamtanzahl
Tab.	Tabelle
TIM	tail- in- mouth- behavior
Tr. Pos.	Transponderposition
PER- Proteine	PER- Gen (Circadianer Rhythmus)
p.i.	post injectionem
p.p.	post partum
ReT	Rektaltemperatur
RiT	Rippentemperatur
v.a.	vor allem
ZNS	zentrales Nervensystem
z.T.	zum Teil



## 1. Einleitung

Hausschweine und Miniaturschweine finden in zunehmendem Maße als Tiermodelle in biomedizinischen Versuchen Verwendung (SWINDLE et al., 2003).

Die Verwendung des Schweines als Versuchstier beruht im Wesentlichen auf der dem Menschen vergleichbaren Anatomie sowie Physiologie (SWINDLE et al., 2003). Der Mensch und das Schwein ähneln sich in vielen biologischen Bereichen, wie z. B. der Physiologie des Magen- Darm- Traktes, der Haut, des Fettstoffwechsels, des Herzens, der koronaren Blutversorgung, der Infarktgefährdung oder dem Skelettsystem.

Bei der klinischen Untersuchung von Schweinen ist die Körpertemperatur oft das einzige zweifelsfreie Krankheitsanzeichen (PLONAIT u. BICKHARDT, 1997).

Die tägliche veterinärmedizinische Praxis zeigt, dass die Temperaturmessung ein wichtiger Bestandteil der klinischen Diagnostik ist.

Die Temperaturmessung stellt somit einen wichtigen und praktikablen Parameter der Gesundheitsüberwachung in Vorsorge und Diagnostik dar (KAMANN, 2000).

Des Weiteren hilft sie ein Krankheitsgeschehen rechtzeitig zu erkennen, zu differenzieren und Therapien einzuleiten.

Da für Versuchszwecke immer häufiger Schweine von landwirtschaftlichen Betrieben genutzt werden, deren Gesundheitsstatus oft stark variiert, ist eine permanente Überwachung der Tiere ab dem Zeitpunkt der Anlieferung bis zum Versuchsbeginn wichtig und notwendig.

Diese Studie wurde erstellt um zu prüfen, ob es einen Zusammenhang zwischen der digitalen Rektaltemperaturmessung und der subcutan gemessenen Temperatur mittels Transpondersystems gibt. Des Weiteren wurde geprüft, inwieweit das Temperaturtranspondersystem zur Erhebung des Gesundheitszustandes landwirtschaftlicher Nutztiere im Tierversuch geeignet ist.

Zu diesem Zweck wurden folgende vier Positionen für die Lokalisationen der Transponderchips ausgesucht:

- unter dem Scutulum (cartilago scutiformis) am linken Ohr,
- am Ohrgrund der rechten Seite,
- am Ansatz der letzten Rippe der rechten Seite sowie
- am Schwanzansatz.

Die Untersuchungen wurden an 21 Läufer Schweinen unter praxisnahen Bedingungen im Biomedizinischen Forschungszentrum der Tierexperimentellen Einrichtung der Charité im Campus Virchow- Klinikum in Berlin durchgeführt.

Durch die Ergebnisse und Erfahrungen dieser Arbeit soll ein Temperaturüberwachungssystem gefunden werden, was den gestiegenen Anforderungen der modernen biomedizinischen Forschung nach standardisierten Abläufen der Versuchstierkunde Rechnung trägt.

## 2. Literaturübersicht

### 2.1. Grundlagen der Thermoregulation beim Schwein

#### 2.1.1. Physiologie der Thermoregulation

Die Thermoregulation erfolgt über einen Regelkreis. Die zentrale Temperaturregulation ist im Hypothalamus und in der rostral gelegenen praeoptischen Region lokalisiert; einerseits das Wärmebildungszentrum und andererseits das Wärmeabgabezentrum. Des Weiteren existieren Thermorezeptoren, die in periphere (Haut, Skrotum, Maul, Ohren und Schwanz) und zentrale (v.a. Hypothalamus, sowie Rückenmark und Bauchhöhle) Rezeptoren unterschieden werden (KAMANN, 2000).

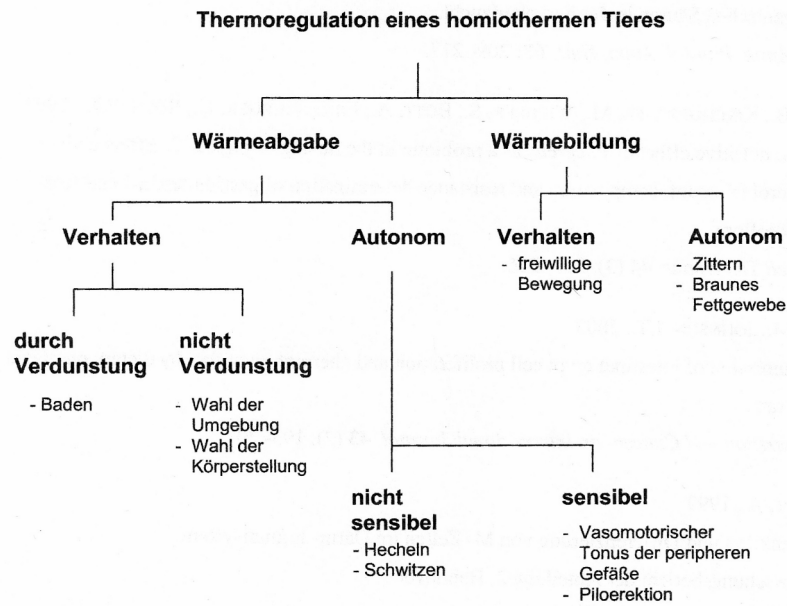
Als Stellglieder der Temperaturregulation dienen verschiedene Körpergewebe, z.B. braunes Fettgewebe, Schweißdrüsen, Blutgefäße in der Haut, Lungenalveolen u.a. (LYHS, 1971).

HÖRNICKE (1987) stellte in diesem Zusammenhang fest, dass neugeborene Schweine aufgrund des Fehlens von braunem Fett nicht zur zitterfreien Thermogenese fähig sind.

Bei Abweichungen der Summe aller von den Thermorezeptoren eintreffenden Aktivitäten vom Sollwert werden die Mechanismen der Wärmebildung (Kältezittern, zitterfreie Thermogenese im braunen Fettgewebe) und Wärmeerhaltung (durch das efferente vegetative Nervensystem vermittelte Verminderung der Haut- und Schalendurchblutung), oder der Wärmeabgabe (Vasomotorik, Schweißsekretion, Pilomotorik) aktiviert (KLUSSMANN, 1994).

Differenzen zwischen Ist- und Sollwert ergeben Regelabweichungen und aktivieren somit die Stellglieder der Wärmeabgabe oder der Wärmeproduktion, so dass die Abweichungen von der Kerntemperatur begrenzt sind (PENZLIN, 2005).

Das Schwein ist ein homiothermes Lebewesen und besitzt als Säugetier eine hochentwickelte Thermoregulation (Abb. 1).



**Abb.1:** Möglichkeiten der Thermoregulation eines homiothermen Tieres  
(mod. nach BLIGH, 1998)

Somit ist das Schwein in der Lage die Körpertemperatur (= Körperkerntemperatur), auch bei stark wechselnden Außentemperaturen bzw. bei Änderungen der Stoffwechselintensität, innerhalb enger Grenzen konstant zu halten (SCHEUNERT u. TRAUTMANN, 1987).

In welchem Maße diese Regulationsmechanismen in Anspruch genommen werden, ist von den Umgebungsbedingungen wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegungen und Wärmestrahlung abhängig, die den Wärmeaustausch wesentlich beeinflussen können. Diese Faktoren nehmen auch auf beteiligte physikalische Prozesse, wie z.B. Leitung, Konvektion, Strahlung und Verdunstung, Einfluss. Hecheln und Schwitzen stellen nach BLIGH (1998) autonome Effektoren der Thermoregulation dar und können unter thermischer Belastung erheblich gesteigert werden.

Befindet sich ein gleichwarmer Organismus im Gleichgewicht mit seiner Umwelt, trifft folgende Formel zu (BERMAN et al., 1985):

$$Q_m = Q_{hs} + Q_k + Q_c + Q_r + Q_e$$

( $Q_m$  = metabolische Wärmeproduktion,  $Q_{hs}$  = gespeicherte Wärme,  $Q_k$  = Wärmeaustausch durch Konduktion,  $Q_c$  = Wärmeaustausch durch Konvektion,  $Q_r$  = Wärmeaustausch durch Radiation,  $Q_e$  = Wärmeaustausch durch Evaporation)

Übersteigt die endogene Wärmeproduktion und der exogene Wärmeeintrag längerfristig die Wärmeabgabe hat dies schwerwiegende Folgen für das Wohlbefinden und die Gesundheit des Tieres. Müdigkeit, Apathie und Krampfanfälle gehen dem hyperosmolaren Koma voraus (BICKHARDT, 1992). Steigt die Körperkerntemperatur auf über 42 °C, dekompensieren Säugetiere und der Tod tritt ein (BIANCA, 1968).

Nach SIMON (1997) versteht man unter dem Begriff Körperkern Körperregionen, in denen die Temperatur gleichmäßig warm ist (v.a. Gehirn und Organe der Brust- und Bauchhöhle). Die Umgebungstemperatur beeinflusst die Ausdehnung des Kerns.

Zwischen dem Körperkern, der weitgehend homiotherm ist und der Körperoberfläche besteht ein Temperaturgefälle. Diejenigen Bereiche, in denen das Temperaturgefälle auftritt werden als Körperschale bezeichnet (PERSSON, 2005).

Die Körperschale steht dem Kern gegenüber, wobei die Temperatur der Körperschale durch die mittlere Hauttemperatur, d.h. den gewichteten Mittelwert von Messungen an empirisch festgelegten Hautstellen, wiedergegeben wird (SIMON, 1997).

Die Durchschnittstemperatur im Körperkern ist höher als die Temperatur der Körperschale (Extremitäten, Haut, Unterhaut, Akren) (KAMANN et al., 1998).

Die Isotherme des Körperkerns ist in kalter Umgebung weit in die Körpertiefe zurückverlagert (KLUSSMANN, 1992; PERSSON, 2005; ASCHOFF u. WEVER, 1958).

In warmer Umgebung ist die Körperschale weitestgehend auf die Kutis und Subkutis beschränkt (PERSSON, 2005).

### **2.1.2. Körperinnentemperatur (Körperkerntemperatur) beim Schwein**

Beim Schwein existieren die meisten Angaben über die Körperinnentemperatur über die Messung der Rektaltemperatur (Tab. 1), wobei die Temperatur beim Einzeltier in einem grösseren Bereich variiert als bei anderen Tieren. Des Weiteren gibt es unterschiedliche Temperaturen bei jüngeren und leichteren Schweinen, die z.B. höhere Rektaltemperaturen zeigen als ältere und schwerere Tiere. Unter anderem gibt es auch verschiedene Hauttemperaturmessungen beim Schwein mit unterschiedlichen Meßmethoden (Tab. 2).

Autor	Alter / Gewicht	Minimum- Maximum in °C	Mittel °C
HÖRNICKE (1987)	Schwein Ferkel	38,0- 40,0 39,0- 40,5	39,0 39,5
KOLB (1989)	Schwein Ferkel	38,0- 40,0 39,0- 40,5	39,0 39,5
CUMINGHAM (1997)	Schwein	38,7- 39,8	39,2
JESSEN (2005)	Schwein	38,0- 40,0	
LYHS (1978)	Sau Ferkel (4 Wo.)		39,0 39,5
ANDERSSON u. JONASSON (1993)	Schwein	38,7- 39,8	39,2
SEEMANN (1961)	bis 14 Tage 14 Tage- 3 Wochen 4- 7 Wochen 8- 11 Wochen 12- 16 Wochen über 16 Wochen Sauen		39,5 39,5 39,45 39,38 39,0 39,02 38,85
HEINRITZI et al. (2006)	Saugferkel Absetzferkel Mastschweine Zuchtsauen Eber		39,2 39,0 38,8 38,8 38,5
SCHULZE (1964)	bis 1. Woche bis 4. Woche bis 8. Woche bis 12. Woche bis 16 Wochen über 16 Wochen Eber	±0,3 ±0,3 ±0,3 ±0,3 ±0,3 ±0,3 ±0,3	39,5 39,5 39,4 39,3 39,0 38,8 38,3
PLONAIT (1997)	Alteber Sauen/ Schlachtschweine Absetzferkel Saugferkel	±0,3 ±0,3 ±0,3 ±0,3 ±0,3	38,2 38,8 38,8 39,3 39,5
RICHTER et al. (1969)	Ferkel erwachs. Schweine	39,0- 40,5 38,0- 40,0	39,8 39,0
MAREK- MOCSY (1966)		38,0- 40,0	
KAHMANN (1961)	Ferkel p.p.		39,5
SWINDLE (1998)		38- 39,5	
SIEVERDING (2000)	1- 6 Wochen 6- 12 Wochen 12- 30 Wochen 7 Mon. ≥ 1 Jahr Eber ≥ 1 Jahr	±0,2 ±0,2 ±0,2 ±0,2 ±0,2	39,5 39,4 39,0 38,9 38,9

**Tab. 1:** Übersicht über einige in der Literatur angegebene physiologische Körpertemperaturen mittels Rektaltemperaturmessung beim Schwein

Autor	Lokalisation	Minimum- Maximum in ° C	Angaben zur Außentemperatur
EWALD (1978)	Ohrgrund	30,9- 37,1	16- 23,8
	Rücken	26,4- 35,8	16- 23,8
	Analgegend	31,9- 37,4	16- 23,8
GOOSENS (1973)	Ohrgrund	36,9 (37,0- 37,7)	17- 21
	Rücken	32,9-34,2 (35,8-36,9)	17- 21
	Kreuzdarmbeingegend	32,7-33,8 (36,3-37,1)	17- 21
	Analgegend	37,3-37,6 (37,5-37,9)	17- 21
HARDER (1937)	17 Hautstellen	27,1- 35,7	8- 20
HARMS (1959)	19 Hautstellen	24-38	18- 25
KÜPPERS (1973)	Ohrgrund	37,2 (36,2)	22,5
	Rücken	36,6 (35,3)	22,5
	Kreuzdarmbeingegend	35,6 (35,6)	22,5
	Analgegend	36,8 (36,7)	22,5
LEINEWEBER (1961)	28 Hautstellen	21- 37,9 (mittlere Hauttemperaturen)	-5- +36
RÖHLINGER et al. (1980)	11 Lokalisationen (Sau)	24,6- 38,6	14- 29
	7 Lokalisationen (Ferkel)	32,0- 34,9	20- 29
SABEC u. LAZAR (1990)	3 Lokalisationen am Sprunggelenken bei Schweinen mit Osteoarthrosis tarsi deformans	35,3- 35,69	22- 23
DEBBELT (1975)	Ohrgrund	32,9- 36,0	32,9- 36,0
	Rücken	29,3- 32,9	29,3- 32,9
	Analgegend	34,0- 36,8	34,0- 36,8

**Tab. 2:** Übersicht der Hauttemperaturen beim Schwein mit unterschiedlichen Messmethoden (die genauen Messmethoden sind aus der Literaturübersicht zu entnehmen)

### 2.1.3. Thermoneutralzonenkonzept

Das von BLIGHT u. JOHNSON (1973) definierte Thermoneutralzonenkonzept beschreibt schematisch die Beziehung zwischen einem Tier und seiner thermischen Umgebung.

Das Thermoneutralzonenkonzept ist in der Abbildung (Abb. 2) nach SILANIKOVE (2000) dargestellt, allerdings berücksichtigt dieses Konzept nur den Umwelt- Parameter

Umgebungstemperatur, so dass nur in dieser Hinsicht die Tier- Umwelt- Beziehung bewertet werden kann. Andere Einflüsse wie z.B. die Luftfeuchte und Luftbewegungen können erheblich modulierend auf diese Beziehung (Tier- Umwelt) wirken.

Homoiotherme, endotherme Tiere (die meisten Säugetiere und Vögel) besitzen die Fähigkeit, ihre Körperkerntemperatur durch Mechanismen der Thermoregulation auch bei einer Änderung der Umgebungstemperatur konstant zu erhalten.

Die Fähigkeit die Körperkerntemperatur in einem engen Bereich zu regulieren, ist das Ergebnis evolutionärer Adaptation, die es dem Organismus ermöglicht eine gleichmäßige Stoffwechselaktivität lebenswichtiger Organe über einen weiten Bereich von Außentemperaturen aufrecht zu erhalten.

Bei steigenden Umgebungstemperaturen erfolgt dies durch eine Steigerung der Wärmeabgabe durch gesteigerte Hautdurchblutung und durch Wasserverdunstung, bei sinkenden Temperaturen durch Steigerung der Wärmeproduktion mittels Kältezittern und durch zitterfreie Thermogenese. Im Bereich der Thermoneutralzone (TNZ) erfolgt die thermische Anpassung nur mittels vasomotorischen und pilomotorischen Änderungen. Die Thermoneutralzone liegt zwischen der unteren kritischen Temperatur („Lower Critical Temperature“, LCT) und der oberen kritischen Temperatur („Upper Critical Temperature“, UCT). Die LCT und die UCT begrenzen nach ROBERSHAW (1981) die TNZ und begrenzen in der Abbildung 2 die Punkte B bis C`.

Die untere kritische Temperatur ist die Temperatur, bei der ein endothermes Lebewesen seine Körpertemperatur nur noch durch eine Erhöhung der metabolischen Wärmeproduktion aufrechterhalten kann. Die LCT wird in der Abbildung 2 bei B erreicht. Unterhalb dieser Temperatur steigt die metabolische Rate linear zur sinkenden Umgebungstemperatur an. Wird die Zone zwischen B und C (Abb. 2) zum Kälteren hin überschritten, wird der Kältestress so groß, dass die gesamte metabolische Energie zur Wärmeproduktion eingesetzt wird. Wenn keine Wärme mehr produziert werden kann, so fällt die Körperkerntemperatur lebensbedrohlich ab, die Wärmebereitstellung des Stoffwechsels lässt nach und das Einfrieren beginnt (Punkt D, Abb. 2).



Bei Temperaturen, die die obere kritische Temperatur übersteigen, erfolgt eine zusätzliche Wärmeabgabe durch Schwitzen, Hecheln oder Befeuchten des Haarkleides. Beim Überschreiten der oberen kritischen Temperatur steigt die metabolische Rate ebenfalls an (ECKERT, 1993). Die Stadien des Hitzestress oberhalb der thermalen Komfortzone lassen sich in vier verschiedene Stadien einteilen:

#### Stadium I (A' - A'')

- ▶ Die Homöothermie kann mit geringem Aufwand konstant gehalten werden und das Wohlbefinden des Tieres ist nicht beeinträchtigt. Mit dem Einsetzen von peripheren Vasodilatoren und moderatem Schwitzen ist die obere Temperatur des minimalen thermoregulatorischen Aufwandes überschritten.

#### Stadium II (A'' - B')

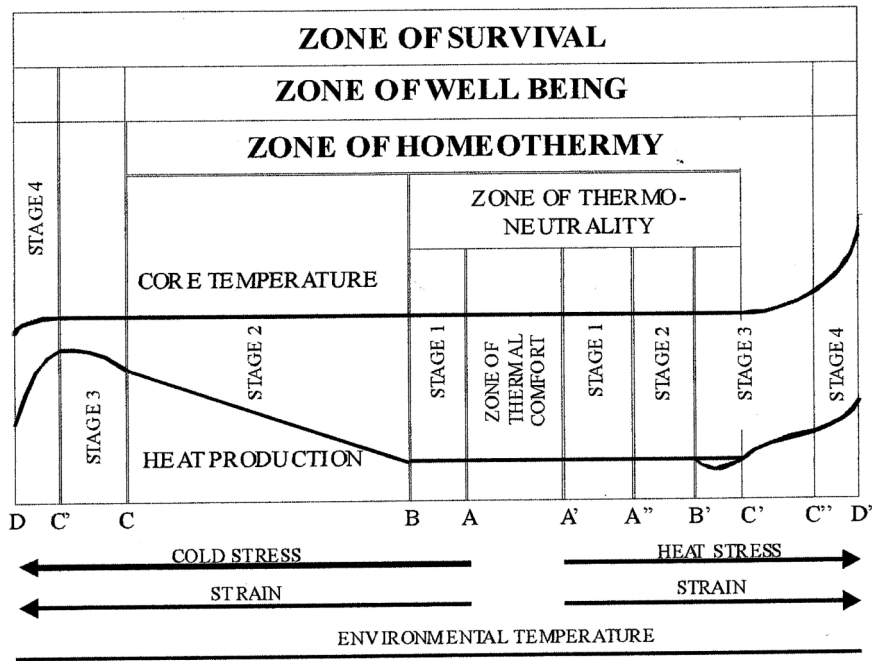
- ▶ Erster Anstieg der Schweißsekretionsrate. Dieses Stadium endet mit dem Punkt B' zwischen 24- 26°C (ROBERSHAW, 1981; IGONO et al., 1992; HAHN, 1999).

#### Stadium III (B' - C'')

- ▶ Durch eine Verringerung der endogenen Wärmeproduktion (Aktivitätsminderung, geringe Nahrungsaufnahme) versucht sich das Tier anzupassen, denn ab B' kann das Tier die zugeführte Wärme nicht mehr dauerhaft und vollständig abführen. Ist eine Adaption nicht mehr möglich, so folgt ein Anstieg der Körperkerntemperatur.

#### Stadium IV (C'' - D')

- ▶ Anstieg der Körperkerntemperatur bis zum Eintreten des Todes.



**Abb. 2:** Schematische Darstellung des Thermoneutralzonenkonzeptes nach SILANIKOVE (2000).

#### 2.1.4. Wärmebildung, Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe

Eine sorgfältige Regulation des Gleichgewichtes zwischen Wärmebildung und Wärmeabgabe kann im Tierkörper die durchschnittliche Körperinnentemperatur aufrechterhalten (KOLB, 1989).

Hinsichtlich der Wärmebildung stehen chemische Vorgänge (= chemische Thermoregulation) im Vordergrund und die Abgabe von Wärme wird durch physikalische Vorgänge (= physikalische Thermoregulation) reguliert.

Einerseits wird die Körperwärme durch die Vergärung von Nährstoffen im Magen- Darmkanal bzw. bei der Verbrennung von Nährstoffen in den Zellen produziert und andererseits spielen die Zusammensetzung und Verdaulichkeit des Futters, die Sekretionshöhe von Thyroxin sowie der Verbrauch von Adenosintriphosphat (ATP) eine entscheidende Rolle (KOLB, 1987).

Bei allen Arten steigt die Ruhe- Wärmeproduktion nach der Futteraufnahme an. Dieser Effekt zeigt sich besonders nach der Verfütterung proteinreicher Nahrung und wird spezifisch-dynamische Wirkung genannt (PENZLIN, 2005).

Untersuchungen von SCHUMM (1962) ergaben, dass die Zeitspanne zwischen dem Temperaturabsturz neugeborener Ferkel und der gemessenen Anfangstemperatur unmittelbar post partum (p.p.), von einer ausreichenden Nahrungsaufnahme abhängen.

Somit sind zwei gleichwertige Informationsflüsse vorhanden: Die Verbindung zwischen den peripheren Wärmesensoren und dem Wärmeabgabezentrum im vorderen Hypothalamus (physikalische Temperaturregulation: **Strahlung, Konduktion, Konvektion und Evaporation**) und zwischen den peripheren Kältesensoren und dem Wärmeproduktionszentrum im hinteren Hypothalamus (chemische Temperaturregulation: Ausmaß der Oxidation im Organismus) (BLIGH, 1973).

Die **Strahlung** beeinflusst den Wärmeaustausch zwischen Körper und Umgebung durch die Oberflächenbeschaffenheit bzw. Pigmentierung der Haut und die Haarausbildung.

**Konduktion** bedeutet eine Wärmeübertragung zwischen benachbarten Molekülen. Sie ist bei Geweben sehr gering und spielt hier kaum eine Rolle (HÖRNICKE, 1987; PAUL, 2001).

Die **Konvektion** wird durch die Luftbewegung beeinflusst.

Mittels der **Evaporation** (Verdunstung) kann der Wärmeaustausch einerseits durch die Temperatur, Feuchtigkeit und Bewegung der Luft und andererseits durch die Größe und Anzahl der Schweißdrüsen bzw. der Atemtätigkeit beeinflusst werden (KOLB, 1989).

Schweine besitzen weniger Schweißdrüsen, als andere Säugetiere. Diese befinden sich im Grenzbereich zwischen Korium und Subkutis oder noch tiefer. Bei einer exogenen

Hyperthermie muss die Wärme somit hauptsächlich durch Hecheln abgegeben werden. Durch eine gleichzeitige Kühlung der Nasenschleimhaut sinkt die Temperatur des venösen Blutes im Sinus cavernosus ab (NICHELMANN, 1994). Das in der Nase befindliche Kapillarnetz bildet einen Gegenstromaustauscher. Dieser Gegenstrom wird auch über Verzweigungen der Carotis externa zur Thermoregulation des Gehirns benutzt (BACKER, 1980).

Unter anderem wird während dieser Phase die Sekretion der lateralen Nasendrüsen und der Speicheldrüsen gesteigert, um mehr Flüssigkeit zu erzeugen (HÖRNICKE, 1987).

Eine weitere Möglichkeit der Thermoregulation beim Schwein wird durch das sogenannte Suhlen in Schlammplätzen ermöglicht. Durch das Trocknen des Schlammes auf der Haut (Wasserverdunstung) wird dem Tier Wärme entzogen (INGRAM, 1974; INGRAM u. MOUNT, 1975). Das Aufsuchen thermisch günstiger Aufenthaltsorte wird willentliche Thermoregulation (Verhaltensthermoregulation) genannt (PERSSON, 2005; WHITTOW, 1971).

Die Verdunstung von Wasser stellt den wirksamsten Weg der Wärmeabgabe dar (HÖRNICKE, 1987). Die Haut ist für Wasser nicht undurchdringlich und so diffundiert permanent Flüssigkeit durch die Gewebeschichten und das verhornte Plattenepithel zur Hautoberfläche. Diese Form der Verdunstungswärmeabgabe wird sensible Wärmeabgabe genannt (REECE, 2005; JESSEN, 2005; PERSSON, 2005).

Aufgrund der Tatsache, dass das Schwein die optimale Körpertemperatur eher durch Steuerung der Wärmeerzeugung, als durch eine Regulation der Wärmeabgabe erreicht, bezeichnete COMBERG (1978) das Schwein als „inkomplett thermoreguliertes“ Tier.

## **2.2. Physiologische und pathologische Änderungen der KT**

### **2.2.1. Einfluss des Geschlechts**

#### 1. weiblicher Organismus

Trächtigkeit, Geburt und Laktation stellen hohe Anforderungen an den Stoffwechsel und andere Körperfunktionen. In diesem Zustand sind die Tiere besonders anfällig für Klimabelastungen und insbesondere für eine Hitzebelastung. Da während der **Trächtigkeit** die Wärmebildung im Muttertier erhöht ist, kommt es bei zusätzlich heißem Klima zu ungenügender Wärmeabgabe bzw. zum Hitzestau, einer Erhöhung der Körperkerntemperatur und zu Appetitverminderung mit entsprechend reduzierter Futteraufnahme und dadurch insgesamt zur Beeinträchtigung des Fötus bis hin zum Fruchttod (POLLMANN et al., 2005).

Die **Geburt** bei Haussäugetieren wird in drei verschiedene Phasen eingeteilt. Für die Einleitung der Geburt sind einerseits der Fetus und andererseits eine endokrine Signalkaskade verantwortlich. Diese Signalkaskade kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

1. Erhöhte Ausschüttung von Corticotropin-releasing-Hormon (CRH) im fetalen Gehirn
2. Erhöhte Ausschüttung von adrenocorticotropem Hormon (ACTH) durch den fetalen Hypophysenvorderlappen
3. Erhöhte Ausschüttung von Kortison durch die fetale Nebenniere
4. Umwandlung von Progesteron aus der Placenta zu Östrogen
5. Östrogen stimuliert die Produktion von Prostaglandin F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>) durch das Myometrium und bewirkt eine zervikale Relaxation
6. Eine Oxcitocinausschüttung aus dem Hypophysenhinterlappen bewirkt eine weitere Kontraktion des Myometriums (JACKSON, 2007).

Einige dieser Hormone haben einen Einfluss auf die Temperatur.

Während der Trächtigkeit beträgt die Körpertemperatur z.B. bei der Hündin ca. 38,5- 39,0 °C. Diese leichte Temperaturerhöhung wird auf die hohe Progesteronkonzentration während der Trächtigkeit zurückgeführt. Gegen Ende der Trächtigkeit sinkt, ebenso wie der Progesteronspiegel, auch die Temperatur zunächst auf 38,0 °C ab. 4- 36 h vor der Geburt sinkt der Progesteronspiegel nochmals, somit erklärt sich auch der Temperaturabfall 24 h vor der Geburt um 1°C auf 37 °C. Danach steigt die Temperatur wieder an und kann während der Geburt bis zu 40 °C betragen.

Das entscheidende Merkmal für eine bevorstehende Geburt ist das Absinken der Körpertemperatur bis zu einem Grad Celsius, in der Regel innerhalb der letzten 24 h vor dem Werfen (JACKSON, 2007).

ULMER- SHAKIBAEI (1995) zeigte in seinen Untersuchungen, dass Sauen während der gesamten **Laktation** Rektaltemperaturen aufweisen, die normalerweise fieberhaft sind ( $\geq 39,5^{\circ}\text{C}$ ). Dennoch ist das Allgemeinbefinden der Sauen bzw. weder das Säugen der Ferkel gestört. Die Temperaturen regulieren sich in den Normalbereich ( $38,8 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) nach dem Absetzen der Ferkel.

Dieses Phänomen fasst man unter dem Begriff **Laktationshyperthermie** zusammen. Die Erscheinung zeigt sich v.a. bei Ad-libitum- Fütterung kleiner und gutgenährter Sauen. Es scheint so, dass die Temperaturregulation dieser Tiere durch die bei der Verdauung freiwerdende Stoffwechselenergie überfordert wird. Folglich steigt die Körpertemperatur und gleichzeitig

wird die Wärmeabgabe an die Umgebung erleichtert (PLONAIT u. BICKHARDT, 1997). Des Weiteren zeigt sich um den Zeitpunkt der Geburt (12- 48 h p.p.) häufig eine **MMA-Komplexerkrankung (Metritis- Mastitis- Agalaktie)**, die Sauen erkranken an einer Gebärmutter- oder/ und Gesäugeentzündung, die folglich zur Unterernährung der Ferkel und somit zu erheblichen Verlusten führen kann (SIEVERDING, 2000). Die Krankheit zeigt sich durch ein fieberhaft gestörtes Allgemeinbefinden, Scheidenausfluß sowie eine Mastitis. Das Fieber wird dabei weitgehend indirekt durch die Bildung von endogenen Pyrogenen im Gewebe der Milchdrüse ausgelöst, wobei vorwiegend koliforme Bakterien aus dem Darm, mitunter auch Streptokokken und Staphylokokken an der Erkrankung beteiligt sind (AWAD- MASALMEH et al., 1990).

Folgende Faktoren begünstigen die Entstehung des MMA- Komplexes: latente Gesäuge- bzw. Gebärmutterentzündungen, chronische Blasen- u. Nierenentzündungen, verschleppte Geburten, unsachgemäße manuelle Geburtshilfen, verzögerte Nachgeburtsabgänge, mangelhafte Immunitäten, Verstopfung vor der Geburt, mangelnde Hygiene usw. (SIEVERDING, 2000).

## 2. männlicher Organismus

Umgebungstemperaturen über 32 °C beeinträchtigen die Libido und Spermiogenese bis hin zur vorübergehenden Sterilität. Dabei handelt es sich um eine adaptive Sterilität, d.h. die Anpassung an vorübergehend ungünstige Bedingungen für das Muttertier und die Nachkommen (POLLMANN et al., 2005).

### **2.2.2. Zyklusbedingte Temperaturschwankungen**

Beim Menschen steigt nach der Ovulation die basale Körperkerntemperatur um etwa 0,5 °C an, erreicht ein Plateau und fällt zum Ende des Zyklus wieder ab (PERSSON, 2005; LEICHTWEISS, 1994).

Laut WUTTKE (1990) besitzt das Gestagen Progesteron eine temperatursteigernde (thermogenetische) Wirkung im Hypothalamus bei Frauen und führt in der zweiten Hälfte des Zyklus zu einem Anstieg der Körpertemperatur. Dieser zweiphasige Temperaturverlauf ist bei Haussäugetieren nicht zu erkennen (SCHEUNERT u. TRAUTMANN, 1987).

### 2.2.3. Zirkadiane Rhythmen

STEPHENSON et al. (1984) und TERAJ et al. (1985) vertreten die Meinung, dass der zirkadiane Anstieg der Körperkerntemperatur nicht einfach die Folge einer erhöhten körperlichen Aktivität im Laufe des Tages darstellt.

Vielmehr unterliegt die Körperkerntemperatur, wie viele physiologische Körperfunktionen, einem endogenen ca. 24- Stunden- Rhythmus (BÜNNING, 1977; WEVER, 1979).

Die zirkadianen Rhythmen (circa einen Tag) beeinflussen nahezu alle physiologischen und psychologischen Prozesse beim Säugetier (BIRBAUMER et al., 2006).

Der zentrale Schrittmacher der zirkadianen Periodik ist der Nucleus suprachiasmaticus (SCN) im vorderen Hypothalamus. Der SCN ist aus mehreren, einzelligen, zyklischen Oszillatoren zusammengesetzt, die wiederum bestimmte Rhythmen regulieren können (REPPERT u. WEAVER, 2001).

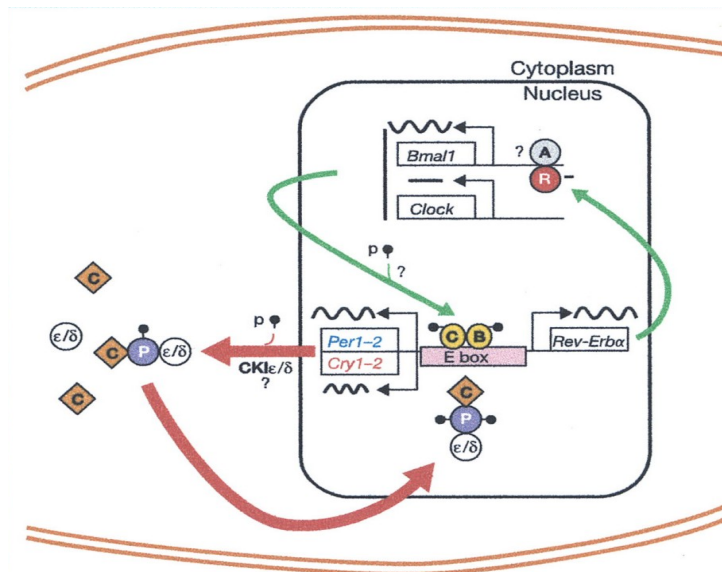
Multiple primäre Oszillatoren befinden sich im ZNS nebeneinander, müssen synchronisiert werden und sind für endogene Rhythmen verantwortlich. Sekundäre Oszillatoren befinden sich außerhalb des ZNS und beeinflussen rhythmisch bestimmte Organfunktionen.

Läsionen der SCN Kerne führen zu Verlust der Rhythmizität der motorischen Aktivität, Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme sowie dem Schlaf- und Wach- Rhythmus (BIRBAUMER et al., 2006).

Das SCN drängt anderen Kernstrukturen den endogenen Rhythmus auf und es erfolgt einerseits eine pulsatile Freisetzung von Hormonen, andererseits eine rhythmische Neuronenentladung.

Diese Neuronenentladungen werden durch molekulargenetische Faktoren gesteuert. So synthetisieren endogene Oszillatoren in den SCN- Kernen CLOCK und CYCLE Proteine, die wiederum ein Dimer bilden und an eine DNA binden. Daraufhin werden PER und CRY Proteine gebildet und an ein bestimmtes TAU Protein binden. Dieses führt wiederum zur Hemmung, so dass ein 24 Stunden Rhythmus entsteht (Abb. 3).

Die Auf- und Abbaueiten von Genen und Proteinen bestimmen also den endogenen Rhythmus.



**Abb. 3:** Schematische Darstellung eines Modells des zirkadianen Rhythmus bei Säugetieren. Der Zeitmechanismus beinhaltet interaktive positive (grün) und negative (rot) Rückkopplungen. CLOCK und BMAL 1 bilden Heterodimere und aktivieren die Transkription von PER, CRY und Rev-Erb $\alpha$  Genen durch die E-box. (REPPERT u. WEAVER, 2002).

Ein zweiter zentraler Schrittmacher ist der Nucleus ventromedialis (VMN), dieser ist eng mit dem SCN durch reziproke Bahnen verknüpft. Es besteht eine Synchronizität zwischen beiden Kernen. Der VMN rhythmisiert die Temperatur und Nahrungsaufnahme, sowie die Glucose, Insulin und freie Fettsäuren. Zu den zirkadianen Rhythmen zählen die Nahrungsaufnahme, Trinkrhythmen, Thermoregulation und endokrine Rhythmen.

Viele Hormone unterliegen einer zirkadianen Rhythmik v.a. ACTH, Kortisol, Katecholamine, Schilddrüsenhormone, Wachstumshormone).

Schmerz und Krankheiten unterliegen ebenfalls einer Rhythmik (BIRBAUMER et al., 2006). Störungen hinsichtlich zirkadianer Rhythmen verursachen bei wiederholter und anhaltender Phasenverschiebung einen Leistungsabfall, Depressionen, gastrointestinale Störungen, Schlafstörungen, respiratorische Probleme sowie Schmerzen.

Der Tagesgang der Kerntemperatur hat sein Minimum am frühen Morgen, steigt im Laufe des Tages an, um am Nachmittag und frühen Abend ein Maximum zu erreichen (PERSSON, 2005; SCHEUNERT u. TRAUTMANN, 1987; MAREK u. MOCSY, 1960).

Der Abfall der Temperatur entsteht durch einen erhöhten Blutfluss in der Haut, dadurch



resultiert eine erhöhte Wärmeabgabe (BIRBAUMER et al., 2006).

#### **2.2.4. Einflüsse von Lebensalter und Gewicht**

Neugeborene Ferkel besitzen in den ersten Lebenstagen ein noch nicht vollständig ausgebildetes Stoffwechsel- und Thermoregulationsvermögen. So steht z.B. das Wärmebildungsvermögen mittels Fettoxidation mangels an Fettdepots noch nicht zur Verfügung, auch ist die Gluconeogenese nicht vollständig funktionstüchtig (WENDT u. BICKHARDT, 1997).

Bei neugeborenen Kälbern und Lämmern bildet das braune Fettgewebe etwa 1,5- 2 % der Körpermasse, bei Ferkeln ist der Anteil sehr gering. Bei einer Tendenz zur Hypothermie steigt die Sekretion von Noradrenalin an: Die verstärkte Bindung des Hormons an Rezeptoren der Zellen des braunen Fettgewebes erhöht die Lipolyse und den Transport von Fettsäuren in die Mitochondrien. Die Mitochondrien dieser Zellen erhalten in der inneren Membran einen die ATP- Synthese entkoppelnden Faktor- das Thermogenin-, so dass die beim Abbau der Fettsäuren anfallende Energie fast vollständig zur Wärmebildung verwendet wird (KOLB, 1989).

Unmittelbar nach der Geburt fällt die Rektaltemperatur von neugeborenen Ferkeln stark ab. Sie beträgt eine Stunde nach der Geburt ca. 37 °C.

So stellten auch HOY et al. (1995) einen höheren Abfall der Körperinnentemperatur bei neugeborenen Ferkeln mit einem geringen Geburtsgewicht fest und führten dies auf eine begünstigte Wärmeabgabe durch Konduktion und Konvektion zurück.

Das Hypoglykämie- Hypothermie- Syndrom führt bei Geburtsgewichten unter 1000 Gramm (g) zu einer hohen perinatalen Sterblichkeit bei neugeborenen Ferkeln (WENDT u. BICKHARDT, 1997).

Laut MAREK und MOCSY (1960) ist die Tagesschwankungsbreite der Körpertemperatur bei sehr jungen Tieren grösser als bei älteren Tieren.

#### **2.2.5. Nahrungsaufnahme**

Die Normalwerte der Rektaltemperatur unterliegen einem fütterungsbedingten Tagesrhythmus mit niedrigen Morgen- und höheren Nachmittagstemperaturen (PLONAIT, 1997).

Das Schwein kann durch eine veränderte Futteraufnahme, Einfluss auf thermogenetische bzw. biochemische Prozesse nehmen und somit die Körpertemperatur kontrollieren (BLACK et al., 1999; VERHAGEN et al., 1987).

Während längerer Hungerperioden und bei chronischer Unterernährung, ferner bei Unterfunktion der Schilddrüse und bei Ausfall der Hypophyse liegt die Körpertemperatur tiefer (KOLB, 1989).

Untersuchungen von GILES (1992) zeigten, wenn die Körpertemperatur über ca. 39,2°C steigt, daß die freiwillige Futteraufnahme zu fallen beginnt und bei Körpertemperaturen von 41,3°C völlig eingestellt wird.

Bei der Nahrungsaufnahme müssen die Nährstoffe verdaut werden, was zu einer Steigerung des Energieumsatzes führt. Hierbei werden mehr als  $\frac{3}{4}$  des Energieumsatzes in Wärme verwandelt (PERRSON, 2005).

Sowohl KRÜGER (1944) als auch HOLMES (1970) konnten nach der Verfütterung von größeren Mengen kalter Flüssigkeit, ein Absinken der Rektaltemperatur feststellen.

#### **2.2.6. Einflüsse körperlicher Aktivität und psychische Belastungen auf die KT**

In zahlreichen Untersuchungen wird die Veränderung der Körperinnentemperatur als zusätzlicher Parameter für die Anpassungsfähigkeit von Tieren an veränderte Umweltbedingungen und für ihr Wohlbefinden überprüft (WARRIS et al., 1999; FUJIATA u. YAMAMOTO, 1996; KOIKE et al., 1983).

Eine Vielzahl von physiologischen und pathophysiologischen Vorgängen im Organismus stehen in einer engen Beziehung mit Veränderungen der Körpertemperatur (KAMANN et al., 1998). Hitzestress führt bei Tieren zu adaptiven Veränderungen ethologischer, physiologischer und immunologischer Funktionen, die je nach Art, Dauer und Stärke des Stressors variieren können (HAHN et al., 2001). Der Anstieg der Körpertemperatur und der Atemfrequenz gelten als primäre Indikatoren der physiologischen Regulation; eine Reduktion der Nahrungsaufnahme würde als ethologische Antwort auf Hitzebelastung angesehen werden (BRÜSER- PIEPER, 2006).

BICKHARDT (1992) unterscheidet bei schädlichen Einflüssen auf ein Tier zwischen emotionalen Stressoren, die über das Sensorium und das limbische System wirken, z.B. Freude und Angst, und somatische Stressoren, die über endogene Rezeptoren wirken, wie z.B. Hypoxie, Wärme, Kälte und Blutdruckabfall. Als Beispiel für komplexe psychosomatische Stressoren, die über beide Mechanismen wirken, werden z.B. starke Muskelaktivität, Anstrengung, Flucht, Verletzung und Schmerz aufgeführt.

In einer Alarmsituation werden die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin vom Nebennierenmark freigesetzt.

Indirekte Anzeichen einer erhöhten Katecholaminfreisetzung bestehen in einem Abfall der Hauttemperatur aufgrund peripherer Vasokonstriktion, Erhöhung von Herzfrequenz und Blutdruck und einem erhöhten Blutglukosespiegel durch den Abbau der Leberglykogenreserven. (FREEMAN 1985; WITTMANN 1994).

Während eines Transportes sind Tiere einer großen Anzahl potentieller Stressoren ausgesetzt. Hierzu gehören das Eingefangen werden und die Berührung durch den Menschen, die ungewohnte Umgebung, verbunden mit der Unterbrechung von sozialen Strukturen, die Nähe von anderen Tieren, ohne die Möglichkeit diesen auszuweichen, Bewegungen des Transportmittels, Lärm, Stöße, Vibrationen, Belastung durch Temperatur und Luftfeuchte, Wasser- und Futtermangel (MITCHELL et al. 1992).

PARROTT und LLOYD (1995) untersuchten den Einfluss der Körpertemperatur beim Schwein unter psychischem Stress. Die Autoren fanden heraus, dass z.B. das Einfangen von Schweinen (psychischer Stress) zu einem Energieaufwand beim Tier führt, woraus eine Prostaglandinvermittelte Hyperthermie beim wachsenden Schwein resultiert.

KLUGER et al. (1987) zeigten ebenfalls in ihren Untersuchungen bei Ratten, dass die unter psychologischen Stress bedingte erhöhte Körpertemperatur durch die vom zentralen Nervensystem freigegebenen Prostaglandine resultiert.

### **2.2.7. Umweltfaktoren**

Laut HÖRNICKE (1987) schwankt die Temperatur der Körperschale (Haut, Unterhaut, Akren) in Abhängigkeit von verschiedenen inneren und äußeren Bedingungen. In Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur variierte z. B. die Hauttemperatur der Ohrmuschel. So zeigten Messungen beim Rind an dieser Stelle, bei Umgebungstemperaturen zwischen 10 und 20 °C, wesentlich tiefere Werte als im Rektum.

WHITTOW (1962) zeigte in seinen Untersuchungen mit Kühen, dass die Hauttemperatur am Ohr nur bei Umgebungstemperaturen zwischen 20 und 40 °C zuverlässige Rückschlüsse auf die Körperinnentemperatur zeigt. Bei davon abweichenden Umgebungstemperaturen treten aufgrund von thermoregulatorischen Vorgängen ausgeprägte Schwankungen auf.

WHITE et al. (2008) untersuchten den Einfluss der Temperatur u.a. auf das Wachstum bei Schweinen. Die Ergebnisse dieser Autoren zeigen ein sinkendes Wachstum, eine geringere Fettqualität des Schlachtkörpers sowie geringere Schinkenqualität der Schweine, die bei Temperaturen oberhalb der thermoneutralen Zone (23,9°C) gehalten wurden.

