

**Tierärztliche Hochschule Hannover**

**Vergleichende infrarotthermographische und bakteriologische  
Untersuchungen am gesunden sowie durch Mastitis  
veränderten Gesäuge beim Schwein**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
- Doctor medicinae veterinariae -  
(Dr. med. vet.)

vorgelegt von  
**Florian Spiegel**  
Berlin

Hannover 2016

Wissenschaftliche Betreuung: Prof. Dr. med. vet. Michael Wendt  
Klinik für Kleine Klauentiere und forensische  
Medizin und Ambulatorische Klinik,  
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

1. Gutachter: Prof. Dr. med. vet. Michael Wendt

2. Gutachter: Prof. Dr. med. vet. Nicole Kemper

Tag der mündlichen Prüfung: 14.11.2016

**Meiner Familie**



## Inhaltverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>IX</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>XI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung.....	3
<b>2 Literaturübersicht</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Aufbau und Entwicklung des Gesäuges der Sau</b> .....	<b>5</b>
2.1.1 Anatomischer Aufbau und Funktion des Gesäuges.....	5
2.1.1.1 Gefäßversorgung und Innervation.....	9
2.1.1.1.1 Blutgefäßversorgung.....	9
2.1.1.1.2 Lymphgefäßversorgung.....	12
2.1.1.1.3 Innervation.....	12
2.1.2 Histologischer Aufbau des Gesäuges.....	13
2.1.3 Ontogenese des Gesäuges.....	15
2.1.3.1 Embryonale Entwicklung.....	15
2.1.3.2 Puberale und postpuberale Entwicklung.....	16
2.1.3.3 Entwicklung während der Gravidität.....	17
2.1.3.3.1 Mammogenese.....	18
2.1.3.3.2 Laktogenese.....	18
2.1.3.4 Laktation.....	19
2.1.3.5 Involution.....	20
<b>2.2 Mastitis</b> .....	<b>21</b>
2.2.1 Definition und Ätiologie.....	21
2.2.2 Formen der Mastitis.....	23
2.2.2.1 Subklinische Mastitis.....	23
2.2.2.2 Klinische Mastitiden.....	24
2.2.2.2.1 Akute Mastitis ( <i>Mastitis acuta gravis</i> ).....	24
2.2.2.2.2 Chronische Mastitis ( <i>Mastitis apostematosa chronica</i> ).....	25
2.2.3 Mastitisiagnostik.....	26

2.2.3.1	Klassische Mastitisdiagnostik.....	26
2.2.3.2	Ergänzende bildgebende Mastitisdiagnostik.....	27
<b>2.3</b>	<b>Thermographie.....</b>	<b>29</b>
2.3.1	Biologische und physikalische Grundlagen.....	29
2.3.2	Thermo- und Infrarotthermographie.....	32
2.3.3	Anwendungsgebiete der Thermographie.....	36
2.3.3.1	Thermographie in der Humanmedizin.....	38
2.3.3.2	Thermographie in der Veterinärmedizin.....	40
<b>2.4</b>	<b>Mikrobiologische Untersuchungen von Sauenmilch.....</b>	<b>44</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>48</b>
<b>3.1</b>	<b>Versuchsaufbau und Versuchsdesign.....</b>	<b>48</b>
3.1.1	Tiere und Haltung.....	48
3.1.2	Stallklima.....	49
3.1.3	Untersuchungen.....	50
3.1.3.1	Voruntersuchungen.....	51
3.1.3.2	Verlaufsuntersuchung an gesunden Sauen vor und während der Laktation.....	52
3.1.3.3	Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt....	54
3.1.3.4	Fallbericht: akute Mastitis.....	55
<b>3.2</b>	<b>Klinische Untersuchung.....</b>	<b>56</b>
3.2.1	Allgemeinuntersuchung.....	56
3.2.2	Adspektorische und palpatorische Untersuchung des Gesäuges.....	57
<b>3.3</b>	<b>Infrarotthermographie.....</b>	<b>59</b>
3.3.1	Infrarotkamera.....	59
3.3.2	Infrarotthermographische Untersuchung am Gesäuge.....	61
3.3.3	Bildverarbeitung und Software.....	62
<b>3.4</b>	<b>Vergleichende bakteriologische Untersuchung von Milch / Bioptat</b>	<b>65</b>
3.4.1	Milchprobenentnahme.....	65
3.4.2	Biopsieentnahme von Gesäugeparenchym.....	66
3.4.3	Bakteriologische Untersuchung.....	68

<b>3.5</b>	<b>Statistische Analyse</b> .....	<b>69</b>
3.5.1	Deskriptive Statistik.....	70
3.5.2	Explorative Statistik.....	70
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>75</b>
<b>4.1</b>	<b>Voruntersuchungen</b> .....	<b>75</b>
4.1.1	Externe und interne Einflussfaktoren auf die Infrarotthermographie.	75
4.1.2	Einflussfaktoren Palpation, Haarkleid, Kratzer/Verschorfungen, Verschmutzung und Feuchtigkeit.....	77
<b>4.2</b>	<b>Klinische Untersuchung</b> .....	<b>82</b>
4.2.1	Verlaufsuntersuchung an gesunden Sauen vor und während der Laktation.....	82
4.2.2	Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt.....	86
<b>4.3</b>	<b>Infrarotthermographie</b> .....	<b>90</b>
4.3.1	Korrelationsanalysen.....	90
4.3.2	Verlaufsuntersuchung an gesunden Sauen vor und während der Laktation.....	92
4.3.2.1	Umgebungstemperatur und Rektaltemperatur.....	93
4.3.2.2	Gesäugehautoberflächentemperatur und Rektaltemperatur.....	95
4.3.2.3	Komplexvergleiche am Einzeltier.....	96
4.3.2.4	Altersgruppenvergleich.....	101
4.3.3	Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt.....	102
4.3.3.1	Vergleich Komplexoberflächentemperatur und Anbildungsgrad.	102
4.3.3.2	Auffälligkeiten beim infrarotthermographischen Bild.....	106
4.3.3.2.1	Sauen mit chronischen Gesäugeveränderungen.....	106
4.3.3.2.2	Sau mit akuter Gesäugeveränderung.....	109
<b>4.4</b>	<b>Vergleichende bakteriologische Untersuchung von Milch / Bioptat</b>	<b>113</b>
4.4.1	Keimspektrum.....	113
4.4.2	Milchprobenuntersuchung.....	115
4.4.3	Untersuchung von Gesäugeparenchymbioptaten.....	118
4.4.4	Vergleich von Milchproben und Gesäugeparenchymbioptaten.....	123
4.4.5	Erregernachweis aus dem durch eine akute Mastitis veränderten	

Gesäugekomplex einer Sau.....	126
<b>5 Diskussion.....</b>	<b>128</b>
5.1 Infrarotthermographie in der Mastitisdiagnostik.....	128
5.1.1 Methodenkritik.....	129
5.1.2 Infrarotthermographie unter Einbeziehen der klinischen Untersuchungsergebnisse.....	135
5.2 Ermittlung des bakteriologischen Status mittels Milch / Gesäugebiopat	147
5.3 Schlussbetrachtung.....	152
<b>6 Zusammenfassung.....</b>	<b>155</b>
<b>7 Summary.....</b>	<b>159</b>
<b>8 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>162</b>
<b>9 Anhang.....</b>	<b>184</b>
<b>10 Danksagung.....</b>	<b>199</b>



**Abkürzungsverzeichnis**

A.	Arteria
a.p.	ante partum
ant.	anterior, -ius
Behandl.	Behandlung
BHZP	Bundes Hybrid Zucht Programm
caud.	caudalis, -e
cm	Zentimeter
cran.	cranialis, -e
d	Tag/e
dist.	distalis, -e
ext.	externus, -a, -um
Fa.	Firma
FWIR	far wavelength infrared / fernes Infrarot
g	Gramm
ggr.	geringgradig
GHz	Gigahertz
hgr.	hochgradig
i.m.	intramuskulär
int.	internus, -a, -um
IR	Infrarot
K	Kelvin
KG	Keimgehalt
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
km	Kilometer
Lakt.	Laktation
lat.	lateralis, -e
Lnn.	Lymphonodi
LWIR	long wavelength infrared / fernes oder langwelliges Infrarot
m	Meter
M.	Musculus
m/s	Meter pro Sekunde
Max	Maximum

---

mg	Milligramm
mgr.	mittelgradig
Min	Minimum
min	Minute
Mio.	Million
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MMA	Mastitis, Metritis, Agalaktie
MRT	Magnetresonanztomographie
MWIR	middle wavelength infrared / mittleres Infrarot
N., Nn.	Nervus, Nervi
n.d.	nicht durchgeführt
nm	Nanometer
NWIR	near wavelength infrared / nahes Infrarot
p.p.	post partum
PDS	peripartales Dysgalaktie-Syndrom
PHS	peripartales Hypogalaktie-Syndrom
post.	posterior, -ius
R., Rr.	Ramus, Rami
resp.	respektive
spec.	Spezies
subspec.	Subspezies
supf.	superficialis, -e
SWIR	short wavelength infrared / nahes oder kurzwelliges Infrarot
THz	Terahertz
US	Untersuchung
UV	Ultraviolett
V.	Vena
ventr.	ventralis, -e
vs.	versus
°C	Grad Celsius
µm	Mikrometer
$\bar{X}$	Mittelwert

## Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 2.1:** Schematische Ventralansicht der äußeren Form des Gesäuges mit Lymphversorgung und Innervation aus MORNET et al. (1989).....**8**
- Abbildung 2.2:** Schematische Seitenansicht des Schweines aus MORNET et al. (1989); dargestellt ist die Blutversorgung des Gesäuges.....**10**
- Abbildung 2.3:** Elektromagnetisches Spektrum und Einteilung der Infrarotstrahlung nach INFRATEC (2007); der Infrarotbereich ist in Nahes Infrarot (SWIR), Mittleres Infrarot (MWIR) und Fernes Infrarot (LWIR) untergliedert.....**33**
- Abbildung 2.4:** Prinzip des Infrarot-Messsystems (INFRATEC 2007).....**34**
- Abbildung 3.1:** Multifunktionsmessgerät testo 400 (testo AG, Lenzkirch, Deutschland) zur Bestimmung von Temperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit.....**49**
- Abbildung 3.2:** Versuchsdesign: Aufteilung der Gesamtsauenzahl von 347 Sauen auf die zwei Versuchsgruppen; 1. Verlaufsuntersuchung: Untersuchung von 35 gesunden Sauen vom Betrieb 3: Sauen der 1. Lakt. (n = 17), 2./3. Lakt. (n = 15) und > 3. Lakt. (n = 3); 2. Gesäugesundheit: Untersuchung des Gesäuges zum Absetzzeitpunkt bei 312 Sauen aus den Betrieben 1 (n = 105), 2 (n = 105) und 3 (n = 102); an Mastitis erkrankte Tiere (n = 12) wurden weiterführend untersucht und in chronische Veränderungen (n = 11) und akute Veränderungen (n = 1) eingruppiert; (Lakt. = Laktation).....**50**
- Abbildung 3.3:** Zeitlicher Ablauf in Tagen (d = Tag) der sechs Untersuchungszeitpunkte der Verlaufsuntersuchung vor (a.p. = *ante partum*) und nach (p.p. = *post partum*) der Geburt.....**53**
- Abbildung 3.4:** Zeitlicher Ablauf der Untersuchung einer an akuter puerperaler Mastitis erkrankten Sau (1 d p.p.); dargestellt sind die Untersuchungszeitpunkte vor Behandlung (1 d p.p.) sowie 3 Tage (6 d p.p.) und 12 Tage (15 d p.p.) nach Behandlungsende; (d = Tag, p.p. = *post partum*).....**56**
- Abbildung 3.5:** High resolution inspect Infrarotkamera (VarioCAM<sup>®</sup>, Infratec GmbH, Dresden, Deutschland).....**60**

**Abbildung 3.6:** Rechte Gesäugeleiste einer Sau (rechts) mit der dazugehörigen infrarotthermographischen Aufnahme (links).....**62**

**Abbildung 3.7:** Infrarotthermographische Aufnahme der linken Gesäugeleiste; die weißen Trennlinien sowie die einzelnen kranialen (kran1-7) und kaudalen (kaud1-7) braun umrandeten Bereiche [Pixel] der jeweiligen Gesäugekomplexe sind links dargestellt; Temperaturmittelwert [°C], Minimal- und Maximalwert [°C], Umfang (als Bereich gekennzeichnet) [Pixel], sowie die Standardabweichung von kranial1-7 und kaudal1-7 sind in der Tabelle rechts dargestellt.....**64**

**Abbildung 3.8:** Biopsienadel (Hepafix<sup>®</sup> Luer Lock, Fa. B. Braun Melsungen AG, Deutschland, 1,8 mm Durchmesser) für die Entnahme von Gesäugeparenchym.....**67**

**Abbildung 4.1:** Einfluss der Palpation auf die Oberflächentemperatur des Gesäuges; dargestellt ist ein Thermogramm einer linken Gesäugeleiste vor Palpation (links) und nach Palpation (rechts) mit den jeweiligen Mittelwerten der Komplexoberflächentemperatur der umrandeten Areale.....**78**

**Abbildung 4.2:** Einfluss des Haarkleides auf die Oberflächentemperatur des Gesäuges; dargestellt ist ein Thermogramm einer linken Gesäugeleiste mit an einzelnen Komplexen deutlich behaarter und wenig behaarter Gesäugehaut sowie die jeweiligen Mittelwerte der Komplexoberflächentemperatur der umrandeten Areale.....**79**

**Abbildung 4.3:** Thermogramm einer rechten Gesäugeleiste; dargestellt ist ein Ferkel an einer Zitze (links) und im Anschluss der daraus entstandene feuchte Bereich an der Zitzenbasis sowie zusätzlich ein Kratzer am anderen Komplex (rechts); ebenso sind die jeweiligen Mittelwerte der Oberflächentemperaturen aller umrandeten Komplexbereiche (Gesamtkomplex, feucht, Kratzer) dargestellt (rechts).....**80**

**Abbildung 4.4:** Einfluss der externen Störgrößen Verschmutzung und Feuchtigkeit auf die Oberflächentemperatur des Gesäuges; dargestellt ist ein Thermogramm vor (links) und nach (rechts) Säuberung und Trocknung sowie die jeweiligen Mittelwerte der Gesäugehautoberflächentemperatur der umrandeten Areale im feuchten / verschmutzten sowie im trockenen / gesäuberten Zustand.....**81**

**Abbildung 4.5:** Anzahl der Veränderungen von Kratzern/Verschorfungen, Zitzenverletzungen, Verdickungen in Subkutis und Knoten an den Komplexen (gesamt n = 515; 1 d p.p. n = 470) in Prozent im Verlauf vor und während der Laktation bei 35 gesunden Sauen zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.); (d = Tage, a.p. = *ante partum*, p.p. = *post partum*).....**85**

**Abbildung 4.6:** Dargestellt sind sechs Thermogramme der linken Gesäugeleiste einer Sau im Verlauf vor und während der Laktation zu sechs Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) mit den jeweiligen umrandeten Komplexbereichen für die Berechnung der mittleren Oberflächentemperatur.....**93**

**Abbildung. 4.7:** Umgebungs- und Rektaltemperatur im Verlauf vor und während der Laktation zu sechs Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.); dargestellt sind die durchschnittlichen Werte der Umgebungs- (blau, linke Y-Achse) und Rektaltemperatur (rot, rechte Y-Achse).....**94**

**Abbildung 4.8 :** Vergleich zwischen der aus allen Altersstufen ermittelten Gesamtoberflächentemperatur aller Mammakomplexe und der Rektaltemperatur im Verlauf vor und während der Laktation zu unterschiedlichen Zeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.); dargestellt sind die Mittelwerte der Rektal- und Oberflächentemperatur der Gesäugehaut.....**96**

**Abbildung 4.9:** Vergleich der Oberflächentemperatur der rechten (rot) und linken (blau) kranialen und kaudalen Komplexbereiche jedes Komplexes im Verlauf vor und während der Laktation zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.); dargestellt sind die mittleren Temperaturdifferenzen bezogen auf den kranialen und kaudalen Bereich eines Komplexes. Signifikante Unterschiede zwischen den kranialen und kaudalen Bereichen der jeweilige Komplexen konnten nicht festgestellt werden.....**98**

**Abbildung. 4.10:** Vergleich der Oberflächentemperatur der Komplexe R1-R7 (rot) sowie L1-L7 (blau) beider Gesäugeleisten von 35 gesunden Sauen zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten vor (21, 7, 1 d a.p.) und während (1, 3-4, 14 d p.p.) der Laktation; dargestellt sind die mittleren Oberflächentemperaturen der einzelnen

Komplexe. Signifikante Unterschiede zwischen gegenüberliegenden Komplexen bzw. zwischen Komplexen der jeweiligen Gesäugeleiste konnten nicht festgestellt werden.....**100**

**Abbildung 4.11** : Vergleich zwischen der Komplexoberflächentemperatur des gesamten Gesäuges und der jeweiligen Altersstufen sowie aller Altersstufen zusammengefasst im Verlauf vor und während der Laktation zu sechs unterschiedlichen Zeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.); dargestellt sind die auf die Rektaltemperatur standardisierten Komplexoberflächentemperaturen des gesamten Gesäuges (Differenzwerte) [°C] sowie deren Standardabweichungen; verschiedene Buchstaben geben signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Untersuchungstagen wieder; Unterschiede zwischen den Altersgruppen konnten nicht festgestellt werden.....**101**

**Abbildung 4.12:** Thermogramm einer linken Gesäugeleiste mit voll angebildeten, in Rückbildung befindlichen sowie nicht angebildeten Komplexen; dargestellt sind die Oberflächentemperaturen der einzelnen Komplexe.....**103**

**Abbildung 4.13:** Vergleich zwischen der Komplexoberflächentemperatur und den Altersstufen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) sowie den Betrieben 1-3 unterteilt in angebildete ( $n = 1168$ ), in Rückbildung befindliche ( $n = 112$ ) sowie rückgebildete ( $n = 248$ ) Komplexe bei insgesamt 110 Sauen (insgesamt 1528 Komplexe) am Tag des Absetzens; dargestellt sind die auf die Rektaltemperatur standardisierten Komplexoberflächentemperaturen des gesamten Gesäuges (Differenzwerte) [°C] sowie deren Standardabweichungen; verschiedene Buchstaben geben signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Altersstufen und den Betrieben wieder; (Lakt. = Laktation).....**105**

**Abbildung 4.14:** Linkes Bild: Thermogramm einer linken Gesäugeleiste; dargestellt ist die Oberflächentemperatur eines mit Knoten durchsetzten, chronisch veränderten Bereichs ( $36,06\text{ °C}$ ) im Vergleich zur Oberflächentemperatur des betroffenen Gesamtkomplexes ( $37,81\text{ °C}$ ) und weiterer gesunder Komplexe; am letzten sichtbaren Komplex befindet sich ein Kratzer als Nebenbefund. Rechtes Bild: Foto derselben Gesäugeleiste.....**106**

**Abbildung 4.15:** Vergleich der Oberflächentemperatur (Absolutwerte) sowie deren Standardabweichungen von 13 veränderten Bereichen und den betroffenen Gesamtkomplexen von 11 Sauen mit chronischer Mastitis. In den letzten beiden Balken ist der Unterschied zwischen dem Mittelwert der Oberflächentemperatur von allen veränderten Bereichen und allen betroffenen Gesamtkomplexen (gesamt:  $p < 0,001$ , \*\*\*) dargestellt.....**108**

**Abbildung 4.16:** Dargestellt sind die Temperaturdifferenzen (Absolutwerte) zwischen veränderten Bereichen und den jeweils betroffenen Gesamtkomplexen bei 13 chronisch veränderten Komplexen von 11 Sauen; Die durchschnittliche Temperaturdifferenz mit Standardabweichung zwischen allen veränderten Bereichen und allen betroffenen Gesamtkomplexen ist in dem letzten Balken dargestellt.....**109**

**Abbildung 4.17:** Oberflächentemperatur bei dem akut veränderten Mammakomplex (L4) und den benachbarten gesunden Mammakomplexen (L2, L3, L5, L6) derselben Gesäugeleiste mit Standardabweichungen vor Behandlung; verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede ( $p < 0,01$ ) zwischen den einzelnen Komplexen L2-L6.....**110**

**Abbildung 4.18:** Linkes Bild: Thermogramm einer linken Gesäugeleiste; dargestellt ist die Oberflächentemperatur des akut veränderten Komplexes im Vergleich zu den benachbarten gesunden Komplexen; rechtes Bild: Dargestellt ist das Bild des morphologisch veränderten Gesäuges mit dem geröteten, akut veränderten Komplex und den benachbarten gesunden Komplexen.....**111**

**Abbildung 4.19:** Oberflächentemperatur des an akuter Mastitissymptomatik betroffenen Mammakomplexes (L4) verglichen zu den benachbarten gesunden Komplexen (L2, L3, L5, L6) und der Rektaltemperatur vor und nach Behandlung der betroffenen Sau; die Oberflächentemperatur des akut veränderten Komplexes ist vor Behandlung signifikant höher ( $p < 0,01$ ) und 12 Tage nach Behandlungsende signifikant niedriger ( $p < 0,05$ ) als bei den benachbarten gesunden Komplexen.....**112**

**Abbildung 4.20:** Gesamtes aerobes Keimspektrum (gram-positive und gram-negative Keime) bei der Auswertung aller Proben (jeweils entnommen an Komplex

L2) aufgeteilt nach Milch (n = 25) sowie kranialem und kaudalem  
Gesäugeparenchymbiopat (jeweils n = 25).....114

**Abbildung 4.21:** Keimspektrum mit gram-positiven und gram-negativen Keimen aller  
25 Milchproben unterteilt in die jeweilige Altersgruppe (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3.  
Lakt.).....115

**Abbildung 4.22:** Keimspektrum der 25 Milchproben bezogen auf das Einzeltier  
getrennt nach den Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); dargestellt ist die  
Anzahl der verschiedenen Keimarten pro Sau; (Lakt. = Laktation).....116

**Abbildung 4.23:** Keimspektrum des kranialen und kaudalen Gesäugeparenchyms  
(jeweils Komplex L2, Sauen n = 25) vergleichend für die jeweilige Altersgruppe (1.  
Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) gegenübergestellt; (Lakt. = Laktation).....118

**Abbildung 4.24:** Ergebnisse der 25 Biopate bezogen auf den Gesamtkomplex;  
dargestellt sind der Grad des Keimgehaltes (kein, ggr. Keimgehalt) vergleichend  
zwischen den Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); verschiedene  
Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Altersgruppen;  
(Lakt. = Laktation, ggr. = geringgradig).....120

**Abbildung 4.25:** Vergleich des Keimspektrums in kranialen und kaudalen  
Gesäugebiopaten (jeweils n = 25) bezogen auf das Einzeltier getrennt nach den  
Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); dargestellt ist die Anzahl der  
verschiedenen Keimarten pro Sau; (Lakt. = Laktation).....121

**Abbildung 4.26:** Keimspektrum von Milchproben (n = 25) und Biopaten (gesamt, n  
= 25) vergleichend gegenübergestellt; dargestellt sind der Grad des Keimgehaltes  
(kein, ggr. Keimgehalt) vergleichend zwischen Milch und Biopaten unterteilt in die  
Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); verschiedene Buchstaben zeigen  
signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Milch- und Biopatproben sowie  
Altersgruppen; (Lakt. = Laktation, ggr. = geringgradig).....123

**Abbildung 4.27:** Vergleich des Keimspektrums zwischen Milch- und  
Gesäugebiopatproben (jeweils n = 25) bezogen auf das Einzeltier getrennt nach den



---

Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); dargestellt ist die Anzahl der verschiedenen Keimarten pro Sau; (Lakt. = Laktation).....**124**

**Abbildung 4.28:** Keimspektrum in Milch- und Gesäugebioplatproben von der an akuter Mastitis erkrankten Sau zu verschiedenen Zeitpunkten (vor Behandlung, 3, 12 Tage nach Behandlungsende).....**127**

**Abbildung 9.1:** Untersuchungsprotokoll der klinischen, der thermographischen sowie der bakteriologischen Untersuchungen.....**184**

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 3.1:</b> Bestandsdaten der drei Sauenbetriebe.....	<b>48</b>
<b>Tabelle 3.2:</b> Anzahl der Sauen, die mittels Allgemeinuntersuchung, Adspektion und Palpation, infrarotthermographischer Untersuchung sowie Entnahme von Milch und Gesäugeparenchym bei der Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation kontrolliert wurden; die 35 Sauen wurden entsprechend ihrer Wurfzahl gruppiert; (Lakt. = Laktation).....	<b>54</b>
<b>Tabelle 3.3:</b> Anzahl der Sauen pro Betrieb, die mittels Allgemeinuntersuchung, Adspektion und Palpation, infrarotthermographischer Untersuchung sowie Entnahme von Milch und Gesäugeparenchym bei der Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt kontrolliert wurden; die 312 Sauen wurden entsprechend ihrer Betriebszugehörigkeit gruppiert.....	<b>55</b>
<b>Tabelle 3.4:</b> Benennung (L = links, R = rechts) und Nummerierung (1-8) der einzelnen Gesäugekomplexe nach Lokalisation (axial, thorakal, abdominal, inguinal).....	<b>57</b>
<b>Tabelle 3.5:</b> Score-System für die Gesäugeuntersuchung mit den adspektorischen (Anbildung, Rötung, Zitzenverletzung, Umfangsvermehrung, Kratzer/Verschorfung) sowie palpatorischen (Schmerzhaftigkeit, Temperatur, Gesäugehaut abziehbar, Konsistenz, Verdickung (Subkutis) / Knoten (Mammaparenchym)) Parameter.....	<b>59</b>
<b>Tabelle 3.6:</b> Signifikanzniveaus.....	<b>69</b>
<b>Tabelle 4.1:</b> Externe und interne Einflussfaktoren auf die thermographische Untersuchung und ergriffene Maßnahmen.....	<b>77</b>
<b>Tabelle 4.2:</b> Ausbildungsgrad der Komplexe (nicht angebildet, in Ausbildung resp. in Rückbildung, voll angebildet) aller 35 gesunden Sauen sowie die durchschnittliche Komplexanzahl pro Sau bei der Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation zu unterschiedlichen Zeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) bei den verschiedenen Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); (d = Tag, a.p. = <i>ante partum</i> , p.p. = <i>post partum</i> , Lakt. = Laktation).....	<b>83</b>

<b>Tabelle 4.3:</b> Übersicht über die Anzahl an Komplexen mit adspektorisch und palpatorisch festgestellten Veränderungen (Rötung, Schmerzhaftigkeit, vermehrte Wärme, derbe Konsistenz, Zitzenverletzung, Kratzer/Verschorfung, Umfangsvermehrung, Verdickung in Subkutis, Knoten im Mammaparenchym) zum Absetzzeitpunkt, getrennt nach Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) und den Betrieben 1-3; in Klammern stehende Zahlen geben die Anzahl der Sauen an; (Lakt. = Laktation).....	<b>88</b>
<b>Tabelle 4.4:</b> Ausbildungsgrad der Komplexe (nicht angebildet, in Rückbildung, voll angebildet) aller 312 Sauen sowie die durchschnittliche Komplexanzahl pro Sau bei der Untersuchung auf die Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens bei verschiedenen Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) auf den Betrieben 1-3; (Lakt. = Laktation).....	<b>89</b>
<b>Tabelle 9.1a:</b> Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 21 Tage <i>ante partum</i> .....	<b>187</b>
<b>Tabelle 9.1b:</b> Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 7 Tage <i>ante partum</i> .....	<b>188</b>
<b>Tabelle 9.1c:</b> Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 1 Tag <i>ante partum</i> (n.d. = nicht durchgeführt).....	<b>189</b>
<b>Tabelle 9.1d:</b> Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 1 Tag <i>post partum</i> .....	<b>190</b>
<b>Tabelle 9.1e:</b> Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 3-4 Tage <i>post partum</i> .....	<b>191</b>

- Tabelle 9.1f:** Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 14 Tage *post partum*.....**192**
- Tabelle 9.2:** Anzahl der veränderten Komplexe (Kratzer/Verschörfung, Zitzenverletzung, Verdickung in Subkutis) im Verlauf vor und während der Laktation (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) bei 35 gesunden Sauen unterteilt in die verschiedenen Altersstufen (1. Lakt. n = 17, 2./3. Lakt. n = 15, > 3. Lakt. n = 3); hellgrau markierte Kästchen zeigen die Häufigkeit von 1-2 veränderten Komplexen, die dunkelgrau markierten Kästchen eine Häufigkeit von mehr als zwei auf; (d = Tage, a.p. = *ante partum*, p.p. = *post partum*).....**193**
- Tabelle 9.3:** Anzahl der veränderten Komplexe (Kratzer/Verschörfung, Zitzenverletzung, Verdickung in Subkutis, Knoten im Mammagewebe) zum Absetzzeitpunkt bei 312 Sauen unterteilt in die verschiedenen Altersstufen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) und in die Betriebe 1-3 (Betrieb 1 n = 105, Betrieb 2 n = 105, Betrieb 3 n = 102).....**194**
- Tabelle 9.4:** Korrelationsanalyse nach Spearman mit den jeweiligen Signifikanzwerten für die Verlaufsuntersuchung bei 35 gesunden Sauen vor und während der Laktation; grau markierte Kästchen zeigen die Signifikanz von  $p < 0,05$ .....**195**
- Tabelle 9.5:** Korrelationsanalyse nach Spearman mit den jeweiligen Signifikanzwerten für die Untersuchung auf die Gesäugegesundheit bei 312 Sauen zum Absetzzeitpunkt; grau markierte Kästchen zeigen die Signifikanz von  $p < 0,05$ .....**196**
- Tabelle 9.6:** Grad des Keimgehaltes (kein = 0, ggr. = 1) von Milch- (n = 25) und Bioplatproben (kranial n = 25, kaudal n = 25) bei 25 gesunden Sauen verschiedener Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) entnommen am Komplex L2 am 1. Tag *post partum*; grau markierte Kästchen zeigen einen ggr. Keimgehalt; (Lakt. = Laktation, ggr. = geringgradig, B. = Bioplat, kran = kranial, kaud = kaudal).....**197**

<b>Tabelle 9.7:</b> Mittelwerte und Standardabweichungen der Oberflächentemperaturen der einzelnen Komplexbereiche (kranial, kaudal, Gesamtkomplex) der jeweiligen Gesäugeleiste im Verlauf vor und während der Laktation (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) bei 35 gesunden Sauen.....	<b>198</b>
---	------------



## 1 Einleitung

### 1.1 Problemstellung

Bei der Mastitis der Sau besteht eine lokale Entzündung eines oder mehrerer Mammakomplexe des Gesäuges. Dabei zeigen hochgradig veränderte Komplexe Schwellung, Schmerz, vermehrte Wärme, Rötung und Induration (BILKEI u. HORN 1991; BILKEI et al. 1994a). Häufig geht die Mastitis mit gestörtem Allgemeinbefinden, Fieber und Hypogalaktie, in seltenen Fällen auch mit Agalaktie einher (PLONAIT 2004b). Die Infektion des Gesäuges entsteht meistens galaktogen über die Zitzen (HARVEY 2001).

Ursache von Mastitiden stellen gram-negative Pathogene wie *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* sowie verschiedene *Enterobacter*-Spezies, aber auch gram-positive Pathogene wie Staphylokokken- und Streptokokkenarten dar. Untersuchungen von ROSS et al. (1981), BERTSCHINGER (1999) sowie KEMPER und GERJETS (2009) konnten aber auch ein ähnliches Keimspektrum im Gesäuge von nicht erkrankten Sauen feststellen.

Die Mastitis tritt häufig als Puerperalerkrankung im Zusammenhang mit dem Mastitis-Metritis-Agalaktie (MMA)- bzw. peripartalen Dysgalaktie-Syndrom (PDS) auf. Puerperalerkrankungen der Sauen gehören weltweit zu einem wirtschaftlich wichtigen Krankheitskomplex, der durch reduzierte Milchproduktivität der Muttersau und hohe Mortalitätsraten bei den Ferkeln gekennzeichnet ist (BERTSCHINGER 1999; HOY 2006). Durch Milchmangel bedingte Ferkelverluste hängen eng mit einem Energiedefizit und einer Unterversorgung mit kolostralen Antikörpern zusammen

(CHERTKOV 1986; BILKEI et al. 1994b; ROTT 2004). Eine regelmäßige und gründliche Kontrolle des Gesäuges ist deshalb für eine frühzeitige Erkennung und rechtzeitige Behandlung der Mastitis unabdingbar, um Ferkelverluste und Folgeschäden am Gesäuge, die zur Merzung der Sau führen können, zu vermeiden. Zur Zeit beschränken sich die diagnostischen Untersuchungsmethoden bei der Mastitis der Sau vorwiegend auf die klinische Befunderhebung durch Adspektion und Palpation des Gesäuges und ergänzend auf die makroskopische und bakteriologische Kontrolle des Milchsekrets.

Eine ergänzende Methode für die Diagnostik bei Mastitiden könnte die Infrarotthermographie darstellen. Sie wurde bereits für die Mastitisdiagnostik bei Hunden durch FRANZ (2007), bei Schafen durch MARTINS et al. (2013) sowie bei Kühen durch GLAS (2008) und HOVINEN et al. (2008) eingesetzt. Bei Schweinen wurde die Eignung einer Wärmebildkamera für die Diagnostik von Lungenerkrankungen geprüft (MENZEL 2014, 2015).

Die Thermographie ist eine Untersuchungstechnik, mit der flächenhaft die Oberflächentemperatur eines Körpers oder Organismus sichtbar gemacht werden kann. Dabei können örtliche und zeitliche Veränderungen quantifiziert und in einem Thermogramm dargestellt werden (GLAS 2008). Diese Technik kann daher genutzt werden, da es im akuten Fall einer Mastitis durch den lokalen Entzündungsprozess zu einer Erhöhung der Durchblutung des betroffenen Mammakomplexes und damit zu einer lokalen Temperaturerhöhung des Drüsenparenchyms und der Hautoberfläche kommt. Umgekehrt ist bei chronischen Mastitiden aufgrund von



abgelaufenen Reparationsprozessen mit einer verminderten Durchblutung zu rechnen.

Es sollte in der vorliegenden Arbeit deshalb überprüft werden, ob entsprechende Veränderungen der Oberflächentemperatur der Haut bei Mastitiden mittels Infrarotthermographie detektiert werden können.

## 1.2 Zielsetzung

In dieser Arbeit sollte zunächst bilddiagnostisch mittels Infrarotthermographie der Zustand des klinisch gesunden Gesäuges der Sau während der Hochträchtigkeit und der Laktation dargestellt werden. Um eine Einschätzung der Möglichkeiten der bildgebenden Technik zur Früherkennung von Gesäugeveränderungen zu geben, wurde die Infrarotthermographie mit den adspektorischen und palpatorischen sowie bakteriologischen Befunden (Milchprobe, Gewebebiopat) abgeglichen.

Nachfolgend sollten die infrarotthermographischen Resultate, die an gesunden Sauen gewonnen wurden, mit Befunden an durch akute und chronische Mastitiden veränderten Gesäugekomplexen verglichen werden. Insbesondere sollte kontrolliert werden, ob durch die Infrarotthermographie das Auffinden chronischer Mastitiden zum Absetzzeitpunkt unterstützt werden kann. Zu diesem Zeitpunkt wird in der Regel über die weitere Zuchtnutzung der Sau entschieden. Dabei kommt der Beurteilung der Gesäugegesundheit eine sehr wichtige Rolle zu. Von Bedeutung hierbei ist die Anzahl der betroffenen Gesäugekomplexe und der Grad pathologischer Veränderungen.

Außerdem wurde der bakteriologische Status von Gesäugekomplexen mittels Milchproben ermittelt. Da häufig auch Keime in Milchproben von klinisch gesunden Sauen gefunden wurden, sollte überprüft werden, ob es sich dabei um regelmäßig auftretende Befunde oder eine Kontamination der Proben durch mangelnde Entnahmetechnik handelt. Deshalb wurden vergleichend zu den Milchproben Biopate aus dem Gesäugegewebe entnommen und die bakteriologischen Untersuchungsergebnisse verglichen.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Aufbau und Entwicklung des Gesäuges der Sau

#### 2.1.1 Anatomischer Aufbau und Funktion des Gesäuges

Die Milchdrüse (*Mamma*) ist eine modifizierte Schweißdrüse (HABERMEHL 1984), die für die Produktion und Bereitstellung der Milch für die neugeborenen Ferkel verantwortlich ist (IBEN 2003; LOEFFLER u. GÄBEL 2015). Beim Schwein wird die Milchdrüse als Gesäuge bezeichnet. Das schwach behaarte Gesäuge ist bilateralsymmetrisch, parallel der Medianlinie an der ventralen Rumpfwand federnd-elastisch befestigt (BRAGULLA u. KÖNIG 2009) und erstreckt sich von thorakal bis inguinal (GEYER 2015). Die Aufhängung des Gesäuges an der Bauchwand (*Apparatus suspensorius mammarius*) wird durch die Abspaltung des oberflächlichen und tiefen Blattes der äußeren Rumpffaszie (*Fascia trunci externa*) realisiert. Die Bindegewebshülle bildet das Grundgerüst des Gesäuges und umhüllt zum einen die Milchdrüseneinheiten, zum anderen dringt sie tief in das Drüsengewebe ein und versorgt dieses mit Nerven, Blut- und Lymphgefäßen (HABERMEHL 1984).

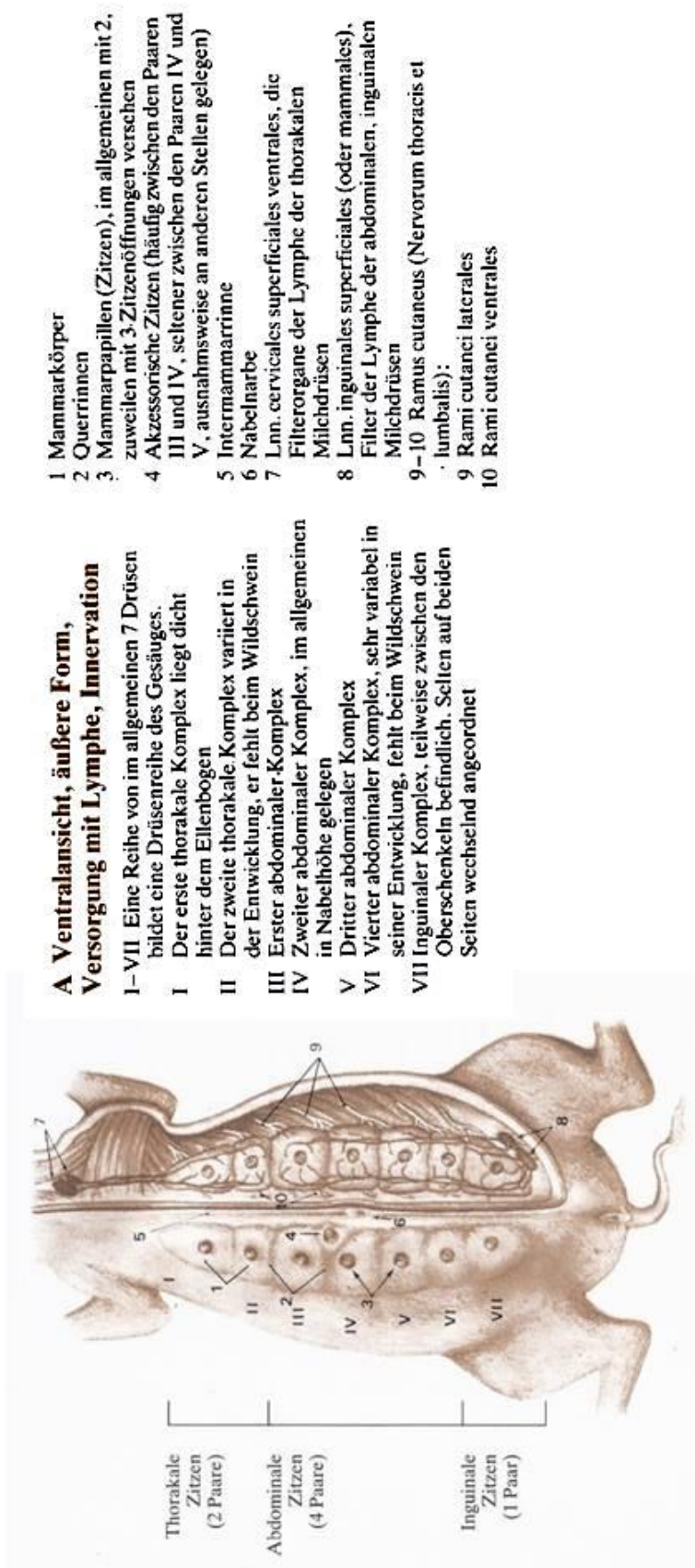
Das Gesäuge besteht aus mehreren Mammakomplexen, welche rechts und links lateral zusammenfassend als Milchdrüsenleiste bezeichnet werden. Beide Milchdrüsenleisten werden durch einen *Sulcus intermammarius* getrennt (BRAGULLA u. KÖNIG 2009). Die Mammakomplexe der rechten und der linken Körperseite sind leicht versetzt zueinander angeordnet, wodurch es den Ferkeln bei seitlich liegender Position der Sau ermöglicht wird, alle Komplexe zu erreichen.

Ein einzelner Mammakomplex setzt sich aus einem halbkugelähnlichen Drüsenkörper (*Corpus mammae*) und einer Zitze (*Papilla mammae*) zusammen (GÜRTLER u. SCHWEIGERT 2000; BRAGULLA u. KÖNIG 2009). Der Drüsenkörper beinhaltet das Drüsenparenchym (*Glandulae mammae*) und das intraparenchymatöse Bindegewebe, welches das Drüsenparenchym in Lappen (*Lobi glandulae mammae*) und Läppchen (*Lobuli glandulae mammae*) aufteilt. Der Drüsenkörper wird von der Haut überzogen. Die Zitze, auch Eversionszitze beim Schwein genannt (GEYER 2015), ist je nach Alter der Tiere zwischen 20 mm und 35 mm lang, unbehaart und beinhaltet einen zweistrahligen, selten auch dreistrahligen 3 mm bis 4 mm langen Zitzen- oder Strichkanal (*Ductus papillaris*) mit Zitzenöffnungen (*Ostia papillaria*), welche jeweils in der Zitzentasche münden (HABERMEHL 1984; GEYER 2015). Jeder Zitzenkanal gehört zu einem getrennten Hohlraumsystem. Pro Mammakomplex sind entsprechend zwei bzw. drei Hohlraumsysteme vorhanden (GEYER 2015). Eine Verbindung bzw. Kommunikation zwischen den einzelnen Hohlraumsystemen eines Mammakomplexes findet in der Regel nicht statt (HABERMEHL 1984). Das Hohlraumsystem beginnt mit den milchgebenden Alveolen. Über die interlobulären Milchgänge (*Ductus lactiferi*) gelangt die Milch in die Zisterne (*Sinus lactifer*) (BRAGULLA u. KÖNIG 2009; GEYER 2015).

Jede Gesäugeleiste hat zwischen sechs und acht Mammakomplexe resp. Zitzen (GEYER 2015; LOEFFLER u. GÄBEL 2015). Je nach Genetik und Rasse variiert die Anzahl, wobei meistens sieben Mammakomplexe vorliegen. Auch der Anteil männlicher Ferkel im Wurf hat einen Einfluss auf die Zitzenanzahl. Ursache hierfür

sind die intrauterine Position der Feten und pränatale Hormone (DRICKAMER et al. 1999). Durch die heutige Züchtung wird eine Anzahl von sieben Mammakomplexen pro Seite präferiert (PLONAIT 2004c).

Es wird zwischen thorakalen, abdominalen und inguinalen Mammakomplexpaaren unterschieden, wobei das erste und zweite Komplexpaar als thorakale, die darauffolgenden vier als abdominale und das letzte Paar als inguinale Mammae bezeichnet wird. Die ersten drei Komplexpaare sind *präumbilikal*, das vierte im Nabelbereich und die anderen *postumbilikal* in etwa gleichem Abstand lokalisiert. Das erste Komplexpaar befindet sich etwas hinter der Vordergliedmaße, wohingegen sich das letzte Paar zwischen den Hintergliedmaßen einschleibt (HABERMEHL 1984). Abbildung 2.1 zeigt schematisch eine Ventralansicht der äußeren Form des Gesäuges mit Lymphversorgung und Innervation.



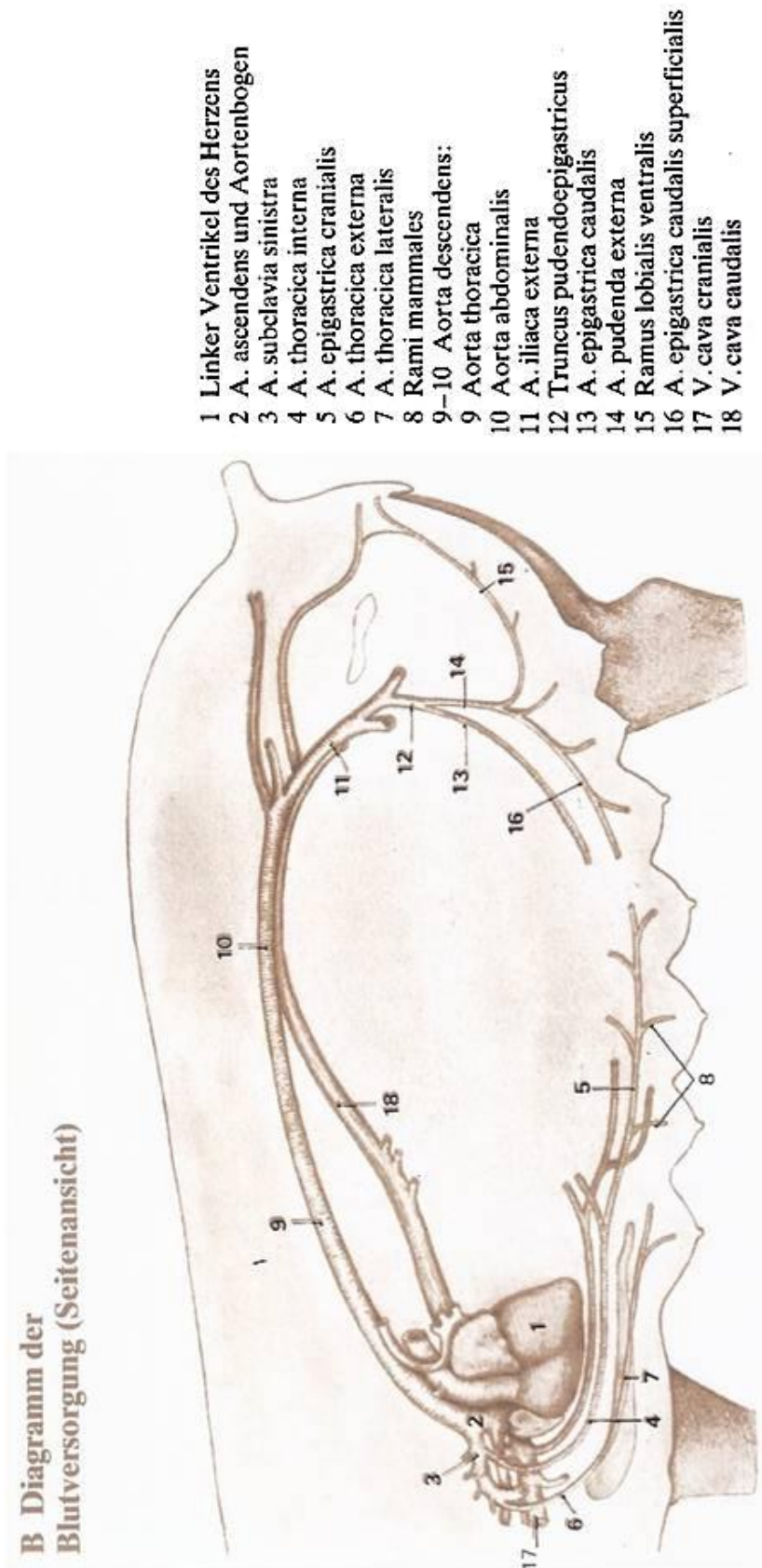
**Abbildung 2.1:** Schematische Ventralansicht der äußeren Form des Gesäuges mit Lympfversorgung und Innervation aus MORNET et al. (1989).

Häufig kommen funktionslose Zitzen, sogenannte Zusatzzitzen vor. Diese kommen meistens nur einseitig und zwischen dem dritten und vierten bzw. seltener zwischen dem vierten und fünften Zitzenpaar vor, sind schwach entwickelt und haben wenig oder keine Verbindung zum Drüsenparenchym. Weiterhin kommen oft sogenannte Afterzitzen vor, welche rudimentär und meist paarweise am Ende des Gesäuges zwischen den Hinterschenkeln lokalisiert sind (HABERMEHL 1984).