ARMSTRON u. HATFIELD (2006) untersuchten die Wirkung von verschiedenen Hormonen auf Schmerzrezeptoren unter kalten und warmen Umweltbedingungen. Schmerzrezeptoren

beeinflussen eine Vielzahl von physiologischen und metabolischen Antworten auf Stressfaktoren, wie z. B. extreme Temperaturbedingungen. Bei den Versuchen dieser Autoren wurden alle 15 min. die Werte von ACTH (plasma adrenocorticotropin hormone), IBE (immunoreactive beta-endorphin), Kortisol sowie von Wachstumshormonen erhoben. Unter heißen Umweltbedingungen (35 °C) stiegen die Werte von ACTH und IBE an. Unter kalten Umweltbedingungen (0 °C) war die Ausschüttung dieser Hormone vermindert. Durch die Zugabe von Naloxon (Opioidantagonist) stieg die Plasmakonzentration von ACTH, IBE und Kortisol unter heißen Umweltbedingungen an, nicht jedoch unter kalten. Die Ergebnisse zeigten einen regulatorischen Effekt der Schmerzrezeptoren auf physiologische Antworten des Organismus während extremer thermischer Umweltbedingungen.

ZUMBACH et al. (2008) untersuchten die Wirkungen von Temperaturstress auf das Endgewicht bei Schweinen. Die Resultate dieser Autoren zeigten, dass das Endgewicht unter extremen Hitzestress über 6 kg sank, verglichen mit Gewichten von Tieren, die in den Monaten lebten, wo keine „Hitze- Stress- Situationen“ auftraten.

Einen weiteren Umweltfaktor stellt die Luftfeuchtigkeit dar. Untersuchungen von (MITCHELL u. KETTLEWELL, 1994) zeigten bei Geflügel, dass es bei hohen Außentemperaturen durch die erhöhte Atmung vermehrt abgegebenen Wassermengen zu einer erhöhten Luftfeuchtigkeit kommt, die wiederum zu einer erhöhten Hitzebelastung der Tiere führt. Es wurde berechnet, daß eine Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit von 20% auf 80% bei einer Temperatur von 28°C in einem Transportbehältnis zu einer Hitzebelastung führt, die einer Zuwachsrate der Körpertemperatur von 0,42°C pro Stunde entspricht.

Um die Belastungen, die durch verschiedene Temperaturen in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit entstehen, quantifizieren zu können, wurde das Konzept der „apparent equivalent temperature“ (AET) entwickelt. So entsprechen z.B. 65°C bei 0%, 22,2°C bei 100% und 40°C bei 21% Luftfeuchtigkeit der gleichen AET (MITCHELL u. KETTLEWELL, 1998). MITCHELL und KETTLEWELL (1998) legten die Grenzwerte für die AET fest. So ist bei einer AET, die unter 45 liegt, keine Beeinträchtigung des Wohlbefindens zu erwarten, ein Wert von 45 bis 65 führt zu mäßigem Streß in Verbindung mit Veränderungen der Blutchemie, des Stoffwechsels und der Organfunktionen und Werte über 65 verursachen starken Streß, bei dem Organschäden und vermehrte Todesfälle auftreten.

Bei Untersuchungen von FERCH (1964) stieg die Körpertemperatur bei Schweinen um durchschnittlich 0,43°C bei einer Stalltemperatur von 28- 30°C und einer rel. Luftfeuchtigkeit von 55%. Bei einer Luftfeuchte von 95% und einer Raumtemperatur von 28- 30°C erhöhte sich die Körpertemperatur im Durchschnitt um 0,75°C. Dies weist daraufhin, dass in feuchter,

warmer Luft die Wärmeregulation beim Schwein in größerem Maße gestört ist als in trockener, warmer Luft. Es stellte sich bei beiden Versuchen heraus, dass Schweine mit über 100kg Gewicht empfindlicher reagierten als Schweine niedrigerer Gewichtsklassen.

WIKNER et al. (2003) führten Untersuchungen zur Luftqualität auf Rindertransporten durch und erhoben Temperatur- und rel. Luftfeuchtigkeitsverläufe auf Transporten bis zu 12 Stunden. Bei im Sommer stattgefundenen Transporten, bei einer durchschnittlichen Außentemperatur von 16,3°C (Maximum 20°C), lag die Innentemperatur im Mittel um etwa 3°C höher als außen. Sowohl die Temperatur als auch die rel. Luftfeuchte stiegen bei Ladestopps im Sommer an, wohingegen es bei Wintertransporten es durch Öffnen der Laderampe, und der dadurch einströmenden Luft, zu einer Erniedrigung beider Werte kam (BRÜSER- PIEPER, 2006).

### **2.2.8. Überschreiten und Unterschreiten der Regelkapazität**

#### **Hyperthermie**

Bei extremen Außentemperaturen und gleichzeitiger hoher Luftfeuchtigkeit kommt es zur Einschränkung der Wärmeabgabe. Somit steigt die Kerntemperatur und folglich resultiert daraus eine Erhöhung der Wärmeproduktion. Die Zunahme der Körpertemperatur um 1°C bewirkt eine Steigerung des Energieumsatzes um etwa 10- 15% (KLUGER et al., 1987). Mit steigender Luftfeuchtigkeit nimmt die Verdunstung von der Hautoberfläche ab. Die Schweißproduktion übersteigt dann geringgradig die Verdunstung, dieser bedeckt die Körperoberfläche und geht bei der Wärmeabgabe durch Verdunstung verloren. Die Hitzetoleranz ist bei schwach schwitzenden Tieren unterschiedlich. Durch die Befeuchtung der Tiere kann die Wasserverdunstung und somit die Wärmeabgabe erhöht werden. Bei Hyperthermie bei Tieren mit starker Hautdurchblutung kommt es leicht zum Versagen des Kreislaufes. Dieser Kollaps resultiert aus der Abnahme der CO<sub>2</sub>- Spannung im Blut infolge der Hyperventilation, sowie der abnehmenden Blutmenge aufgrund des Wasserverlustes. Aus einer starken Schweißabsonderung folgt ein NaCl- Verlust, Hypochlorämie, Muskelkrämpfe und Azotämie (SPÖRRI und STÜNZI, 1969).

#### **Fieber**

Im Vergleich zur Hyperthermie kommt es beim Fieber zu einer Erhöhung des thermoregulatorischen Sollwertes, indem bei Fieberbeginn die Schwellentemperaturen für die thermoregulatorischen Stellglieder im Hypothalamus erhöht werden (NICHELMANN, 1994). Fieber ist eine Reaktion auf Infektionen. Nach der Verlaufsform des Fiebers, nach Erreichen des Höhepunktes unterscheidet man ein kontinuierliches, remittierendes, intermittierendes, rekurrendes sowie atypisches Fieber.

Auslöser für Fieber sind Infektionserreger v.a. bedingt durch Bakterienstoffwechselprodukte (toxische Lipopolysaccharide als Bestandteil von Membranen gramnegativer Bakterien), Mykotoxine, Tumorzelle, Antigen- Antikörperprodukte, verschiedene Steroide, Gallensäuren sowie verschiedene Pharmaka z.B.: Colchizin (JURNA, 1987).

Diese exogenen Pyrogene bewirken eine Aktivierung von Leukozyten. Somit werden endogene Pyrogene gebildet, welche unter dem Einfluss verschiedener Enzyme die Biosynthese von Prostaglandinen (PGE<sub>2</sub>) fördern. Des Weiteren zeigen verschiedene Zytokine (Interleukin-1 $\alpha$ , -1 $\beta$ , -6) eine fiebererzeugende Wirkung (KLUGER u. FEVER, 1991; MORIMOTO et al., 1987; SINGER et al., 1986).

Beim Einsetzen des Fiebers wirkt die normale Umgebungstemperatur wie Kälte, daraufhin folgen mögliche physiologische Kältereaktionen (Vasokonstriktion, Absinken der Hauttemperatur, Kältezittern, Schüttelfrost) (SPÖRRI und STÜNZI, 1969). Wird der Istwert an den gestiegenen Sollwert angeglichen, fällt die Wärmeproduktion ab und die kutane Vasokonstriktion wird verringert (EICKHOFF, 2000). Charakteristisch für die Abklingphase von Fieber ist, dass der Sollwert sinkt und dann unter dem Istwert liegt. Die Normalisierung des Sollwertes kann ebenfalls durch antipyretische Medikamente bewirkt werden.

Folglich kommt es zu Hitzegefühl, Schwitzen und eine hohe Hautdurchblutung.

### **Hypothermie**

Die unteren Bereiche der Thermoregulation sind bei homoiothermen Tieren, infolge der verschieden ausgebildeten Körperbedeckung, sehr unterschiedlich. Der Verlust des Wollhaarkleides als Wärmeisolator (HART, 1956; CHAPMAN, 1979) sowie die Verfeinerung der Borsten führen beim Schwein nicht zu Problemen der Thermoregulation. Letale Kerntemperaturen liegen zwischen 15 und 20°C, wobei auch die Dauer der Kälteeinwirkung von großer Bedeutung ist (akute und lang andauernde Unterkühlung). Bei der akuten Unterkühlung sind verschiedene Phasen zu erkennen: Erregungssteigerung, Erregungsabnahme sowie Lähmung. Letztlich führen Störungen der Herzfähigkeit (Überleitungsstörungen, Herzstillstand) aufgrund von Störungen der fermentativen Prozesse zum Kältetod (SPÖRRI und STÜNZI, 1969).

### **maligne Hyperthermie**

Eine Sonderform der Hyperthermie ist die maligne Hyperthermie, die erblich bedingt ist und durch Stress bzw. bestimmte Inhalationsnarkotika (Halothan) und Succinylcholin verursacht werden kann.

FUJII et al. (1991) konnten zeigen, daß eine Punktmutation im Skelettmuskel-Ryanodinrezeptor-Gen (RYR1) die Ursache für das maligne Hyperthermie- Syndrom (MHS) bei Schweinen ist. Diese Mutation bewirkt einen Aminosäureaustausch von Arginin zu Cystin (MACLENNAN et al., 1993), was im homozygoten Zustand unter dem Einfluß von Streß (MACLENNAN und PHILLIPS, 1995), Nikotin oder Halothan (OTSU et al., 1994) zu einer gestörten Ca<sup>2+</sup>-Ausschüttung aus dem sarkoplasmatischen Retikulum in den Skelettmuskelzellen mit nachfolgender Manifestierung der klinischen Symptome einer malignen Hyperthermie führt: Skelettmuskelstarre, Hypermetabolismus, Hyperthermie bis hin zu Zellschädigungen (Verminderung der Fleischqualität) oder sogar zum Tod (MACLENNAN, 1992). Laut diesem Autor ist diese RYR1-Punktmutation die Ursache für die maligne Hyperthermie bei allen Schweinerassen.

### **2.2.9. Schweinekrankheiten**

Während eines Transportes sind Tiere in einer großen Anzahl potentiellen Stressoren ausgesetzt, so dass vermehrt Krankheiten auftreten können. Neben den bereits genannten Faktoren können Infektionen mit Bakterien, Viren, Pilzen und Parasiten (lebende Faktoren) die Körpertemperatur beeinflussen (PLONAIT u. BICKHARDT, 1997).

Daher werden im Folgenden die wichtigsten Schweinekrankheiten beschrieben, die mit einer Änderung der Rektaltemperatur einhergehen können. An erster Stelle sind hierbei die Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes sowie der Atemwege zu nennen, die bei Versuchstieren ausgeschlossen werden müssen.

#### **Erkrankungen der Atemwege**

Atemwegserkrankungen treten überwiegend bestandsweise bzw. gruppenweise auf. Die Ursachen sind multifaktoriell, das heißt es ist nicht nur ein Faktor (z.B. ein Krankheitserreger), der die Krankheit auslöst, sondern eine Vielzahl von Faktoren. Zu diesen Faktoren zählen:

- ▶ die Umwelt (Infektionsdruck, Herkunftsbestände, Transport, Belegungsdichte, Stallklima, Reinigung und Desinfektion),
- ▶ die Fütterung (Nährstoffe, Vitamine, Mengenelemente, Spurenelemente),

- ▶ die Erreger (Bakterien, Viren, Mykoplasmen, Parasiten),
- ▶ das Tier (Rasse, Alter, Leistung, Infektion, spezifische Immunität sowie die Abwehrkraft des Tieres) (KRON, 2004).

#### Rhinitis atrophicans (Schnüffelerkrankung)

Der Erreger der Schnüffelkrankheit, der progressiven Rhinitis atrophicans (RA), ist ein toxinbildender *Pasteurella multocida* Stamm. Es muss jedoch eine Vorschädigung der Schleimhäute, die sowohl infektiöser als auch nichtinfektiöser Natur sind, stattgefunden haben, damit der Erreger anheften kann. Zu den infektiösen Faktoren zählen Viren (u.a. Influenza) und Bakterien (u.a. Bordetellen). Bei einer reinen Infektion der Nasenschleimhaut mit *Bordetella bronchiseptica*, ohne Beteiligung der toxinbildenden Pasteurellen, handelt es sich um eine nicht-progressive Rhinitis atrophicans. Diese Bakterien sind in der Lage gewebezerstörende Toxine zu bilden. Bei dieser Erkrankung kommt es zu einer deutlichen Verformung des Oberkiefers und Nasenbluten. Weitere Anzeichen sind Niesen, Prusten, Nasenausfluß und braune Krusten unter den Augen (SIEVERDING, 2000).

#### enzootische Pneumonie (Ferkelgrippe)

Der ursächliche Erreger ist *Mycoplasma hyopneumoniae*, der das Flimmerepithel des Luftröhren- Bronchialtraktes schädigt. Daraus resultiert eine verminderte Lungenreinigung, was wiederum das Haften von Sekundärerregern (*Pasteurella multocida*, *Actinobacillus pleuropneumoniae*, *Haemophilus parasuis*, *Bordetella bronchiseptica*) ermöglicht. Die Erkrankung führt zu Husten (erst trocken und unbeständig, dann feucht und produktiv) mit Fieber aufgrund der bakteriellen Superinfektion (PLONAIT u. BICKHARDT, 1997). Bei Schlachttieruntersuchungen fallen bei geringer Infektionsrate nur Spitzenlappenpneumonien auf.

#### Actinobacillus pleuropneumoniae Infektion (APP)

Die Virulenzfaktoren (Endo- und Exotoxine) dieses Erregers bestimmen die Pathogenese der Erkrankung. Die gebildeten Toxine durch diesen Erreger zerstören Lungenmakrophagen und die roten Blutkörperchen. Die Exotoxine wirken u.a. hämolytisch und zellschädigend. Die Erkrankung verläuft in unterschiedlichen Verlaufsformen.



- a) perakute Form: hohes Fieber (bis 42°C), schwere Störung des Allgemeinbefindens, Maulatmung, Schaumbildung vor dem Maul, hochgradige Kreislaufschwäche,
- b) akute Form: Fieber (bis 41°C), Husten, erhöhte Atemfrequenz, Freßunlust,
- c) chronische Form: vereinzelt Fieber, erhöhte Atemfrequenz, Husten, vermehrt blasse Tiere im Bestand (PLONAIT u. BICKHARDT, 1997).

### Schweineinfluenza

Das Influenzavirus gehört zur Gruppe der Orthomyxoviren. Es sind drei verschiedenen Typen (A, B, C) bekannt, wobei der Typ A eine pathogene Rolle beim Schwein spielt. Die Erkrankung ist sehr ansteckend und verläuft klinisch wie eine akute Bronchopneumonie. Saugferkel erkranken in der Regel jedoch nicht. Das klinische Erscheinungsbild zeigt sich folgendermaßen: hohes Fieber, Appetitlosigkeit, Abgeschlagenheit sowie respiratorische Symptome (Atemnot, krampfhafter und schmerzhafter trockener Husten) (SIEVERDING, 2000).

### Porcine Respiratorische Corona Virusinfektion (PRCV)

Die Krankheit tritt am häufigsten in Form einer Rhinitis auf. Das PRC- Virus tritt in die Epithelzellen der Bronchialschleimhaut ein und führt zu einer schwach ausgeprägten Entzündung der Lungenspitzenlappen (interstitielle Pneumonie mit Lymphfollikelproliferation). Die Erkrankung zeigt sich in einem schleimigen und eitrigen Nasenausfluß, so dass die Atmung durch Schniefen und Niesen erschwert wird. Die respiratorischen Symptome können mehrere Wochen andauern und das Wachstum behindern. Die Körpertemperatur ist ebenfalls erhöht (SIEVERDING, 2000).

## Erkrankungen des Verdauungstraktes

Veränderungen des Verdauungsapparates werden u.a. ebenfalls durch Infektionen mit Viren (Abb.a), Bakterien (Abb.b), bzw. Parasiten (Abb.c) verursacht werden (SIEVERDING, 2000).

### Abb. a

	Erkrankung	Erreger
Viral	Rotavirusdurchfall	Rotaviren
	TGE	Porcines Coronavirus
	Vomiting and Wasting Disease	hämagglutinierendes Encephalomyelitis-Virus

### Abb. b

	Erkrankung	Erreger
bakteriell	Nekrotisierende Enteritis	<i>Clostridium perfringens</i> Typ C
	Clostridiendurchfall	<i>Clostridium perfringens</i> Typ A
	Koliruhr	Hämolysierende <i>E. coli</i>

### Abb. c

	Erkrankung	Erreger
parasitär	Kokzidiose	<i>Isospora suis</i>
	Kryptosporidiose	<i>Cryptosporidium parvum</i>
	Strongyloidose	<i>Strongyloides ransomi</i>

Diese Erkrankungen gehen mit Veränderungen der Kotkonsistenz einher. Sie können in jeder Altersgruppe vorkommen und innerhalb weniger Tage in Heilung übergehen oder zu schweren Erkrankungen und Todesfällen durch Exsikkose und Blutazidose führen (KAMANN, 2000). Im Endstadium eines Durchfallgeschehens (starke Exsikkose) ist häufig eine Hypothermie festzustellen (CONSTABLE et al., 1998).

Untersuchungen von LAINE et al. (2008) zeigten, dass verglichen mit manuellen Temperaturkontrollen, das Risiko der Faktorenkrankheit PWD (post-weaning diarrhoe) infolge automatischer Temperaturkontrollen gesenkt werden konnte. PWD ist eine gastrointestinale Erkrankung, die aufgrund einer verstärkten Bildung von Enterotoxinen durch *E. coli* zu Durchfällen führt.

### 2.2.10. Dehydratation

Der Wassergehalt des Schweinekots liegt physiologisch unter 75%, dieser steigt bei Diarrhoe auf über 90% an. Den z.B. durch Durchfall verursachten hochgradigen Flüssigkeitsverlust aus dem Körper bezeichnet man als Dehydratation. Dies zeigt sich beim Schwein v.a. durch ein gestäubtes Haarkleid und dem Hervortreten von Knochenvorsprüngen (PLONAIT u. BICKHARDT, 1997).

Bei fortschreitender Austrocknung (Dehydratation) des Körpers erhöht sich der Schwellenwert der Körpertemperatur für den Ausbruch des Schweißes um ca. 1 °C und auch die Atemfrequenz steigt weniger an, was gleichbedeutend mit einer geringeren Hitzetoleranz zu werten ist (POLLMANN et al., 2005).

Wassermangel, Hyperventilation und starkes Schwitzen münden in hypertoner Dehydratation mit der Folge abnehmender Schweißsekretion und einem weiteren Anstieg der Körpertemperatur (SILANIKOVE, 1992). Kompensatorisch werden die Atemfrequenz und die Totraumventilation erhöht (BAKER, 1989), um auf diese Art Natrium- Chlorid zu sparen und das Blut- Plasma- Volumen zu stützen.

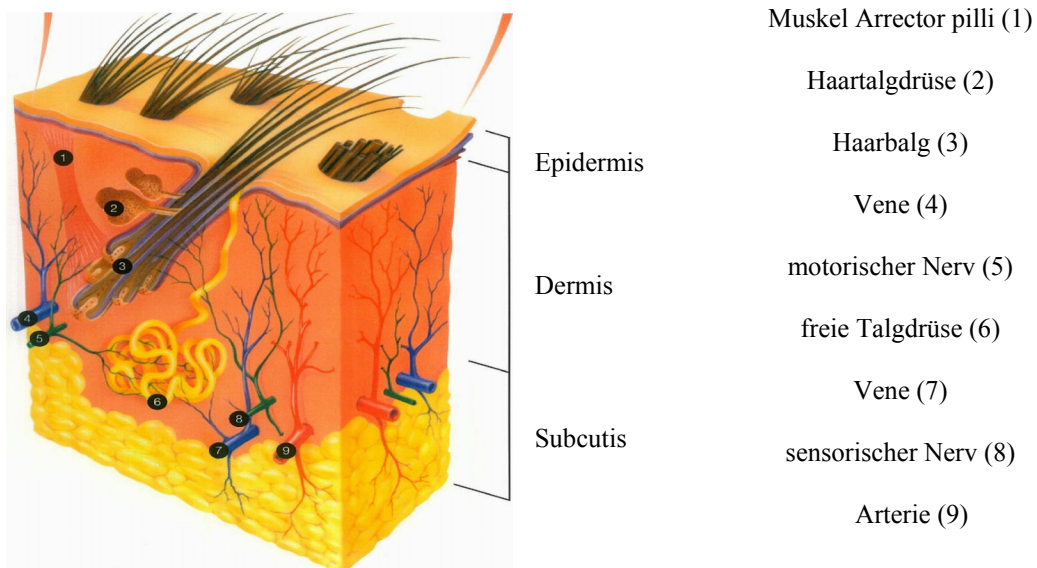
Untersuchungen von FRIEND (2000) mit Pferden zeigten, dass Transporte über 24 h bei heissem Wetter und ohne Wassergabe zu ernsthaften Dehydratationen führten. Bei dem Versuchsdurchgang wurden die Tiere unter vier verschiedenen Bedingungen getestet (1. Ohne Schatten, mit Wasser (P/W+); 2. Im Pferch, ohne Wasser (P/W-); 3. Transportiert mit Wasser (T/W+); 4. Transport ohne Wasser (T/W-).

Pferde die kein Wasser erhielten, verloren über 10% an Gewicht, die Vergleichsgruppe (mit Wasser) nur unter 4%. Nichtgetränkte Tiere wiesen signifikant höhere Atem- und Herzfrequenzen, Natrium-, Chlorid- und Gesamtprotein- Konzentrationen auf. Bei den Tieren ohne Wasser stieg der Cortisolspiegel im Versuchsverlauf stark an.

### 2.3. Anatomie und Besonderheiten der Haut des Schweines

Nach WEYRAUCH und SMOLLICH (1998) bildet die Haut als Körperdecke (Integumentum commune) die Grenz- und Kontaktfläche des Organismus zur Umwelt. Sie dient als Schutzschicht gegenüber mechanischen, thermischen, chemischen, biologischen Umwelteinflüssen und ist in die Blutverteilung, Sinneswahrnehmung und die Thermoregulation eingebunden.

Die Haut des Schweines ist in ihrem grundsätzlichen Aufbau mit der Haut anderer Haustiere zu vergleichen (NICKEL et al., 1984).



**Abb. 4:** Aufbau der Haut (MEDLEAU u. HNILICA, 2007)

Die äussere Haut besteht aus drei Schichten (BUDRAS, FRICKE und RICHTER, 1996):

1. Oberhaut (Epidermis),
2. Lederhaut (Dermis, Corium),
3. Unterhaut (Subcutis).

Die Unterhaut untergliedert sich in ein Panniculus adiposus (Fettgewebe) und ein Stratum fibrosum (Fascia trunci superficialis).

Im Hinblick auf die Thermoregulation ist von besonderer Bedeutung, die Dicke der Haut, ihr histologischer Aufbau, Farbe, Dichte und Aufbau der Haare, Relation zwischen Körpervolumen

und Körperoberfläche, Vergrößerung der Körperoberfläche durch Hautfaltenbildung, Pigmentierung, Wasser- und Schweißabgabe und vor allem die Hautdurchblutung (STEPHAN u. REDECKER, 1970). Die durchschnittliche Dicke der äußeren Haut aller Körperregionen unterscheidet sich bei den einzelnen Tierarten und beträgt z.B. beim Rind 6,0 mm, bei der Ziege 2,9 mm, beim Schaf 2,7 mm und beim Schwein 2,2 mm (KOLB, 1989).

Beim Schwein sind in der Subcutis besonders viele Fettzellen vorhanden (WEYRAUCH u. SCHMOLLICH, 1998). So kann das Fettgewebe beim Mastschwein 50 mm und mehr betragen und tief in die Coriumschichten vordringen (NICKEL et al., 1984).

Aus Untersuchungen von LEINEWEBER (1961) geht hervor, dass die Haut am Rücken und an der Streckseite der Gelenke dicker ist als am Bauch und an der Beugeseite der Gelenke.

Nach JESSEN (2005) besitzt subcutanes Fettgewebe als Schalengewebe etwa die gleiche niedrige Wärmeleitfähigkeit wie Holz. Dies ergibt zwar einerseits eine gute Isolation bei Kälte andererseits verhindert es aber den Transport größerer Wärmemengen zur Haut bei innerer Wärmebelastung.

Ältere, unkastrierte Eber besitzen am Hals, an der Schulter und seitlich der Bauchwand eine besonders derbe und mächtige Lederhaut, den sogenannten Eberschild (REESE, 2002).

Innerhalb der Thermoregulation spielt die Durchblutung der Haut eine besondere Rolle (SCHUMACHER, 1991; JESSEN, 2005).

Nach BUDRAS et al. (1996) erfolgt die Gefäßversorgung der Haut über große Arterien und Venen der Unterhaut (Subcutis). Von hieraus werden Gefäßnetze zur Lederhaut (Dermis, Corium) gesandt.

An der Grenze zwischen der Unterhaut (Subcutis) und der Lederhaut befindet sich das Rete arteriosum dermidis und der Plexus venosus dermidis.

Zwischen dem Stratum papillare, welches besonders blutreich ist, und dem Stratum reticulare der Lederhaut liegt das Rete arteriosum subpapillare und der Plexus venosus subpapillare.

Des Weiteren beschreiben BUDRAS et al. (1996) und REESE (2002), dass der Blutstrom über vegetative, steuerbare, arteriovenöse Anastomosen (Anastomoses arteriovenosae), unter Umgehung des Kapillarnetzes kurzgeschlossen werden kann. Dies dient der Regulierung der Hautdurchblutung, was zu einer Beeinflussung der Durchblutungsrate der Haut führt und somit einen wesentlichen Mechanismus der Thermoregulation darstellt (TRAUTMANN u.

SCHEUNERT, 1987)

In warmer Umgebung steigt die Hautdurchblutung an und in kalter Umgebung wird die Hautdurchblutung stark gesenkt (PERSSON, 2005).

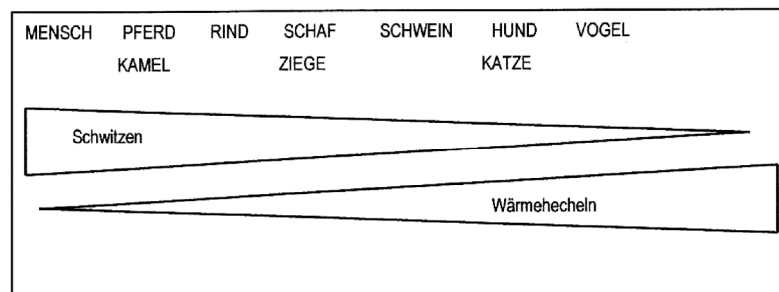
Bei 72- 74 Tage alten Schweinen wurde von FOWLER u. CALHOUN (1964) eine verstärkte

Gefäßversorgung der Haut, nahe der Haarfollikel und der Epidermis beobachtet.

In den Untersuchungen von SMITH und CALHOUN (1964) konnte anhand mikroskopischer Anatomie bei neugeborenen Schweinen gezeigt werden, dass die Haut am Rücken dicker ist und an den Seiten und am Bauch dünner wird.

Schweissdrüsen treten als ekkrine (*Glandulae sudoriferae merocrinae*) und als apokrine Schlauchdrüsen (*Glandulae sudoriferae apocrinae*) auf. Bei den meisten Haussäugetieren überwiegen die letztgenannten (WEYRAUCH u. SMOLLICH, 1998).

Die Fähigkeit zum Schwitzen ist bei den verschiedenen Tierarten unterschiedlich ausgeprägt (Abb. 5).



**Abb. 5:** Schematische Darstellung des komplementären Auftretens von Schwitzen und Wärmehecheln verschiedenen Tierarten (BIANCA, 1971)

Schwitzen als physiologischer Vorgang der Wärmeabfuhr aus dem Körper ist dem Hecheln insofern überlegen, als es höhere Werte der Abkühlung bei geringerem Energieaufwand mit sich bringt und nicht mit der Futter- oder Wasseraufnahme konkurriert. Gleichzeitig greift das Schwitzen nicht in den Säuren- Basen- Haushalt des Körpers ein (POLLMANN et al., 2005). Der Schweiß dient neben der Exkretion von Stoffwechselprodukten, vor allem der Regulation der Körperwärme. So kann bei ansteigender Körpertemperatur die Körperwärme durch den Entzug der Verdunstungswärme des Schweißes gesenkt werden (LOEFFLER, 2002). Das Schwitzen stellt einerseits hohe Ansprüche an eine ausreichende Wasserzufuhr und Kochsalzversorgung und ist andererseits bei einer hohen Luftfeuchtigkeit relativ unwirksam (POLLMANN et al., 2005).

Laut NICKEL et al. (1984) befinden sich die Schweissdrüsen beim Schwein in der Grenzschicht von Corium und Subcutis. An den Ohrmuscheln, an der ventralen Brust- und Bauchwand, in der Dammgegend sowie in der Zwischenklauenhaut befinden sich die meisten Drüsen, die mit zunehmendem Alter stark abnehmen.

Untersuchungen von STEINHARDT (1971) besagen, dass echte Schweißdrüsen beim Schwein nur im vorderen Metakarpus zu finden sind. Die apokrinen Schlauchdrüsen der behaarten Schweinehaut besitzen keine thermoregulatorischen Funktionen (MEYER et al., 1978).

Umfangreiche Versuche dieses Autors sowie von MARZULLI und CALLAHN (1957) zeigten jedoch, dass bei sehr hohen Temperaturen eine starke Sekretproduktion der apokrinen Drüsen in bestimmten Körperregionen (Axillar-, Perianal- und Schamregion) vorhanden ist.

Während der Mensch bei 30 °C bis zu 1200 g Schweiß pro m<sup>2</sup> Körperoberfläche produzieren kann, so sind es beim Schwein unter vergleichbaren Bedingungen nur 24 bis 32 g (INGRAM, 1964).

MOUNT (1960) und INGRAM (1964) konnten in ihren Untersuchungen weder bei jüngeren noch bei älteren Schweinen ein ausgeprägtes thermales Schwitzen feststellen. Sie stellten jedoch nach intravenöser Adrenalingabe eine Reaktion der apokrinen Drüsen fest und folgerten daraus, eine humorale Steuerung der Aktivität der apokrinen Drüsen.

## 2.4. Methoden und geschichtlicher Überblick der Temperaturmessung

Unter Temperatur wird die Wärmestufe eines Körpers verstanden und alle Geräte, mit denen diese Wärmestufe festgestellt werden kann, heißen Thermometer.

Galilei hat 1592 das Thermometer erfunden. Dieses wurde von einem venezianischen Arzt im gleichen Jahrhundert in die Medizin eingeführt. Das damals erfundene Quecksilberthermometer ist teilweise noch heute in Gebrauch, dennoch fanden viele Weiterentwicklungen statt.

Bei Thermometern unterscheidet man nach Aufbau und/ oder verwendetem Sensor. Einerseits existieren Berührungsthermometer, die einen Wärmekontakt zum Messobjekt benötigen und andererseits berührungslos messende Thermometer (KAMANN, 2000).

Bei den **Berührungsthermometern** unterscheidet man folgende Thermometer:

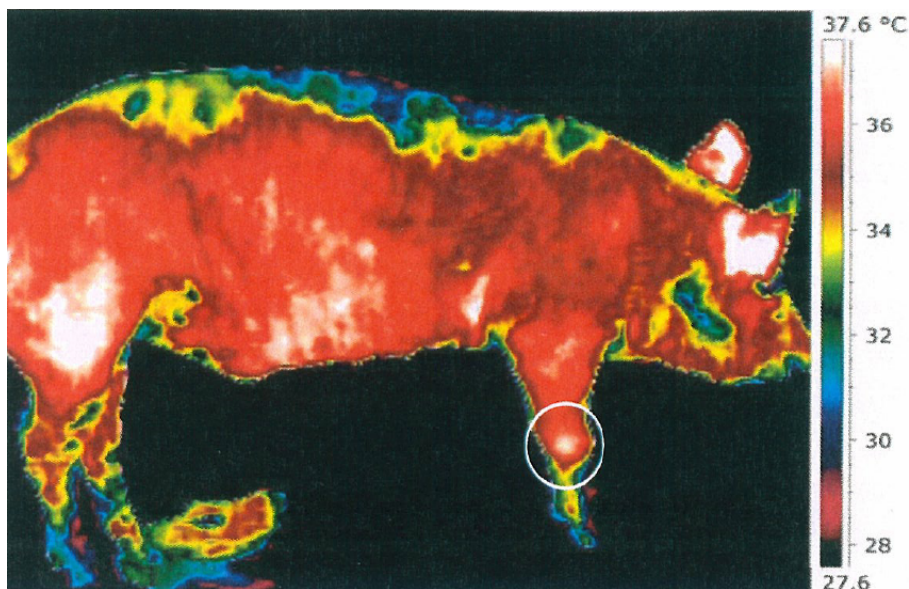
Quecksilberthermometer zählen zu den Flüssigkeitsthermometern (Ausdehnungsthermometer), bei denen ein definiertes Flüssigkeitsvolumen in einem kleinen Glasgefäß eingeschlossen ist, welches in einer engen Kapillare ausläuft. Bei Erwärmung steigt die Flüssigkeit infolge ihrer Ausdehnung in der Kapillare fadenförmig an, wobei die Höhe des Fadens bei entsprechender Skaleneinteilung der Temperatur entspricht (EWALD, 1978).

Weitere Berührungsthermometer sind Bimetallthermometer (Ausdehnung unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten zweier aufeinander angebrachter unterschiedlicher Metallplättchen), elektronische Thermometer mit Halbleiter- Temperatursensor (z.B. mit Kaltleiter- Widerstand

oder Sensor- Schaltkreisen), Widerstandsthermometer mit Platin, Thermometer mit Thermoelementen (NiCr/Ni, Pt/PtRh, Fe/ Konstantan usw.) und Gasthermometer (Auswertung einer Druckmessung).

Zu den berührungslos messenden Thermometern zählen das Ramanthermometer (Faseroptische Temperaturmessung), das Strahlungsthermometer (Infrarotstrahlungsthermometer) (Niedertemperaturpyrometer und Hochtemperaturpyrometer). Ein Sonderfall der Strahlungsthermometer sind die Thermografie- Kameras.

Thermografiekameras messen die absoluten Oberflächentemperaturen von Objekten (Abb. 6), diese Temperaturwerte werden optisch dargestellt. Jedem Temperaturwert wird eine definierte Farbe zugeordnet (GABRIEL, 2008).



**Abb. 6:** Übersichtsaufnahme eines stehenden Schweines mit markierter Schwellung am rechten Karpalgelenk (Hot Spot). Auf der rechten Seite des Bildes ist eine Temperaturskala angegeben, die den jeweiligen Temperaturen definierte Farben zuordnet (GABRIEL, 2008).

Innerhalb der Humanmedizin zählt die Infrarotmesstechnik zu den Schlüsselapplikationen. Sie wird z.B. angewandt als berührungslose Methode zum Aufspüren, Identifizieren von Gelenksverletzungen, die mit Temperaturerhöhungen einhergehen, zum Auffinden von bösartigen Tumoren oder aber um bei Frühgeborenen die Körpertemperatur kontinuierlich messen zu können.

In der Veterinärmedizin wurde die Infrarotthermografie zum Beispiel erfolgreich bei Lahmheiten von Pferden eingesetzt (GABRIEL, 2008).

Laut GABRIEL (2008) haben viele Faktoren einen Einfluss auf die Messwerte von



Infrarotstrahlung und können die Ergebnisse beeinflussen. Zu diesen Faktoren zählen u.a. tierartspezifische Besonderheiten des Verhaltens, die Grösse oder Stressanfälligkeit eines Tieres. SAVARY et al. (2008) stellt in seinen Untersuchungen an Mastschweinen fest, dass bei liegenden Tieren der Kontakt der Haut mit dem Stallboden zu einer erhöhten Hautdurchblutung und einer damit erhöhten Oberflächentemperatur führen kann. Auch werden in diesem Zusammenhang externe Einflussfaktoren, wie die Umgebungstemperatur genannt.

Die Magnet- Resonanz- Tomographie (MRT) wird als unverzichtbarer Bestandteil der bildgebenden radiologischen Diagnostik mit grossem Erfolg eingesetzt (Bundesamt für Strahlenschutz, 2009).

Die MRT misst innerhalb eines magnetischen Feldes die Veränderungen bei der Ausrichtung von Wasserstoffkernen, während Energie in Form von Radiowellen eingestrahlt wird.

Laut STROSZCZYNSKI und SCHLAG (2002) ist es möglich mit einem Hybrid- MRT eine kontinuierliche non- invasive Temperaturmessung vorzunehmen.

Auch SCHUSTER (2005) nennt die Möglichkeit einer Temperaturmessung mittels MRT.

## 2.5. Transponder

In vielen Dienstleistungsbereichen in der Beschaffungs- und Distributionslogistik, im Handel, in Produktionsbetrieben und Materialflusssystemen haben automatische Identifikationsverfahren (Auto- ID) in den letzten Jahren große Verwendung gefunden. Aufgabe und Ziel der Auto- ID ist die Bereitstellung von Informationen zu Personen, Tieren, Gütern und Waren (FINKENZELLER, 2006). Einige Transpondersysteme können gleichzeitig zur Identifikation und auch zur Temperaturmessung benutzt werden.

Elektronische Identifikationssysteme sind eine Schlüsseltechnologie zur Automatisierung von Prozessen. Ihr Einsatz zielt auf eine qualitativ, wirtschaftlich und/ oder ökologisch bessere Produktion, die dadurch erreicht wird, dass Vorgänge und Abläufe automatisierbar, gezielt beeinflussbar und nachvollziehbar werden (ARTMANN, 1999).

Ein Transponder ist ein Funk- Kommunikationsgerät, welches eingehende Signale aufnimmt und automatisch beantwortet. Der Begriff Transponder ist zusammengesetzt aus den Begriffen Transmitter (= Meßumformer) und Responder (= Antwortgeber). Transponder können aktiv oder passiv sein (BOLLEROTT et al., 1995 und FINKENZELLER, 2006).

Der Einsatz mittels Transpondern, d.h. berührungslos arbeitende elektronische Erkennungsverfahren (RFID = Radio Frequency Identification) finden immer mehr Verwendung.

Die RFID basiert auf einer magnetischen bzw. elektronischen Energieversorgung und Datenübertragung und unterliegt dabei klar definierten technischen Rahmenbedingungen (Aufbau und Funktionsweise von Transpondern, siehe Material und Methoden).

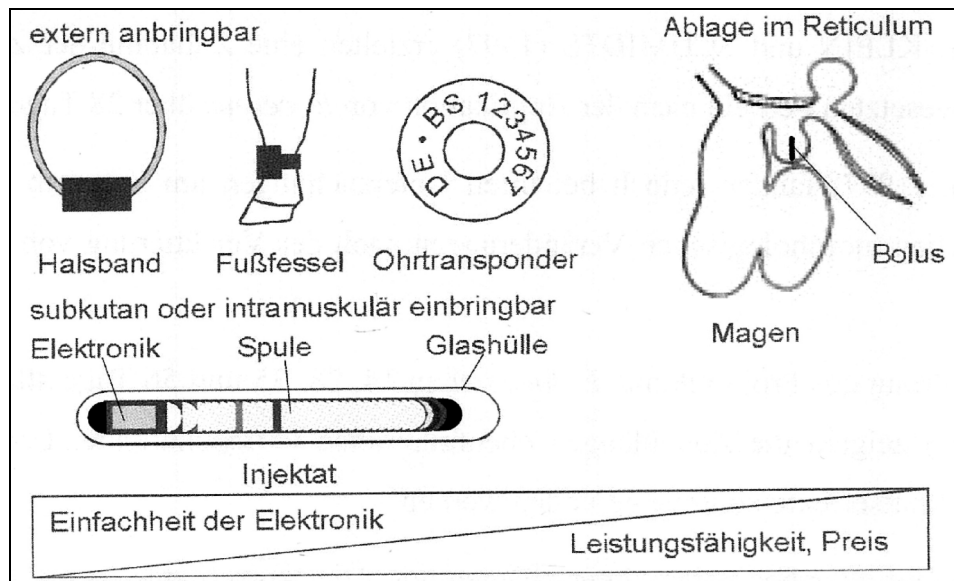
Im Wesentlichen besteht ein Transponder aus dem Datenspeicherchip und einer gewickelten Kupferspule. Die Ummantelung eines Transponders ist in der Regel aus Glas oder Kunststoff (siehe folgende Abbildung a, b, c).



a) Transponder in Glasgehäusen      b) Transponder in Plastikgehäusen      c) Disktransponder

Bei Transpondern wird zwischen **aktiven** und **passiven** unterschieden, wobei sich die Unterscheidung auf die Energieversorgung der Datenträger bezieht. Transponder mit eigener Energiequelle werden als aktiv bezeichnet, die Energieversorgung erfolgt in der Regel mit einer Batterie. Bei passiven Transpondern erfolgt die Energieübermittlung durch die indukte Kopplung mit der Antenne des Lesegerätes. Die Übertragungreichweite von aktiven Transpondern kann bis zu zehn Metern betragen (BOLLEROTT et al., 1995).

In der Landwirtschaft werden Transpondersysteme fast ausschließlich zur Identifikation von Tieren eingesetzt, um Prozesse tierindividuell zu steuern oder Daten vom Tier zu erfassen (Abb.7). Kombinationen von Identifikationstranspondern mit Temperaturerfassung werden auch für die Landwirtschaft immer interessanter.



**Abb. 7:** Transponderformen zur Tiererkennung (ARTMANN, 1998)

Die Art der Anbringung eines Transponders am Tier ist entscheidend, denn für eine lebenslange Kennzeichnung kommt dem Verlust bzw. der Fälschbarkeit der „Identifikationsmarke“ große Bedeutung zu. Während bei äußerer Anbringung (Ohrmarken) der Transponder einerseits ein relativ hohes Verlustrisiko besteht und andererseits ein unzulässiger Austausch z.B. der Ohrmarken möglich ist, sind diese Risiken bei Injektaten deutlich geringer.

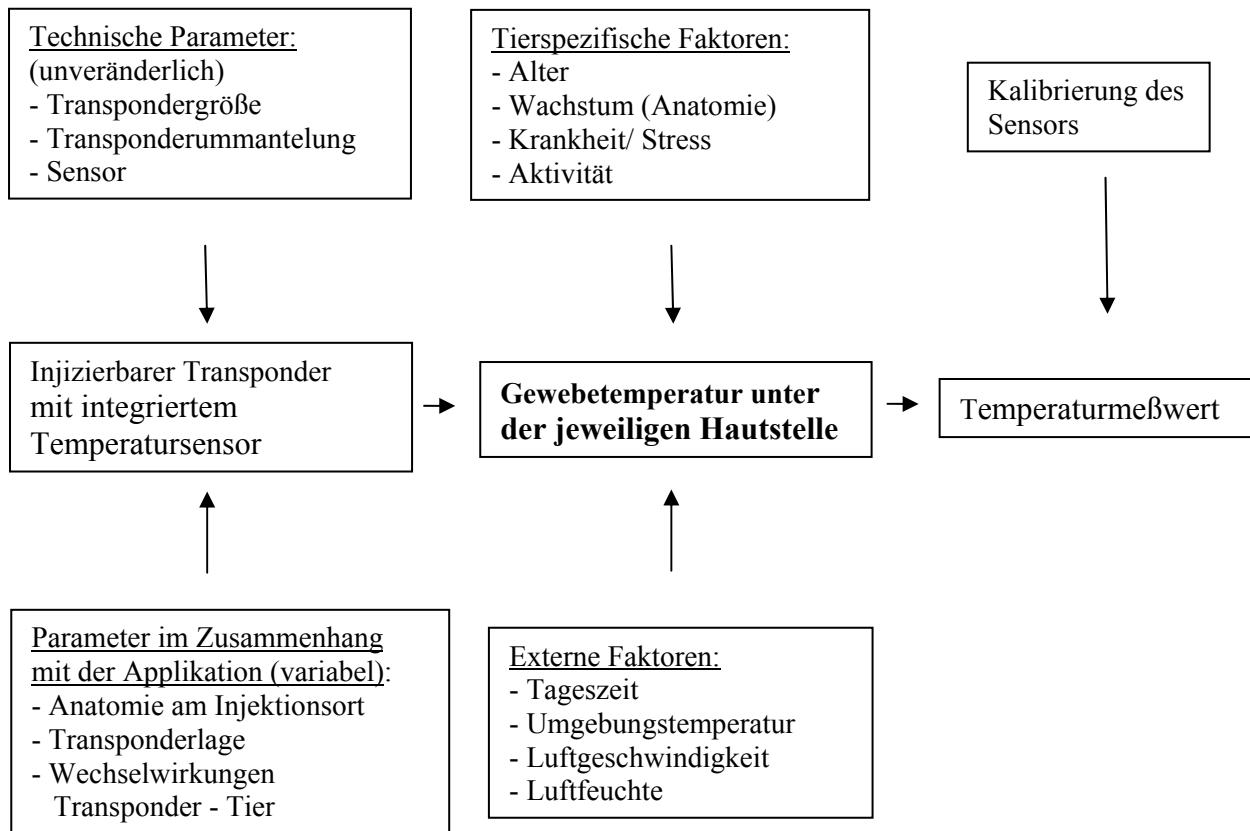
Des Weiteren müssen beim Bolus Langzeituntersuchungen klären, ab welchem Zeitpunkt er appliziert werden kann und ob dieser lebenslang im Tier verbleibt, auch wenn am Tier (z.B. mit Brech- oder Durchfallmitteln) manipuliert wurde.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Nutzung von Transpondern in der Biologie und Medizin.