#### 2.1.1.1 Gefäßversorgung und Innervation

##### 2.1.1.1.1 Blutgefäßversorgung

Die arterielle und venöse Gefäßversorgung des Gesäuges ist schematisch in Abbildung 2.2 dargestellt.



**Abbildung 2.2:** Schematische Seitenansicht des Schweines aus MORNET et al. (1989); dargestellt ist die Blutversorgung des Gesäuges.



Alle Blutgefäße der Körperwand, die im thorakalen, abdominalen und inguinalen Bereich an die Haut herantreten, versorgen ebenfalls das Gesäuge (HABERMEHL 1984). Für die Versorgung des Gesäuges liegt das arterielle System weitgehend in der Bauchhöhle dorsal an der Bauchwand, wohingegen das venöse System vollständig auf der Bauchseite der Bauchwand außerhalb der Bauchhöhle lokalisiert ist (TROTTIER et al. 1995).

Die arterielle Versorgung der Milchdrüsenkomplexe wird über die *Rr. mammarii* gewährleistet (BRAGULLA u. KÖNIG 2009). Der auf der ventralen Brustwand gelegene erste Mammakomplex wird durch die *Rr. mammarii* der *A. thoracica int.* und *lat.* versorgt (HABERMEHL 1984). Die weiteren Brust- und vorderen Bauchkomplexe werden durch die *Rr. mammarii*, welche aus der *A. epigastrica cran. supf.* der *A. thoracica int.* entspringen, versorgt. Komplexe auf der ventralen Bauchwand und in der Inguinalgegend werden durch die *Rr. mammarii* der *A. epigastrica caud. supf.*, die aus der *A. pudenda ext.* entspringt, versorgt (HABERMEHL 1984; GEYER 2015). Arterielle Anastomosen befinden sich nach TROTTIER et al. (1995) zwischen der *ant.* und *post. A. mammae*.

Der venöse Blutabfluss wird durch die gleichnamigen Venen gewährleistet (GEYER 2015). Bei den thorakalen Mammakomplexen erfolgt dieser über die *V. epigastrica cran. supf.*, die in die *V. epigastrica cran.* mündet, welche das Blut anschließend in die *V. thoracica int.* leitet. Das Blut abdominaler und inguinaler Mammakomplexe wird von der *V. epigastrica caud. supf.*, die in die *V. epigastrica caud.* übergeht und schließlich in der *V. pudenda ext.* mündet, abgeführt (BRAGULLA u. KÖNIG 2009).

#### 2.1.1.1.2 Lymphgefäßversorgung

Die Lymphe fließt aus den thorakalen und kranialen abdominalen Mammakomplexen in die *Lnn. cervicales superficiales ventrales* und *Lnn. sternales craniales* (HABERMEHL 1984; GEYER 2015) und *Lnn. axillares* (BRAGULLA u. KÖNIG 2009).

Aus den kaudalen abdominalen und inguinalen Mammakomplexen fließt die Lymphe über die *Lnn. inguinales superficiales* zu den *Lnn. illiaci mediales* oder *Lnn. iliofemorales* (GEYER 2015).

Lymphgefäßanastomosen beim Schwein werden von HABERMEHL (1984) beschrieben.

#### 2.1.1.1.3 Innervation

Das Gesäuge wird über sensible Leitungsbahnen der Haut und Zitzenhaut und über autonome sympathische und parasympathische Nervenfasern innerviert. Die thorakalen Mammakomplexe werden über die *Rr. mammarii laterales* und *mediales* innerviert. Diese sind Hautäste der *Nn. intercostales*, die auch als Ventraläste der *Nn. thoracici* bezeichnet werden. Die Innervation der abdominalen und inguinalen Mammakomplexe erfolgt über die ventralen Hautäste des *N. iliohypogastricus cran.* und *caud.*, *N. ilioinguinalis* und *N. genitofemoralis*. Zusätzlich werden die inguinalen Mammakomplexe durch einen *R. mammarius* des *R. cutaneus dist. nervi pudendi* innerviert (BRAGULLA u. KÖNIG 2009).

### 2.1.2 Histologischer Aufbau des Gesäuges

Mikroskopisch-anatomisch wird die Milchdrüse beim Schwein als eine modifizierte exokrine, tubuloalveolär zusammengesetzte apokrine Schweißdrüse bezeichnet (LIEBICH et al. 2010). Sie besteht aus zentralen Drüsenkomplexen mit septaler Bindegewebiger Lobulierung (*Interstitium*), verzweigten, alveolären Endstücken und peripher in einer Zitze mündende Ausführungssysteme. Funktionell wird die Milchdrüse auch als Stapeldrüse bezeichnet (LIEBICH et al. 2010).

Das Drüsenparenchym ist in drei funktionell unterschiedliche Abschnitte unterteilt. Die Alveolen sind für die Milchbildung verantwortlich, wohingegen die Milchgänge (*Ductus lactiferi*) die Milch zur Zisterne (*Sinus lactifer*) transportieren, wo sie gesammelt wird. Histologisch bestehen die Alveolen aus einem einschichtigen je nach funktioneller Aktivität isoprismatischen bis hochprismatischen Drüsenepithel (SMOLLICH 1992; LIEBICH et al. 2010). Die *Ductus lactiferi* liegen im intralobulären Bindegewebe und vereinigen sich zu größeren, interlobulären Schläuchen. Proximal sind diese mit einem einschichtigen, distal mit einem zweischichtigen iso- bis hochprismatischen Epithel ausgekleidet. Ein lockeres Netz aus Myoepithelien umgibt sämtliche Milchgänge und dient der Ausschüttung und Weiterleitung der Milch (LIEBICH et al. 2010). Mit einem zweischichtigen iso- bis hochprismatischen Epithel ist auch der *Sinus lactifer* ausgekleidet.

Das Interstitium besteht aus vorwiegend kollagenen Faserbündeln. Nahe der Alveolen und der proximalen *Ductus lactiferi* schließen diese Faserbündel glatte Muskelzellen ein. Die Endalveolen werden durch feinste elastische Fasern korbartig

umfasst (LIEBICH et al. 2010). Die Drüsenalveolen werden von einem dichten Netz von Blutkapillaren umspinnen, die den Hauptbestandteil des intralobulären Interstitiums darstellen (MOSIMANN u. KOHLER 1990).

Die Zitze (*Papilla mammae*) wird in einen Zitzenteil der Milchzisterne (*Sinus lactifer*) und einen Strichkanal (*Ductus papillaris*) unterteilt (WEYRAUCH u. SMOLLICH 1998). Die Wand der Zitze ist in drei Schichten unterteilt, die jedoch nicht scharf abgegrenzt sind. Von innen nach außen gesehen werden Schleimhaut, Gefäß-Muskelschicht und Hautschicht unterschieden (MOSIMANN u. KOHLER 1990). Die Gefäß-Muskelschicht besteht aus einem elastisch-bindegewebig-muskulösen Funktionsgewebe, in welches kollagene und elastische Fasernetze und glatte Muskelzellen eingelagert sind.

Der Verschluss des *Ductus papillaris* wird durch den *M. sphincter papillae* gewährleistet. Dieser besteht sowohl aus zirkulär verlaufenden glatten Muskelfasern als auch aus drei bis vier in Schleimhautfalten liegenden Längssträngen (MOSIMANN u. KOHLER 1990).

Vor der ersten Trächtigkeit besteht das Drüsenparenchym aus soliden sich im Fett- und Bindegewebe befindenden Zellsprossen, die eine Platzhalterfunktion für das Drüsengewebe innehaben. Im laktierenden Zustand wird das Bindegewebe weitgehend durch das Drüsengewebe ersetzt (HABERMEHL 1984).

### 2.1.3 Ontogenese des Gesäuges

#### 2.1.3.1 Embryonale Entwicklung

Die Milchdrüse ist phylogenetisch gesehen eine modifizierte apokrine Hautdrüse (SMOLLICH 1992; WEYRAUCH u. SMOLLICH 1998; GÜRTLER u. SCHWEIGERT 2000), die aus der Epidermis entsteht, wobei strittig ist, ob sie sich von Schweißdrüsen-, Talgdrüsen- oder Haarfollikelanlagen ableitet (SCHNORR u. KRESSIN 2011). Die Entwicklung der Milchdrüse erfolgt unabhängig von dem Geschlecht in der pränatalen Phase der fetalen Entwicklung des Individuums sowie nur beim weiblichen Geschlecht in der postnatalen Phase während der Pubertät und Gravidität (BRAGULLA u. KÖNIG 2009). Sie beginnt mit einer Verdickung der Epidermis resp. des Ektoderms, welches sich als Milchstreifen oder Milchlinie von der thorakalen bis zur inguinalen Lage ausdehnt (SMOLLICH 1992; SINOWATZ 1998). Übertagt die Verdickung der Milchlinie die Oberfläche spricht man von der Milchleiste, welche sich durch das Wachstum der seitlichen Körperwand nach ventral hin verlagert. Durch lokale knopfartige Verdickungen entstehen die Milchhügel (*Gemmae mammae*). Die Milchhügel stellen die Anlagen der Mammakomplexe dar. Pro Milchhügel entsteht eine Zitze. Das Epithel der Milchhügel wuchert als Mammaknospe in die Tiefe und wird vom Areolargewebe umgeben. An der äußeren Oberfläche der Mammaknospe bildet sich durch den Verhornungsprozess ein Hornpfropf, der durch spätere Schrumpfung zu einer Eindellung der Oberfläche führt. Diese Eindellung stellt die Zitzen- oder Mammatasche dar (SINOWATZ 1998).

Die Entstehung des Hohlraumsystems wird durch das in die Tiefe einwachsende Ektoderm der Milchhügel realisiert. Es wird zwischen Primär-, Sekundär- und Tertiärsprossen unterschieden. Der Primärspross stellt später die Zitzenzisterne (*Sinus lactiferus*) und den Zitzen- oder Strichkanal (*Ductus papillaris*) dar. Das Schwein hat zwei bis drei Primärsprosse pro Zitze. Sie entstehen durch das Wachstum des Oberflächenepithels als Epithelzapfen ins Mesenchym. Unter Sekundärsprosse werden die sich aufteilenden Primärsprosse verstanden, die die späteren interlobulären Milchgänge (*Ductus lactiferi*) darstellen. Das sezernierende Milchdrüsengewebe (*Glandulae mammae*) entsteht durch die Tertiärsprosse.

Die Entwicklung der Zitze wird durch Wucherung des Areolargewebes, welches sich kalottenförmig um die Primärsprosse umgibt, gewährleistet. Der Kutiswall, der den peripheren Rand des Areolargewebes darstellt, wird bei der Bildung der Zitze nicht mit einbezogen und bleibt flach. Er bildet den Warzenhof (SCHNORR u. KRESSIN 2011).

#### 2.1.3.2 Puberale und postpuberale Entwicklung

Nach der Geburt nimmt das Gesäuge mit dem Körperwachstum an Größe zu. Die Zitzen werden länger und im späteren Drüsenbereich lagert sich vermehrt eine Fettgewebeschicht ein (HABERMEHL 1984).

Vor der Pubertät entwickelt sich die Milchdrüse kaum weiter und besteht nur aus einem verzweigten Gangsystem (SINOWATZ 1998). Die während der embryonalen Entwicklung angelegten primitiven Milchgänge vergrößern sich durch den Einfluss

von Östrogen, Progesteron, dem Wachstumshormon und den adrenalen Steroiden, wobei die Alveolen beim Schwein, im Gegensatz zur Hündin, noch nicht gebildet werden (SMOLLICH 1992; SCHNORR u. KRESSIN 2011).

Vor der Gravidität beinhaltet das Drüsenparenchym Fett- und Bindegewebe, welches für das Drüsengewebe eine Platzhalterfunktion innehat. Die Menge des eingelagerten Fettgewebes ist gering, jedoch tierspezifisch unterschiedlich (SINOWATZ 1998). Während der Gravidität und der Laktation wird das Fett- und Bindegewebe durch das Drüsengewebe weitgehend ersetzt (HABERMEHL 1984; SMOLLICH 1992).

#### 2.1.3.3 Entwicklung während der Gravidität

Unter Zusammenwirken von Hormonen wird mit der ersten Gravidität eine vollständige Ausdifferenzierung und Funktionsfähigkeit der Milchdrüse erreicht (SMOLLICH 1992; SINOWATZ 1998).

Im Gegensatz zu den Wiederkäuern verläuft die Anbildung bei Sauen sehr schnell ab. So beträgt die Dauer der Anbildung der Drüsenkomplexe während der ersten Gravidität sechs Wochen, wohingegen bei der zweiten Gravidität die Anbildung schon in vier Wochen vollzogen ist (GEYER 2015).

Die Entwicklung der Milchdrüse während der Gravidität wird grob in zwei Abschnitte unterteilt, die Mammogenese und die Laktogenese. Biochemisch werden bei der Differenzierung der Milchdrüse während der Gravidität zwei Phasen unterschieden. Die erste Phase wird als "*Phase der kritischen Mitose*", die zweite Phase als "*Phase*

*der Aufnahme der Biosynthese der Milchhaltsstoffe*" bezeichnet. Hierbei wird eine prozentuale Zunahme des RNA-Gehaltes in den Drüsenzellen verzeichnet (MICHEL 1995).

#### 2.1.3.3.1 Mammogenese

Die volle Ausbildung der Milchdrüse wird als Mammogenese bezeichnet (MICHEL 1995). In der pränatalen Phase findet vorwiegend die Ausbildung der Zitzen, Zisternenholräume und Milchgänge statt. Vor der ersten Gravidität weist die Milchdrüse vorwiegend Fett- und Bindegewebsformationen auf, die Drüsenanlage ist kaum ausgebildet. Zu Beginn der Gravidität wird das Wachstum der Milchdrüse durch das in den Ovarien und später in der Plazenta gebildete Östrogen und Progesteron gewährleistet. Während der Gravidität steigt der Spiegel weiblicher Sexualsteroiden an und es kommt zu einer starken Entfaltung des Drüsenparenchyms, vor allem der Drüsenalveolen (*Alveoli glandulae*) (WEYRAUCH u. SMOLLICH 1998). Im weiteren Verlauf und am Schluss der Mammogenese werden Östrogen, Progesteron, Prolaktin, Wachstumshormon und Kortikosteroide benötigt (HABERMEHL 1984).

#### 2.1.3.3.2 Laktogenese

Bei der Sau beginnt die Milchsynthese und Milchsekretion, auch als Laktogenese oder Laktopoese bezeichnet, erst sehr spät kurz vor der Geburt.



Die Entwicklung des Gangsystems (*Ductus lactiferi*) wird durch Östrogen induziert, wohingegen Progesteron für die Entfaltung und das Wachstum der Drüsenendstücke (Alveolen) verantwortlich ist. Während der Trächtigkeit wird das Hormon Prolaktin, das für die Aktivität der Milchdrüse verantwortlich ist, durch die inhibierende Wirkung von Östrogen gehemmt. Nach dem Abferkeln sinkt der Östrogenspiegel und Prolaktin bewirkt im Zusammenspiel mit Glukokortikoiden die Laktation (SINOWATZ 1998).

#### 2.1.3.4 Laktation

Die Produktion der Milch findet während der Säugeperiode kontinuierlich statt. Die Milch wird in den *Ductus lactiferi* und *Sinus lactiferi* gespeichert. Die Milchsekretion beginnt oft schon einige Stunden bis wenige Tage vor der Geburt (BRAGULLA u. KÖNIG 2009). Hierbei wird die Milch als Tröpfchen gemolken (wenige Tage vor Geburt) oder sie ist als Milchstrahl zu erkennen (wenige Stunden vor Geburt). Die Aufrechterhaltung der Laktation wird als Galaktopoese bezeichnet (GÜRTLER u. SCHWEIGERT 2000).

Oxytocin unterstützt das Einschließen der Milch in die Alveolen, in dem es die Kontraktion der Myoepithelien beeinflusst (LIEBICH et al. 2010). Durch die sensible Innervation der Zitzen und der Milchdrüsenhaut werden nervale Reize, die durch den Saugakt oder durch das Massieren der Mammakomplexe durch die Ferkel ausgelöst werden, zum Zentralnervensystem weitergeleitet. Im Hypothalamus wird daraufhin Oxytocin produziert, das durch die Neurohypophyse in das Blutgefäßsystem ausgeschüttet wird und so in die Milchdrüse gelangt (BRAGULLA u. KÖNIG 2009).

Haben Tiere Schmerzen oder sind sie Stress ausgesetzt, kann durch die vermehrte Adrenalinausschüttung die Bildung des Oxytocins vorübergehend blockiert werden, was zu einer Unterbrechung des Milcheinschießens führt (HABERMEHL 1984).

#### 2.1.3.5 Involution

Werden die Ferkel dem Muttertier entzogen, bildet sich das Drüsenparenchym zurück und es wird durch Fett- und Bindegewebe ersetzt. Die sezernierenden Drüsenzellen der Drüsenendstücke und Ausführungsgänge gehen zugrunde. Die Alveolen verkleinern sich durch den Sekretstau und das Epithel flacht ab (SMOLLICH 1992; LIEBICH et al. 2010). Durch den radikalen Abbau der Milchdrüsenzellen der vorangegangenen Laktation können sich neue Alveolen und neue, voll leistungsfähige Drüsenzellen in der nächsten Laktation ausbilden (GEYER 2015).

Die Involution erfolgt bei den Sauen rasch. So ist schon vier Tage nach dem Absetzen der Ferkel eine deutliche Reduktion der Mammakomplexe ersichtlich und nach zwei Wochen ist die Involution fast vollständig vollzogen (GEYER 2015). Der Rückbildungsprozess wird einerseits vorrangig durch den plötzlichen Sekretstau, andererseits durch die daraus resultierende Dehnung der Drüsenalveolen realisiert (SMOLLICH 1992), was zu einer Kompression der perialveolären Blutkapillaren (MOSIMANN u. KOHLER 1990) und somit zu einer Minderdurchblutung des Drüsengewebes führt. Durch diese Minderdurchblutung wird die Sekretion der Milch herabgesetzt, was auch zu einer Abnahme der hormonalen Stimulation des Milchdrüsenepithels führt (SMOLLICH 1992).

## 2.2 Mastitis

### 2.2.1 Definition und Ätiologie

Unter dem Begriff Mastitis können allgemein Entzündungen des Gesäugeparenchyms verstanden werden, welche vorwiegend bei laktierenden oder gerade abgesetzten Sauen vorkommen. Oft spricht man auch von der Coliformen Mastitis (BERTSCHINGER 1999; GERJETS u. KEMPER 2009). Die Mastitis wird oft in Zusammenhang mit dem Mastitis-Metritis-Agalaktie-Komplex (MMA-Komplex) beschrieben und gehört zu den Puerperalerkrankungen der Sauen (PLONAIT 2004b). Diese Puerperalerkrankungen werden üblicherweise auch unter den Namen postpartales Dysgalaktie-Syndrom (KLOPFENSTEIN et al. 2006), Puerperal-Syndrom oder peripartales Hypogalaktie-Syndrom (PHS) geführt (BILKEI et al. 1994b). Das klinische Erscheinungsbild kann variieren, der Milchmangel ist das häufigste Symptom.

Für die infektiös bedingten Mastitiden gibt es eine Reihe von exogenen und endogenen Faktoren, die die Entstehung der Mastitis beeinflussen. Unter den exogenen Faktoren ist die Stallhygiene zu nennen, aber auch mechanische, thermische und toxische Einflüsse können als Risikofaktoren angesehen werden (GROCH 1986). Mechanische Einflüsse sind unter anderem Traumata durch Tritte auf und gegen das Gesäuge und der Saugakt der Ferkel, wohingegen Luftzug, hohe Luftfeuchtigkeit sowie ungeeignete Temperaturen zu den thermischen Einflüssen zählen. Intoxikationen durch verdorbene Futtermittel oder plötzlicher Futterwechsel können ebenfalls von Bedeutung sein (GROCH 1986). Zu den endogenen Faktoren

zählen unter anderem das Alter, die Wurfzahl, das Stadium der Laktation und die Genetik.

Gram-negative Pathogene wie *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* sowie verschiedene *Enterobacter*-Spezies werden als die häufigste Ursache von Mastitiden angenommen (KLOPFENSTEIN et al. 2006), wohingegen gram-positive Pathogene wie Streptokokken, Staphylokokken und *Aerococcus* spp. weniger häufig zu finden sind (MENRATH et al. 2010). Ein ähnliches Keimspektrum weisen auch Entzündungen im Urogenitaltrakt auf (BERNER 1984), so dass das Urogenitalsekret eine mögliche Infektionsquelle für das Gesäuge darstellt (WENDT u. VERSPOHL 2010). Nach WENDT (2008) stellen *Escherichia coli*, Streptokokken und *Actinobaculum suis* die häufigsten an Harnwegsinfektionen beteiligten mikrobiellen Erreger dar.

Der Infektionsweg kann galaktogen über Strichkanal, Zisterne und Milchgänge gehen, über Wundinfektion durch Wunden an Zitzen und der Gesäugehaut (lymphogene Infektion) oder über das Blut (hämatogene Infektion). Ausgehend von einer Infektion über Kot, Harn und Genitalsekrete (PLONAIT 2004b) muss der galaktogene Weg als die häufigste Ursache angesehen werden (DAHME u. WEISS 1988; HARVEY 2001; WINTER 2009).

Der Charakter und die Ausprägung klinischer Symptome von Mastitiden werden genauso wie die Krankheitsdauer und der Ausgang durch die Pathogenität und Virulenz der Erreger bestimmt. Auch der Funktionszustand der Milchdrüse wird davon beeinflusst (WINTER 2009). Hoher wirtschaftlicher Schaden tritt durch starke

Ferkelverlusten, hohe Behandlungskosten und häufigen Ausschluss der Sauen aus der Zucht auf.

Da die Mastitiden Erkrankungen mit verschiedener meist komplexer Ätiologie sind, ist deren Klassifizierung schwierig. Eine Klassifizierung der Gesäugeentzündungen, welche ätiologische, klinische, pathomorphologische und pathogenetische Gesichtspunkte berücksichtigt, gibt es nicht. Aufgrund der unterschiedlichen Zielstellungen werden unter anderem klinisch orientierte, ätiologisch determinierte, pathomorphologisch orientierte oder kombinierte Einteilungssysteme verwendet (GROCH 1986).

### 2.2.2 Formen der Mastitis

Mastitiden können einerseits durch ihren zeitlichen Krankheitsverlauf, andererseits durch das Vorhandensein von Erregern in der Milch eingeteilt werden. Beim zeitlichen Krankheitsverlauf wird zwischen einem akuten Stadium von wenigen Tagen und einem chronischen Verlauf von mehreren Wochen unterschieden. Weiterhin kann zwischen subklinischer und klinischer Mastitis differenziert werden (WINTER 2009).

#### 2.2.2.1 Subklinische Mastitis

Eine subklinische Mastitis zeichnet sich durch eine Entzündung ohne klinische Symptomatik aus. Der Zellgehalt in der Milch ist aber erhöht und die Milchleistung herabgesetzt. Diese Form der Mastitis ist durch eine mikrobiologische Untersuchung

diagnostizierbar, bei Rindern zusätzlich noch durch den California-Mastitis-Test (WINTER 2009).

#### 2.2.2.2 Klinische Mastitiden

Der Charakter von klinischen Mastitiden ist von Intensität und Dauer des Krankheitsgeschehens im Milchdrüsenparenchym abhängig (GROCH 1986).

Klinische Mastitiden können daher in akute und chronische Mastitiden unterteilt werden. Bei akuten Mastitiden ist eine Entzündungssymptomatik mit Schwellung und Schmerzhaftigkeit des betroffenen Gesäugekomplexes vorhanden. Sie gehen mit einem raschen Krankheitsverlauf und mit Störungen des Allgemeinbefindens einher.

Bei chronischen Mastitiden sind die Veränderungen auf das Gesäuge beschränkt und die Erkrankung erstreckt sich über Wochen. Die Tiere erscheinen selbst gesund.

Die betroffenen Mammakomplexe werden kleiner (WINTER 2009) oder größer (WENDT u. HAIDER 1994), derber und sind teilweise mit Knötchen oder Knoten durchsetzt (WINTER 2009). Bei der Sau können ein einzelner Komplex oder mehrere Komplexe betroffen sein (SCHULZE et al. 1980; MARTINEAU et al. 2012).

##### 2.2.2.2.1 Akute Mastitis (*Mastitis acuta gravis*)

Die *Mastitis acuta gravis* wird auch als Enterobakterien-Mastitis bezeichnet. Sie tritt vorwiegend bei einzelnen Mammakomplexen in den ersten Tagen *post partum* in akuter bis perakuter Form auf. Begleitsymptome sind Hypogalaktie und gestörtes

Allgemeinbefinden (WENDT u. HAIDER 1994). Die akute Mastitis ist oft Bestandteil des MMA-Komplexes (PLONAIT 2004c).

Ätiologisch werden Infektionen mit *Escherichia coli* und Klebsiellen als häufigste Ursache genannt, aber auch verschiedene Arten von Staphylokokken und Streptokokken konnten nachgewiesen werden. Die Infektion geschieht meistens galaktogen über den Zitzenkanal. Pathomorphologisch wird zwischen der katarrhalisch-serösen, hämorrhagischen und der nekrotisierenden Mastitis unterschieden (WENDT u. HAIDER 1994).

#### 2.2.2.2 Chronische Mastitis (*Mastitis apostematosa chronica*)

Die *Mastitis apostematosa chronica* ist eine chronische Entzündung des Gesäuges, gekennzeichnet durch eitrige Einschmelzung des Drüsenparenchyms. Sie kommt vorwiegend durch Mischinfektionen zustande. Sie erstreckt sich auf einzelne oder wenige Mammakomplexe, welche verkleinert (WINTER 2009) oder vergrößert, hart und mit teilweise fluktuierenden knotigen Gebilden durchsetzt sind (WENDT u. HAIDER 1994). Diese Gebilde werden von HULTÉN et al. (2003) als Abszesse und Granulome bezeichnet.

Die *Mastitis apostematosa chronica* verläuft bei Sauen meistens ohne Störung des Allgemeinbefindens. Mikrobiologisch konnten Streptokokken, *Trueperella pyogenes*, *Fusobacterium subspec.* und gram-negative Anaerobier der Gattungen *Bacteroides* verifiziert werden (PLONAIT 2004c).

Differentialdiagnostisch ist diese Mastitisform von der Gesäugeaktinomykose zu differenzieren. Sie unterscheidet sich nur durch die geringere Bindegewebszubildung, die bei der Gesäugeaktinomykose sehr stark ausgeprägt ist (SCHULZE et al. 1980). Palpatorisch steht die chronische Mastitis in enger Verbindung mit der Zitze, ist meist auf der Unterlage verschieblich und weniger knotig (PLONAIT 2004a). Eine exakte Diagnostik ist jedoch nur mittels einer bakteriologischen Untersuchung möglich (WENDT u. HAIDER 1994).

### 2.2.3 Mastitisdiagnostik

#### 2.2.3.1 Klassische Mastitisdiagnostik

Unter der klassischen Mastitisdiagnostik ist die klinische Untersuchung der Sau und ihres Gesäuges zu verstehen. Adspektion und Palpation der einzelnen Gesäugekomplexe sowie deren Zitzen spielen ebenso wie die Untersuchung der Herzfrequenz, der Atmung, des Allgemeinbefindens, des Ernährungszustandes und des Fressverhaltens sowie der Körperkerntemperatur eine entscheidende Rolle. Zur adspektorischen Untersuchung gehört das Erfassen von Anzahl, Größe und Farbe der Gesäugekomplexe sowie Zitzenanzahl, -ausbildung, -lokalisation und -aussehen. Palpatorisch müssen Konsistenz, Verschieblichkeit der Gesäugehaut, Schmerzhaftigkeit sowie vermehrte Wärme der Komplexe beurteilt werden. Ebenfalls sind Grad der Gesäugeanbildung und -rückbildung während der Gravidität, der Laktation und nach Laktationsende zu ermitteln (BAUMGARTNER 2014). Weiterhin ist in Bezug auf die Mastitis adspektorisch auf Entzündungsanzeichen wie Rötung



und Schwellung sowie palpatorisch auf Knötchenbildung und Druckempfindlichkeit zu prüfen (PLONAIT 2004c). Wichtig bei der adspektorischen und palpatorischen Untersuchung ist der Vergleich zwischen der Beschaffenheit, der Symmetrie sowie der Farbveränderungen der einzelnen Gesäugekomplexe (WENDT et al. 1998; WINTER 2009). Dennoch ist eine Allgemeinuntersuchung sowie eine adspektorische und palpatorische Untersuchung des Gesäuges nicht ausreichend (BERTSCHINGER 1984), da subklinische und chronische Mastitiden mit geringer Ausprägung nur schwer zu diagnostizieren sind. Eine ergänzende makroskopische und bakteriologische Untersuchung des Milchsekretes ebenso wie die Zellzahlbestimmung in der Milch geben Aufschluss über Ätiologie der Mastitis und Pathogenität der Erreger. Die Milchprobenentnahme sollte nach manueller Massage und Desinfektion des Gesäugekomplexes und deren Zitze erfolgen (BAUMGARTNER 2014).

#### 2.2.3.2 Ergänzende bildgebende Mastitisiagnostik

Als mögliche diagnostische Verfahren für eine Früherkennung von veränderten Brust-, Euter- und Gesäugekomplexen können neben der klinischen Adspektion und Palpation bildgebende Verfahren wie Mammographie, Magnetresonanztomographie (MRT), Ultrasonographie und Thermographie eingesetzt werden.

In der Humanmedizin werden routinemäßig bildgebende Verfahren in der Brustkrebsfrüherkennung verwendet. So zeigten WARNER et al. (2001) und KUHLE et al. (2005) eine Verbesserung in der Früherkennung von tumorös veränderten

Brustkomplexen bei der gemeinsamen diagnostischen Anwendung von MRT, Mammographie und Sonographie. Neben diesen Verfahren wird auch die Thermographie in der Brustkrebserkennung eingesetzt. Daneben findet sie noch in der Beurteilung von Diabetes und in der Differenzierung von Verbrennungsgraden Anwendung (HEAD u. ELLIOTT 2002).

In der Veterinärmedizin hat sich vor allem die Sonographie in der Mastitisdiagnostik bewährt. TRASCH et al. (2007) hat das physiologische sowie durch Mastitis veränderte Gesäuge bei der Hündin sonographisch beschrieben. BAER und BILKEI (2005) haben sonographisch die Milchdrüse bei Sauen mit Mastitissymptomatik untersucht und konnten im Vergleich zu gesunden Sauen eine Steigerung des Anteils hyperechogener Areale feststellen. Sonographische Untersuchungen an Kühen mit induzierter *Staphylococcus-aureus*-Mastitis wurden durch BANTING (1998) beschrieben. FLÖCK und WINTER (2006) haben bei Rindern mittels der Sonographie zusätzliche Informationen zum Euterstatus sowie Veränderungen in der Echogenität bei veränderten Eutern festgestellt. FRANZ et al. (2003) untersuchten sonographisch Struktur und Zustand des Euters und der Zitzen an Mutterschafen. Sie konnten Veränderungen, die typisch für eine subklinische oder klinische Mastitis und assoziiert mit einem positiven California-Mastitis-Test waren, aufzeigen.

Die routinemäßige Mastitisdiagnostik mittels Thermographie hat dagegen noch wenig Anwendung gefunden. Einige Studien an Kühen (GLAS 2008; HOVINEN et al. 2008) sowie bei Schafen (MARTINS et al. 2013) zeigen aber, dass sich die Infrarotthermographie als mögliches diagnostisches Verfahren eignet.

## 2.3 Thermographie

### 2.3.1 Biologische und physikalische Grundlagen

Menschen sind homoiotherme resp. gleichwarme Lebewesen, deren Körperkerntemperatur auch bei wechselnder Umgebungstemperatur konstant gehalten wird. Die Aufrechterhaltung der Körperkerntemperatur ist nur durch ein Gleichgewicht zwischen der Wärmeproduktion sowie Wärmeaufnahme und der Wärmeabgabe möglich (SILBERNAGEL u. DESPOPOULOS 2001). Die Haut und die Gliedmaßen verhalten sich dagegen quasi poikilotherm resp. wechselwarm.

Thermosensoren befinden sich sowohl in der Haut (periphere Thermosensoren) wie auch im Körperinneren (zentrale Thermosensoren) (JESSEN 2000; SILBERNAGEL u. DESPOPOULOS 2001). Die Körperkerntemperatur wird ständig durch diese Thermosensoren, welche die momentane Temperatur (Istwert) messen, überprüft und im Gehirn vom Hypothalamus mit dem Sollwert verglichen. Zeigt sich eine Veränderung zwischen Istwert und Sollwert wird neuronal die Regulierung über den Hypothalamus vorgenommen.

Entscheidend für den Wärmetransport vom Körperkern zur Peripherie (Haut) ist die Hautdurchblutung (SILBERNAGEL u. DESPOPOULOS 2001). Dabei fungiert die Haut als Bindeglied zwischen Körperinnentemperatur und Umgebungstemperatur. Viele Stellglieder der Körpertemperatur besitzen eine Vernetzung mit Regelkreisen für andere Körperfunktionen und sind gleichzeitig Informationsträger für andere Regelsysteme des Körpers. Dadurch erhält die Thermographie die diagnostische Relevanz (GLAS 2008).

Unter dem Begriff Temperatur versteht man im physikalischen Sinne das Maß für die durchschnittliche kinetische Energie der Moleküle einzelner Körper. Sie wird in Kelvin angegeben (GIANCOLI 2006).

Grundlage für die Thermographie und deren Funktion in verschiedenen Kamerasystemen stellt die Strahlung mit deren Strahlungsgesetzen dar. Trifft Strahlung auf einen Körper, so wird diese, je nach Eigenschaften des Körpers, zu Teilen reflektiert, absorbiert und/oder transmittiert. Wird Strahlung von einem Körper aufgenommen, so spricht man von Absorption. Dabei wird die aufgenommene Strahlungsenergie in Wärme, in elektrische oder in chemische Energie umgewandelt. Bei der Reflexion wird die Strahlung an der Körperoberfläche zurückgeworfen. Durchdringt die Strahlung den Körper und breitet sie sich weiter aus, spricht man von Transmission. Absorption, Reflexion und Transmission treten vorwiegend gleichzeitig auf. Da keine Energie verloren geht (Energieerhaltungssatz), ist die Summe aus Absorption, Reflexion und Transmission immer eins resp. hundert Prozent (HELLENTHAL 1999). Die Eigenschaften eines Körpers werden durch den jeweiligen Grad (prozentualer Anteil) von Absorption, Reflexion und Transmission beschrieben. Jeder Körper, gleich welcher Art, bei dem die Temperatur über dem absoluten Nullpunkt (0 K oder  $-273\text{ °C}$ ) liegt, gibt elektromagnetische Strahlung resp. Temperatur- oder Wärmestrahlung ab (INFRATEC 2007). Dies wird als Emission bezeichnet.

Der Zusammenhang zwischen Absorption und Emission eines Körpers im thermischen Gleichgewicht wurde durch den deutschen Physiker Gustav Robert

Kirchhoff beschrieben und als das Kirchhoff'sche Strahlungsgesetz bezeichnet. Das Gesetz besagt, dass bei einem Körper im thermischen Gleichgewicht bei gegebener Wellenlänge der Grad der Absorption und Emission gleich ist. Die Strahlungsleistung eines Körpers ist nach den österreichischen Physikern Josef Stefan und Ludwig Boltzmann proportional zur vierten Potenz der Temperatur. Das daraus entstandene Stefan-Boltzmann-Gesetz und die daraus resultierende Stefan-Boltzmann-Konstante besagen, dass ein Körper, welcher doppelt so warm ist, 16 mal stärker strahlt als ein Körper mit einfacher Temperatur (GIANCOLI 2006).

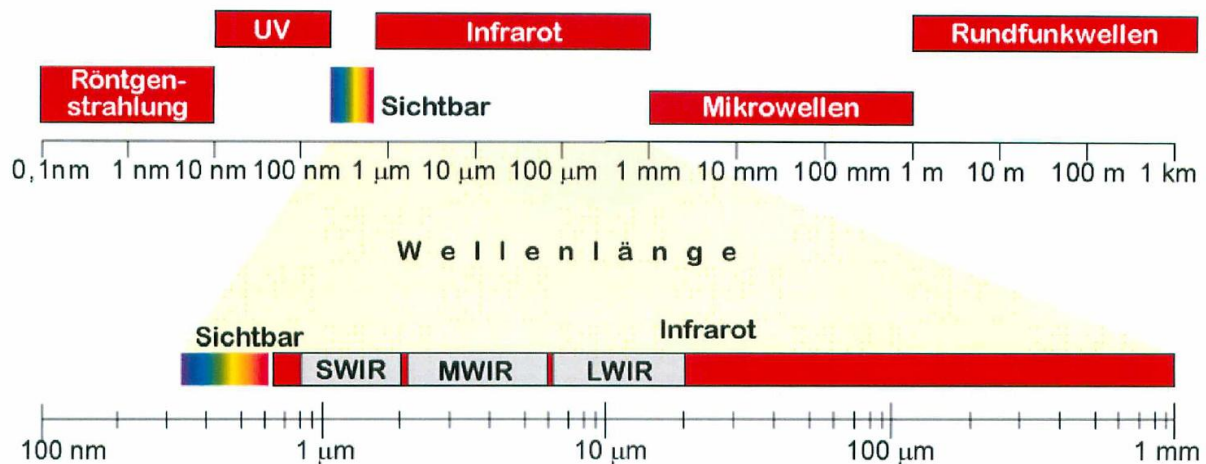
Die Temperatur- oder Wärmestrahlung ist ein Gemisch elektromagnetischer Wellen eines breiten Wellenlängenbereichs. Das Planck'sche Strahlungsgesetz, nach dem deutschen Physiker Max Karl Ernst Ludwig Planck benannt, beschreibt die Verteilung der thermischen Strahlung eines Körpers in Abhängigkeit der Wellenlänge oder Frequenz (HELLENTHAL 1999; INFRATEC 2007). Körper, welche die gesamte auftreffende Strahlung absorbieren, werden als schwarze Körper bezeichnet. Sie erscheinen bei Beleuchtung schwarz, da keine Strahlung reflektiert wird. Die Wärmestrahlung, welche ein schwarzer Körper emittiert, ist weder von der Beschaffenheit noch von der Oberfläche des Körpers, sondern nur von seiner Temperatur abhängig. Schwarze Körper, auch schwarze Strahler genannt, besitzen immer eine stärkere Wärmestrahlung als reale Körper gleicher Temperatur (INFRATEC 2007). Durch diese Eigenschaften können schwarze Körper für viele praktische Untersuchungen aber auch für theoretische Überlegungen bei elektromagnetischer Strahlung als Grundlage resp. Referenz dienen.

Bei welcher Wellenlänge bzw. Frequenz ein schwarzer Körper je nach seiner Temperatur die maximale Strahlungsleistung abgibt, wird durch das Wien'sche Verschiebungsgesetz, welches nach dem deutschen Physiker Wilhelm Wien benannt wurde, beschrieben (INFRATEC 2007).

### 2.3.2 Thermo- und Infrarotthermographie

Unter physikalischen Gesichtspunkten versteht man unter der Thermographie die Messung der Wärmestrahlung eines Körpers oder Organismus. Körper und Organismen besitzen unterschiedliche Oberflächentemperaturen. Bei Lebewesen wird diese Variation der Oberflächentemperaturen durch die Stoffwechselaktivität, die Blutzirkulation sowie den Wärmeaustausch zwischen Haut und Umgebung erreicht (ZAPROUDINA et al. 2008).

Unter Infrarotstrahlung versteht man elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen 0,8  $\mu\text{m}$  und 1 mm (INFRATEC 2007), die für die Thermographie und zur Erzeugung von Wärmebildern verwendet wird. Diese Wellenlänge entspricht einem Frequenzbereich von 300 GHz bis 400 THz. Da der Frequenzbereich unterhalb des roten Lichtes liegt, wird diese Strahlung als "infra"-rot (lateinisch: unterhalb) bezeichnet. Nach INFRATEC (2007) wird die Infrarotstrahlung, wie in Abbildung 2.3 dargestellt, in das elektromagnetische Spektrum eingeordnet.



**Abbildung 2.3:** Elektromagnetisches Spektrum und Einteilung der Infrarotstrahlung nach INFRATEC (2007); der Infrarotbereich ist in Nahes Infrarot (SWIR), Mittleres Infrarot (MWIR) und Fernes Infrarot (LWIR) untergliedert.

Die Infrarotstrahlung wird in Teilbereiche untergliedert. So wird Infrarotstrahlung nach INFRATEC (2007) folgendermaßen eingeteilt.

Wellenlängen von 0,8-2,0  $\mu\text{m}$  werden als Nahes Infrarot (**Short Wavelength InfraRed**, SWIR) bezeichnet.

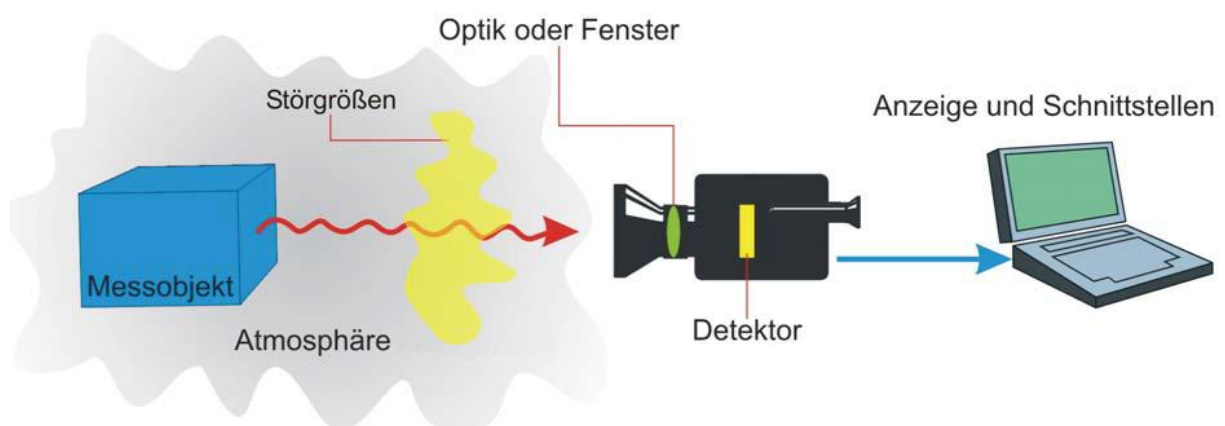
Wellenlängen von 2,0-6,0  $\mu\text{m}$  werden als Mittleres Infrarot (**Middle Wavelength InfraRed**, MWIR) bezeichnet.

Wellenlängen von 6,0-20,0  $\mu\text{m}$  werden als Fernes Infrarot (**Long Wavelength InfraRed**, LWIR) bezeichnet.

Andere Einteilungssysteme differenzieren genauer und verwenden zum Teil ähnliche Bezeichnungen: So wird die Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge von 0,8-1,4  $\mu\text{m}$  als Nahes Infrarot (**Near Wavelength InfraRed**, NWIR), Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge von 1,4-3,0  $\mu\text{m}$  als Kurzwelliges Infrarot (SWIR), Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge von 3,0-8,0  $\mu\text{m}$  als Mittleres Infrarot (MWIR), Infrarotstrahlung mit

einer Wellenlänge von 8,0-15,0  $\mu\text{m}$  als Langwelliges Infrarot (LWIR) und Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge von 15,0  $\mu\text{m}$  bis 1,0 mm als Fernes Infrarot (Far Wavelength InfraRed, FWIR) bezeichnet.

Das Prinzip eines Infrarot-Messsystems kann aus der Abbildung 2.4 entnommen werden.



**Abbildung 2.4:** Prinzip des Infrarot-Messsystems (INFRATEC 2007)

Eine Infrarotkamera, auch Detektor genannt, misst mittels des thermischen Sensors resp. Mikrobolometers die Strahlungsintensität elektromagnetischer Strahlung eines Messobjektes (Körper, Organismus) und konstruiert aus den Messpunkten ein Bild, welches als Thermogramm bezeichnet wird. Dieses Thermogramm wird an einen Computer gesendet und kann dort mit Hilfe einer speziellen Software analysiert werden. Flächen, die eine höhere Stoffwechselaktivität wie zum Beispiel in Tumoren oder Entzündungen besitzen, zeigen in einem Thermogramm durch eine höhere Wärmestrahlung eine höhere Temperatur (GIANCOLI 2006). Obwohl sich die



Wärmestrahlung nicht im sichtbaren Wellenbereich befindet, kann dies durch die Thermographie mittels des Wärmebildes sichtbar gemacht werden, da jeder Farbton für einen bestimmten Wellenbereich steht und damit einer absoluten Temperatur zugeordnet wird (INFRATEC 2007).

Man unterscheidet zwischen der passiven und aktiven Thermographie.

Bei der passiven Thermographie werden durch eine Kamera Unterschiede der Oberflächentemperatur an Körpern und Organismen detektiert. Die Wärmestrahlung wird dabei durch die Körper und Organismen selbst realisiert. Beispiele wären im Bauwesen die Fußbodenheizung und in der Medizin die Durchblutung (HEINRICH et al. 2001; WESTEBBE 2004). Bei der aktiven Thermographie dagegen wird den Körpern oder Organismen Wärme über einen begrenzten Zeitraum hinzugefügt. Da zuvor ein thermisches Gleichgewicht zwischen Körper und Umgebung bestand, dieses aber nun durch die Zufügung der Wärme aus dem Gleichgewicht geraten ist, können diese zeitlich veränderten Temperaturfelder thermographisch gemessen werden. Ein Beispiel für die aktive Thermographie stellt der Nachweis von Einschlüssen in Baukonstruktionen und im Erdreich dar (HEINRICH et al. 2001; WESTEBBE 2004).

Für die Medizin stellt die Thermographie eine bildgebende Technik dar, welche Strahlung im Infrarotbereich benutzt sowie nichtinvasiv, schmerzfrei und reproduzierbar ist (RÖHLINGER et al. 1979; STEWART et al. 2005). Jedoch wird die Infrarotthermographie von externen und internen Faktoren beeinflusst. So stellen Faktoren wie Qualität der Kamera, Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit und

Luftströmungen, aber auch andere Wärmequellen externe Störgrößen dar. Physiologische Parameter wie Variabilität der Durchblutung, Körperkerntemperatur, Behaarung sowie Schweißbildung und -verdunstung werden als interne Störgrößen gezählt (CLARK u. CENA 1972, 1977; RÖHLINGER et al. 1979). Diesen Faktoren bzw. Störgrößen muss bei der Auswertung besondere Beachtung geschenkt werden. Die Infrarotthermographie bietet in ihrer vielfältigen Anwendung nicht nur Vorteile, sondern es sind auch einige Nachteile zu verzeichnen. Zu den Vorteilen zählen die schnell an unbewegten und bewegten Objekten, sowie in gefährlichen oder schwer zugänglichen Bereichen durchführbaren Messungen, die Messung hoher Temperaturen sowie die Möglichkeit einer flächenhaften Messung. Weiterhin hat die Infrarotthermographie selber keine Auswirkung auf das Messobjekt sowie keine mechanische Einwirkung auf die Oberfläche. Dagegen müssen jedoch die zu messenden Objekte für das Infrarot (IR)-Thermometer optisch (infraoptisch) sichtbar sein und der Messkopf vor Staub und kondensierenden Flüssigkeiten geschützt werden. Weiterhin lassen sich nur Oberflächentemperaturen messen, wobei deren unterschiedliche Abstrahlungseigenschaften beachtet werden müssen (FAG 2004).

### 2.3.3 Anwendungsgebiete der Thermographie

Die Infrarotthermographie hat eine große Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten. So hilft die Infrarotthermographie bei der Früherkennung von erhöhten oder abnormen Temperaturen in Forschung, Entwicklung, Qualitätssicherung und in der Fertigung und Produktion (INFRATEC 2015).

Im militärischen Bereich diente und dient die Infrarotthermographie noch bis heute in der Aufklärungs- und Raketentechnik sowie Minen- und Personenortung (WESTEBBE 2004).

BERNHARD (2014) beschreibt die Einsatzmöglichkeiten der Infrarotthermographie bei der zerstörungsfreien Werkstoff- und Werkstückprüfung, Erkennung und Ortung von unterschiedlich warmen Zonen an technischen, medizinischen und biologischen Objekten sowie in der Umwelt.

Der technische Einsatz der Infrarotthermographie umfasst unter anderem die Elektronik-, Automobil- und Metallindustrie sowie die Chemieindustrie. So können bei der Elektronikindustrie mittels infrarotthermographischer Verfahren Haushaltsgeräte, Computer und jegliche elektronische Geräte wie Motoren, Generatoren, Klimaanlage, Kühl- und Gefrierschränke, Mikrowellenherde, Elektroherde, Backöfen und vieles mehr auf Defekte hin überprüft werden. In der Automobilindustrie können unter anderem Sitzheizungen, Klimaanlage, Abgassysteme, Gebläse und Heckscheibenheizungen überprüft werden. Druck-, Fräs- und Rotationsmaschinen genauso wie Schmelzöfen, Turbinen und Schweißautomaten können in der Metallindustrie mittels der Infrarotthermographie auf Fehler hin untersucht werden. In der Chemieindustrie können Düsen für Produktionsmaschinen, Plastikfolien, Isolationsmaterialien oder Raffinerieöfen kontrolliert werden (FAG 2004).

Bei der Gebäudethermographie werden an Wohnungen und Häusern bei der Beheizung Wärmeverluste gemessen. Hierbei können feuchte Stellen und defekte Rohrleitungen geortet werden (FAG 2004).

Die Industriethermographie beschäftigt sich mit Kontrollmessungen an Industrieanlagen, zum Beispiel zur Überprüfung von Isolationen und Rohrleitungen. Weiterhin können Überhitzungen detektiert werden (FAG 2004).

Für die Erstellung von Fehlerdiagnosen wird nach HUBER (2009) heutzutage die Infrarotthermographie als Schadensfrüherkennungsmethode integriert. HUBER (2009) beschreibt den vielfältigen Einsatz der Infrarotthermographie in der chemischen Industrie für Maschinen- und Anlagentechnik.

Die Infrarotthermographie kann auch bei Fragen zum Umweltschutz Anwendung finden. So werden Gewässereinleitungen kontrolliert oder Schädigungen von land- und forstwirtschaftlichen Kulturen festgestellt und analysiert (FAG 2004).

In der Human- und Veterinärmedizin können Oberflächentemperaturen sichtbar gemacht und dokumentiert werden, die durch Durchblutungsstörungen oder durch jegliche mit der Durchblutung zusammenhängende Krankheitsprozesse wie Entzündungen bei Mensch und Tier, beeinflusst werden.

#### 2.3.3.1 Thermographie in der Humanmedizin

Bei bestimmten Fragestellungen wird bereits die Infrarotthermographie als ergänzendes Untersuchungsverfahren in der Humanmedizin eingesetzt (JIANG et al. 2005; DIAKIDES et al. 2013). Sie stellt ein wichtiges Instrument der Brustkrebserkennung im frühen Stadium dar. ARORA et al. (2008) konnten in einer Studie zur Brustkrebserkennung an 92 Frauen, bei denen im Ultraschall oder bei der Mammographie fragliche tumoröse Veränderungen diagnostiziert wurden, mittels

digitaler Infrarotthermographie eine 97 %ige Sensitivität zur Detektion von pathologisch verändertem Brustparenchym feststellen. Demgegenüber haben KONTOS et al. (2011) bei einer Studie mit 63 Patienten vergleichend mit Ultraschall und Mammographie nur eine Sensitivität von 25 % feststellen können. KIRUBHA et al. (2012) zeigten bei künstlich induzierten Mammatumoren in Ratten, dass die Infrarotthermographie ein erhebliches Potenzial bei der Überwachung von Brustkrebs sowie bei der Diagnose im Anfangsstadium hat.

Ein anderes Anwendungsgebiet in der Humanmedizin haben RING et al. (1974) bei ihrer Studie über die Wirkung von nichtsteroidalen Entzündungshemmern mittels der Thermographie und dem Thermographieindex bei der Arthritistherapie erschlossen.

SCHIAVENATO und THIELE (2012) konnten zeigen, dass die Thermographie bei Patienten mit subklinischer Entzündung bei chronischer Gicht mit Gichtknoten ein sicheres und kostengünstiges bildgebendes Verfahren in der Dokumentation darstellt. Es zeigte sich ebenfalls eine gute Korrelation zwischen Thermographie und Dopplersonographie.

SHADA et al. (2013) konnten zeigen, dass die kostengünstige nichtinvasive Infrarotthermographie in der Differenzierung von palpierbaren, subjektiv wärmeren Melanommetastasen eine exzellente Sensitivität und Spezifität gegenüber gutartigen Läsionen in der Haut aufwies.

### 2.3.3.2 Thermographie in der Veterinärmedizin

Der Einsatz der Thermographie reicht bis in das Jahr 1964 zurück. Dort wurde durch SMITH (1964) die Verwendung der Thermographie an Pferden beschrieben. Er konnte zeigen, dass bei Prellungen, Quetschungen und überdehnten Sehnen die lokale Oberflächentemperatur gegenüber gesunden Tieren erhöht war.

Studien am Euter mittels Temperaturmessung reichen bis 1984 zurück. Dort haben ARAKI et al. (1984) Euter von trockenstehenden Kühen sowie Kühen in früher und später Laktation untersucht. Sie stellten fest, dass Kühe in Laktation empfindlicher auf Temperaturschwankungen der Umwelt reagierten als trockenstehende Kühe. BERRY et al. (2003) zeigten in ihrer Studie, dass unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur eine Mastitisedektion mittels Infrarotthermographie am Kuheuter möglich ist. GLAS (2008), HOVINEN et al. (2008) und METZNER et al. (2015) konnten ebenfalls den erfolgreichen Einsatz der Infrarotthermographie bei Kühen bei der Erkennung einer künstlich induzierten *Escherichia-coli*-Infektion in Eutervierteln aufzeigen. Ebenso konnten COLAK et al. (2008) und POLAT et al. (2010) nachweisen, dass im Gegensatz zur Körperinnentemperatur die Infrarotthermographie sensitiv genug ist, verschiedene Schweregrade von Infektionen des Euters zu detektieren. Daher sind sie der Auffassung, dass die Infrarotthermographie für das Mastitis-Screening bei Milchkühen eingesetzt werden kann. Außerdem ist sie nach POLAT et al. (2010) ein nützliches Verfahren bei der Früherkennung von subklinischen Mastitiden, um eine rechtzeitige Therapie einleiten zu können. Unter Verwendung von speziellen Graphik-Tools könnte die

Infrarotthermographie nach METZNER et al. (2014) für die automatische Kontrolle der Gesäugegesundheit in Betracht gezogen werden.

Die Eignung der Infrarotthermographie für die Diagnostik von tumorös veränderten, kaninen Gesäugen wurde durch FRANZ (2007) überprüft.

Ein Mastitisnachweis bei Schafen mittels Infrarotthermographie ist durch MARTINS et al. (2013) beschrieben. Die Autoren konnten zeigen, dass eine Differenzierung zwischen gesunden Eutern sowie subklinischen und klinischen Mastitiden mittels der Infrarotthermographie möglich ist.

Aber nicht nur bei Entzündungen der Mamma ist die Thermographie ein mögliches diagnostisches Instrument, auch bei anderen entzündlichen Erkrankungen wie Gelenk- oder Sehnenentzündungen, sowie bei neuromuskulären Erkrankungen, Lahmheit und Wirbelsäulenveränderungen findet sie Anwendung (PUROHIT et al. 1980; TURNER 1993; WALDSMITH u. OITMANN 1994).

Für Schulterverletzungen bei Sauen könnte die Infrarotthermographie nach WESTIN und RYDBERG (2010) erfolgreich zur Risikoeinschätzung eingesetzt werden, da erste Veränderungen mit diesem Verfahren schon vor dem Auftreten der klinischen Symptomatik detektiert werden können.

Trainingseffekte und dabei auftretende Erkrankungen bei Rennpferden wurden mit Hilfe der Infrarotthermographie durch WALDSMITH und OITMANN (1994) und GHAFIR et al. (1996) untersucht.

Studien von SCHAEFER et al. (2004, 2012) zeigten, dass mit der Infrarotthermographie eine Früherkennung von Boviner Virusdiarrhoe bei infizierten

Kälbern und Kühen möglich ist. An verschiedenen Oberflächen wie Auge, Ohr, Nase, Klauen, Rücken und seitliche Körperwand konnten sie Temperaturunterschiede zwischen infizierten und nicht infizierten Kälbern registrieren. Bei Kühen konnte mittels einer automatischen Dokumentation von infrarotthermographischen Daten effektiv eine Unterscheidung zwischen positiv und negativ getesteten Tieren getroffen werden. Die Arbeit zeigte weiter, dass solch eine Technologie der automatischen Erfassung von biometrischen Daten ein nützliches Verfahren für die biologische Überwachung und Sicherheit darstellt.

Ein weiteres Anwendungsgebiet für die Infrarotthermographie untersuchten NIKKHAH et al. (2005). Sie verglichen Klauen von Kühen in früher und später Laktation und überprüften dabei, ob durch Klauenrehe hervorgerufene Entzündungssymptome detektiert werden konnten. Die Resultate bestätigten den erfolgreichen Einsatz der Infrarotthermographie für die Diagnostik von Entzündungen bei Klauenrehe und somit für die Klauengesundheit.

De LIMA et al. (2013) testeten den Einsatz der Infrarotthermographie bei der Untersuchung auf Hitzebelastungen bei Kaninchen. Mittels dieses bildgebenden Verfahrens untersuchten sie die Wärmeverluste unterschiedlicher Körperstellen wie Nase, Augen sowie Außen- und Innenohr. Eine Kaninchengruppe wurde über ein Jahr bei einer Umgebungstemperatur unterhalb von 30 °C, die andere Gruppe oberhalb von 32 °C gehalten. Als Ergebnis für die infrarotthermographische Messung von Wärmeverlusten und somit zur Detektion von Unterschieden in der Hitzebelastung bei Kaninchen werden Augen und Nase vorgeschlagen.



Einige Studien beschäftigten sich mit der infrarotthermographischen Untersuchung von Stress (CORDEIRO et al. 2012; NÄÄS et al. 2014; TRAVAIN et al. 2015). Stress ist ein multifaktorielles Erscheinungsbild. Tiere erfahren z.B. bei Hunger, Durst sowie Kälte Stress. Die mit diesem Stress assoziierte Änderung der Oberflächentemperatur der Haut konnten CORDEIRO et al. (2012) bei Ferkeln mittels der Infrarotthermographie detektieren. Bei Hunden konnte von TRAVAIN et al. (2015) durch infrarotthermographische Messungen an den Augen emotionaler Stress aufgezeigt werden.

Für die Zoo- und Wildtiermedizin ist der Einsatz der Infrarotthermographie besonders von Vorteil, da viele Tiere sich nur sehr schwer untersuchen lassen. HILSBURG (2000) überprüfte den Einsatz der Infrarotthermographie für die Erforschung artspezifischer Unterschiede bei Trächtigkeitsuntersuchungen, in der Thermoregulation sowie bei der Entzündungsdiagnostik. Sie kam zu dem Schluss, dass die Infrarotthermographie beim Einsatz in der Zoo- und Wildtiermedizin ein sehr großes Potential hat. Voraussetzung seien jedoch besondere Kenntnisse über artspezifische Unterschiede. Zudem müssten für die Erstellung von Eichkurven weitere standardisierte Voruntersuchungen durchgeführt werden sowie externe und interne Faktoren, wie zum Beispiel die Kamertechnik, die Umgebungstemperatur, die Luftfeuchtigkeit sowie der Aktivitäts- und Stresslevel der Tiere, Berücksichtigung finden.

## 2.4 Mikrobiologische Untersuchungen von Sauenmilch

Die mikrobiologische Beurteilung der Sauenmilch beinhaltet zum einen die Bestimmung der Zellzahl, zum anderen die bakteriologische Untersuchung. Somatische Zellen in der Milch geben Rückschlüsse auf Funktions- und Gesundheitszustand der laktierenden Milchdrüse. Somit ist die Zellzahl ein wichtiges Qualitätskriterium der Milch (WINTER 2009). Der Zellgehalt der Sauenmilch liegt unter physiologischen Bedingungen zwischen 1 Mio. Zellen/ml und 3 Mio. Zellen/ml (BOSTEDT u. WEHREND 2014). Er hängt einerseits vom Laktationsstand ab, andererseits wird er von der Saugfrequenz und den Saugintervallen beeinflusst (GLAWISCHNIG 1963). Ein Gesamtzellgehalt 8 Tage *post partum* von 1 Mio. Zellen/ml Sekret, 8-14 Tage *post partum* von 600000 Zellen/ml Sekret und bis 29 Tage *post partum* wieder ansteigend auf 1 Mio. Zellen/ml Sekret wird von SCHMIDT-LINDNER (1965) als physiologisch beschrieben. Im Gegensatz dazu sehen VARADIN und FILIPOVIC (1975) einen Gesamtzellgehalt von über 2 Mio. Zellen/ml Sekret bei 53 % der untersuchten Sauen 1-5 Tage *post partum*, von bis zu 500000 Zellen/ml Sekret bei 75 % der Sauen 5-30 Tage *post partum* und anschließend wieder ansteigend auf über 2 Mio. Zellen/ml Sekret bei 50 % der untersuchten Sauen als physiologisch an. Insgesamt zeigten 19,1 % der untersuchten Milchproben einen Gesamtzellgehalt von 3-5 Mio. und mehr Zellen/ml Sekret. PERSSON (1997) konnte zeigen, dass der Zellgehalt im Kolostrum von Tag eins ( $1,23 \times 10^6$  Zellen/ml Sekret) bis Tag drei ( $1,86 \times 10^6$  Zellen/ml Sekret) *post partum* deutlich anstieg.

Zum Keimspektrum in der Milch von gesunden Sauen wurden einige Untersuchungen durchgeführt. Eine Reihe von Arbeiten, unter anderem von ROSS et al. (1981), MORKOC et al. (1983), KEMPER und GERJETS (2009), GERJETS et al. (2009, 2011), KEMPER et al. (2009, 2013), MENRATH et al. (2010) und PUSTAL (2014), beschäftigten sich mit den Pathogenen, welche bei an MMA-erkrankten resp. coliformer Mastitis erkrankten Sauen zu finden waren. Dabei wurden bei allen aufgeführten Arbeiten vergleichend Milchproben von gesunden Sauen als Kontrolle untersucht.

Schon 1981 haben ROSS et al. bei ihrer bakteriologischen Studie an Sauen mit Mastitis keinen Unterschied zwischen dem Keimspektrum von erkrankten und gesunden Sauen festgestellt. Die dominierenden Keime waren Staphylokokken, hämolysierende Streptokokken und *Escherichia coli*. MORKOC et al. (1983) konnten in ihrer Untersuchung von gesunden Sauen und Sauen mit Dysgalaktie zeigen, dass gram-negative Keime nur bei den erkrankten Tieren auftraten. Dagegen konnte in der Anzahl gram-positiver Keime in der Sauenmilch zwischen gesunden und erkrankten Sauen kein Unterschied gefunden werden. Nach der Arbeit von KLOPFENSTEIN et al. (2006) konnten gram-negative Pathogene wie *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* sowie verschiedene *Enterobacter*-Spezies als häufigste Ursache von Mastitiden angenommen werden. Gram-positive Pathogene wie Streptokokken, Staphylokokken und *Aerococcus* spp. dagegen waren nach MENRATH et al. (2010) weniger häufig zu finden.

In der Arbeit von KEMPER und GERJETS (2009) konnte in den Milchproben von gesunden und an Mastitis erkrankten Sauen vorrangig *Escherichia coli*, Staphylokokken und Streptokokken detektiert werden.

2009 berichteten GERJETS und KEMPER, dass bei der coliformen Mastitis *Escherichia coli* und *Enterobacter spec.* vorherrschend auftraten. In einer weiteren Arbeit von GERJETS et al. (2009) konnte bei der bakteriologischen Untersuchung von 357 Milchproben bei gesunden sowie von 351 Milchproben bei MMA-erkrankten Sauen ein breites Spektrum von vor allem coliformen Bakterien (*Escherichia coli*, *Klebsiella spec.*, *Citrobacter spec.*, *Enterobacter spec.*), Staphylokokken, Streptokokken und Enterokokken differenziert werden, wobei es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Keimspektrum erkrankter und gesunder Tiere gab. Entsprechende Ergebnisse erzielten auch KEMPER et al. (2013) sowie PUSTAL (2014). Bei einer weiterführenden Arbeit 2011 haben GERJETS et al. Virulenzgene von *Escherichia coli* aus Milchproben analysiert und konnten, wie schon in der Arbeit von KEMPER et al. (2009) beschrieben, keinen Unterschied zwischen Milchproben gesunder und an coliformer Mastitis erkrankter Sauen feststellen. Dies ließ den Schluss zu, dass andere Faktoren größeren Einfluss auf die Pathogenese der coliformen Mastitis bei Sauen besitzen.

Obwohl in einigen Arbeiten Begriffe wie Postpartum-Dysgalaktie-Syndrom, Agalaktie und MMA-Komplex verwendet wurden, wurden Milchproben nur von erkrankten Tieren entnommen, welche zusätzlich zu einer Symptomatik mit Fieber und Hypo- oder Agalaktie auch Anzeichen einer akuten Mastitis zeigten. Dagegen wurden in der

Arbeit von MORKOC et al. (1983) Milchproben von erkrankten Tieren genommen, die neben einer Dysgalaktie und Mastitis auch eine Endometritissymptomatik zeigten.

PREISSLER und KEMPER (2009) verglichen in ihrer Arbeit das Keimspektrum von Milchproben und Biopstatproben der Hautoberfläche der Mammakomplexe bei gesunden Sauen. Dabei wurden Staphylokokken am häufigsten in beiden Proben gefunden. Ob der hohe Keimgehalt an Staphylokokken in der Milch als Konsequenz der Kontamination von der Haut über den Zitzenkanal oder vom Milchdrüsenepithel der Zitzenzisterne während des Melkprozesses auftrat, blieb unbeantwortet.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Versuchsaufbau und Versuchsdesign

##### 3.1.1 Tiere und Haltung

Die für die Verlaufsuntersuchungen vor und während der Laktation und die für die Untersuchung zur Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens benötigten Tiere stammten aus drei Betrieben. Alle Sauen wurden zur Erzeugung von Absetzferkeln gehalten und stammten aus dem Bundes Hybrid Zucht Programm (BHZP). Einige wichtige Daten zu den einzelnen Betrieben sind in der Tabelle 3.1 dargestellt.

**Tabelle 3.1:** Bestandsdaten der drei Sauenbetriebe

	Rasse	Anzahl Sauen	Gruppengröße	Rhythmus
Betrieb 1	BHZP Viktoria	1300	50	1 Woche
Betrieb 2	BHZP Viktoria	420	60	2 Wochen
Betrieb 3	BHZP Viktoria	100	8-10	2 Wochen

Aus datenschutzrechtlichen Gründen sowie für die statistische Auswertung wurden die Betriebe mit den Zahlen eins bis drei gekennzeichnet. Alle drei Betriebe waren in Deckzentrum, Wartestall, Abferkelstall und Flatdeck gegliedert. Bei der Reinigung und Desinfektion arbeiteten alle drei Betriebe in den Abferkelabteilen und den Flatdecks nach dem Rein-Raus-Prinzip.

### 3.1.2 Stallklima

Stallspezifische Parameter wie Stalltemperatur, Luftfeuchtigkeit sowie Luftgeschwindigkeit, welche maßgeblich die infrarotthermographische Untersuchung beeinflussen können, wurden mit dem Messgerät testo 400 (testo AG, Lenzkirch, Deutschland) gemessen und protokolliert.

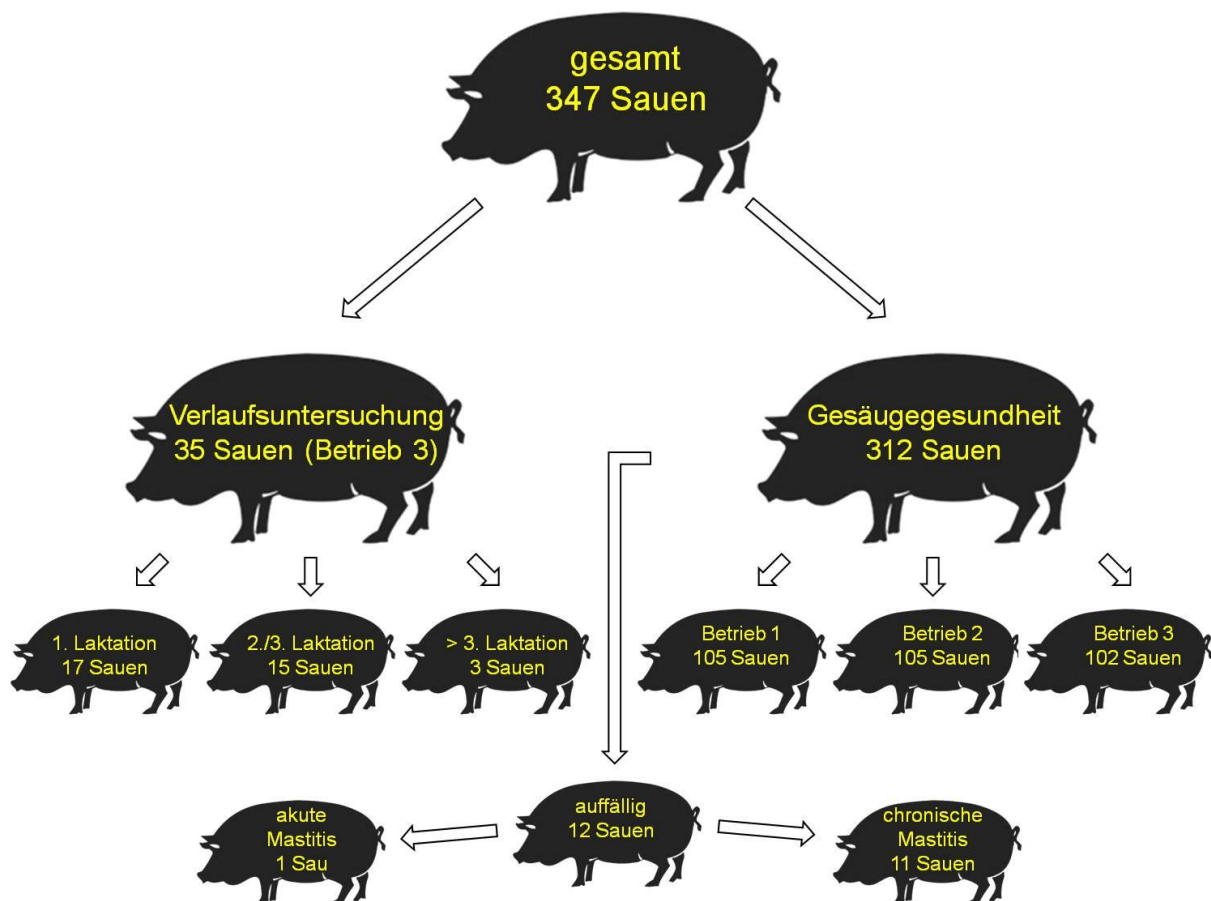


**Abbildung 3.1:** Multifunktionsmessgerät testo 400 (testo AG, Lenzkirch, Deutschland) zur Bestimmung von Temperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit

Zur Detektion der Daten wurde der Messfühler auf Höhe der Sauen in unmittelbarer Nähe des zu untersuchenden Tieres gehalten. Die Messungen wurden vor Untersuchungsbeginn durchgeführt. Weitere Informationen zu Lüftungssystem und Wärmequellen wurden ebenfalls dokumentiert.

## 3.1.3 Untersuchungen

Es wurden zwei Untersuchungsansätze durchgeführt, die in der Abbildung 3.2 verdeutlicht sind.



**Abbildung 3.2:** Versuchsdesign: Aufteilung der Gesamtsauenzahl von 347 Sauen auf die zwei Versuchsgruppen; 1. Verlaufsuntersuchung: Untersuchung von 35 gesunden Sauen vom Betrieb 3: Sauen der 1. Lakt. (n = 17), 2./3. Lakt. (n = 15) und > 3. Lakt. (n = 3); 2. Gesäugesundheit: Untersuchung des Gesäuges zum Absetzzeitpunkt bei 312 Sauen aus den Betrieben 1 (n = 105), 2 (n = 105) und 3 (n = 102); an Mastitis erkrankte Tiere (n = 12) wurden weiterführend untersucht und in chronische Veränderungen (n = 11) und akute Veränderungen (n = 1) eingruppiert; (Lakt. = Laktation)



Die Gesäuge von 35 gesunden Sauen dreier verschiedener Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) aus Betrieb 3 wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten vor und während der Laktation klinisch, infrarotthermographisch und bakteriologisch untersucht. Zusätzlich erfolgte eine Untersuchung der Gesäugegesundheit bei 312 Sauen in drei Betrieben sowohl klinisch als auch infrarotthermographisch zum Zeitpunkt des Absetzens der Ferkel.

#### 3.1.3.1 Voruntersuchungen

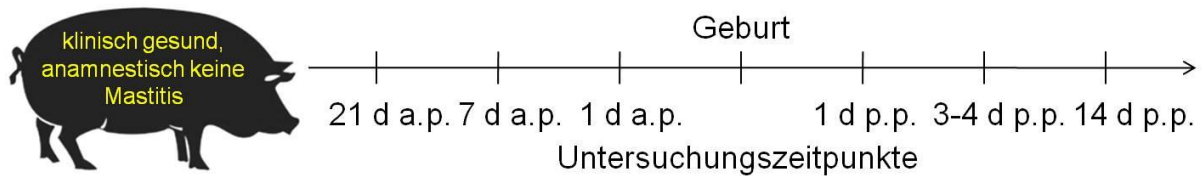
Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurde ein standardisiertes Untersuchungsprotokoll angefertigt, welches im Anhang in Abbildung 9.1 dargestellt ist. Neben bestands- und tierspezifischen Daten wurden die Ergebnisse der klinischen Allgemeinuntersuchung sowie der speziellen Untersuchung des Gesäuges, unterteilt in adspektorische und palpatorische sowie infrarotthermographische Untersuchung, entsprechend des Protokolls erfasst. Ergänzende bakteriologische Untersuchungen wurden den klinischen Untersuchungen zugeordnet.

Mittels Voruntersuchungen wurde der Einfluss möglicher externer und interner Störfaktoren auf das Ergebnis der infrarotthermographischen Untersuchung überprüft. Zunächst wurde der Einfluss von Verunreinigungen, bedingt durch Kot, Stroh, Futterreste oder Urin, auf die Messung der Oberflächentemperatur untersucht. Es wurden sowohl bei drei verschmutzten und danach gesäuberten Gesäugen als auch bei drei Gesäugen im trockenen und im feuchten Zustand

infrarotthermographische Aufnahmen durchgeführt und vergleichend analysiert. Des Weiteren wurde der Einfluss einer Gesäugepalpation auf die Gesäugeoberflächentemperatur hin geprüft. Dafür wurde das Gesäuge von vier Sauen vor und nach der palpatorischen Untersuchung infrarotthermographisch aufgenommen und bewertet. Weiterhin wurde bei zwei Sauen geprüft, ob die infrarotthermographische Aufnahme der Gesäugeleiste am stehenden Tier oder im liegenden Zustand besser zu realisieren war. Als externe Störgrößen wurde der Einfluss der Umgebungstemperatur, der Luftfeuchtigkeit sowie der Luftgeschwindigkeit berücksichtigt.

### 3.1.3.2 Verlaufsuntersuchung an gesunden Sauen vor und während der Laktation

Bei der Verlaufsuntersuchung an gesunden Sauen vor und während der Laktation wurden nur Tiere untersucht, die in der Vergangenheit keine MMA-Symptomatik und speziell keine Mastitis gezeigt hatten sowie klinisch unauffällig waren. Die 35 Sauen wurden in drei Altersgruppen (1. Lakt.: n = 17, 2./3. Lakt.: n = 15, > 3. Lakt.: n = 3) eingeteilt, um einen Einfluss der Wurfzahl zu prüfen. Die geringe Anzahl von Sauen mit mehr als drei Laktationen war aufgrund des strengen Auswahlkriteriums, dass Sauen in ihrer Vorgeschichte nur ohne MMA-Symptomatik und Mastitis für die Untersuchung genommen wurden, zu erklären. Das Gesäuge der Tiere wurde sechsmal zu unterschiedlichen Zeitpunkten um den Geburtstermin untersucht. Abbildung 3.3 stellt den Verlauf dieser Untersuchung dar.



**Abbildung 3.3:** Zeitlicher Ablauf in Tagen (d = Tag) der sechs Untersuchungszeitpunkte der Verlaufsuntersuchung vor (a.p. = *ante partum*) und nach (p.p. = *post partum*) der Geburt

Bei allen Sauen wurden am Tag der Gesäugeuntersuchung Herz- und Atemfrequenz sowie Rektaltemperatur und Verhalten erfasst. Das Gesäuge der Sauen wurde 21, 7 Tage sowie 1 Tag vor der Geburt und 1 Tag, 3 bis 4 sowie 14 Tage nach der Geburt einer Adspektion und Palpation sowie einer thermographischen Untersuchung unterzogen. Von 25 Sauen wurden Gesäugebiopsien sowie Milchproben am ersten Tag *post partum* genommen, um das Keimspektrum und den Keimgehalt aus beiden Untersuchungsmaterialien zu ermitteln und zu vergleichen. Mittels der Verlaufsuntersuchung sollten die Gesäugekomplexe im nicht angebildeten sowie im angebildeten Zustand vergleichend untersucht werden, um durch den Anbildungsgrad bedingte Unterschiede bei der Infrarotthermographie zu berücksichtigen.

Die Untersuchungen fanden sowohl im Warte- als auch im Abferkelstall statt. Die angewendeten Untersuchungsmethoden bei den Sauen in den verschiedenen Altersgruppen sind in Tabelle 3.2 dargestellt.

**Tabelle 3.2:** Anzahl der Sauen, die mittels Allgemeinuntersuchung, Adspektion und Palpation, infrarotthermographischer Untersuchung sowie Entnahme von Milch und Gesäugeparenchym bei der Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation kontrolliert wurden; die 35 Sauen wurden entsprechend ihrer Wurfzahl gruppiert; (Lakt. = Laktation)

	Verlaufsuntersuchung vor/während der Laktation (Betrieb 3)		
	Sauen 1. Lakt. [n = 17]	Sauen 2./3. Lakt. [n = 15]	Sauen > 3. Lakt. [n = 3]
Allgemeinuntersuchung	17	15	3
Adspektion & Palpation	17	15	3
Thermographische US	17	15	3
Gesäugebiopat	11	11	3
Milchprobe	11	11	3

Sauen, die nach der Geburt klinische Symptome wie Fieber, Fressunlust, Endometritis oder Milchmangel zeigten und behandelt werden mussten, wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen.

### 3.1.3.3 Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt

Bei der Untersuchung auf die Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt wurden insgesamt 312 Sauen von den Betrieben 1-3 (Betrieb 1: n = 105, Betrieb 2: n = 105, Betrieb 3: n = 102) untersucht. Dabei war eine gleichmäßige Altersverteilung zwischen Sauen mit 1. Laktation, mit 2./3. Laktation und mit mehr als 3 Laktationen bei allen Betrieben gegeben.

Alle 312 Gesäuge wurden mittels Adspektion und Palpation kontrolliert. Zusätzlich wurden bei 110 Sauen (Betriebe 1 und 2: jeweils 35 Sauen, Betrieb 3: 40 Sauen), davon 11 Sauen aufgrund ihrer adspektorischen und palpatorischen Veränderungen

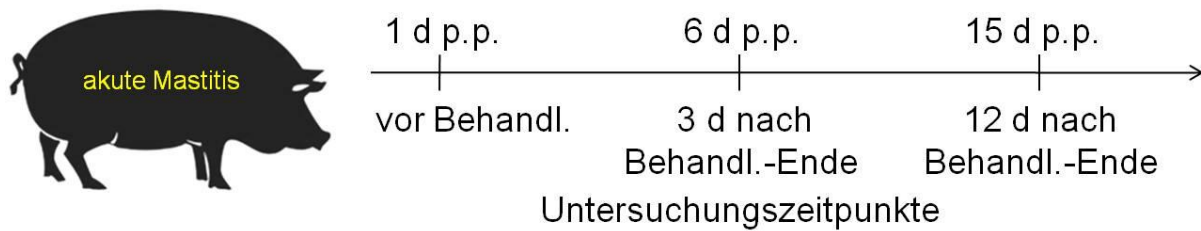
und 99 zufällig ausgewählte Sauen, eine Allgemeinuntersuchung mit Herz- und Atemfrequenz, Rektaltemperatur und Verhalten sowie infrarotthermographische Aufnahmen durchgeführt. Tabelle 3.3 gibt die genauen Zahlen wieder.

**Tabelle 3.3:** Anzahl der Sauen pro Betrieb, die mittels Allgemeinuntersuchung, Adspektion und Palpation, infrarotthermographischer Untersuchung sowie Entnahme von Milch und Gesäugeparenchym bei der Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt kontrolliert wurden; die 312 Sauen wurden entsprechend ihrer Betriebszugehörigkeit gruppiert.

	Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt		
	Betrieb 1 [n = 105]	Betrieb 2 [n = 105]	Betrieb 3 [n = 102]
Allgemeinuntersuchung	35	35	40
Adspektion & Palpation	105	105	102
Thermographische US	35	35	40
Gesäugebiopat	0	1	0
Milchprobe	0	1	0

#### 3.1.3.4 Fallbericht: akute Mastitis

Während der Untersuchungen der Gesäugegesundheit zeigte eine Sau (2. Lakt., Betrieb 2) einen Tag nach der Geburt eine akute Mastitis. Diese Sau wurde nach dem in Abbildung 3.4 gezeigten Untersuchungsablauf untersucht.



**Abbildung 3.4:** Zeitlicher Ablauf der Untersuchung einer an akuter puerperaler Mastitis erkrankten Sau (1 d p.p.); dargestellt sind die Untersuchungszeitpunkte vor Behandlung (1 d p.p.) sowie 3 Tage (6 d p.p.) und 12 Tage (15 d p.p.) nach Behandlungsende; (d = Tag, p.p. = *post partum*)

Die Sau wurde am 1. Tag *post partum* kurz vor Behandlungsbeginn sowie 3 Tage (6 d p.p.) und 12 Tage (15 d p.p.) nach Behandlungsende allgemein, adspektorisch und palpatorisch sowie infrarotthermographisch untersucht. Ergänzend wurden zu allen drei Untersuchungszeitpunkten eine Milchprobe und ein Gesäugeparenchymbiopat des betroffenen Komplexes entnommen, um Keimspektrum und Behandlungserfolg zu dokumentieren. Die Behandlung erfolgte ab dem 1. Tag *post partum* über 3 Tage mit 6 ml Enrofloxacin (2,5 mg/kg KGW, Baytril® 100 mg/ml Injektionslösung, Bayer, Deutschland) und 5 ml Meloxicam (0,4 mg/kg KGW, Metacam® 20 mg/ml Injektionslösung, Wirtschaftsgenossenschaft deutscher Tierärzte eG, Deutschland).

## 3.2 Klinische Untersuchung

### 3.2.1 Allgemeinuntersuchung

Bei allen Sauen wurden allgemeine Daten wie Untersuchungsort und -zeit, Bestandsnummer, Ohrmarke, Alter und Wurfzahl erfasst. Die Allgemeinuntersuchung

umfasste die Ermittlung der klinischen Daten von Rektaltemperatur, Herz- und Atemfrequenz sowie das Verhalten (ruhig/unruhig, Fressverhalten) der Sauen. Alle Parameter wurden im Untersuchungsprotokoll (Abbildung 9.1) erfasst.

### 3.2.2 Adspektorische und palpatorische Untersuchung des Gesäuges

Für die Benennung der einzelnen Gesäugekomplexe wurde eine in Tabelle 3.4 dargestellte, nach IBEN (2003) benannte und auf acht Komplexe modifizierte Einteilung vorgenommen.

**Tabelle 3.4:** Benennung (L = links, R = rechts) und Nummerierung (1-8) der einzelnen Gesäugekomplexe nach Lokalisation (axial, thorakal, abdominal, inguinal)

	axillar	thorakal	abdominal				inguinal	
links	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
rechts	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8

Für die Untersuchungen wurden Sauen mit bis zu acht Gesäugekomplexen pro Seite berücksichtigt. Wiesen Sauen (Betrieb 1: n = 3, Betrieb 2: n = 4, Betrieb 3: n = 4) mehr als 8 Komplexe pro Seite auf, wurden die 9. Komplexe (R9, L9: n = 14) bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da diese infrarotthermographisch nicht erfassbar waren.

Vor der Untersuchung wurden die Gesäuge trocken gereinigt und Verunreinigungen wie Kot, Stroh, Einstreu und Futterreste entfernt. Es wurde nach dem Untersuchungsprotokoll in Abbildung 9.1 vorgegangen.

Bei der Adspektion und Palpation wurden alle Komplexe des Gesäuges betrachtet und durchtastet. Merkmale wie vermehrte Wärmeproduktion, Rötung der Haut, Umfangsvermehrung, Schmerzhaftigkeit, Verdickung der Subkutis oder Knotenbildung im Mammaparenchym, Kratzer/Verschorfung sowie Zitzenverletzung, Konsistenz und Abziehbarkeit der Gesäugehaut wurden dokumentiert. Bei der Konsistenz wurde der Terminus "nicht palpierbar" für das Gesäugeparenchym von Sauen mit 1. Laktation verwendet, wohingegen der Terminus "nicht angebildet" für das Gesäugeparenchym von Sauen mit mehr als einer Laktation benutzt wurde. Weiterhin wurde protokolliert, welche Komplexe voll angebildetes (aktives) bzw. nicht angebildetes resp. komplett rückgebildetes (inaktives) Drüsenparenchym besaßen bzw. welche Komplexe sich in Anbildung resp. in Rückbildung (teilangebildet) befanden.

Jeder Gesäugekomplex wurde einzeln mit einem Score-System für die einzelnen Parameter für Adspektion und Palpation beschrieben und dokumentiert. Dabei handelte es sich um eine subjektive Bewertung der einzelnen Gesäugekomplexe. Jegliche zusätzliche Veränderungen an den Komplexen wurden ebenfalls erfasst. Unter Verdickungen sind nur solche zu verstehen, die sich in der Subkutis befanden und palpatorisch, nicht aber, wie Umfangsvermehrungen adspektorisch, nachweisbar waren. Zeigten sich im Mammaparenchym palpatorisch sowie teilweise auch adspektorisch abgegrenzte Verhärtungen, wurden diese als Knoten definiert. In Tabelle 3.5 ist das Score-System der einzelnen Parameter für die Adspektion und Palpation gezeigt.



**Tabelle 3.5:** Score-System für die Gesäugeuntersuchung mit den adspektorischen (Anbildung, Rötung, Zitzenverletzung, Umfangsvermehrung, Kratzer/Verschorfung) sowie palpatorischen (Schmerzhaftigkeit, Temperatur, Gesäugehaut abziehbar, Konsistenz, Verdickung (Subkutis) / Knoten (Mammaparenchym)) Parametern

Parameter Adspektion	Score	Parameter Palpation	Score
<b>Anbildung</b>		<b>Schmerzhaftigkeit</b>	
nicht angebildet	0	nicht schmerzhaft	0
in Anbildung resp. in Rückbildung	1	ggr. bis mgr. schmerzhaft	1
voll angebildet	2	hgr. schmerzhaft	2
<b>Rötung</b>		<b>Temperatur</b>	
keine Rötung	0	nicht vermehrt warm	0
ggr. bis mgr. ausgeprägt	1	ggr. bis mgr. vermehrt warm	1
hgr. ausgeprägt	2	hgr. vermehrt warm	2
<b>Zitzenverletzung</b>		<b>Gesäugehaut abziehbar</b>	
nicht vorhanden	0	ja	0
vorhanden	1	nein	1
<b>Umfangsvermehrung</b>		<b>Konsistenz</b>	
keine	0	nicht palpierbar (nicht angebildet)	0
ggr. bis mgr. (1-2 cm im Durchmesser)	1	weich	1
hgr. (≥ 2 cm im Durchmesser)	2	prall-elastisch	2
		derb	3
<b>Kratzer/Verschorfung</b>		<b>Verdickung (Subkutis) / Knoten (Mammaparenchym)</b>	
nicht vorhanden	0	nicht vorhanden	0
vorhanden	1	Verdickung vorhanden	1
		Knoten vorhanden	2
		Verdickung und Knoten vorhanden	3

### 3.3 Infrarotthermographie

#### 3.3.1 Infrarotkamera

Für die infrarotthermographischen Untersuchungen des Gesäuges wurde eine high resolution inspect Infrarotkamera (VarioCAM®, Infratec GmbH, Dresden,

Deutschland) verwendet. Hierbei handelt es sich um eine digitale Farb-Videokamera mit 1,3 Megapixeln. Für ein standardisiertes Verfahren wurden Voreinstellungen an der Infrarotkamera vorgenommen. Da für die Oberflächentemperatur der Haut mit wenig Haaren laut DIAKIDES et al. (2013) ein Emissionsgrad von 0,96 gut geeignet ist, wurde dieser Emissionswert für die Untersuchungen gewählt. Die Aufnahmen erfolgten im Premium-Modus mit einer automatischen wiederholten kamerainternen Kalibrierung vor der Bildaufnahme. Dadurch fand ein kontinuierlicher Ausgleich von Inhomogenitäten des Mikrobolometers der Kamera statt (MENZEL 2014). Die Kamera war mit einem 1.0/25 mm Normalobjektiv ausgestattet und besaß eine Bildmatrix mit 384x288 Pixeln. Die thermische Auflösung war mit 0,04 K gegeben. Der Spektralbereich der Kamera umfasste 7,5  $\mu\text{m}$  bis 14  $\mu\text{m}$ , der Temperaturmessbereich  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Abbildung 3.5 zeigt die verwendete Infrarotkamera.



**Abbildung 3.5:** High resolution inspect Infrarotkamera (VarioCAM<sup>®</sup>, Infratec GmbH, Dresden, Deutschland)

### 3.3.2 Infrarotthermographische Untersuchung am Gesäuge

Die infrarotthermographischen Aufnahmen wurden 21 und 7 Tage *ante partum* im Wartestall, an den weiteren Untersuchungszeitpunkten (1 d a.p., 1, 3-4, 14 d p.p., Absetzzeitpunkt) in den Abferkelbereichen durchgeführt.

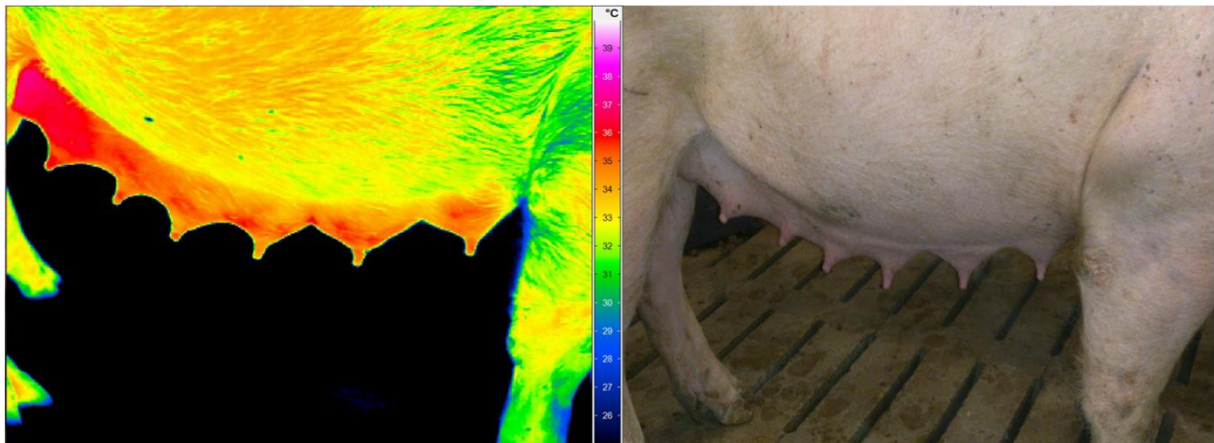
Im Wartestall befanden sich die Sauen in Gruppenhaltung und wurden für die Untersuchungen separiert. Da die Untersuchungen zur Fütterungszeit stattfanden, wurde ihnen im separierten Bereich Futter angeboten.

In den Abferkelbereichen befanden sich externe Wärmequellen wie eine Fußbodenheizung sowie Infrarotlampen über den Ferkelnestern. Zur Vermeidung von störender Streustrahlung wurden daher für die Zeit der Aufnahmen die Infrarotlampen ausgeschaltet. Auf eine Abschaltung der Fußbodenheizung im Abferkelstall musste zum Schutz der Ferkel verzichtet werden.

Alle Aufnahmen wurden unter möglichst standardisierten Bedingungen gemacht. Dazu zählten Position, Abstand und Winkelung. Die Aufnahmen wurden am stehenden Tier während der Fütterung im Anschluss an die Allgemeinuntersuchung sowie an die adspektorische und palpatorische Befundung durchgeführt. Das Gesäuge wurde zuvor getrocknet und von Verunreinigungen befreit.

Waren Ferkel anwesend, wurde versucht, diese während der Aufnahme fern zu halten. Die Bilder der rechten und linken Gesäugeleiste wurden jeweils in einer Entfernung von 150 cm lateral, in einer zur Gesäugefläche rechtwinkligen Position aufgenommen. Aufgrund von betrieblichen Gegebenheiten war dies nicht immer möglich und es musste in diesen Fällen ein geringerer Abstand gewählt werden. Eine

Winkelung zur Gesäugeoberfläche von weniger als 60 Grad wurde ebenfalls vermieden. Es wurden immer mehrere Bilder pro Seite und Tier angefertigt. Abbildung 3.6 zeigt das Bild einer rechten Gesäugeleiste einer Sau mit der dazugehörigen infrarotthermographischen Aufnahme.



**Abbildung 3.6:** Rechte Gesäugeleiste einer Sau (rechts) mit der dazugehörigen infrarotthermographischen Aufnahme (links)

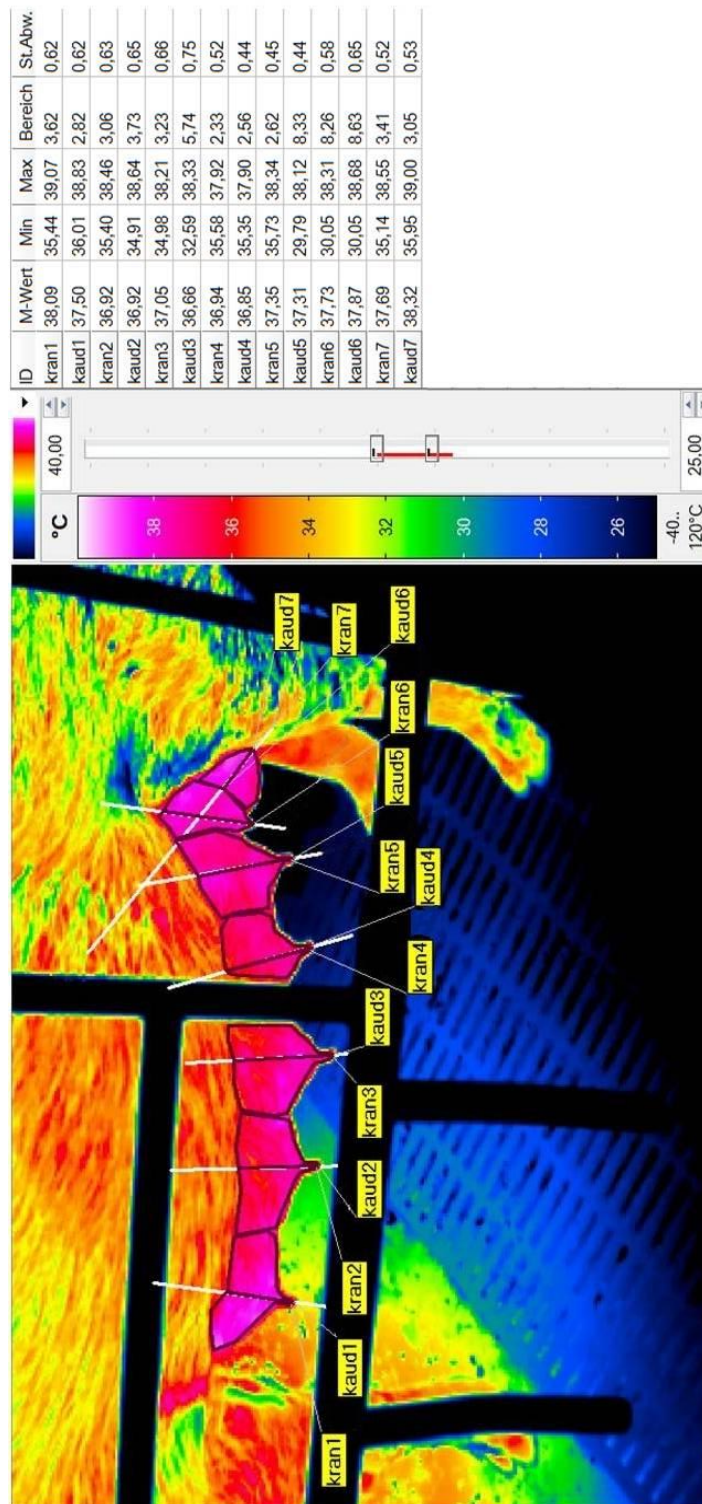
### 3.3.3 Bildverarbeitung und Software

Zur Bearbeitung der Bilder wurde das Bildverarbeitungssoftware-Paket Irbis 3 plus (Infratec GmbH, Dresden, Deutschland) verwendet. Die Bilder wurden einzeln von der Speicherkarte in das Programm eingelesen. Aus den Aufnahmen wurde pro Sau jeweils ein Bild für die rechte und eines für die linke Gesäugeleiste gewählt. Für die Berechnung der Oberflächentemperatur des einzelnen Gesäugekomplexes wurde die größtmögliche zusammenhängende Fläche des Gesäugekomplexes auf der Aufnahme mittels des Polygon-Messtools umrandet. Der Zitzenbereich wurde ebenfalls bei der Verarbeitung berücksichtigt und mit umrandet. Wurde ein

Komplexbereich durch eine Gitterstange verdeckt, so wurde nur der Bereich umrandet, der sich in unmittelbarer Nähe der Zitze befand.