<b>Branche, Fachrichtung o. Unternehmensbereich</b>	<b>Funktion</b>	<b>Beispiele</b>
Biologie	Tierbeobachtung	Tierverhalten wird mittels Transponder studiert
Medizin/ Biomedizin	Tierhaltung, Tierzucht in der Landwirtschaft	Durch den Transponder wird die Fütterung der Tiere individuell gesteuert. Überwachung von Tiertransporten. Temperaturüberwachung von Tieren (Fruchtbarkeit, Krankheit)

**Tab. 3:** Beispiele für Einsatzbereiche von Transpondern (VCI, 2005)

### 2.5.1. Einflussfaktoren auf die Temperaturmessung mittels Transponder



**Abb. 8:** Mögliche Einflussfaktoren auf die mit Temperaturtransponder erfassten Temperaturen beim Tier (KAMANN, 2000)

Der Bereich „injizierbare Transponder mit integriertem Temperatursensor“ ist mit seinen technischen Daten und dem Zusammenhang zur Applikation von den tierspezifischen und den externen Faktoren grundsätzlich zu unterscheiden. Der Temperaturmeßwert wird vor der Kalibrierung des Thermosensors bestimmt (KAMANN, 2000).

### 2.5.2. Funktionsausfälle von Transpondern

Laut TER WEE (1990) waren drei Wochen nach der Injektion 3,9 % der Transponder nicht mehr auslesbar. Der Wert stieg sogar auf 12% nach der Mastperiode an. Als Ursachen benannte er technische und tierbedingte Gründe.

Untersuchungen von LAMBOOIJ und MERKS (1989) stellten fest, dass von 17 im Bereich der äußeren Ohrmuschel implantierten Transponder sieben verloren gingen, acht zerbrachen und nur zwei Transponder unbeschädigt waren. Allerdings konnten im Bereich der Ohrbasis von 39 implantierten Transpondern alle an derselben Stelle wiedergefunden und entnommen werden.

LÜTJENS (1994) implantierte Ferkeln subcutan Transponder an der Ohrbasis. Er stellte eine Ausfallquote von 8,5 % fest und führte sie auf die Fixation der Tiere bei der Implantation der Transponder zurück. Die Verlustquote war umso niedriger, wenn zwei statt einer Person die Tiere fixierten. Er führte weiter aus, dass es zu einer Minimierung der Ausfallquote kommt, wenn eine scharfe Injektionsnadel benutzt wird und die Einstichwunde der Injektionsnadel einige Sekunden nach dem Herausziehen zusammengedrückt wird.

OBER (1999) bringt die Funktionsausfälle der Transponder (11,39%) in ihren Untersuchungen mit Transponderverlusten und Transponderdefekten (Risse, Glasbruch der Transponderhülle) in Verbindung. Transponderverluste sind häufig durch Abszesse, z.T. durch Verluste aufgrund des Stichkanals bedingt. Transponderdefekte führt sie zum Teil auf mechanische Einflüsse (z.B. Rankämpfe zwischen den Tieren) zurück.

Untersuchungen von LAMMERS et al. (1995) an Ferkeln mit injizierbaren Transpondern zeigten, bei sechs von 204 Fällen Funktionsausfälle, wobei ein Transponder verloren ging und fünf Glasbruch aufwiesen.

### **2.5.3. Implantation von Transpondern**

KONERMANN (1994), LÜTJENS (1994), OBER (1999), PIRKELMANN und KERN (1994) sehen bei der Implantation eines Transponders die Notwendigkeit einer ausreichenden Fixierung des Tieres.

PIRKELMANN und KERN (1994) weisen darauf hin, dass eine Injektion ohne Anästhesie durchgeführt werden kann.

Laut LAMBOOIJ und MERKS (1989) spielt es für die Durchführbarkeit der Injektion bei Ferkeln keine Rolle, ob diese vorher anästhesiert wurden oder nicht.

PIRKELMANN und KERN (1994) konnten in keinem Fall ihre aufwendigen Versuche mit injizierbaren Transpondern, Entzündungen oder Abstoßungen im Bereich der Implantationsstelle feststellen.

Auch ARNDT und WIEDEMANN (1991) konnten bei unterschiedlichen Tierarten keine bzw. nur geringe klinische oder histologische Entzündungszeichen nachweisen.

LAMBOOIJ und MERK (1989) stellten bei bis zu 5 % der Schweine eine Infektion bzw. einen Abszess nach der Implantation eines Transponders fest.

LAMMERS et al. (1995) implantierte an der Ohrbasis von Ferkeln 204 Transponder und stellte bei nur einem Transponder purulentes Exsudat bei der Entnahme fest.

OBER (1999) kommt in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass es in den ersten Tagen post implantationem zu zahlreichen Fällen mit Ausprägung einer Entzündung in geringer- bis

mittelgradiger Ausprägung kam. In Einzelfällen kam es zu entzündlichen Umfangsvermehrungen oder Abszessen.

OBER (1999), LAMBOOIJ und MERKS (1989) vertreten die Meinung, dass solches Auftreten von Abszessen zum Verlust von Transpondern führen kann.

### **3. Material und Methoden**

Ziel der von mir durchgeführten Untersuchungen war es, die üblicherweise praktizierte rektale Temperaturmessung und eine mögliche alternative Form eines implantierten Temperaturtranspondersystems auf seine Funktionstüchtigkeit in der Versuchstierkunde zu evaluieren.

#### **3.1. Versuchstiere, Versuchsaufbau, Haltung und Fütterung**

In einem Vorversuch wurden die Transponder in einem auf 39°C erwärmten Wasserbad aus Glas auf Ihre Funktionstüchtigkeit untersucht. Die einzelnen Transponder wurden an zwei dünnen Gummischläuchen befestigt und in ca. drei cm Wassertiefe gehalten. Nach einer Minute im Wasserbad wurde der Transponder mit Hilfe des Transponderlesegerätes (Scanner) abgelesen. Abweichungen von  $\geq 0,1^\circ\text{C}$  wurden nicht toleriert.

Für die anstehenden Untersuchungen wurden insgesamt 21 Läufer zur Verfügung gestellt, wobei 14 Tiere weiblich und 7 Tiere männlich waren. Das Gewicht der Tiere bei Anlieferung schwankte zwischen 28,8 kg und 33,0 kg (siehe Tab. 1, Tabellenanhang). Die Tiere wurden in drei Gruppen angeliefert (sechs Tiere, neun Tiere, sechs Tiere). Die Versuchsdauer variierte aufgrund der unterschiedlichen, versuchsbedingten Lebensdauer der einzelnen Tiere.

Die Vergabe der einzelnen Tiernummern erfolgte rein zufällig.

Die Untersuchungen fanden auf dem Gelände der Tierexperimentellen Einrichtung der Charité (Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow- Klinikum) in der Zeit vom März bis Dezember 2004 statt.

Bei den angelieferten Tieren handelt es sich um Kreuzungen der Rasse Deutsches Landschwein und Deutsches Weideschwein.

Die Tiere wurden in drei Chargen von einem landwirtschaftlichen Betrieb (Dr. W. Sommerfeld, Seddiner See) gekauft und angeliefert.

Nach einer eingehenden gesundheitlichen Untersuchung durch den Stationstierarzt, wurden die Tiere auf die Station verbracht. Weiterhin wurden die Tiere medizinisch untersucht.

Bis zur Versuchsdurchführung erhielten die Tiere eine mehrstündige Eingewöhnungszeit.

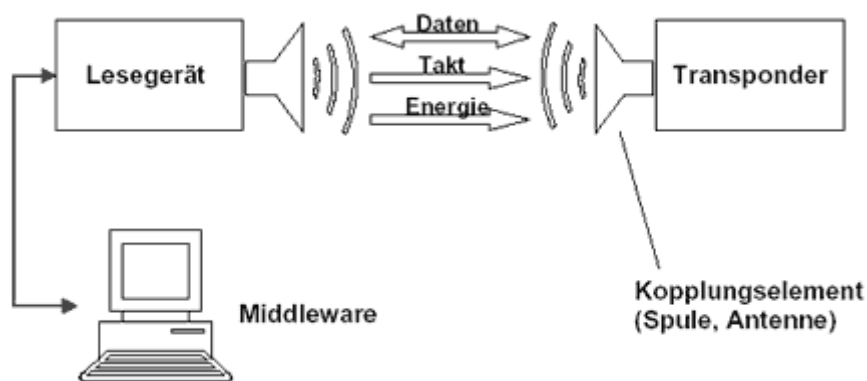
Die Untersuchungen erfolgten immer im Raum 3.0133 der Charité.

Die Stalltemperatur betrug ca. 23 °C und die relative Luftfeuchte ca. 55 % (siehe Anhang, S. 143). Die Klimamessungen befanden sich im Wohlfühlbereich der Tiere. Der Versuchsraum bestand aus einem Vorraum und einem Stall, der durch ein Stahlgittersystem vom Vorraum abgetrennt war. Der Boden und die Wände des Versuchsraumes waren gekachelt und der Boden zusätzlich leicht mit Stroh bedeckt. Der eigentliche Stall war in der Mitte zu 2/3 durch eine in

Stahl eingefasste Wand zweigeteilt. An der Hinterwand befand sich ein Fenster, durch das Tageslicht hereinfiel. Während der Aufstallung erhielten die Tiere ab 6.00 Uhr bis 18.00 Uhr Tageslicht. Die Tiere erhielten zweimal am Tag pelletiertes Futter (U 130 Hemo Sauen, Alleinfutter). Die Fütterungen erfolgten zweimal täglich und wurden um 8.00 Uhr sowie 13.00 Uhr durchgeführt. Leitungswasser erhielten die Tiere ad libitum aus automatischen Tränken.

### 3.2. Aufbau, Funktionsweise eines Transponders und Lesegerätes

Ein RFID System besteht aus einem Transponder, der am zu erkennenden Objekt angebracht sein muss und einem Lesegerät für die Energie- und Datenübertragung (Abb. 1).



**Abb. 1:** Grundaufbau von RFID-Systemen. Quelle: FINKENZELLER (2006), RFID-Handbuch, S.9

Ein RFID- System besteht aus folgenden Komponenten

- ▶ Transponder (Datenträger)
- ▶ Schreib-/ Lesegeräte und Antennen für die Energie- und Datenübertragung
- ▶ Software

Die Datenübertragung zwischen dem Transponder (Datenquelle) und dem Lesegerät erfolgt nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion. Diese Datenübertragung zwischen dem Transponder und dem Lesegerät erfolgt einerseits kontaktlos und andererseits muss kein Sichtkontakt zwischen der Datenquelle und dem Datenempfänger bestehen. Die Übertragungsfrequenz ist weltweit auf 13,56 MHz genormt, Übertragungen auf anderen Frequenzen sind jedoch auch möglich. Die aktuellen Transponder können bis zu 64kbit Daten speichern.



Die prinzipielle Funktionsweise elektronischer Identifikationssysteme ist folgende:

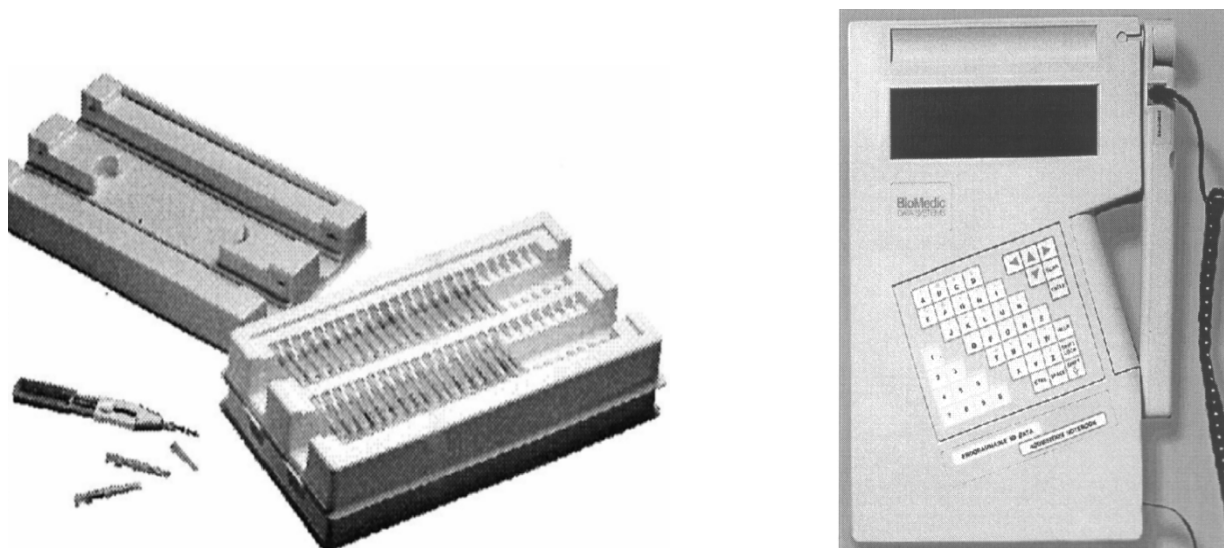
Zur Informationsübertragung erzeugt das Lesegerät über seinen Sender ein elektromagnetisches Feld. Die Transponderspule koppelt dieses Feld und gewinnt mittels Gleichrichtung die Energie für den Transponder. Handelt es sich um einfache, „nur lesbare“ Transponder, so wird die im Transponder enthaltene Information zyklisch übertragen, solange der Transponder genügend Energie bekommt. Ein codiertes Signal wird nun mit Hilfe der erzeugten Energie ausgesendet, das wiederum von der Lesestation erfasst und decodiert wird. Komplexere Transponder benötigen Informationen vom Lesegerät z.B. welche Daten übertragen bzw. gespeichert oder welche Aktionen ausgeführt werden sollen (ARTMANN, 1999).

Das Lesegerät besteht aus einem Hochfrequenzmodul (Sender und Empfänger), einer Kontrolleinheit (zum Prüfen der Funktionalität der Transponder) sowie aus einem Koppellement zum Transponder (Antenne).

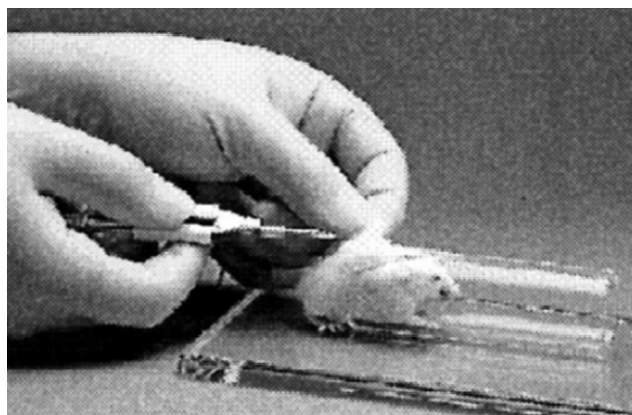
Das Lesegerät stellt die Verbindung zwischen den Transpondern und dem Rechner sicher und dient zum elektronischen Beschreiben (Codieren), bzw. zum Lesen der eingesetzten Transponder. Es werden vom Gerät permanent Radiowellen ausgesandt. Man unterscheidet stationäre und mobile Lesegeräte (VCI, 2005).

### 3.3. Beschreibung der Messgeräte

Zur Messung der subcutan gemessenen Temperaturen wurde der biokompatible, eingekapselte Transponder IPTT-100 (implantierbare, programmierbare, Temperatur- Transponder) der Firma Plexx (Elst, Niederlande) eingesetzt (Abb. 2, 3).



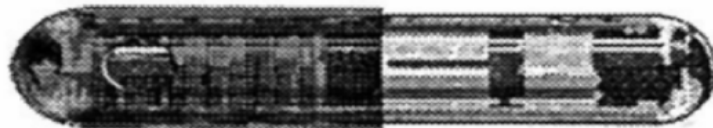
**Abb. 2:** Transponder und Injektionsstift, sowie Lesegerät (DAS- 5002 Notebook) der Firma Plexx (Kundeninformationsbroschüre, 2002)



**Abb. 3:** Subcutane Transponderinjektion bei einer Maus (PLEXX, Kundeninformationsbroschüre, 2002)

Der eingesetzte passive Transponder besteht aus einer Ferriantenne, einem hochintegrierten Elektronikbaustein sowie einem temperaturempfindlichen Widerstand und ist mit einer transparenten, biokompatiblen Glashülle ummantelt.

Um ein „Wandern“ bzw. „Verrutschen“ der Transponder zu verhindern, sind sie mit einem patentierten „Anti- Migrations“ Schutz versehen (Abb. 4).



**Abb. 4:** Abbildung eines Transponders der Firma Plexx (2002)

Befindet sich der Transponder im Empfangsbereich einer Antenne, erhält er über eine induktive Kopplung Energie und übermittelt daraufhin in codierter Form die Identifikationsnummer und den unkalibrierten Signalwert für die Temperatur des umliegenden Gewebes.

Aus diesem unkalibrierten Sensorwert wird anschliessend vom Lesegerät mit Hilfe von vorher bestimmten Kalibrierungsdaten der eigentliche Temperaturwert berechnet und angezeigt.

Die Maße der einzelnen Transponder betragen 2,2 x 14mm und haben ein Gewicht von 120 mg. Der Anwender kann bis zu 32 alphanumerische Zeichen programmieren, die von der einfachen DD- Nummer bis über Informationen über die Projektnummer, Art, Geschlecht, Käfignummer, etc. reichen können.

Weiterhin existiert ein nicht flüchtiger E<sup>2</sup> Speicher mit wiederholbarer Programmierung. Der Leseabstand zwischen Transponder und Lesegerät beträgt ca. 50mm, wobei die Lesezeit 20 msec. umfasst. Der Programmierabstand zwischen Transponder und Lesegerät beschränkt sich auf ca. 20mm und die Programmierzeit auf 5msec./bit.

Die Standard Kalibrierungsbreite liegt zwischen 32- 43 °C. Es können jedoch Temperaturen im Gesamtbereich von 0- 60 °C vorgenommen werden. Der Arbeitstemperaturbereich liegt zwischen - 45 bis 150 Grad Celsius. Um eine Keimkontamination zu verhindern, sind sowohl der Transponder als auch die Nadeln mit denen der Transponder implantiert wird mit EtO sterilisiert.

Zur Auslesung der Transponder kam das tragbare DAS-5002 Notebook (Data Acquisition

System) der Firma Plexx (Elst, Niederlande) mit grauem ABS Gehäuse, der Abmessung von 298x 215x 38 mm und einem Gewicht von ca. 2 kg zum Einsatz. Eine Hochleistungsbatterie (2,0 Ak) macht das Notebook überall einsatzfähig und ermöglicht eine kontinuierliche Arbeitszeit von ca. sechs Stunden.

Neben der Identifikation liest es auch die Körpertemperatur des Tieres. Für das Lesen der Informationen wird ein grauer Scanner benötigt. Das Notebook enthält einen internen Speicher (512 kb Flash Eprom) für ca. 1000 Messungen, erweiterungsfähig mit Flash Memory Karten (128k bis 2Mb).

Tierdaten wie z.B. die Identifikationsnummer, klinische Beobachtungen, Gewicht, Zeitangabe, Kalender und Körpertemperatur können über zwei serielle RS- 232 Schnittstellen digital übertragen oder gespeichert werden. Der Programmierabstand (des Transponders am Tier) ist auf ca. 25mm beschränkt.

Das Notebook und der Scanner sind durch ein Kabel, das sich auf 2,1m Länge dehnen lässt, verbunden.

### **3.4. Vorgehensweise der Applikation und Lokalisation der Transponder**

Um die vorgestellte Technik zu untersuchen, wurden insgesamt 21 Läuferschweine für den Versuch herangezogen. Zu Versuchsbeginn erhielten die einzelnen Tiere einer Gruppe eine Injektion von Azaperon (Stressnil®) in einer Dosierung von 2 mg/kg KGW i.m. in den Bereich des linken Ohrgrundes. Nach 15 min. erfolgte eine zweite Injektion in denselben Bereich mit Ketamin 10% (Ursotamin 10%®) in einer Dosierung von 15 mg/kg KGW i.m..

Für alle Tiere konnte somit eine Anästhesiedauer von ca. 30- 45 min. erreicht werden.

Die einzelnen Tiere wurden an den Injektionsstellen der Transponder von Schmutz befreit.

Hierzu wurde Wasser und normale handelsübliche Flüssigseife verwendet.

Im Anschluss wurde das Tier in Brustlage verbracht. Vor jeder Injektion eines Transponders erfolgte eine Desinfektion der Haut an der Injektionsstelle mit 70% igem Alkohol. Nach einigen Minuten Pause erfolgte eine Desinfektion mit 3% iger Chlorhexidinlösung (Zubereitung erfolgte durch eine Apotheke).

Die durch den Wasserbadversuch nicht mehr sterilen Transponder wurden ebenfalls mit 70% igem Alkohol und 3% iger Chlorhexidinlösung besprüht.

Mittels einer gereinigten und desinfizierten anatomischen Pinzette konnten die einzelnen Transponder in die Hohlneedle des Injektionsstiftes, die zur Transponderapplikation vorgesehen war, geschoben werden. Die Applikation der Transponder erfolgte mit einem Einzelinjektionsstift. Für jedes Tier wurde nur eine Hohlneedle benutzt, welche zwischen den

einzelnen Applikationen mit 70% igem Alkohol und 3% iger Chlorhexidinlösung desinfiziert wurde.

Der in die Hohlneedle des Injektionsstiftes eingeführte Transponder konnte mit einem Mandrin, der im Griff des Injektionsstiftes steckte aus der Hohlneedle herausgedrückt und so im Gewebe abgelegt werden.

Die Applikation der vier Transponder erfolgte in keiner festgelegten Reihenfolge.

Für die Injektion des Transponders unter das Scutulum wurde immer das linke Ohr gewählt.

Hierzu wurde dieses Ohr mit der linken Hand umfasst, dabei konnte das sehr gut palpierbare Scutulum durch den Zeigefinger und Daumen leicht angehoben werden. Circa einen cm von der craniolateralen Kante des Scutulums wurde der Injektionsstift angesetzt und die Hohlneedle mit samt dem Transponder flach unter der Haut Richtung Scutulum vorgeschoben. Nun wurde der Mandrin des Injektionsstiftes durch eine Vorrichtung am Griff des Stiftes sehr vorsichtig unter das Scutulum vorgeschoben. KAMANN (2000) empfiehlt in seinen Untersuchungen an Kälbern einen 70° Winkel zur Längsachse des Ohres. Auch in der vorliegenden Arbeit wurde so verfahren.

Nach dem Herausziehen der Hohlneedle wurde das Gewebe an der Injektionsstelle für einige Sekunden leicht zusammengedrückt, um ein Herauswandern des Transponders zu verhindern. An jeder Transponderposition wurde so verfahren.

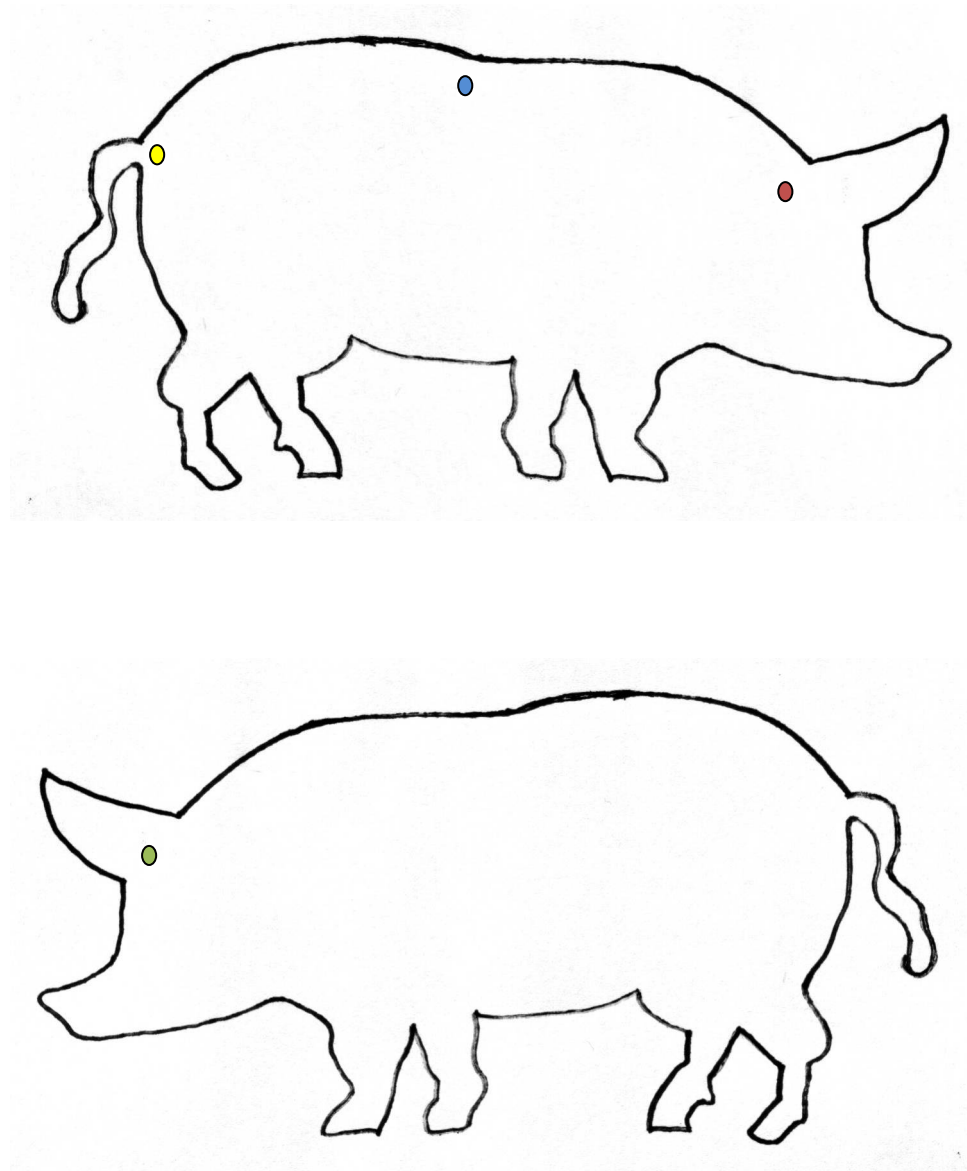
Anschliessend wurde der Einstich mit einer Povidon-Jod haltigen Salbe (Braunovidon-Salbe®) eingeschmiert. Diese Behandlung erfolgte an jeder Transponderposition.

Auch an der Position Ohrgrund erfolgte der Einstich der Hohlneedle ca. einen cm vor der eigentlichen Ablage des Transponders im Gewebe. Die Einstichstelle befand sich immer am rechten Ohrgrund. Die Stichrichtung war immer auf Höhe der Mitte des Ohrgrundes in dorsoventraler Richtung. Wie an jeder Transponderposition wurde die Hohlneedle mit dem Transponder flach unter der Haut vorgeschoben.

Die Stichrichtung der Position Ansatz letzte Rippe erfolgte in dorsoventraler Richtung. Die weitere Vorgehensweise entspricht im Wesentlichen dem oben Beschriebenen.

Die Stichrichtung an der rechten Körperseite der Schwanzwurzel erfolgte ebenfalls in dorsoventraler Richtung und wurde in ihrem weiteren Ablauf im Wesentlichen genauso durchgeführt wie an den anderen Transponderpositionen.

Die Meßstellen der Transponderpositionen zur Ermittlung der Hauttemperatur wurden nach den Ergebnissen von EICKHOFF (1996), GOOSENS (1973), KAMANN (2000), KÜPPERS (1973), DEBBELT (1975) und EWALD (1978) gewählt und sind in der folgenden Abbildung (Abb. 5) dargestellt.



- ▶ 1. Meßstelle: rechter Ohrgrund ●
- ▶ 2. Meßstelle: links im Bereich des Scutulum ●
- ▶ 3. Meßstelle: rechts im Bereich des Rückens (etwa Ansatz letzter Rippe) ●
- ▶ 4. Meßstelle: rechts im Bereich des Schwanzansatzes ●

**Abb. 5.:** Positionen der Transponder

Alle Messungen wurden so durchgeführt, wie sie unter realistischen Bedingungen, d.h. im normalen Stationsbetrieb, zu finden sind.

### **3.5. Erfassung der Rektaltemperatur (RT) mittels Digitalthermometer**

Um die Aufregung bei der Messung für die Tiere so gering wie möglich zu halten, wurde die Tür des Versuchsraumes leise geöffnet. Nach einem ca. 2 minütigem Aufenthalt im Vorbereich des Versuchsraumes wurde die eigentliche Gitterstahltür des Stalles geöffnet, ruhig auf die Tiere zugegangen und die RT mittels Digitalthermometer (Geratherm® *plus*; Geratherm Medical AG) gemessen und notiert. Bei der Durchführung der Messung wurde stets versucht, mit der gleichen Einführtiefe des Digitalthermometers zu arbeiten.

### **3.6. Erfassung der Hauttemperatur mittels Transponder**

Unmittelbar nach der RT Messung erfolgte das Ablesen der Temperaturmesswerte der Transponder an den vier Positionen (Scutulum, Ohrgrund, Ansatz letzte Rippe, Schwanzwurzel) mittels Scanner des Lesegerätes. Eine bestimmte Reihenfolge der Ablesung fand nicht statt. Der Abstand zwischen dem Scanner und dem Transponder wurde nach Herstellerangaben durchgeführt und betrug ca. 50 mm. Die einzelnen Messergebnisse wurden ermittelt und notiert. Ein Messergebnis konnte nicht als erbracht angesehen werden, wenn nach dreimaligem Versuch kein Messergebnis im Display des Lesegerätes angezeigt wurde. Dieses Resultat wurde als Funktionsausfall des Transponders notiert. So wurde bei jedem Tier einer Gruppe vorgegangen. Alle Messungen erfolgten täglich zwischen 12- 12.30 Uhr.

### **3.7. Aufzeichnungen des Verhaltens der Schweine**

In einer Ecke an der Decke des Versuchsraumes wurde eine Videokamera installiert. Diese Kamera lieferte in der Zeit zwischen 8.00 und 16.00 Uhr Aufnahmen über das Verhalten der Schweine.

Gleichzeitig wurden Auskünfte über das Verhalten der Tiere bei den betreuenden Tierpflegern eingeholt. Auch Eigenbeobachtungen wurden festgehalten.

### 3.8. Statistische Auswertung

Es existiert für jedes Tier eine Graphik.

Die Graphik stellt die erhobenen Temperaturmesswerte pro Tag als Verlauf dar.

Des Weiteren sind die Differenzen der unterschiedlichen Hauttemperaturstellen zur Rektaltemperatur in Form von Verlaufskurven dargestellt. Die Fragestellung dieser Arbeit ist zweiseitig.

Es wurden Einzelfallanalysen für jedes Tier durchgeführt. Hier sind Besonderheiten des jeweiligen Tieres beschrieben. Zur Darstellung der Messwerte im Zeitverlauf wurden Verlaufskurven mit dem Programm (Excel 2003) angefertigt.

Für jedes Tier wurden das Minimum, das Maximum, die Spannweite, das 1., 2. (der Median) und das 3. Quartil, sowie das arithmetische Mittel und die dazugehörige Standardabweichung der gemessene Temperaturen ermittelt. Die Beschreibung dieser Kennwerte erfolgte für jede Transponderposition bzw. der digital gemessenen Rektaltemperatur gesondert.

Zur Visualisierung der Verteilung der Messdaten wurden Boxplots benutzt. Bei dieser Darstellung zeigt die Linie innerhalb der Box den Median. Die untere Boxbegrenzung stellt das 1. Quartil, die obere Begrenzung das 3. Quartil dar. Die untere dünne Querlinie stellt das Minimum bzw. die obere dünne Querlinie das Maximum dar, sofern sie keine Ausreißer bzw. Extremwerte sind. Als Ausreißer werden Werte bezeichnet, die mehr als die 1,5- fache Boxenlänge vom 1. bzw. 2. Quartil entfernt sind. Sie werden im Diagramm als Kreis dargestellt. Als Extremwerte werden Daten bezeichnet, die mehr als die 3-fache Boxenlänge vom 1. bzw. 2. Quartil entfernt sind. Sie werden als Sternchen dargestellt (Brosius, 2004).

Um Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Messpunkten nachweisen zu können, wurden Korrelationsanalysen nach SPEARMAN (WEISS, 1986) durchgeführt, da von nicht symmetrischen Daten ausgegangen wurde. Zu Anfang wurden Korrelationskoeffizienten über alle Tiere bestimmt. Anschließend wurden Einzeltieranalysen durchgeführt.

Zur Darstellung möglicher Zusammenhänge wurden Streudiagramme angefertigt.

Diese Analysen wurden mit Hilfe des Computerprogramms SPSS Vers. 16.0 für Windows (Fa. SPSS Inc., USA) durchgeführt.



Um von den verschiedenen Körperstellen auf die Rektaltemperatur schliessen zu können, wurden lineare Regressionsanalysen mit dem Programm MedCalc V10 durchgeführt. Da bei diesen Daten nicht von einer Normalverteilung ausgegangen werden kann, wurde zu diesem Zweck das Regressionsverfahren nach PASSING und BABLOCK angewendet. Zusätzlich zu den Regressionsparametern a (Schnittpunkt mit der Y- Achse) und b (Steigung der Gerade) wurden die Konfidenzintervalle angegeben.

Ein Vertrauensbereich (Konfidenzintervall) ist ein Wertebereich der mit Hilfe statistischer Methoden berechnet wird. Dieser Wertebereich überdeckt den gesuchten, wahren Parameter mit einer im Voraus definierten Wahrscheinlichkeit (Überdeckungswahrscheinlichkeit, Vertrauenswahrscheinlichkeit oder Konfidenzniveau).

Das am häufigsten gewählte Konfidenzniveau ist das 95% ige. Das bedeutet, dass mit einer Sicherheit (Konfidenzniveau) von z.B. 95% das Konfidenzintervall den wahren Wert überdeckt und entsprechend eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% enthält.

Dies bedeutet aber nur, dass das berechnete Konfidenzintervall den wahren Parameter vielmehr mit einer berechneten Wahrscheinlichkeit enthält.

Zu berücksichtigen ist, dass bei einer Konfidenzintervallberechnung auch die Anzahl der Messwerte mit eingeht. Für die durchgeführten Regressionsberechnungen wurden nur Tiere berücksichtigt, die mindestens neun Messpaare für die zu untersuchende Beziehung aufweisen. Die Weite eines Vertrauensbereiches ist abhängig von der Stichprobengrösse und der Standardabweichung der zu untersuchenden Gruppen. So führt z.B. eine grosse Stichprobe zu „mehr Vertrauen“ und somit zu einem engen Konfidenzintervall.

Des Weiteren kann ein breites Konfidenzintervall von einer zu kleinen Stichprobe stammen. Eine grosse Streuung von Werten führt dazu, dass das Konfidenzintervall breiter wird, die Aussage wird unsicherer.

Auch hat die Wahl des Konfidenzniveaus (95% oder 99%) eine Auswirkung der Weite des Konfidenzintervalls. Ein 99%- Vertrauensbereich ist somit breiter als ein 95%- Vertrauensbereich (PREL et al., 2009) bei gleichen Bedingungen (= gleicher Stichprobengrösse und gleicher Streuung). Die verwendeten Konfidenzniveaus sind im Ergebnisteil aufgeführt. Des Weiteren wurden Prozentrechnungen durchgeführt und auf eine Stelle hinter dem Komma gerundet. Bei allen weiteren in der Arbeit genannten Prozentangaben wurde auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet.

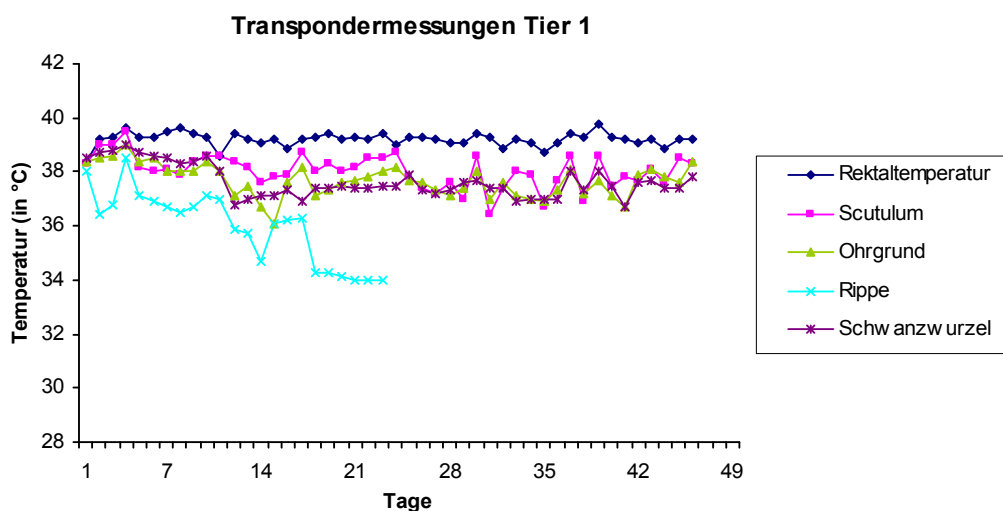
## 4. Ergebnisse

Ziel der Untersuchung war, die Beziehung zwischen Haut- und Rektaltemperatur, mittels eines Transpondersystems, beim Schwein zu beschreiben. Dazu wurden die Transponder an verschiedenen Hautstellen lokalisiert. Insgesamt wurden 21 Läufer untersucht.

### 4.1. Einzeltiermessungen

Aufgrund der variierenden Zahl der Messungen pro Körperstelle und Tier wurden die Tiere in Einzelfallanalysen ausgewertet. Als weiteres Argument für die Einzelfallauswertung lässt sich die Variation zwischen den Tieren nennen. Um diesen Variationsfaktor auszuschließen wurden die Ergebnisse im folgenden Abschnitt pro Tier beschrieben und ausgewertet.

#### Tiernummer 1



**Diagramm 1:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 1 über den Messzeitraum

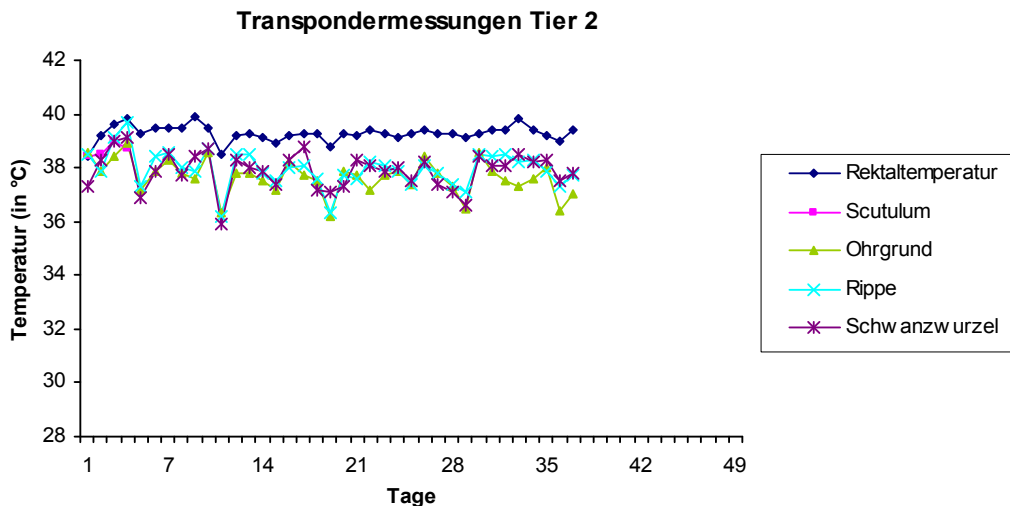
Bei Tier 1 konnte an der Transponderposition Rippe 23 Tage p.i. lang eine Messung erhoben werden, ab dem 24. Tag war keine Messung der Temperatur möglich. Weiterhin gab es an der Transponderposition Ohrgrund am ersten Tag keine Messung, jedoch ab dem zweiten Tag bis zum Schluss der Aufzeichnung. Es wurden insgesamt rektal, am Scutulum und an der Schwanzwurzel jeweils 46 Messungen durchgeführt. Am Ohrgrund wurde 45-mal die Körpertemperatur (KT) gemessen und an der Rippe 23-mal. Wie in Diagramm 1 zu erkennen ist, lagen die Temperaturen im Bereich der Rippe bei allen Messzeitpunkten deutlich unter denen der Rektaltemperatur (ReT). Die Rippentemperaturen (RiT) zeigen des Weiteren über den

Zeitverlauf eine fallende Tendenz.

Da die ReT sich relativ stetig verhält, nimmt die Differenz zur RiT im Zeitverlauf zu.

Die Temperaturen am Scutulum, Ohrgrund und an der Schwanzwurzel liegen über die Zeit gesehen ebenfalls unter denen der Rektalmessung. Die Verläufe der Kurven dieser Körpertemperaturmessungen bleiben in einem Spannbereich von 3,4°C und zeigen keine deutlichen Tendenzen.

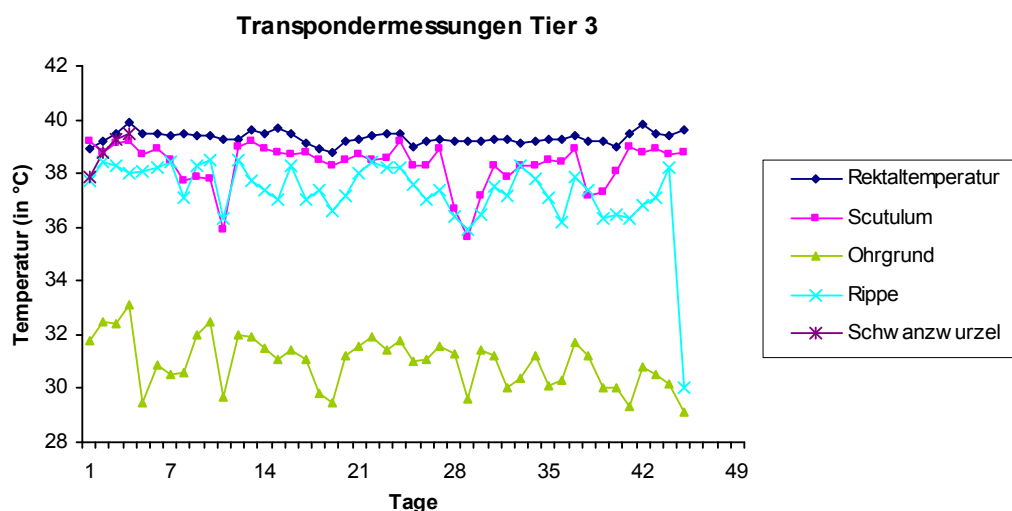
**Tiernummer 2**



**Diagramm 2:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 2 über den Messzeitraum

Bei Tier 2 wurde an der Transponderposition Scutulum vier Tage lang p.i. ein Temperaturwert erfasst. Ab dem fünften Tag konnte an dieser Position kein Wert mehr gemessen werden. Bei diesem Tier wurden rektal, am Ohrgrund, an der Rippe sowie an der Schwanzwurzel jeweils 37 Messungen durchgeführt. Am Scutulum wurde die KT 4-mal gemessen. Insgesamt liegen die Temperaturmessungen der Rippe, des Ohrgrundes und der Schwanzwurzel unterhalb der ReT`en. Die Verläufe der Kurven dieser KT Messungen bleiben in einem Spannbereich von 3,8°C und zeigen auch hier keine deutlichen Tendenzen. Die Verläufe aller Temperaturmessungen verhalten sich relativ stetig.

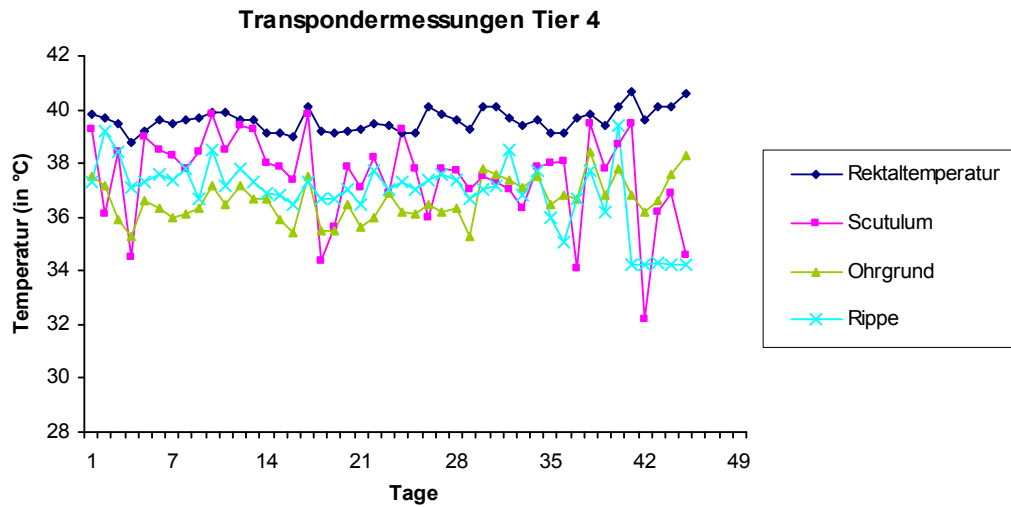
## Tiernummer 3



**Diagramm 3:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 3 über den Messzeitraum

Es war bei Tier 3 insgesamt vier Tage lang p.i. möglich an der Schwanzwurzel Temperaturwerte zu erheben. Bei diesem Tier wurden rektal, am Scutulum, am Ohrgrund und an der Rippe jeweils 45 Messungen durchgeführt. An der Schwanzwurzel wurde die KT insgesamt 4-mal p.i. gemessen. Ab dem fünften Tag konnte an dieser Position kein Wert mehr gemessen werden. Auffallend bei diesem Tier ist, dass die Temperaturen des Ohrgrundes deutlich unter den Messungen aller anderen Temperaturen liegen. Die Temperaturen der Rippe, des Scutulums sowie der Schwanzwurzel liegen über die Zeit gesehen ebenfalls unter denen der ReT. Des Weiteren fällt an der Position Rippe ein extremer Temperaturabfall am letzten Tag der Messung auf. Der Spannungsbereich der Verläufe der Kurven des Ohrgrundes, des Schwanzansatzes, der Rippe sowie des Scutulums befindet sich bei  $10,4^{\circ}\text{C}$  und ist somit deutlich höher als bei anderen Tieren.

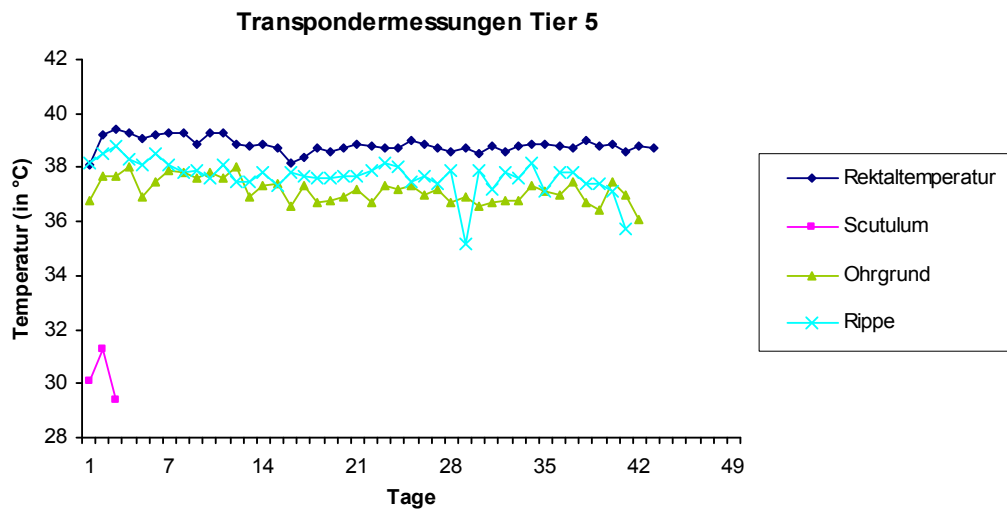
**Tiernummer 4**



**Diagramm 4:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 4 über den Messzeitraum

Insgesamt konnten rektal, am Scutulum, am Ohrgrund sowie an der Rippe jeweils 45 Messungen der KT erhoben werden. Bei Tier 4 wurde schon ab dem Tag der Injektion des Transponders an der Position Schwanzwurzel kein Messwert erfasst, so dass keine KT-Messungen an der Schwanzwurzel erhoben werden konnten. Die Temperaturen am Scutulum, Ohrgrund und der Rippe befinden sich unter denen der ReT`en. Die Verläufe der Kurven dieser KT Messungen bleiben in einem Spannbereich von 7,6°C. Der Verlauf der Temperaturkurve des Scutulums ist sehr unständig, wodurch ein relativ hoher Spannbereich (7,6°C) resultiert. Die RiT`en zeigen über den Messzeitraum fallende Tendenzen, so dass sich eine steigende Differenz im Zeitverlauf zur ReT zeigt, da sich diese relativ stetig verhält.

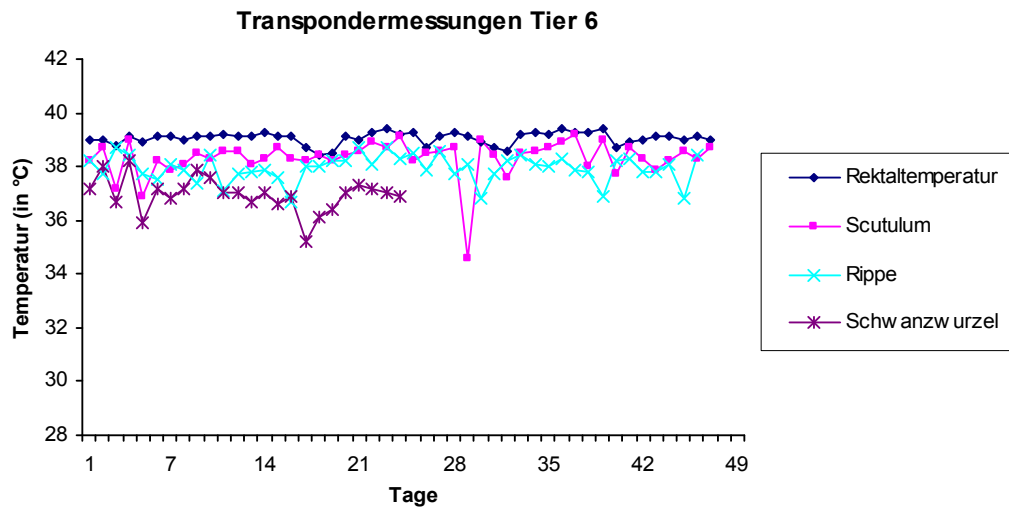
## Tiernummer 5



**Diagramm 5:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 5 über den Messzeitraum

Bei Tier 5 wurden nur drei Tage lang p.i. an der Position Scutulum Temperaturwerte gemessen. Des Weiteren konnten ab dem ersten Tag an der Position Schwanzwurzel keine Werte erhoben werden. Es konnten jeweils 43 Messungen rektal, am Ohrgrund sowie an der Rippe durchgeführt werden. Die gemessenen Werte der RiT`en sowie des Ohrgrundes befinden sich über den Messzeitraum unterhalb der ReT`en. Der Spannbereich dieser drei Verlaufskurven befindet sich bei 4,2°C und die gemessenen Werte dieser drei Kurven verhalten sich relativ stetig. Im Vergleich dazu liegen die gemessenen Scutulumtemperaturen deutlich unter denen der anderen gemessenen KT`en.

**Tiernummer 6**

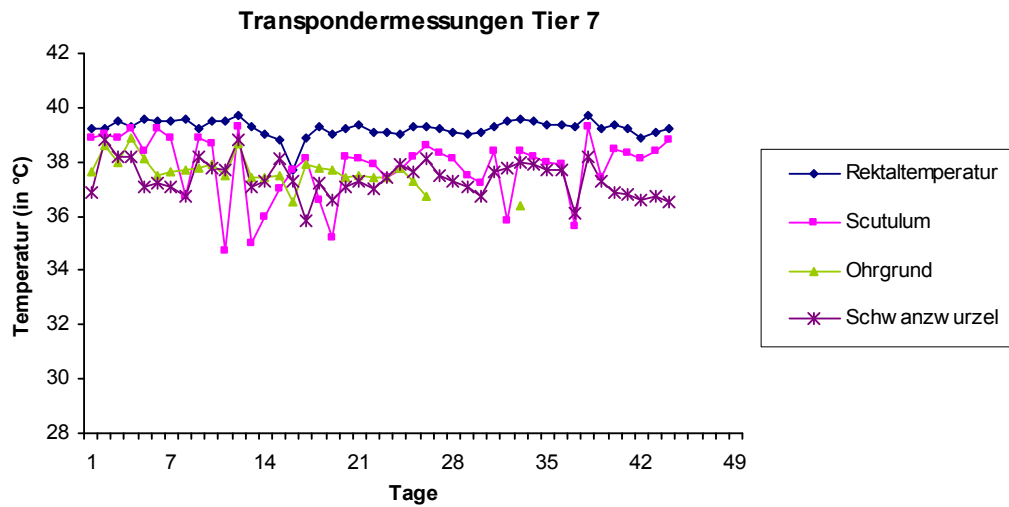


**Diagramm 6:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 6 über den Messzeitraum

Bereits ab dem ersten Tag waren an der Position Ohrgrund keine Werte zu messen. An der Position Schwanzwurzel konnten 24 Tage lang nach der Injektion Werte gemessen werden, jedoch nicht mehr ab dem 25. Tag. Bei diesem Tier konnten rektal, am Scutulum sowie an der Rippe jeweils 47 und an der Schwanzwurzel 24 Messwerte erhoben werden. Am Ohrgrund wurde keine KT gemessen.

Die ReT ist über den Messzeitraum stetig. Die Messwerte der Temperaturen des Scutulums, der Rippe sowie der Schwanzwurzel befinden sich unter denen der Rektalmessung. Innerhalb der Messungen am Scutulum ist eine Spannweite von 4,6°C zu finden, die im Vergleich zu den anderen Spannweiten der ReT (1,0°C), der RiT (2,0°C) sowie der KT der Schwanzwurzel (3,0°C) am höchsten ist.

## Tiernummer 7

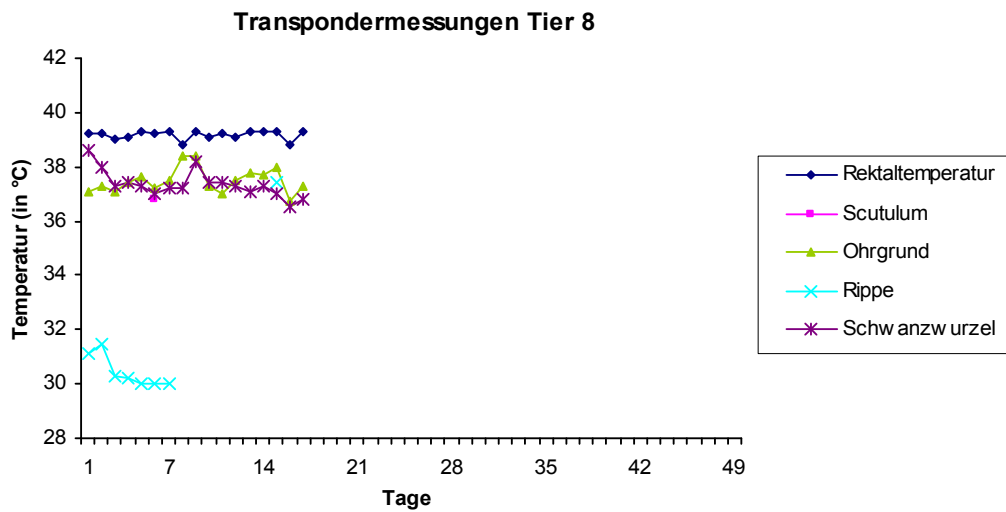


**Diagramm 7:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 7 über den Messzeitraum

Bei diesem Tier konnten an der Position Rippe ab dem ersten Tag keine Messungen erhoben werden. An der Position Ohrgrund konnte 25 Tage lang p.i. eine Messung durchgeführt werden, dann sechs Tage lang keine Messung, dann wieder ein Tag lang eine Messung und 11 Tage lang keine Messung. Insgesamt wurden rektal und am Scutulum jeweils 44 Messungen durchgeführt. Am Ohrgrund wurde die KT 27-mal und an der Schwanzwurzel 40-mal gemessen. Wie in Diagramm 7 zu erkennen ist, sind die Temperaturmessungen innerhalb des Scutulums relativ unstetig, wodurch eine hohe Spannweite von  $4,6^{\circ}\text{C}$  resultiert. Die Spannweite der anderen drei Verlaufskurven liegt bei  $3,9^{\circ}\text{C}$ . Der Verlauf der ReT'en ist über den Messzeitraum relativ stetig.



**Tiernummer 8**

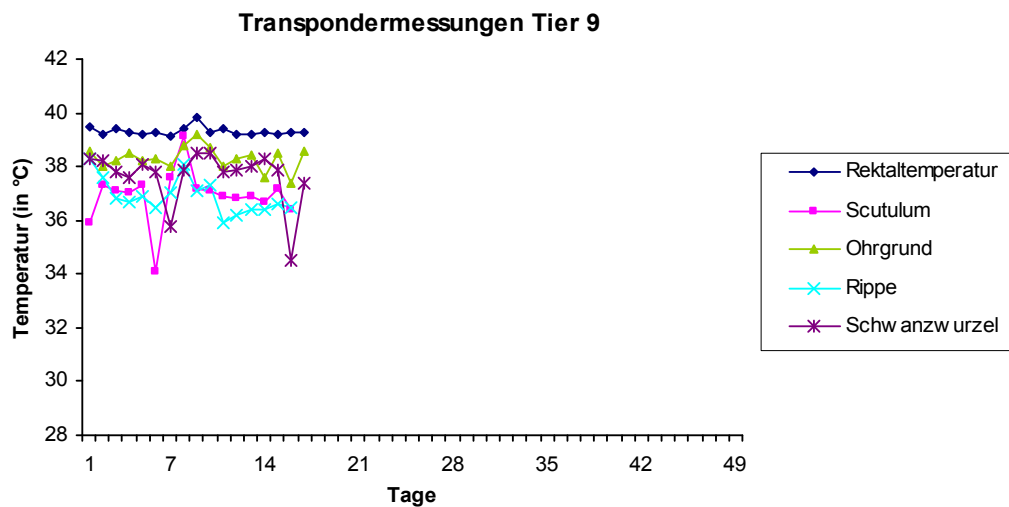


**Diagramm 8:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 8 über den Messzeitraum

Bei Tier 8 konnte fünf Tage lang ab der Injektion des Transponders an der Position Scutulum keine Messung aufgezeichnet werden, dann an einem Tag eine Messung und darauf 11 Tage lang wieder keine Messung. An der Position Rippe wurden für die Dauer von sieben Tagen ab der Injektion Temperaturwerte aufgezeichnet, dann sieben Tage keine Werte festgestellt, wieder ein Tag mit einer Messung und darauf zwei Tage keine Messung. Hier konnten rektal, am Ohrgrund und an der Schwanzwurzel jeweils 17 Messwerte erhoben werden. Am Scutulum wurde die KT 1-mal und die RiT 8-mal gemessen. In Diagramm 8 ist zu erkennen, dass sich die Messwerte des Scutulums, des Ohrgrundes, der Schwanzwurzel sowie der RiT`en unterhalb denen der ReT`en befinden. Des Weiteren sind die gemessenen RiT`en deutlich unterhalb der anderen Temperaturen zu finden.

Die Verläufe der Kurven der ReT, des Ohrgrundes sowie der Schwanzwurzel bleiben in einem Spannungsbereich von 2,8°C.

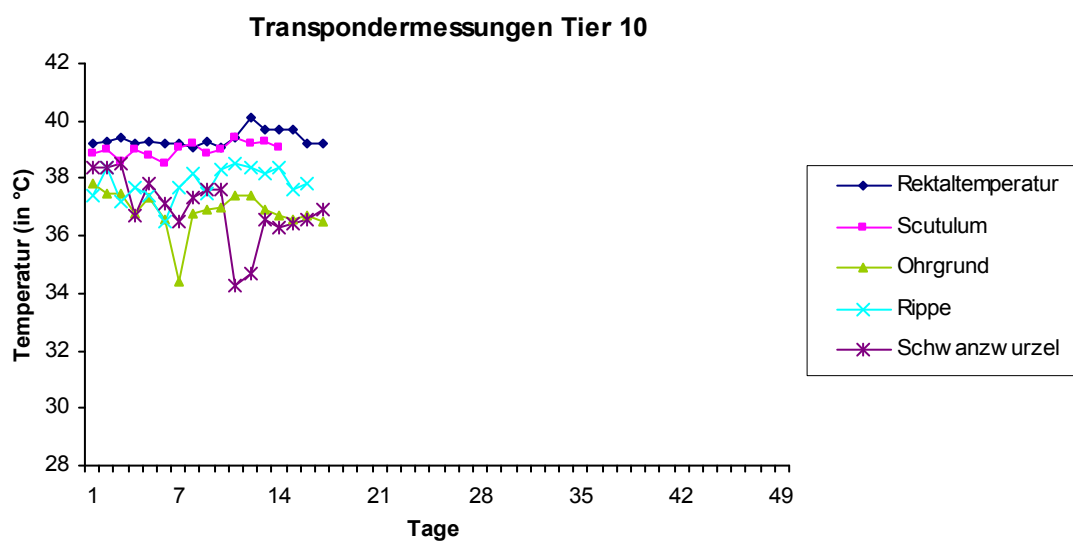
## Tiernummer 9



**Diagramm 9:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 9 über den Messzeitraum

Bei Tier 9 wurden an jeder entsprechenden Körperstelle jeweils 17 Messungen durchgeführt. Wie in Diagramm 9 zu erkennen ist, befinden sich die Temperaturmessungen des Scutulums, des Ohrgrundes, der Rippe sowie der Schwanzwurzel unter denen der Rektalmessungen. Innerhalb der Temperaturmessungen des Scutulums zeigt sich eine Spannweite von  $5,0^{\circ}\text{C}$ , wodurch sich die Verlaufskurve unstetig verhält.

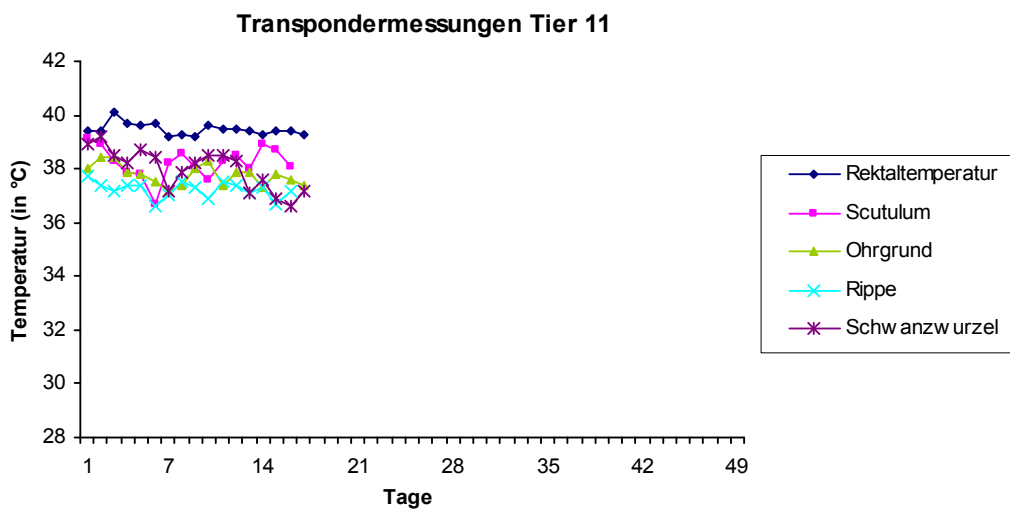
## Tiernummer 10



**Diagramm 10:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 10 über den Messzeitraum

Bei Tier 10 konnten an der Position Scutulum 15 Tage lang p.i. Messungen erfolgreich durchgeführt werden, dann erfolgten zwei Tage lang keine Messungen. Bei diesem Tier wurden rektal, am Ohrgrund, an der Rippe sowie an der Schwanzwurzel jeweils 17 Messungen durchgeführt. Die Verlaufskurve des Scutulums ähnelt der Kurve der gemessenen ReT`en und beide zeigen einen stetigen Verlauf. Im Verlauf der Temperaturmessung am Ohrgrund fällt ein Ausreißer am Tag sieben auf, an der Schwanzwurzel an den Tagen 11 und 12. Im Vergleich dazu treten bei den anderen drei Verlaufskurven höhere Spannbereiche auf. Die KT Messungen im Bereich der Rippe liegt bei 2,0°C, am Ohrgrund bei 3,4°C und im Bereich der Schwanzwurzel bei 4,2°C.

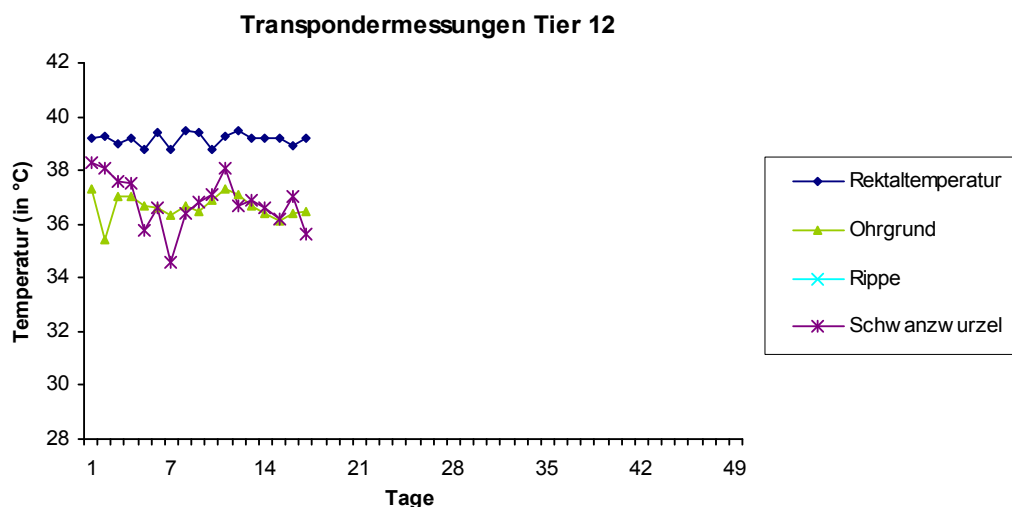
**Tiernummer 11**



**Diagramm 11:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 11 über den Messzeitraum

Hier konnten an den fünf verschiedenen Stellen jeweils 17 Messungen durchgeführt werden. Wie in Diagramm 11 zu erkennen ist, verhalten sich die Kurven der ReT, des Ohrgrundes sowie der RiT relativ stetig. Über die Zeit gesehen befinden sich die Temperaturen der verschiedenen Hautstellen alle unter denen der Rektalmessung.

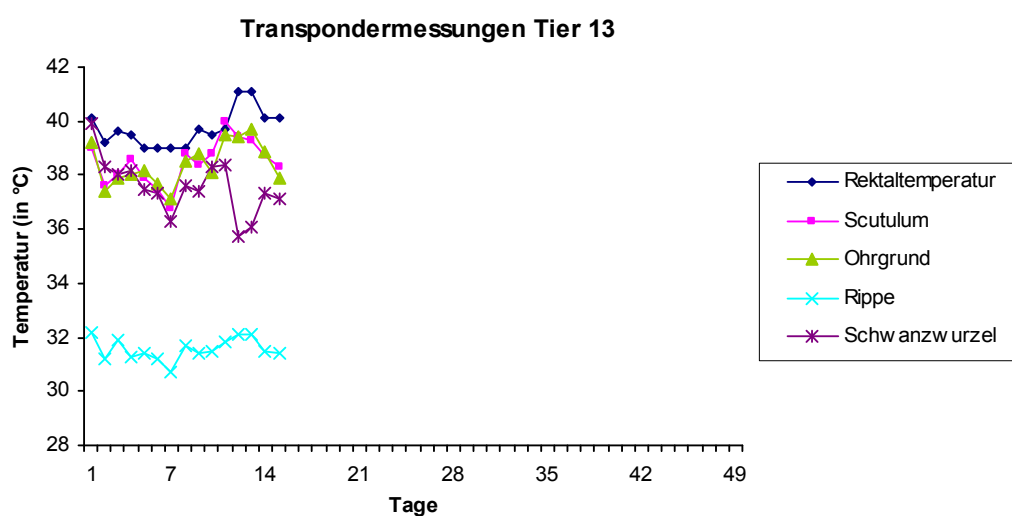
## Tiernummer 12



**Diagramm 12:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 12 über den Messzeitraum

Ab dem ersten Tag erfolgten an der Transponderposition Scutulum und Rippe keine Messungen. Bei diesem Tier konnten rektal, am Ohrgrund und an der Schwanzwurzel insgesamt jeweils 17 KT Messungen erhoben werden. Im Bereich des Scutulums und der Rippe gab es keine Messungen. Zu allen Messzeitpunkten befinden sich die Temperaturen im Bereich des Ohrgrundes sowie der Schwanzwurzel deutlich unter denen der Rektaltemperatur. Innerhalb der Verlaufskurve der Schwanzwurzel ist der Spannungsbereich mit  $3,7^{\circ}\text{C}$  am höchsten.

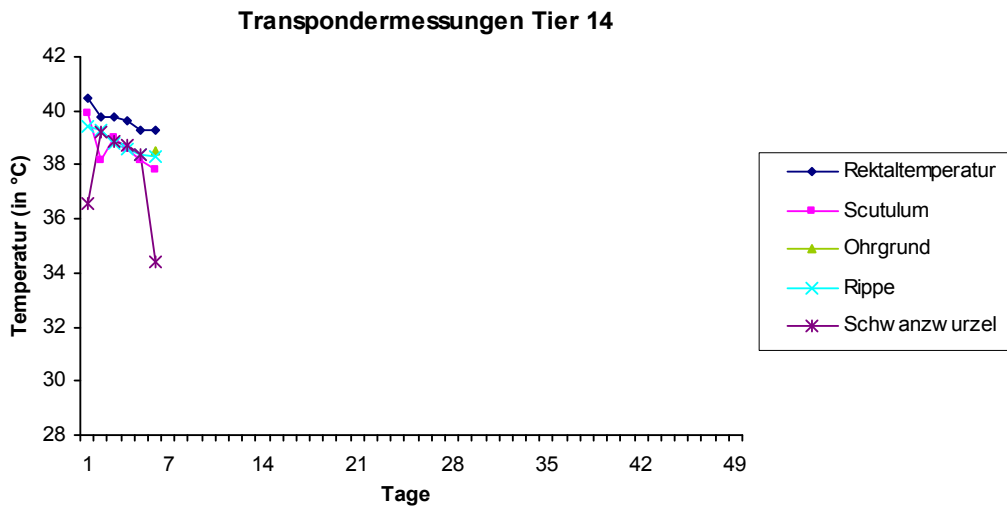
## Tiernummer 13



**Diagramm 13:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 13 über den Messzeitraum

Insgesamt wurden bei diesem Tier an den verschiedenen KT Bereichen jeweils 15 Messungen durchgeführt. Auffallend ist hier die Hohe Differenz der Verlaufskurve der RiT im Vergleich zu den anderen KT Messwerten. Über die Zeit gesehen befinden sich die Temperaturen am Scutulum, Ohrgrund und der Schwanzwurzel ebenfalls unter denen der Rektalmessung. Dennoch befinden sich diese Verlaufskurven alle annähernd auf einem Temperaturniveau.

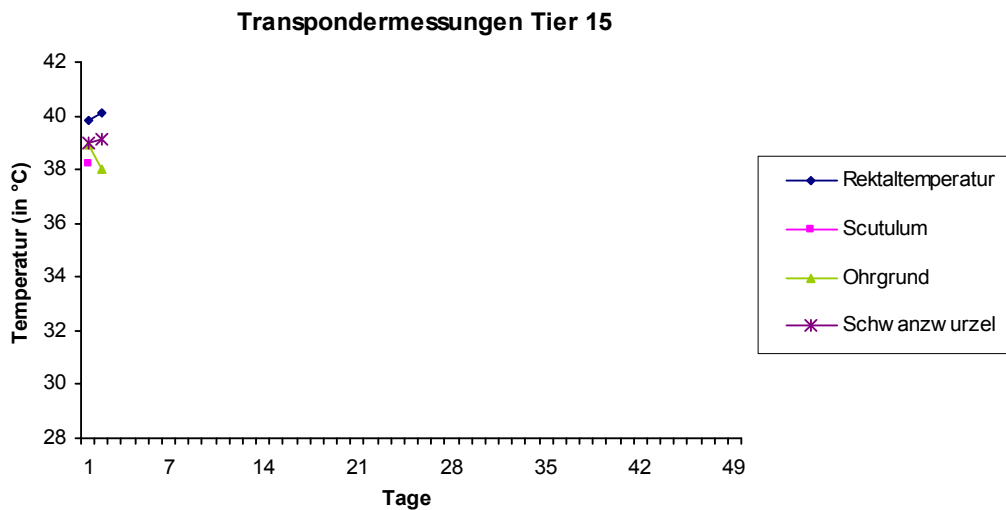
**Tiernummer 14**



**Diagramm 14:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 14 über den Messzeitraum

Bei diesem Tier konnte an der Position Ohrgrund fünf Tage lang p.i. keine Messung gezeigt werden, dann erfolgte sie für einen Tag. Bei Tier 14 wurden rektal, am Scutulum, an der Rippe sowie an der Schwanzwurzel jeweils sechs Messungen durchgeführt. Am Ohrgrund wurde die KT nur 1-mal gemessen. Wie im Diagramm 14 zu erkennen ist befinden sich alle gemessenen KT der verschiedenen Hautstellen alle unter denen der ReT. Innerhalb der Verlaufskurve der Schwanzwurzel ist ein Spannungsbereich von 4,80°C aufgetreten. Die Schwanzwurzeltemperaturen zeigen über den Zeitverlauf fallende Tendenzen, so dass eine steigende Differenz im Vergleich zur ReT zu beobachten ist.

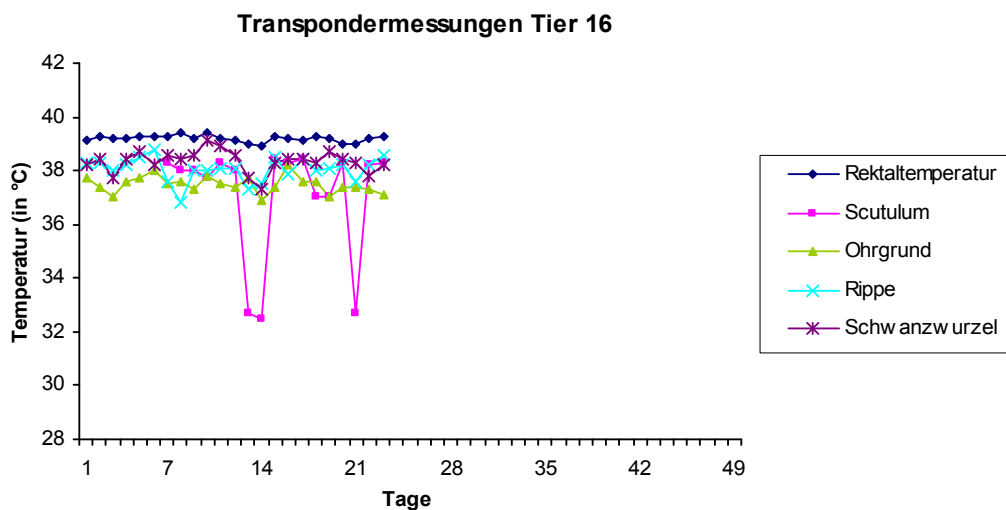
### Tiernummer 15



**Diagramm 15:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 15 über den Messzeitraum

Bei diesem Tier sind rektal, am Scutulum, am Ohrgrund und im Bereich der Schwanzwurzel jeweils nur zwei Messungen durchgeführt worden. Es gibt keine Temperaturwerte im Bereich der Rippe.

### Tiernummer 16

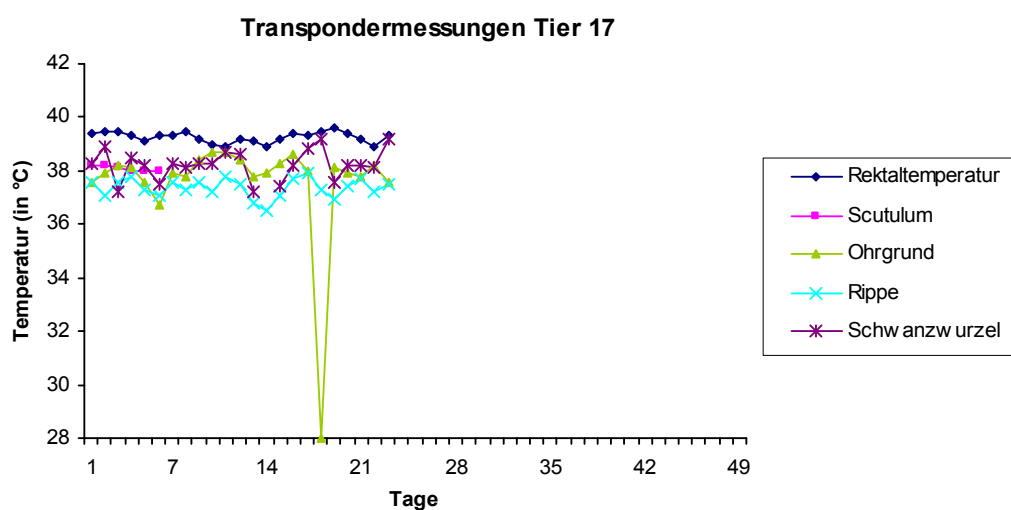


**Diagramm 16:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 16 über den Messzeitraum

Bei diesem Tier wurde an der Transponderposition Scutulum sechs Tage lang p.i. kein Temperaturmesswert erfasst. Dann konnte für 17 Tage Temperaturwerte aufgezeichnet werden. Bei Tiernummer 16 wurden rektal, am Ohrgrund, an der Rippe und an der Schwanzwurzel

jeweils 23 Messungen vorgenommen. Wie in Diagramm 16 zu erkennen ist, befinden sich alle Messwerte der verschiedenen Körperstellen unter denen der ReT. Die ReT verhält sich relativ stetig. Mit Ausnahme des Scutulums befinden sich die Verlaufskurven der verschiedenen KT Messungen auf einem annähernd gleichen Temperaturniveau. Die Verläufe der Kurven im Bereich der ReT, des Ohrgrundes, der Rippe sowie der Schwanzwurzel bleiben in einem Spannungsbereich von 2,6°C. Innerhalb der Verlaufskurve des Scutulums ist ein Spannungsbereich von 5,9°C aufgetreten.

**Tiernummer 17**

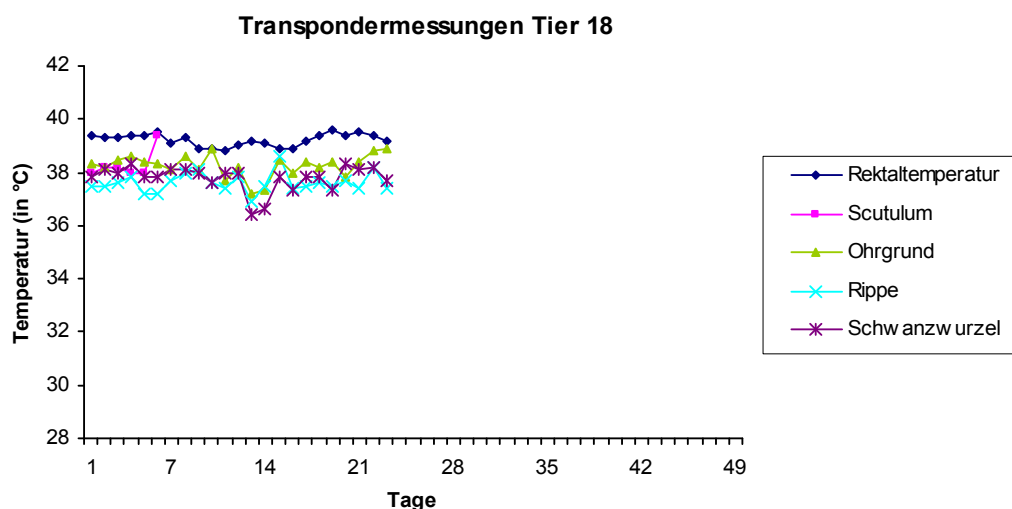


**Diagramm 17:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 17 über den Messzeitraum

Am Scutulum konnten sechs Tage lang nach der Injektion Temperaturwerte erhoben werden, dann erfolgten 17 Tage keine Messungen. Von der Position Schwanzwurzel wurden 13 Tage lang p.i. Messungen durchgeführt, dann ein Tag keine Messung und wieder neun Tage lang eine Messung. Am Scutulum wurde insgesamt 6-mal die KT gemessen und an der Schwanzwurzel 22-mal.

Rektal, am Ohrgrund und an der Rippe konnten bei diesem Tier jeweils 23 Messungen vorgenommen werden. Bei allen Messzeitpunkten befinden sich die Temperaturen der verschiedenen Körperstellen unter denen der Rektalmessung und die Kurven verhalten sich mit Ausnahme des Ohrgrundes relativ stetig. Die Temperaturen im Bereich der ReT, des Scutulums, der RiT sowie der Schwanzwurzel befinden sich in einem Spannungsbereich von 3,1°C und zeigen somit keine deutlichen Tendenzen. Innerhalb der Verlaufskurve des Ohrgrundes ist ein Spannungsbereich von 10,7°C aufgetreten.

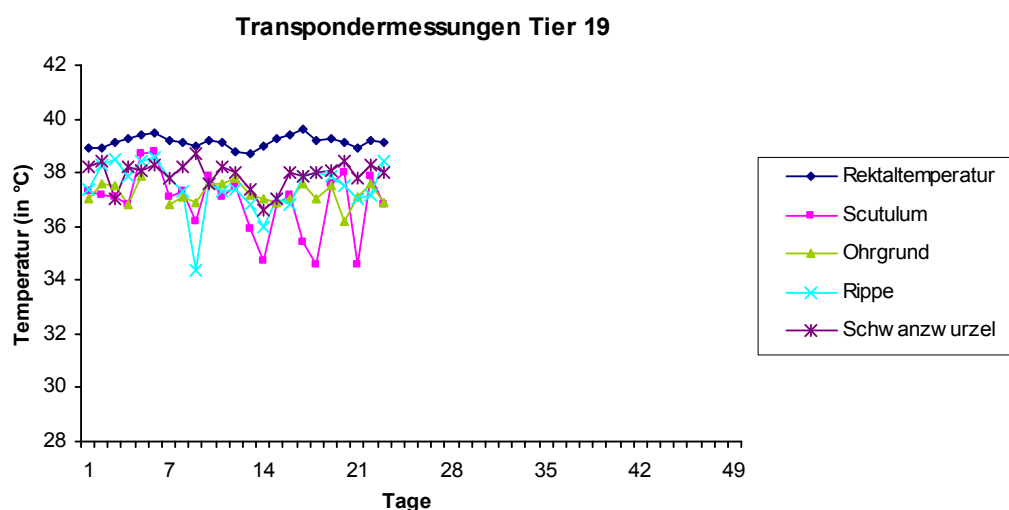
## Tiernummer 18



**Diagramm 18:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 18 über den Messzeitraum

Die Transponderposition Scutulum verhält sich identisch mit den Laufleistungen von Tier 17. Bei Tier 18 wurden rektal, am Ohrgrund, an der Rippe sowie an der Schwanzwurzel jeweils 23 Messungen durchgeführt. Am Scutulum wurde die KT 6-mal gemessen. Die Temperaturen der verschiedenen Körperstellen liegen über die Zeit gesehen unter denen der Rektaltemperaturmessung. Die Verläufe der Kurven aller Körpertemperaturmessungen bleiben in einem Spannungsbereich von 3,2°C und zeigen somit keine deutlichen Tendenzen.

## Tiernummer 19

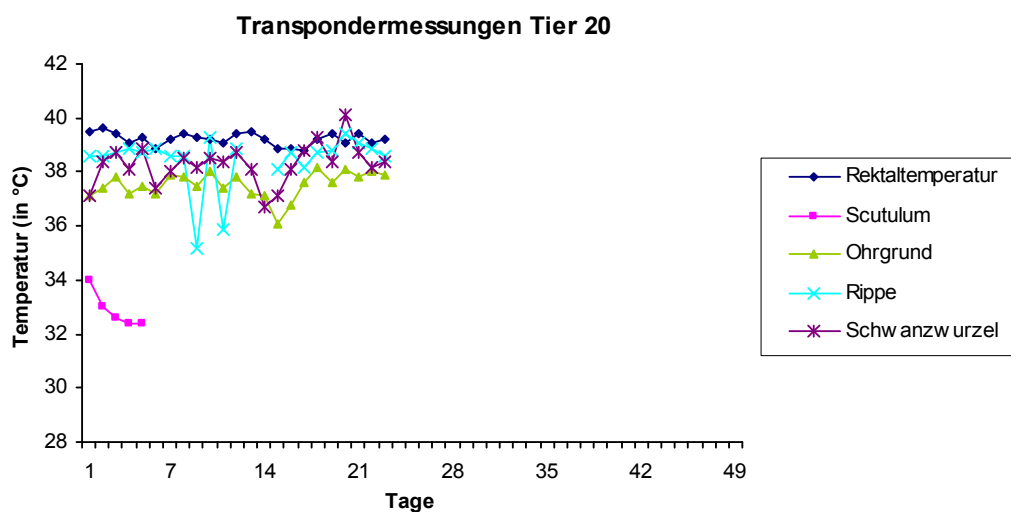


**Diagramm 19:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 19 über den Messzeitraum



Bei diesem Tier konnte an der Position Ohrgrund fünf Tage lang p.i. eine Messung erfolgen, dann einen Tag lang keine Messung und wieder 17 Tage lang Messungen. Somit konnte am Ohrgrund insgesamt 22-mal die KT gemessen werden. Bei Tier 19 wurden rektal, am Scutulum, an der Rippe sowie an der Schwanzwurzel jeweils 23 Messungen durchgeführt. Insgesamt befinden sich alle Verlaufskurven unterhalb der rektal gemessenen Temperaturen. Die ReT verhält sich relativ stetig. Im Vergleich dazu treten innerhalb der Verlaufskurven des Scutulums und der Rippe Schwankungen auf, wodurch jeweils ein erhöhter Spannungsbereich (4,2°C) resultiert.

**Tiernummer 20**



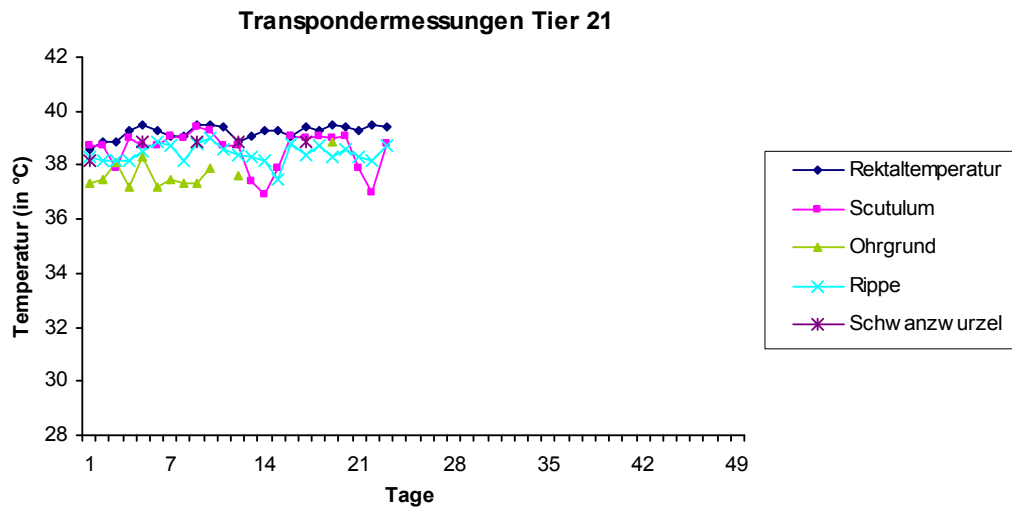
**Diagramm 20:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 20 über den Messzeitraum

Bei Tier 20 konnte an der Position Scutulum fünf Tage lang die Temperatur gemessen werden, dann erfolgte 18 Tage keine Messung. Die Position Rippe lieferte 12 Tage Temperaturwerte, dann zwei Tage keine Werte und anschliessend wieder neun Tage Temperaturwerte. Am Scutulum wurde 5-mal die KT gemessen und an der Rippe 21-mal.

Wie in Diagramm 20 zu erkennen ist, wurden bei diesem Tier rektal, am Ohrgrund sowie an der Schwanzwurzel jeweils 23 Messungen vorgenommen. Die Verlaufskurve der ReT verläuft relativ stetig. Hinsichtlich der ReT und der Scutulumtemperatur ist eine hohe Differenz zu erkennen.

Innerhalb der Verlaufskurve der Schwanzwurzel ist ein Spannungsbereich von 3,4°C. Bei einigen Messzeitpunkten befindet sich diese Verlaufskurve über denen der ReT. Die Verlaufskurve der RiT zeigt ebenfalls einen hohen Spannungsbereich von 4,2°C.

## Tiernummer 21



**Diagramm 21:** Verlaufskurven der Temperaturmessungen von Tier 21 über den Messzeitraum

Bei diesem Tier wurden an der Position Ohrgrund folgende Messungen p.i. festgestellt: 10 Tage Messungen, ein Tag keine Messung, ein Tag Messung, sechs Tage keine Messung, ein Tag Messung, vier Tage lang keine Messungen. Die Position Schwanzwurzel brachte folgende Ergebnisse: ein Tag Messung, drei Tage keine Messung, ein Tag Messung, drei Tage keine Messung, ein Tag Messung, zwei Tage keine Messung, ein Tag Messung, vier Tage keine Messung, ein Tag Messung.

Bei Tier 21 wurden rektal, am Scutulum sowie an der Rippe jeweils 23 Messungen durchgeführt. Am Ohrgrund wurde 12-mal die KT gemessen und an der Schwanzwurzel 5-mal. Insgesamt zeigt sich ein relativ stetiger Verlauf der KT Messungen. Der Spannungsbereich aller Temperaturmessungen liegt bei diesem Tier bei 2,6°C und somit zeigen sich keine deutlichen Tendenzen.

## 4.2. Temperaturergebnisse aller Tiere nach Messort

### Rektaltemperatur

Bei der Rektaltemperatur konnten insgesamt 553 Werte erhoben werden. Hierbei ging Tier 6 mit 47 Messwiederholungen am häufigsten in die Auswertung ein. Tier 15 konnte nur mit zwei Messwiederholungen berücksichtigt werden (siehe Tab. 1).

Die Minima der rektal gemessenen Temperaturen lagen bei den 21 Läufern zwischen 37,70°C (Tier 7) und 39,80°C (Tier 15).