Um einen Vergleich zwischen dem kranialen und dem kaudalen Mammaparenchym eines Komplexes zu ermöglichen, wurde vom Gesamtbereich eines Komplexes eine durch die Zitze senkrecht verlaufende Trennlinie gezogen. Kranialer und kaudaler Bereich des Mammaparenchyms jedes Komplexes wurden einzeln umrandet. Die einzelnen Bereiche wurden anschließend beschriftet. Zusatzzitzen sowie Afterzitzen wurden nicht in die Bearbeitung mit aufgenommen. Bei den chronisch veränderten Arealen wurden alle umschriebenen kühleren Hautbereiche zu einem Bereich zusammengefasst.

Jedem Pixel in einem umrandeten Bereich war ein Temperaturwert zugeordnet. Mit Hilfe des Programms wurden die mittlere Oberflächentemperatur pro umrandeten Bereich, der Minimal- und Maximalwert, der Umfang des umrandeten Bereiches in Pixeln (vom Programm mit Bereich gekennzeichnet) sowie die Standardabweichung erfasst (INFRATEC 2012). Sämtliche Komplexe einer Gesäugeleiste wurden nach dieser Vorgehensweise bearbeitet. Die Abbildung 3.7 zeigt eine infrarotthermographische Aufnahme der linken Gesäugeleiste nach Bearbeitung.



**Abbildung 3.7:** Infrarotthermographische Aufnahme der linken Gesäugeleiste; die weißen Trennlinien sowie die einzelnen kranialen (kran1-7) und kaudalen (kaud1-7) braun umrandeten Bereiche [Pixel] der jeweiligen Gesäugekomplexe sind links dargestellt; Temperaturmittelwert [°C], Minimal- und Maximalwert [°C], Umfang (als Bereich gekennzeichnet) [Pixel], sowie die Standardabweichung von kranial1-7 und kaudal1-7 sind in der Tabelle rechts dargestellt.

Zur Vergleichbarkeit der Bilder wurde immer die Temperaturskala zwischen 25 °C und 40 °C voreingestellt. Die Mittelwerte der Oberflächentemperatur pro Komplexbereich wurden in Excel exportiert und analysiert.

Die Anzahl der Komplexe, welche für die Auswertung der infrarotthermographischen Untersuchung zur Verfügung standen, deckten sich nicht mit der Anzahl der adspektorisch und palpatorisch befundeten Komplexe. Da die achten Komplexe oft durch die Gliedmaßen verdeckt waren, konnten diese durch die Infrarotkamera nicht immer erfasst werden und wurden daher nicht in die Auswertung mit einbezogen.

### **3.4 Vergleichende bakteriologische Untersuchung von Milch / Bioplat**

#### **3.4.1 Milchprobenentnahme**

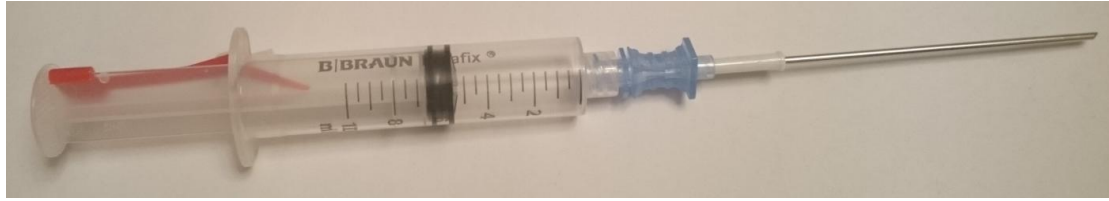
Die Milchprobenentnahme wurde unter möglichst sterilen Bedingungen durchgeführt. Zuerst wurde zur Anrüstung der Milchsekretion der Komplex mit den Händen massiert. Anschließend wurden die Zitze und der Mammakomplex trocken gereinigt und mit Tupfer und 70 %igem Alkohol desinfiziert. Während der Entnahme wurden Einmalhandschuhe getragen. Für die Milchgewinnung wurde bei allen 25 Sauen der linke zweite Komplex genommen. Konnte *ad hoc* keine Milch gewonnen werden, wurde den Sauen zur Anregung des Milchflusses i.m. 1 ml Oxytocin (10 IE/ml Injektionslösung, CP-Pharma Handelsgesellschaft mbH, Burgdorf) verabreicht. War weiterhin kein Milchfluss vorhanden, wurde den Sauen erneut i.m. 1 ml Oxytocin injiziert.

Der Primärstrahl wurde verworfen. Die Milch wurde in ein steriles Polypropylen-Röhrchen (15 ml, Cellstar®, Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen, Deutschland) gemolken und im Anschluss zur bakteriologischen Untersuchung ins Labor des Institutes für Mikrobiologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover geschickt.

#### 3.4.2 Biopsieentnahme von Gesäugeparenchym

Die Biopsieentnahmetechnik lehnte sich an die Methode von MAGNUSSON (1999) an. Für die Entnahme wurde der Bereich der Einstichstelle trocken gereinigt und im Anschluss mit 70 %igem Alkohol und sterilen Tupfern desinfiziert. Anschließend wurde mit einem Lokalanästhetikum um die Einstichstelle ein Depot gesetzt. Hierfür wurden 2 ml Isocain ad us. vet.® (20 mg/ml Procainhydrochlorid und 0,025 mg/ml Epinephrin, Fa. Selectavet, Dr. Otto Fischer GmbH, Weyarn-Holzolling) mit einer 0,80 x 40 mm Einmal-Kanüle (Neobject®, Dispomed Witt oHG, Gelnhausen) subkutan injiziert. Nach fünfminütiger Einwirkzeit wurde, um das Ausstanzen von Haut zu vermeiden, mittels einer Strauss-Kanüle (Henry Schein® Medical GmbH, Hamburg, Luer 2 mm Durchmesser) die Haut an der Einstichstelle zunächst durchstoßen. Im Anschluss wurde die Biopsienadel (Hepafix® Luer Lock, Fa. B. Braun Melsungen AG, Deutschland, 1,8 mm Durchmesser) mit ganzer Nadellänge (7 cm) durch die Perforationsstelle geführt und das Biopat entnommen. Abbildung 3.8 zeigt eine der verwendeten Biopsienadeln.





**Abbildung 3.8:** Biopsienadel (Hepafix<sup>®</sup> Luer Lock, Fa. B. Braun Melsungen AG, Deutschland, 1,8 mm Durchmesser) für die Entnahme von Gesäugeparenchym

Bei der Entnahme war der Ausbildungsgrad des Drüsenkomplexes zu beachten. Um eine Perforation mit dem benachbarten Gewebe zu vermeiden, durfte die Biopsienadel bei einem nicht angebildeten bzw. in Ausbildung oder in Rückbildung befindlichen Komplex nicht vollständig (halbe Nadellänge, 3,5 cm) vorgeschoben werden. Die Biopsieentnahme wurde im Rahmen der Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation bei den insgesamt 25 Tieren, bei denen auch schon Milchproben genommen wurden, am 1. Tag *post partum* durchgeführt. Insgesamt waren es 11 Sauen in der 1. Laktation und 11 Sauen in der 2./3. Laktation sowie 3 Sauen mit mehr als 3 Laktationen. Für die Entnahme wurde entsprechend der Milchprobengewinnung jeweils der linke zweite Komplex gewählt. Um Unterschiede zwischen den beiden Gesäugekomplexbereichen eines Komplexes zu bewerten, wurden jeweils im kranialen und kaudalen Gesäugeparenchymbereich Biopate genommen. Bei der Sau mit akuter Mastitissymptomatik wurde ebenfalls aus dem betroffenen Komplex vor Behandlung (1 d p.p.) sowie nach Behandlungsende (6 und 15 d p.p.) kranial und kaudal ein Biopate gewonnen. Das Biopate wurde sofort nach Entnahme in ein steriles Polypropylen-Reagiergefäß (2 ml, SafeSeal, Sarstedt AG & Co., Nümbrecht, Deutschland) überführt und anschließend zur bakteriologischen

Untersuchung ins Labor des Institutes für Mikrobiologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover geschickt. Die Untersuchungen wurden beim Niedersächsischen Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit unter dem Aktenzeichen 13A337 angezeigt und registriert.

### 3.4.3 Bakteriologische Untersuchung

Die bakteriologische Untersuchung der Milch- und Gesäugebioplatproben wurde vom Labor des Institutes für Mikrobiologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover durchgeführt. Zum einen wurden die Proben direkt auf unterschiedlichen Nährböden angelegt. Dabei standen ein Columbia-Agar mit Schafsblut, ein Staphylokokken/Streptokokken-Selektiv-Agar, ein Gassner-Agar und ein Kochblutagar (37 °C, 5-10 % CO<sub>2</sub>-Atmosphäre) zur Verfügung. Andererseits fand über Nacht bei 37 °C eine Anreicherung in einer Nährbouillon statt. Am folgenden Tag wurde die Anreicherung auf alle Nährböden mit Ausnahme des Kochblutagars ausgestrichen.

Die erste Ablesung fand 24 Stunden, die zweite 48 Stunden nach Bebrütung statt. Die unterschiedlich gewachsenen Kolonien wurden anschließend weiter kulturell-biochemisch analysiert.

Es wurde nur auf aerobe Keime hin untersucht und die Einstufung der Keimgehalte jeder Probe semiquantitativ (kein = 0, geringgradiger (10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup> koloniebildende Einheiten/g) = 1, mittelgradiger (10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup> koloniebildende Einheiten/g) = 2, hochgradiger (≥ 10<sup>6</sup> koloniebildende Einheiten/g) = 3 Keimgehalt) vorgenommen.

### 3.5 Statistische Analyse

Die Verwaltung der Datensätze, die statistischen Berechnungen sowie die Erstellung der Graphiken wurden in SPSS Statistics®, Version 22.0 (64 Bit) für Windows (Fa. IBM) sowie Excel®, Version 2007 (Fa. Microsoft) durchgeführt. Zur Prüfung auf Signifikanzen wurden die in Tabelle 3.6 aufgelisteten Signifikanzniveaus gewählt.

**Tabelle 3.6:** Signifikanzniveaus

$p < 0,001$ : hoch signifikant
$p < 0,01$ : sehr signifikant
$p < 0,05$ : signifikant
$p \geq 0,05$ : nicht signifikant

Bei der Auswertung der infrarotthermographischen Befunde wurden die aus dem Bildverarbeitungssoftware-Paket Irbis 3 plus (Infratec GmbH, Dresden, Deutschland) ermittelten Mittelwerte der Oberflächentemperaturen jedes Komplexbereiches (Gesamtkomplex, kranial/kaudal, pathologisch verändert) verwendet. Um eine Vergleichbarkeit der Mittelwerte zwischen den einzelnen Sauen zu erzielen, wurden aufgrund der bestehenden Korrelation zwischen Rektaltemperatur und Komplexoberflächentemperatur, die für jedes Tier ermittelten Temperaturmittelwerte der einzelnen Gesamtkomplexe auf die jeweilige Rektaltemperatur hin standardisiert. Dafür wurden die Differenzen von dem Mittelwert der Oberflächentemperatur jedes Komplexes und der Rektaltemperatur gebildet und für die weitere Auswertung genutzt. Beim Komplexvergleich am Einzeltier fand keine Standardisierung statt.

### 3.5.1 Deskriptive Statistik

Die deskriptive Statistik wurde bei der subjektiven Bewertung der Parameter von Adspektion und Palpation des Gesäuges angewendet.

Für die Befundung der Adspektion und Palpation wurde jeweils ein Score-System verwendet (siehe Tabelle 3.5). Von allen Parametern (Anbildung, Rötung, Zitzenverletzung, Umfangsvermehrung, Kratzer/Verschorfung, Schmerzhaftigkeit, Temperatur, Gesäugehaut abziehbar, Konsistenz, Verdickung (Subkutis) / Knoten (Mammaparenchym)) wurden bei der Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation die Häufigkeiten der Scores zwischen den einzelnen Altersstufen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) vergleichend ausgewertet. Bei der Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens wurden alle adspektorischen und palpatorischen Parameter mittels der Häufigkeiten der Scores vergleichend zwischen den Altersstufen und den Betrieben 1-3 analysiert.

### 3.5.2 Explorative Statistik

Für die explorative Statistik der infrarotthermographischen Befunde wurden die aus dem Programm ermittelten Mittelwerte der Oberflächentemperatur jedes Komplexbereiches (kranial/kaudal, pathologisch verändert, Gesamtkomplex) sowie die anschließend auf die Rektaltemperatur standardisierten Mittelwerte der einzelnen Gesamtkomplexoberflächentemperaturen verwendet.

Bei der Einzelkomplexbetrachtung bei der Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation wurde zum einen geprüft, ob es Unterschiede in der Oberflächentemperatur zwischen dem kranialen und kaudalen Bereich eines Komplexes gibt, zum anderen wurde geprüft, ob jeweils die Komplexpaare (R1/L1, R2/L2, R3/L3 bis R7/L7) Unterschiede in ihrer Gesamtkomplexoberflächentemperatur aufwiesen. Ebenfalls wurde geprüft, inwieweit Unterschiede zwischen den Komplexen einer Gesäugeleiste (R1-R7, L1-L7) auftraten.

Beim Vergleich zwischen der Oberflächentemperatur der kranialen und kaudalen Komplexbereiche eines Komplexes, beim paarweisen Vergleich der Oberflächentemperatur zwischen rechten und linken Komplexen (R1/L1, R2/L2, R3/L3 bis R7/L7), für den Vergleich der Oberflächentemperatur der Komplexe der jeweiligen Gesäugeleiste (R1-R7, L1-L7), beim Vergleich zwischen der Oberflächentemperatur der Komplexe und der Rektaltemperatur sowie bei der Erstellung eines Temperaturverlaufs der Komplexoberflächen wurden zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Oberflächentemperaturen der einzelnen Komplexoberflächenbereiche (kranial/kaudal bzw. Gesamtkomplex) verwendet.

Bei der Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens wurden beim Vergleich der Temperatur zwischen den schon adspektorisch und palpatorisch festgestellten chronisch veränderten Arealen und der Gesamtoberfläche der betroffenen Komplexe die aus dem Programm ermittelten Mittelwerte der einzelnen Komplexoberflächentemperaturbereiche (pathologisch verändert, Gesamtkomplex)

verwendet. Für den Vergleich des akut veränderten Komplexes mit den benachbarten gesunden Komplexen wurden ebenfalls diese Mittelwerte der einzelnen Gesamtkomplexoberflächentemperaturen verwendet.

Alle Werte aus beiden Untersuchungsansätzen wurden zunächst mittels des beschreibenden Testverfahrens von Schiefe und Exzess auf Normalverteilung hin überprüft. Die Schiefe beschreibt die Abweichung einer Häufigkeitsverteilung von einer symmetrischen Normalverteilung, dagegen gibt der Exzess an, ob eine Verteilung breitgipflig resp. schmalgipflig ist (BÜHL u. ZÖFEL 2005). Wird der berechnete Wert bei Schiefe und Exzess doppelt so groß oder größer als der Standardfehler, so ist keine Normalverteilung gegeben. Das Vorzeichen spielt dabei keine Rolle.

Zur statistischen Bestätigung des beschreibenden Testverfahrens von Schiefe und Exzess wurden im Anschluss der Kolmogorov-Smirnov-Test sowie der Shapiro-Wilk-Test, die beide eine Abweichung der Datenwerte von der Normalverteilung beschreiben, herangezogen. Da die Parameter normalverteilt waren, wurden sie mittels des Levene-Testes auf Varianzgleichheit untersucht. Aufgrund der berechneten Varianzgleichheit wurden zum einen mittels T-Test für eine Stichprobe die mittleren Oberflächentemperaturen der chronisch veränderten Areale und des betroffenen Gesamtkomplexes verglichen. Zum anderen wurde eine ANOVA resp. einfaktorische Varianzanalyse für unabhängige Stichproben für den Vergleich der mittleren Oberflächentemperaturen von dem akut veränderten Komplex und an derselben Gesäugeleiste benachbarten gesunden Komplexen angewendet. Ebenso

wurde ein T-Test für eine Stichprobe für den statistischen Vergleich der Oberflächentemperatur zwischen kranialen und kaudalen Komplexbereichen eines Komplexes, zwischen den einzelnen Komplexpaaren sowie der einzelnen Komplexe von kranial nach kaudal angewendet.

Beim Vergleich zwischen den Oberflächentemperaturen der einzelnen Komplexe der unterschiedlichen Altersstufen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.), den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten vor und während der Laktation (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) sowie bei unterschiedlichem Ausbildungsgrad (nicht angebildet, in Rückbildung, voll angebildet) in den verschiedenen Altersstufen und den Betrieben 1-3 wurden die auf die Rektaltemperatur standardisierten Mittelwerte der einzelnen Gesamtkomplexoberflächentemperaturen verwendet. Da diese Parameter keiner Normalverteilung entsprachen, wurde ein nichtparametrischer Test angewendet. Für den Vergleich zwischen den Altersgruppen an und zwischen den unterschiedlichen Versuchstagen bei der Verlaufsuntersuchung wie auch beim Vergleich zwischen den Altersgruppen in und zwischen den Betrieben bei der Untersuchung auf die Gesäugegesundheit wurde der nicht parametrische Kruskal-Wallis-Test für mehr als zwei unabhängige Stichproben angewendet. Auch als Rangvarianzanalyse bezeichnet (BORTZ et al. 1990) basiert er auf der Vergabe von Rängen (BÜNING 1991) und vergleicht deren Mittelwerte, wobei die theoretische Größe aus der Chi<sup>2</sup>-Verteilung mit der berechneten Prüfgröße verglichen wird (BORTZ et al. 1990; BÜNING 1991).

Korrelationen zwischen den aus dem Programm ermittelten Mittelwerten sowie den anschließend standardisierten Mittelwerten der Oberflächentemperatur des Gesäuges und externen (Umgebungstemperatur) sowie internen Parametern (Rektaltemperatur, Atemfrequenz, Herzfrequenz) wurden mittels einer bivariaten Korrelationsanalyse nach Spearman berechnet. Zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Parametern, war der Zusammenhang der Parameter nicht zufallsbedingt und es ergab sich eine Korrelation zwischen diesen.

Bei der bakteriologischen Beurteilung des Keimgehaltes wurden die Scores (kein, geringgradiger, mittelgradiger, hochgradiger Keimgehalt) zwischen Milchproben und Gesäugebioplatproben der unterschiedlichen Altersstufen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) verglichen. Dabei wurde je nach Häufigkeitsverteilung der Chi<sup>2</sup>-Homogenitätstest oder der exakte Test nach Fischer für unabhängige Stichproben verwendet. Da die Häufigkeiten der einzelnen Scores oft sehr klein waren, wurden diese vorher dichotomisiert.



## 4 Ergebnisse

### 4.1 Voruntersuchungen

#### 4.1.1 Externe und interne Einflussfaktoren auf die Infrarotthermographie

Um externe und interne Einflüsse auf die Gesäugeoberflächentemperatur möglichst gering zu halten, wurden die infrarotthermographischen Untersuchungen im Rahmen der Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation jeweils zur gleichen Zeit in den Morgenstunden zur Fütterung durchgeführt. Die Umgebungstemperatur war dadurch nur geringfügigen Schwankungen unterlegen (Wartestall: Mittelwert 19,44 °C ± 1,43, Min 16,20 °C, Max 25,30 °C; Abferkelbereiche: Mittelwert 19,38 °C ± 1,63, Min 12,10 °C, Max 26,60 °C). Jahreszeitliche Temperaturschwankungen konnten dadurch vermieden werden, dass die Untersuchungen bis auf wenigen Ausnahmen in den Wintermonaten zwischen September und April stattfanden. Ursache für die großen Differenzen zwischen Minimum- und Maximumwerten von 9,10 °C im Wartestall und 14,50 °C in den Abferkelbereichen war ein zweitägiger Hitzeeinbruch und ein eintägiger Ausfall der Heizung zu jeweils einem Untersuchungstag. Bei den Untersuchungen im Wartestall (21, 7 d a.p.) lag die Luftfeuchtigkeit bei durchschnittlich 62,67 % ± 4,95 (Min 48,10 %, Max 71,90 %), die Luftgeschwindigkeit im Durchschnitt bei 0,04 m/s ± 0,05 (Min 0,00 m/s, Max 0,21 m/s) und bei den Untersuchungen in den Abferkelbereichen (1 d a.p., 1, 3-4, 14 d p.p.) lag die Luftfeuchtigkeit bei durchschnittlich 55,23 % ± 5,82 (Min 42,50 %, Max 75,30 %), die Luftgeschwindigkeit im Durchschnitt bei 0,10 m/s ± 0,12 (Min 0,00 m/s, Max 0,62 m/s). Bei der Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens in

den Abferkelbereichen der drei Betriebe traten aufgrund von jahreszeitlichen Temperaturschwankungen geringgradige Unterschiede in der Umgebungstemperatur auf (Betrieb 1: Mittelwert  $22,54\text{ °C} \pm 4,36$ , Min  $16,30\text{ °C}$ , Max  $30,90\text{ °C}$ ; Betrieb 2: Mittelwert  $21,50\text{ °C} \pm 1,55$ , Min  $17,70\text{ °C}$ , Max  $23,30\text{ °C}$ ; Betrieb 3: Mittelwert  $20,26\text{ °C} \pm 2,37$ , Min  $16,70\text{ °C}$ , Max  $24,70\text{ °C}$ ). Durch die unterschiedlichen Lüftungssysteme (Betrieb 1: freie Lüftung; Betrieb 2: Lochplattenlüftung; Betrieb 3: Unterdrucklüftung) einerseits, andererseits durch die Schwankungen der Umgebungstemperatur konnten ebenfalls geringgradige Unterschiede in der Luftfeuchtigkeit (Betrieb 1: Mittelwert  $66,98\% \pm 6,76$ , Min  $42,10\%$ , Max  $78,50\%$ ; Betrieb 2: Mittelwert  $71,40\% \pm 5,09$ , Min  $62,40\%$ , Max  $85,40\%$ ; Betrieb 3: Mittelwert  $60,44\% \pm 8,31$ , Min  $45,80\%$ , Max  $74,60\%$ ) und der Luftgeschwindigkeit (Betrieb 1: Mittelwert  $0,36\text{ m/s} \pm 0,36$ , Min  $0,00\text{ m/s}$ , Max  $1,54\text{ m/s}$ ; Betrieb 2: Mittelwert  $0,07\text{ m/s} \pm 0,10$ , Min  $0,00\text{ m/s}$ , Max  $0,47\text{ m/s}$ ; Betrieb 3: Mittelwert  $0,17\text{ m/s} \pm 0,21$ , Min  $0,00\text{ m/s}$ , Max  $0,81\text{ m/s}$ ) festgestellt werden.

Durch die Fütterung wurden die Tiere von der Untersuchung abgelenkt, so dass eine mögliche, durch Untersuchungsstress bedingte Hyperthermie weitgehend vermieden wurde. Das Gesäuge wurde am stehenden Tier beidseitig infrarotthermographisch aufgenommen. Da die Sauen vor der Infrarotthermographie bereits einige Zeit standen, sich dadurch die Temperatur der Gesäugehautoberfläche an die Umgebungstemperatur adaptieren konnte, wurde der Einfluss der Stallbodentemperatur auf die Gesäugeoberflächentemperatur durch vorangegangenes Liegen reduziert. Um Streustrahlung durch externe Wärmequellen

wie Rotlichtlampen zu vermeiden, wurden diese ausgeschaltet. In Tabelle 4.1 sind die internen und externen Einflussfaktoren und die unternommenen Maßnahmen zusammengestellt.

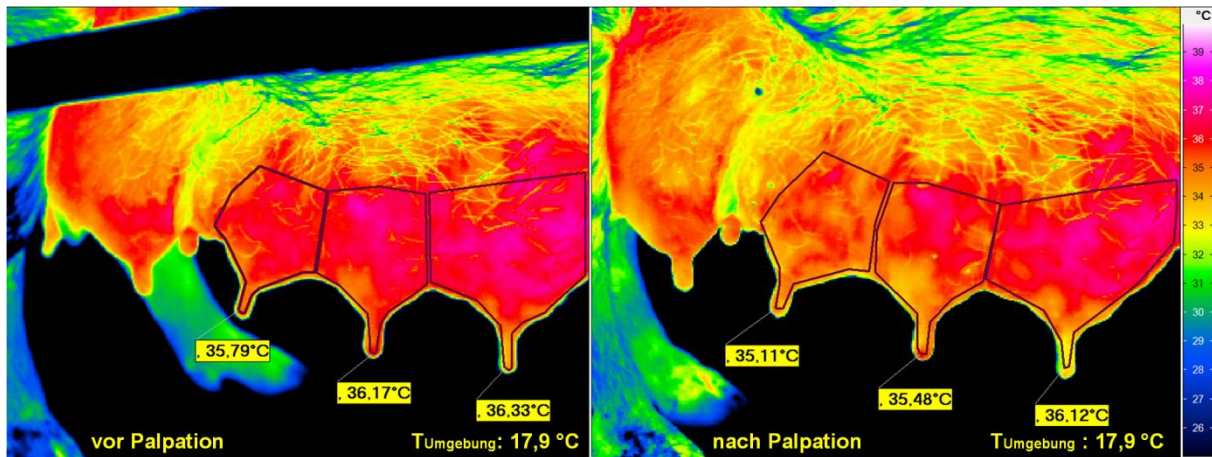
**Tabelle 4.1:** Externe und interne Einflussfaktoren auf die thermographische Untersuchung und ergriffene Maßnahmen

Einflussfaktor	Maßnahme
Streustrahlung	Ausschalten externer Wärmequellen
Umgebungstemperatur	Untersuchung in den frühen Morgenstunden
Position des Gesäuges	Tiere wurden in stehende Position gebracht
Untersuchungsstress	Untersuchung während der Fütterung
Gesäugezustand	Gesäuge wurde gesäubert und getrocknet

#### 4.1.1.1 Einflussfaktoren Palpation, Haarkleid, Kratzer/Verschorfungen, Verschmutzung und Feuchtigkeit

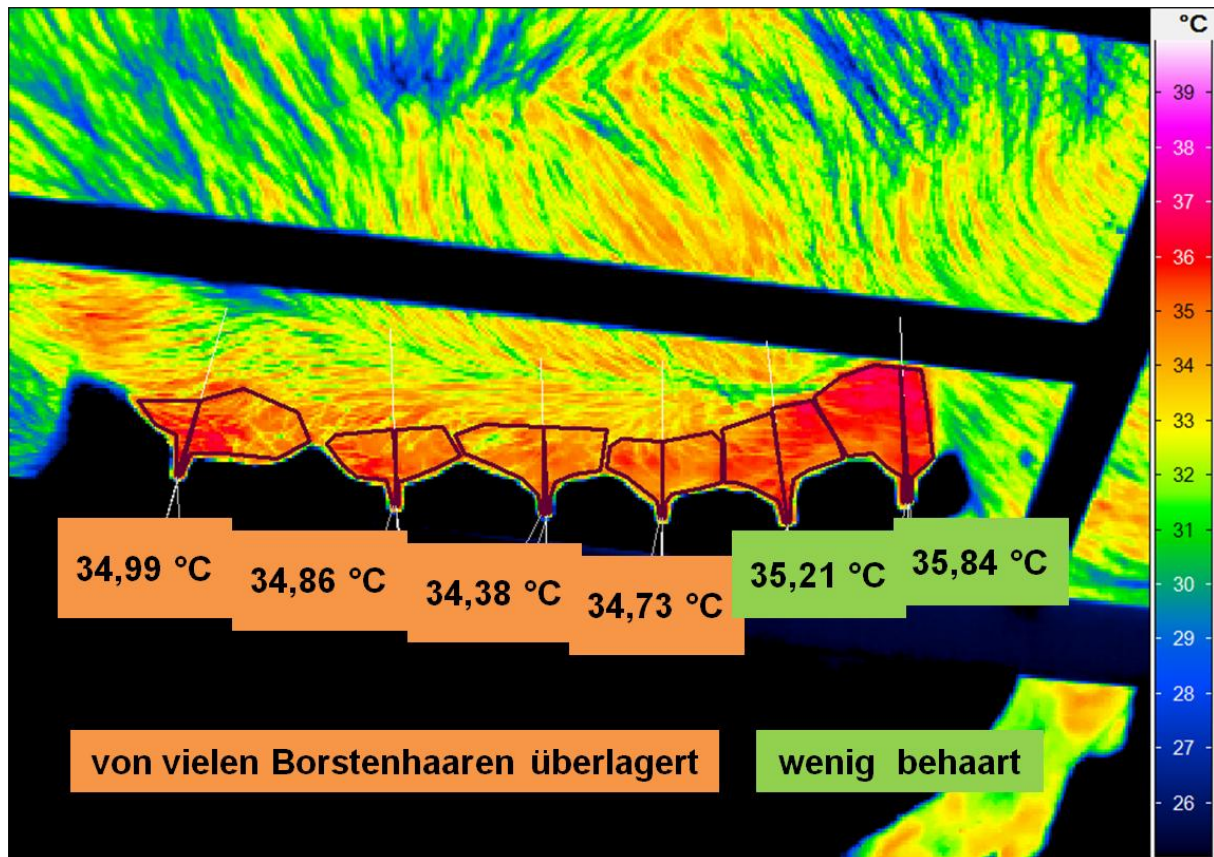
Um zu überprüfen, ob eine manuelle Untersuchung des Gesäuges einen Einfluss auf die Oberflächentemperatur hat, wurden Gesäuge vor und nach einer palpatorischen Untersuchung infrarotthermographisch gemessen und deskriptiv beurteilt. Die manuelle Untersuchung bestand einerseits in der Säuberung und Trocknung des Gesäuges, andererseits in der palpatorischen Beurteilung der Konsistenz des jeweiligen Komplexes, und der Begutachtung auf Verdickungen in der Subkutis, Knotenbildung im Gesäugeparenchym sowie der Überprüfung der Funktionalität der Zitzen. Wie exemplarisch an drei Komplexen in Abbildung 4.1 an einer Sau gezeigt, war ersichtlich, dass die kurzzeitige palpatorische Manipulation des Gesäuges nur

einen geringgradigen Einfluss der Oberflächentemperatur gemittelt über die jeweils drei Komplexe zeigte ( $\bar{X}_{\text{vor Palpation}} = 36,10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\bar{X}_{\text{nach Palpation}} = 35,57 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). Daher wurde nach der palpatorischen Manipulation immer drei Minuten bis zur infrarotthermographischen Untersuchung gewartet.



**Abbildung 4.1:** Einfluss der Palpation auf die Oberflächentemperatur des Gesäuges; dargestellt ist ein Thermogramm einer linken Gesäugeleiste vor Palpation (links) und nach Palpation (rechts) mit den jeweiligen Mittelwerten der Komplexoberflächentemperatur der umrandeten Areale.

Üblicherweise war das Gesäuge der Sauen nur wenig behaart, jedoch konnte bei einem Tier eine stärkere Behaarung beobachtet werden. Dabei wurde eine Beeinflussung der Borstenhaare auf die Messung der Gesäugeoberflächentemperatur festgestellt. In Abbildung 4.2 ist die linke Gesäugeleiste dieser Sau mit deutlich behaarter und wenig behaarter Gesäugehaut an einzelnen Komplexen ersichtlich. Zeigten Sauen eine solche Behaarung, wurden diese daraufhin nicht in die Untersuchungen eingeschlossen.

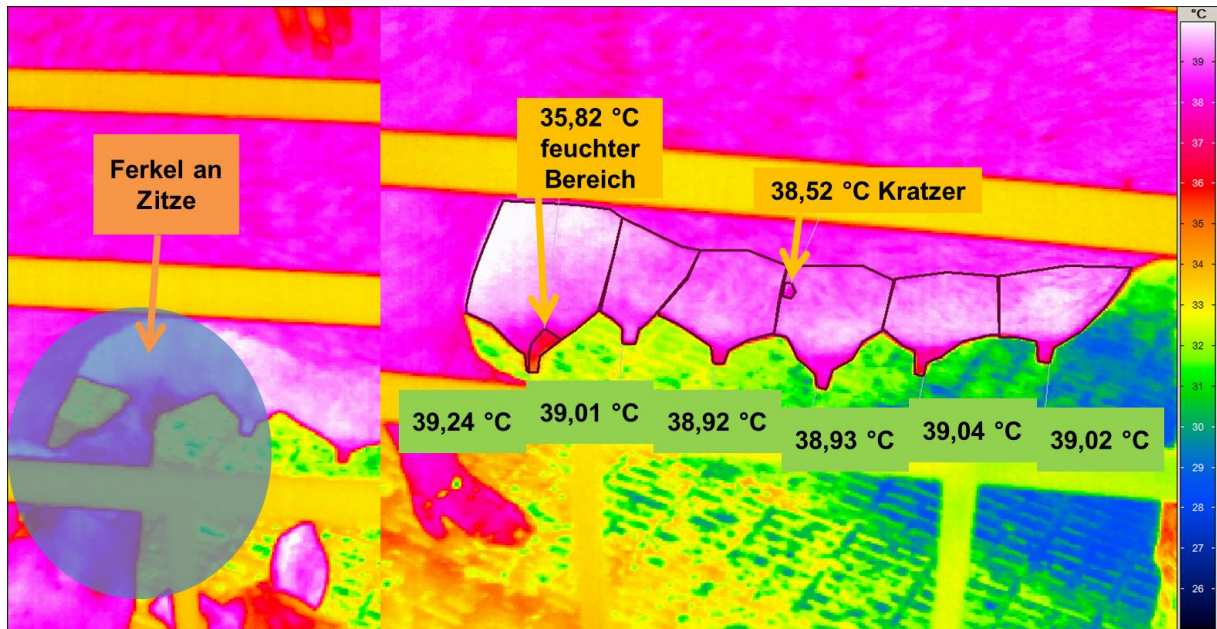


**Abbildung 4.2:** Einfluss des Haarkleides auf die Oberflächentemperatur des Gesäuges; dargestellt ist ein Thermogramm einer linken Gesäugeleiste mit an einzelnen Komplexen deutlich behaarter und wenig behaarter Gesäugehaut sowie die jeweiligen Mittelwerte der Komplexoberflächentemperatur der umrandeten Areale.

Verkratzte Gesäugeoberflächen sowie Verschorfungen veränderten die Oberflächentemperatur und das Bild des Thermogramms. In Abbildung 4.3 ist ein Thermogramm eines Gesäuges dargestellt, auf dem ein Kratzer mit Verschorfungen detektiert werden konnte. Die Oberflächentemperatur in dem verschorften Bereich war deutlich niedriger als die mittlere Temperatur des Gesamtkomplexes. Ebenso zeigte ein durch einen Saugversuch eines Ferkels verursachter, feuchter Hautbereich



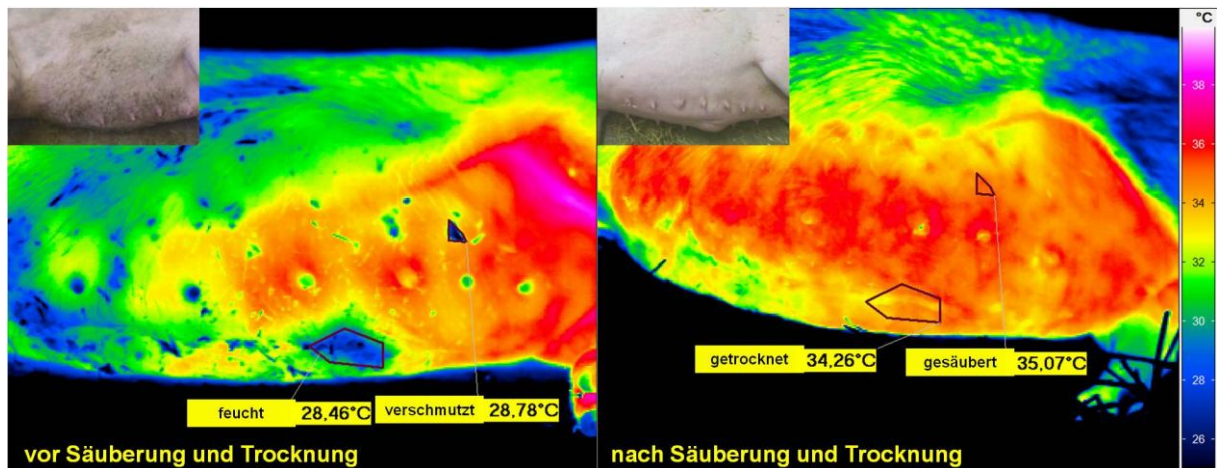
eine herabgesetzte Oberflächentemperatur. In solchen Fällen wurde das Gesäuge nochmals abgetrocknet und eine erneute Aufnahme angefertigt.



**Abbildung 4.3:** Thermogramm einer rechten Gesäugeleiste; dargestellt ist ein Ferkel an einer Zitze (links) und im Anschluss der daraus entstandene feuchte Bereich an der Zitzenbasis sowie zusätzlich ein Kratzer am anderen Komplex (rechts); ebenso sind die jeweiligen Mittelwerte der Oberflächentemperaturen aller umrandeten Komplexbereiche (Gesamtkomplex, feucht, Kratzer) dargestellt (rechts).

Um den Einfluss von Schmutz und Feuchtigkeit auf die Temperaturmessung zu prüfen, wurden Aufnahmen eines Gesäuges mit verschmutzten und nassen sowie nach Säuberung und Trocknung mit sauberen und trockenen Arealen gemacht und deskriptiv analysiert. In der Abbildung 4.4 sind diese externen Einflussfaktoren dargestellt. Es zeigte sich, dass Nässe und Schmutz die Oberflächentemperatur beeinflussen. Schmutz bedeckt die Gesäugeoberfläche und verändert dadurch an

dieser Lokalisation die Oberflächenstruktur. Nässe benetzt ebenfalls die Gesäugeoberfläche und hat dadurch auch Einfluss auf die Oberflächentemperatur.



**Abbildung 4.4:** Einfluss der externen Störgrößen Verschmutzung und Feuchtigkeit auf die Oberflächentemperatur des Gesäuges; dargestellt ist ein Thermogramm vor (links) und nach (rechts) Säuberung und Trocknung sowie die jeweiligen Mittelwerte der Gesäugehautoberflächentemperatur der umrandeten Areale im feuchten / verschmutzten sowie im trockenen / gesäuberten Zustand.

Exemplarisch an einer Sau dargestellt, zeigte sich eine Differenz von 5,80 °C zwischen der Temperatur der feuchten Oberfläche ( $\bar{X} = 28,46$  °C) und der anschließend getrockneten ( $\bar{X} = 34,26$  °C). Ebenso konnte eine um 6,29 °C geringere Gesäugeoberflächentemperatur an der verschmutzten ( $\bar{X} = 28,78$  °C) im Vergleich zur anschließend gesäuberten Stelle ( $\bar{X} = 35,07$  °C) festgestellt werden. Daher wurden im Vorfeld der Untersuchungen alle Gesäuge gesäubert und getrocknet.

## 4.2 Klinische Untersuchung

### 4.2.1 Verlaufsuntersuchung an gesunden Sauen vor und während der Laktation

Von insgesamt 35 Sauen wurde das Gesäuge im zeitlichen Verlauf vor und während der Laktation zu sechs unterschiedlichen Zeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) untersucht. Dabei wurden bei den Sauen die Herz- und Atemfrequenz sowie der Ausbildungsgrad der einzelnen Komplexe untersucht und dokumentiert. Die Gesäuge wurden adspektorisch und palpatorisch auf Anzeichen einer Entzündung wie Rötung, Schmerzhaftigkeit, Umfangsvermehrung und vermehrte Wärme kontrolliert. Es wurde weiterhin die Gesäugehaut auf Abziehbarkeit hin untersucht und auf Kratzer/Verschorfungen, Zitzenverletzungen und Verdickungen in der Subkutis sowie Knoten im Gesäugeparenchym geachtet.

Es konnte festgestellt werden, dass der Ausbildungsgrad der insgesamt 515 Komplexe der 35 Sauen vom Tag 21 bis Tag 1 a.p. stetig zunahm und während der Laktation nahezu konstant blieb. So besaßen am Tag 21 a.p. noch alle 515 Komplexe nicht angebildetes Gesäugeparenchym. Am Tag 7 a.p. befanden sich nahezu alle in Ausbildung. Am Tag 1 a.p. konnten nur 32 Sauen untersucht werden, da 3 Sauen schon einen Tag vor dem errechneten Untersuchungstag abferkelten. Der größte Teil der Komplexe ( $n = 436$  von 470) war bei diesen Sauen vollständig angebildet. Am Tag 1 p.p. waren 484 der 515 Komplexe voll angebildet. Am Tag 3-4 p.p. war eine vollständige Rückbildung von 6 Komplexen und am Tag 14 p.p. von 53 feststellbar. Tabelle 4.2 gibt die Gesamtkomplexzahl aller Tiere unterteilt nach Ausbildungsgrad (nicht angebildet, in Ausbildung resp. in Rückbildung, voll angebildet)



im Verlauf vor und während der Laktation bei den verschiedenen Altersstufen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) zu sechs unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) wieder. Weiterhin wurde die durchschnittliche Komplexanzahl pro Sau ermittelt.

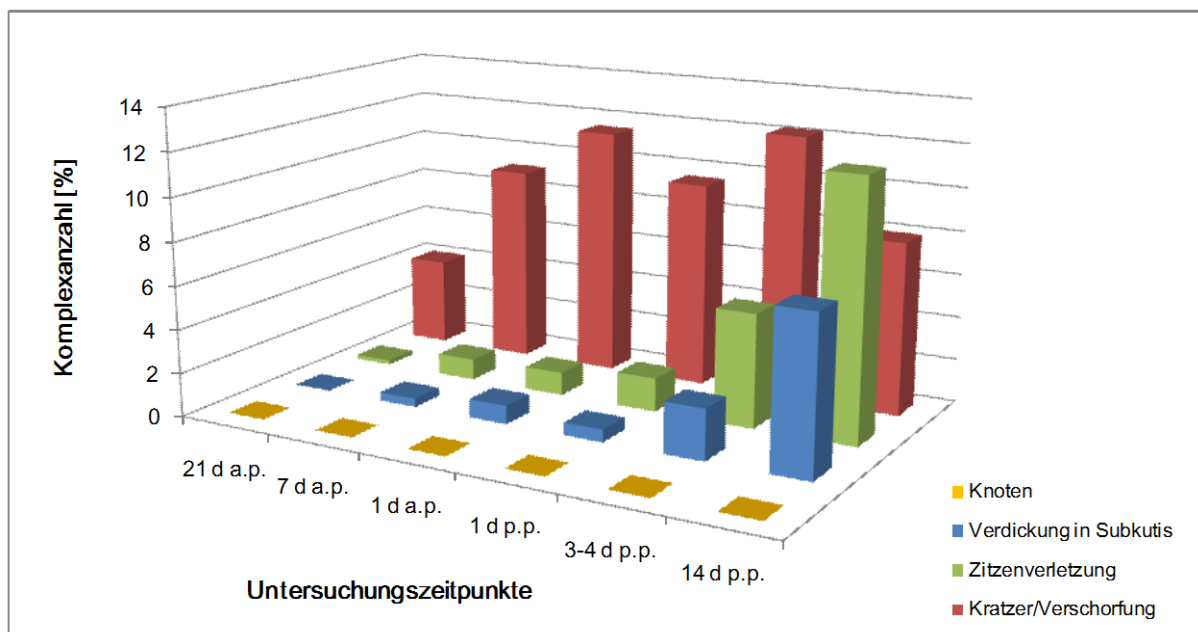
**Tabelle 4.2:** Ausbildungsgrad der Komplexe (nicht angebildet, in Ausbildung resp. in Rückbildung, voll angebildet) aller 35 gesunder Sauen sowie die durchschnittliche Komplexanzahl pro Sau bei der Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation zu unterschiedlichen Zeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) bei den verschiedenen Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); (d = Tag, a.p. = *ante partum*, p.p. = *post partum*, Lakt. = Laktation)

Verlaufs-US 35 gesunder Sauen	Tieranzahl	nicht angebildete Komplexe	in Ausbildung resp. in Rückbildung befindliche Komplexe	voll angebildete Komplexe	gesamt	durchschnittl. Komplexzahl pro Sau
<b>21 d a.p.</b>						
Sauen 1. Lakt.	17	251 (100 %)	0	0	251	14,8
Sauen 2./3. Lakt.	15	219 (100 %)	0	0	219	14,6
Sauen > 3. Lakt.	3	45 (100 %)	0	0	45	15,0
<b>gesamt</b>	<b>35</b>	<b>515 (100 %)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>515</b>	<b>14,7</b>
<b>7 d a.p.</b>						
Sauen 1. Lakt.	17	0	251 (100 %)	0	251	14,8
Sauen 2./3. Lakt.	15	3 (1,4 %)	216 (98,6 %)	0	219	14,6
Sauen > 3. Lakt.	3	0	45 (100 %)	0	45	15,0
<b>gesamt</b>	<b>35</b>	<b>3 (0,6 %)</b>	<b>512 (99,4 %)</b>	<b>0</b>	<b>515</b>	<b>14,7</b>
<b>1 d a.p.</b>						
Sauen 1. Lakt.	14	0	27 (13,1 %)	179 (86,9 %)	206	14,7
Sauen 2./3. Lakt.	15	0	5 (2,3 %)	214 (97,7 %)	219	14,6
Sauen > 3. Lakt.	3	0	2 (4,4 %)	43 (95,6 %)	45	15,0
<b>gesamt</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>34 (7,2 %)</b>	<b>436 (92,8 %)</b>	<b>470</b>	<b>14,7</b>
<b>1 d p.p.</b>						
Sauen 1. Lakt.	17	0	22 (8,8 %)	229 (91,2 %)	251	14,8
Sauen 2./3. Lakt.	15	0	1 (3,2 %)	212 (96,8 %)	219	14,6
Sauen > 3. Lakt.	3	0	2 (4,4 %)	43 (95,6 %)	45	15,0
<b>gesamt</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>31 (6,0 %)</b>	<b>484 (94,0 %)</b>	<b>515</b>	<b>14,7</b>
<b>3-4 d p.p.</b>						
Sauen 1. Lakt.	17	5 (2,0 %)	12 (4,8 %)	234 (93,2 %)	251	14,8
Sauen 2./3. Lakt.	15	1 (0,4 %)	10 (4,6 %)	208 (95,0 %)	219	14,6
Sauen > 3. Lakt.	3	0	5 (11,1 %)	40 (88,9 %)	45	15,0
<b>gesamt</b>	<b>35</b>	<b>6 (1,2 %)</b>	<b>27 (5,2 %)</b>	<b>482 (93,6 %)</b>	<b>515</b>	<b>14,7</b>
<b>14 d p.p.</b>						
Sauen 1. Lakt.	17	24 (9,5 %)	22 (8,8 %)	205 (81,7 %)	251	14,8
Sauen 2./3. Lakt.	15	24 (11,0 %)	23 (10,5 %)	172 (78,5 %)	219	14,6
Sauen > 3. Lakt.	3	5 (11,1 %)	7 (15,6 %)	33 (73,3 %)	45	15,0
<b>gesamt</b>	<b>35</b>	<b>53 (10,3 %)</b>	<b>52 (10,1 %)</b>	<b>410 (79,6 %)</b>	<b>515</b>	<b>14,7</b>

Während aller Untersuchungen war die Gesäugehaut abziehbar. Bei der Konsistenz des Parenchyms zeigte sich während der Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation ein Wechsel von weich / nicht palpierbar über locker zu prall-elastisch. Rötung sowie Schmerzhaftigkeit konnten bei der gesamten Verlaufsuntersuchung nicht detektiert werden. Ähnlich verhielt es sich mit vermehrter Wärme der einzelnen Gesäugekomplexe. Mit Ausnahme von zwei Sauen mit 1. Laktation und einer Sau mit 2./3. Laktation, bei denen während der Laktation subjektiv etwas wärmere Komplexe vorzufinden waren, zeigte sich keine palpatorisch feststellbare Temperaturänderung. Kratzer/Verschorfungen schwankten während der Untersuchungszeitpunkte und zeigten die höchsten Prävalenzen am Tag 1 a.p. und 3-4 p.p.. Beim Vergleich zwischen den Komplexpaaren R1/L1 bis R8/L8 zeigten sich diesbezüglich keine Differenzen. Jedoch zeigte sich ein Unterschied zwischen kranialen und kaudalen Komplexen der jeweiligen Gesäugeleiste (R1-R8, L1-L8). So traten an den Komplexen R5-R7, L5-L7 und dem dritten Komplex R3, L3 deutlich mehr Kratzer und Zitzenverletzungen auf als bei den Komplexen R1-R2, L1-L2 sowie den Komplexen R4, L4 und R8, L8. Dies konnte in allen Altersstufen festgestellt werden. Umfangsvermehrungen konnten nur am ersten und zweiten linken Komplex einer Sau mit 2./3. Laktation 14 Tage p.p. beobachtet werden, Knoten im Gesäugeparenchym traten nicht auf. Im zeitlichen Verlauf der Untersuchungen konnte ein Anstieg der Anzahl von Zitzenverletzungen sowie Verdickungen in der Subkutis verzeichnet werden. Dabei traten bei den Sauen mit 1. Laktation und mit 2./3. Laktation 14 Tage p.p. die meisten Zitzenverletzungen und Verdickungen in der

Subkutis auf, die über die gesamte rechte und linke Gesäugeleiste mit Ausnahme des achten Komplexpaares verteilt waren. Tabelle 9.2 gibt die Häufigkeiten der beschriebenen Veränderungen an den jeweiligen Komplexen der beiden Gesäugeleisten zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten unterteilt in die drei Altersstufen wieder.