Die Maxima der rektal gemessenen Temperaturen schwankten zwischen 39,30°C (Tier 8) und 40,70°C (Tier 4).

Die engste Spannweite wurde bei Tier 15 mit einer Breite von 0,30°C ermittelt werden. Die breiteste Spannweite wurde bei Tier 13 mit 2,10°C berechnet.

Das 1. Quartil aller Tiere lag zwischen 38,70°C (Tier 5) und 39,95°C (Tier 15).

Die einzelnen Mediane verteilten sich zwischen 38,80°C (Tier 5) und 39,95°C (Tier 15).

Das 3. Quartil erreichte Werte zwischen 39,00°C (Tier 5) und 40,10°C (Tier 13 und Tier 15).

Die arithmetischen Mittelwerte der rektal gemessenen Temperaturen bewegten sich von 38,84°C (Tier 5) bis 39,95°C (Tier 15).

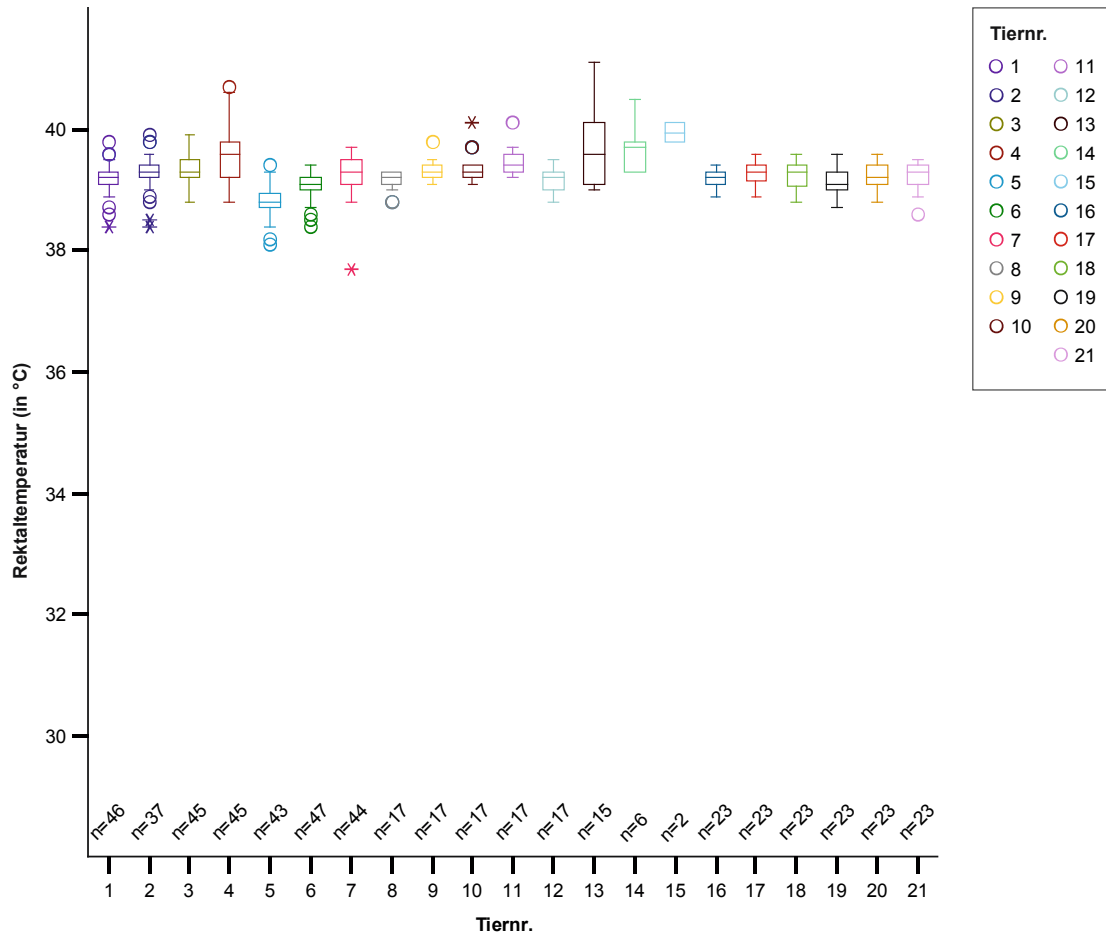
Die kleinste Streuung wurde bei Tier 16 mit einer Standardabweichung von 0,13°C beobachtet.

Die grösste Streuung wies Tier 13 mit einer Standardabweichung von 0,69°C auf (siehe Diagramm 22).

**Rektaltemperatur**

Tier 1	n	Minimum	Maximum	Spannweite	1. Quartil	Median	3. Quartil	Mittelwert	Std. Abw.
1	46	38,40	39,80	1,40	39,10	39,20	39,30	39,21	0,25
2	37	38,40	39,90	1,50	39,20	39,30	39,40	39,28	0,30
3	45	38,80	39,90	1,10	39,20	39,30	39,50	39,33	0,23
4	45	38,80	40,70	1,90	39,20	39,60	39,85	39,59	0,42
5	43	38,10	39,40	1,30	38,70	38,80	39,00	38,84	0,29
6	47	38,40	39,40	1,00	39,00	39,10	39,20	39,05	0,23
7	44	37,70	39,70	2,00	39,10	39,30	39,50	39,25	0,33
8	17	38,80	39,30	0,50	39,10	39,20	39,30	39,16	0,17
9	17	39,10	39,80	0,70	39,20	39,30	39,40	39,32	0,16
10	17	39,10	40,10	1,00	39,20	39,30	39,55	39,37	0,27
11	17	39,20	40,10	0,90	39,30	39,40	39,60	39,47	0,22
12	17	38,80	39,50	0,70	38,95	39,20	39,35	39,17	0,23
13	15	39,00	41,10	2,10	39,00	39,60	40,10	39,71	0,69
14	6	39,30	40,50	1,20	39,30	39,70	39,98	39,72	0,44
15	2	39,80	40,10	0,30	39,80	39,95	40,10	39,95	0,21
16	23	38,90	39,40	0,50	39,10	39,20	39,30	39,20	0,13
17	23	38,90	39,60	0,70	39,10	39,30	39,40	39,26	0,21
18	23	38,80	39,60	0,80	39,00	39,30	39,40	39,22	0,23
19	23	38,70	39,60	0,90	39,00	39,10	39,30	39,14	0,22
20	23	38,80	39,60	0,80	39,10	39,20	39,40	39,22	0,22
21	23	38,60	39,50	0,90	39,10	39,30	39,40	39,24	0,24

**Tabelle 1:** Darstellung der Kennwerte der Messergebnisse der Rektaltemperatur



**Diagramm 22:** Darstellung der Rektaltemperaturen in Form von Boxplots

### Scutulum

Bei diesen Messungen konnten 387 Werte erhoben werden. Tier 1 ging mit 46 Werten am häufigsten in die Auswertung ein. Bei Tier 8 konnte nur einmal die Temperatur am Scutulum gemessen werden.

In diesem Bereich waren bei Tier 12 keine Messungen möglich.

Die Minima der erhobenen Werte der 20 Tiere lagen zwischen 29,40°C (Tier 5) und 38,50°C (Tier 15).

Die Maxima lagen zwischen 31,30°C (Tier 5) und 40,00°C (Tier 13).

Die ermittelten Spannweiten reichten von 0,00°C (Tier 1) bis 7,60°C (Tier 4).

Das 1. Quartil der einzelnen Tiere lag im Bereich zwischen 29,40°C (Tier 5) bis 38,90°C (Tier 10).

Die Mediane verteilten sich zwischen Werten von 30,10°C (Tier 5) bis 39,00°C (Tier 10).

Die 3. Quartile bewegten sich von 31,30°C (Tier 5) bis 39,23°C (Tier 14).

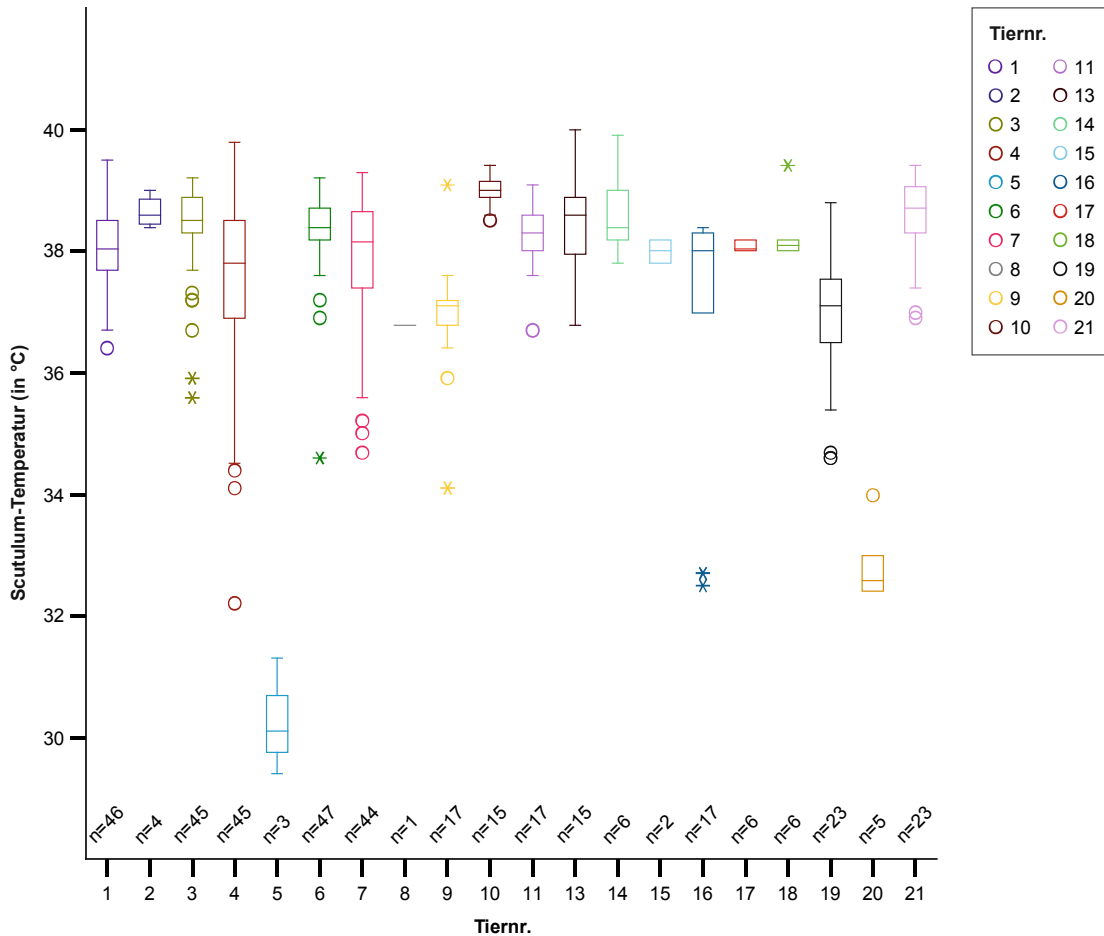
Bei der Berechnung der arithmetischen Mittelwerte wurden Werte von 30,27°C (Tier 5) bis 38,99°C (Tier 10) ermittelt.

Die geringste Standardabweichung zeigte Tier 17 mit 0,10°C, die grösste Standardabweichung mit 2,16°C Tier 16.

**Scutulumtemperatur**

Tier 1	n	Minimum	Maximum	Spannweite	1. Quartil	Median	3. Quartil	Mittelwert	Std. Abw.
1	46	36,40	39,50	3,10	37,68	38,05	38,50	38,04	0,62
2	4	38,40	39,00	0,60	38,43	38,60	38,93	38,65	0,26
3	45	35,60	39,20	3,60	38,20	38,50	38,90	38,35	0,81
4	45	32,20	39,80	7,60	36,90	37,80	38,50	37,50	1,66
5	3	29,40	31,30	1,90	29,40	30,10	31,30	30,27	0,96
6	47	34,60	39,20	4,60	38,20	38,40	38,70	38,32	0,72
7	44	34,70	39,30	4,60	37,40	38,15	38,68	37,83	1,19
8	1	36,80	36,80	0,00	36,80	36,80	36,80	36,80	
9	17	34,10	39,10	5,00	36,75	37,10	37,25	36,92	0,97
10	15	38,50	39,40	0,90	38,90	39,00	39,20	38,99	0,24
11	17	36,70	39,10	2,40	37,95	38,30	38,65	38,24	0,57
12	0								
13	15	36,80	40,00	3,20	37,90	38,60	39,00	38,47	0,83
14	6	37,80	39,90	2,10	38,10	38,40	39,23	38,62	0,75
15	2	37,80	38,20	0,40	37,80	38,00	38,20	38,00	0,28
16	17	32,50	38,40	5,90	37,00	38,00	38,30	37,06	2,16
17	6	38,00	38,20	0,20	38,00	38,05	38,20	38,08	0,10
18	6	38,00	39,40	1,40	38,00	38,10	38,50	38,30	0,55
19	23	34,60	38,80	4,20	36,20	37,10	37,60	36,89	1,18
20	5	32,40	34,00	1,60	32,40	32,60	33,50	32,88	0,67
21	23	36,90	39,40	2,50	37,90	38,70	39,10	38,57	0,71

**Tabelle 2:** Darstellung der Kennwerte der Messergebnisse der Scutulumtemperaturen



**Diagramm 23:** Darstellung der Scutulumtemperaturen in Form von Boxplots

## Ohrgrund

Hier konnten insgesamt 471 Messungen zur Berechnung herangezogen werden, wobei die meisten Werte von jeweils 45 Messungen von den Tieren 1, 3 und 4 stammten. Die geringste Anzahl von Messungen lieferte Tier 14 mit nur 1 Messung. Nur bei Tier 6 konnten keine Werte aufgezeichnet werden.

Bei den Minima wurden Werte von 28,00°C (Tier 17) bis 38,50°C (Tier 14) gemessen.

Die Maxima lagen zwischen 33,10°C (Tier 3) und 39,70°C (Tier 13).

Die gemessenen Spannweiten zeigten Werte von 0,00°C (Tier 14) bis 10,70°C (Tier 17).

Bei den 1. Quartilen traten Werte zwischen 30,15°C (Tier 3) und 38,50°C (Tier 14) auf.

Der niedrigste Wert des 3. Quartil lag bei 31,65°C (Tier 3), der höchste Wert bei 39,20°C (Tier 13).

Die arithmetischen Mittelwerte der Ohrgrundtemperaturen erfassten Werte von 30,97°C (Tier 3) bis 38,50°C (Tier 14).

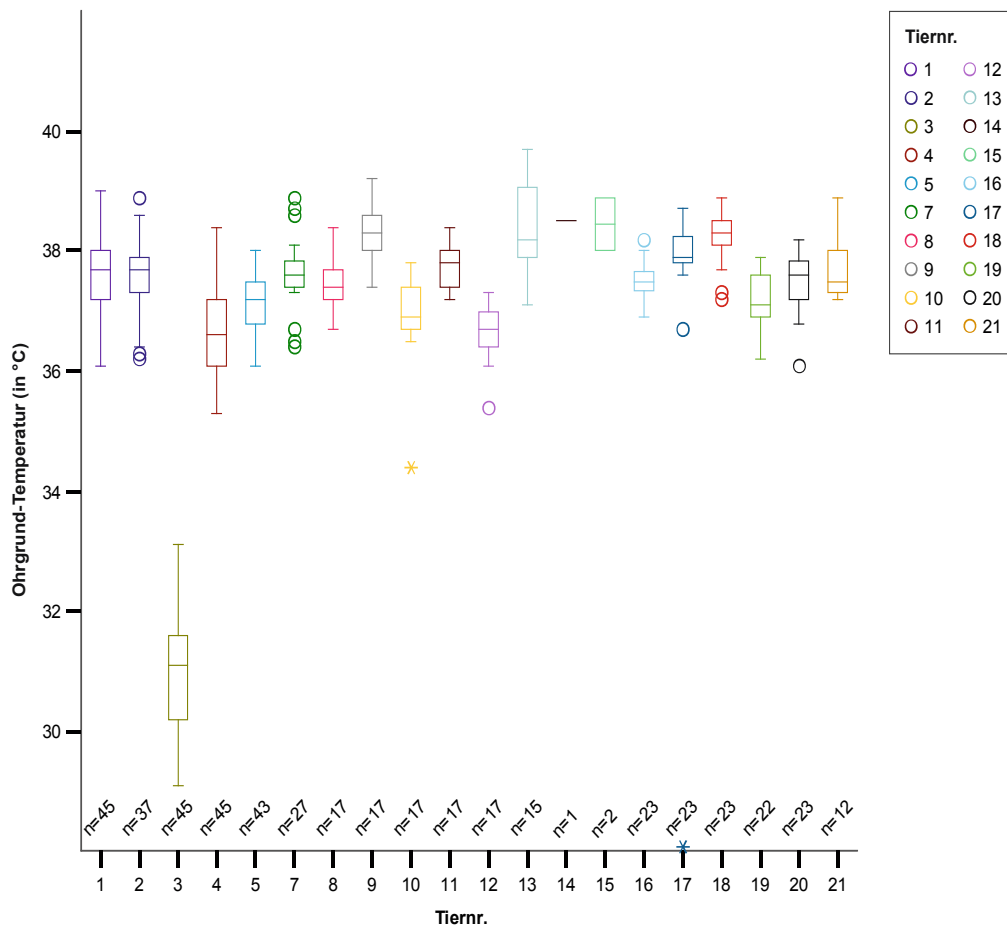
Die geringste Standardabweichung lag bei 0,31°C (Tier 16), die höchste bei 2,13°C (Tier 14).



**Ohrgrundtemperaturen**

Tier 1	n	Minimum	Maximum	Spannweite	1. Quartil	Median	3. Quartil	Mittelwert	Std. Abw.
1	45	36,10	39,00	2,90	37,15	37,70	38,05	37,66	0,59
2	37	36,20	38,90	2,70	37,30	37,70	37,95	37,66	0,64
3	45	29,10	33,10	4,00	30,15	31,10	31,65	30,97	0,95
4	45	35,30	38,40	3,10	36,10	36,60	37,20	36,64	0,78
5	43	36,10	38,00	1,90	36,80	37,20	37,50	37,15	0,45
6	0								
7	27	36,40	38,90	2,50	37,40	37,60	37,90	37,63	0,57
8	17	36,70	38,40	1,70	37,15	37,40	37,75	37,49	0,46
9	17	37,40	39,20	1,80	38,00	38,30	38,60	38,31	0,44
10	17	34,40	37,80	3,40	36,65	36,90	37,40	36,87	0,74
11	17	37,20	38,40	1,20	37,40	37,80	38,00	37,78	0,38
12	17	35,40	37,30	1,90	36,40	36,70	37,00	36,64	0,47
13	15	37,10	39,70	2,60	37,90	38,20	39,20	38,42	0,80
14	1	38,50	38,50	0,00	38,50	38,50	38,50	38,50	
15	2	38,00	38,90	0,90	38,00	38,45	38,90	38,45	0,64
16	23	36,90	38,20	1,30	37,30	37,50	37,70	37,48	0,31
17	23	28,00	38,70	10,70	37,80	37,90	38,30	37,57	2,13
18	23	37,20	38,90	1,70	38,10	38,30	38,50	38,25	0,44
19	22	36,20	37,90	1,70	36,90	37,10	37,60	37,21	0,41
20	23	36,10	38,20	2,10	37,20	37,60	37,90	37,52	0,48
21	12	37,20	38,90	1,70	37,30	37,50	38,05	37,68	0,53

**Tabelle 3:** Darstellung der Kennwerte der Messergebnisse der Ohrgrundtemperaturen



**Diagramm 24:** Darstellung der Ohrgrundtemperaturen in Form von Boxplots

## Rippe

Bei den Messungen der Temperaturen am Ansatz der letzten Rippe wurden 456 Werte aufgezeichnet. Dabei fielen die meisten Messungen mit 47 Werten auf Tier 6 und die wenigsten Werte mit 6 auf Tier 14. Leider konnten von insgesamt 3 Tieren keine Werte genommen werden (Tier 7, 12, 15).

Die Minima der Messungen bewegten sich zwischen 30,00°C (Tier 8) und 38,30°C (Tier 14).

Die Maxima erreichten Werte von 32,20°C (Tier 13) bis 39,70°C (Tier 2).

Die geringsten Spannweiten zeigten die Tiere 11 und 14 mit jeweils 1,10°C. Die grösste Spannweite lag bei 8,50°C (Tier 3).

Das 1. Quartil verteilte sich von 30,00°C (Tier 8) bis 38,60°C (Tier 20).

Die Mediane erreichten Werte zwischen 30,25°C (Tier 8) und 38,70°C (Tier 14 und 20).

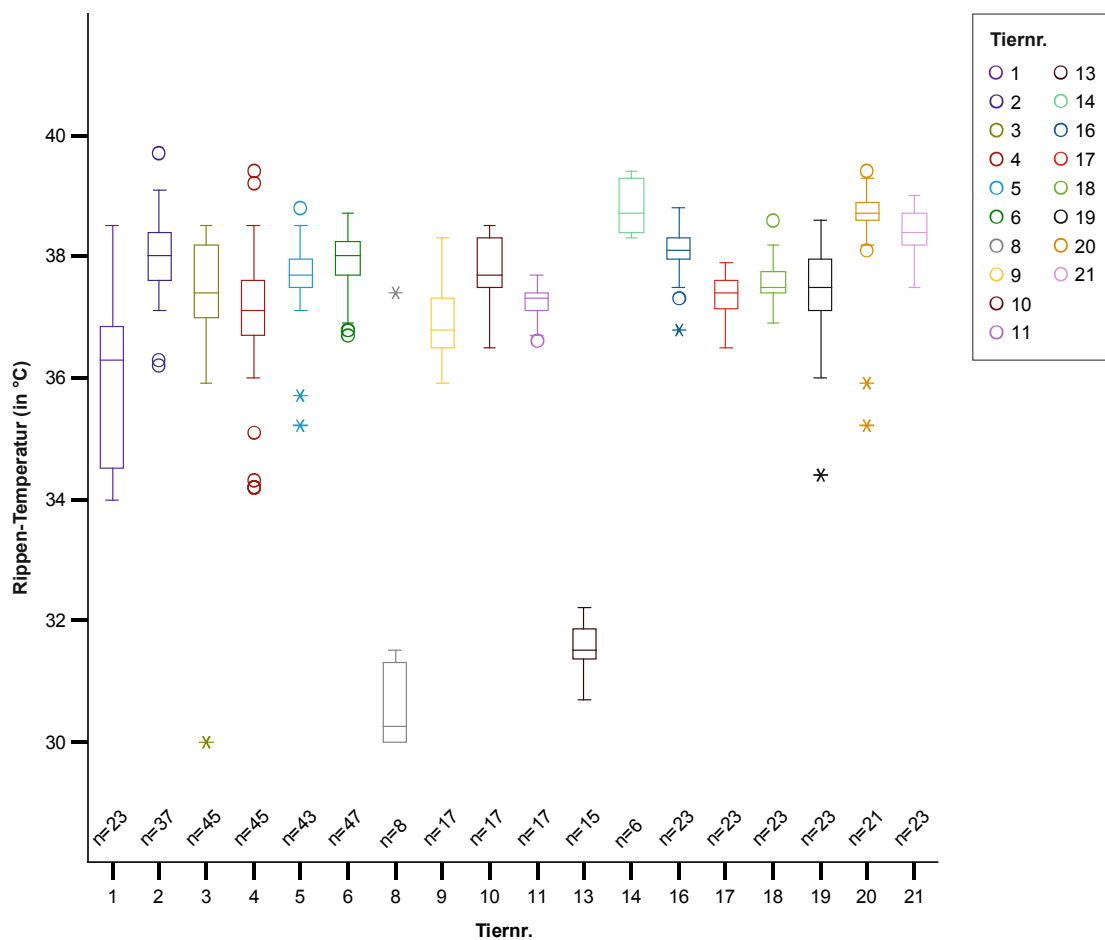
Die Berechnung der 3. Quartile ergab Werte von 31,40°C (Tier 8) bis 39,33°C (Tier 14).

Die arithmetischen Mittelwerte reichten von 31,31°C (Tier 8) bis 38,80°C (Tier 14).  
 Bei den gemessenen Standardabweichungen war die niedrigste 0,29°C (Tier 11), die höchste 2,52°C (Tier 8).

**Rippentemperaturen**

Tier 1	n	Minimum	Maximum	Spannweite	1. Quartil	Median	3. Quartil	Mittelwert	Std. Abw.
1	23	34,00	38,50	4,50	34,30	36,30	36,90	35,97	1,35
2	37	36,20	39,70	3,50	37,60	38,00	38,45	37,96	0,67
3	45	30,00	38,50	8,50	36,90	37,40	38,20	37,30	1,34
4	45	34,20	39,40	5,20	36,70	37,10	37,60	36,92	1,23
5	43	35,20	38,80	3,60	37,50	37,70	38,00	37,68	0,62
6	47	36,70	38,70	2,00	37,70	38,00	38,30	37,94	0,49
7	0								
8	8	30,00	37,40	7,40	30,00	30,25	31,40	31,31	2,52
9	17	35,90	38,30	2,40	36,45	36,80	37,30	36,92	0,65
10	17	36,50	38,50	2,00	37,45	37,70	38,35	37,82	0,54
11	17	36,60	37,70	1,10	37,05	37,30	37,40	37,22	0,29
12	0								
13	15	30,70	32,20	1,50	31,30	31,50	31,90	31,56	0,41
14	6	38,30	39,40	1,10	38,38	38,70	39,33	38,80	0,46
15	0								
16	23	36,80	38,80	2,00	37,90	38,10	38,30	38,04	0,45
17	23	36,50	37,90	1,40	37,10	37,40	37,60	37,37	0,35
18	23	36,90	38,60	1,70	37,40	37,50	37,80	37,61	0,36
19	23	34,40	38,60	4,20	37,00	37,50	38,00	37,45	0,92
20	21	35,20	39,40	4,20	38,60	38,70	38,90	38,45	1,01
21	23	37,50	39,00	1,50	38,20	38,40	38,70	38,43	0,33

**Tabelle 4:** Darstellung der Kennwerte der Messergebnisse der Rippentemperaturen



**Diagramm 25:** Darstellung der Rippentemperaturen in Form von Boxplots

### Schwanzwurzel

Insgesamt wurden 382 Werte ermittelt. Hierbei ging Tier 1 mit 46 Messwerten am häufigsten in die Auswertung ein. Die wenigsten Messwerte konnten bei Tier 15 mit nur zwei Werten beobachtet werden.

Bei den Tieren vier und fünf konnten keine Werte gemessen werden.

Die Minima bewegten sich von 34,30°C (Tier Nr.10) bis 39,00°C (TierNr.15).

Die Maxima lagen zwischen 38,20°C (Tier 6) und 40,10°C (Tier 20).

Für die Spannweite wurde ein Bereich von 0,10°C (Tier 15) bis 4,80°C (Tier 14) ermittelt.

Die Verteilung der 1. Quartile lag bei Werten von 36,05°C (Tier 14) bis 39,00°C (Tier 15).

Den kleinsten Median zeigte Tier 12 mit 36,80°C, den höchsten Wert die Tiere drei und 15 mit 39,05°C.

Die 3. Quartile wiesen Werte zwischen 37,20°C (Tier 6) bis 39,45°C (Tier 4) auf.

Der niedrigste arithmetische Mittelwert lag bei 36,82°C (Tier 12),

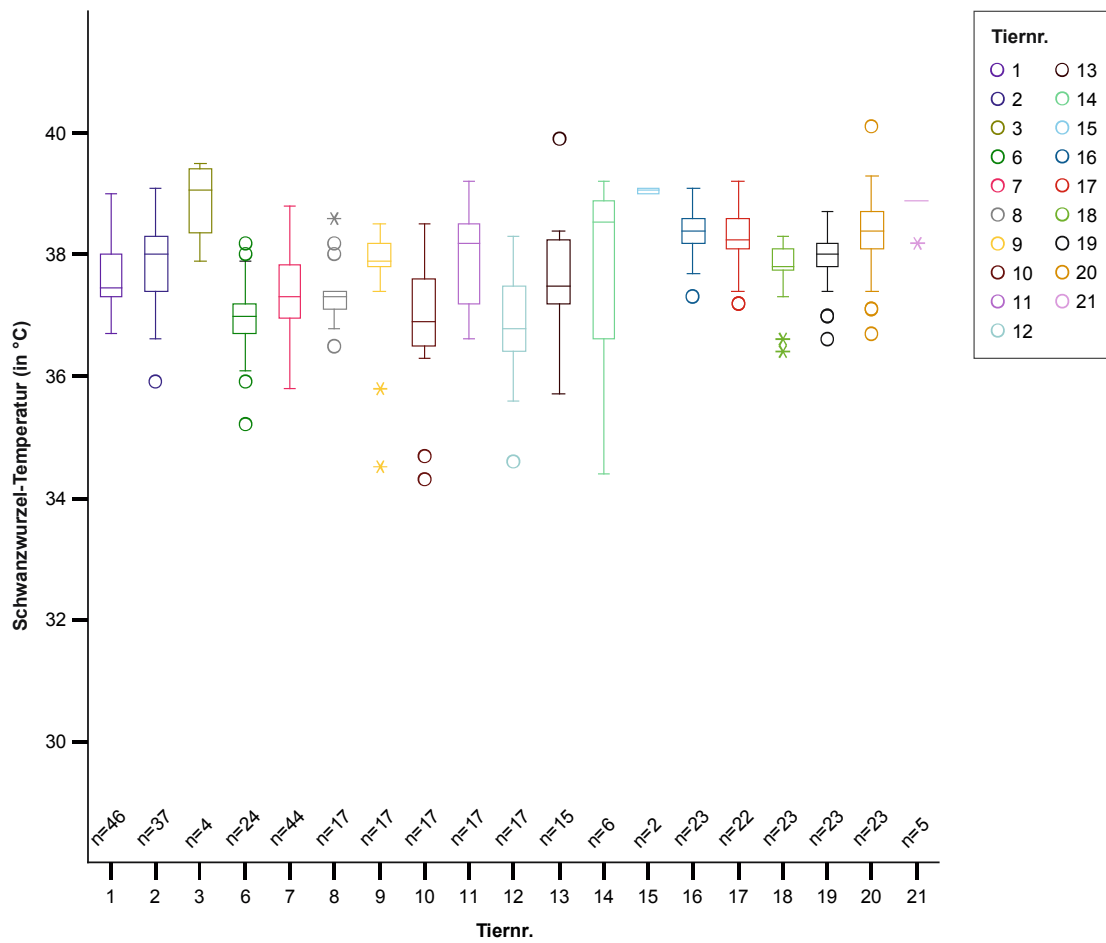
der höchste bei 39,05°C (Tier 15).

Die Standardabweichungen bewegten sich mit Werten zwischen 0,07°C (Tier 15) und 1,86°C (Tier 14).

**Schwanzwurzeltemperaturen**

Tier 1	n	Minimum	Maximum	Spannweite	1. Quartil	Median	3. Quartil	Mittelwert	Std. Abw.
1	46	36,70	39,00	2,30	37,28	37,45	38,00	37,64	0,60
2	37	35,90	39,10	3,20	37,40	38,00	38,30	37,89	0,68
3	4	37,90	39,50	1,60	38,13	39,05	39,45	38,88	0,71
4	0								
5	0								
6	24	35,20	38,20	3,00	36,70	37,00	37,20	36,96	0,65
7	44	35,80	38,80	3,00	36,93	37,30	37,88	37,38	0,65
8	17	36,50	38,60	2,10	37,05	37,30	37,40	37,35	0,51
9	17	34,50	38,50	4,00	37,70	37,90	38,25	37,66	1,02
10	17	34,30	38,50	4,20	36,45	36,90	37,70	36,92	1,16
11	17	36,60	39,20	2,60	37,20	38,20	38,50	37,99	0,76
12	17	34,60	38,30	3,70	36,30	36,80	37,55	36,82	0,96
13	15	35,70	39,90	4,20	37,10	37,50	38,30	37,56	1,05
14	6	34,40	39,20	4,80	36,05	38,55	38,98	37,70	1,86
15	2	39,00	39,10	0,10	39,00	39,05	39,10	39,05	0,07
16	23	37,30	39,10	1,80	38,20	38,40	38,60	38,33	0,41
17	22	37,20	39,20	2,00	37,98	38,25	38,63	38,23	0,57
18	23	36,40	38,30	1,90	37,70	37,80	38,10	37,78	0,48
19	23	36,60	38,70	2,10	37,80	38,00	38,20	37,92	0,50
20	23	36,70	40,10	3,40	38,10	38,40	38,70	38,30	0,74
21	5	38,20	38,90	0,70	38,55	38,90	38,90	38,76	0,31

**Tabelle 5:** Darstellung der Kennwerte der Messergebnisse der Schwanzwurzeltemperaturen



### 4.3. Korrelation

#### 4.3.1. Beschreibung über alle Tiere

			Rektaltemperatur	Scutulum	Ohrgrund	Rippe	Schwanzwurzel
Spearman-Rho	Rektaltemperatur	Korrelationskoeffizient	1,000	,261(**)	,162(**)	,043	,270(**)
		Sig. (2-seitig)	.	,000	,000	,360	,000
		N	553	387	471	456	382
	Scutulum	Korrelationskoeffizient	,261(**)	1,000	,056	,280(**)	,103
		Sig. (2-seitig)	,000	.	,333	,000	,101
		N	387	387	305	318	257
	Ohrgrund	Korrelationskoeffizient	,162(**)	,056	1,000	,085	,365(**)
		Sig. (2-seitig)	,000	,333	.	,092	,000
		N	471	305	471	391	333
	Rippe	Korrelationskoeffizient	,043	,280(**)	,085	1,000	,299(**)
		Sig. (2-seitig)	,360	,000	,092	.	,000
		N	456	318	391	456	285
	Schwanzwurzel	Korrelationskoeffizient	,270(**)	,103	,365(**)	,299(**)	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	,101	,000	,000	.
		N	382	257	333	285	382

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

**Tabelle 6:** Korrelationen im Überblick; Beschreibung aller Tiere

Um einen ersten Überblick über Zusammenhänge zwischen der Rektaltemperatur und den vier Transponderpositionen zu erhalten, wurden Korrelationsberechnungen nach SPEARMAN durchgeführt. Mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten sollte der Grad der Stärke der monotonen Abhängigkeit der jeweiligen Transponderposition zur Rektaltemperatur beschrieben werden. Hierfür wurden die Messwerte einer jeweiligen Transponderposition aller Tiere mit den Messwerten der Rektaltemperatur korreliert.

Die Anzahl der Messungen pro Transponderposition variierte von 382 (Schwanzwurzel) bis 471 (Ohrgrund).

Es konnten Korrelationskoeffizienten (r) von 0,043 (Rippe) bis 0,270 (Schwanzwurzel) bestimmt werden. Hierbei waren vier von 10 berechneten Koeffizienten nicht signifikant, d. h. es können nicht alle untersuchten Beziehungen als statistisch gesichert angesehen werden. Die restlichen sechs Koeffizienten waren hingegen auf dem Niveau  $\alpha=0,01$  signifikant.

Da sich die Anzahl der Messwertpaare pro Tier erheblich unterscheiden, werden im Folgenden die Abhängigkeitsstrukturen der verschiedenen Transponderpositionen zur Rektalposition pro Tier untersucht.

### 4.3.2. Einzelfall- Korrelationen

#### Korrelation zur Rektaltemperatur

Um Zusammenhänge zwischen der Rektaltemperatur und den vier Transponderpositionen beschreiben zu können, wurden die Korrelationen nach Spearman durchgeführt. Die Zusammenhangsberechnungen ergaben an allen vier Transponderpositionen positive sowie negative monotone Zusammenhänge (Tab. 3-8., siehe Anhang).

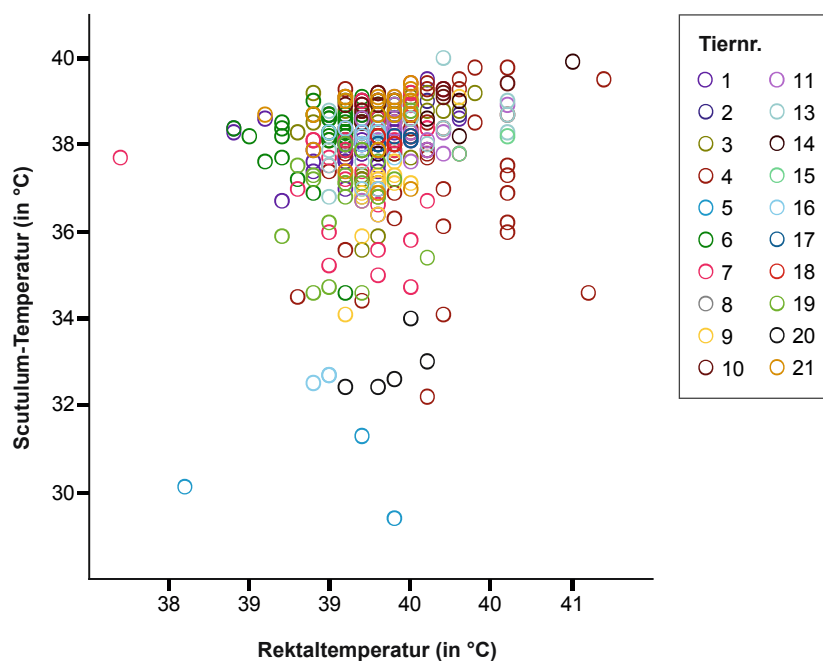
#### Scutulum

Die Anzahl der Messungen der einzelnen Tiere variierte von einem (Tier 8) bis 46 (Tier 1). Es konnten Koeffizienten ( $r$ ) von  $-0,50$  (Tier 5) bis  $1,00$  (Tier 15) bestimmt werden, wobei bei letzteren nur zwei Messwerte vorlagen.

Beim dem negativen Korrelationskoeffizienten ( $r = -0,50$ ) gingen drei Werte in die Berechnung ein, bei dem positiven Korrelationskoeffizienten ( $r = 1,00$ ) nur zwei Messwerte.

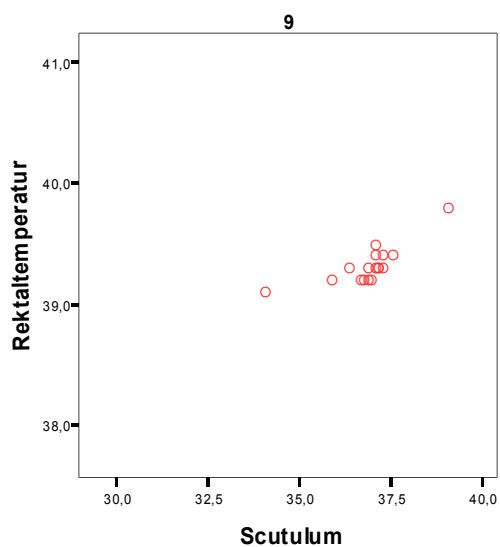
Die Korrelation von insgesamt drei Tieren (Tier 1, 7, und 17) ist auf dem Niveau  $\alpha = 0,05$  signifikant und von fünf Tieren (Tier 3, 6, 9, 10, und 13) auf dem Niveau  $\alpha = 0,01$ .

Bei Tier 8 und 12 konnte auf Grund der geringen Anzahl der Messungen kein Korrelationskoeffizient bestimmt werden. Bei Tier 15 lagen zwei Messwerte vor, so dass zwar ein Koeffizient ( $r = 1$ ) bestimmt werden konnte, aber keine Überschreitungswahrscheinlichkeit  $p$ .

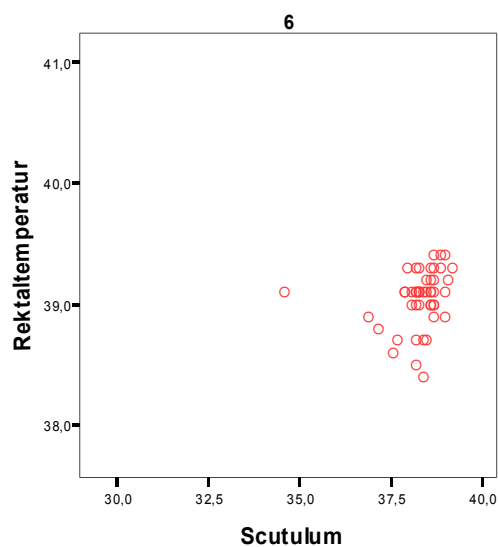


**Diagramm 27:** Einzelfall- Korrelation des Scutulums zur Rektaltemperatur aller Tiere





**Diagramm 28**



**Diagramm 29**

**Abb. 1:** Zur Darstellung der Korrelation wurden Tier 9 (N=17;  $r=0,773$ ;  $p<0,001$ ) und 6 (N=47;  $r=0,388$ ;  $p=0,07$ ) auf Grund der hohen Messanzahl ausgewählt.

### Ohrgrund

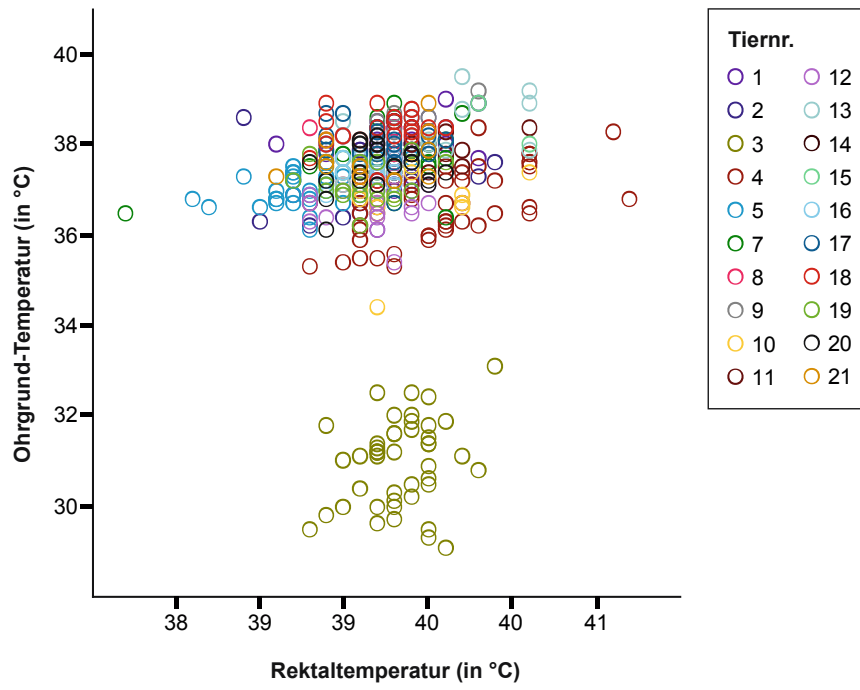
An dieser Transponderposition konnte von einer Messung (Tier 14) bis zu 45 Messungen (Tier 1, 3, 4) durchgeführt werden.

Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) ergab bei drei Tieren einen negativen Wert (Tier 15,  $r= -1,000$ ; Tier 17,  $r= -0,294$ ; Tier 19,  $r= -0,018$ ).

Bei Tier 15 gingen allerdings nur zwei Werte in die Berechnung ein. Bei den beiden anderen Tieren 23 bzw. 22 Werte. Auf dem Niveau  $\alpha= 0,05$  ist die Korrelation von zwei Tieren (Tier 4, 5) signifikant, auf dem  $\alpha= 0,01$  nur bei einem Tier (Tier 13).

Da bei Tier 6 keine Temperaturen am Ohrgrund gemessen werden konnten und bei Tier 14 nur ein Messwert vorlag, konnten diese beiden Tiere nicht in die Zusammenhangsanalyse mit aufgenommen werden.

Wie schon bei der Beschreibung der Korrelation des Scutulums wurden bei Tier 15 zwei Messwerte berechnet, so dass ein Koeffizient bestimmt werden konnte (hier allerdings negativ  $r= -1$ ), aber keine Überschreitungswahrscheinlichkeit  $p$ .



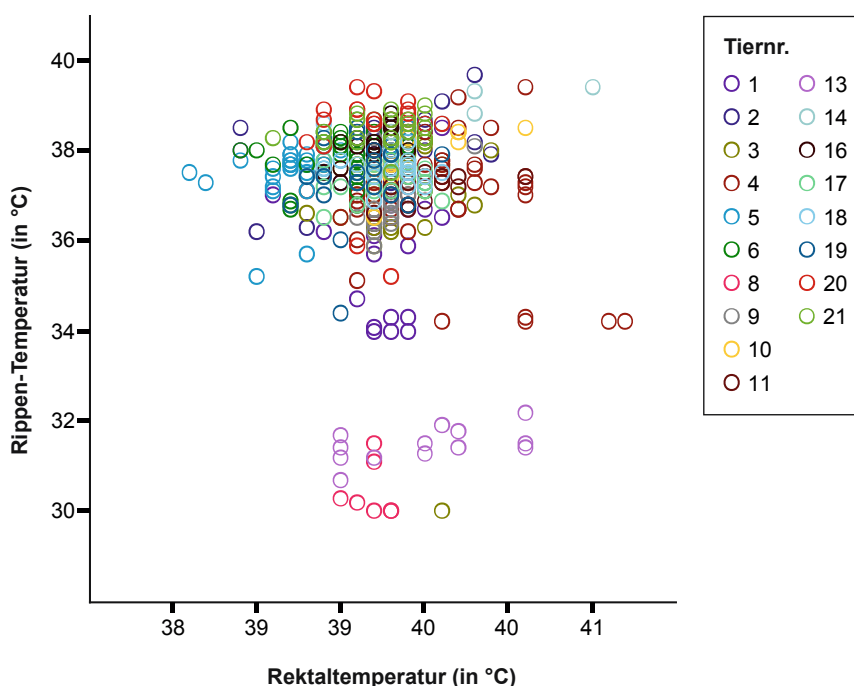
**Diagramm 30:** Einzelfall- Korrelation des Ohrgrundes zur Rektaltemperatur aller Tiere

**Rippe**

Die niedrigste Anzahl an Messungen lieferte Tier 14 (n= 6) und die größte Anzahl Tier 6 (n= 47).

Die Koeffizienten variierten zwischen  $r = -0,128$  (Tier 8,  $n = 8$ ) und  $r = 0,971$  (Tier 14,  $n = 6$ ).

Die Korrelation von sechs Tieren (Tier 2, 5, 9, 10, 13, 14) ist auf dem Niveau  $\alpha = 0,01$  signifikant. Aufgrund des Fehlens von Messwerten konnte bei Tier 7, 12 und 15, kein Korrelationskoeffizient berechnet werden.



**Diagramm 31:** Einzelfall- Korrelation der Rippentemperatur zur Rektaltemperatur aller Tiere

**Schwanzwurzel**

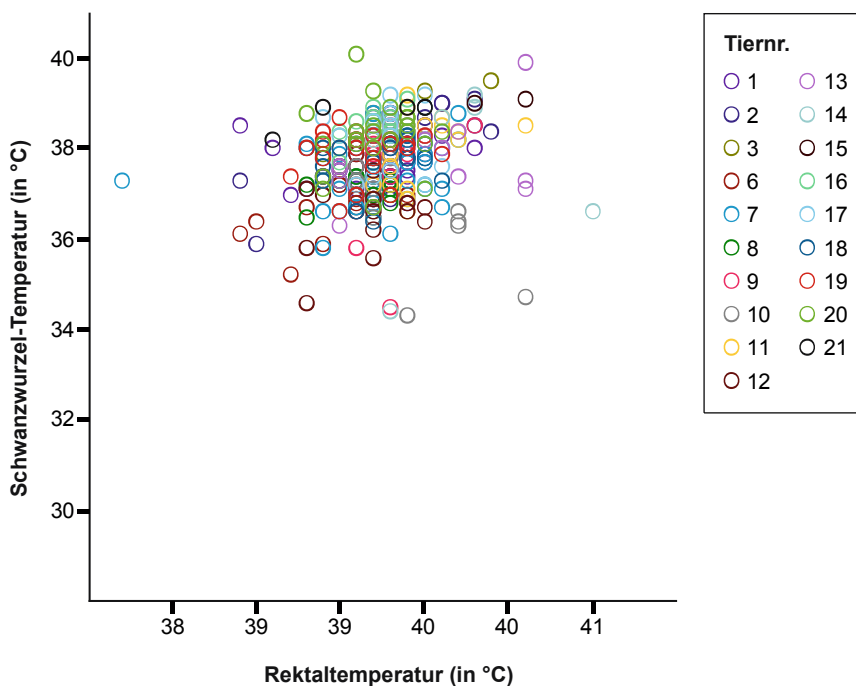
Die Anzahl der Messungen der einzelnen Tiere variierte von zwei Werten (Tier 15) bis 46 Werten (Tier 1).

Es wurden Koeffizienten ( $r$ ) von  $-0,051$  (Tier 8) bis  $1,000$  (Tier 3 und Tier 15) bestimmt, wobei bei Tier 15 nur zwei Messwerte vorlagen.

Bei der Erhebung des negativen Korrelationskoeffizienten ( $r = -0,051$ ) von Tier 8 gingen 17 Werte in die Berechnung ein, bei dem positiven Korrelationskoeffizienten ( $r = 1,000$ ) von Tier 3 und 15 gingen vier bzw. zwei Messwerte ein.

Die Korrelation von insgesamt zwei Tieren (Tier 1 und 7) ist auf dem Niveau  $\alpha = 0,05$  und von einem Tier (Tier 2) auf dem Niveau  $\alpha = 0,01$  signifikant.

Bei Tier 4 und 5 konnte aufgrund der geringen Anzahl der Messungen kein Korrelationskoeffizient bestimmt werden. Bei Tier 3 und 15 lagen vier bzw. zwei Messwerte vor, so dass zwar ein Koeffizient ( $r=1$ ) bestimmt werden konnte, aber keine Überschreitungswahrscheinlichkeit  $p$ .



**Diagramm 32:** Einzelfall- Korrelation der Schwanzwurzeltemperatur zur Rektaltemperatur aller Tiere

## 4.4. Regression

### Rippe- Rektaltemperatur

Um Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Rippentemperatur (X) und der Rektaltemperatur (Y) machen zu können, wurde für jedes Tier eine nichtparametrische Regression durchgeführt.

Bei Tier **7** ( $n=0$ ); **12** ( $n=0$ ); **8** ( $n=8$ ) und **15** ( $n=0$ ) war eine Analyse der Regressionsgraden aufgrund der wenigen Messwerte nicht sinnvoll.

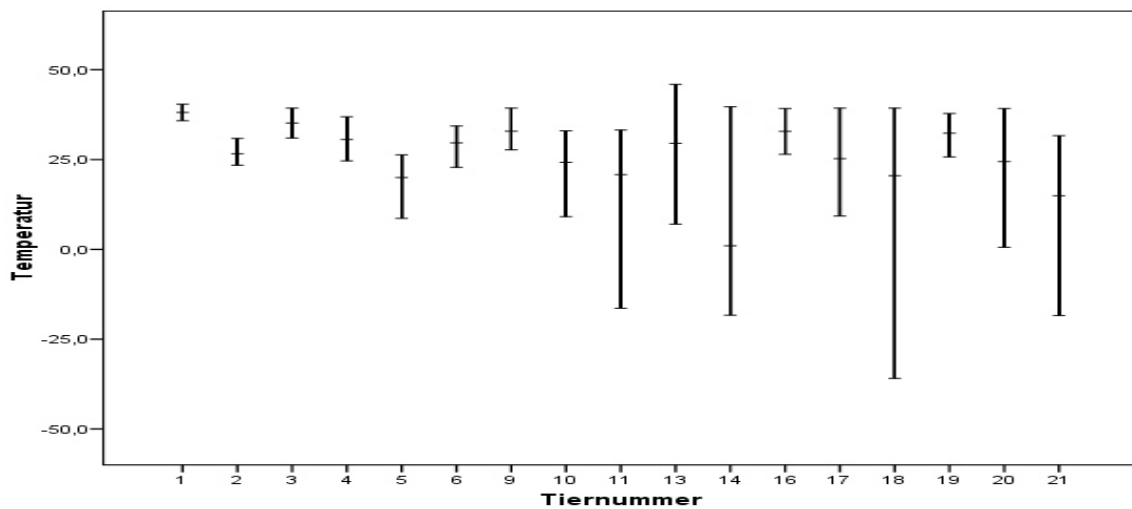
Tier	Gleichung $Y=aX+b$	Konfidenzintervalle für a und b			
		untere Grenze von a	obere Grenze von a	untere Grenze von b	obere Grenze von b
Tier 1	$y = 38.1032 + 0.03226 x$	35,8000	40,4065	-0,03226	0,09524
Tier 2	$y = 26.6000 + 0.3333 x$	23,4250	30,8667	0,2222	0,4167
Tier 3	$y = 35.1556 + 0.1111 x$	30,9889	39,3000	0,0000	0,2222
Tier 4	$y = 30.5680 + 0.2400 x$	24,6200	36,9000	0,07143	0,4000
Tier 5	$y = 20.0000 + 0.5000 x$	8,6200	26,3000	0,3333	0,8000
Tier 6	$y = 29.6250 + 0.2500 x$	22,8571	34,3625	0,1250	0,4286
Tier 9	$y = 32.8924 + 0.1742 x$	27,7053	39,3000	0,0000	0,3158
Tier 10	$y = 24.2200 + 0.4000 x$	9,1000	33,0000	0,1667	0,8000
Tier 11	$y = 20.8000 + 0.5000 x$	-16,4000	33,2000	0,1667	1,5000
Tier 13	$y = 29.5274 + 0.2649 x$	7,0286	45,9333	-0,1667	0,8571
Tier 14	$y = 1.0000 + 1.0000 x$	-18,3500	39,7000	0,0000	1,5000
Tier 16	$y = 32.8500 + 0.1667 x$	26,4667	39,2000	0,0000	0,3333
Tier 17	$y = 25.2375 + 0.3750 x$	9,3000	39,3000	0,0000	0,8000
Tier 18	$y = 20.5000 + 0.5000 x$	-35,9000	39,3000	0,0000	2,0000
Tier 19	$y = 32.3273 + 0.1818 x$	25,7143	37,8138	0,03448	0,3571
Tier 20	$y = 24.4618 + 0.3818 x$	0,6000	39,2000	0,0000	1,0000
Tier 21	$y = 14.9067 + 0.6333 x$	-18,4000	31,6600	0,2000	1,5000

**Tabelle 14:** Übersicht der Regressionsgleichungen für den Zusammenhang zwischen der Recktaltemperatur (Y) und der Rippentemperatur (X). Zusätzlich sind für den Schnittpunkt sowie für die Steigung der Gradn die Konfidenzintervalle angegeben (Angaben in °C).

Für den Regressionsparameter a, also der Schnittpunkt der Gradn mit der Ordinate, wurde eine Spannweite über alle Tiere von 37,10 °C berechnet. Hierbei lag der niedrigste Parameter für den Schnittpunkt bei Tier 14 mit  $a = 1,00$  °C und der höchste bei Tier 1 mit  $a = 38,10$  °C. Der Median über alle Tiere liegt bei  $a = 26,6$  °C.

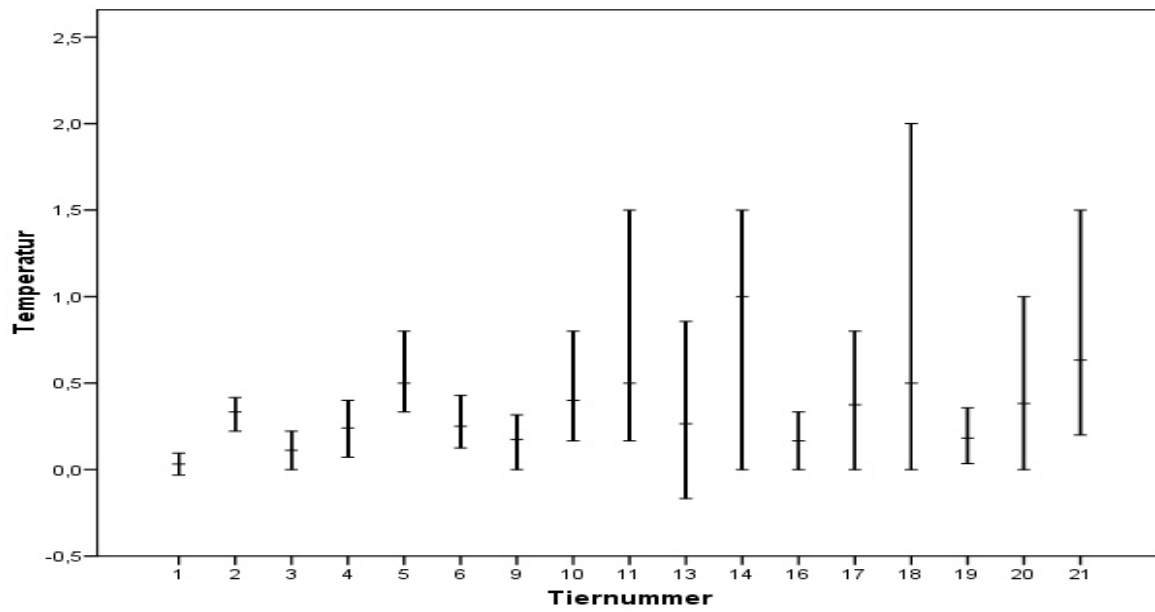
Um Aussagen über die Vorhersagegenauigkeit dieses Parameters treffen zu können, wurden zusätzlich die Vertrauensbereiche berechnet. Hier konnte das engste Intervall bei Tier 1 mit einer Länge von 4,61 °C und das breiteste bei Tier 18 mit 75 °C beobachtet werden.

Der Median der Spannweiten der Konfidenzintervalle für a über alle Tiere lag bei 17,68 °C.



**Abb. 1:** Darstellung der Vertrauensbereiche für den Regressionsparameter a (Schnittpunkt der Graden mit der Ordinate).

Bei der Analyse der Steigungsparameter aller Regressionsgraden, wurde eine Spannweite über alle Tiere von  $0,97\text{ °C}$  aufgedeckt. Die niedrigste Steigung hatte die Regressionsgrade bei Tier 1 mit einem Anstieg von  $b = 0,03\text{ °C}$ . Den steilsten Anstieg hatte die Grade von Tier 14 mit  $b = 1,00$ . Zu diesem Parameter wurden ebenfalls die Vertrauensbereiche berechnet. Das breiteste Konfidenzintervall konnte bei Tier 18 mit einer Breite von  $2\text{ °C}$  berechnet werden. Das engste Intervall lag bei Tier 1 mit einer Breite von  $0,13\text{ °C}$  vor. Der Median der Spannweiten lag bei  $0,47\text{ °C}$ .



**Abb. 3:** Darstellung der Vertrauensbereiche für den Regressionsparameter b (Steigung der Regressionsgrade)

### Scutulum- Rektaltemperatur

Bei acht Tieren ( Tier 2 n= 4; 5 n= 3; 8 n= 1; 12 n= 0; 15 n= 2; 17 n= 6; 18 n= 6; 20 n= 5) war eine Analyse der Regressionsgeraden aufgrund der wenigen Messwerte nicht sinnvoll.

Tier	Gleichung	Konfidenzintervalle für a und b			
		untere Grenze von a	obere Grenze von a	untere Grenze von b	obere Grenze von b
Tier 1	$y = 31.0786 + 0.2143 x$	26.5333	35.4100	0.1000	0.3333
Tier 3	$y = 35.8778 + 0.1111 x$	33.0600	39.3000	0.0000	0.2000
Tier 4	$y = 35.1412 + 0.1176 x$	31.6833	39.6000	0.0000	0.2083
Tier 6	$y = 26.3000 + 0.3333 x$	19.9000	32.7000	0.1667	0.5000
Tier 7	$y = 34.5125 + 0.1250 x$	29.7625	37.2526	0.05263	0.2500
Tier 9	$y = 32.3500 + 0.1875 x$	29.4067	36.9000	0.06452	0.2667
Tier 10	$y = 0.4000 + 1.0000 x$	-38.6000	23.7600	0.4000	2.0000
Tier 11	$y = 35.7250 + 0.09545 x$	26.6333	42.3923	-0.07692	0.3333
Tier 13	$y = 8.5149 + 0.8129 x$	-14.0600	28.6960	0.2800	1.4000
Tier 14	$y = 17.6214 + 0.5714 x$	-8.5500	39.7000	0.0000	1.2500
Tier 16	$y = 37.3826 + 0.04912 x$	35.8182	39.2000	0.0000	0.09091
Tier 19	$y = 35.7545 + 0.09091 x$	32.0231	39.1000	0.0000	0.1923
Tier 21	$y = 32.4000 + 0.1791 x$	18.1273	39.3000	0.0000	0.5455

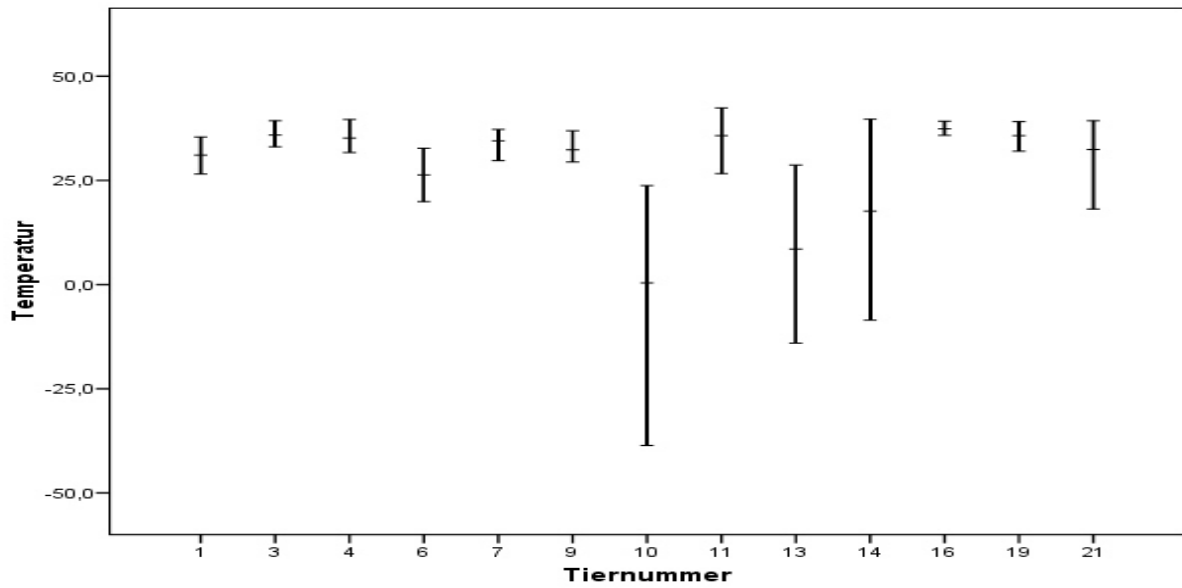
**Tabelle 15:** Übersicht der Regressionsgleichungen für den Zusammenhang zwischen der Rektaltemperatur (Y) und der Scutulumtemperatur (X). Zusätzlich sind für den Schnittpunkt sowie für die Steigung der Geraden die Konfidenzintervalle angegeben (Angaben in °C).

Für den Regressionsparameter a wurde eine Spannweite über alle Tiere von 36,98 °C berechnet. Der niedrigste Parameter für den Schnittpunkt lag bei Tier 10 mit a= 0,40 °C und der höchste bei Tier 16 mit a= 37,38 °C.

Die Berechnung der Vertrauensbereiche ergab das engste Intervall bei Tier 16 mit einer Länge von 3,38 °C und das breiteste bei Tier 10 mit 62,36 °C.

Der Median der Spannweiten der Konfidenzintervalle für a über alle Tiere lag bei 8,88 °C.



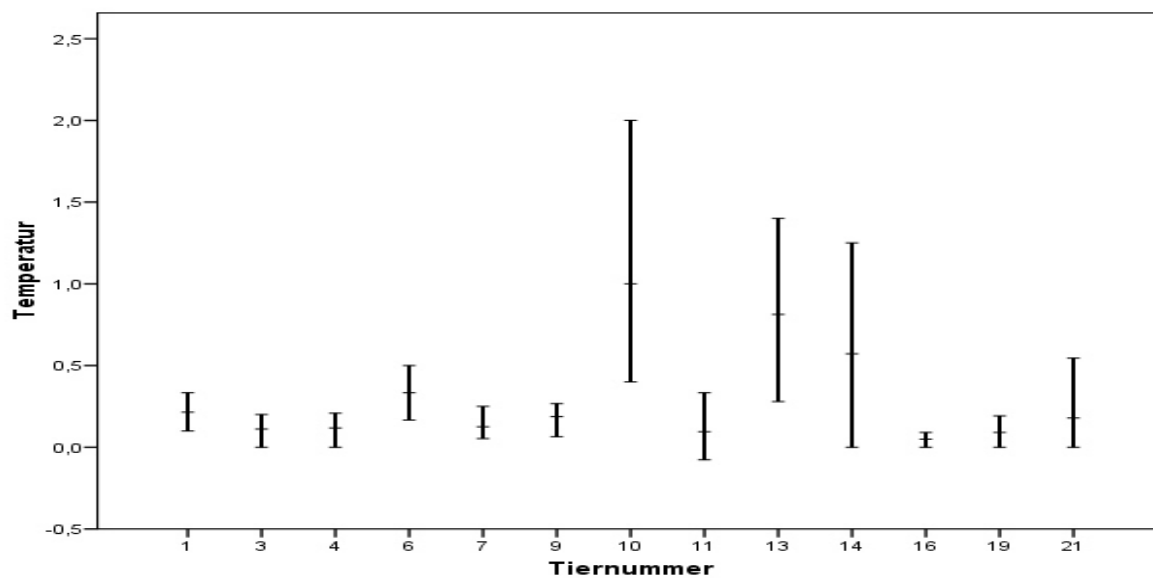


**Abb. 3:** Darstellung der Vertrauensbereiche für den Regressionsparameter a (Schnittpunkt der Geraden mit der Ordinate).

Die Untersuchung der Steigungsparameter aller Regressionsgeraden ergab eine Spannweite über alle Tiere von 0,95 °C. Die niedrigste Steigung der Regressionsgeraden lag bei Tier 16 mit einem Anstieg von  $b = 0,05$  °C. Den steilsten Anstieg hatte die Regressionsgerade von Tier 10 mit  $b = 1,00$  °C.

Bei der Auswertung der Vertrauensbereiche zeigte das breiteste Konfidenzintervall bei Tier 10 eine Breite von 1,60 °C.

Das engste Intervall lag vor bei Tier 16 mit einer Breite von 0,09 °C und der Median der Spannweiten lag bei 0,23 °C.



**Abb. 4:** Darstellung der Vertrauensbereiche für den Regressionsparameter b (Steigung der Regressionsgrade)

**Ohrgrund- Rektaltemperatur**

Bei drei Tieren (**6** n= 0; **14** n= 1; **15** n= 2) war eine Analyse der Regressionsgeraden aufgrund der wenigen Messwerte nicht sinnvoll.

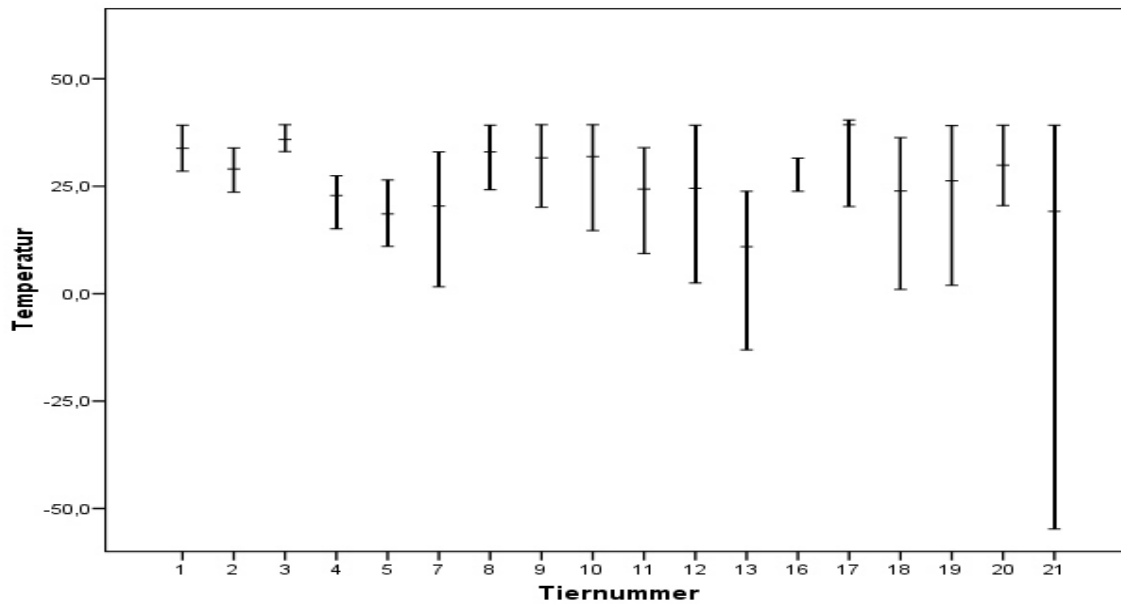
Tier	Gleichung	Konfidenzintervalle für a und b			
		untere Grenze von a	obere Grenze von a	untere Grenze von b	obere Grenze von b
Tier 1	$y = 33.8429 + 0.1429 x$	28.5000	39.2000	0.0000	0.2857
Tier 2	$y = 29.0182 + 0.2727 x$	23.5917	33.9143	0.1429	0.4167
Tier 3	$y = 35.8778 + 0.1111 x$	33.0600	39.3000	0.0000	0.2000
Tier 4	$y = 22.8292 + 0.4583 x$	15.1000	27.4333	0.3333	0.6667
Tier 5	$y = 18.5818 + 0.5455 x$	11.0000	26.4667	0.3333	0.7500
Tier 7	$y = 20.4000 + 0.5000 x$	1.6000	33.0000	0.1667	1.0000
Tier 8	$y = 32.9833 + 0.1667 x$	24.1800	39.2000	0.0000	0.4000
Tier 9	$y = 31.6000 + 0.2000 x$	20.1000	39.3000	0.0000	0.5000
Tier 10	$y = 31.9000 + 0.2000 x$	14.7000	39.3000	0.0000	0.6667
Tier 11	$y = 24.3400 + 0.4000 x$	9.3600	34.0000	0.1429	0.8000
Tier 12	$y = 24.5200 + 0.4000 x$	2.5000	39.2000	0.0000	1.0000
Tier 13	$y = 10.9250 + 0.7500 x$	-13.0750	23.8118	0.4118	1.3750
Tier 16	$y = 31.5200 + 0.2000 x$	23.8400	39.2000	0.0000	0.4000
Tier 17	$y = 39.3000 + 0.0000 x$	20.3000	40.4235	-0.03061	0.5000
Tier 18	$y = 23.9000 + 0.4000 x$	1.0000	36.3385	0.07692	1.0000
Tier 19	$y = 26.2762 + 0.3452 x$	1.9500	39.1000	0.0000	1.0000
Tier 20	$y = 29.8750 + 0.2500 x$	20.5000	39.2000	0.0000	0.5000
Tier 21	$y = 19.1656 + 0.5312 x$	-54.7500	39.2000	0.0000	2.5000

**Tabelle 16:** Übersicht der Regressionsgleichungen für den Zusammenhang zwischen der Rektaltemperatur (Y) und der Ohrgrundtemperatur (X). Zusätzlich sind für den Schnittpunkt sowie für die Steigung der Geraden die Konfidenzintervalle angegeben (Angaben in °C).

Für den Regressionsparameter a wurde eine Spannweite über alle Tiere von 28,38 °C berechnet. Hierbei lag der niedrigste Parameter für den Schnittpunkt bei Tier 13 mit a= 10,93 °C und der höchste bei Tier 17 mit a= 39,30 °C.

Die Berechnung der Vertrauensbereiche ergab das engste Intervall bei Tier 3 mit einer Länge von 6,24 °C und das breiteste bei Tier 21 mit 93,95 °C.

Der Median der Spannweiten der Konfidenzintervalle für a über alle Tiere lag bei 19,66 °C.



**Abb. 5:** Darstellung der Vertrauensbereiche für den Regressionsparameter a (Schnittpunkt der Geraden mit der Ordinate).

Die Untersuchung der Steigungsparameter aller Regressionsgeraden ergab eine Spannweite über alle Tiere von  $0,75\text{ °C}$ .

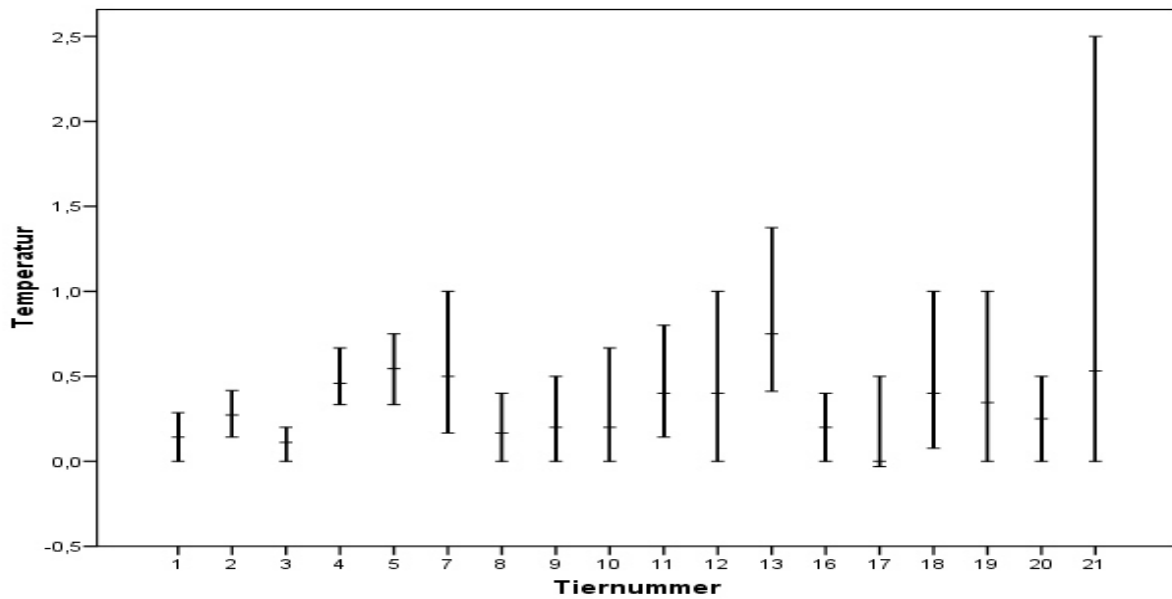
Die niedrigste Steigung der Regressionsgeraden lag bei Tier 17 mit einem Anstieg von  $b = 0,00\text{ °C}$ .

Den steilsten Anstieg hatte die Regressionsgerade von Tier 13 mit  $b = 0,75\text{ °C}$ .

Die Vertrauensbereiche wurden berechnet und zeigten das breiteste Konfidenzintervall bei Tier 21 mit einer Breite von  $2,50\text{ °C}$ .

Das engste Intervall lag bei Tier 3 mit  $0,20\text{ °C}$ .

Der Median der Spannweiten lag bei  $2,50\text{ °C}$ .



**Abb. 6:** Darstellung der Vertrauensbereiche für den Regressionsparameter b (Steigung der Regressionsgrade).

### Schwanzwurzel- Rektaltemperatur

Um Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Schwanzwurzeltemperatur (X) und der Rektaltemperatur (Y) machen zu können, wurde auch hier für jedes Tier eine nichtparametrische Regression durchgeführt.

Bei sechs Tieren (**3** n= 4; **4** n= 0; **5** n= 0; **15** n= 2; **21** n= 5) war eine Analyse der Regressionseraden aufgrund der wenigen Messwerte nicht sinnvoll.

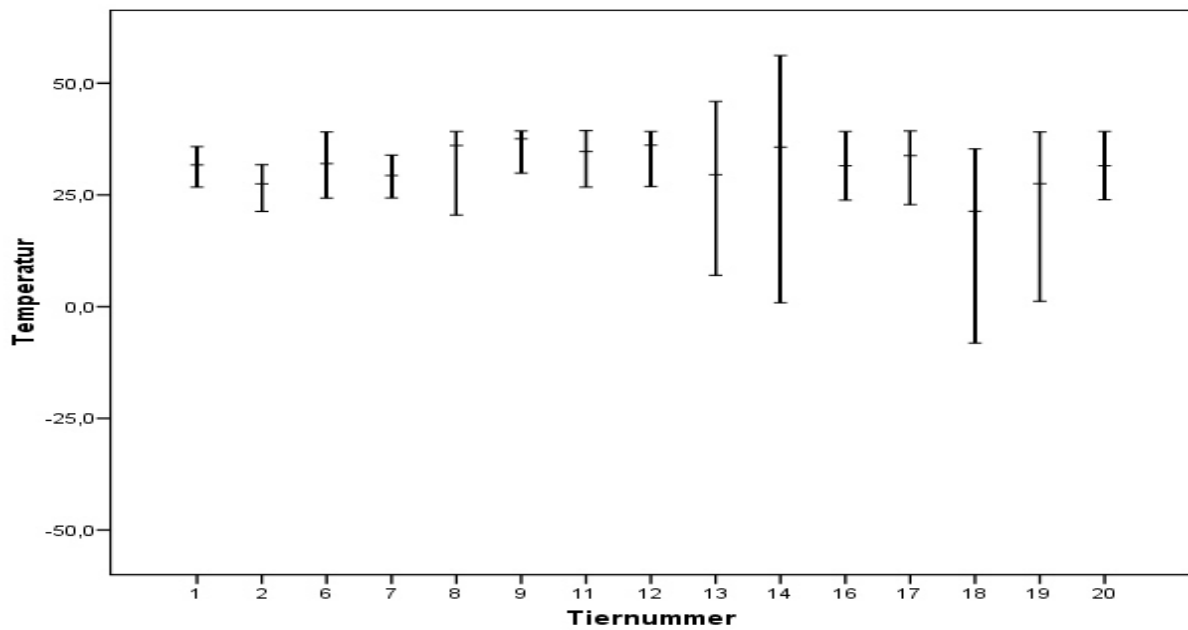
Tier	Gleichung	Konfidenzintervalle für a und b			
		untere Grenze von a	obere Grenze von a	untere Grenze von b	obere Grenze von b
Tier 1	$y = 31.7200 + 0.2000 x$	26.7333	35.8091	0.09091	0.3333
Tier 2	$y = 27.4625 + 0.3125 x$	21.3053	31.7600	0.2000	0.4737
Tier 6	$y = 32.0173 + 0.1909 x$	24.3000	39.1000	0.0000	0.4000
Tier 7	$y = 29.3300 + 0.2667 x$	24.3500	33.9286	0.1429	0.4000
Tier 8	$y = 36.0833 + 0.08333 x$	20.5000	39.2000	0.0000	0.5000
Tier 9	$y = 37.5818 + 0.04545 x$	29.9000	39.3000	0.0000	0.2500
Tier 11	$y = 34.7125 + 0.1250 x$	26.7667	39.4000	0.0000	0.3333
Tier 12	$y = 36.1250 + 0.08333 x$	26.9000	39.2000	0.0000	0.3333
Tier 13	$y = 29.5274 + 0.2649 x$	7.0286	45.9333	-0.1667	0.8571
Tier 14	$y = 35.7167 + 0.1042 x$	0.9000	56.1857	-0.4286	1.0000
Tier 16	$y = 31.5200 + 0.2000 x$	23.8400	39.2000	0.0000	0.4000
Tier 17	$y = 33.8143 + 0.1429 x$	22.8286	39.3000	0.0000	0.4286
Tier 18	$y = 21.3500 + 0.4722 x$	-8.1250	35.2895	0.1053	1.2500
Tier 19	$y = 27.5077 + 0.3077 x$	1.2000	39.1000	0.0000	1.0000
Tier 20	$y = 31.5200 + 0.2000 x$	23.9200	39.2000	0.0000	0.4000

**Tabelle 17:** Übersicht der Regressionsgleichungen für den Zusammenhang zwischen der Recktaltemperatur (Y) und der Schwanzwurzeltemperatur (X). Zusätzlich sind für den Schnittpunkt sowie für die Steigung der Geraden die Konfidenzintervalle angegeben (Angaben in °C).

Für den Regressionsparameter a wurde eine Spannweite über alle Tiere von 16,23 °C berechnet. Hierbei lag der niedrigste Parameter für den Schnittpunkt bei Tier 18 mit  $a = 21,35$  °C und der höchste bei Tier 9 mit  $a = 37,58$  °C.

Die Berechnung der Vertrauensbereiche ergab das engste Intervall bei Tier 1 mit einer Länge von 9,08 °C und das breiteste bei Tier 14 mit 55,28 °C.

Der Median der Spannweiten der Konfidenzintervalle für a über alle Tiere lag bei 15,28 °C.



**Abb. 7:** Darstellung der Vertrauensbereiche für den Regressionsparameter a (Schnittpunkt der Graden mit der Ordinate).

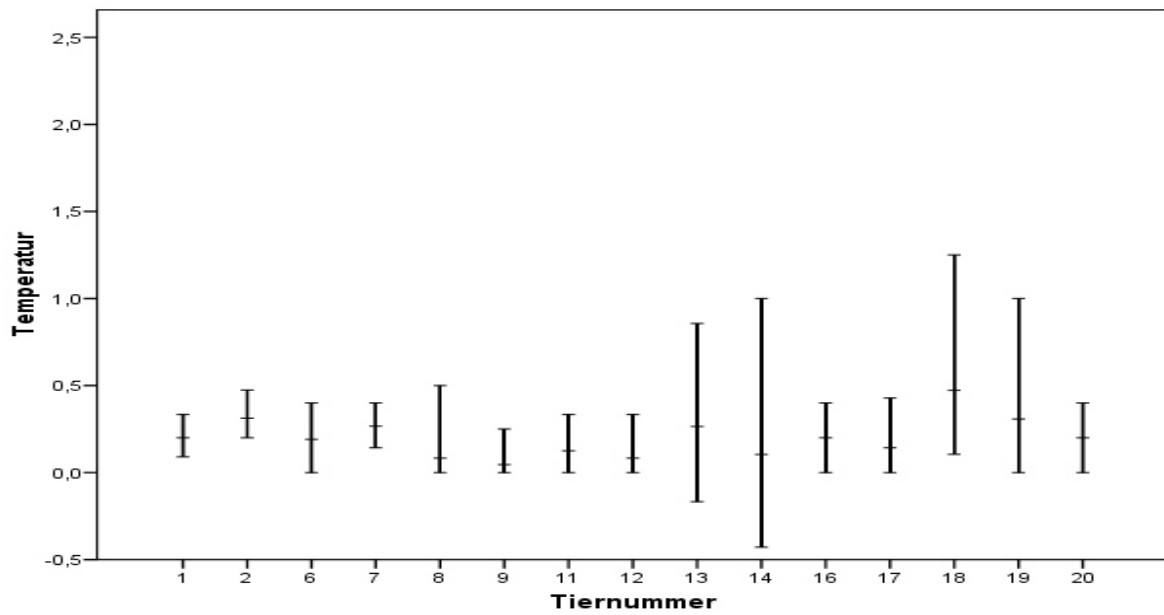
Bei der Betrachtung der Steigungsparameter aller Regressionsgeraden wurde eine Spannweite über alle Tiere von 0,43 °C aufgedeckt, wobei die niedrigste Steigung die Regressionsgerade von Tier 9 mit einem Anstieg von  $b = 0,05$  °C hatte.

Den steilsten Anstieg hatte die Regressionsgerade von Tier 18 mit  $b = 0,47$  °C.

Die Berechnung der Vertrauensbereiche ergab das breiteste Konfidenzintervall bei Tier 14 mit einer Breite von 1,43 °C.

Das engste Intervall lag bei Tier 1 mit einer Breite von 0,24 °C vor.

Der Median der Spannweiten lag bei 0,4 °C.



**Abb. 8:** Darstellung der Vertrauensbereiche für den Regressionsparameter b (Steigung der Regressionsgrade).



### 4.5. Anzahl und Ursachen der Funktionsausfälle von Transpondern

Um einen Überblick über die Ursachen der Funktionsausfälle der Transponder zu bekommen wurden diese nach der Tötung der Tiere aus dem Tierkörper entnommen und makroskopisch untersucht.

#### 4.5.1. Einzeltierbeschreibung

Tiernr.	Scutulum	Ohrgrund	Ansatz letzte Rippe	Schwanzwurzel
1	0	1+	1	0
2	1	0	0	0
3	0	0	0	1
4	0	0	0	1
5	1	0	0	2
6	0	2	0	1
7	0	1+	2	0
8	1+	0	1+	0
9	0	0	0	0
10	1	0	0	0
11	0	0	0	0
12	2	0	2	0
13	0	0	0	0
14	0	1	0	0
15	0	0	1	0
16	1	0	0	0
17	1	0	0	1+
18	1	0	0	0
19	0	1	0	0
20	1	0	1+	0
21	0	1+	0	1+

**Tab. 18:** Einzeltierbeschreibung der feststellbaren Transponderverluste und Beschädigungen/ Glasbruch der Transponderhülle nach der Tötung der Tiere mittels eines Punktesystems:

- 0 = Transponder wieder auffindbar ohne makroskopisch sichtbare Beschädigungen u. ohne FA
- 1 = Transponder mit Beschädigungen/ Glasbruch o. Verfärbungen im Inneren u. mit FA
- 1+= Transponder mit Funktionsausfall; makroskopisch keine Beschädigungen / Glasbruch
- 2 = Transponder nicht auffindbar

Von 21 applizierten Transpondern an der Position **Scutulum** wiesen sieben Transponder (33,33 %) makroskopisch sichtbare Beschädigungen (Risse/ Glasbruch) der Transponderhülle oder Verfärbungen im Inneren der Transponder auf. Ein Transponder (4,76 %) ging verloren und konnte nicht mehr aufgefunden werden. Für einen Transponder (4,76 %) konnte keine Ursache durch makroskopisch sichtbare Beschädigungen oder Verlust für den FA gefunden werden.

12 Transponder (57,14 %) waren wieder auffindbar ohne sichtbare Beschädigungen.

Von 21 applizierten Transpondern an der Position **Ohrgrund** zeigten zwei Transponder (9,52 %) Beschädigungen der Transponderhülle bzw. Verfärbungen im Inneren der Transponder. Ein Transponder (4,76 %) ging verloren. Für 3 Transponder (14,29 %) konnte keine Ursache für Beschädigungen oder Verlust für den FA gefunden werden. 15 Transponder (71,43 %) wurden wieder gefunden und waren augenscheinlich unbeschädigt.

Von 21 applizierten Transpondern an der Position **Ansatz letzte Rippe** wiesen zwei Transponder (9,52 %) Beschädigungen der Transponderhülle oder Verfärbungen im Inneren der Transponder auf. Zwei Transponder (9,52 %) gingen verloren. Für zwei Transponder (9,52 %) konnte keine Ursache für Beschädigungen oder Verlust für den FA gefunden werden. 15 Transponder (71,43 %) wurden wieder aufgefunden und hatten makroskopisch keine sichtbaren Beschädigungen.

Von 21 applizierten Transpondern an der Position **Schwanzwurzel** zeigten drei Transponder (14,29 %) Beschädigungen der Transponderhülle oder Verfärbungen im Inneren der Transponder. Ein Transponder (4,76 %) ging verloren. Für zwei Transponder (9,52 %) konnte keine Ursache durch Beschädigungen oder Verlust für den FA gefunden werden.

15 Transponder (71,43 %) wurden wieder gefunden und waren augenscheinlich unbeschädigt.

**4.5.2. Aufzeichnungen der Funktionsausfälle (FA) der einzelnen sowie aller Transponderpositionen**

Von den einzelnen Transponderpositionen konnten während des laufenden Versuches nicht zu jedem Zeitpunkt Messwerte ermittelt werden (siehe 4.5.). Solche negativen Messergebnisse wurden als Funktionsausfälle bezeichnet.

<b>Funktionsausfälle der Transponder</b>				
<b>Tiernr.</b>	<b>Scutulum</b>	<b>Ohrgrund</b>	<b>Ansatz letzte Rippe</b>	<b>Schwanzwurzel</b>
1		FA	FA	
2	FA			
3				FA
4				FA
5	FA			FA
6		FA		FA
7		FA	FA	
8	FA		FA	
9				
10	FA			
11				
12	FA		FA	
13				
14		FA		
15			FA	
16	FA			
17	FA			FA
18	FA			
19		FA		
20	FA		FA	
21		FA		FA

**Tab. 19:** Funktionsausfälle der einzelnen Transponder bezogen auf Einzeltiere und Transponderpositionen;

**FA=** Funktionsausfall eines Transponders

So konnten z.B. am ersten Tag der Aufzeichnung bei Tier 4 (Schwanzwurzel) oder Tier 6 (Ohrgrund) keine Messwerte erhoben werden.

Bei einigen Tieren wurden nur zeitweise Messwerte ermittelt, wie z.B. bei Tier 1 (Rippe) oder Tier 7 (Ohrgrund).

Von 21 applizierten Transpondern an der Position **Scutulum** wurden bei neun Transpondern (42,86 %) keine oder nur teilweise Messergebnisse aufgezeichnet.

Von 21 applizierten Transpondern an der Position **Ohrgrund** konnten bei sechs Transpondern (28,57 %) keine oder nur teilweise Messergebnisse erhoben werden.

Von 21 applizierten Transpondern an der Position **Rippe** wurden bei sechs Transpondern (28,57 %) keine oder nur teilweise Messergebnisse aufgezeichnet.

Von 21 applizierten Transpondern an der Position **Schwanzansatz** konnten bei sechs Transpondern (28,57 %) keine oder nur teilweise Messergebnisse erhoben werden.

Von insgesamt 84 einzeln applizierten Transpondern konnten bei 27 Transpondern (32,14 %) keine oder nur teilweise Messergebnisse aufgezeichnet werden.

### **4.5.3. Beschreibung aller Transponderpositionen (Tr. Pos.)**

Von 84 Transpondern, die insgesamt an den vier Positionen (Scutulum, Ohrgrund, Ansatz letzte Rippe und Schwanzansatz) appliziert wurden, wiesen 14 Transponder (16,67 %) Beschädigungen (Risse/ Glasbruch) der Transponderhülle oder Verfärbungen im Inneren der

Transponder auf. Fünf Transponder (5,95 %) gingen verloren. Für acht Transponder (9,52 %) konnte keine Ursache durch Beschädigungen oder Verlust für den FA gefunden werden.

57 Transponder (67,86 %) wurden wieder aufgefunden und waren augenscheinlich unbeschädigt.

### **4.6. Klinische Befunde im Bereich der Implantationsstelle**

In einem Fall (Tier 12; Position Scutulum) trat eine flächenhafte Hautrötung im Bereich der Einstichstelle und des Stichkanals auf. Diese Veränderung ließ nach wenigen Tagen stark nach, bis zu ihrem Verschwinden nach sechs Tagen.

Bei anderen Tieren und Transponderpositionen traten solche Veränderungen nicht auf. Alle anderen Einstichstellen waren am zweiten Tag nach der Applikation des Transponders von einem trockenem Wundschorf bedeckt und zeigten einen sehr guten Einheilungsverlauf.

### **4.7. Erfassung des Verhaltens der Schweine**

Bei der Auswertung der Ergebnisse per Video stellte sich heraus, dass die Videokamera häufig ausfiel, eine durch Sonneneinstrahlung oft sehr schlechte Bildqualität bestand und die Tiere somit nicht zweifelsfrei zugeordnet werden konnten.

Allerdings konnten Verhaltensweisen, wie Rangordnungskämpfe, TIM, Analmassage, Ohrenbeißen, Liegeverhalten und Sonnenbaden festgestellt werden.