Abbildung 4.5 zeigt die Häufigkeiten von Kratzern/Verschorfungen, Zitzenverletzungen, Verdickungen in der Subkutis sowie Knoten im Gesäugeparenchym vor und während der Laktation.



**Abbildung 4.5:** Anzahl der Veränderungen von Kratzern/Verschorfungen, Zitzenverletzungen, Verdickungen in Subkutis und Knoten an den Komplexen (gesamt n = 515; 1 d p.p. n = 470) in Prozent im Verlauf vor und während der Laktation bei 35 gesunden Sauen zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.); (d = Tage, a.p. = *ante partum*, p.p. = *post partum*)

#### 4.2.2 Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt

Bei der Untersuchung der Sauen auf die Gesäugesundheit zum Absetzzeitpunkt vier Wochen p.p. wurden ebenfalls wie bei der Verlaufsuntersuchung an gesunden Sauen vor und während der Laktation sämtliche Komplexe mit einer durchschnittlichen Komplexanzahl von 14,7 pro Sau auf Betrieb 1, 15,1 pro Sau auf Betrieb 2 und 14,8 pro Sau auf Betrieb 3 adspektorisch und palpatorisch auf sämtliche Parameter (Rötung, Schmerzhaftigkeit, vermehrte Wärme, derbe Konsistenz, Zitzenverletzung, Kratzer/Verschorfung, Umfangsvermehrung, Verdickung in Subkutis, Knoten im Mammaparenchym) hin untersucht. Die Parameter wurden zwischen den Altersgruppen sowie zwischen den einzelnen Betrieben miteinander verglichen. Tabelle 4.3 zeigt die Veränderungen getrennt nach Altersgruppen und Betrieben.

Bei den Sauen konnte auf allen drei Betrieben keine Rötung oder Schmerzhaftigkeit am Gesäuge gefunden werden und die Gesäugehaut war bis auf einen Komplex immer abziehbar. Kratzer/Verschorfungen sowie Zitzenverletzungen konnten in allen Altersstufen auf allen Betrieben beobachtet werden. Sauen mit 1. Laktation wiesen im Allgemeinen mehr Zitzenverletzungen auf als die anderen Altersstufen. Auf Betrieb 2 und 3 konnte mit Zunahme des Alters eine Abnahme von Zitzenverletzungen, Kratzern/Verschorfungen sowie Verdickungen in der Subkutis festgestellt werden. Umfangsvermehrungen in der Subkutis wurden an 6 Komplexen von Sauen verschiedener Altersstufen auf den Betrieben 1 und 3 gefunden. 11 Sauen mit mehr als 3 Laktationen wiesen insgesamt 13 knotig veränderte Komplexe auf, von denen 2 Komplexe bei einer Sau auf Betrieb 1 und 11 Komplexe bei 10

Sauen auf Betrieb 3 beobachtet wurden. Insgesamt hatten 15 Komplexe von Sauen aus Betrieb 1 und 3 eine derbe Konsistenz, wobei auf Betrieb 1 insgesamt 10 Komplexe bei nur einer Sau (1. Lakt.) von derber Konsistenz und auf Betrieb 3 einzelne Komplexe bei 4 Sauen aus verschiedenen Altersgruppen derb ( $n = 5$ ) (1. Lakt. = 1 Komplex, 2./3. sowie  $> 3$ . Lakt. = je 2 Komplexe) waren. Beim Anbildungsgrad konnten keine Unterschiede zwischen den Betrieben festgestellt werden. Bei 2 Sauen mit mehr als drei Laktationen (eine Sau 2 Komplexe (Betrieb 1), eine Sau alle 15 Komplexe (Betrieb 2)) konnte eine gering- bis mittelgradig vermehrte Wärme palpatorisch festgestellt werden. Bei einer Sau (2. Lakt., Betrieb 2) wurde an einem Komplex eine akute Mastitissymptomatik mit Rötung, Zitzenverletzung, vermehrter Wärme, Schmerzhaftigkeit und harter Konsistenz des Gesäugeparenchyms festgestellt.

**Tabelle 4.3:** Übersicht über die Anzahl an Komplexen mit adspektorisch und palpatorisch festgestellten Veränderungen (Rötung, Schmerzhaftigkeit, vermehrte Wärme, derbe Konsistenz, Zitzenverletzung, Kratzer/Verschörfung, Umfangsvermehrung, Verdickung in Subkutis, Knoten im Mammaparenchym) zum Absetzzeitpunkt getrennt nach den Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) und den Betrieben 1-3; in Klammern stehende Zahlen geben die Anzahl der Sauen an; (Lakt. = Laktation)

Parameter	Betrieb 1			Betrieb 2			Betrieb 3			gesamt
	Sauen 1. Lakt. 494 (34)	Sauen 2./3. Lakt. 497 (34)	Sauen > 3. Lakt. 550 (37)	Sauen 1. Lakt. 410 (27)	Sauen 2./3. Lakt. 665 (44)	Sauen > 3. Lakt. 515 (34)	Sauen 1. Lakt. 631 (43)	Sauen 2./3. Lakt. 364 (25)	Sauen > 3. Lakt. 510 (34)	
Anzahl untersuchter Komplexe	494 (34)	497 (34)	550 (37)	410 (27)	665 (44)	515 (34)	631 (43)	364 (25)	510 (34)	4636 (312)
Rötung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schmerzhaftigkeit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vermehrte Wärme	0	0	2 (1)	0	0	15 (1)	0	0	0	17 (2)
derbe Konsistenz	10 (1)	0	0	0	0	0	1 (1)	2 (1)	2 (2)	15 (5)
Zitzenverletzung	57 (23)	28 (17)	32 (16)	42 (16)	40 (21)	13 (10)	79 (23)	39 (15)	9 (7)	339 (148)
Kratzer/Verschörfung	126 (33)	165 (32)	165 (37)	155 (26)	137 (37)	94 (31)	189 (34)	42 (18)	58 (20)	1131 (268)
Verdickung in Subkutis	226 (34)	209 (33)	232 (36)	237 (27)	191 (43)	126 (31)	220 (37)	61 (14)	67 (20)	1569 (275)
Umfangsvermehrung > 1 cm	1 (1)	1 (1)	1 (1)	0	0	0	0	1 (1)	2 (2)	6 (6)
Knoten	0	0	2 (1)	0	0	0	0	0	11 (10)	13 (11)

Bei der Betrachtung der Komplexe der jeweiligen Gesäugeleiste konnten beidseits an den Komplexen R4-R7, L4-L7 vermehrt Kratzer/Verschorfungen sowie Zitzenverletzungen festgestellt werden. Verdickungen in der Subkutis konnten dagegen bei allen Komplexen beidseits R1-R8, L1-L8 gleichermaßen vorgefunden werden (Tabelle 9.3).

Ebenso wurde der Ausbildungsgrad (nicht angebildet, in Rückbildung, voll angebildet) für alle Altersgruppen auf den einzelnen Betrieben dokumentiert (Tabelle 4.4). Dabei zeigten sich im Ausbildungsgrad kaum Unterschiede zwischen den Betrieben (im Mittel 18,5 % nicht angebildet, 7,1 % in Rückbildung, 74,4 % voll angebildet).

**Tabelle 4.4:** Ausbildungsgrad der Komplexe (nicht angebildet, in Rückbildung, voll angebildet) aller 312 Sauen sowie die durchschnittliche Komplexanzahl pro Sau bei der Untersuchung auf die Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens bei verschiedenen Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) auf den Betrieben 1-3; (Lakt. = Laktation)

Gesäuge- gesundheit von 312 Sauen	Tierzahl	nicht angebildete Komplexe	in Rückbildung befindliche Komplexe	voll angebildete Komplexe	gesamt	durchschnittl. Komplexzahl pro Sau
<b>Betrieb 1</b>						
Sauen 1. Lakt.	34	79 (16,0 %)	46 (9,3 %)	369 (74,7 %)	494	14,5
Sauen 2./3. Lakt.	34	78 (15,7 %)	47 (9,5 %)	372 (74,8 %)	497	14,6
Sauen > 3. Lakt.	37	75 (13,6 %)	54 (9,8 %)	421 (76,6 %)	550	14,9
<b>gesamt</b>	<b>105</b>	<b>232 (15,1 %)</b>	<b>147 (9,5 %)</b>	<b>1162 (75,4 %)</b>	<b>1541</b>	14,7
<b>Betrieb 2</b>						
Sauen 1. Lakt.	27	61 (14,9 %)	15 (3,6 %)	334 (81,5 %)	410	15,2
Sauen 2./3. Lakt.	44	153 (23,0 %)	37 (5,6 %)	475 (71,4 %)	665	15,1
Sauen > 3. Lakt.	34	117 (22,7 %)	35 (6,8 %)	363 (70,5 %)	515	15,1
<b>gesamt</b>	<b>105</b>	<b>331 (20,8 %)</b>	<b>87 (5,5 %)</b>	<b>1172 (73,7 %)</b>	<b>1590</b>	15,1
<b>Betrieb 3</b>						
Sauen 1. Lakt.	43	111 (17,6 %)	28 (4,4 %)	492 (78,0 %)	631	14,7
Sauen 2./3. Lakt.	25	71 (19,5 %)	20 (5,5 %)	273 (75,0 %)	364	14,6
Sauen > 3. Lakt.	34	112 (22,0 %)	48 (9,4 %)	350 (68,6 %)	510	15,0
<b>gesamt</b>	<b>102</b>	<b>294 (19,5 %)</b>	<b>96 (6,4 %)</b>	<b>1115 (74,1 %)</b>	<b>1505</b>	14,8

### 4.3 Infrarotthermographie

#### 4.3.1 Korrelationsanalysen

Mit Hilfe der Korrelationsanalyse sollte geprüft werden, ob Faktoren wie Rektal- und Umgebungstemperatur, Atemfrequenz sowie Herzfrequenz einen wechselseitigen Effekt auf die Oberflächentemperatur der Mammakomplexe R1-R7 und L1-L7 besitzen. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse sind im Anhang in der Tabelle 9.4 für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation und in Tabelle 9.5 für die Untersuchung auf die Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt aufgelistet.

Bei der Verlaufsuntersuchung wurde ein sehr bis hoch signifikanter Zusammenhang zwischen Rektaltemperatur und Oberflächentemperatur der einzelnen Gesäugekomplexe rechts- sowie linksseitig nachgewiesen. Ausgenommen war jedoch der Komplex R7, für den kein signifikanter Zusammenhang bestand; allerdings wurde der 7. Komplex sowohl rechts- als auch linksseitig nicht bei allen infrarotthermographischen Untersuchungen mit erfasst. Ein hoch signifikanter Zusammenhang konnte ebenso zwischen der Atemfrequenz und der Oberflächentemperatur der ersten sechs Gesäugepaare einschließlich Komplex L7 festgestellt werden. Keinen Zusammenhang mit der Atemfrequenz konnte für die Oberflächentemperatur des Komplexes R7 gefunden werden. Bei der Herzfrequenz zeigte sich ein weniger enger Zusammenhang in Bezug auf die Komplexoberflächentemperatur. Während die Oberflächentemperatur der Komplexe L4-L7 nicht mit der Herzfrequenz korrelierten, zeigten die Komplexe L1-L3 sowie die Messwerte der rechten Gesäugeleiste signifikante bis hoch signifikante Korrelationen



mit der Herzfrequenz. Die Umgebungstemperatur korrelierte dagegen nicht mit der Oberflächentemperatur der Gesäugekomplexe ( $p \geq 0,05$ ) (Tabelle 9.4).

Beim Rechts-Links-Vergleich der Oberflächentemperatur der einzelnen Komplexpaare (R1/L1 bis R7/L7) untereinander konnte ein hoch signifikanter Zusammenhang ( $p < 0,001$ ) festgestellt werden, ebenso beim Vergleich der Werte kranialer und kaudaler Komplexe der jeweiligen Seite (Tabelle 9.4).

Die Korrelationsanalyse bei der Untersuchung auf die Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens zeigte ebenfalls einen hochsignifikanten Zusammenhang ( $p < 0,001$ ) beim Rechts-Links-Vergleich der Oberflächentemperatur der einzelnen Komplexpaare (R1/L1 bis R7/L7) untereinander sowie beim Vergleich zwischen den kranialen und kaudalen Komplexen der jeweiligen Gesäugeseite (Tabelle 9.5).

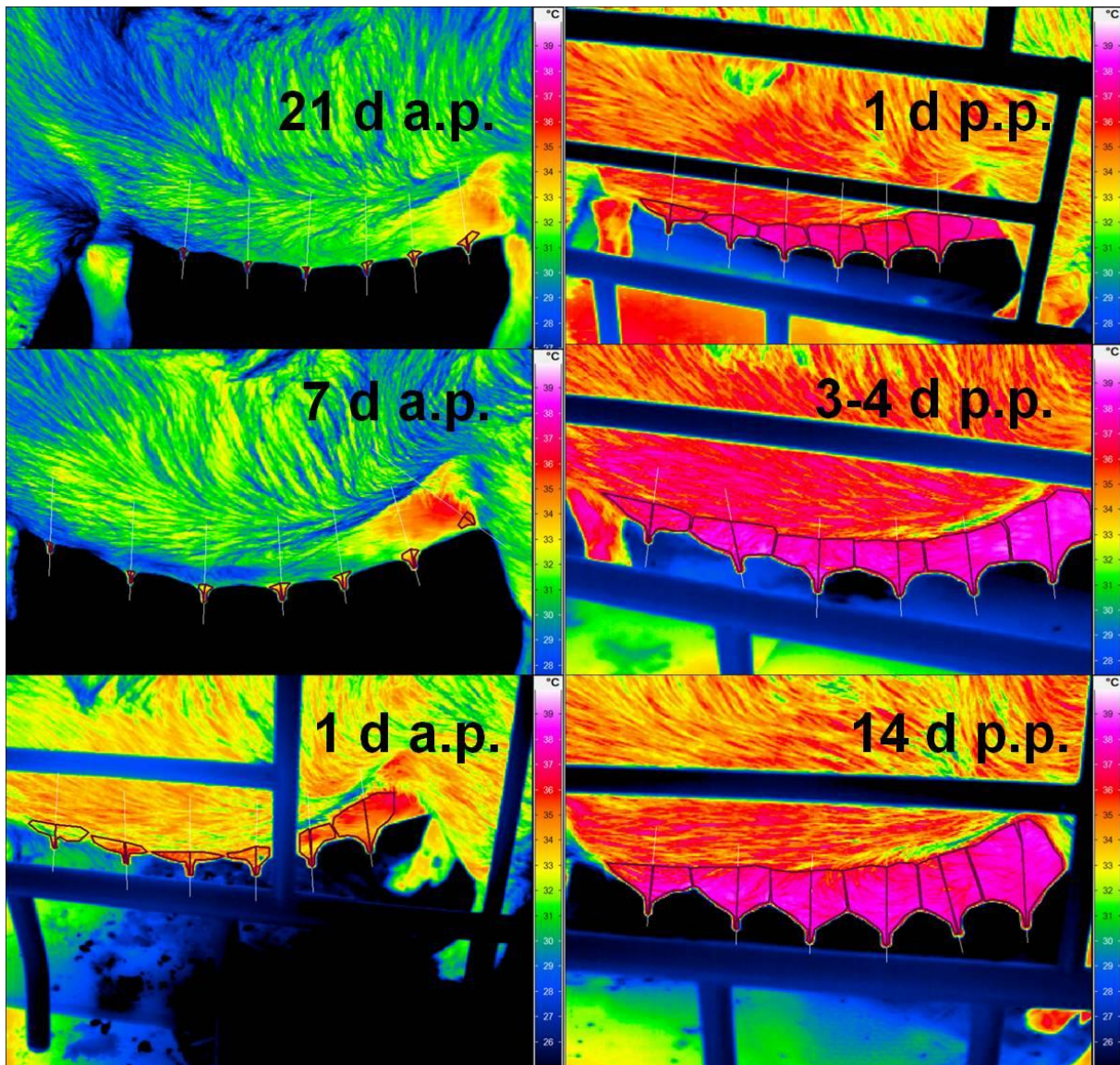
Nahezu gegensätzlich zu der Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation verhielt sich die Korrelationsanalyse zum Zeitpunkt des Absetzens bezüglich der Gesäugeoberflächentemperatur der einzelnen Komplexe und der Rektaltemperatur sowie der Umgebungstemperatur. Hier zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Komplexoberflächentemperatur und der Rektaltemperatur, wohingegen eine hoch signifikante Korrelation zwischen Umgebungstemperatur und der Oberflächentemperatur aller Komplexe ersichtlich war. Die Atemfrequenz zeigte einen signifikanten bis hoch signifikanten Zusammenhang zu der Oberflächentemperatur aller Komplexe ausgenommen R6 und R7. Für die Herzfrequenz und die Komplexoberflächentemperatur konnte eine signifikante Beziehung nur für die Komplexe R1 und L1, L2 nachgewiesen werden (Tabelle 9.5).

#### 4.3.2 Verlaufsuntersuchung an gesunden Sauen vor und während der Laktation

Bei der Verlaufsuntersuchung wurden von 35 gesunden Sauen die Temperaturänderungen am Gesäuge zu 6 Untersuchungszeitpunkten vor und während der Laktation (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) mit Hilfe eines rechts- und linksseitigen Thermogramms untersucht.

In Abbildung 4.6 werden Thermogramme einer Sau exemplarisch dargestellt. Es wird bei der Betrachtung dieser der Temperaturanstieg der einzelnen Komplexoberflächen im Verlauf zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ersichtlich.

Bei der Auswertung der Thermogramme aller Sauen zeigte sich ein Anstieg der Komplexoberflächentemperaturen 21 Tage a.p. (Farbskala: gelborange) bis 1 Tag p.p. (Farbskala: rosalia) um im Mittel fast 3 °C. Danach blieb die Temperatur der Komplexoberflächen bis zum Ende der Messreihe (14 d p.p.) nahezu konstant. Die Oberflächentemperatur am Tag 21 und 7 a.p. wurde vorwiegend an den Zitzen gemessen, da zu diesen Zeitpunkten die Gesäugekomplexe nur wenig angebildet und daher infrarotthermographisch auf einer lateralen Aufnahme einer Gesäugeleiste kaum darstellbar waren. Zu den anderen Untersuchungstagen wurde an den Zitzen und an der Gesäugehaut gemessen.

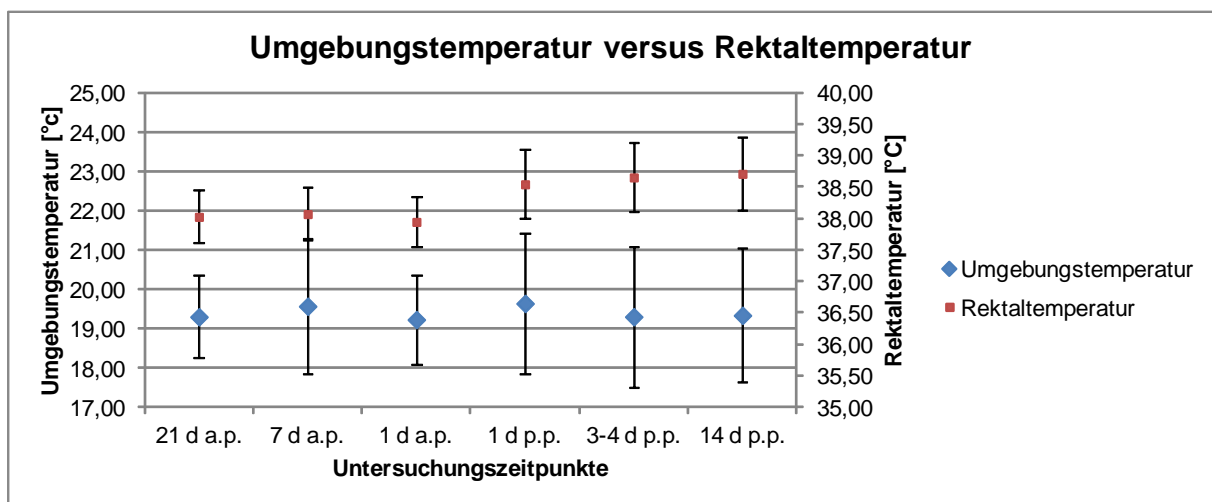


**Abbildung 4.6:** Dargestellt sind sechs Thermogramme der linken Gesäugeleiste einer Sau im Verlauf vor und während der Laktation zu sechs Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) mit den jeweiligen umrandeten Komplexbereichen für die Berechnung der mittleren Oberflächentemperatur.

#### 4.3.2.1 Umgebungstemperatur und Rektaltemperatur

Im Rahmen der Verlaufsuntersuchung wurde an den gesunden Sauen die Rektaltemperatur ermittelt und gleichzeitig auch die Umgebungstemperatur erfaßt.

Abbildung 4.7 zeigt die mittlere Umgebungs- und Rektaltemperatur im Vergleich zu den sechs Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.). Es zeigte sich, dass die Umgebungstemperatur (gemittelt über die Untersuchungszeitpunkte  $19,40\text{ °C} \pm 1,56$ ) wie auch die Rektaltemperatur (gemittelt über die Untersuchungszeitpunkte  $38,33\text{ °C} \pm 0,49$ ) nur geringfügigen Schwankungen unterlegen waren. Betrachtete man die beiden Temperaturen über die einzelnen Untersuchungszeitpunkte hinweg, so war die Umgebungstemperatur sowohl im Wartestall als auch im Abferkelbereich relativ gleich und wies nur eine Schwankungsbreite von  $0,41\text{ °C}$  auf. Bei der Rektaltemperatur zeigte sich ein geringer, nicht signifikanter Temperaturanstieg um  $0,60\text{ °C}$  vom Tag vor der Geburt zum Tag nach der Geburt.

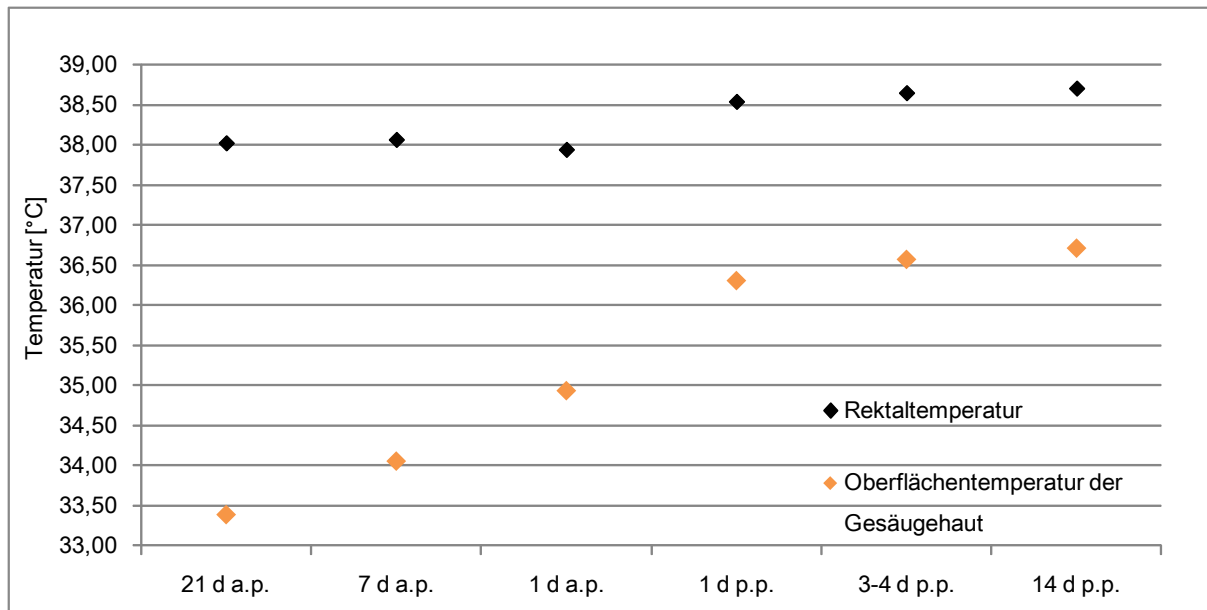


**Abbildung. 4.7:** Umgebungs- und Rektaltemperatur im Verlauf vor und während der Laktation zu sechs Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.); dargestellt sind die durchschnittlichen Werte der Umgebungs- (blau, linke Y-Achse) und Rektaltemperatur (rot, rechte Y-Achse).

#### 4.3.2.2 Gesäugehautoberflächentemperatur und Rektaltemperatur

Die über alle Mammakomplexe und Sauen gemittelte Oberflächentemperatur der Gesäugehaut wurde zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten sowie mit der mittleren Rektaltemperatur analysiert. Dabei wurden, durch die Aufnahmetechnik bedingt, eine unterschiedliche Anzahl von Komplexen pro Untersuchungszeitpunkt ( $\bar{X}$  = 426 Komplexe, Min. = 369 Komplexe, Max = 480 Komplexe) ausgewertet.

Es zeigte sich, dass die Oberflächentemperatur der Gesäugehaut vor Laktationsbeginn um 1,54 °C von 33,39 °C auf 34,93 °C stieg, wohingegen die Körperkerntemperatur nahezu konstant bei 38,02 °C lag. Nach der Geburt stieg die Oberflächentemperatur der Gesäugehaut weiter um 1,38 °C auf 36,31 °C bis 1 Tag p.p. an. Die Rektaltemperatur stieg ebenfalls in dieser Zeitspanne an, jedoch lediglich um 0,60 °C auf 38,55 °C. Zwischen 1 Tag und 14 Tage p.p. zeigten sowohl die Rektal- wie auch die Oberflächentemperatur der Gesäugehaut jeweils nur einen geringen Temperaturanstieg um 0,16 °C auf 38,71 °C (Rektaltemperatur) und um 0,40 °C auf 36,71 °C (Oberflächentemperatur der Gesäugehaut). Abbildung 4.8 gibt diesen Zusammenhang wieder.

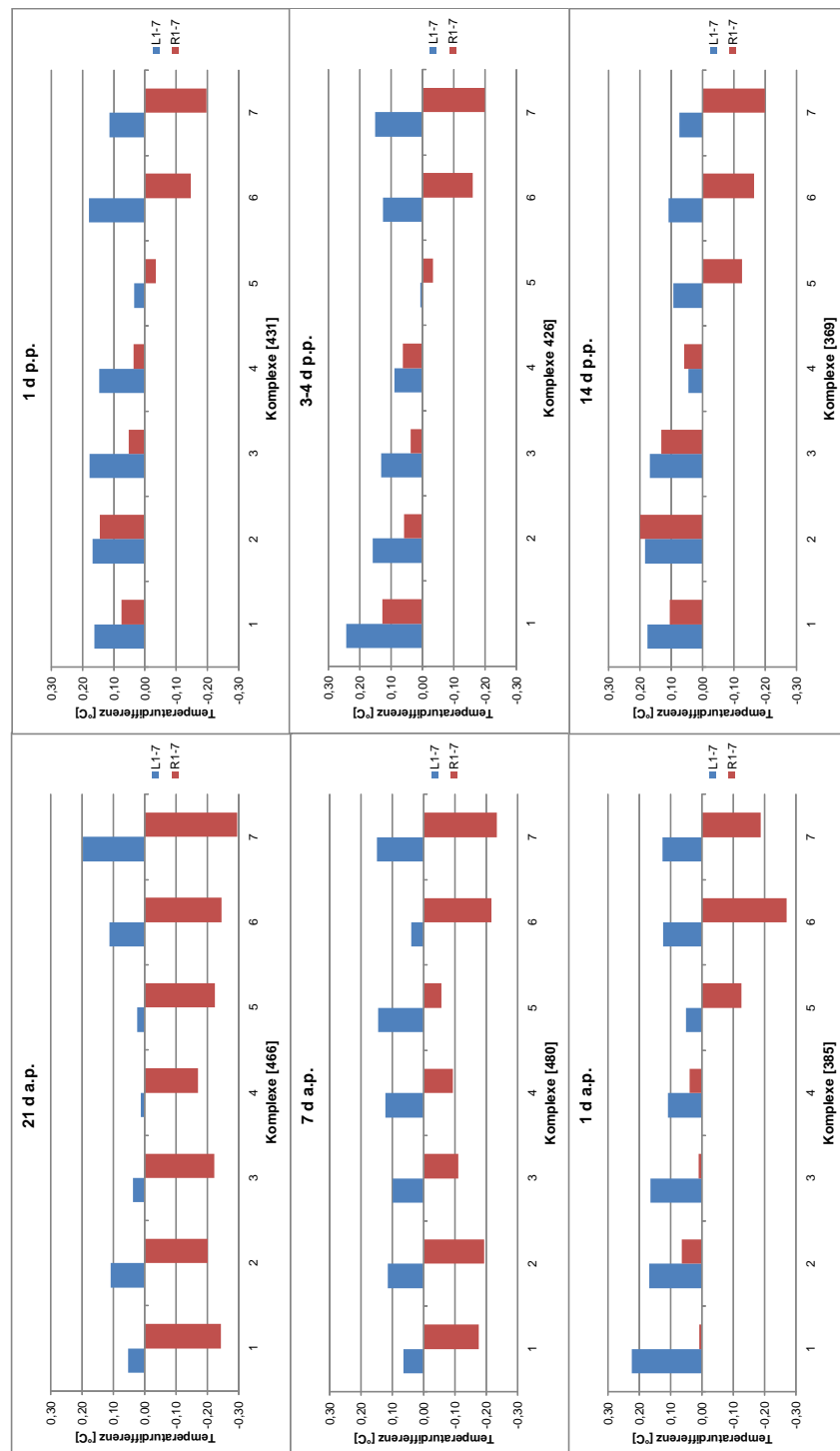


**Abbildung 4.8** : Vergleich zwischen der aus allen Altersstufen ermittelten Gesamtoberflächentemperatur aller Mammakomplexe und der Rektaltemperatur im Verlauf vor und während der Laktation zu unterschiedlichen Zeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.); dargestellt sind die Mittelwerte der Rektal- und Oberflächentemperatur der Gesäugehaut.

#### 4.3.2.3 Komplexvergleiche am Einzeltier

Bei der Untersuchung der Komplexe am Einzeltier wurde auf Unterschiede zwischen den Oberflächentemperaturen der kranialen und kaudalen Bereiche eines Komplexes, auf Unterschiede zwischen den Oberflächentemperaturen bei den Komplexpaaren R1/L1 bis R7/L7 und auf regelmäßige Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Komplexen der jeweiligen rechten bzw. linken Gesäugeleiste geprüft. Da sich kein Unterschied in der Oberflächentemperatur der einzelnen Komplexe zwischen den Altersgruppen zeigte, wurden die jeweiligen Komplexe aller 35 Sauen zusammen betrachtet.

Beim Vergleich der Oberflächentemperatur der kranialen und kaudalen Bereiche der einzelnen Komplexe im Verlauf zu den sechs Untersuchungszeitpunkten vor und während der Laktation (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Komplexbereichen festgestellt werden. Die Abbildung 4.9 gibt die mittleren Temperaturdifferenzen bezogen auf den kranialen und kaudalen Bereich jedes Komplexes für die jeweilige Gesäugleiste zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten wieder. Es zeigte sich, dass die maximale Oberflächentemperaturdifferenz zwischen kranialem und kaudalem Bereich eines Komplexes bei 0,30 °C lag. Die kranialen Bereiche der Komplexe waren bei der linken Gesäugleiste stets etwas wärmer als die kaudalen Bereiche. Auf der rechten Gesäugleiste waren dagegen am Tag 21 und 7 a.p. die kaudalen Bereiche der einzelnen Komplexe tendenziell wärmer als die kranialen Bereiche. Ab Tag 1 a.p. bis 14 Tage p.p. waren nur noch die kaudalen Bereiche der drei letzten Komplexe R5-R7 jeweils etwas wärmer als die kranialen Bereiche, wohingegen die ersten vier Komplexe R1-R4 im kranialen Bereich eine wärmere Oberflächentemperatur aufwiesen.



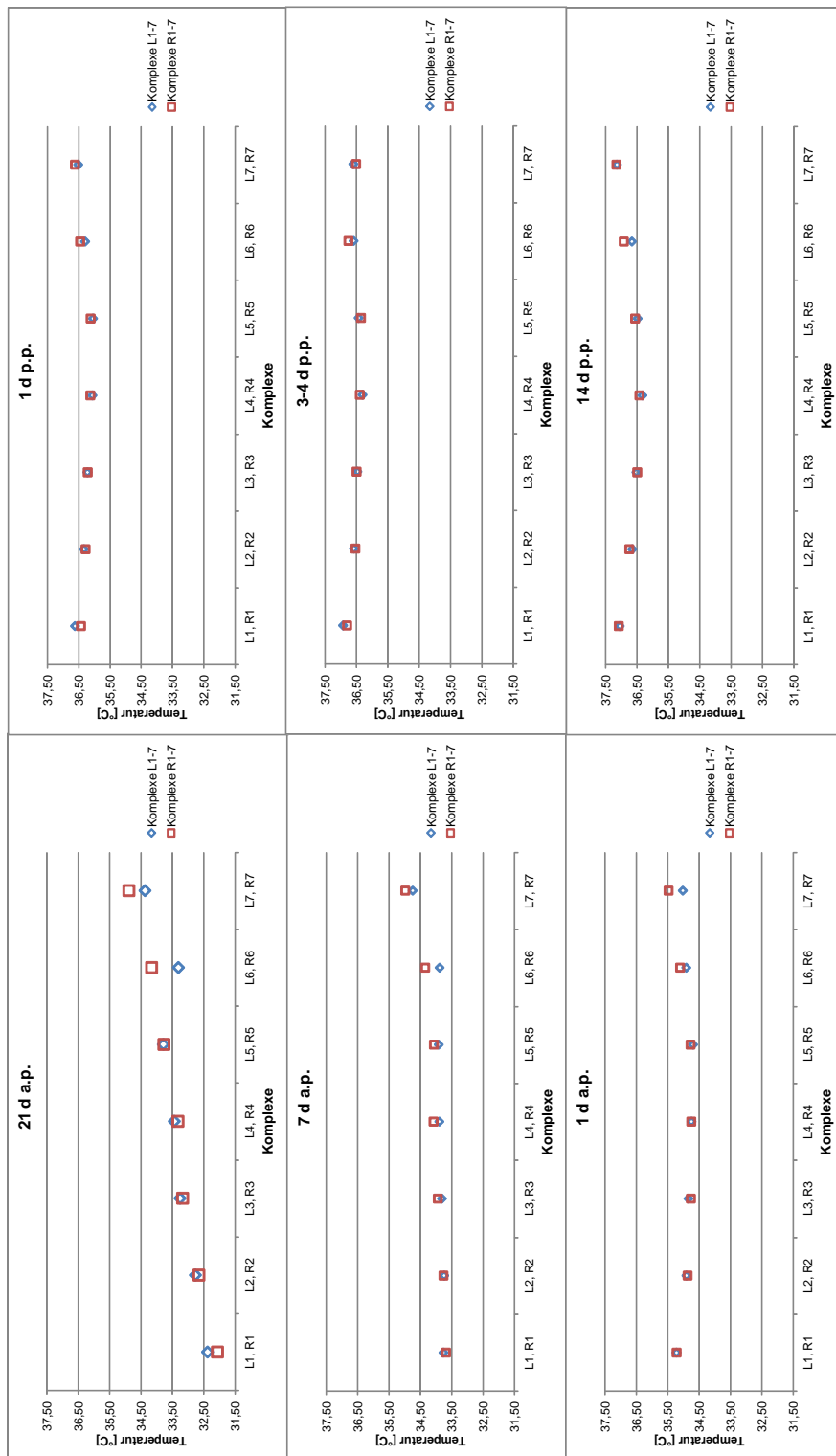
**Abbildung 4.9:** Vergleich der Oberflächentemperatur der rechten (rot) und linken (blau) kranialen und kaudalen Komplexbereiche jedes Komplexes im Verlauf vor und während der Laktation zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.); dargestellt sind die mittleren Temperaturdifferenzen bezogen auf den kranialen und kaudalen Bereich eines Komplexes. Signifikante Unterschiede zwischen den kranialen und kaudalen Bereichen der jeweilige Komplexe konnten nicht festgestellt werden.



Bei der Prüfung auf Unterschiede zwischen der Oberflächentemperatur der einzelnen Komplexpaare R1/L1 bis R7/L7 an den sechs Untersuchungstagen konnten geringe, aber nicht signifikante Unterschiede dargestellt werden. Der maximale durchschnittliche Unterschied zwischen den Komplexpaaren betrug  $0,86\text{ °C}$  (siehe Abbildung 4.10).

Bei dem Vergleich der Oberflächentemperatur der Komplexe einer Gesäugeseite (R1-R7 bzw. L1-L7) zeigten sich zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten Temperaturunterschiede, welche ebenfalls als nicht signifikant getestet wurden. So konnte bei beiden Gesäugeleisten 21 Tage und 7 Tage a.p. eine tendenziell höhere Oberflächentemperatur an den kaudalen als bei den kranialen Komplexen festgestellt werden. Der maximale mittlere Temperaturunterschied zwischen dem ersten und siebten Komplex betrug am Tag 21 a.p. für die rechte Gesäugeleiste  $2,82\text{ °C}$ , für die linke  $1,99\text{ °C}$ . Am Tag 7 a.p. war der maximale Temperaturunterschied deutlich geringer (rechte Gesäugeleiste:  $1,30\text{ °C}$ , linke Gesäugeleiste:  $0,98\text{ °C}$ ). Ab dem 1. Tag a.p. bis 14 Tage p.p. zeigte sich, dass die Komplexe R2-R5 bzw. L2-L5 eine geringere mittlere Oberflächentemperatur aufwiesen als die Komplexe R1 und L1 bzw. R6-R7 und L6-L7.

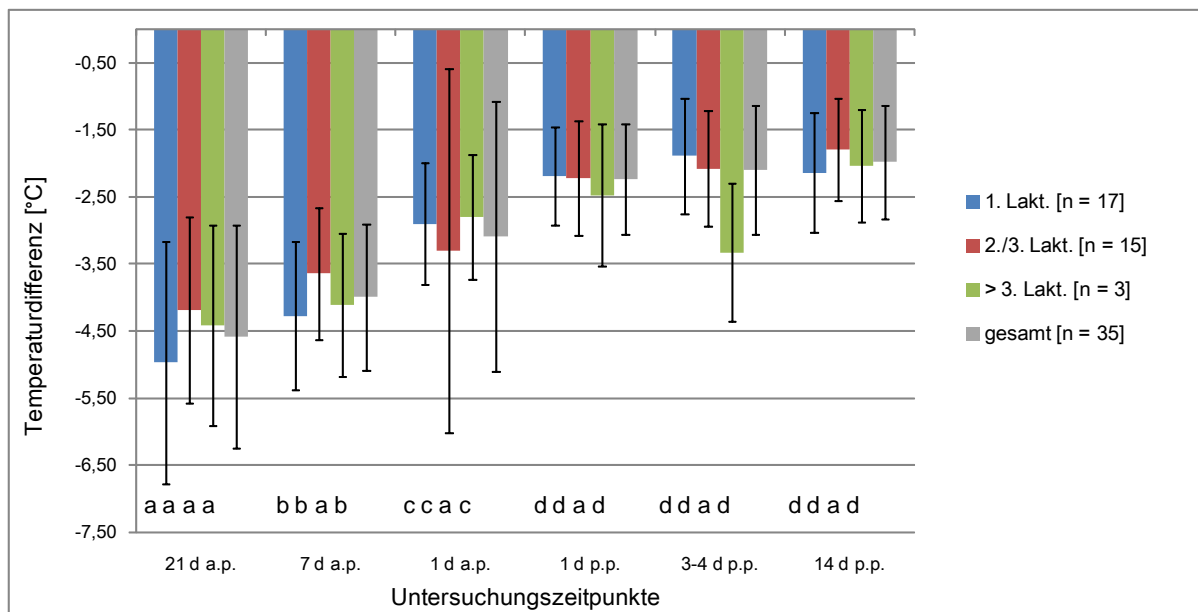
Abbildung 4.10 zeigt das Muster der Oberflächentemperatur der Komplexe 1-7 beider Gesäugeleisten (R, L) zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten vor und während der Laktation (Mittelwerte und Standardabweichungen sind im Anhang in Tabelle 9.7 aufgeführt).



**Abbildung. 4.10:** Vergleich der Oberflächentemperatur der Komplexe R1-R7 (rot) sowie L1-L7 (blau) beider Gesäugeleisten von 35 gesunden Sauen zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten vor (21, 7, 1 d a.p.) und während (1, 3-4, 14 d p.p.) der Laktation; dargestellt sind die mittleren Oberflächentemperaturen der einzelnen Komplexe. Signifikante Unterschiede zwischen gegenüberliegenden Komplexen bzw. zwischen Komplexen der jeweiligen Gesäugeleiste konnten nicht festgestellt werden.

#### 4.3.2.4 Altersgruppenvergleich

In Abbildung 4.11 werden die auf die Rektaltemperatur standardisierten Komplexoberflächentemperaturen des gesamten Gesäuges für die jeweiligen Altersstufen im Vergleich zu den sechs Untersuchungszeitpunkten dargestellt.



**Abbildung 4.11** : Vergleich zwischen der Komplexoberflächentemperatur des gesamten Gesäuges und der jeweiligen Altersstufen sowie aller Altersstufen zusammengefasst im Verlauf vor und während der Laktation zu sechs unterschiedlichen Zeitpunkten (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.); dargestellt sind die auf die Rektaltemperatur standardisierten Komplexoberflächentemperaturen des gesamten Gesäuges (Differenzwerte) [°C] sowie deren Standardabweichungen; verschiedene Buchstaben geben signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Untersuchungstagen wieder; Unterschiede zwischen den Altersgruppen konnten nicht festgestellt werden.

Beim Vergleich der Komplexoberflächentemperaturen des gesamten Gesäuges zwischen den Altersgruppen an dem jeweiligen Untersuchungszeitpunkt konnten

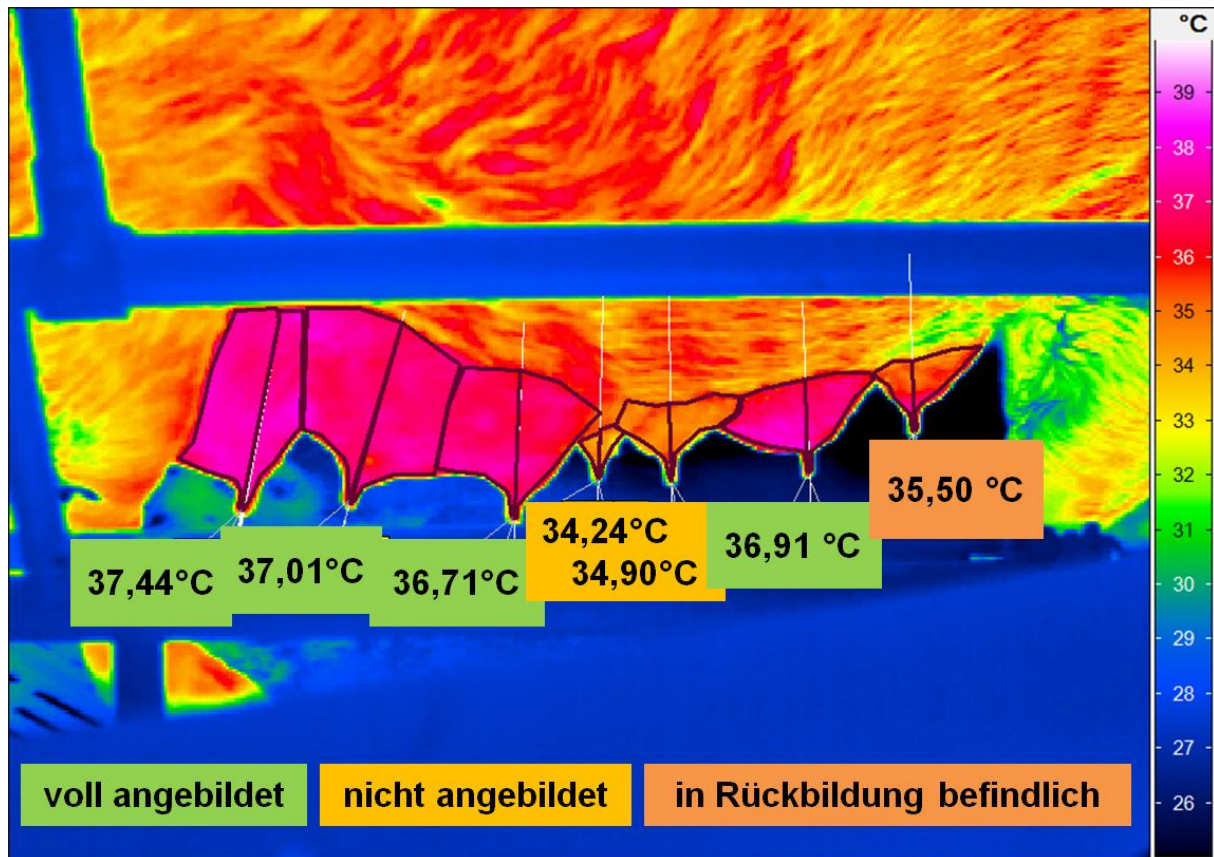
keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Jedoch zeigte sich ein signifikanter Temperaturanstieg der Komplexoberflächen des gesamten Gesäuges bei den Sauen mit 1. Laktation und mit 2./3. Laktation zwischen den Untersuchungszeitpunkten Tag 21, 7, 1 a.p. und Tag 1 p.p.. Bei den Sauen mit mehr als drei Laktationen konnten keine Unterschiede zwischen den Untersuchungszeitpunkten festgestellt werden, was jedoch an der zu geringen Anzahl von  $n = 3$  lag.

#### 4.3.3 Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Absetzzeitpunkt

##### 4.3.3.1 Vergleich Komplexoberflächentemperatur und Anbildungsgrad

Da die Sauen kurz vor dem Absetzen nicht nur angebildete, sondern auch unvollständig oder ganz rückgebildete Komplexe aufwiesen, wurde der Anbildungsgrad beim Vergleich der Komplexoberflächentemperatur zwischen den drei Altersgruppen und den drei Betrieben einbezogen.