Es wurden in allen Gruppen Verletzungen im Bereich der Ohren, Kopf und Flanken festgestellt.

Auch die Auskünfte der Tierpfleger und Eigenbeobachtungen stützen diese Aussagen.

## 5. Diskussion

Intention der Untersuchungen war, herauszufinden, ob die Thermometrierung der Hauttemperatur mittels eines Transpondersystems unter praxisnahen Bedingungen, zuverlässige Rückschlüsse auf die rektal gemessene Temperatur zulässt und inwieweit das Transpondersystem im Rahmen der Gesundheitsüberwachung von Versuchstieren (Schweinen) aus landwirtschaftlicher Produktion geeignet ist.

### 5.1. Einschätzung von Material und Methoden

Bei der Laborfunktionsmessung stellte sich heraus, dass von 86 Transpondern 84 funktionstüchtig waren; zwei (2,3 %) Transponder lieferten unbrauchbare Werte. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu Laborfunktionstests von KAMANN (2000), der bei 21 % seiner Transponder eine Unbrauchbarkeitsquote feststellte. Er forderte die Notwendigkeit eines vorgeschalteten Laborversuchs. Dieser hohe Aufwand scheint unter praxisnahen Bedingungen im laufenden Betrieb nicht wirklich durchführbar zu sein. Ein Funktionstest von Transpondern sollte sich auf die Funktionstüchtigkeit bei Entnahme aus der Verpackung mittels Lesegerät beschränken.

Bei den schadhafte Transpondern konnten keine sichtbaren Schäden festgestellt werden. Der Ausfall mag mit Schäden beim Transport, unsachgemäßer Lagerung, Fehlern des Lesegerätes oder Produktionsfehlern zusammenzuhängen.

Der Versuch wurde unter praxisnahen Bedingungen im laufenden Betrieb der Tierexperimentellen Einrichtungen der Charité durchgeführt. Für den Versuch standen insgesamt 21 Läuferschweine zu Verfügung (14 weibliche und sieben männliche Tiere), welche alle der gleichen Altersgruppe angehörten.

Die getesteten Transponder befanden sich an den verschiedenen Lokalisationen: Scutulum, Ohrgrund, Ansatz der letzten Rippe sowie am Schwanzansatz. Sie wurden unter die Haut appliziert. Zeitgleich erfolgte die Bestimmung der Rektaltemperatur mit einem handelsüblichen, digitalen Thermometer. Aufgrund der unterschiedlichen, versuchsbedingten Lebensdauer der einzelnen Tiere, konnte keine einheitliche Versuchsdauer festgelegt werden.

Bei einigen sind erhebliche individuelle Schwankungen aufgetreten. Dieses zeigte sich beispielsweise bei der Auswertung der Transpondertemperaturmessungen bei den Tieren mit der Nummer 3, 8, 13 und 16.

Bei Tier 3 befinden sich die Temperaturen am Scutulum, Rippenansatz, Schwanzansatz und rektal gemessener Temperatur auf einem Niveau. Die Messwerte am Ohrgrund befinden sich

deutlich unter dem Niveau der anderen Temperaturen. Anders verhält es sich bei Tier 13, wo außer den Messwerten am Rippenansatz, die Temperaturen des Scutulums, des Ohrgrundes, des Schwanzansatzes sowie der Rektaltemperatur sich auf einem Niveau befinden.

Ursachen für solche Abweichungen und damit für die große Streuung um die Mittelwerte können sehr vielschichtig sein: etwa individuelle Unterschiede eines Tieres, Einflüsse, wie psychischer Stress, sowie äußerlich nicht erkennbare Störungen des Gesundheitszustandes. Die Räumlichkeiten der aufgestellten Tiere hatten eine Raumtemperatur von ca. 23°C, eine Luftfeuchtigkeit von ca. 55% (Abb. 1, siehe Anhang).

Änderungen dieser Werte waren durch den laufenden Betrieb und das damit verbundene Öffnen der Türen des Tierraumes möglich, aber schwer zu kontrollieren.

Es ist also nicht auszuschließen, dass es zu einer Veränderung der Hauttemperatur der Versuchstiere, durch äußere Einflüsse wie z.B. Raumtemperatur, Luftfeuchte, Zugluft gekommen sein kann, wie es auch FERCH (1964), MITCHELL und KETTLEWELL (1998) beschreiben.

## **5.2. Statistische Auswertung**

Um Zusammenhänge zwischen der Rektaltemperatur und den vier Transponderpositionen beschreiben zu können, wurden die Korrelationen nach SPEARMAN durchgeführt.

Um Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Rektaltemperatur und den verschiedenen anderen Temperaturen machen zu können, wurde für jedes Tier eine nichtparametrische Regression durchgeführt.

### **5.2.1. Zusammenhänge Korrelation**

Um einen Überblick über die Zusammenhänge der jeweiligen Transponderposition und der Rektaltemperatur zu bekommen, wurden entsprechende Korrelationsanalysen durchgeführt. Hierbei wurden aber nur in 20 von 88 (eine Berechnung für jeden Transponder (insg. 84); jeweils eine Berechnung für die jeweilige Transponderposition (insg. vier)) durchgeführten Korrelationsberechnungen signifikante Korrelationen aufgedeckt. Das heißt nur in diesen Fällen kann man davon ausgehen, dass es sich bei den gefundenen Korrelationen nicht um zufällige Messwertbeziehungen handelt. Bei den restlichen Korrelationen kann nicht vom Zufall unterschieden werden. Bei den Einzeltieranalysen lag innerhalb der signifikanten Korrelationen der kleinste Korrelationskoeffizient bei  $r = 0,33$  (Tier 1;  $n = 46$ ) der größte Korrelationskoeffizient bei  $r = 1$  (Tier 3). Bei Letzerem muss beachtet werden, dass in diese Korrelationsberechnung nur vier Werte pro Parameter in die Berechnung eingegangen sind. Auch bei der Berechnung des zweitgrößten Korrelationskoeffizienten, der bei  $r = 0,97$  lag (Tier

14), gingen nur sechs Werte ein. Erst der drittgrößte Korrelationskoeffizient von  $r = 0,77$  (Tier 9) ist aussagekräftiger, da hier wenigstens 17 Werte in die Berechnung eingehen.

Da nur wenige signifikante Korrelationen gefunden wurden und auch unter diesen die Korrelationskoeffizienten stark variieren, lässt sich mittels der Korrelationsanalyse keine generelle Bestimmung für einen Zusammenhang der jeweiligen Transponderposition mit der Rektaltemperatur beschreiben.

### **5.2.2. Zusammenhänge Regression**

Um die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Transponderpositionen und der Rektaltemperatur genauer zu beschreiben, wurden nicht parametrische Regressionen berechnet. Bei dieser Auswertung lag das Augenmerk auf die für die Regressionsparameter berechneten Konfidenzintervalle. Diese wurden für diese Dissertation unter anderem als Maß für die Genauigkeit der Beschreibung der Beziehung der Temperaturparameter zueinander verwendet.

Je breiter die Konfidenzintervalle sind, desto ungenauer ist die Vorhersagegenauigkeit für den zu bestimmenden Regressionsparameter und somit auch die Beschreibung der Beziehung der jeweiligen Transponderposition zur Rektaltemperatur.

Zu berücksichtigen ist, dass bei einer Konfidenzintervallberechnung auch die Anzahl der Messwerte mit eingeht. Wie in Material und Methoden erwähnt, wurden für die durchgeführten Regressionsberechnungen nur Tiere berücksichtigt, die mindestens neun Messpaare für die zu untersuchende Beziehung aufwiesen.

Bei 10 von 64 Regressionsberechnungen war im Konfidenzintervall für den Regressionsparameter  $a$  die Null enthalten. Dies weist darauf hin, dass bei diesen Temperaturbeziehungen kein konstanter Faktor (= Schnittpunkt der Geraden mit der Ordinate) berücksichtigt wird. Dies widerspricht der Untersuchung von KAMANN (2000) beim Rind, wo die Temperatur z.B. am Scutulum um 1,07 K niedriger lag, was einen negativen Parameter  $a$  zur Folge hätte. Ein negativer Schnittpunkt mit der Ordinate konnte bei den durchgeführten Regressionsberechnungen aber nicht festgestellt werden.

Da die Bereiche der Konfidenzintervalle von 3,4°C (Tier 16) bis 94,0°C (Tier 21) schwanken, ist es schwierig, eine generelle Aussage für den Parameter  $a$  zu treffen, da die Konfidenzintervalle die Vorhersagegenauigkeit widerspiegeln.

Viel wichtiger bei der Beschreibung der Transponderpositionen zur Rektaltemperatur ist der Regressionsparameter  $b$ . Dieser beschreibt die Steigung der Regressionsgeraden. Im Idealfall



wäre  $b=1$ , d.h. die Werte der jeweiligen Transponderposition würden sich mit denen der Rektaltemperatur nur um einen konstanten Faktor (Regressionsparameter  $a$ ) unterscheiden. Dies würde bedeuten, dass beide Methoden vergleichbar wären.

Das engste Intervall lag bei  $0,1^{\circ}\text{C}$  (Tier 16) und das breiteste bei  $2,5^{\circ}\text{C}$  (Tier 21).

Da aber auch bei diesem Regressionsparameter die Konfidenzintervalle und damit auch die Vorhersagegenauigkeit stark schwanken, lässt sich auch hier keine generelle Aussage für den Parameter  $b$  treffen.

Bei beiden Regressionsparametern  $a$  und  $b$  schwanken die Spannweiten aber auch die Lagebereiche der Konfidenzintervalle doch sehr, wodurch sich keine generelle Regressionsgleichung für die Beziehung der jeweiligen Transponderposition zur Rektaltemperatur beschreiben lässt. Dies erlaubt keine genaue Einschätzung der Beziehung der jeweiligen Transponderposition zur Rektaltemperatur.

### **5.3. Diskussion der Transponderapplikationen**

In Übereinstimmung mit KONERMANN (1994) und OBER (1999) wurde in dieser Untersuchung festgestellt, dass die Implantationstechnik keine speziellen Fachkenntnisse erfordert, leicht zu erlernen ist und nach einigen Versuchen in Routine übergeht. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die sorgfältige Durchführung der Transponderapplikation Auswirkungen auf die Verlustquote hat (LAMMERS et al., 1995; LÜTTJENS, 1994).

Beim Applizieren des Transponders sollte die Injektionskanüle mindestens einen cm subcutan vorgeschoben werden. Um ein vorzeitiges Herausgleiten des Transponders zu verhindern empfiehlt es sich, wie von LÜTTJENS (1994) gefordert, die Einstichwunde nach dem Entfernen der Injektionskanüle einige Sekunden zusammenzudrücken.

Für die sachgemäße Applikation hat sich eine Narkose der Tiere mit Azaperon und Ketamin als sehr hilfreich herausgestellt. Da die Tiere in der tierexperimentellen Praxis nicht als Lebensmittel Verwendung finden, ist die Applikation von pharmakologischen Substanzen nicht problematisch.

Die Verabreichung nimmt wenig Zeit in Anspruch und lässt eine genaue, sichere Applikation der Transponder zu, um somit eine standardisierte Durchführung zu gewährleisten.

Im Gegensatz dazu schreiben OBER (1999), LÜTTJENS (1994), PIRKELMANN und KERN (1994), dass eine Fixierung der Tiere ausreichend ist.

Abweichend von LAMBOOIJ und MERKS (1989) sollte eine Narkose der Tiere durchgeführt werden, weil es ohne Narkose zu Abwehrreaktionen und Stress bei den Tieren kommen kann, was zu unnötigen Schmerzen z.B. beim versehentlichen Perforieren des Ohres durch die Injektionskanüle oder bei zu tiefer Injektion der Transponder führen könnte.

In Übereinstimmung mit PIRKELMANN und KERN (1994) sowie OBER (1999) ist die eigentliche Schmerzbelastung bei der Applikation des Transponders gering.

Die Verwendung des „Injektionsstiftes“ (Applikator) erwies sich als einfach, handlich, relativ schnell und problemlos.

Im Gegensatz zu OBER (1999) konnte in den von mir durchgeführten Versuchen kein Abstumpfen der Implantationskanüle festgestellt werden, was eventuell zum Abrutschen beim Einstich, zu einer vermehrten Gewebeerstörung oder zum Verlust eines Transponders hätte führen können, wie OBER (1999) vermutete. Scharfe Einmalkanülen sind von Vorteil.

Auch LÜTTJENS (1994) fordert scharfe Injektionsnadeln, weil sie die Ausfallquoten bei den Transpondern minimieren.

Die vorherige Säuberung der Tiere und die Hautdesinfektion sind mit wenig zeitlichem Aufwand verbunden. Das Nichtvorhandensein von Abszessen und nur einem einmaligen Auftreten einer entzündlichen Reaktion (Tier 12, Position Scutulum) ist auf die guten Hygienemaßnahmen bei der Implantation zurückzuführen. Hierdurch scheint eine Keimverschleppung von der Hautoberfläche über den Injektionskanal in tiefere Hautschichten vermieden worden zu sein.

LAMBOOIJ und MERKS (1989) stellten fest, dass das Auftreten von Abszessen zum Verlust von Transpondern führen kann.

Nach OBER (1999) dürfen ohne Sterilisations- bzw. Desinfektionsmaßnahmen an Transpondern und Implantationskanülen, Implantationen an Schweinen nicht vorgenommen werden.

Die Ergebnisse meiner Arbeit lassen die Schlussfolgerung zu, dass ein hygienisches Arbeiten einen positiven Effekt auf die Einheilung der Transponder hat sowie entzündliche Reaktionen und Abszessbildungen verhindert werden können.

#### **5.4. Diskussion der Funktionsausfälle**

Wenn Transponder, die entweder ab einem bestimmten Zeitpunkt keine Werte mehr lieferten, oder einen zeitlich begrenzten Defekt aufwiesen, wurde dies als Funktionsausfall bezeichnet.

Von 84 Transpondern zeigten insgesamt 27 Transponder (32,1 %) Funktionsausfälle. Von diesen 27 Funktionsausfällen konnten fünf Transponder (18,5 %) auf Transponderverluste zurückgeführt werden. 14 Transponder (51,9 %) wiesen Beschädigungen oder Glasbruch der Transponderhülle (Transponderdefekte) auf. Für acht Transponder (29,7 %) konnte kein Grund für den Funktionsausfall festgestellt werden.

Die Verlustquote aller vier Transponderpositionen lag insgesamt bei 6,0 %, d.h. fünf von 84 Transpondern gingen verloren.

### **5.5. Diskussion der Transponderverluste**

NIGGEMEYER (1991) sieht nur Ausfallquoten unter einem Prozent als tolerierbar an.

OBER (1999) stellt fest, dass eine mögliche Ursache für Verluste in einem Befall der Tiere mit *Haematopinus suis* zu sehen ist, was zu Kopfschütteln und juckreizlinderndem Kratzen führt.

Des Weiteren wurde eine hochgradige Dermatitis exsudativa infolge einer *Staphylococcus hyicus* Infektion für vermehrten Juckreiz sowie für Transponderverluste verantwortlich gemacht. Solche Befunde konnten in dieser Arbeit, bei der Eingangsuntersuchung und dem folgendem Einstellungszeitraum nicht festgestellt werden.

Der häufige Verlust von Transpondern in den ersten Tagen, lässt die Vermutung zu, dass diese Transponder durch den Stichkanal verloren gegangen sein könnten. Auch OBER (1999) äußert diese Vermutung und führt dieses auf Wundheilungsstörungen im Bereich des Stichkanals zurück.

In den von mir durchgeführten Untersuchungen konnte bei einem Tier (Tier 12, an der Position Scutulum) ein zu  $\frac{3}{4}$  aus dem Stichkanal herausragender Transponder beobachtet werden, der dann unmittelbar im Anschluss herausfiel.

Schweine nutzen eine soziale Körperpflege und putzen sich gegenseitig an den Borsten bzw. der Hautoberfläche. Des Weiteren scheuern sie sich ausgiebig an rauen Wänden oder Gegenständen (TROXLER, 2002). Dieses Scheuern sowie Körperpflegeverhalten wurde während des Versuches häufig beobachtet und könnte zusätzlich zum Verlust einiger Transponder geführt haben.

Eine weitere Ursache für Transponderverluste scheinen Rankämpfe zu sein. Schweine sind sozial lebende Tiere (FRASER, 1978; HAARANNEN und VALLE- ZARATE, 2002).

Rangordnungskämpfe gehören zum tierartspezifischen Verhalten und sind biologisch zweckmäßig um Hierarchien auszubilden um somit ständige Kämpfe zu vermeiden (TROXLER, 2002).

Bei Ferkeln wurde beim Absetzen und Neugruppieren, Rangordnungskämpfe zur Etablierung

eines festen Ranges und damit des Sozialgefüges in den neuen Gruppen beobachtet. Diese Rankämpfe können von Hautverletzungen und im Extremfall zu schwerwiegenden Verletzungen bis hin zum Tod führen (FELS und HOY, 2008).

Durch die Verabreichung von Tranquillizern wird das Auftreten von Rangordnungskämpfen reduziert (z.B. Azaperon, Stressnil ®) (WARRIS, 1987).

Bei den von mir durchgeführten Versuchen wurden die Tiere in drei Gruppen gehalten, zu sechs Tieren, neun Tieren und sechs Tieren. Es zeigten sich nach der Aufstallung

Rangordnungskämpfe, begleitet von Biss- und Hautverletzungen im Bereich des Kopfes, Schulter und den Flanken.

Hierbei kann es zu bedingtem Glasbruch (siehe weiter unten) und/ oder zu einem Herausdrücken eines Transponders gekommen sein, wie es die Ergebnisse in dieser Untersuchung nahe legen.

Am Anfang der Untersuchungen trat verstärkt Ohrenbeißen (Otophagie) auf. Ursachen hierfür sehen verschiedene Autoren in der Haltung (VOLLMAR, 1985), dem unbefriedigtem

Säugebedürfnis bei Ferkeln (BALLEARNI, 1989), Rangordnungskämpfe beim Einstallen (HAARANNEN und VALLE- ZARATE, 2002) oder als Folge von Ohrrandnekrosen z.B. durch Mutterkorn im Getreide oder Stoffwechselstörungen (MEESTER und SEELHORST, 2006).

Das Ohrenbeißen scheint mitverantwortlich für den hohen Verlust von Transpondern zu sein.

Eine mögliche Erklärung für Transponderverluste am Schwanzansatz könnte eine Vorstufe des Schwanzbeißen sein - das „Schwanz- ins- Maul- nehmen“ Verhalten (tail- in- mouth- behavior; TIM) (SCHRØDER-PETERSEN et al., 2001).

Dieses Verhalten wurde von den betreuenden Tierpflegern häufig beobachtet. Hierbei nimmt ein Schwein den Schwanz eines anderen Schweines ins Maul, ohne dabei sichtbare Verletzungen hervorzurufen.

Des Weiteren wurde Analmassage beobachtet, wobei einige Tiere mit der Rüsselscheibe den After von Buchtengenossen massierten und somit auch in den Bereich des Schwanzansatzes kamen.

In der vorliegenden Arbeit wurden keine Abszessbildungen im Bereich der Implantationsstelle festgestellt, die durch das Aufbrechen von Abszessen zum Verlust des Transponders hätten führen können, wie es OBER (1999) beobachtete.

Laut OBER (1999) spielten hier mangelhafte hygienische Verhältnisse in der Haltung eine Rolle. Aufgrund des hohen Hygienestandards inklusive der großen Reinigungsfrequenz der Stallungen, konnte diese haltungsbedingte Abszessbildung wahrscheinlich vermieden werden. Hohe Verlustquoten von über 10 % führt NIGGEMEYER (1991) auf fehlende Routine zurück.

Untersuchungen von OBER (1999) zeigten, dass für ca. 29 % der festgestellten Funktionsausfälle der Transponder keine Ursachen gefunden werden konnten.

### **5.6. Diskussion der Transponderdefekte**

In Übereinstimmung mit KONERMANN (1994) und OBER (1999) wird für den Großteil der Funktionsausfälle eine Beschädigung der Glasumhüllung der Transponder verantwortlich gemacht.

In der vorliegenden Arbeit wurden makroskopisch feine Risse/ Glasbruch an einigen der Transponder nach ihrer Entnahme aus den Tierkörpern festgestellt. Auch wurden teilweise zerstörte Glasumhüllungen und Verfärbungen an der Glasumhüllung beobachtet. Insgesamt waren 14 (16,7 %) von 84 Transpondern beschädigt.

Die Vermutung liegt nahe, dass solche Beschädigungen direkten Einfluss auf die Funktionstüchtigkeit des Transponders hatten.

Körperflüssigkeiten können somit direkt in den Transponder eindringen und zu Defekten an der Technik des Transponders führen.

Als Ursachen für solche Beschädigungen kommen äußere, mechanische Kräfteinwirkungen in Frage. Hier sind, wie bei den Transponderverlusten auch, folgende Ursachen zu nennen: Rangordnungskämpfe mit begleitenden Bissverletzungen, Ohrenbeißen, TIM, Körperpflegeverhalten etc..

OBER (1999) nennt als möglichen Grund für mechanisch bedingte Defekte, den Druck des Führstabes (Mandrin) der Implantationskanüle auf den Transponder und es wird empfohlen, die Kanüle vor der Implantation etwas zurückzuziehen, um den Gegendruck beim Eindringen des Transponders in das Gewebe gering zu halten. Diese Meinung wird auch in der vorliegenden Arbeit vertreten.

Eine Narkose beim Applizieren der Transponder erscheint sinnvoll, da es durch die gute Handhabung der Tiere zu einem ruhigen, stressfreien, korrekten und routiniertem Applizieren der Transponder kommt. Ein zu schnelles, kraftvolles Applizieren wie beim wachen Tier kann somit verhindert, zumindest minimiert werden.

Ein herstellungsbedingter Defekt der Transponder stellt auch eine Ursache dar. Dieses Problem wurde allerdings durch Funktionstests im Wasserbad vermieden. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass im Vorversuch makroskopische Risse in der Glashülle bestanden und es zum Eindringen von Wasser kam, was später einen Funktionsausfall verursacht haben könnte.

Weitere Gründe für Transponderdefekte liegen in der Transpondertechnik selbst.

Dieses zeigt sich u.a. in der Funktionsweise passiver RFID- Transponder. Diese passiven RFID-Transponder werden durch das Lesegerät zur Ermittlung von elektromagnetischen Wellen angeregt. Beim Auslesen von RFID- Transpondern können Lesefehler entstehen, welche durch das Umfeld bedingt sind. So treten z.B. im Umfeld von Metallen und Flüssigkeiten deutlich mehr Lesefehler auf.

Laut HENG (2006) kommt es zu Abschirmungs- und Reflexionseffekten, welche die Fehlerhäufigkeit des Leseprozesses beeinflussen.

WERNER (2008) zeigt, dass besonders Metalle die elektromagnetischen Felder beeinflussen und zu Fehlern beim Auslesen von Transpondern führen.

Bei dem von mir durchgeführten Auslesen der Transponder befanden sich die Tiere oft unmittelbar in der Nähe von metallischen Gitterstangen, die zum Stallausbau gehörten.

Die elektromagnetische Beeinflussung des Auslesevorganges ist leicht vorstellbar, kann aber nicht abschließend beurteilt werden und sollte Gegenstand einer eigenständigen Untersuchung sein.

### **5.7. Diskussion möglicher Einflüsse auf die Rektal- und Hauttemperatur**

Sicherlich haben Faktoren, wie das Alter, das Gewicht etc. einen Einfluss auf die Rektaltemperatur. Diese Punkte konnten allerdings, bedingt durch den Versuchsaufbau, die Örtlichkeiten und die kurze Versuchsdauer nicht befriedigend geklärt werden.

Eine Variabilität der Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur wurde durch gleichbleibende Bedingungen im Tierraum sehr stark eingeschränkt, allerdings sind einzelne Veränderungen dieser Umweltfaktoren möglich (siehe oben).

Vielmehr scheint die Einführtiefe des Digitalthermometers einen Einfluss auf die gemessene Rektaltemperatur zu haben. Schon BRÜCK (1987) führte unterschiedliche Messwerte der Rektaltemperatur auf die Einführtiefe des Thermometers zurück, bedingt durch die Kommunikation des Venenplexus des Rektums mit dem venösen Hautplexus der Analgegend. Auch in der vorliegenden Arbeit war eine gleichbleibende Einführtiefe des Digitalthermometers nicht immer möglich. Durch Vor- und Rückwärtsbewegungen der Tiere, während der Rektaltemperaturmessungen, muss davon ausgegangen werden, dass nicht zu jedem Zeitpunkt des Versuches eine standardisierte Messung erfolgen konnte.

Einflussfaktoren wie Stress und körperliche Belastungen konnten durch einen intensiven Kontakt der betreuenden Personen und sehr ruhiges Verhalten unsererseits auf ein Minimum reduziert werden.

Die Hauttemperatur unterliegt größeren Schwankungen als z.B. die Körpertemperatur, die innerhalb enger Grenzen gehalten wird.

Diese Schwankungen der Hauttemperatur sind bedingt durch Umwelteinflüsse und physikalische Prozesse, wie z.B. Konduktion, Konvektion, Radiation (Strahlung) und Verdunstung (BLIGH, 1973; HÖRNICKE, 1987; Paul, 2001).

Besonders müssen hier der Wärmetransport durch Radiation und Konduktion hervorgehoben werden.

In den von mir durchgeführten Versuchen kam es zu zeitlich bedingter direkter Sonneneinstrahlung durch die Fenster des Tierraumes auf die Tierkörper. Aufgrund dieser direkten Sonneneinstrahlung ist eine Änderung der Hauttemperatur leicht vorstellbar und würde Temperatúrausreißer an allen Transponderpositionen erklären helfen.

Des Weiteren ist der Wärmetransport durch Konduktion als Einflussfaktor auf die Hauttemperatur zu nennen. In der vorliegenden Arbeit war es für jedes Tier möglich, durch sein Verhalten einen unmittelbaren Einfluss auf die Thermoregulation zu nehmen, z.B. durch direkten Kontakt des Tieres mit dem Stallfußboden. Durch Aufsuchen von kühleren bzw. wärmeren Kontaktflächen war ein Wärmeaustausch über Konduktion jederzeit möglich. Laut TROXLER (2002) verbringt das Schwein ca. 16- 22 h im Stall in Ruhelage. Diese Ruhelage wird meist in gestreckter Seitenlage eingenommen, wobei viele thermoregulatorische Übergangsformen eingenommen werden können (SCHICHTING und SMIDT, 1989). Ein Abkühlen oder Erwärmen der Haut kann die Folge sein, so dass dieses einen Erklärungsansatz für diskontinuierliche Hauttemperaturverläufe darstellen könnte.

Abschließend kann in der von mir durchgeführten Arbeit als Ergebnis festgestellt werden, dass die Messung der Hauttemperatur mittels Transponder eine zu ungenaue Methode darstellt, um auf die Rektaltemperatur schließen zu können. Eine klare Aussage über die Rektaltemperatur ist über die Messung der Hauttemperatur mittels Transponder nicht möglich, da zu viele Einflussfaktoren z.B. Transponderverluste und -defekte, Umwelteinflüsse (Sonneneinstrahlung) etc. auf die Messungen einwirken könnten.

Eine Unterteilung in kranke und gesunde Tiere ist daher schwer einzuschätzen, so dass diese Tiere ihrem Gesundheitszustand nicht entsprechend erkannt werden können.

## 6. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, zu prüfen, ob ein Zusammenhang zwischen der digital gemessenen Rektaltemperatur und der subcutan gemessenen Temperatur mittels eines Temperaturtranspondersystems existiert. Des Weiteren sollte geklärt werden, inwieweit das Transpondersystem im Rahmen der Gesundheitsüberwachung von grossen Versuchstieren (Schweinen), die aus landwirtschaftlicher Produktion stammen, geeignet ist.

Die Temperaturtransponder (IPTT- 100, Firma PLEXX, Elst, Niederlande) wurden an insgesamt 21 Läuferschweinen (14 ♀ und sieben ♂ Tiere) getestet. Für die Lokalisationen der Temperaturtransponder wurden folgende vier Positionen ausgewählt: unter dem Scutulum (cartilago scutiformis) am linken Ohr, und jeweils an der rechten Körperseite am Ohrgrund, am Ansatz der letzten Rippe sowie am Schwanzansatz.

Alle Tiere wurden vor der Applikation der Transponder mit Azaperon und Ketamin narkotisiert, was eine sehr gute Handhabung der Tiere zur Folge hatte.

Anschliessend wurden die Tiere gereinigt und die vier Injektionsorte für die Transponder desinfiziert.

Bei nur einem Tier konnte nach der Injektion der Transponder an nur einer Position (Scutulum) eine lokal entzündliche Reaktion festgestellt werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen die Schlussfolgerung zu, dass hygienisches Arbeiten einen positiven Effekt auf die Einheilung der Transponder hat und so entzündliche Reaktionen, Abszessbildungen und Transponderverluste minimiert werden können.

Beim Applizieren der Transponder hat es sich als hilfreich herausgestellt, die Injektionskanüle ca. einen cm subcutan vorzuschieben und dann den Transponder abzulegen. Auch sollte die Einstichwunde nach dem Entfernen der Injektionskanüle zusammengedrückt werden.

Die Untersuchungen wurden unter praxisnahen Bedingungen durchgeführt. Zu einem definierten Zeitpunkt wurden einmal täglich mit einem mobilen Lesegerät die Temperaturtransponder ausgelesen. Zeitgleich erfolgte die Messung der Rektaltemperatur mittels eines handelsüblichen digitalen Thermometers als Referenztemperatur.

Die rektal gemessenen Temperaturen lieferten plausible Werte und stimmen mit denen in der Literatur beschriebenen Werten überein.

Die Werte der Temperaturtransponder variierten in vielen Fällen sehr stark. Bei nur 20 Korrelationsberechnungen konnte eine signifikante Korrelation aufgedeckt werden und auch unter diesen variierten die Korrelationskoeffizienten stark.



Bei den restlichen Korrelationen kann nicht vom Zufall unterschieden werden. Mittels der Korrelationsanalyse lässt sich keine generelle Bestimmung für einen Zusammenhang der jeweiligen Transponderposition mit der Rektaltemperatur beschreiben.

Bei der Berechnung der Regression stellte sich heraus, dass bei den Regressionsparametern a und b die Spannweiten aber auch die Lagebereiche der Konfidenzintervalle stark schwankten und dadurch keine generelle Regressionsgleichung für die Beziehung der jeweiligen Transponderpositionen zur Rektaltemperatur beschrieben werden kann.

Von 84 Transpondern zeigten 27 Funktionsausfälle. Von diesen 27 Funktionsausfällen konnten fünf auf Transponderverluste und 14 auf Beschädigungen oder Glasbruch der Transponderhülle zurückgeführt werden. Für acht Transponder konnte kein Grund festgestellt werden. Für die Funktionsausfälle gibt es verschiedene Erklärungen, z.B. mechanische Einflüsse auf den Transponder oder Herausdrücken des Transponders aus dem Injektionskanal.

Schwankungen der Hauttemperatur sind u.a. bedingt durch Umwelteinflüsse, Verhalten der Tiere und physikalische Prozesse, wie z.B. Konvektion, Konduktion, Radiation und Verdunstung.

Abschliessend kann in der von mir durchgeführten Arbeit als Ergebnis festgestellt werden, dass die Messung der Hauttemperatur mit Hilfe eines Temperaturtranspondersystems eine zu ungenaue Methode darstellt, um Rückschlüsse auf die Rektaltemperatur schliessen zu können. Die Hauttemperaturmessung mittels eines Transpondersystems ist ein hochsensibles Verfahren, wobei jedoch zu viele Faktoren den zu messenden Temperaturwert beeinflussen können. Diese Faktoren zu kontrollieren und eventuell zu neutralisieren erscheint zu aufwendig und kaum durchführbar. Beim Schwein spielen tierartspezifische Besonderheiten wie z.B. das Verhalten sowie erhöhte Stressanfälligkeit eine wichtige Rolle.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit gelten somit nur für Schweine und sind nicht auf andere Tierarten mit den entsprechenden arttypischen Umweltbedingungen bzw. Verhalten anwendbar.

## 7. Summary

### **Examinations of the body temperature on experimental pigs, established with the transponder technique at different implantation sites in comparison to rectally measured body temperatures.**

Aim of the current study was to determine a correlation between the digitally measured rectal temperature and the subcutaneously measured temperature, by means of a temperature transponder system, in pigs. In addition it was examined to what degree the transponder system would be valuable in the supervision of the health status of large laboratory animals (e.g. pigs) originating from agricultural production systems.

The temperature transponders (IPTT- 100, Company PLEXX, Elst, Netherlands), were tested on 21 pigs (14 females, seven males). For the localization of the transponders the following four sites were chosen: under the scutulum (cartilago scutiformis) of the left ear, and, all on the right side of the body, at the base of the ear, articulation of the last rib, and at the base of the tail. All animals were anaesthetised with azaperon and ketamine before transponder implantation, which resulted in an easy handling of the animals afterwards. After implantation the animals were cleaned and the implantation sites disinfected. Only one animal, and only at one site (scutulum), developed a local inflammatory reaction after injection of the transponder. The results of this study propose that hygiene has a positive effect on the healing of the transponder sites, and minimizes inflammatory reactions and abscess formations at the transponder site as well as transponder losses. It proved to be helpful to advance the injection needle approximately one cm subcutaneously before depositing the transponder and to apply pressure on the injection site after removal of the needle.

The examinations were conducted under practice like condition. Once a day, at a set time, the transponders were read via a mobile reader and concurrently the rectal temperature was measured with a commercial digital thermometer as a reference temperature. The rectally measured temperatures were within normal limits according to published literature. The values of the temperature transponders varied in many of the measurements. Out of only 20 correlation measurements one correlation could be determined as significant, and even in between these the correlation coefficients varied greatly. The other correlations could not be set apart from coincidence. Using the correlation analysis, at different positions measured transponder temperatures, could not be put into context with the rectally measured temperatures. When

calculating the regression it turned out that, looking at the regression parameters a and b, the range as well as the position of the confidence intervals varied greatly making it impossible to determine a general regression formula for the relationship between the transponder sites and the rectal temperatures.

Out of 84 transponders 27 showed functional failures. Out of those 27 failures five were due to transponder losses and 14 due to damage or breaking of the glass casing of the transponder. In eight cases the cause of failure could not be determined but possible explanations could be mechanical influences on the transponder or pushing of the transponder out of the injection canal. Variation of the skin temperature can be due to environmental influences, animal behaviour and physical processes like convection, conduction, radiation and evaporation. In conclusion, it can be determined with this current study, that the measurement of the skin temperatures via a transponder system does not provide an accurate method to draw conclusions about the rectal temperature. The measurement of the skin temperature with the transponder system is a very sensitive procedure which can still be influenced by too many factors. It seems too difficult to control or neutralize these factors and, in pigs, species specific features, such as behaviour and stress susceptibility play an important role.

The results of this study are only valid for pigs and are not applicable to other species with species specific environmental and behavioural conditions.

## 8. Literaturverzeichnis

ANDERSSON, B.E., JONASSON, H., 1993

Temperature regulation and environmental physiology.

In: SWENSON, M.J., REECE, W.O. (eds): Duke`s Physiology of domestic animals.

Ithaca, NY: *Cornell University Press*

ARMSTRONG, D. W., HATFIELD, B. D., 2006

Hormonal response to opioid receptor blockade: during rest and exercise in cold and hot environments.

*Eur. J. Appl. Physiol.*, **97** (1): 43- 51.

ARNDT, J., WIEDEMANN, C., 1991

Zusammenfassung von Verträglichkeitsprüfungen mit Transpondern des elektronischen Markierungssystems Indexcel.

*Kleintierpraxis* **36**: 381- 389.

ARTMANN, R., 1998

Elektronische Tiererkennung- eine Schlüsseltechnologie für Herdenmanagementsysteme, Tierkontrolle und Herkunftsnachweis.

Zeitschrift für Agrarinformatik, Heft **3**: 55- 61.

ARTMANN, R., 1999

Electronic identification systems: state of the art and their further development.

*Computer and Electronics in Agriculture* **24**: 5- 26.

ASCHOFF, J. AND WEVER, R., 1958

Kern und Schale im Wärmehaushalt.

*Naturwissenschaften* **45**: 477- 485.

AWAD- MASALMEH, M., BAUMGARTNER, W., PASSERING, A., SILBER, R.,

HINTERDORFER, F., 1990

Bakteriologische Untersuchungen bei an puerperialer Mastitis (MMA- Syndrom) erkrankten Sauen verschiedener Tierbestände Österreichs.

*Tierärztl. Umschau.*, **45**: 526- 535.

BAKER, M. A., 1989

Effect of dehydration and rehydration on thermoregulatory sweating in goats.  
*J. Physiol. Lond.*, **417**: 421- 435.

BALLEARNI, G., 1989

Verhaltensstörungen bei der Einstallung.  
In: MORNET, P. (Hrsg.): Das Schwein und seine Krankheiten.  
*Schober- Verlags GmbH, Hengersberg*, 395- 401.

BERMAN, A., FOLMAN, Y., KAIM, M., MAMEN, M., HERZ, Z., WOLFENSON, D., ARIELI, A., GRABER, Y., 1985

Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate.  
*J. Dairy Sci.*, **68**: 1488- 1495.

BIANCA, W., 1968

Thermoregulation.  
In: HAFEZ, E.S.E. (Hrsg.): Adaptation of domestic animals.  
*Lea and Febinger, Philadelphia, PA*, : 97- 118.

BIANCA, W., 1971

Die Anpassung des Haustieres an seine klimatische Umgebung.  
*Schweizerische landwirtschaftliche Forschung*, Heft **2/3**, 155- 205.

BICKHARDT, K., 1992

Kompendium der Allgemeinen Inneren Medizin und Pathophysiologie für Tierärzte.  
*Parey Verlag, Berlin, Hamburg*, 97- 100.

BIRBAUMER, N. AND SCMIDT, R.F., 2006

Biologische Psychologie.  
*Springer Verlag*, 2006.

BLACK, J.L., BRAY, H.J., GILES, L.R., 1999

The thermal and infectious environment.  
*Cab International*, 71- 97.

BLIGH, J., 1973

Temperature regulation in mammals and other vertebrates.

*North Holland Publishing Co., Amsterdam.*

BLIGH, J., 1998

Mammalian Homeothermy: an integrative thesis.

*J. Thermal Biol.*, **23**: 143- 258.

BLIGHT, J., JOHNSON, K.G., 1973

Glossary of terms for thermal physiology.

*J. Appl. Physiol.* **35**: 941.

BOLLEROTT, M., FISCHER, W.-J., WÜRFL, J., 1995

Perspektiven energieautarker Mikrosysteme.

*VDI- Fortschrittberichte*, Reihe **8**, Nr. 515: 107- 113.

BROSIUS, F., 2004

SPSS 12

Das mitp- Standardwerk.

*mitp- Verlag/ Bonn*, ein Geschäftsbereich der verlag moderne industrie Buch AG & Co.

KG/ Landsberg.

BRÜCK, K., 1987

Wärmehaushalt und Temperaturregelung.

In: SCHMIDT, R. F., THEWS, G. (Hrsg.): *Physiologie des Menschen.*

**23.** Auflage; *Verlag Springer*, Berlin, Heidelberg: 660- 682.

BRÜSER- PIEPER, C., 2006

Untersuchungen zur thermischen Belastung von Schlachtrindern beim Strassentransport auf Langstrecken.

*Dissertation*, Hannover.

BUDRAS, K. D., FRICKE, W., RICHTER, R., 1996

Atlas der Anatomie des Hundes. Lehrbuch für Tierärzte und Studierende.

*Schlütersche Verlagsanstalt*, **5.** Auflage: 4.

BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ, 2009

Magnet- Resonanz- Tomographie.

[www.bfs.de/ ion/ medizin/ alternate/ mrt.html/ printversion.](http://www.bfs.de/ion/medizin/alternate/mrt.html/printversion)

BÜNNING, E., 1977

Die physiologische Uhr. Circadiane Rhythmik und Biochronometrie.

*Springer Verlag*, 3. Auflage

CHAPMAN, R.E., 1979

Das Tierhaar.

In: ORFANOS, C:E: (Hrsg.): Haar- und Haarkrankheiten.

*Springer Verlag*, Stuttgart, 167- 195.

CLOSE, W.H., MOUNT, L.E., 1978

The effect of plane of nutrition and environment temperature in the energy metabolism of the growing pigs. Heat loss and critical temperature.

*Brit. J. Nutrition*, **40**: 413- 421.

COMBERG, G., 1978

Schweinezucht.

*Ulmer Verlag*, 8. Auflage.

CONSTABLE, P.D., WALKER, P.G., MORIN, D:E:, FOREMAN, J:H:, 1998

Clinical and laboratory assessment of hydration status of neonatal calves with diarrhea.

*J. Am. Vet. Med. Ass.*, **212**: 991- 996.

CUNNINGHAM, J.G., 1997

Textbook of veterinary physiology (2<sup>nd</sup> edition).

SANNDERS, W.B. Company, Philadelphia London, 634- 645.

DEBBELT, T., 1975

Vergleichende Messungen von Hauttemperaturen und Rektaltemperaturen von Mastschweinen nach LKW- Transporten.

*Dissertation*, Hannover.

ECKERT, R., 1993

Tierphysiologie.

*Georg Thieme Verlag Stuttgart.*

EICKHOFF, K., 2000

Untersuchungen über die Eignung verschiedener Thermosysteme für die rationelle Diagnostik von Fieber in Schweinebeständen durch Haut- und Rektaltemperaturmessungen.

*Dissertation, 2000, Hannover.*

EWALD, C., 1978

Untersuchungen über die Eignung und Anwendungsmöglichkeiten des elektronischen Thermometers „Digimed. H01“ im Hinblick auf Temperaturmessungen in Schweinebeständen.

*Dissertation, 1978, Hannover.*

FELS, M., HOY, S., 2008

Gruppierung von Absetzferkeln.

*Nutztierpraxis aktuell 27: 16- 17.*

FERCH, U., 1964

Einfluss hoher Lufttemperatur und hoher Luftfeuchtigkeit zusammen mit hoher Luftfeuchtigkeit auf die Körpertemperatur, Atem- und Herzfrequenz beim Schwein.

*Dissertation, 1964, Hannover.*

FINKENZELLER, K., 2006

RFID- Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendung induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten.

*Hauser Verlag, 4. Auflage: 7- 11.*

FOWLER, E.H., CALHOUN, M.L., 1964

The microscopic anatomy of the integument of new born swine.

*Am. J. Vet. Res., 25: 156- 164.*



FRASER, A. F., 1978

Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere.

Uni Taschenbücher **728**,

*Ulmer Verlag*, Stuttgart, 121- 123.

FREEMAN, B. M., 1985

Stress in the domestic fowl: Pysiological fact or fantasy?

*World. Poult. Sci. J.*, **41**: 45- 51.

FRIEND, T.H., 2000

Dehydration, Stress und Wasseraufnahme von Pferden während kommerziellem Langstrecken- Transport.

*J. Anim. Sci.*, **78**: 2568- 2580.

FUJII, J., OTSU, K., ZORZATO, F., LEON, S., KHANNA, V.K., WEILER, J.E., MAC LENNAN, D.H., 1991

Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia.

*Science*, **253**: 448- 451.

FUTJITA, M., u. S. YAMAMOTO, 1996

Changes in plasma catecholamine and other physiological parameters under harmful conditions in laying hens.

*Anim. Sci. Technol. (Jpn.)* **67**, Nr. 12: 1043- 1049.

GABRIEL, F., 2008

Klinische Anwendung der Infrarot- Thermografie bei der Diagnostik von Gelenkentzündungen beim Schwein- ein Vergleich pathologischer und thermografischer Befunde.

*Dissertation*, 2008, University of Zurich, Vetsuisse Faculty.

GOOSENS, P., 1973

Die Änderung der Hauttemperatur beim Schwein nach Lauf- und Hitzebelastung in Abhängigkeit von der Rektaltemperatur.

*Dissertation*, 1973, Hannover.

GILES, L.R., 1992

Energy expenditure of growing pigs at high ambient temperatures.

*PhD thesis*, University of Sidney.

HAARANNEN, M., VALLE- ZARATE, A., 2002

Einfluss des Absetzalters auf das Verhalten von Ferkeln nach dem Absetzen.

Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn.

*Schriftreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL 90*: 16.

HAHN, G.L., 1999

Dynamic responses of cattle to thermal heat load.

*J. Anim. Sci.*, **77** (Supplement 2): 10- 20.

HARDER, H.J., 1937

Untersuchungen über die Hauttemperatur des Schweines mit dem Thermoelement.

*Dissertation*, 1937, Hannover.

HARMS, E.H., 1959

Hauttemperaturmessungen beim Schwein.

*Dissertation*, 1959, Hannover.

HART, J.S., 1956

Seasonal changes in insulation of the fur.

*Can. J. Zool.*, **34**: 53- 57.

HENG, S., 2006

RFID- Funkchips: reale Zukunftstechnologie.

In: *Tec channel*: 1- 16.

HENSEL, H., 1982

Thermoreception and temperature regulation.

*Springer Verlag*, New York.

HEINRITZI, K., GINDELE, H.R., REINER, G., SCHNURRBUSCH, U., 2006

Schweinekrankheiten.

*Eugen Ulmer Verlag*, Stuttgart, 27.

HIPPEL, J., 1966

Untersuchungen in der Praxis von Atmung, Herzfrequenz und rektal gemessener Körpertemperatur bei gesunden Zuchtebern und ihre Abhängigkeit vom Alter und Gewicht der Tiere.

*Dissertation*, 1966, Hannover.

HOY, S., LUTTER, C., PUPPE, B., WÄHNER, M., 1995

Zum Einfluss endogener und exogener Faktoren auf den Verlauf der Rektaltemperatur von Ferkeln post partum.

*Prakt. Tierarzt*, **76**: 238- 249.

HÖRNICKE, H., 1987

Thermophysiologie.

In: A. Scheunert u. A. Trautmann (Hrsg.): Lehrbuch der Veterinärphysiologie.