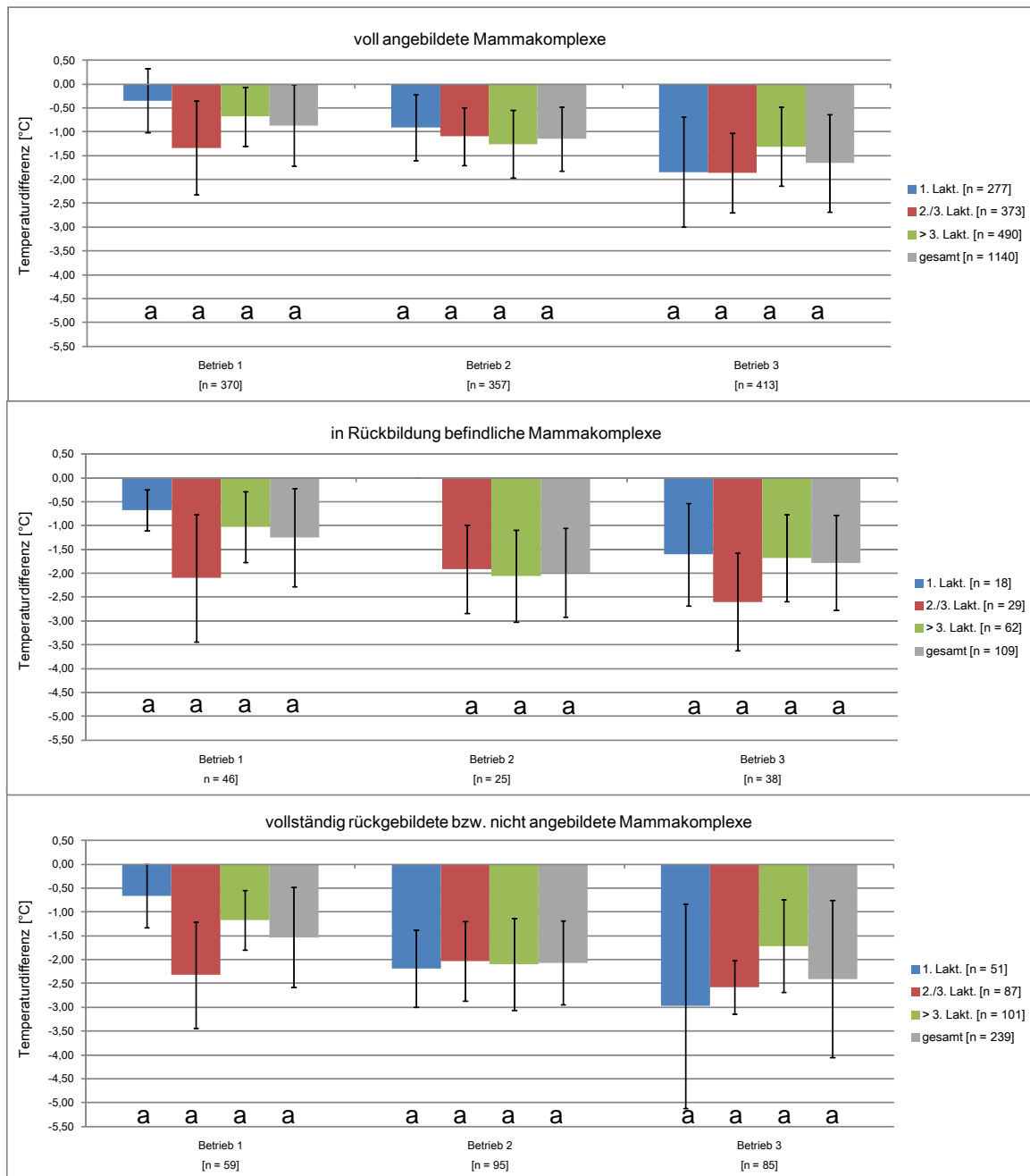
Im Thermogramm in Abbildung 4.12 sind an einer linken Gesäugeleiste die Oberflächentemperaturen von voll angebildeten, in Rückbildung befindlichen sowie nicht angebildeten Komplexen dargestellt.



**Abbildung 4.12:** Thermogramm einer linken Gesäugeleiste mit voll angebildeten, in Rückbildung befindlichen sowie nicht angebildeten Komplexen; dargestellt sind die Oberflächentemperaturen der einzelnen Komplexe.

Abbildung 4.13 zeigt den Zusammenhang zwischen der auf die Rektaltemperatur standardisierten Komplexoberflächentemperaturen des gesamten Gesäuges und den Altersstufen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) sowie den Betrieben 1-3 unterteilt in voll angebildete (n = 1168), in Rückbildung befindliche (n = 112) sowie vollständig rückgebildete bzw. nicht angebildete (n = 248) Komplexe bei insgesamt 110 Sauen (insgesamt 1528 Komplexe). Bei dem Vergleich der Oberflächentemperatur der Mammakomplexe und deren Anbildungsgrad konnte festgestellt werden, dass nicht angebildete Komplexe tendenziell eine höhere Temperaturdifferenz aufwiesen als

voll angebildete, d.h. nicht angebildete bzw. vollständig rückgebildete Komplexe besaßen eine kältere Oberflächentemperatur als voll angebildete Komplexe. Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant.



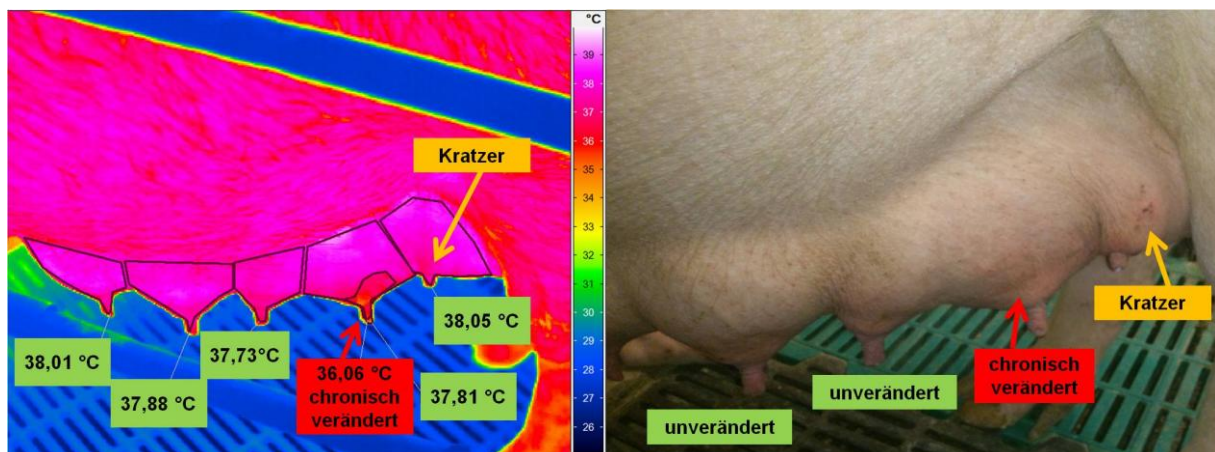
**Abbildung 4.13:** Vergleich zwischen der Komplexoberflächentemperatur und den Altersstufen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) sowie den Betrieben 1-3 unterteilt in angebildete (n = 1168), in Rückbildung befindliche (n = 112) sowie rückgebildete (n = 248) Komplexe bei insgesamt 110 Sauen (insgesamt 1528 Komplexe) am Tag des Absetzens; dargestellt sind die auf die Rektaltemperatur standardisierten Komplexoberflächentemperaturen des gesamten Gesäuges (Differenzwerte) [°C] sowie deren Standardabweichungen; verschiedene Buchstaben geben signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Altersstufen und den Betrieben wieder; (Lakt. = Laktation)

#### 4.3.3.2 Auffälligkeiten beim infrarotthermographischen Bild

Neben den bei der Untersuchung auf die Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens adspektorisch und palpatorisch schon beschriebenen Veränderungen des Gesäuges der Sauen (Tabelle 4.3) zeigten sich bei der Infrarotthermographie ebenfalls Auffälligkeiten.

##### 4.3.3.2.1 Sauen mit chronischen Gesäugeveränderungen

Veränderungen bei einem chronisch veränderten Mammakomplex sind beispielhaft im Thermogramm in Abbildung 4.14 aufgezeigt.



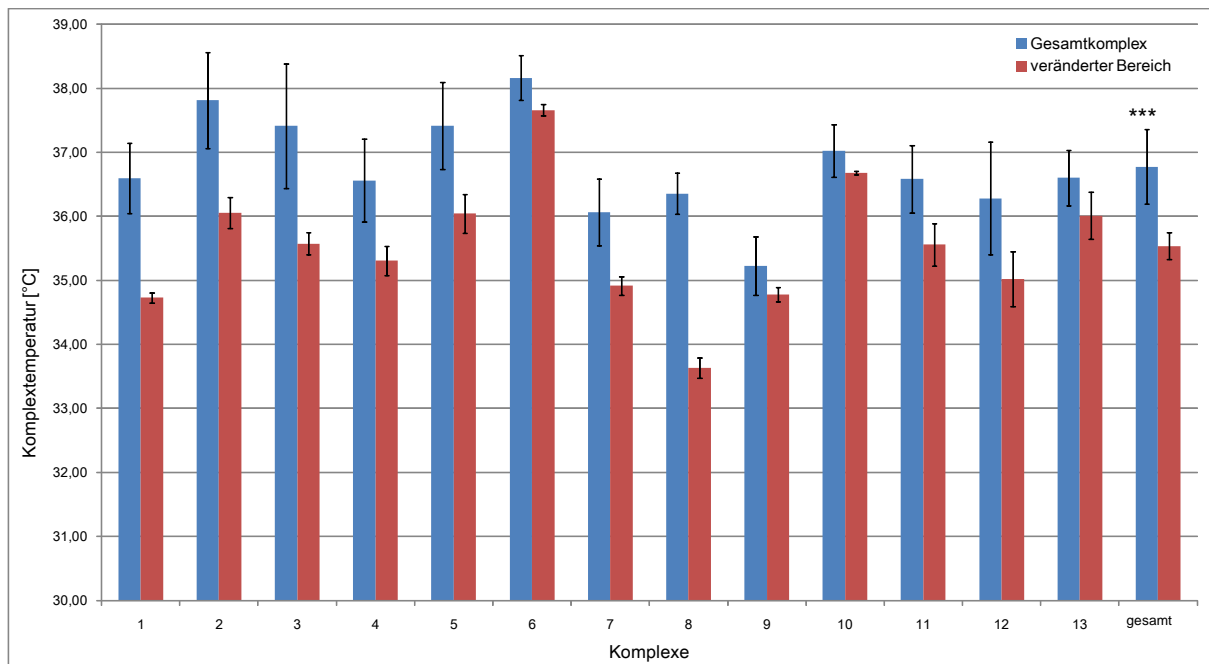
**Abbildung 4.14:** Linkes Bild: Thermogramm einer linken Gesäugeleiste; dargestellt ist die Oberflächentemperatur eines mit Knoten durchsetzten, chronisch veränderten Bereichs (36,06 °C) im Vergleich zur Oberflächentemperatur des betroffenen Gesamtkomplexes (37,81 °C) und weiterer gesunder Komplexe; am letzten sichtbaren Komplex befindet sich ein Kratzer als Nebenbefund. Rechtes Bild: Foto derselben Gesäugeleiste



Bei den Sauen mit chronischen Veränderungen konnten an den betroffenen Komplexen palpatorisch Knoten sowie derbes Gesäugeparenchym festgestellt werden. Die Knoten waren teilweise auch schon adspektorisch ersichtlich (Abbildung 4.14 rechts).

Mit Hilfe der Infrarotthermographie konnten bei 11 von 110 Sauen insgesamt 13 chronisch veränderte Gesäugekomplexe aufgefunden werden, welche ebenfalls palpatorisch sowie teilweise adspektorisch aufgefallen waren. Dabei zeigten sich an allen chronisch veränderten Komplexen umschriebene kühlere Hautbereiche, die im Vergleich zum betroffenen Gesamtkomplex eine durchschnittliche Abnahme der Oberflächentemperatur von  $1,24 \text{ °C} \pm 0,69$  aufwiesen.

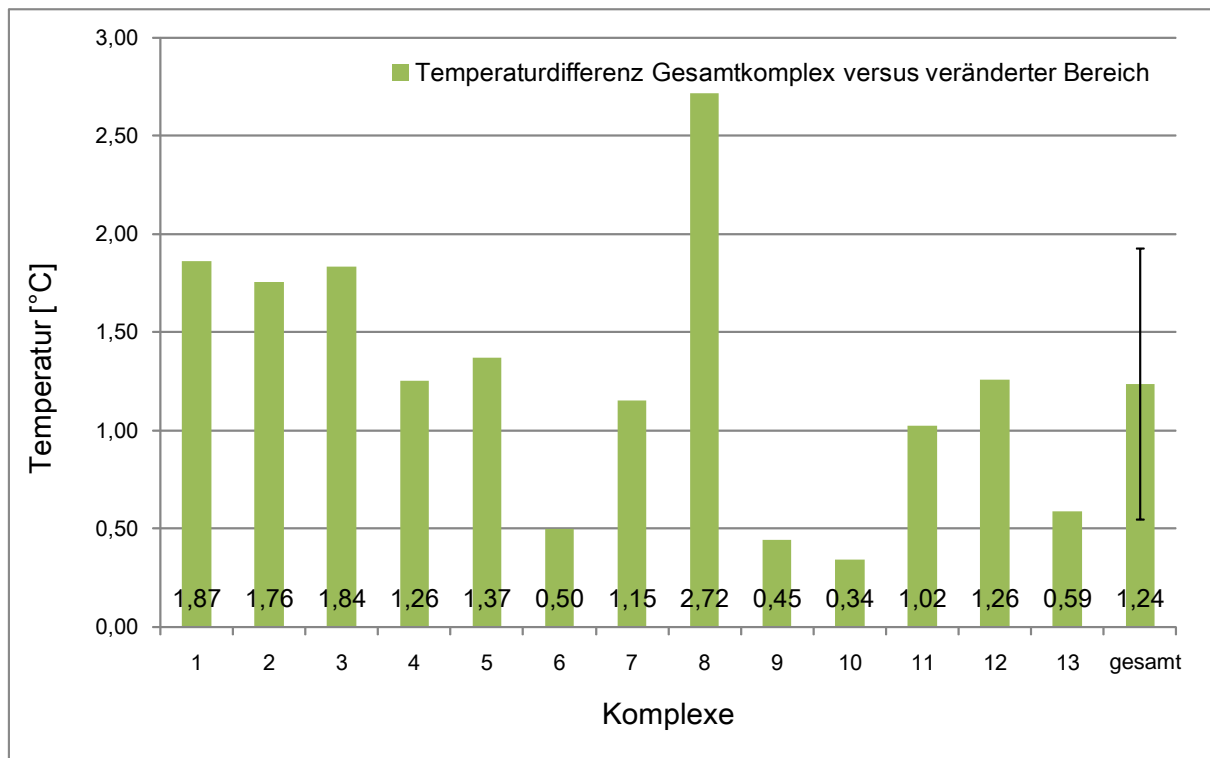
In Abbildung 4.15 ist die Oberflächentemperatur aller veränderten Areale der jeweiligen Komplexe, (als chronischer Bereich pro Komplex zusammengefasst) sowie der betroffenen 13 Gesamtkomplexe (Absolutwerte) dargestellt.



**Abbildung 4.15:** Vergleich der Oberflächentemperatur (Absolutwerte) sowie deren Standardabweichungen von 13 veränderten Bereichen und den betroffenen Gesamtkomplexen von 11 Sauen mit chronischer Mastitis. In den letzten beiden Balken ist der Unterschied zwischen dem Mittelwert der Oberflächentemperatur von allen veränderten Bereichen und allen betroffenen Gesamtkomplexen (gesamt:  $p < 0,001$ , \*\*\*) dargestellt.

Der Unterschied zwischen der durchschnittlichen Oberflächentemperatur aller veränderten Bereiche und der Gesamtoberfläche der betroffenen Komplexe zusammengefasst war hoch signifikant ( $p < 0,001$ ). Dagegen bestand zwischen der Gesamtoberfläche des betroffenen Komplexes und den gesunden Komplexen an der gleichen Gesäugeleiste statistisch kein Unterschied ( $p \geq 0,05$ ).

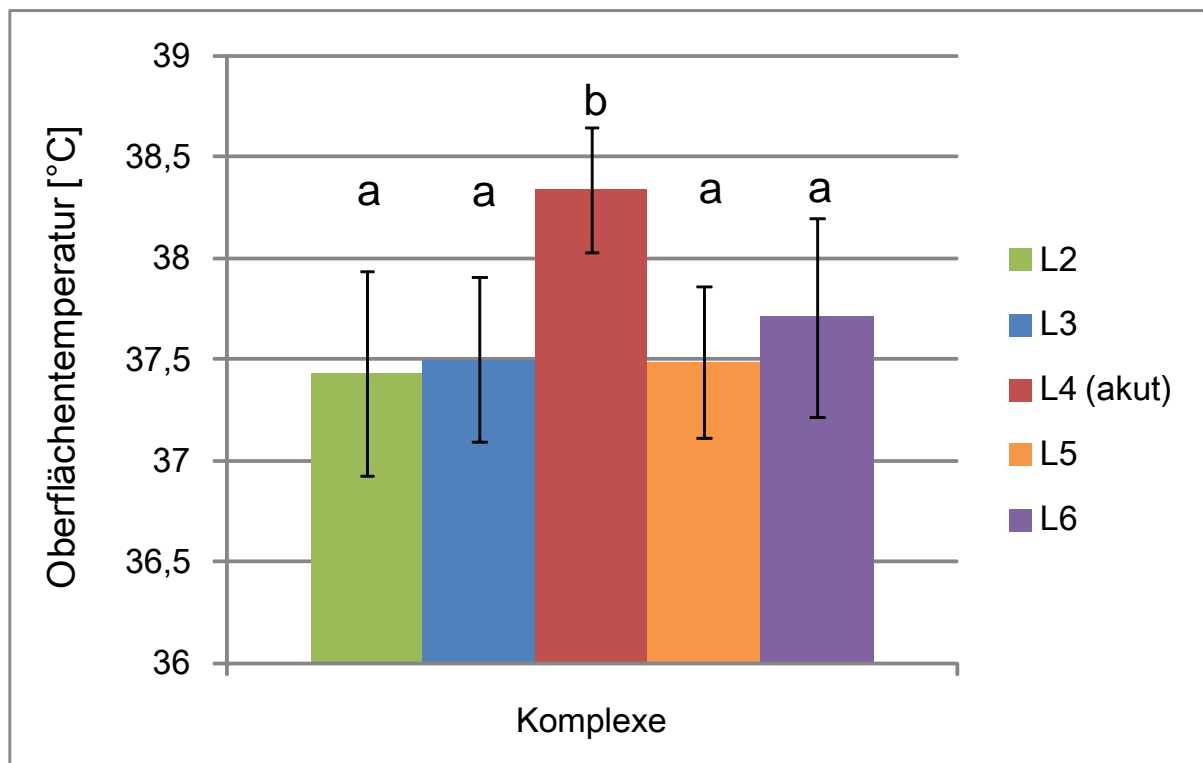
Abbildung 4.16 zeigt die Temperaturdifferenzen zwischen chronisch veränderten Bereichen und der jeweils betroffenen Gesamtkomplexe.



**Abbildung 4.16:** Dargestellt sind die Temperaturdifferenzen (Absolutwerte) zwischen veränderten Bereichen und den jeweils betroffenen Gesamtkomplexen bei 13 chronisch veränderten Komplexen von 11 Sauen; Die durchschnittliche Temperaturdifferenz mit Standardabweichung zwischen allen veränderten Bereichen und allen betroffenen Gesamtkomplexen ist in dem letzten Balken dargestellt.

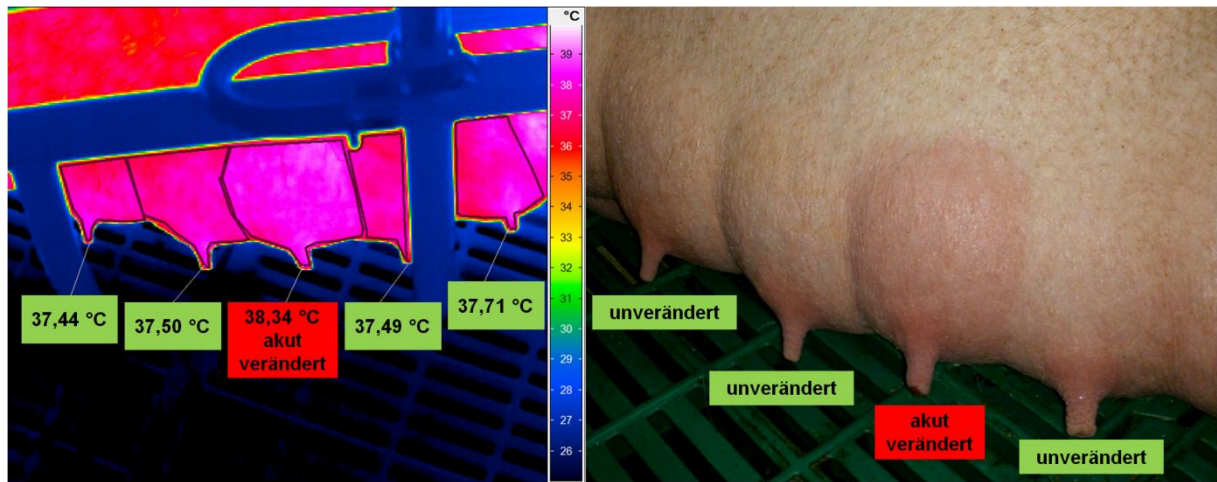
#### 4.3.3.2.2 Sau mit akuter Gesäugeveränderung

Bei der 1 Tag p.p. akut an Mastitis erkrankten Sau konnte neben den adspektorischen und palpatorischen Auffälligkeiten (Kapitel 4.2.2) ein hoch signifikanter Temperaturunterschied von im Mittel  $0,81 \text{ °C} \pm 0,12$  ( $p = 0,009$ ) zwischen der Oberfläche des betroffenen Komplexes (L4;  $38,34 \text{ °C}$ ) und den benachbarten gesunden Komplexen (L2, L3, L5, L6;  $\bar{X} = 37,53 \text{ °C}$ ) derselben Gesäugeleiste festgestellt werden. In Abbildung 4.17 ist dieser Unterschied dargestellt.



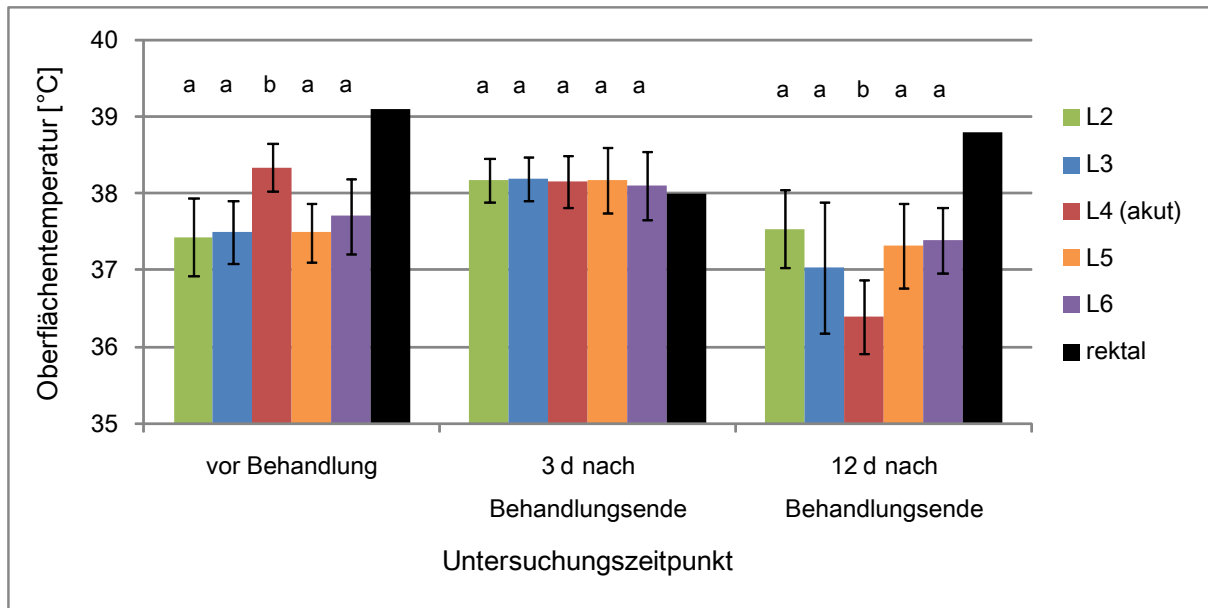
**Abbildung 4.17:** Oberflächentemperatur bei dem akut veränderten Mammakomplex (L4) und den benachbarten gesunden Mammakomplexen (L2, L3, L5, L6) derselben Gesäugeleiste mit Standardabweichungen vor Behandlung; verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede ( $p < 0,01$ ) zwischen den einzelnen Komplexen L2-L6.

Abbildung 4.18 zeigt das infrarotthermographische Bild der linken Gesäugeleiste der Sau mit dem durch die akute Mastitis veränderten Komplex. Das klinisch-morphologische Bild zeigt deutlich die Rötung des veränderten Komplexes im Vergleich zu den nicht betroffenen benachbarten Komplexen.



**Abbildung 4.18:** Linkes Bild: Thermogramm einer linken Gesäugeleiste; dargestellt ist die Oberflächentemperatur des akut veränderten Komplexes im Vergleich zu den benachbarten gesunden Komplexen; rechtes Bild: Dargestellt ist das Bild des morphologisch veränderten Gesäuges mit dem geröteten, akut veränderten Komplex und den benachbarten gesunden Komplexen.

Da diese Sau behandelt wurde, konnten die infrarotthermographischen Befunde vor Behandlungsbeginn mit denen 3 und 12 Tage nach Behandlungsende verglichen werden. In Abbildung 4.19 ist die Oberflächentemperatur des akut veränderten Komplexes (L4) vergleichend zu den vier benachbarten Komplexen (L2, L3, L5, L6) zum Zeitpunkt vor Behandlungsbeginn sowie 3 und 12 Tage nach Behandlungsende dargestellt.



**Abbildung 4.19:** Oberflächentemperatur des an akuter Mastitissymptomatik betroffenen Mammakomplexes (L4) verglichen zu den benachbarten gesunden Komplexen (L2, L3, L5, L6) und der Rektaltemperatur vor und nach Behandlung der betroffenen Sau; die Oberflächentemperatur des akut veränderten Komplexes ist vor Behandlung signifikant höher ( $p < 0,01$ ) und 12 Tage nach Behandlungsende signifikant niedriger ( $p < 0,05$ ) als bei den benachbarten gesunden Komplexen.

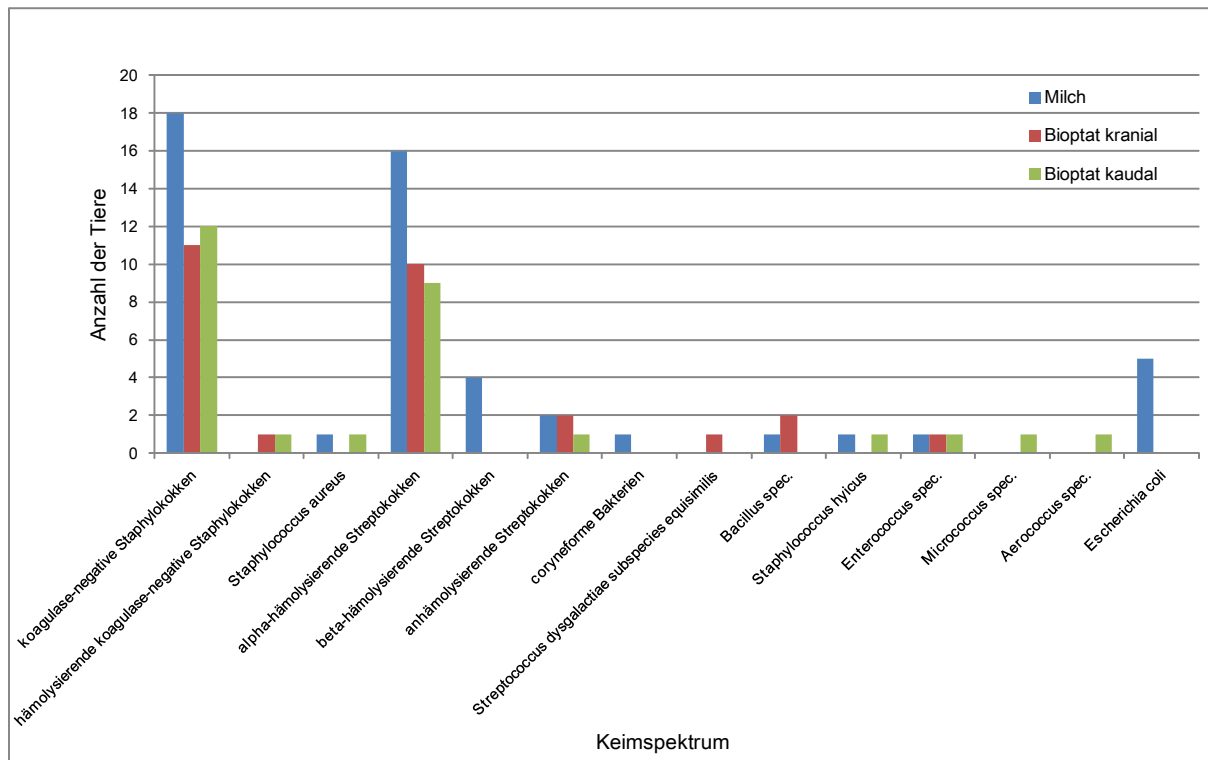
Zum Zeitpunkt vor der Behandlung (1 d p.p.) lag die Oberflächentemperatur des akut veränderten Komplexes (L4) verglichen zu den benachbarten gesunden (L2, L3, L5, L6) derselben Gesäugeleiste sehr signifikant höher ( $p = 0,009$ ). Drei Tage nach Behandlungsende (4 d p.p.) zeigte sich eine Abnahme der Oberflächentemperatur des akut veränderten Komplexes. 12 Tage nach Behandlungsende (15 d p.p.) war eine weitere Temperaturabnahme zu verzeichnen. Bezogen auf die benachbarten gesunden Komplexe war die Oberflächentemperatur des akut veränderten Komplexes am 12. Tag nach Behandlungsende signifikant niedriger ( $p = 0,031$ ). Die Rektaltemperatur lag zum Zeitpunkt vor der Behandlung bei  $39,1\text{ °C}$ , am 3. Tag nach

Behandlungsende bei 38,0 °C und stieg bis zum 14. Tag nach Behandlungsende auf 38,8 °C an.

#### **4.4 Vergleichende bakteriologische Untersuchung von Milch / Bioptat**

##### **4.4.1 Keimspektrum**

Ergänzend zu den infrarotthermographischen Untersuchungen wurden bei 25 Sauen (Sauen mit 1. Lakt. n = 11, Sauen mit 2./3. Lakt. n = 11, Sauen mit > 3. Lakt. n = 3) Milch- sowie Gesäugebioptatproben 1 Tag p.p. am kranialen und kaudalen Anteil des Komplexes L2 entnommen und vergleichend bakteriologisch untersucht (Tabelle 9.6). Das aerobe Keimspektrum, welches sich insgesamt bei der Auswertung aller Proben ergab, wird getrennt nach Milch und Gesäugegewebe in Abbildung 4.20 dargestellt.



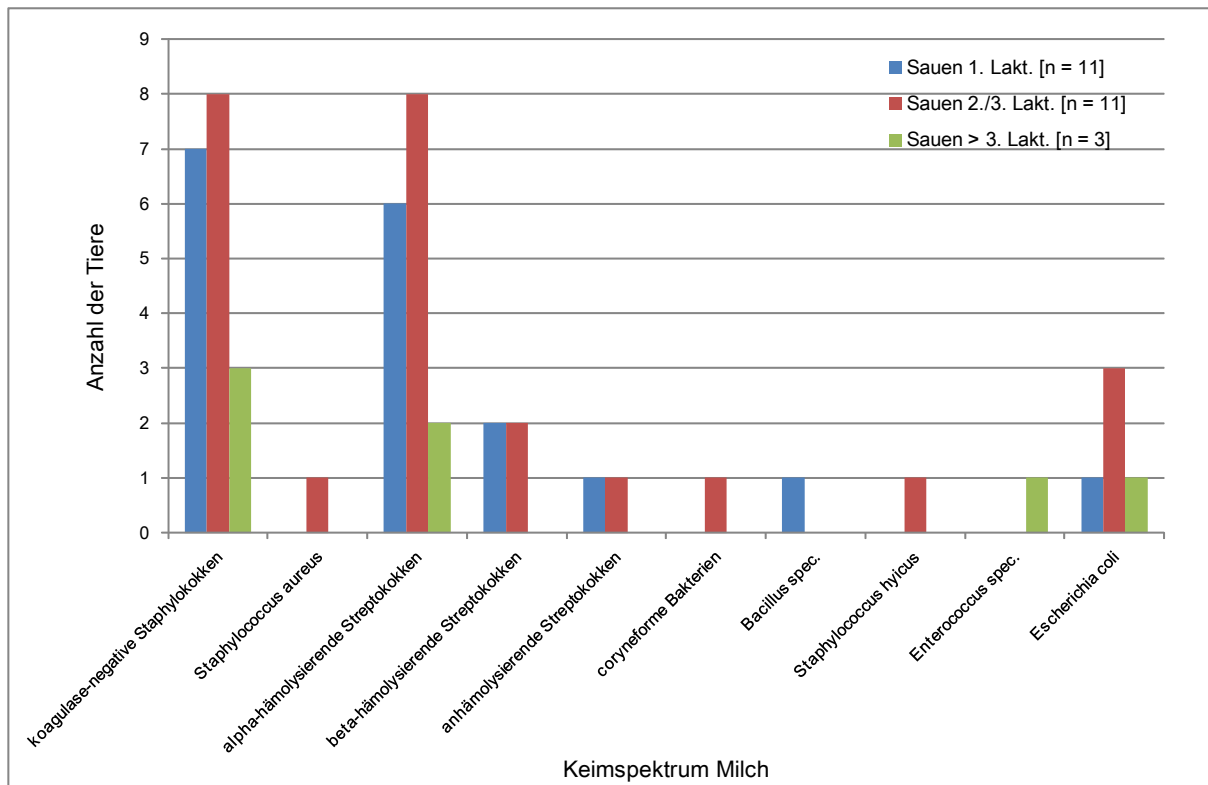
**Abbildung 4.20:** Gesamtes aerobes Keimspektrum (gram-positive und gram-negative Keime) bei der Auswertung aller Proben (jeweils entnommen an Komplex L2) aufgeteilt nach Milch (n = 25) sowie kranialem und kaudalem Gesäugeparenchympioplat (jeweils n = 25)

Insgesamt wurden 25 Milchproben sowie jeweils 25 Gesäugebioplatproben aus dem kranialen und aus dem kaudalen Gesäugekomplex ausgewertet. Das Keimspektrum weist, ausgenommen von einem gram-negativen Keim (*Escherichia coli*), ausschließlich gram-positive Keime auf. Darunter waren koagulase-negative Staphylokokken und alpha-hämolyisierende Streptokokken vorherrschend in den Proben zu finden. Alle anderen Keime kamen nur vereinzelt vor.



#### 4.4.2 Milchprobenuntersuchung

Bei der Analyse der 25 Milchproben zeigte sich bei den drei Altersgruppen der Sauen ein in Abbildung 4.21 dargestelltes Keimpektrum.

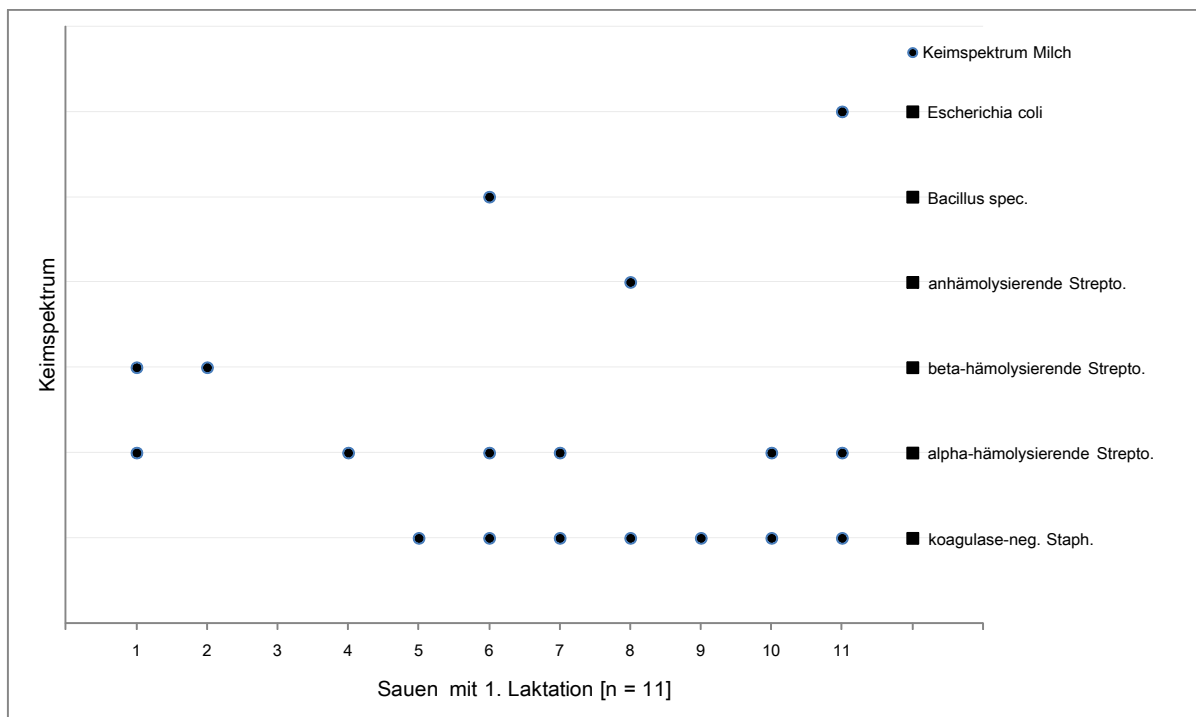


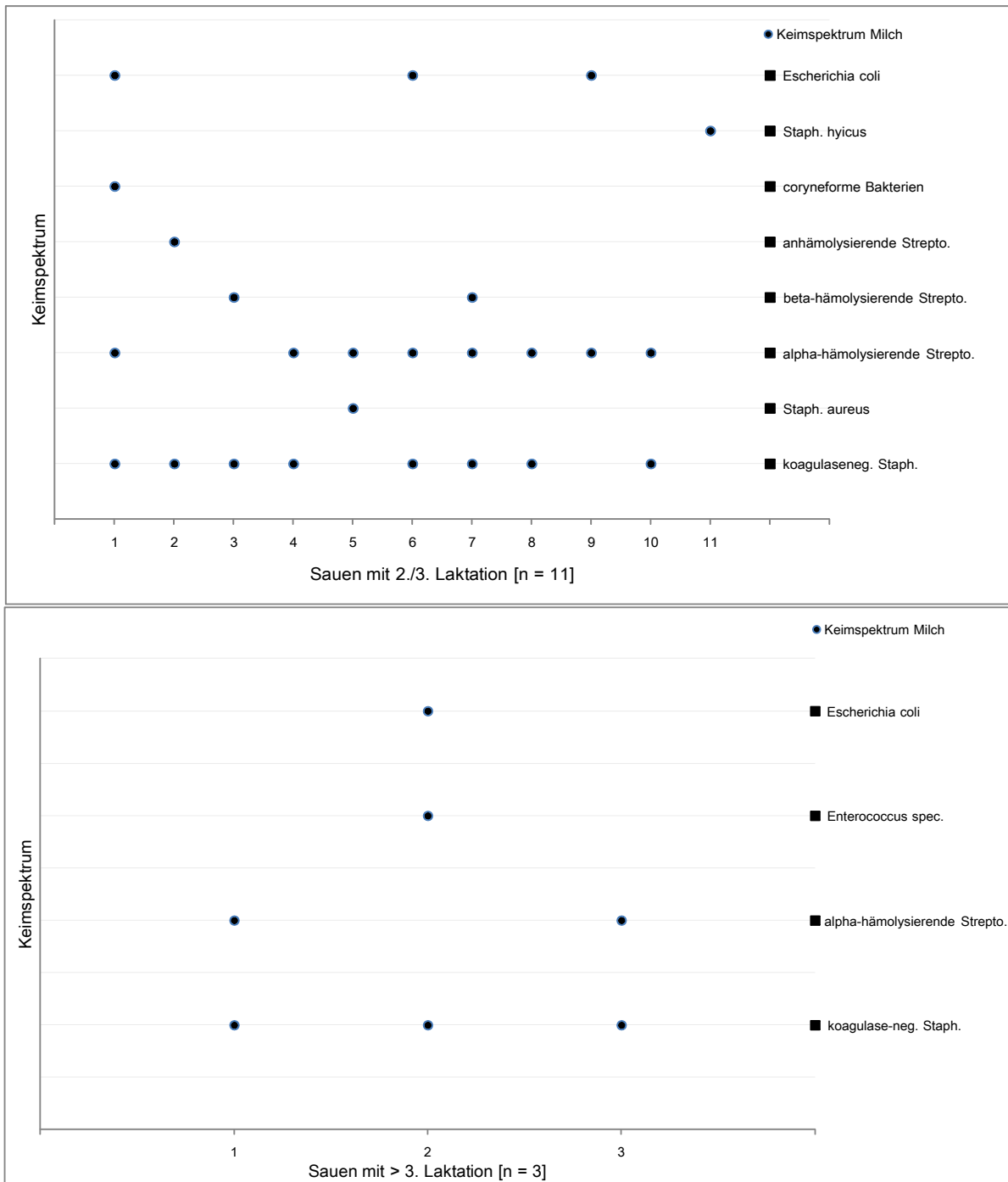
**Abbildung 4.21:** Keimspektrum mit gram-positiven und gram-negativen Keimen aller 25 Milchproben unterteilt in die jeweilige Altersgruppe (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); (Lakt. = Laktation)

Es zeigte sich, dass bei den Milchproben in allen drei Altersgruppen koagulase-negative Staphylokokken, hämolyisierende Streptokokken und *Escherichia coli* als dominierende Keime vorlagen. Die Sauen mit 2./3. Laktation zeigten das vielfältigste Keimspektrum. Es konnten keine Unterschiede ( $p = 0,515$ ) zwischen dem Keimgehalt und den Altersgruppen gefunden werden. Nur eine Milchprobe war

bakteriologisch negativ, alle anderen Milchproben (n = 24) wiesen einen geringgradigen Keimgehalt auf.

Betrachtet man nun das Keimspektrum bezogen auf die Einzeltiere, so zeigt sich, wie in der Abbildung 4.22 dargestellt, eine heterogene Verteilung. Allen Gruppen gemeinsam ist, dass der größte Teil der Sauen mehr als eine Keimart in der Milchprobe aufwies.





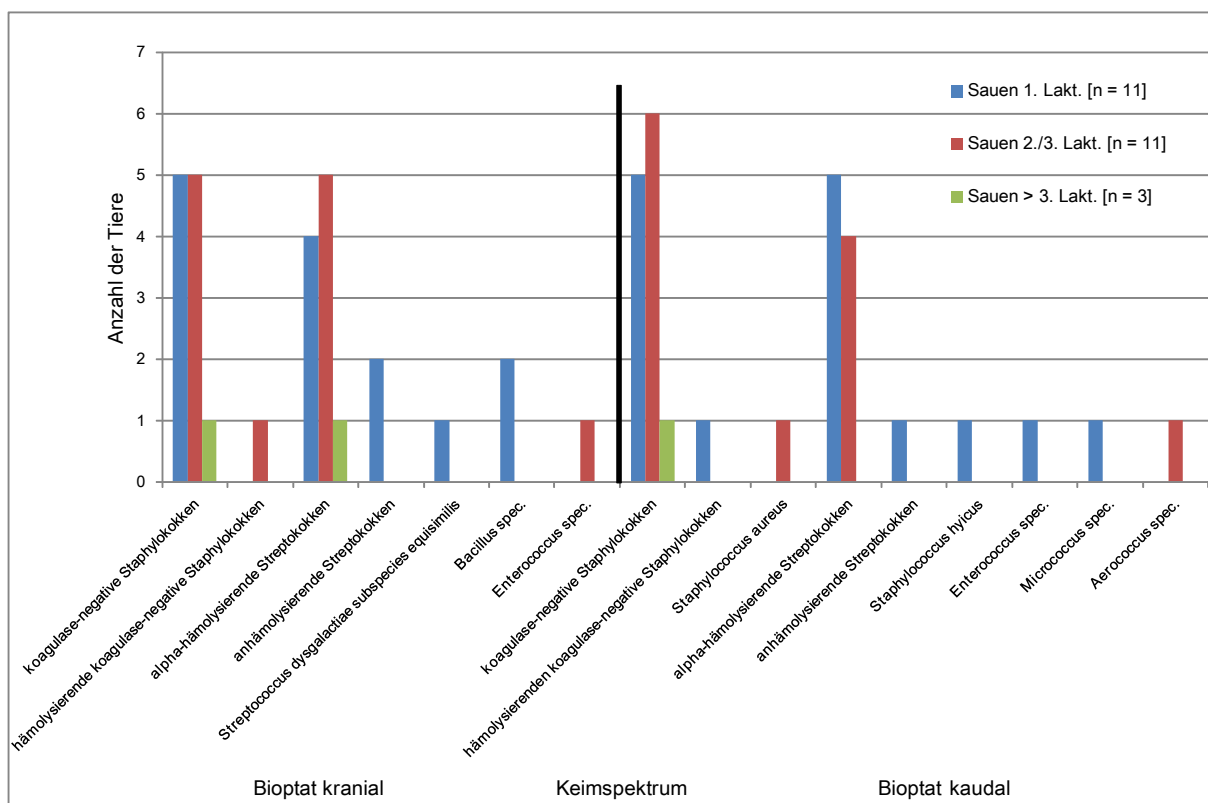
**Abbildung 4.22:** Keimspektrum der 25 Milchproben bezogen auf das Einzeltier getrennt nach den Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); dargestellt ist die Anzahl der verschiedenen Keimarten pro Sau; (Lakt. = Laktation)

Insgesamt konnten bei vier Sauen mit 1. Laktation und einer Sau mit 2./3. Laktation eine Monoinfektion festgestellt werden. Alle anderen Sauen zeigten eine

Mischinfektion mit unterschiedlicher Anzahl an Keimarten. Die maximale Anzahl von vier Keimarten wies eine Sau mit 2./3. Laktation auf.

#### 4.4.3 Untersuchung von Gesäugeparenchymbioplasten

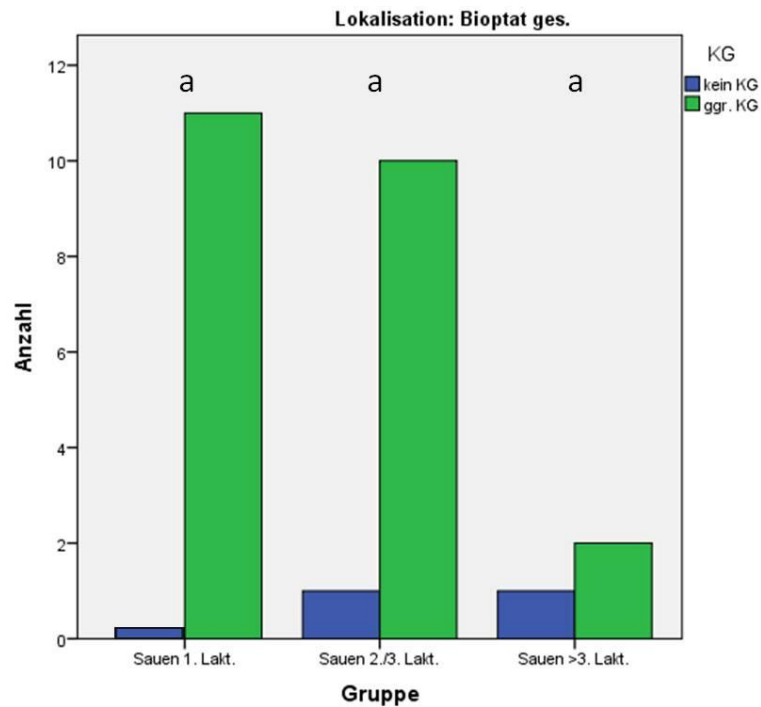
Die Proben der Gesäugeparenchymbioplaste wurden bei den Sauen an zwei Lokalisationen des Komplexes L2, aus dem auch jeweils die Milchproben entnommen wurden, genommen. Die vom kranialen (n = 25) und vom kaudalen (n = 25) Gesäugeparenchym stammenden Proben wurden vergleichend analysiert. Eine Gegenüberstellung des Keimspektrums ist in Abbildung 4.23 dargestellt.



**Abbildung 4.23:** Keimspektrum des kranialen und kaudalen Gesäugeparenchyms (jeweils Komplex L2, Sauen n = 25) vergleichend für die jeweilige Altersgruppe (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) gegenübergestellt; (Lakt. = Laktation)

Wie schon bei den Milchproben dominierten sowohl im kranialen wie auch im kaudalen Gesäugeparenchym koagulase-negative Staphylokokken und alpha-hämolyisierende Streptokokken. *Escherichia coli* konnte in den Biopaten nicht gefunden werden. Aus Abbildung 4.23 ist ersichtlich, dass die Gruppe der Sauen mit 1. Laktation das breiteste Keimspektrum aufwies.

Beim statistischen Vergleich konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich des Grades des Keimgehaltes in den kranialen Biopaten ( $p = 0,182$ ), kaudalen Biopaten ( $p = 0,182$ ) und in beiden Biopaten zusammen ( $p = 0,166$ ) zwischen den Altersgruppen festgestellt werden. Je sechs Proben sowohl des kranialen als auch des kaudalen Gesäugekomplexbiopates waren bakteriologisch negativ. Alle anderen Proben wiesen einen geringgradigen Keimgehalt auf. Bezogen auf den Gesamtkomplex waren nur zwei Tiere (Sau mit 2./3. Lakt.  $n = 1$ , Sau mit > 3. Lakt.  $n = 1$ ) bakteriologisch negativ (Abbildung 4.24).

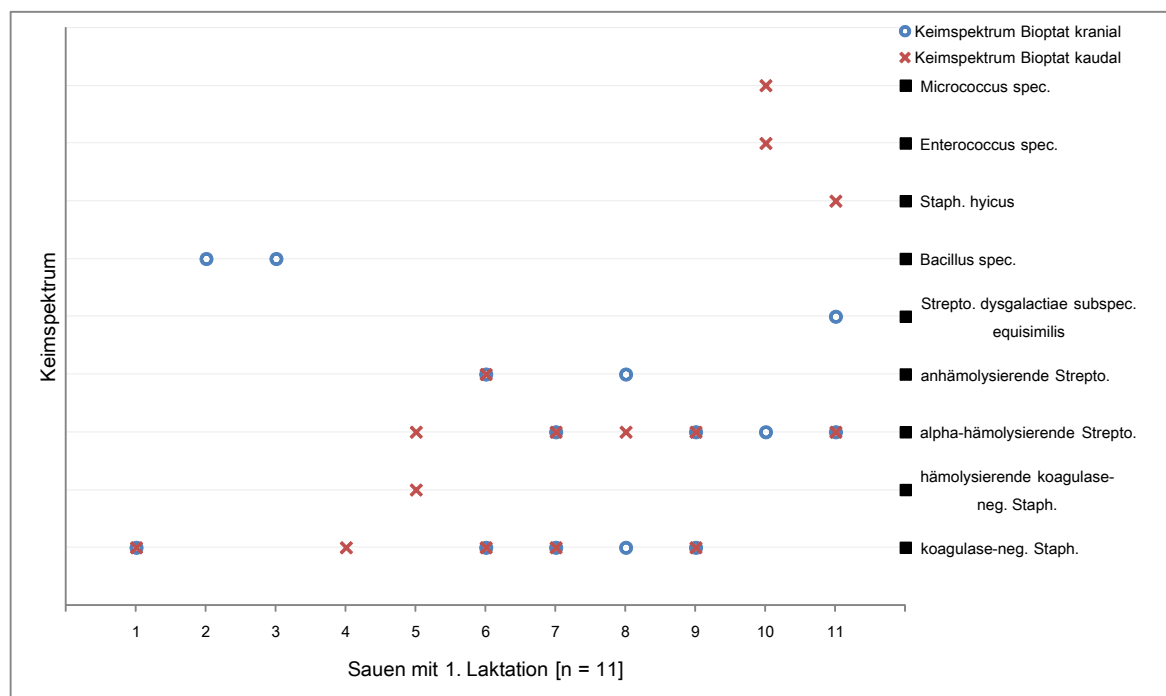


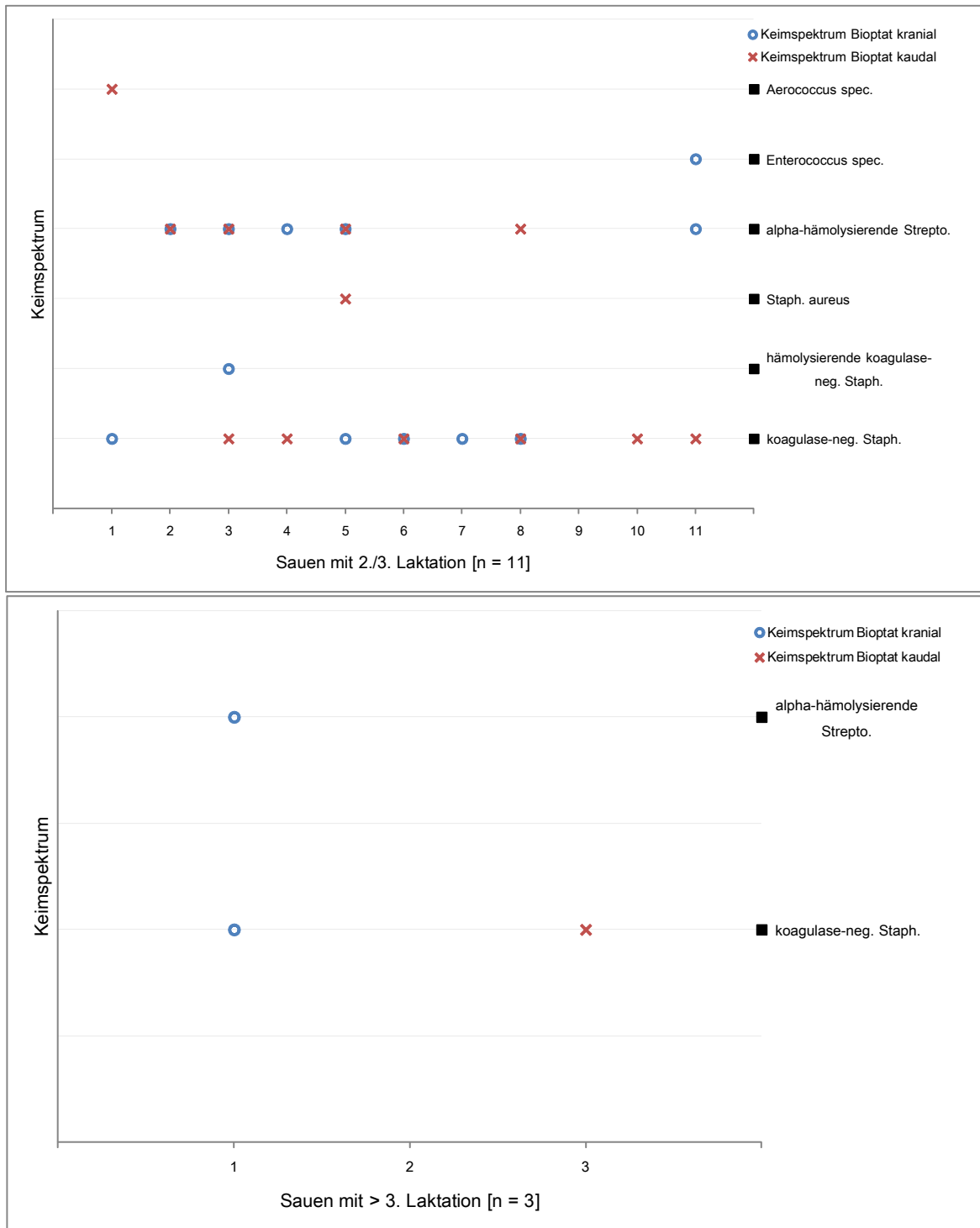
**Abbildung 4.24:** Ergebnisse der 25 Biopate bezogen auf den Gesamtkomplex; dargestellt sind der Grad des Keimgehaltes (kein, ggr. Keimgehalt) vergleichend zwischen den Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Altersgruppen; (Lakt. = Laktation, ggr. = geringgradig)

Bei der Betrachtung des Keimspektrums bezogen auf das Einzeltier zwischen den Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) zeigte sich ein sehr heterogenes Keimspektrum (Abbildung 4.25). Bei vier Sauen mit 1. Laktation konnte ein Keimgehalt nur im kranialen ( $n = 2$ ) oder im kaudalen ( $n = 2$ ) Parenchym festgestellt werden. Weiterhin wurden bei vier Sauen Monoinfektionen gefunden, alle anderen Tiere in dieser Altersgruppe wiesen 2-3 Keimarten auf. Eine 100 %ige Übereinstimmung im Keimspektrum zwischen kranialem und kaudalem Gesäugeparenchym konnte bei vier Sauen festgestellt werden.

Bei den Sauen mit 2./3. Laktation dagegen konnte eine 100 %ige Übereinstimmung nur bei zwei Sauen gefunden werden. Wie auch bei den Sauen mit 1. Laktation konnten auch hier bei vier Tieren Monoinfektionen gefunden werden, die anderen wiesen 2-3 Keimarten auf. Bei einer Sau konnten keine Keime isoliert werden. Zwei Sauen zeigten nur im kranialen (n = 1) resp. kaudalen (n = 1) Gesäugeparenchym einen Keimgehalt.

Bei den drei Sauen mit mehr als 3 Laktationen konnten bei zwei Tieren jeweils nur in einem Bioplat Keime nachgewiesen werden. Bei einer der Sauen konnte eine Monoinfektion gefunden werden, die zweite Sau wies zwei Keimarten auf. Die dritte Sau war bakteriologisch negativ.





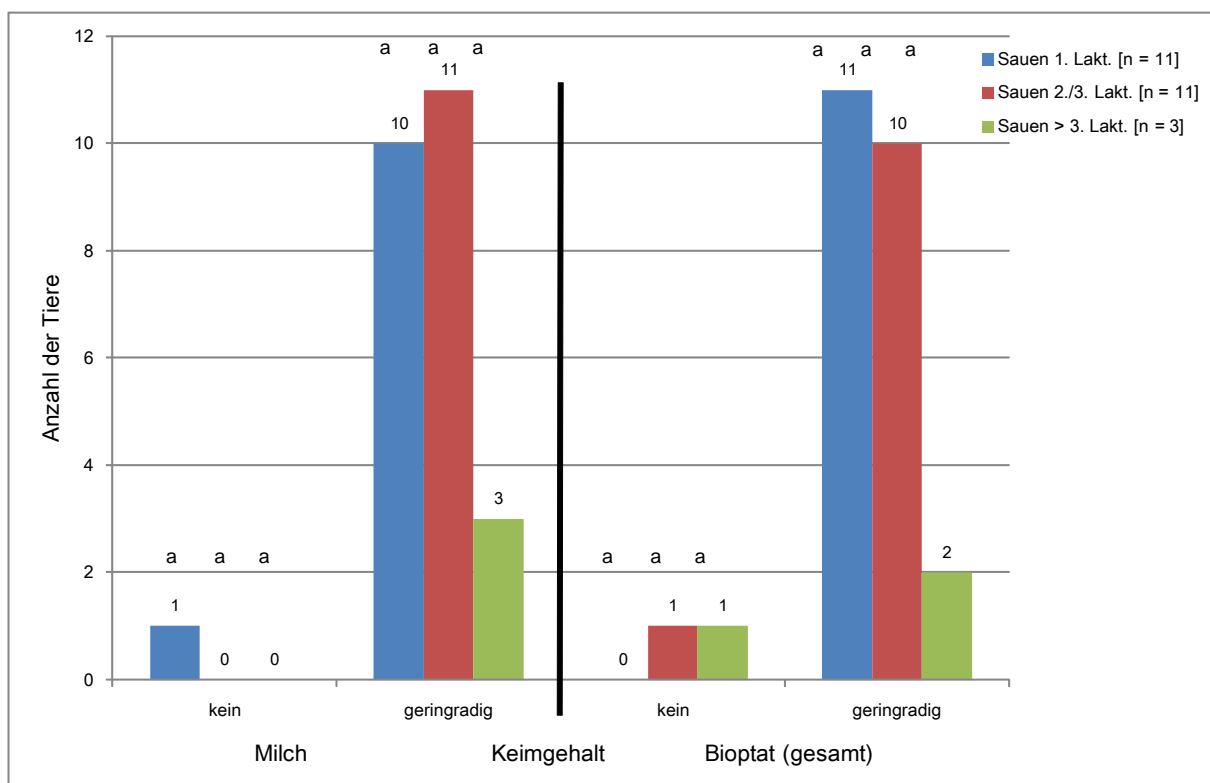
**Abbildung 4.25:** Vergleich des Keimspektrums in kranialen und kaudalen Gesäugebioplaten (jeweils n = 25) bezogen auf das Einzeltier getrennt nach den Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); dargestellt ist die Anzahl der verschiedenen Keimarten pro Sau; (Lakt. = Laktation)



#### 4.4.4 Vergleich von Milchproben und Gesäugeparenchymbioptaten

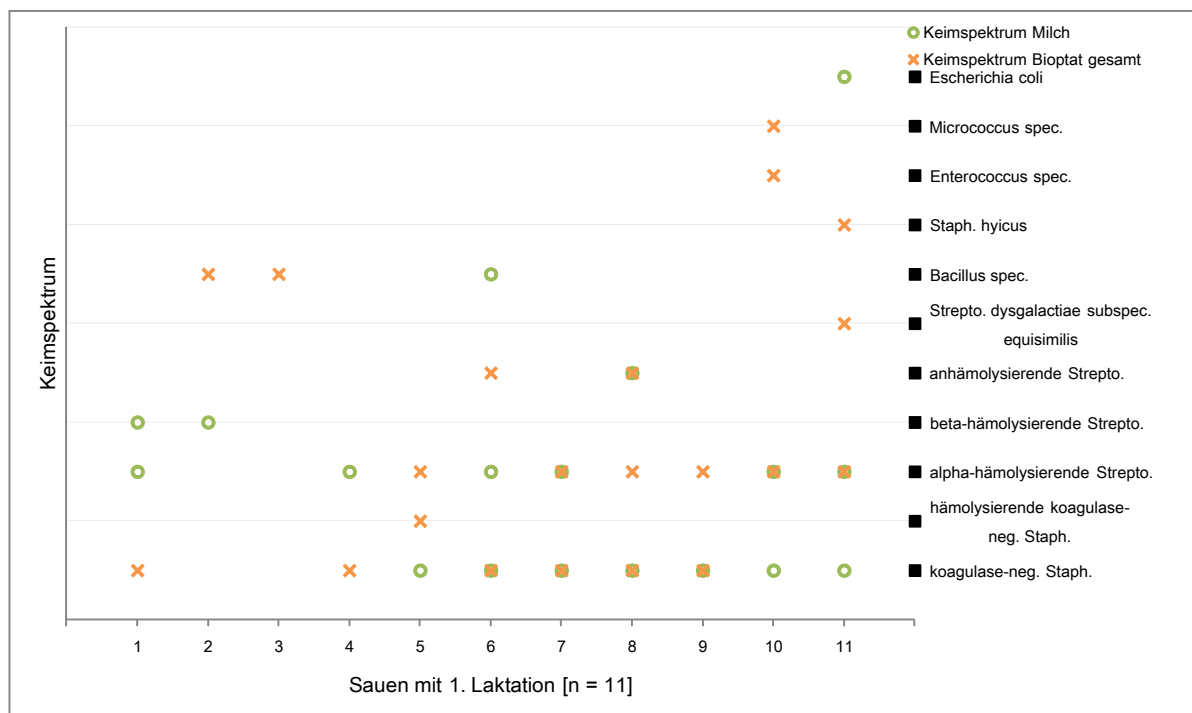
Wurden die Ergebnisse der Milch- sowie der beiden Bioptatproben (Bioptat gesamt) für jede Sau vergleichend gegenübergestellt, so zeigte sich, dass bei der Milch eine Probe (Sau mit 1. Lakt.) und bei den Bioptaten zwei Proben (Sau mit 2./3. Lakt. n = 1, Sau mit > 3. Lakt. n = 1) keinen Keimgehalt aufwiesen, alle anderen Proben wiesen einen geringgradigen Keimgehalt auf. Unterschiede im Grad des Keimgehaltes zwischen den Milch- und Bioptatproben zeigten sich nicht ( $p = 0,500$ ),

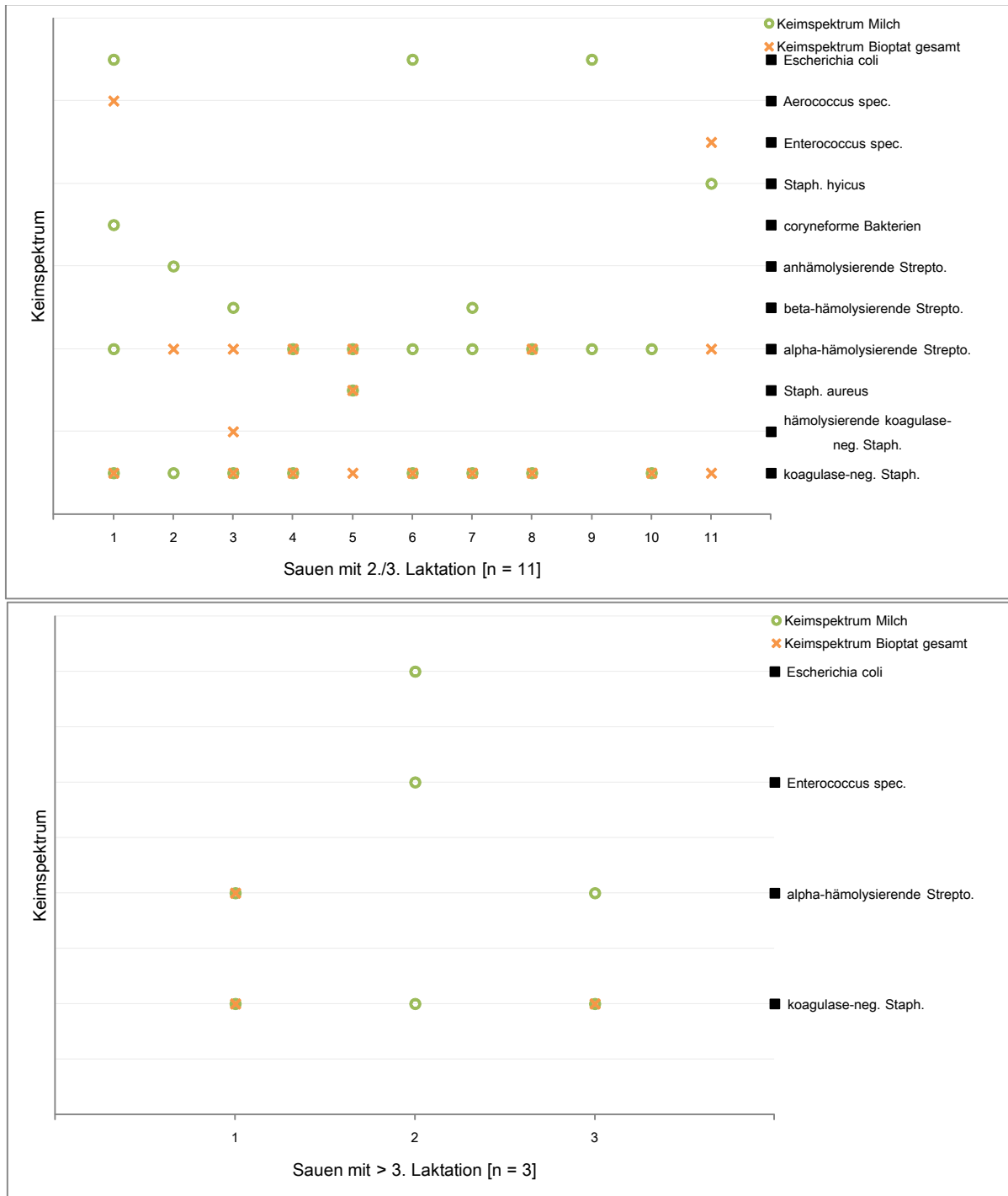
Abbildung 4.26.



**Abbildung 4.26:** Grad des Keimgehaltes (kein, ggr. Keimgehalt) vergleichend zwischen Milchproben (n=25) und Bioptaten (gesamt, n=25) unterteilt in die Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Milch- und Bioptatproben sowie Altersgruppen; (Lakt. = Laktation, ggr. = geringgradig)

Bei der Betrachtung des Keimspektrums bezogen auf das Einzeltier zwischen den Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) (Abbildung 4.27), konnte eine 100 %ige Übereinstimmung des Keimspektrums in Milch- und Gesäugebioplatproben bei vier Sauen (Sau mit 1. Lakt. n = 1, Sauen mit 2./3. Lakt. n = 2, Sau mit > 3. Lakt. n = 1) gefunden werden. Zusammen gesehen wurden in einem Komplex maximal fünf, durchschnittlich drei Keimarten pro Komplex festgestellt. Jeweils eine Sau pro Altersgruppe war nur bei einer Probenart bakteriologisch positiv (Milch: Sau mit 2./3. Lakt. n = 1, Sau mit > 3. Lakt. n = 1, Bioplat: Sau mit 1. Lakt. n = 1). In den meisten Fällen waren beide Probenarten pro Tier bakteriologisch positiv, jedoch wurden z.T. unterschiedliche Keimarten in Milch und Bioplat gefunden. Bei Sauen mit 1. Laktation überwog der Keimnachweis im Bioplat (21 vs. 18), während bei älteren Sauen (2./3. Lakt., > 3. Lakt.) dieser mehr in der Milch vorlag (25 vs. 19, 7 vs. 3).

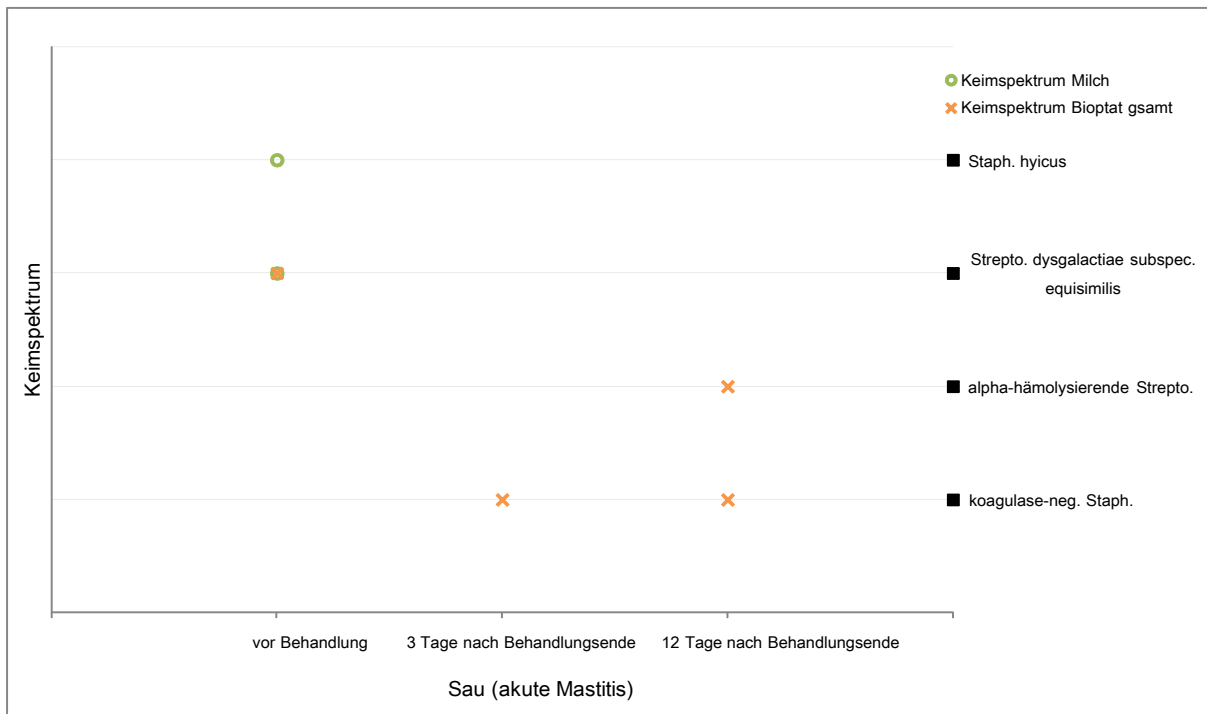




**Abbildung 4.27:** Vergleich des Keimspektrums zwischen Milch- und Gesäugebioplatproben (jeweils n = 25) bezogen auf das Einzeltier getrennt nach den Altersgruppen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.); dargestellt ist die Anzahl der verschiedenen Keimarten pro Sau; (Lakt. = Laktation)

#### 4.4.5 Erregernachweis aus dem durch eine akute Mastitis veränderten Gesäugekomplex einer Sau

Bei der Sau mit einer akuten Mastitissymptomatik konnte zum Zeitpunkt vor der Behandlung ein geringgradiger Keimgehalt von *Streptococcus dysgalactiae subspec. equisimilis* detektiert werden (Abbildung 4.28). Dieser Keim wurde sowohl in der Milch wie auch im Biopat gefunden. Zusätzlich wurde aus der Milch *Staphylococcus hyicus* isoliert. Sowohl 3 wie auch 12 Tage nach Behandlungsende konnten *Streptococcus dysgalactiae subspec. equisimilis* sowie *Staphylococcus hyicus* nicht mehr nachgewiesen werden. Jedoch waren koagulase-negative Staphylokokken 3 Tage und zusätzlich noch alpha-hämolyisierende Streptokokken 12 Tage nach Behandlungsende nachweisbar. Diese Keimarten wurden nur im Biopat gefunden, die Milchproben waren nach Behandlungsende bakteriologisch negativ.



**Abbildung 4.28:** Keimspektrum in Milch- und Gesäugebioplatproben von der an akuter Mastitis erkrankten Sau zu verschiedenen Zeitpunkten (vor Behandlung, 3, 12 Tage nach Behandlungsende)

## 5 Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, zunächst das gesunde Gesäuge der Sau vor und während der Laktation mit Hilfe des bildgebenden nichtinvasiven diagnostischen Verfahrens der Infrarotthermographie zu charakterisieren. Im Anschluss sollte die Eignung des Verfahrens als ergänzendes diagnostisches Mittel für die Mastitisdiagnostik untersucht werden. Obwohl die zu den Puerperalerkrankungen gehörende Mastitis in den meisten Fällen nicht separat, sondern im Zusammenhang mit dem MMA-Syndrom diskutiert wird (PLONAIT 2004a), wurde bei dieser Arbeit nur auf die Mastitis und deren Diagnostik mittels der Infrarotthermographie eingegangen.

Ebenfalls im Rahmen dieser Arbeit erfolgte eine vergleichende Untersuchung zum bakteriologischen Status von Milch- und Gesäugebiopstatproben von Sauen in unterschiedlichen Altersgruppen. Da die Milchentnahme oft mit Kontaminationen behaftet ist, sollte die Biopsieentnahme von Gesäugeparenchym in Anlehnung an die Methode von MAGNUSSON (1999) auf Praxistauglichkeit und bessere Eignung für die Bestimmung des Keimgehaltes geprüft werden.

### 5.1 Infrarotthermographie in der Mastitisdiagnostik

Die Infrarotthermographie findet für bestimmte Fragestellungen in der Humanmedizin schon Anwendung (JIANG et al. 2005) und zeigte bei der Brustkrebsfrüherkennung, durch vielfältige wissenschaftliche Studien belegt, bereits zuverlässige Ergebnisse (ARORA et al. 2008). Auch in der Veterinärmedizin konnte die Infrarotthermographie zur Diagnostik von Mastitiden bei Rindern (BERRY et al. 2003; GLAS 2008;

HOVINEN et al. 2008), bei Schafen (MARTINS et al. 2013) und bei Hündinnen (FRANZ 2007) als mögliches diagnostisches Mittel herangezogen werden.

In der Gesäugeuntersuchung bei Schweinen hat die Infrarotthermographie noch wenig Eingang gefunden. Einige Studien zur infrarotthermographischen Diagnostik beim Schwein wurden bis jetzt schon für verschiedene Fragestellungen, wie bei Gelenksentzündungen (GABRIEL 2008), Lungenerkrankungen (MENZEL 2014, et al. 2015), der Untersuchung der Hautoberflächentemperatur als Indikator für fieberhafte Erkrankungen (TRAULSEN et al. 2010) oder beim Gesundheitsmonitoring (SOERENSEN u. PEDERSEN 2015), publiziert.

Obwohl infrarotthermographische Untersuchungen zur Mastitisdiagnostik an der Sau bereits 1979 durch RÖHLINGER et al. vorgeschlagen wurden, sind bis dato noch keine Studien dazu durchgeführt worden. Da bildgebende Verfahren einen wachsenden Stellenwert in der Diagnosestellung und Früherkennung von verändertem Brustparenchym bei Menschen beziehungsweise Mammaparenchym bei Tieren zeigen, sollte in dieser Arbeit bei Sauen das gesunde Gesäuge vor und bis zum Ende der Laktation vergleichend zu an Mastitis erkranktem Gesäugeparenchym mittels der Infrarotthermographie untersucht werden.

#### 5.1.1 Methodenkritik

Warum sich trotz umfangreicher Studien (FRANZ 2007; GLAS 2008; HOVINEN et al. 2008; MARTINS et al. 2013) die Infrarotthermographie noch nicht als gängiges diagnostisches Verfahren für die Mastitisdiagnostik in der Veterinärmedizin etabliert

hat, hängt unter anderem mit den vielfältigen beeinflussenden Faktoren zusammen, die interner oder externer Natur sein können (GLAS 2008). Zwei der wichtigsten Faktoren sind sicherlich die Umgebungstemperatur und der Emissionsgrad. Jeder Körper bzw. Organismus sendet, sobald seine Temperatur über dem Nullpunkt liegt, Wärmestrahlung aus (INFRATEC 2007). Der Emissionsgrad gibt dabei an, wieviel Strahlung vom Körper im Vergleich zu einem idealen Wärmestrahler resp. schwarzen Körper abgegeben wird. Dabei steht die Oberflächenstruktur der Organismen eng mit der Emission der Wärmestrahlung in Beziehung. Der Emissionsgrad des zu untersuchenden Objektes muss bei der Kamera voreingestellt werden. Für infrarotthermographische Untersuchungen der humanen Haut wurde bereits ein Emissionsgrad, der bei 0,96 liegt (DIAKIDES et al. 2013) bestimmt. Eine entsprechende Festlegung für das Schwein fehlt. Da die Hautoberfläche des porzinen Gesäuges jedoch dem der humanen Haut mit wenig Haaren ähnelt und der Emissionsgrad für humane Haut bereits bei einer Studie am Schwein von MENZEL (2014) erfolgreich angewendet wurde, wurde dieser Emissionsgrad für die in dieser Arbeit durchgeführten infrarotthermographischen Untersuchungen gewählt. Da bei allen in dieser Arbeit durchgeführten infrarotthermographischen Untersuchungen immer konstant mit demselben Emissionsgrad gemessen wurde, sollte, obwohl eine Messungengenauigkeit nicht ausgeschlossen werden kann, eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse gegeben sein. Eine isolierende Wirkung des Haarkleides als Einflussfaktor (JESSEN 2000) konnte vernachlässigt werden, da in den allermeisten Fällen das Gesäuge der Sauen nur wenig behaart war.



Bei der Umgebungstemperatur sollte beachtet werden, dass bei einem Anstieg dieser auch die Temperatur der Körperoberfläche zunimmt (LOUGHMILLER et al. 2001) und gleichzeitig der Temperaturunterschied zwischen Körperoberfläche und Körperkern abnimmt.

Um in dieser Arbeit die Schwankungen der Umgebungstemperatur für die Verlaufsuntersuchungen vor und während der Laktation so gering wie möglich zu halten, wurden die infrarotthermographischen Untersuchungen immer in den frühen Morgenstunden durchgeführt. Außerdem erfolgten sie in der kühleren Jahreszeit (September bis April). Um den Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Gesäugehautoberflächentemperatur auszuschließen, wurde eine Korrelationsberechnung durchgeführt, die zeigte, dass die infrarotthermographisch gewonnenen Ergebnisse nicht im Zusammenhang mit der Stalltemperatur standen, da die Umgebungstemperatur während der Untersuchungszeitpunkte nahezu konstant war, die Gesäugehautoberfläche während der Verlaufsuntersuchung in Abhängigkeit vom Reproduktionsstadium jedoch einen Temperaturanstieg verzeichnete.

Durch die unterschiedlichen technischen Gegebenheiten, wie verschiedene Lüftungssysteme der drei Betriebe, konnten bei den Untersuchungen auf die Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens keine vollständig standardisierten Bedingungen erzielt werden. Daher musste eine gewisse Schwankungsbreite der mittleren Umgebungstemperatur zwischen den Betrieben um 2,28 °C hingenommen werden. Im Gegensatz zur Verlaufsuntersuchung konnte hier ein deutlicher Einfluss

der Umgebungstemperatur auf die Gesäugeoberflächentemperatur beobachtet werden. So waren beim Betrieb mit der höchsten Umgebungstemperatur die Oberflächen der Gesäuge zum Untersuchungszeitpunkt deutlich höher als bei den Betrieben mit geringerer Umgebungstemperatur, was durch die signifikante Korrelation ebenfalls bestätigt wurde.

Ein weiterer die infrarotthermographische Messung beeinflussender Faktor ist die Streustrahlung (INFRATEC 2007). Damit diese so gering wie möglich gehalten wurde, wurden alle vorhandenen externen Wärmestrahler wie z.B. Rotlichtlampen, ausgenommen der Bodenheizung, ausgeschaltet. Trotz dieser Maßnahme konnte nicht ausgeschlossen werden, dass die infrarotthermographische Untersuchung durch die mögliche Streustrahlung der Bodenheizung in den Abferkelbuchten an den Untersuchungszeitpunkten 1 Tag *ante partum* sowie 1, 3-4 und 14 Tage *post partum* beeinflusst wurde.

Je näher sich die Wärmebildkamera zum messenden Körper oder Organismus befindet, desto geringer sind auch die Streustrahlung und somit auch der Einfluss der Umgebungstemperatur (INFRATEC 2007). Bei einer Studie von CHURCH et al. (2014) konnte gezeigt werden, dass bei einer Distanzerhöhung von 0,5 auf 3 Meter zwischen Kamera und zu messendem Objekt sich die gemessene Oberflächentemperatur um bis zu 2 °C verringerte. Um möglichst die gesamte Gesäugeleiste einheitlich im rechten Winkel aufnehmen zu können, wurde für die eigenen Untersuchungen der Abstand der Kamera zu der Gesäugeleiste auf 150 cm

festgelegt. Dies konnte aufgrund von baulichen Gegebenheiten jedoch nicht immer eingehalten werden.

Stress, Aktivität und Trächtigkeitsstatus (HILSBERG 2000) sind ebenfalls Faktoren, die bei der Beurteilung von infrarotthermographischen Untersuchungen Beachtung finden sollten. So konnte HILSBERG (2000) infrarotthermographisch stressbedingte Temperaturänderungen an den Ohren bei Elefanten feststellen. Obwohl die Infrarotthermographie zu den nichtinvasiven und stressfreien Verfahrenstechniken zählt, die kein Handling und kein Berühren der Tiere voraussetzt, so kann sie dennoch allein durch die Anwesenheit des Untersuchers bei den Tieren Stress auslösen, was zu einem Anstieg der Oberflächentemperatur führen kann (HERBORN 2015). Daher wurden die hier durchgeführten Untersuchungen zu der morgendlichen Fütterungszeit realisiert. Obwohl die Fütterung selber auch einen gewissen Stress darstellt und somit Auswirkungen auf die Oberflächentemperatur haben kann (SILBERNAGEL u. DESPOPOULOS 2001), konnte dieser Faktor durch das einheitliche Vorgehen beim Untersuchungsgang vernachlässigt werden. Dadurch, dass die Sauen durch die Futteraufnahme abgelenkt waren, konnte eine mögliche Stresssituation durch die Anwesenheit des Untersuchers und der Manipulationen des Gesäuges durch Adspektion und Palpation entgegengewirkt werden. Ebenso verlief der Umgang mit den Tieren ruhig und jegliche Situationen, die zu Stress führen konnten, wurden weitgehend vermieden.

Die Voruntersuchungen zeigten, dass Verschmutzungen und Feuchtigkeit die infrarotthermographische Messung der Oberflächentemperatur beeinflussen. Die

Beschaffenheit der Gesäugeoberfläche wurde deshalb im Vorfeld kontrolliert und gegebenenfalls eine Säuberung und Trocknung des Gesäuges durchgeführt. Da zum einen die Manipulation resp. Palpation auch Stress bei den Tieren auslöst, zum anderen eine Anregung der lokalen Durchblutung die Oberflächentemperatur beeinflussen kann, wurde vor Versuchsbeginn überprüft, ob eine kurzzeitige Palpation Einfluss auf die Oberflächentemperatur hat. Da die Temperaturveränderung nach Palpation vernachlässigbar niedrig war, wurde deshalb regelmäßig vor Durchführung der thermographischen Aufnahmen sowohl die eventuell notwendige Säuberung und Trocknung als auch die Erhebung der Palpationsbefunde am Gesäuge durchgeführt.

Die relative Luftfeuchte lag unter Berücksichtigung geringer Schwankungen im empfohlenen Bereich von 40 % bis 70 % (BACHMANN 2007), und zwar bei der Verlaufsuntersuchung gesunder Sauen vor und während der Laktation bei durchschnittlich 58,95 % (42,50 % - 75,30 %) und bei der Untersuchung zum Absetzen im Betrieb 1 im Durchschnitt bei 66,98 % (42,10 % - 78,50 %), im Betrieb 2 bei 71,40 % (62,40 % - 85,40 %) und im Betrieb 3 bei 60,44 % (45,80 % - 74,60 %). Da an Untersuchungszeitpunkten, an denen die Luftfeuchte außerhalb des empfohlenen Bereichs lag, keine deutlich abweichenden Oberflächentemperaturen beobachtet wurden und auch WENDT et al. (1997) keinen Einfluss der Luftfeuchte auf die Hautoberflächentemperatur bei Schweinen feststellen konnten, wurde die Luftfeuchte bei den Gesäugeuntersuchungen nicht berücksichtigt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch den standardisierten, mittels Protokoll durchgeführten Untersuchungsgang der Einfluss externer Störgrößen wie Umgebungstemperatur, Streustrahlung, Einfluss jahreszeitlicher Schwankungen, Aktivitäts- und Stresszustand der Tiere sowie Oberflächenbeschaffenheit und -zustand der Gesäuge nicht vollständig vermieden werden konnte, jedoch als gering betrachtet werden kann.

#### 5.1.2 Infrarotthermographie unter Einbeziehen der klinischen Untersuchungsergebnisse

Obwohl die Infrarotthermographie eine in sich eigenständige Untersuchung darstellt, sollte diese immer in Verbindung mit der gängigen klinischen Untersuchung und weiteren ergänzenden Untersuchungen durchgeführt werden (RÖHLINGER et al. 1979), da sie relativ störanfällig ist und es zu Fehlinterpretationen kommen kann.

Um bei der Befunderhebung physiologisch bedingte Unterschiede am Gesäuge der Sau darzustellen und später von krankheitsbedingten Befunden bei akuter oder chronischer Mastitis unterscheiden zu können, wurde die Gesäugeoberflächentemperatur von gesunden Sauen infrarotthermographisch an sechs Untersuchungszeitpunkten vor und während der Laktation (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) erfasst. Dabei wurde der Ausbildungsgrad der Komplexe (voll angebildet, in Ausbildung resp. in Rückbildung, nicht angebildet) berücksichtigt. Während der Hochträchtigkeit und Laktation zeigt das Gesäuge Veränderungen in Form einer Zunahme des Gesäugeparenchyms wie auch der Durchblutung, die einen Einfluss

auf die infrarotthermographischen Ergebnisse haben (HILSBERG (2000)). Bei Sauen beginnen sich die Komplexe zwei bis drei Wochen vor der Abferkelung anzubilden. Für die Verlaufsuntersuchung wurde daher der erste Untersuchungszeitpunkt 21 Tage vor dem errechneten Abferkelungstermin festgesetzt, um zunächst das noch nicht angebildete (inaktive) Gesäuge zu dokumentieren. Am siebten Tag *ante partum* waren die Komplexe in Anbildung und am ersten Tag *ante partum* bereits vollständig angebildet (aktiv). Besonders während der Laktation musste der Anbildungsgrad aller Komplexe untersucht werden, da die Anzahl der angebildeten Komplexe mit der Zahl der säugenden Ferkel korreliert. Ferkel bilden bei der Milchaufnahme früh eine Rangordnung (REINER 2015), sie sind sozusagen zitzentreu. Werden Komplexe nicht besetzt, bilden diese sich innerhalb von wenigen Tagen zurück. Angebildete Komplexe wiesen eine um durchschnittlich 3 °C höhere Oberflächentemperatur auf als nicht angebildete Komplexe. Dies kann durch die Steigerung des Durchblutungsgrades des Gesäugeparenchyms erklärt werden. Ab dem ersten Tag *ante partum* wurden bei der Beurteilung der Oberflächentemperatur daher nur angebildete Komplexe berücksichtigt.

Beim Vergleich der Oberflächentemperatur der kranialen und kaudalen Bereiche der einzelnen Komplexe zeigte sich zwischen diesen Bereichen eine maximale Oberflächentemperaturdifferenz von 0,30 °C. Die kranialen Bereiche der Komplexe waren bei der linken Gesäugeleiste stets tendenziell wärmer als die kaudalen Bereiche, während auf der rechten Gesäugeleiste die kaudalen Bereiche insbesondere der letzten Komplexe R5-R7 während sämtlicher

Untersuchungszeitpunkte etwas wärmer waren. Da in der Regel pro Mammakomplex zwei, seltener drei Hohlraumsysteme vorhanden sind (GEYER 2015) und eine Verbindung bzw. Kommunikation zwischen den einzelnen Hohlraumsystemen eines Mammakomplexes nicht stattfindet (HABERMEHL 1984), können die leichten Temperaturdifferenzen zwischen den kranialen und kaudalen Bereichen in der unterschiedlich starken Aktivität der Drüsenzellen der verschiedenen Hohlraumsysteme begründet sein.

Weiterhin wurden infrarotthermographische Unterschiede zwischen den jeweiligen Komplexpaaren R1/L1 bis R7/L7 sowie zwischen den Komplexen der einzelnen Gesäugeleisten von kranial nach kaudal analysiert. Im Rechts-Links-Vergleich der Komplexpaare waren nur geringe Unterschiede feststellbar. So war die Oberflächentemperatur der einzelnen Komplexe der rechten Gesäugeleiste meist etwas wärmer als die Komplexe der linken Gesäugeleiste. Obwohl die Sauen vor der infrarotthermographischen Untersuchung einige Zeit standen, um Temperaturunterschiede zwischen den Gesäugeleisten, die durch seitliches Liegen auf kalten bzw. durch die Ferkelnestheizung wärmeren Bereichen entstehen können, zu minimieren, kann eine Beeinflussung nicht ausgeschlossen werden. Die Ferkelnester befanden sich jedoch nicht immer auf der gleichen Seite, sondern wechselseitig rechts und links von den Sauenständen. Die geringgradigen Unterschiede wurden bei nahezu allen gegenüberliegenden Komplexen beobachtet. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass dies an der nicht vollständigen Adaptation der Gesäugehautoberfläche an die Umgebungstemperatur lag.

Die in dieser Arbeit festgestellten Unterschiede zwischen den Komplexen der einzelnen Gesäugeleisten von kranial nach kaudal könnten einerseits in einer durchschnittlichen Dickenzunahme des inaktiven Gesäugeparenchyms von kranial nach kaudal begründet sein, die durch TRASCH (2006) auch bei Hündinnen sonographisch festgestellt werden konnte. So zeigte sich 21 und 7 Tage vor Abferkelung ein nahezu linear ansteigendes Temperaturmuster von kranial nach kaudal. Beim Schwein konnte jedoch sonographisch die Dickenzunahme von kranial nach kaudal durch SPIEGEL, S. (2016) nicht bestätigt werden. Ab dem 1. Tag *ante partum* bis zum 14. Tag *post partum* zeigte sich dagegen ein eher parabelförmiges Muster. So wiesen bis auf geringe Schwankungen die zweiten bis fünften Gesäugekomplexe eine kältere Oberflächentemperatur auf, als die davor und dahinter liegenden Komplexe. Grund hierfür war die Lage der voll angebildeten Komplexe R1, L1 sowie R6-7, L6-7, da diese Komplexe oft durch die Gliedmaßen abgedeckt werden. Andererseits könnten die festgestellten Unterschiede zwischen den Komplexen der einzelnen Gesäugeleisten von kranial nach kaudal durch die unterschiedliche Funktionalität der Zellen begründet sein. Die Zellen kranialer thorakaler Komplexe sind funktionell weniger aktiv als die der übrigen Komplexe (HABERMEHL 1984).

Auch der Einfluss der Rektaltemperatur und der Umgebungstemperatur auf die Oberflächentemperatur der Gesäugehaut wurde bei der infrarotthermographischen Beurteilung geprüft.



WENDT et al. (1997) stellten fest, dass die Rektaltemperatur anhand der Oberflächentemperatur auch unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur nicht mit einer angemessenen Genauigkeit zu schätzen war. Somit sollte für vergleichende infrarotthermographische Messungen die Umgebungstemperatur möglichst konstant gehalten werden. Bei den vorliegenden Untersuchungen schwankte die durchschnittliche Umgebungstemperatur nur geringfügig, entsprechend ergab sich während der Verlaufsuntersuchung keine signifikante Korrelation zwischen Oberflächen- und Umgebungstemperatur.

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Rektal- und Oberflächentemperatur der Gesäugehaut war besonders kurz vor der Abferkelung und während der Laktation ersichtlich. Es zeigte sich, dass bis kurz vor Beginn der Laktation die Körperkerntemperatur konstant blieb. Einen Tag vor Abferkelung konnte eine Temperaturzunahme von ungefähr 0,50 °C verzeichnet werden und stand damit im Zusammenhang mit dem bevorstehenden Geburtsvorgang. Dies deckt sich mit der durch GRUNERT (1993) beim Schwein festgestellten, um 0,60 °C ansteigenden Rektaltemperatur 4 Stunden *ante partum*. Die Abferkelung stellt für die Sauen eine Stresssituation dar. Der Stoffwechsel wird gesteigert, was zur Erhöhung der Körperkerntemperatur führen kann (SILBERNAGEL u. DESPOPOULOS 2001). Die Oberflächentemperatur der Gesäugehaut dagegen nahm bis Laktationsbeginn stetig um 2,50 °C zu. Dies kann mit der durch die Anbildung der Komplexe und der damit verbundenen stärkeren lokalen Durchblutung des Gesäugeparenchyms erklärt werden. Zum Zeitpunkt der Abferkelung stiegen sowohl die Rektal- wie auch die

Oberflächentemperatur der Gesäugehaut an, wobei die Oberflächentemperatur einen stärkeren Anstieg verzeichnete. Während der Laktation war nur ein geringfügiger Anstieg beider Temperaturen zu verzeichnen, wobei auch hier die Gesäugehaut mit 0,30 °C einen höheren Anstieg als die Rektaltemperatur mit 0,10 °C aufwies. Durch den nicht linearen Zusammenhang der Rektal- und Oberflächentemperatur der Gesäugehaut können die stärkeren Temperaturveränderungen der Gesäugeoberfläche aufgrund der steigenden Milchproduktion im Verlauf der Laktation als lokale Veränderungen interpretiert werden. Eine nicht lineare Beziehung zwischen Rektal- und Hauttemperatur beschrieben bereits WENDT et al. (1997). Durch Erkrankungen hervorgerufenes Fieber war nur sehr ungenau mit der Messung der Oberflächentemperatur der Haut zu erfassen.

Im zweiten Teil der Untersuchungen wurde zum Zeitpunkt des Absetzens der Gesäugestatus von Sauen unterschiedlicher Betriebe und unterschiedlicher Altersstufen adspektorisch, palpatorisch und infrarotthermographisch untersucht.

Bei der Auswertung der infrarotthermographischen Bilder stellte sich die Frage der Vergleichbarkeit. Ein Thermogramm liefert die absoluten Temperaturwerte, deren Mittelwerte für flächenhafte Bereiche sowie deren Standardabweichungen. Da der Vergleich der Oberflächentemperatur bei chronisch resp. akut veränderten Komplexen und den gesunden Komplexen an ein und demselben Tier stattfand, konnten für diesen Vergleich die Absolutwerte genommen werden. Beim Vergleich der Gesäuge zwischen unterschiedlichen Altersgruppen und zwischen den Betrieben muss die Beurteilung der Oberflächentemperatur der Komplexe durch die

Absolutwerte kritisch beurteilt werden. Unterschiede müssen nicht auf krankhafte Veränderungen hindeuten, sondern können zum einen durch eine veränderte Rektaltemperatur bedingt sein. Andererseits können Veränderungen der Oberflächentemperatur durch mögliche Unterschiede in der Umgebungstemperatur auf den verschiedenen Betrieben herrühren.