*Parey Verlag*, 7. Auflage: 142- 159.

IGONO, M.O., BJOTDEDT, G., SANFORD-CRANE, H.T., 1992

Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate.

*Biometeorology* **36**: 77- 87.

INGRAM, D.L., 1964

The effect of environmental temperature on heat loss and thermal insulation in the young pig.

*Res. Vet. Sci.* **5**: 357.

INGRAM, D. L., 1974

Heat loss and its control in pigs.

In: Monnteith, J. L. and Mount, L. E. (eds.): Heat loss from animals and man.

London: Butterworth.

INGRAM, D. L. AND MOUNT, L. E., 1975

Man and animals in hot environments.

*Springer Verlag*.

JACKSON, P. G. G., 2007

Geburtshilfe in der Tiermedizin.

*Urban & Fischer Verlag, München, Jena*

JESSEN, C., 2005

Wärmebilanz und Temperaturregulation.

In: ENGELHARDT, W., BREVES, G. (Hrsg.): Physiologie der Haustiere.

Enke Verlag, Stuttgart, 2. Auflage: 446- 460.

JURNA, I., 1987

Analgetika.

In: FORTH, W., HENSCHLER, D., RUMMEL, W. (Hrsg.): Pharmakologie und Toxikologie.

*Wissenschaftsverlag, Mannheim, 5. Auflage (2. korrigierter Nachdruck), 522- 546.*

KAMMANN, H.J., 1961

Körpertemperatur bei durch Schnittentbindung und bei normal entwickelten Ferkeln.

*Dissertation, 1961, Hannover.*

KAMANN, B., KLINDTWORTH, K., KRAETZEL, W.-D., WENDL, G., HARTUNG, J., 1998

Eignung eines injizierbaren Transponders mit integriertem Temperatursensor zur Erkennung von Veränderungen der Körpertemperatur.

*Der Tierschutzbeauftragte 1/98: 50- 53.*

KAMANN, B., 2002

Erfassung der Temperatur unter dem Scutulum mittels Temperaturtransponder und Vergleich mit der Rektaltemperatur bei Kälbern.

*Dissertation, 2002, Hannover.*

KETTLEWELL, P.J., HOXEY, R. P., HAMPSON, C. J., GREEN, N. R., VEALE, B. M.,

MITCHELL, M. A., 2001

Design and operation of a prototype mechanical ventilation system for livestock transport vehicles.

*J. Agric. Engng. Res., 79: 429- 439.*

KLUSSMANN, F.W., 1992

Wärmehaushalt und Temperaturregulation.

In: DEETJEN, P., SPECKMANN, E.J. (Hrsg.): Physiologie.

*Urban und Schwarzenberg*, 2. Auflage: 473- 490.

KOLB, E., 1989

Lehrbuch der Physiologie der Haustiere, Teil II.

*Fischer Verlag, Stuttgart*, 640- 654.

KONERMANN, H., 1994

Einsatzerfahrungen mit injizierten Transpondern in der Pferdehaltung.

*KTBL- Arbeitspapier Nr. 205*: 55- 67.

KOIKE, T. I., L. R. PRYOR u. H. L. NELDON, 1983

Plasma volume and electrolytes during progressive water deprivation in chickens (*Gallus domesticus*).

*Comp. Biochem. Physiol. A* **74**: 83- 87.

KLUSSMANN, F. W., 1994

Wärmehaushalt und Temperaturregulation.

In: Deetjen, P. und E.-J. Speckmann: Physiologie.

*Urban & Schwarzenberg*, 2. Auflage (München): 473- 490.

KLUGER, M.J., O'REILLY, B.O., SHOPE, T.R., VANDER, A.J., 1987

Further evidence that stress hyperthermia is a fever.

*Behav.* **39**: 763- 766.

KLUGER, M., FEVER, J., 1991

Role and cryogens.

*Physiol. Rev.*, **71**: 93- 127.

KRON, A., 2004

Atemwegserkrankungen bei Rindern und Schweinen.

*Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH*, 5. Auflage: 6- 12.

KÜPPERS, F., 1973

Hauttemperaturmessungen beim Schwein mit Infrarotstrahlungsthermometern und einem elektrischen Sekundenthermometer zur direkten Temperaturmessung in Relation zur Körpertemperatur.

*Dissertation*, 1973, Hannover.

KUNKEL, H., 1985

Untersuchungen über die Hauttemperatur bei der Ziege und beim Schaf.

*Dissertation*, 1985, Giessen.

LAMBOOIJ, E., MERKS, J. W. M., 1989

Technique and injection place of electronic identification numbers in pigs.

*Research Institute for Animal Production*

Schoonoord, Netherlands, Rapport B- **335**: 5- 14.

LAMMERS, G. H., LANGEVELD, N. G., LAMBOOIJ, E., GRUYS, E., 1995

Effects of injecting electronic transponders into the auricle of pigs.

*Vet. Rec.* **136**: 606-609.

LAINÉ, T. M., LYYTIKÄINEN, T., YLIAHO, M., ANTTILA, M., 2008

Risk factors for post- weaning diarrhoea on piglet producing farms in Finland.

*Acta Vet Scand.*, **18**: 21- 50.

LEICHTWEISS, H.P., 1994

Sexualfunktionen, Schwangerschaft und Geburt.

In: KLINKE, R. u. SILBERNAGEL, S. (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie.

*Thieme Verlag*, Stuttgart, 491- 513.

LEINEWEBER, J., 1961

Einfluss der Lufttemperatur und -feuchte auf die Hauttemperatur des Schweines.

*Dissertation*, 1961, München.

LOEFFLER, K., 2002

Anatomie und Physiologie der Haustiere.

*Eugen Ulmer Verlag*, Stuttgart, **10.** Auflage: 344- 349.

LÜTJENS, A., 1994

Ansätze zur Qualitätssicherung in der Schweinefleischproduktion.  
*Inaugural- Dissertation*, 1994, Christian- Albrechts- Universität Kiel.

LYHS, L., 1971

Der Wärmehaushalt landwirtschaftlicher Nutztiere.  
*Fischer Verlag*, 13- 36.

MACLENNAN, D.H., 1992

The genetic basis of malignant hyperthermia.  
*Pharmalogical Sciences*, **13** (8): 330- 334.

MACLENNAN, D.H., PHILLIPS, M.S., ZHANG, Y., 1993

The genetic basis of malignant hyperthermia.  
In: Malignant Hyperthermia, OHNISHI, S.T., OHNISHI, T. (Eds.): a genetic membrane disease.  
*Press Boca Raton*.

MACLENNAN, D.H., PHILLIPS, M.S., 1995

The role of skeletal muscle ryanodine receptor gene in malignant hyperthermia and central core disease.  
In: Ryanodine Receptors (SORRENTINO, V.)  
*Press Boca Raton*.

MAREK, J. AND MOCSY, J., 1960

Lehrbuch der klinischen Diagnostik der inneren Krankheiten der Haustiere.  
*Fischer Verlag*, 6. Auflage: 36- 47.

MEDLEAU, L., HNILICA, K.A., 2007

Dermatologie in der Kleintierpraxis.  
*Urban & Fischer Verlag*, 1. Auflage.

MEEESTER, M., SEELHORST, S., 2006

Kannibalismus übers Futter vorbeugen.  
*dlz- Agrarmagazin* **3**, *primus Schwein*: 20-23.

- MEYER, W., NEURAND, K., SCHWARZ, R., 1978  
Zur Bedeutung der apokrinen Hautdrüsen der allgemeinen Körperdecke bei verschiedenen Haussäugetierarten.  
*Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.* **85**: 194- 197.
- MITCHELL, M. A., P. J. KETTLEWELL u. M. H. MAXWELL, 1992  
Indicators of physiological stress in broiler chickens during road transportation.  
*Anim. Welfare*, **1**: 91- 103.
- MITCHELL, M. A., u. P. J. KETTLEWELL, 1994  
Road transportation of broiler chickens: induction of physiological stress.  
*World. Poult. Sci. J.*, **50**: 57- 59.
- MITCHELL, M. A., u. P. J. KETTLEWELL, 1998  
Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: Solutions not problems!  
*Poult. Sci.* **77**: 1803- 1814.
- MORIMOTO, A., WATANABE, T., MYOGIN, T., MURAKAMI, N., 1987  
Restraint stress elicits acute-phase response in rabbits.  
*Pflugers Arch.*, **410**: 554- 556.
- NICHELMANN, M., 1994  
Pathophysiologie des Wärmehaushaltes.  
In: Hartmann, H. und Meyer, H. (Hrsg.): *Klinische Pathologie der Haustiere.*  
*Fischer Verlag, Stuttgart*, 67- 91.
- NICKEL, R., SCHUMMER, A., SEIFERLE, E., 1984  
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.  
Band III: Kreislaufsystem, Haut- und Hautorgane.  
*Parey Verlag*, 2. Auflage.
- NIGGEMEYER, H., 1991  
Mikrochips im Ohr sichern Qualität.  
*DLG- Mitteilungen/ agrar inform* **106** (7): 40- 41.



OBER, K., 1999

Zum Einsatz injizierbarer Infodex®- Transponder zur Kennzeichnung von Mastschweinen unter besonderer Berücksichtigung von Desinfektions- und Sterilisationsmassnahmen an Transponder und Implantationskanüle.

*Inaugural- Dissertation*, 1999, Universität Giessen.

PARROTT, R. F. AND LLOYD, D.M., 1995

Restraint, but not frustration, induces prostaglandin- mediated hyperthermia in pigs.

*Physiology & Behaviour*, Vol. 57, No. 6: 1051- 1055.

PENZLIN, H., 2005

Lehrbuch der Tierphysiologie.

*Spektrum Akademischer Verlag*, 7. Auflage: 445- 474.

PERSSON, P.B., 2005

Energie- und Wärmehaushalt, Thermoregulation.

In: Schmidt, R.F.; Lang, F.; Thews, G. (Hrsg.): *Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie*.

*Springer Medizin Verlag*, 29. Auflage: 889- 908.

PIRKELMANN, H., KERN, C., 1994

Einsatzerfahrungen mit injizierten Transpondern in der Rinderhaltung.

*KTBL- Arbeitspapier Nr. 205*: 36- 49.

PLONAIT, H., BICKHARDT, K., 1997

Lehrbuch der Schweinekrankheiten.

*Parey Verlag*, Berlin.

POLLMANN, U., AXT, H., SCHWARZMAIER, A., 2005

Witterungseinflüsse bei der Weidehaltung von Nutztieren.

*Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg und Tiergesundheitsdienst Freiburg*, 3- 16.

PREL, J.-B. DU, HOMMEL, G., RÖHRIG, B., BLETTNER, M., 2009

Konfidenzintervall oder p- Wert?

Teil 4 der Serie zur Bewertung wissenschaftlicher Publikationen.

*Dtsch. Ärzteblatt*, 2009, **106** (19): 335- 339.

REECE, W.O., 2005

Functional anatomy and physiology of domestic animals.

*Lippincott Williams & Wilkins*, 3<sup>rd</sup> edition, 369- 378.

REESE, S., 2002

Allgemeine Körperdecke (Integumentum commune).

In: Anatomie der Haussäugetiere. Band II: Organe, Kreislauf- und Nervensystem. Hrsg.:

KÖNIG, H.E. und LIEBICH, H.G..

*Schattauer Verlag*, 2. Auflage: 325- 335.

REPERT, M. AND WEAVER, R., 2002

Coordination of circadian timing in mammals.

Department of Neurobiology, University of Massachusetts Medical Scholl, USA

*Nature*, Vol. **418**: 937.

REPERT, M. AND WEAVER, R., 2001

Molecular analysis of mammalian circadian rhythms.

*Annu Rev Physiol.*, 2001, **63**: 647- 676.

RICHTER, W., WERNER, E., BÄHR, H., 1969

Grundwerte der Diagnostik, Fütterung und Haltung.

*Fischer Verlag*, Jena.

ROBERTSHAW, D., 1981

The environmental physiology of animal production.

In: CLARK, J.A. (Hrsg.): Environmental aspects of housing for animal production.

*Butterworth*, London, 3- 17.

RÖHLINGER, P., GRUNOW, C., BÖRNERT, D., 1980

Ergebnisse berührungsloser Messung der Oberflächentemperatur beim Schwein.

*Arch. Exper. Vet. Med.*, **34**: 759- 766.

ŠABEC, D., LAZAR, P., 1990

Erste Ergebnisse berührungsloser Temperaturessungen mittels eines Infrarotthermometers am Sprunggelenk des Schweines mit Osteoarthritis tarsii deformans.

*Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.*, **97**: 43- 44.

- SAVARY, P., HAUSER, R., OSSENT, P., JUNGBLUTH, T., GYGAX, L., WECHSLER, B., 2008  
Eignung der Thermographie zur Erfassung von Entzündungen an den Gliedmassen von Mastschweinen.  
*Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.*, **115** (9): 324- 329.
- SCHEUNERT, A. AND TRAUTMANN, A., 1987  
Lehrbuch der Veterinär- Physiologie.  
*Parey Verlag, Hamburg.*
- SCHLICHTING, M., SCHMIDT, D., 1989  
Subkriterium „Tierverhalten“. Haltungssysteme Mastschweine.  
*KTBL- Schrift 335*, Darmstadt, KTBL: 71- 82.
- SCHRØDER- PETERSEN, D. L., SIMONSEN, H. B., LAWSON, L., ERSBOLL, A. K., 2001  
Tail- in – mouth activity in piglets reared in barn and enriched environments.  
Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung.  
*KTBL- Schrift 407*, Darmstadt, KTBL: 84- 91.
- SCHUHMACHER, G.H., 1991  
Anatomie: Lehrbuch und Atlas.  
Band II: Haut, Blut, Abwehrsysteme, Hals, Rücken, Zentralnervensystem, Brust, Bauch, Becken, Extremitäten.  
*Johann Ambrosius Barth, Leipzig- Heidelberg, 2- 11.*
- SCHULZE, W., 1964  
Körpertemperatur, Atem- und Herzfrequenz beim Schwein.  
*Dtsch. Tierärztl. Wschr.* **69**: 659- 663.
- SCHUMM, M., 1962  
Körpertemperatur und Verhalten von neugeborenen Ferkeln bei verschiedenen Umweltbedingungen.  
*Dissertation, 1962, München.*
- SCHUSTER, L., 2005  
Die Behandlung von Uterusmyomen mit magnetresonanztomographisch gesteuertem fokussiertem Ultraschall. Eine Untersuchung zu Durchführbarkeit und Verträglichkeit.  
*Dissertation, 2005, Universitätsmedizin Berlin.*

SEEMANN, W., 1961

Die Körpertemperatur gesunder Schweine unter Berücksichtigung des Alters, der Tageszeiten und der Stallverhältnisse.

*Dissertation*, 1961, Hannover.

SILANIKOVE, N., 1992

Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review.

*Livest. Prod. Sci.*, **30**: 175- 194.

SILANIKOVE, N., 2000

Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants.

*Livest. Prod. Sci.* **67**: 1- 18.

SIMON, E., 1997

Wärmehaushalt und Temperaturregelung.

In: R. Schmidt u. G. Thews (Hrsg.): Physiologie des Menschen.

*Springer Verlag*, **27.** Auflage: 649- 670.

SINGER, R., HARKER, C.T., VANDER, A.J., KLUGER, M.J., 1986

Hyperthermia induced by open-field stress is blocked by salicylate.

*Physiol. Behav.*, **6**: 1179- 1182.

SPÖRRI, H. AND STÜNZI, H., 1969

Pathophysiologie der Haustiere.

*Parey Verlag*, Berlin, München.

STEPHAN, E., REDECKER, R., 1970

Die Rolle der Haut bei der Thermoregulation von Haustieren.

*Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.*, **77**: 628- 631.

STEPHENSON, L.A., WENGER, C.B., O'DONOVAN, NADEL, E.R., 1984

Circadian rhythm in sweating and cutaneous blood flow.

*Am. J. Physiol.*, **249**: 219- 227.

STROSZCZYNSKI, C., 2002

Einsatz der Magnetresonanztomographie zur Laser- induzierten Thermotheapie,  
Anwendungsgebiete, Optimierung der Prozess- und Erfolgskontrolle.

*Habilitationsschrift*, 2002, Medizinische Fakultät Charité der Humboldt- Universität zu  
Berlin.

SWINDLE, M.M., 1998

Surgery, anesthesia and experimental techniques in swine.

*Iowa State University Press*.

SWINDLE, M.M., SMITH, A.C., LABER, L., GOODRICH, J.A., BINGEL, S.A., 2003

Biology and medicine of swine.

In: Laboratory animal medicine and management. REUTER, J.D., SUCKOW, M.A. (Eds.)

*International Veterinary Information Service*, 2003: B 2511.1103.

SIEVERDING, E., 2000

Handbuch gesunde Schweine.

*Kamlage Verlag*, Osnabrück.

TERAI, Y., ASAYAMA, M., OGAWA, T., SUGENOYA, J., MIYAGAWA, T., 1985

Circadian variation of preferred environmental temperature and body temperature.

*J. Therm. Biol.*, **10**: 151- 156.

TER WEE, E., 1990

Erfahrungen mit dem Einsatz von Tieridentifikationssystemen in den Niederlanden.

Agrarinformatik, Bd. 20, Beiträge zur Tagung.

*EDV- Anwendung in der Herden- und Gesundheitskontrolle*,

Oktober 1990 in Bonn: 200- 201.

TROXLER, J., 2002

Anforderungen an die Gruppenhaltung von tragenden Sauen: Gesundheit, Managemant  
und Tierschutz.

*Proc. DVG Fachgruppen Tierschutzrecht und Tierzucht*,

Erbpathologie und Haustiergenetik.

Nurtingen **14**: 30- 33.

ULMER- SHAKIBEAI, C., 1995

Untersuchungen zur Ätiologie und Differentialdiagnose der Laktationshyperthermie der Sau.

*Dissertation*, 1995, Berlin.

VCI- Forschungsberichte, 2005

Einsatz von Transpondern (RFID) in der chemischen Industrie.

Ak Identsysteme in der DV- gestützten logistischen Kette (02.08.2005).

VERHAGEN, J.M.F., JACOBS, J., GROEN, A., BOON, J.H., 1987

The effect of different climatic environment on metabolism and its relation to time of *Haemophilus pleuropneumoniae* infection in pigs.

*Livestock Production Science*, **17**: 365- 379.

VOLLMAR, H., 1985

Kannibalismus beim Mastschwein unter besonderer Berücksichtigung ethologischer Aspekte.

*Der praktische Tierarzt* **66**: 1015- 1024.

WARRIS, P. D., 1987

The effect of time in conditions of transport and lairage on pig meat quality.

In: TARRANT, P.V., EIKELBOOM, G., MONIN, G. (Hrsg.):

Evaluation and Control of Meat Quality, 245- 264.

*Martinus Nijhoff Publishers*.

WARRIS, P. D., T. G. KNOWLES, S. N. BROWN, J. E. EDWARDS, P. J. KETTLEWELL, M. A.

MITCHELL u. C. A. BAXTER, 1999

Effects of lairage time on body temperature and glycogen reserves of broiler chickens held in transport modules.

*Vet. Rec.*, **145**: 218- 222.

WEISS, H., 1986

Biometrie.

Unterlagen für die Pflichtveranstaltung Biometrie am Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin.

Hrsg.: Institut für Biometrie des Fachbereichs Veterinärmedizin der FU- Berlin.

**3. überarbeitete Auflage**, 1986.

WENDT, M., BICKHARDT, K., 1997

Erkrankungen und Störungen des Zentralnervensystems.

In: PLONAIT, H. u. BICKHARDT, K. (Hrsg.) Lehrbuch der Schweinekrankheiten.

*Parey Verlag*, 2. Auflage: 233- 235.

WERNER, H., 2008

Supply Chain Management, Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling.

*Gabler Verlag*, 241.

WEVER, R.A., 1979

The circadian system of man.

*Springer Verlag*.

WEYRAUCH, K.D., SMOLLICH, A., 1998

Histologie- Kurs für Veterinärmediziner.

*Enke Verlag*, 131- 138.

WIKNER, I., GEBRESENBET, G., NILSSON, C., 2003

Assessment of air quality in commercial cattle transport vehicle in Swedish summer and winter conditions.

*Dtsch. Tierärztl. Wschr.* **110**: 100- 104.

WHITE, H.M., RICHERT, B.T., SCHINCKEL, A.P., BURGESS, J.R., DONKIN, S.S.,

LATOUR, M.A., 2008

Effects of temperature stress on growth performance and bacon quality in grow-finish pigs housed at two densities.

*J. Anim. Sci.*, **86** (8): 1789- 1798.

WHITTOW, G.C., 1971

Comparative physiology of thermoregulation. Vol. I- III.  
*Academic Press.*

WITTMANN, J., 1994

Endokrinologie des Geflügels.  
In: F. DÖCKE (Hrsg.): Veterinärmedizinische Endokriologie.  
3. Aufl., Fischer Verlag, Jena, 713- 749.

WUTTKE, W., 1990

Sexualfunktionen.  
In: SCHMIDT, R.F. u. THEWS, G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen.  
Springer Verlag, 24. Auflage: 820- 831.

ZUMBACH, B., MISZTAL, I., TSURUTA, S., SANCHEZ, J. P., AZAIN, M., HERRING,  
W., HOLL, J., LONG, T., CULBERTSON, M., 2008

Genetic components of heat stress in finishing pigs: Development of a heat load function.  
*J. Anim. Sci.* (Abstract).



## 9. Anhang

Übersicht der Tiere am Tag der Anlieferung unter Berücksichtigung des Geschlechtes und des Gewichts.

Tier-Nr.	Geschlecht	Gewicht bei Anlieferung	Datum der Anlieferung
1	♀	29,5 kg	15.03.2004
2	♂	30,5 kg	15.03.2004
3	♂	30,5 kg	15.03.2004
4	♀	30,5 kg	15.03.2004
5	♀	33,0 kg	15.03.2004
6	♀	29,0 kg	15.03.2004
7	♀	28,1 kg	12.04.2004
8	♀	28,7 kg	12.04.2004
9	♀	29,1 kg	12.04.2004
10	♂	30,3 kg	12.04.2004
11	♀	28,9 kg	12.04.2004
12	♀	30,1 kg	12.04.2004
13	♂	30,6 kg	12.04.2004
14	♂	30,3 kg	12.04.2004
15	♀	29,8 kg	12.04.2004
16	♀	28,6 kg	29.07.2004
17	♀	29,7 kg	29.07.2004
18	♂	29,5 kg	29.07.2004
19	♀	29,0 kg	29.07.2004
20	♂	30,4 kg	29.07.2004
21	♀	28,9 kg	29.07.2004

**Tab. 1:** Übersicht der Einzeltiere am Anlieferungstag

## Übersicht zur Korrelation

### a) Beschreibung über alle Tiere

			Rektaltemperatur	Scutulum	Ohrgrund	Rippe	Schwanzwurzel
Spearman-Rho	Rektaltemperatur	Korrelationskoeffizient	1,000	,261(**)	,162(**)	,043	,270(**)
		Sig. (2-seitig)	.	,000	,000	,360	,000
		N	553	387	471	456	382
	Scutulum	Korrelationskoeffizient	,261(**)	1,000	,056	,280(**)	,103
		Sig. (2-seitig)	,000	.	,333	,000	,101
		N	387	387	305	318	257
	Ohrgrund	Korrelationskoeffizient	,162(**)	,056	1,000	,085	,365(**)
		Sig. (2-seitig)	,000	,333	.	,092	,000
		N	471	305	471	391	333
	Rippe	Korrelationskoeffizient	,043	,280(**)	,085	1,000	,299(**)
		Sig. (2-seitig)	,360	,000	,092	.	,000
		N	456	318	391	456	285
	Schwanzwurzel	Korrelationskoeffizient	,270(**)	,103	,365(**)	,299(**)	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	,101	,000	,000	.
		N	382	257	333	285	382

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

**Tab. 2:** Korrelationsübersicht über alle Tiere

**b) Einzelfall- Korrelationen**

Tiernummer			Rektaltemperatur	Scutulum	Ohrgrund	Rippe	Schwanzwurzel
1	Rektaltemperatur	K	1	0,327	0,279	0,054	0,363
		S	.	0,026	0,063	0,806	0,013
		N	46	46	45	23	46
	Scutulum	K	0,327	1	0,690	0,304	0,472
		S	0,026	.	0,000	0,158	0,001
		N	46	46	45	23	46
	Ohrgrund	K	0,279	0,690	1	0,688	0,789
		S	0,063	0,000	.	0,000	0,000
		N	45	45	45	22	45
	Rippe	K	0,054	0,304	0,688	1	0,676
		S	0,806	0,158	0,000	.	0,000
		N	23	23	22	23	23
	Schwanzwurzel	K	0,363	0,472	0,789	0,676	1
		S	0,013	0,001	0,000	0,000	.
		N	46	46	45	23	46
2	Rektaltemperatur	K	1	0,800	0,305	0,569	0,540
		S	.	0,200	0,066	0,000	0,001
		N	37	4	37	37	37
	Scutulum	K	0,800	1	0,000	0,600	0,800
		S	0,200	.	1,000	0,400	0,200
		N	4	4	4	4	4
	Ohrgrund	K	0,305	0,000	1	0,733	0,596
		S	0,066	1,000	.	0,000	0,000
		N	37	4	37	37	37
	Rippe	K	0,569	0,600	0,733	1	0,730
		S	0,000	0,400	0,000	.	0,000
		N	37	4	37	37	37
	Schwanzwurzel	K	0,540	0,800	0,596	0,730	1
		S	0,001	0,200	0,000	0,000	.
		N	37	4	37	37	37
3	Rektaltemperatur	K	1	0,499	0,178	0,189	1,000
		S	.	0,000	0,242	0,213	.
		N	45	45	45	45	4
	Scutulum	K	0,499	1	0,358	0,328	0,105
		S	0,000	.	0,016	0,028	0,895
		N	45	45	45	45	4
	Ohrgrund	K	0,178	0,358	1	0,633	0,800
		S	0,242	0,016	.	0,000	0,200
		N	45	45	45	45	4
	Rippe	K	0,189	0,328	0,633	1	0,200
		S	0,213	0,028	0,000	.	0,800
		N	45	45	45	45	4
	Schwanzwurzel	K	1	0,105	0,800	0,200	1
		S	.	0,895	0,200	0,800	.
		N	4	4	4	4	4

**Tabelle 3:** Einzelfall- Korrelationen, Tier 1- 3

Tiernummer			Rektaltemperatur	Scutulum	Ohrgrund	Rippe	Schwanzwurzel
4	Rektaltemperatur	K	1	0,114	0,651	0,172	.
		S	.	0,454	0,000	0,258	.
		N	45	45	45	45	0
	Scutulum	K	0,114	1	0,227	0,409	.
		S	0,454	.	0,133	0,005	.
		N	45	45	45	45	0
	Ohrgrund	K	0,651	0,227	1	0,154	.
		S	0,000	0,133	.	0,313	.
		N	45	45	45	45	0
	Rippe	K	0,172	0,409	0,154	1	.
		S	0,258	0,005	0,313	.	.
		N	45	45	45	45	0
	Schwanzwurzel	K	.	.	.	.	.
		S	.	.	.	.	.
		N	0	0	0	0	0
5	Rektaltemperatur	K	1	-0,500	0,596	0,565	.
		S	.	0,667	0,000	0,000	.
		N	43	3	43	43	0
	Scutulum	K	-0,500	1	0,000	-0,500	.
		S	0,667	.	1,000	0,667	.
		N	3	3	3	3	0
	Ohrgrund	K	0,596	0,000	1	0,592	.
		S	0,000	1,000	.	0,000	.
		N	43	3	43	43	0
	Rippe	K	0,565	-0,500	0,592	1	.
		S	0,000	0,667	0,000	.	.
		N	43	3	43	43	0
	Schwanzwurzel	K	.	.	.	.	.
		S	.	.	.	.	.
		N	0	0	0	0	0
6	Rektaltemperatur	K	1	0,388	.	0,226	0,335
		S	.	0,007	.	0,127	0,110
		N	47	47	0	47	24
	Scutulum	K	0,388	1	.	0,537	0,430
		S	0,007	.	.	0,000	0,036
		N	47	47	0	47	24
	Ohrgrund	K	.	.	.	.	.
		S	.	.	.	.	.
		N	0	0	0	0	0
	Rippe	K	0,226	0,537	.	1	0,260
		S	0,127	0,000	.	.	0,221
		N	47	47	0	47	24
	Schwanzwurzel	K	0,335	0,430	.	0,260	1
		S	0,110	0,036	.	0,221	.
		N	24	24	0	24	24

**Tabelle 4:** Einzelfall- Korrelationen, Tier 4- 6

Tiernummer			Rektaltemperatur	Scutulum	Ohrgrund	Rippe	Schwanzwurzel
7	Rektaltemperatur	K	1	0,354	0,230	.	0,356
		S	.	0,018	0,248	.	0,018
		N	44	44	27	0	44
	Scutulum	K	0,354	1	0,416	.	0,342
		S	0,018	.	0,031	.	0,023
		N	44	44	27	0	44
	Ohrgrund	K	0,230	0,416	1	.	0,208
		S	0,248	0,031	.	.	0,298
		N	27	27	27	0	27
	Rippe	K	.	.	.	.	.
		S	.	.	.	.	.
		N	0	0	0	0	0
	Schwanzwurzel	K	0,356	0,342	0,208	.	1
		S	0,018	0,023	0,298	.	.
		N	44	44	27	0	44
8	Rektaltemperatur	K	1	.	0,446	-0,128	-0,051
		S	.	.	0,073	0,762	0,847
		N	17	1	17	8	17
	Scutulum	K	.	.	.	.	.
		S	.	.	.	.	.
		N	1	1	1	1	1
	Ohrgrund	K	0,446	.	1	-0,037	-0,034
		S	0,073	.	.	0,931	0,898
		N	17	1	17	8	17
	Rippe	K	-0,128	.	-0,037	1	0,284
		S	0,762	.	0,931	.	0,495
		N	8	1	8	8	8
	Schwanzwurzel	K	-0,051	.	-0,034	0,284	1
		S	0,847	.	0,898	0,495	.
		N	17	1	17	8	17
9	Rektaltemperatur	K	1	0,773	0,394	0,617	0,192
		S	.	0,000	0,117	0,008	0,460
		N	17	17	17	17	17
	Scutulum	K	0,773	1	0,357	0,504	0,154
		S	0,000	.	0,160	0,039	0,556
		N	17	17	17	17	17
	Ohrgrund	K	0,394	0,357	1	0,178	0,370
		S	0,117	0,160	.	0,494	0,144
		N	17	17	17	17	17
	Rippe	K	0,617	0,504	0,178	1	0,275
		S	0,008	0,039	0,494	.	0,285
		N	17	17	17	17	17
	Schwanzwurzel	K	0,192	0,154	0,370	0,275	1
		S	0,460	0,556	0,144	0,285	.
		N	17	17	17	17	17

Tabelle 5: Einzelfall- Korrelationen, Tier 7- 9

Tiernummer			Rektaltemperatur	Scutulum	Ohrgrund	Rippe	Schwanzwurzel
10	Rektaltemperatur	K	1	0,700	0,230	0,766	-0,412
		S	.	0,004	0,374	0,000	0,100
		N	17	15	17	17	17
	Scutulum	K	0,700	1	0,098	0,837	-0,328
		S	0,004	.	0,729	0,000	0,233
		N	15	15	15	15	15
	Ohrgrund	K	0,230	0,098	1	0,274	0,452
		S	0,374	0,729	.	0,288	0,068
		N	17	15	17	17	17
	Rippe	K	0,766	0,837	0,274	1	-0,280
		S	0,000	0,000	0,288	.	0,276
		N	17	15	17	17	17
	Schwanzwurzel	K	-0,412	-0,328	0,452	-0,280	1
		S	0,100	0,233	0,068	0,276	.
		N	17	15	17	17	17
11	Rektaltemperatur	K	1	0,023	0,428	0,303	0,476
		S	.	0,930	0,086	0,237	0,053
		N	17	17	17	17	17
	Scutulum	K	0,023	1	0,693	0,451	-0,049
		S	0,930	.	0,002	0,069	0,851
		N	17	17	17	17	17
	Ohrgrund	K	0,428	0,693	1	0,708	0,526
		S	0,086	0,002	.	0,001	0,030
		N	17	17	17	17	17
	Rippe	K	0,303	0,451	0,708	1	0,429
		S	0,237	0,069	0,001	.	0,086
		N	17	17	17	17	17
	Schwanzwurzel	K	0,476	-0,049	0,526	0,429	1
		S	0,053	0,851	0,030	0,086	.
		N	17	17	17	17	17
12	Rektaltemperatur	K	1	.	0,128	.	0,106
		S	.	.	0,625	.	0,686
		N	17	0	17	0	17
	Scutulum	K	.	.	.	.	.
		S	.	.	.	.	.
		N	0	0	0	0	0
	Ohrgrund	K	0,128	.	1	.	0,485
		S	0,625	.	.	.	0,049
		N	17	0	17	0	17
	Rippe	K	.	.	.	.	.
		S	.	.	.	.	.
		N	0	0	0	0	0
	Schwanzwurzel	K	0,106	.	0,485	.	1
		S	0,686	.	0,049	.	.
		N	17	0	17	0	17

Tabelle 6: Einzelfall- Korrelationen, Tier 10-12

Tiernummer			Rektaltemperatur	Scutulum	Ohrgrund	Rippe	Schwanzwurzel
13	Rektaltemperatur	K	1	0,666	0,679	0,677	-0,233
		S	.	0,007	0,005	0,006	0,404
		N	15	15	15	15	15
	Scutulum	K	0,666	1	0,896	0,819	0,142
		S	0,007	.	0,000	0,000	0,613
		N	15	15	15	15	15
	Ohrgrund	K	0,679	0,896	1	0,797	-0,016
		S	0,005	0,000	.	0,000	0,955
		N	15	15	15	15	15
	Rippe	K	0,677	0,819	0,797	1	0,103
		S	0,006	0,000	0,000	.	0,716
		N	15	15	15	15	15
	Schwanzwurzel	K	-0,233	0,142	-0,016	0,103	1
		S	0,404	0,613	0,955	0,716	.
		N	15	15	15	15	15
14	Rektaltemperatur	K	1	0,806	.	0,971	0,353
		S	.	0,053	.	0,001	0,492
		N	6	6	1	6	6
	Scutulum	K	0,806	1	.	0,754	0,174
		S	0,053	.	.	0,084	0,742
		N	6	6	1	6	6
	Ohrgrund	K	.	.	.	.	.
		S	.	.	.	.	.
		N	1	1	1	1	1
	Rippe	K	0,971	0,754	.	1	0,429
		S	0,001	0,084	.	.	0,397
		N	6	6	1	6	6
	Schwanzwurzel	K	0,353	0,174	.	0,429	1
		S	0,492	0,742	.	0,397	.
		N	6	6	1	6	6
15	Rektaltemperatur	K	1	1,000	-1,000	.	1,000
		S	.	.	.	.	.
		N	2	2	2	0	2
	Scutulum	K	1,000	1	-1,000	.	1,000
		S	.	.	.	.	.
		N	2	2	2	0	2
	Ohrgrund	K	-1,000	-1,000	1	.	-1,000
		S	.	.	.	.	.
		N	2	2	2	0	2
	Rippe	K	.	.	.	.	.
		S	.	.	.	.	.
		N	0	0	0	0	0
	Schwanzwurzel	K	1,000	1,000	-1,000	.	1
		S	.	.	.	.	.
		N	2	2	2	0	2

Tabelle 7: Einzelfall- Korrelationen, Tier 13-15

Tiernummer			Rektaltemperatur	Scutulum	Ohrgrund	Rippe	Schwanzwurzel
16	Rektaltemperatur	K	1	0,293	0,265	0,209	0,330
		S	.	0,255	0,222	0,338	0,124
		N	23	17	23	23	23
	Scutulum	K	0,293	1	0,145	0,648	0,217
		S	0,255	.	0,579	0,005	0,402
		N	17	17	17	17	17
	Ohrgrund	K	0,265	0,145	1	0,048	0,204
		S	0,222	0,579	.	0,827	0,350
		N	23	17	23	23	23
	Rippe	K	0,209	0,648	0,048	1	0,022
		S	0,338	0,005	0,827	.	0,921
		N	23	17	23	23	23
	Schwanzwurzel	K	0,330	0,217	0,204	0,022	1
		S	0,124	0,402	0,350	0,921	.
		N	23	17	23	23	23
17	Rektaltemperatur	K	1	0,810	-0,294	0,077	0,026
		S	.	0,050	0,174	0,727	0,907
		N	23	6	23	23	22
	Scutulum	K	0,810	1	0,204	-0,095	0,339
		S	0,050	.	0,699	0,857	0,510
		N	6	6	6	6	6
	Ohrgrund	K	-0,294	0,204	1	0,238	-0,036
		S	0,174	0,699	.	0,275	0,874
		N	23	6	23	23	22
	Rippe	K	0,077	-0,095	0,238	1	0,436
		S	0,727	0,857	0,275	.	0,043
		N	23	6	23	23	22
	Schwanzwurzel	K	0,026	0,339	-0,036	0,436	1
		S	0,907	0,510	0,874	0,043	.
		N	22	6	22	22	22
18	Rektaltemperatur	K	1	0,000	0,252	-0,176	0,231
		S	.	1,000	0,245	0,421	0,288
		N	23	6	23	23	23
	Scutulum	K	0,000	1	-0,407	-0,270	-0,066
		S	1,000	.	0,423	0,605	0,902
		N	6	6	6	6	6
	Ohrgrund	K	0,252	-0,407	1	0,295	0,163
		S	0,245	0,423	.	0,172	0,457
		N	23	6	23	23	23
	Rippe	K	-0,176	-0,270	0,295	1	0,528
		S	0,421	0,605	0,172	.	0,010
		N	23	6	23	23	23
	Schwanzwurzel	K	0,231	-0,066	0,163	0,528	1
		S	0,288	0,902	0,457	0,010	.
		N	23	6	23	23	23

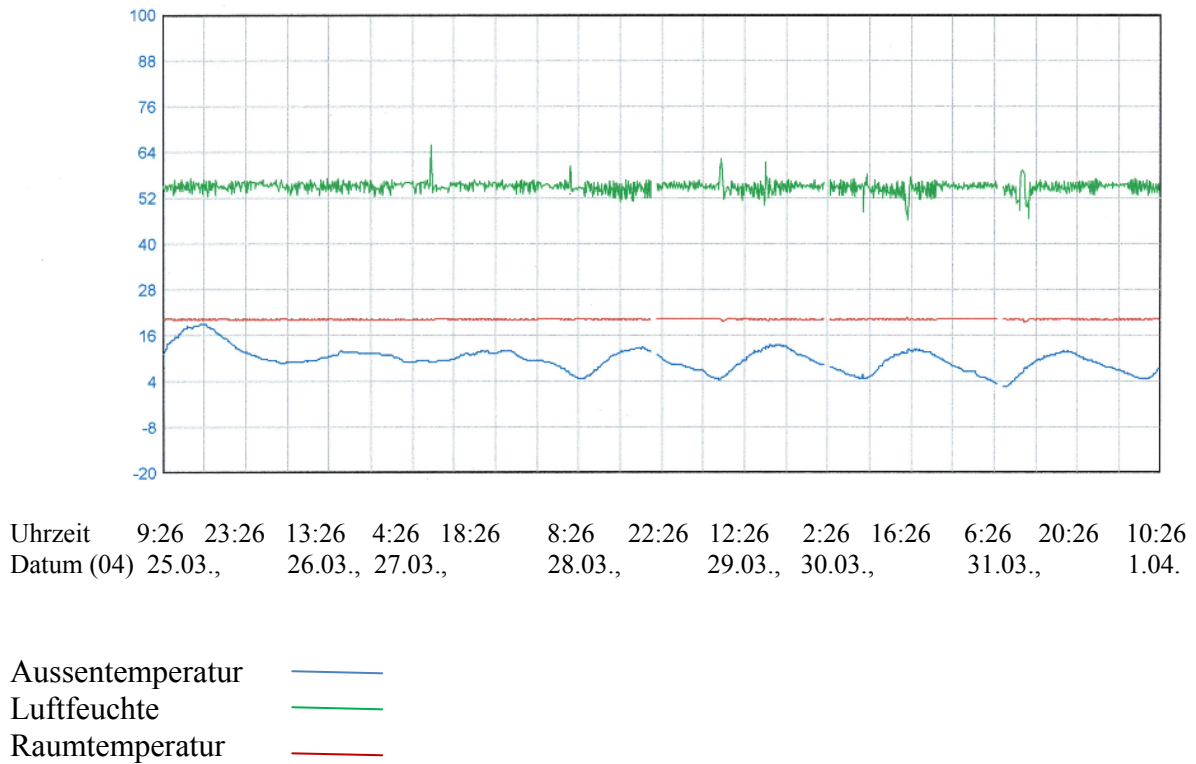
Tabelle 8: Einzelfall- Korrelationen, Tier 16-18

Tiernummer			Rektaltemperatur	Scutulum	Ohrgrund	Rippe	Schwanzwurzel
19		N	23	23	22	23	23
	Scutulum	K	0,257	1	0,333	0,327	0,461
		S	0,236	.	0,130	0,128	0,027
		N	23	23	22	23	23
	Ohrgrund	K	-0,018	0,333	1	0,199	-0,024
		S	0,935	0,130	.	0,376	0,914
		N	22	22	22	22	22
	Rippe	K	0,382	0,327	0,199	1	0,128
		S	0,072	0,128	0,376	.	0,560
		N	23	23	22	23	23
	Schwanz- wurzel	K	0,014	0,461	-0,024	0,128	1
		S	0,950	0,027	0,914	0,560	.
N		23	23	22	23	23	
20	Rektal- temperatur	K	1	0,872	0,068	0,013	0,113
		S	.	0,054	0,759	0,956	0,607
		N	23	5	23	21	23
	Scutulum	K	0,872	1	-0,410	-0,892	-0,564
		S	0,054	.	0,493	0,042	0,322
		N	5	5	5	5	5
	Ohrgrund	K	0,068	-0,410	1	0,403	0,688
		S	0,759	0,493	.	0,070	0,000
		N	23	5	23	21	23
	Rippe	K	0,013	-0,892	0,403	1	0,304
		S	0,956	0,042	0,070	.	0,180
		N	21	5	21	21	21
	Schwanz- wurzel	K	0,113	-0,564	0,688	0,304	1
		S	0,607	0,322	0,000	0,180	.
		N	23	5	23	21	23
21	Rektal- temperatur	K	1	0,248	0,209	0,310	0,725
		S	.	0,254	0,514	0,150	0,165
		N	23	23	12	23	5
	Scutulum	K	0,248	1	-0,155	0,652	0,395
		S	0,254	.	0,630	0,001	0,510
		N	23	23	12	23	5
	Ohrgrund	K	0,209	-0,155	1	0,022	0,544
		S	0,514	0,630	.	0,947	0,456
		N	12	12	12	12	4
	Rippe	K	0,310	0,652	0,022	1	0,725
		S	0,150	0,001	0,947	.	0,165
		N	23	23	12	23	5
	Schwanz- wurzel	K	0,725	0,395	0,544	0,725	1
		S	0,165	0,510	0,456	0,165	.
		N	5	5	4	5	5

**Tabelle 8:** Einzelfall- Korrelationen, Tier 19-21

**Klimaaufzeichnung des Raums 3.0133**

Raum 3.0133



**Abb. 1:** Beispielhafte Klimaaufzeichnung des Raums 3.0133 für den Zeitraum vom 25.03.-01.04.04 unter Berücksichtigung der Aussentemperatur; Luftfeuchte, Raumtemperatur

## 10. Danksagung

Herrn PD Dr. Große- Siestrup danke ich für die Überlassung des Themas sowie der geduldigen, und hilfsbereiten Art bei der Zusammenstellung der Arbeit.

Herrn Dr. Michael Meissler danke ich dafür, dass er mir von der ersten Minute an Asyl in seinem Büro gab und mir jederzeit kollegial mit Rat und Tat zur Seite stand und unsere unzähligen lustigen und ernsten Gespräche uns zu Freunden machten. Ich danke Dir sehr.

Danken möchte ich dem Tierpflegemeister Gerd Leonhard, den Tierpflegerinnen Franziska Klockhaus und Katharina Wittstock, die mich immer unterstützten und Probleme für mich lösten.

Herrn David Olschewski, Herrn Thomas Wiedecke und Murat danke ich für die ständige Hilfe bei allen „Computerfragen“.

Frau Dr. Arndt und besonders Frau Anja Lüdecke danke ich für die Einweisung in die Geheimnisse der Statistik und für die intensive, herzliche und selbstlose Betreuung bei der Auswertung meiner Ergebnisse. Ohne diese Hilfe wäre diese Arbeit so nicht möglich gewesen. Vielen Dank für alles.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern Heiko und Marliese, die mir das Studium der Veterinärmedizin ermöglicht haben und nie an mir zweifelten.

Von ganzem Herzen danke ich meiner Frau Susi, sie musste am meisten unter der Arbeit leiden. Liebevoll hat Sie mit viel Verständnis diese Zeit ertragen, immer zu mir gestanden und mich immer mit ganzer Kraft unterstützt. Für all das danke ich Dir so sehr.



---

Ich danke Ingo und Regina Eggebrecht die mir immer Zeit verschafften, damit ich meine Arbeit schreiben konnte und Tessa zu sich nahmen. Eins habe ich in dieser Zeit gelernt:“ Nicht die Grossen die Kleinen, sondern die Schnellen die Langsamen“.

Ich danke den Freunden, die ein offenes Ohr für mich hatten und ehrlich an dem Gelingen meiner Arbeit Interesse zeigten.

Ich danke vor allem Strippi, Mäxchen, Timmy, Don, Candy, Tessa, Karino, Lulu, Beau und Paulchen für die ich so wenig Zeit hatte.

## **11. Selbständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbständig angefertigt wurde.  
Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch  
genommen habe.

Berlin, den 02.02.2010

Hauke Sonnenberg