Bei der Untersuchung der Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens konnte für die Sauen der drei Betriebe im Gegensatz zur Verlaufsuntersuchung ein Zusammenhang von Umgebungs- und Körperoberflächentemperatur gezeigt werden. Auch LOUGHMILLER et al. (2001) beschrieben den Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Temperatur der Körperoberfläche beim Schwein. Einen Vergleich zwischen den Oberflächentemperaturen bei verschiedenen Tieren bzw. Tiergruppen zu unterschiedlichen Untersuchungszeiten sowie auf verschiedenen Betrieben sollte zur Standardisierung der Werte unter Zuhilfenahme eines Referenzkörpers durchgeführt werden. In der Arbeit von MENZEL (2014) wurden mit Hilfe des Referenzkörpers mit konstanter Raumtemperatur die Absoluttemperaturwerte aus dem Thermogramm korrigiert, um Driftfehler der Infrarotkamera zu umgehen. Einen Einsatz eines Referenzkörpers war in dieser Arbeit nicht möglich. Durch die unterschiedlichen Örtlichkeiten konnte der Referenzkörper nicht auf eine einheitliche Raumtemperatur eingestellt werden. Um Vergleiche zwischen Tieren und Tiergruppen auf den verschiedenen Betrieben durchführen zu können, wurde daher, trotz fehlender, signifikanter Korrelation zwischen Rektal- und Oberflächentemperatur wie bei der Verlaufsuntersuchung, die

Rektaltemperatur als Referenzwert genommen. Die Rektaltemperatur wurde im Vergleich zur Umgebungstemperatur kaum durch externe Faktoren beeinflusst und war somit unter physiologischen Bedingungen relativ konstant. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den zwei Untersuchungsteilen (Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation, Untersuchung auf die Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens) ist nur gegeben, wenn die Oberflächentemperatur in beiden Untersuchungsansätzen auf die gleiche Temperatur hin korrigiert ist.

Altersbedingte Unterschiede der Gesäugeoberflächentemperatur konnten nicht festgestellt werden, obwohl sich die Gesäugehaut von Sauen in 1. Laktation deutlich von Sauen mit mehr als 3 Laktationen unterschied. Während die Gesäugehaut der Sauen mit 1. Laktation zum Absetzzeitpunkt noch straff am Parenchym anlag, konnte bei den Sauen mit mehr als 3 Laktationen eine schlaffe, ausgedehnte Gesäugehaut festgestellt werden.

Bei der Beurteilung des Temperaturverhaltens von chronisch veränderten Komplexen zeichneten sich im Thermogramm nur Teilareale ab, die jeweils niedrigere Oberflächentemperaturen aufwiesen als der Rest des Komplexes. Diese infrarotthermographischen Befunde korrelierten immer mit den palpatorisch feststellbaren Veränderungen. Da sich beim Vergleich zwischen dem gesamten chronisch veränderten Komplex und den zu den auf der gleichen Gesäugeleiste befindlichen unauffälligen Komplexen kein signifikanter Unterschied in der Oberflächentemperatur ergab, wurde ein Vergleich zwischen der mittleren Temperatur der veränderten kühleren Areale und der durchschnittlichen Temperatur

des gesamten betroffenen Komplexes durchgeführt. Zwischen den veränderten Bereichen und der Gesamtoberflächentemperatur der betroffenen Gesäugekomplexe konnte ein signifikanter Unterschied von durchschnittlich  $1,24 \text{ °C} \pm 0,69$  ( $p < 0,001$ ) festgestellt werden. Obwohl die Infrarotthermographie die Oberflächentemperatur auf eine mehr objektivere und empfindlichere Weise misst als es die Palpation liefern kann (REDAELLI 2014), so muss immer der Anbildungsgrad (positive Beeinflussung der Hauttemperatur), Feuchtigkeit- und Verschmutzungsgrad sowie Schweregrad an Kratzern und Verschorfungen (negative Beeinflussung) mit betrachtet werden, da, wie in dieser Arbeit gezeigt, diese Faktoren maßgeblich die Oberflächentemperatur des Gesäuges beeinflussen. Auf einem Thermogramm kann nicht zwischen Kratzern, Verschorfungen, Verschmutzung und Feuchtigkeit unterschieden werden. Lediglich der Anbildungsgrad kann aufgrund des Größenunterschiedes erkannt werden. Chronisch veränderte Komplexe gehen oft schon vor Beendigung der Laktation mit Rückbildung des Gesäugeparenchyms einher (WINTER 2009). Daher muss bei der Beurteilung von chronisch veränderten Komplexen der Anbildungsgrad sowie die adspektorischen und palpatorischen Befunde berücksichtigt werden. Die Infrarotthermographie sollte daher nicht allein als Diagnoseverfahren herangezogen werden.

In dieser Arbeit waren von 13 chronisch veränderten Komplexen 8 Komplexe angebildet, 3 Komplexe in Rückbildung und 2 Komplexe bereits vollständig zurückgebildet. Da eine deutliche Temperaturdifferenz zwischen den betroffenen

Arealen und dem Gesamtkomplex feststellbar war, ist von einem lokalen Prozess innerhalb des Komplexes auszugehen.

Die Arbeit von SPIEGEL, S (2016) bekräftigt die in dieser Arbeit festgestellten infrarotthermographischen Ergebnisse. Durch Doppler- sowie histopathologische Untersuchungen an chronisch veränderten Gesäugekomplexen bei Sauen konnte festgestellt werden, dass zum einen das Dopplersignal als Hinweis für Blutgefäße nur in den gesunden Bereichen des betroffenen Komplexes nachgewiesen werden konnte, zum anderen in den chronisch veränderten Bereichen mehr kollagenes Bindegewebe vorlag. Somit ist die verringerte Oberflächentemperatur der chronisch veränderten Areale durch die Minderdurchblutung verursacht worden.

Bei der klinischen Untersuchung zeigten alle chronisch veränderten Komplexe palpatorische Veränderungen in Form von Knötchen- und Knotenbildung sowie einer derben Konsistenz des Gesäugeparenchyms. Zusätzlich wurden sowohl an diesen wie auch an den anderen Komplexen Verschorfungen und Kratzer gefunden. Weiterhin konnten die bei anderen Tieren durch die Palpation festgestellten wärmeren Komplexe im Thermogramm nicht bestätigt werden.

Obwohl auch die infrarotthermographische und mikrobiologische Untersuchung von Gesäugen mit akuter Mastitis in dieser Arbeit geplant war, konnte nur eine Sau mit akuter Mastitissymptomatik gefunden werden. Es wurde allgemein ein Rückgang der Mastitiden auf den Betrieben festgestellt. Gründe hierfür könnten in der Hygiene und der Umstellung der Sauen auf andere Genetiken liegen. Obwohl weitere als die drei

hier beschriebenen Betriebe angesprochen wurden, wurden keine weiteren akuten Mastitiden vorgestellt.

Die durch Mastitis verursachten akuten Symptome treten seltener kurz vor, sondern häufig zwei bis drei Tage nach der Abferkelung auf und können oft im Anschluss ohne ausreichende Therapie zu chronischen Prozessen führen (HEINRITZI et al. 2006). Der hier beschriebene Fall war bereits am 1. Tag *post partum* auffällig. Bei der Untersuchung konnte eine Temperaturerhöhung der Haut des betroffenen Komplexes um  $0,81\text{ °C} \pm 0,12$  im Vergleich mit den benachbarten nichtbetroffenen Komplexen derselben Gesäugeleiste infrarotthermographisch detektiert werden. Bei der adspektorischen und palpatorischen Beurteilung konnten Rötung, Schmerzhaftigkeit und vermehrte Wärme festgestellt werden. HOVINEN et al. (2008) beschrieben bei Kühen, dass eine Temperaturerhöhung des an akuter Mastitis betroffenen Euterviertels erst nach Auftreten von klinischen Anzeichen wie Rötung, vermehrte Wärme, Druckdolenz und Schwellung detektiert werden kann. Dies spiegelt die Relevanz der Infrarotthermographie als ergänzendes aber nicht als alleiniges diagnostisches Verfahren wider. Ein im Thermogramm feststellbarer Temperaturunterschied kann, wie bereits beschrieben, auch mit der Lage der Komplexe zusammenhängen. Des Weiteren können Temperaturänderungen an einzelnen Komplexen besser infrarotthermographisch interpretiert werden als Temperaturänderungen, die das gesamte Gesäuge betreffen. Zeigt das gesamte Gesäuge einen Temperaturanstieg, kann dies generalisiert z. B. durch Hitze oder Stress entstanden sein.

Weitere Aspekte, die bei der Beurteilung von Thermogrammen berücksichtigt werden müssen, sind Aktivitäten wie unter anderen Ferkelsaugen, die die Oberflächentemperatur aufgrund einer stärkeren Durchblutung temporär erhöhen könnten.

Durch regelmäßiges Messen der Oberflächentemperaturen an Sauen können individuelle Muster im Temperaturverlauf erfasst werden. Bei Abweichungen wären dann einerseits eventuelle Rückschlüsse auf verschiedene Krankheiten möglich, andererseits wäre ein frühzeitiges Erkennen lokaler Entzündungen wie Mastitis vor der Ausprägung von Fieber im Organismus vorstellbar (TRAULSEN et al. 2010).

Um den Behandlungserfolg nach akut auftretender Mastitis infrarotthermographisch zu dokumentieren, sollte ebenfalls ein Vergleich mit den benachbarten gesunden Komplexen vorgenommen werden. Es konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass eine Verringerung der Oberflächentemperatur des krankhaften Komplexes drei Tage nach Behandlungsende zu verzeichnen war, jedoch konnte ein Anstieg bei den anderen gesunden Komplexen beobachtet werden, so dass am Tag 3 nach Behandlungsende die Oberflächentemperaturen aller Komplexe nahezu gleich hoch waren. REDAELLI et al. (2014) halten einen Einsatz der Thermographie in der Pharmazie zur Charakterisierung von Wirkungsweisen bestimmter therapeutischer Medikamente aufgrund von Effektänderungen für möglich. Solche Effektänderungen wie Vasokonstriktion und Vasodilatation könnten den Anstieg der gesunden benachbarten Komplexe bis zum Tag 3 nach Behandlungsende erklären. Daher muss der Einsatz der Infrarothermographie zur Analyse des Behandlungserfolges mit



Vorsicht betrachtet werden. 12 Tage nach Behandlungsende war bei allen Komplexen dieser Sau wieder ein Abfall der Oberflächentemperatur zu verzeichnen. Die im Thermogramm deutliche Temperaturabnahme des betroffenen Komplexes gegenüber den anderen gesunden Komplexen zwischen den Untersuchungszeitpunkten (3 Tage und 12 Tage nach Behandlungsende) waren Folge der Rückbildung, da an diesem Komplex keine Milch mehr produziert wurde, die anderen Komplexe jedoch weiterhin angebildet blieben.

## 5.2 Ermittlung des bakteriologischen Status mittels Milch / Gesäugebioptat

Der bakteriologische Status der Sauenmilch und die damit verbundene Relevanz zur Charakterisierung von Mastitiden ist ein breit diskutiertes Thema in der heutigen Wissenschaft. Die Mastitis stellt eine wirtschaftlich wichtige Erkrankung der Sauen dar, die die Gesundheit und die Leistung der Ferkel beeinflusst (GERJETS u. KEMPER 2009). Desto wichtiger ist es für das Auftreten von Mastitiden, die ursächlichen pathogenen Keime zu analysieren, um durch gezielte Anzucht mit Resistenzuntersuchung eine auf den Erreger abgestimmte Therapie durchzuführen. Viele Studien wurden bereits unternommen, um das Keimspektrum der Sauenmilch von gesunden sowie an MMA bzw. an Mastitis erkrankter Sauen zu analysieren (ROSS et al. 1981; MORKOC et al. 1983; GERJETS et al. 2009; KEMPER u. GERJETS 2009; PREISLER u. KEMPER 2009; KEMPER et al. 2009, 2013; PUSTAL 2014). Da bei den Studien von BERTSCHINGER (1999) sowie GERJETS und KEMPER (2009) bei den untersuchten Sauen vorwiegend gram-negative

coliforme Bakterien isoliert wurden, spricht man vielfach auch von der „Coliformen Mastitis“. Zu den isolierten gram-negativen Keimen zählten Keime der Gattungen *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter* und *Citrobacter*. *Escherichia coli* wurde am häufigsten gefunden. *Staphylococcaceae*, *Streptococcaceae*, *Enterococcaceae* und andere Erreger aus der Familie der *Enterobacteriaceae* konnten ebenfalls in den Milchproben nachgewiesen werden (KEMPER et al. 2013). Aufgrund des ähnlichen Keimspektrums bei gesunden sowie erkrankten Tieren wird eine multifaktorielle Pathogenese für Mastitiden bei Sauen angenommen (KEMPER et al. 2013). Andererseits könnte auch eine nicht sterile Entnahme der Sauenmilch zur Kontamination geführt haben und damit ursächlich für die Ähnlichkeit des Keimspektrums verantwortlich sein.

In der vorliegenden Arbeit wurden von 25 klinisch gesunden Sauen einen Tag *post partum* Milchproben entnommen und analysiert. Wie auch bei anderen, oben genannten Autoren waren die meisten Proben nicht steril. Die dominierenden Keime in den Milchproben waren wie auch bei ROSS et al. (1981) Staphylokokken, Streptokokken und *Escherichia coli*, wobei nur in 7 von 25 Milchproben *Escherichia coli* gefunden wurde. Im Gegensatz zu KEMPER et al. (2013) aber im Einklang mit der Arbeit von PUSTAL (2014) zeigte sich eine höhere Prävalenz an Staphylokokken und Streptokokken. PERSSON (1997) konnte ebenfalls in seiner Studie bei gesunden Sauen *Escherichia coli* isolieren und bezeichnete diese Sauen als subklinisch infiziert. Wie auch bei KEMPER et al. (2013) beschrieben, konnten in der eigenen Arbeit durchschnittlich drei Keimarten aus der Milchprobe einer Sau

nachgewiesen werden. Sauen in der 2./3. Laktation wiesen das größte Keimspektrum auf, gefolgt von Sauen in der 1. Laktation. Die Ergebnisse zeigen, dass eine sterile Milchprobenentnahme nicht gelang. Eine Kontamination könnte möglicherweise durch Staubpartikel in der Stallluft verursacht worden sein, oder die Reinigung und Desinfektion führte nicht zur vollständigen Keimfreiheit der Zitze. Andererseits könnten die Resultate auch ein Hinweis darauf sein, dass ein gewisser Keimgehalt regelmäßig bei gesunden Sauen in der Milch vorkommt. Nach BOSTEDT und WEHREND (2014) liegt, im Gegensatz zu anderen Tierarten (Pferd:  $10^3$  -  $6,5 \times 10^4$  Zellen/ml; Rind:  $2 \times 10^4$  -  $10^5$  Zellen/ml; Schaf:  $3 \times 10^4$  -  $3 \times 10^5$  Zellen/ml), der Zellgehalt der Sauenmilch unter physiologischen Bedingungen zwischen 1 Mio. Zellen/ml und 3 Mio. Zellen/ml sehr hoch.

Weiterhin sollte in dieser Arbeit untersucht werden, ob durch die Gesäugeparenchymbiopsie am laktierenden Gesäuge, im Gegensatz zu Milchproben, eine bessere Beurteilung des bakteriologischen Status möglich ist und eine Kontamination mit Haut- bzw. Umweltkeimen vermieden werden kann. Die Biopsien vom Gesäugeparenchym wurden bei 25 gesunden Sauen am selben Komplex wie die Milchprobenentnahme durchgeführt. Wie auch bei der Milchprobenentnahme wurde dabei unter möglichst sterilen Bedingungen vorgegangen. Es wurden sowohl Biopsien vom kranialen wie auch vom kaudalen Gesäugeparenchym jedes Komplexes entnommen, um Unterschiede innerhalb eines Komplexes zu überprüfen. Da in der Regel pro Mammakomplex zwei, selten auch drei Hohlraumsysteme mit getrennten Ausführungsgängen vorhanden sind (GEYER

2015; LOEFFLER u. GÄBEL 2015), ist eine unterschiedliche Keimverteilung in die verschiedenen Komplexbereiche möglich. Die Biopsien wurden untereinander sowie mit den Milchproben verglichen. Wie schon in den Milchproben vorgefunden, konnte ein vorherrschender Keimgehalt von Staphylokokken und Streptokokken auch in den Biopaten festgestellt werden. *Escherichia coli* dagegen konnte in den Gesäugebiopaten nicht nachgewiesen werden. Individuelle Unterschiede des Keimspektrums wurden zwischen kranialen und kaudalen Gesäugeparenchymbiopaten festgestellt. So konnten einerseits Keime im kranialen Biopat isoliert werden, welche im kaudalen Bereich nicht isoliert werden konnten und *vice versa*. Im Gegensatz zu den Milchproben, in denen das größte Keimspektrum bei den Sauen mit 2./3. Laktation gefunden wurde, zeigte sich in den Biopaten der Sauen mit 1. Laktation das größte Keimspektrum. Beim Probenvergleich zwischen der Sauenmilch und dem Gesäugeparenchym bezogen auf das Einzeltier konnte festgestellt werden, dass bei insgesamt 10 Sauen jeweils mehr Keimarten in der Milch als im Biopat enthalten waren, bei 8 Sauen waren jeweils mehr Keimarten im Biopat vorhanden. Bei 7 Sauen war die gleiche Anzahl an Keimarten nachweisbar. Nur bei vier Sauen stimmte der Keimbefund (koagulase-negative Staphylokokken, alpha-hämolyisierende Streptokokken) in beiden Probenarten überein. Obwohl bei der Biopsieentnahme die Haut im Vorfeld gereinigt und desinfiziert sowie anschließend durchstoßen wurde und somit die Biopsienadel nur durch das Gesäugeparenchym drang, kann eine Kontamination durch die Haut oder den Stichkanal auch bei den Biopaten nicht ausgeschlossen werden.

Unterschiede zwischen dem in der Arbeit gefundenen Keimspektrum in Milch- und Gesäugeparenchymproben könnten sich auch aufgrund der relativ kleinen Probenmenge bei der Biopsie ergeben.

PREISLER und KEMPER (2009) konnten bei gesunden Sauen auf der Gesäugehautoberfläche Staphylokokken nachweisen. Durch den Saugakt der Ferkel könnte in Milch und Parenchym eine Kontamination mit den sich auf der Gesäugehautoberfläche und im Maul der Ferkel befindenden Keimen hervorgerufen werden. Für ein Vorhandensein der Keime im Gesäuge schon bei der Probenentnahme spricht, dass SPIEGEL, S. (2016) bei seinen Untersuchungen bei allen gesunden Sauen histologisch regelmäßig einen geringgradigen Zellgehalt von Entzündungszellen im Gesäugeparenchym feststellte. Allerdings könnte dieser auch als eine physiologische Reaktion auf die mechanische Reizung durch den Saugakt der Ferkel gedeutet werden.

Bei der Untersuchung des Keimspektrums der einen Tag *post partum* an Mastitis akut erkrankten Sau konnte vor Behandlung sowohl in der Milch wie auch im Gesäugeparenchym *Streptococcus dysgalactiae subspecies equisimilis* isoliert werden. Zusätzlich wurde in der Milchprobe *Staphylococcus hyicus* gefunden. Nach Behandlungsende konnten diese Keime nicht mehr nachgewiesen werden. Aus der Milchprobe konnten zu diesem Zeitpunkt gar keine Keime isoliert werden, dagegen fanden sich alpha-hämolyisierende Streptokokken und koagulase-negative Staphylokokken in den Biopstatproben. Dies spricht wieder dafür, dass im Gesäugeparenchym ein Keimgehalt an Staphylokokken und Streptokokken häufig

auch bei gesunden Sauen vorhanden ist oder eine Kontamination durch den Eintrag über die Haut beim Einstich der Biopsienadel stattgefunden hat. Eine bakteriologische Untersuchung des Gesäuges bei den an chronischer Mastitis erkrankten Sauen wurde in dieser Arbeit nicht durchgeführt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei der Probenentnahme trotz möglichst steriler Bedingungen regelmäßig ein Keimgehalt in Milchproben und Gesäugebiopsaten festgestellt werden konnte. Es kann nicht bestätigt werden, dass die Gesäugebiopsie eine bessere Möglichkeit zur Entnahme keimfreier Proben aus dem Gesäuge als die Milchprobenentnahme darstellt. Eine Kontamination der Proben bei der Entnahme kann nicht völlig ausgeschlossen werden. Weiterhin muss diskutiert werden, ob ein gewisser Keimgehalt, insbesondere von Staphylokokken und Streptokokken, in der Sauenmilch und im Gesäugeparenchym als Normalbefund angesehen werden kann bzw. ob man in solchen Fällen schon von einer subklinischen Mastitis sprechen muss. Letzteres wird unterstützt durch die histopathologischen Befunde von SPIEGEL, S (2016), bei denen bei gesunden Sauen regelmäßig ein geringgradiger Gehalt an Entzündungszellen wie Plasmazellen und Lymphozyten sowie wesentlich seltener auch neutrophilen Granulozyten festgestellt wurde.

### 5.3 Schlussbetrachtung

Obwohl die Infrarotthermographie für viele unterschiedliche Fragestellungen in Human- und Veterinärmedizin als nichtinvasives, stressfreies, schnell durchführbares

und berührungsloses Verfahren bereits angewendet wird, müssen unter anderem Kosten für Kamera und Auswertungssoftware, Arbeitsaufwand bei der Vorbereitung und Auswertung der Daten nach Bildaufnahme sowie Erfahrungs- und Kenntnisstand der Untersucher beachtet werden.

Nach Einarbeitung in die genaue Funktionsweise der Kamera und bei Berücksichtigung aller externen und internen Störgrößen lieferte die Infrarotthermographie auswertbare Ergebnisse. Beim gesunden Gesäuge vor und während der Laktation konnten Aussagen über das Temperaturmuster und -verhalten gemacht werden. Anschließend konnten durch Mastitis verursachte pathologische Veränderungen von den physiologischen Befunden unterschieden werden. Chronische Veränderungen konnten durch die Infrarotthermographie durch die Temperaturabnahme im betroffenen Komplexbereich gut beschrieben werden. Ähnliche Temperaturabweichungen können jedoch auch durch Kratzer, Verschorfungen sowie Feuchtigkeit verursacht werden. Daher sollte eine Bewertung und endgültige Diagnosestellung immer unter Berücksichtigung der Ergebnisse weiterer Untersuchungen (Adspektion, Palpation, ggf. Sonographie, Bakteriologie, Pathohistologie) getätigt werden. Über die infrarotthermographische Beurteilung von akuten Mastitiden bei Sauen und ihrer Praxistauglichkeit konnte noch keine Aussage gemacht werden, da nur ein Fall untersucht werden konnte.

Für die Beurteilung des bakteriologischen Status erbrachten Gesäugebiopate im Vergleich zur Milchprobenentnahme keine Verbesserung, da bei beiden Methoden nur in Ausnahmefällen keimfreie Proben zu gewinnen waren, obwohl bei beiden

Prozeduren möglichst steril gearbeitet wurde. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass eine Kontamination der Proben bei Entnahme nur eine geringe Rolle spielt, dass aber im Gesäuge klinisch gesunder Sauen regelmäßig ein gewisser Keimgehalt vorhanden ist. Seine Bedeutung für die Ausbildung von Mastitiden konnte jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden.

Unter Berücksichtigung aller in dieser Arbeit gesammelten Ergebnisse konnte gezeigt werden, dass die Infrarotthermographie auch in der Schweinepraxis als mögliches Verfahren für die bildgebende Diagnostik von krankhaften, insbesondere chronischen Veränderungen am Gesäuge der Sauen Anwendung finden kann.



## 6 Zusammenfassung

Florian Spiegel

### **Vergleichende infrarotthermographische und bakteriologische Untersuchungen am gesunden sowie durch Mastitis veränderten Gesäuge beim Schwein**

Die Gesäugegesundheit besitzt in Bezug auf Puerperalerkrankungen und deren tierschutzrechtlichen und wirtschaftlichen Aspekten eine große Bedeutung in der Sauenhaltung. Gleichzeitig spielt die Anwendung bildgebender Verfahren aufgrund des stetigen technischen Fortschrittes gerade für die Diagnostik und Früherkennung bei Erkrankungen der Mammae in der Human- und Veterinärmedizin eine immer größere Rolle.

In dieser Arbeit sollte deshalb überprüft werden, ob die Infrarotthermographie vergleichend zur gängigen Diagnostik durch Allgemeinuntersuchung, Adspektion und Palpation des Gesäuges und der bakteriologischen Untersuchung von Milchproben eine brauchbare Methode zur Erkennung von Mastitiden bei Sauen darstellt.

Für die Beurteilung der Oberflächentemperatur des Gesäuges bei gesunden Sauen im peri- und postpartalen Zeitraum wurden bei 35 Sauen unterschiedlicher Altersgruppen (Sauen 1. Laktation n = 17, Sauen 2./3. Laktation n = 15, Sauen > 3. Laktation n = 3) zu sechs unterschiedlichen Zeitpunkten (21, 7, 1 Tag/e vor und 1, 3-4, 14 Tag/e nach Abferkelung) ein Thermogramm zur Darstellung des Temperaturverlaufes an der Gesäugehautoberfläche angefertigt. Alle Sauen waren sowohl zum Zeitpunkt der Untersuchungen wie auch in ihrer Vorgeschichte ohne

klinische Symptomatik einer Puerperalerkrankung. Bei Betrachtung aller untersuchten Sauen zeigte sich bis einen Tag *post partum* für die mittlere Hauttemperatur des gesamten Gesäuges eine stetige Temperaturzunahme von 2,92 °C von 33,39 °C auf 36,31 °C, die unter anderem mit der zunehmenden Durchblutung des sich anbildenden Gesäugeparenchyms erklärt werden kann. Anschließend stieg die durchschnittliche Temperatur bis 14 Tage nach Abferkelung geringfügig um 0,40 °C auf 36,71 °C an.

Bei der Prüfung der Oberflächentemperatur hinsichtlich der Lage der Komplexe konnten im paarweisen Vergleich zwischen rechten und linken Komplexen keine Unterschiede gefunden werden. Beim Vergleich der Komplexe einer Gesäugeseite lag 21 und 7 Tage *ante partum* ein nahezu linear ansteigendes Temperaturmuster von kranial nach kaudal vor, wohingegen zu allen anderen Untersuchungszeitpunkten die Oberflächentemperatur von Komplex 1 zu Komplex 4 abnahm und an den weiter kaudal gelegenen Komplexen wieder anstieg.

Bei der Beurteilung der Gesäugegesundheit zum Zeitpunkt des Absetzens wurden insgesamt 312 Sauen auf drei verschiedenen Betrieben untersucht. Bei 110 Tieren wurde zusätzlich zur Allgemeinuntersuchung, Adspektion und Palpation eine thermographische Untersuchung durchgeführt. Chronische Veränderungen konnten an insgesamt 13 Komplexen bei 11 betroffenen Sauen beobachtet werden. Es zeigte sich, dass über solchen Veränderungen gelegene Hautareale eine im Durchschnitt um  $1,24 \text{ °C} \pm 0,69$  geringere mittlere Oberflächentemperatur aufwiesen als der gesamte betroffene Komplex ( $p < 0,001$ ). Darüber hinaus konnte in den untersuchten

Beständen nur eine Sau mit akuter Mastitis gefunden werden. Der veränderte Komplex wies im Gegensatz zu gesunden Komplexen eine um  $0,81 \text{ °C} \pm 0,12$  ( $p = 0,009$ ) höhere mittlere Oberflächentemperatur auf.

Als mögliche Einflussfaktoren auf die Messung der Oberflächentemperatur des Gesäuges müssen die Umgebungs- und Körperinnentemperatur, Feuchtigkeit und Verschmutzung am Gesäuge sowie oberflächliche Veränderungen wie Kratzer und Verschorfungen beachtet werden. Das Thermogramm sollte daher immer in Verbindung mit den adspektorischen und palpatorischen Befunden bewertet werden. Die vorliegenden Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Infrarotthermographie als ergänzende Methode zu gängigen Untersuchungsverfahren für die Mastitisiagnostik gut genutzt werden kann. Ein alleiniger Einsatz wird jedoch nicht empfohlen.

Da häufig auch bei gesunden Gesäugen ein Keimgehalt in Milchproben nachgewiesen werden konnte, sollte mittels vergleichender bakteriologischer Untersuchungen von Milch- und Gesäugebiopstatproben überprüft werden, ob mittels einer Gesäugeparenchymbiopsie eine bessere Beurteilung des bakteriologischen Status möglich ist. Dazu wurden bei 25 gesunden Sauen 1 Tag *post partum* Biopstate des Gesäugeparenchyms und Milchproben entnommen und verglichen. Es zeigte sich, dass in 96 % der Milchproben und in 92 % der Biopstatproben ein geringgradiger unspezifischer Keimgehalt mit bis zu fünf verschiedenen Spezies gefunden werden konnte. Damit bietet die Gesäugeparenchymbiopsie gegenüber der Milchprobenentnahme keine Vorteile für die bakteriologische Diagnostik. Es ist davon

auszugehen, dass bei klinisch gesunden Sauen sowohl in der Sauenmilch wie auch im Gesäugeparenchym ein gewisses Keimspektrum von ubiquitär vorkommenden Erregern vorliegt, wobei hauptsächlich Staphylokokken, Streptokokken und *Escherichia coli* nachgewiesen werden konnten.

## 7 Summary

Florian Spiegel

### **Comparative infrared thermographic and bacteriological examinations on healthy and mastitis-affected udders in sows**

The udder health of sows in the context of puerperal diseases has gained importance due to the increasing animal welfare and economic implications. At the same time the use of imaging techniques plays an increasingly important role because of the continuing technological progress, especially for the diagnosis and early detection of diseases of the mammary glands in human and veterinary medicine.

The purpose of this study was to verify, if infrared thermography is a useful method for the diagnosis of mastitis in sows when compared to conventional diagnosis of mastitis by general examination, inspection and palpation of the udder and the bacteriological examination of milk samples.

The surface temperature of the mammary glands was investigated in healthy sows during the *peri-* and *post-partum* period by thermographic imaging. 35 sows of different ages (sows in 1st lactation n = 17, sows in 2nd/3rd lactation n = 15, sows in > 3rd lactation n = 3) were examined at six different times (21, 7, 1 day/s before and 1, 3-4, 14 day/s after farrowing). All sows were free of clinical symptoms of puerperal diseases before and at the time of investigations. Up to one day *post-partum*, a continuous increase in temperature of 2.92 °C from 33.39 °C to 36.31 °C was observed for the average surface temperature of the mammary glands. This can be

explained, amongst other reasons by the increasing blood flow of the mammary glands. Subsequently a low-grade increase in average temperature of 0.40 °C to 36.71 °C up to 14 days after farrowing was observed.

The pairwise comparison of the surface temperature of right and left complexes showed no differences. By comparing the complexes at one side of the mammary gland, a nearly linear increase of the skin temperature from cranial to caudal complexes was observed 21 and 7 days *ante-partum*, whereas at all other time points the surface temperature decreased from complex one to complex four and then increased again.

In assessing the udder health at the time of weaning a total of 312 sows were examined at three different farms. In 110 animals, a thermographic examination was performed in addition to the general examination, inspection and palpation. Chronic changes of 13 complexes could be detected in 11 affected sows. There was a decrease in the average surface temperature at these areas of chronic changes of  $1.24\text{ °C} \pm 0.69$  compared to the total skin area of the altered complex ( $p < 0.001$ ). Furthermore, only one sow with acute mastitis could be found in the animals examined on the farms. The diseased complex showed an increased average surface temperature of  $0.81\text{ °C} \pm 0.12$  ( $p = 0.009$ ) compared to healthy complexes of the mammary gland.

Factors possibly influencing the measurement of the surface temperature of the udder like the ambient temperature, the body temperature, moisture and dirt on the mammary glands and superficial changes such as scratches and scabs, must be

noted. The thermographic image should always be assessed taking into consideration visual and palpatory findings. The present results suggest that infrared thermography can be used as a complementary method to conventional test methods for the diagnosis of mastitis. It is not recommended to be used separately.

As in milk samples from healthy sows often a bacterial content can be detected, it was attempted to verify by comparative bacteriological examinations of milk samples and mammary gland biopsies whether a better assessment of the bacteriological status is possible using biopsies. Therefore biopsies and milk samples were taken from the same complex of 25 healthy sows one day *post-partum* and compared. In 96 % of milk samples and in 92 % of biopsies a nonspecific bacterial content with up to five different species could be found. Thus, the biopsy of the mammary gland tissue provides no advantages for the bacteriological diagnosis compared with milk sampling. It is assumed that in the milk as well as in the mammary gland tissue of clinically healthy sows, a bacterial spectrum of ubiquitous germs, mostly *Staphylococci*, *Streptococci* and *Escherichia coli*, is present regularly.

## 8 Literaturverzeichnis

ARAKI, C.T., R.M. NAKAMURA, L.W.G. KAM u. N. CLARKE (1984):

Effect of lactation on diurnal temperature patterns of dairy cattle in hot environments.  
J. dairy Sci. 67, 1752-1760

ARORA, N., D. MARTINS, D. RUGGERIO, E. TOUSIMIS, A.J. SWISTEL, M.P. OSBORNE u. R.M. SIMMONS (2008):

Effectiveness of a noninvasive digital infrared thermal imaging system in the detection of breast cancer.  
Am. J. Surg. 196, 523-526

BACHMANN, K., J. KÖPPLER, H. VERGARA, W. FROSCH u. B.-A. ZUCKER (2007):

Wechselwirkungen zwischen Stallklima und Tiergesundheit.

in: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Stallklima - Tiergesundheit.  
Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 7, Dresden

BAER, C., u. G. BILKEI (2005):

Ultrasonographic and gross pathological findings in the mammary glands of weaned sows having suffered recidiving mastitis metritis agalactia.  
Reprod. Dom. Anim. 40, 544-547

BANTING, A. (1998):

Ultrasonographical examination of the mammary gland in cows with induced *S. aureus* mastitis. A criteria for prognosis and evaluation of therapy.  
Cattle Pract. 6, 121-124

BAUMGARTNER, W. (2014):

Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere.  
8. überarb. Aufl.  
Enke Verlag in MVS Medizinverlage, Stuttgart



BERNER, H. (1984):

Die Bedeutung von Harnwegsinfektionen für die Entstehung der puerperalen Endometritis beim Schwein.

Tierärztl. Umsch. 39, 450-458

BERNHARD, F. (2014):

Handbuch der Technischen Temperaturmessung.

2. Aufl.

Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 1395-1463

BERRY, R.J., A.D. KENNEDY, S.L. SCOTT, B.L. KYLE u. A.L. SCHAEFER (2003):

Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection.

Can. J. Anim. Sci. 83, 687-693

BERTSCHINGER, H.U. (1984):

Neue Aspekte der Pathogenese der puerperalen Mastitis.

Tierärztl. Umsch. 39, 458-461

BERTSCHINGER, H.U. (1999):

Coliform mastitis.

in: B.E. Straw, S. D'Allaire, W.L. Mengeling u. D.J. Taylor (eds.): Diseases of swine. 8th ed.

Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp 457-464

BILKEI, G., A. BÖLCSKEI, Th. GOOS, C. HOFMANN u. O. SZENCI (1994a):

Die Beteiligung von E. coli an puerperalen Urogenitaltraktinfektionen bei Altsauen.

Tierärztl. Umsch. 49, 471-476

BILKEI, G., T. GOOS u. A. BÖLCSKEI (1994b):

Influence of the number of functioning mammary complexes in sows on the litter weight of intensively-reared piglets at four weeks of age.

Prakt. Tierarzt 75, 16-21

BILKEI, G., u. A. HORN (1991):

Beitrag zur Therapie des Metritis-, Mastitis-, Agalaktie (MMA) Komplexes der Schweine.

Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 104, 421-423

BORTZ, J., G.A. LIENERT u. K. BOEHNKE (1990):

Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik.

Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York

BOSTEDT, H., u. A. WEHREND (2014):

Genitaltrakt.

in: A. MORITZ (Hrsg.): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.

7. vollständig überarbeitete u. erweiterte Aufl.

Schattauer GmbH, Stuttgart, S. 488-527

BRAGULLA, H., u. H.E. KÖNIG (2009):

Milchdrüse (Mamma).

in: H.E. König, u. H.-G. Liebich (Hrsg.): Anatomie der Haussäugetiere - Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis.

4. überarb. Aufl.

Verlag Schattauer, Stuttgart, S. 615-622

BÜHL, A., u. P. ZÖFEL (2005):

SPSS 12 – Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows.

9. Aufl.

Pearson Studium, Imprint der Pearson Education Deutschland GmbH

BÜNING, H. (1991):

Robuste und adaptive Tests.

Verlag de Gruyter & Co., Berlin

CHERTKOV, D.D. (1986):

Rearing of suckled piglets.

Zhivotnovodstvo 8, 55-56

CHURCH, J.S., P.R. HEGADOREN, M.J. PAETKAU, C.C. MILLER, G. REGEV-SHOSHANI, A.L. SCHAEFER u. K.S. SCHWARTZKOPF-GENSWEIN (2014):

Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle.

Res. Vet. Sci. 96, 220-226

CLARK, J.A., u. K. CENA (1972):

Die Anwendung von Thermovisions-Techniken bei Tieren.

Dtsch. tierärztl. Wochenschr. 79, 292-296

CLARK, J.A., u. K. CENA (1977):

The potential of infrared thermography in veterinary diagnosis.

Vet. Rec. 100, 402-404

COLAK, A., B. POLAT, Z. OKUMUS, M. KAYA, L.E. YANMAZ u. A. HAYIRLI (2008):

Short communication: early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows.

J. Dairy Sci. 91, 4244-4248; doi:10.3168/jds.2008-1258

CORDEIRO, A.F.S., I.A. NÄÄS u. D.P. NEVES (2012):

The use of thermal images for identifying stress condition in piglets.

in: 9th International Livestock Environment Symposium (ILES IX), Valencia, Spain, 2012, Proc., ILES12-0908, (doi:10.13031/2013.41536)

DAHME, E., u. E. WEISS (1988):

Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere.

4. neu bearb. und erw. Aufl.

Enke Verlag, Stuttgart, S. 305-314

DIAKIDES, M.A., J.D. BRONZINO u. D.R. PETERSON (2013):

Medical infrared imaging - principles and practices.

CRC Press, Boca Raton

DRICKAMER, L.C., T.L. ROSENTHAL u. R.D. ARTHUR (1999):

Factors affecting the number of teats in pigs.

J. Reprod. Fert. 115, 97-100

FAG Sales Europe – Österreich, Zweigniederlassung der FAG Kugelfischer AG, Deutschland, Technischer Service (2004):

IR0: Infrarotmesstechnik - Grundlagen.

FLÖCK, M., u. P. WINTER (2006):

Diagnostic ultrasonography in cattle with diseases of the mammary gland.

Vet. J. 171, 314-321

FRANZ, A. (2007):

Thermographische Untersuchung der gesunden und tumorös veränderten kaninen Mamma.

München, Ludwig-Maximilians-Univ., Tierärztl. Fak., Diss.

FRANZ, S., M. HOFMANN-PARISOT, S. GÜTLER u. W. BAUMGARTNER (2003):

Clinical and ultrasonographic findings in the mammary gland of sheep.

New Zeal. Vet. J. 51, 238-243

GABRIEL, F. (2008):

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

Zürich, Vetsuisse-Fak. Univ. Zürich, Diss.

GERJETS, I., u. N. KEMPER (2009):

Coliform mastitis in sows - A review.

J. Swine Health Prod. 17, 97-105

GERJETS, I., K. REINERS u. N. KEMPER (2009):

Study on the pathogen spectrum and analysis of risk factors for MMA in sows.

In: Sustainable animal husbandry: prevention is better than cure.

14th International Congress of the International Society for Animal Hygiene (ISAH),

Vechta, Germany, Proc. Vol. 1, 65-68

GERJETS, I., I. TRAUlsen, K. REINERS u. N. KEMPER (2011):

Comparison of virulence gene profiles of *Escherichia coli* isolates from sows with coliform mastitis and healthy sows.

Vet. Microbiol. 152, 361-367

GEYER, H. (2015):

Milchdrüse, Mamma.

in: F.-V. Salomon, H. Geyer u. U. Gille (Hrsg.): Anatomie für die Tiermedizin.

3. aktual. und erw. Aufl.

Enke Verlag, Stuttgart, S. 649-659

GHAFIR, Y., T. ART u. P. LEKEUX (1996):

Infrared thermography in the study of thermoregulation in the horse: training effects.

Ann. Med. vet. 140, 131-135

GIANCOLI, D.C. (2006):

Physik.

3. aktual. Aufl.

Pearson Studium, München

GLAS, A. (2008):

Vergleichende Untersuchung klinisch gesunder und mit *Escherichia coli* infizierter Euterviertel von Kühen mittels Infrarotthermographie.

München, Ludwig-Maximilians-Univ., Tierärztl. Fak., Diss.

GLAWISCHNIG, E (1963):

Das puerperale Schweineeuter und seine Veränderungen während der Laktation.

Wien, Tierärztl. Hochsch., Habil.-schr.

GROCH, L. (1986):

Milchdrüse.

in: U. Johannsen, A. Kardeván u. M. Zendulka (Hrsg.): Lehrbuch der speziellen Veterinärpathologie.

1. Aufl.

VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, S. 376-398

GRUNERT, E. (1993):

Die normale Geburt.

in: J. Richter, u. R. Götze (Hrsg.): Tiergeburtshilfe.

4. vollständig neubearb. Aufl.

Verlag Parey, Berlin, Hamburg, S. 83-104

GÜRTLER, H., u. F.J. SCHWEIGERT (2000):

Physiologie der Laktation.

in: W. v. Engelhardt, u. G. Breves (Hrsg.): Physiologie der Haustiere.

Enke Verlag, Stuttgart, S. 572-593

HABERMEHL, K.-H. (1984):

Haut und Hautorgane.

in: R. Nickel, A. Schummer u. E. Seiferle (Hrsg.): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.

Band III, 2. überarb. Aufl., von K.-H. Habermehl, B. Vollmerhaus u. H. Wilkens: Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane

Verlag Parey, Berlin, Hamburg, S. 453-584

HARVEY, R. (2001):

Mastitis, metritis and agalactia.

Pig J. 48, 61-65

HEAD, J.F., u. R.L. ELLIOTT (2002):

Infrared imaging: making progress in fulfilling its medical promise.

IEEE Eng. Med. Biol. Mag. 21, 80-85

HEINRICH, H., K.-H. DAHLEM, M. EDINGER u. J. VOGEL (2001):

Einsatz aktiver Thermographie zur Detektion von Einschlüssen in Baukonstruktionen und im Erdreich.

DGZfP, Thermografie-Kolloquium, Stuttgart

HEINRITZI, K., H.R. GINDELE, G. REINER u. U. SCHNURRBUSCH (2006):

Schweinekrankheiten.

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

HELLENTHAL, W. (1999):

Physik für Mediziner und Biologen.

6. Aufl.

Wiss. Verl.-Ges., Stuttgart

HERBORN, K.A., J.L. GRAVES, P.J. JEREM, N.P.E. EVANS, R. NAGER, D.J. McCAFFERTY u. D.E.F. McKEEGAN (2015):

Skin temperature reveals the intensity of acute stress.

Physiol. Behav. 152, 225-230

HILSBURG, S. (2000):

Aspekte zur klinischen Anwendung der Infrarot-Thermographie in der Zoo- und Wildtiermedizin.

Leipzig, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

HOVINEN, M., J. SIIVONEN, S. TAPONEN, L. HÄNNINEN, M. PASTELL, A.-M. AISLA u. S. PYÖRÄLÄ (2008):

Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera.

J. Dairy Sci. 91, 4592-4598; doi:10.3168/jds.2008-1218

HOY, S. (2006):

The impact of puerperal diseases in sows on their fertility and health up to next farrowing.

Anim. Sci. 82, 701-704

HUBER, C. (2009):

Infrarot-Thermographie in der Instandhaltung der chemischen Industrie.

in: J. Reichel, G. Müller u. J. Mandelartz (Hrsg.): Betriebliche Instandhaltung.

Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 179-193

HULTÉN, F., A. PERSSON, L. ELIASSON-SELLING, E. HELDMER, M. LINDBERG, U. SJÖGREN, C. KUGELBERG u. C.-J. EHLORSSON (2003):

Clinical character, prevalence, influence on sow performance, and assessment of sow-related risk factors for granulomatous mastitis.

Am. J. Vet. Res. 64, 463-469



IBEN, B. (2003):

Das Gesäuge der Sau.

Großtierpraxis 4, 16-22

INFRATEC GmbH, Dresden (2007):

Einführung in Theorie und Praxis der Infrarot-Thermografie - Schulungsunterlagen.

InfraTec GmbH, Dresden

INFRATEC GmbH, Dresden (2012):

Irbis<sup>®</sup> 3 Infrarot-Thermografiesoftware - Benutzerhandbuch.

InfraTec GmbH, Dresden

INFRATEC GmbH, Dresden (2015):

VarioCAM<sup>®</sup> high resolution - Die neue Dimension der Thermografie.

(Produktflyer Wärmebildkamera)

InfraTec GmbH, Dresden

JESSEN, C. (2000):

Wärmebilanz und Temperaturregulation.

in: W. v. Engelhardt, u. G. Breves (Hrsg.): Physiologie der Haustiere.

Enke Verlag, Stuttgart, S. 467-481

JIANG, L.J., E.Y.K. NG, A.C.B. YEO, S. WU, F. PAN, W.Y. YAU, J.H. CHEN u. Y.

YANG (2005):

A perspective on medical infrared imaging.

J. Med. Eng. Technol. 29, 257-267

KEMPER, N., D. BARDEHLE, J. LEHMANN, I. GERJETS, H. LOOFT u. R.

PREIßLER (2013):

The role of bacterial pathogens in coliform mastitis in sows.

Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 126, S. 13-136

KEMPER, N., u. I. GERJETS (2009):

Bacteria in milk from anterior and posterior mammary glands in sows affected and unaffected by postpartum dysgalactia syndrome (PPDS).

Acta Vet. Scand. 51, 26; doi:10.1186/1751-0147-51-26

KEMPER, N., I. GERJETS, S. KRUSE, J. KRIETER, I. DIEHL, C. EWERS, L.H. WIELER u. K. REINERS (2009):

The role of *Escherichia coli* and other pathogens in mastitis in sows.

In: Sustainable animal husbandry: prevention is better than cure.

14th International Congress of the International Society for Animal Hygiene (ISAH), Vechta, Germany, Proc. Vol. 1, 127-130

KIRUBHA, S.P.A., M. ANBURAJAN, B. VENKATARAMAN, R. AKILA, D. SHARATH u. B. RAJ (2012):

Evaluation of mammary cancer in 7,12-Dimethylbenz(a)anthracene-induced Wistar rats by asymmetrical temperature distribution analysis using thermography: a comparison with serum CEA levels and histopathology.

J. Biomed. and Biotechnol., 1-11; doi:10.1155/2012/786417

KLOPFENSTEIN, C., C. FARMER u. G.P. MARTINEAU (2006):

Diseases of the mammary glands.

in: B.E. Straw, J.J. Zimmermann, S. D'Allaire u. D.J. Taylor (eds.): Diseases of swine. 9th ed.

Blackwell Publishing, Ames, Iowa, pp 57-85

KONTOS, M., R. WILSON u. I. FENTIMAN (2011):

Digital infrared thermal imaging (DITI) of breast lesions: sensitivity and specificity of detection of primary breast cancers.

Clin. Radiol. 66, 536-539

KUHL, C.K., S. SCHRADING, C.C. LEUTNER, N. MORAKKABATI-SPITZ, E. WARDELMANN, R. FIMMERS, W. KUHN u. H.H. SCHILD (2005):

Mammography, breast ultrasound, and magnetic resonance imaging for surveillance of women at high familial risk for breast cancer.

J. Clin. Oncol. 23, 8469-8476

LIEBICH, H.-G., S. REESE u. K.-D. BUDRAS (2010):

Modifikationen der Haut.

in: H.-G. Liebich (Hrsg.): Funktionelle Histologie der Haussäugetiere und Vögel - Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis.

5. Aufl.

Verlag Schattauer, Stuttgart, S. 358-366

De LIMA, V., M. PILES, O. RAFEL, M. LÓPEZ-BÉJAR, J. RAMÓN, A. VELARDE u. A. DALMAU (2013):

Use of infrared thermography to assess the influence of high environmental temperature on rabbits.

Res. Vet. Sci. 95 (2), 802-810

LOEFFLER, K., u. G. GÄBEL (2015):

Anatomie und Physiologie der Haustiere.

14. vollständig überarb. Aufl.

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

LOUGHMILLER, J.A., M.F. SPIRE, S.S. DRITZ, B.W. FENWICK, M.H. HOSNI u. S.B. HOGGE (2001):

Relationship between mean body surface temperature measured by use of infrared thermography and ambient temperature in clinically normal pigs and pigs inoculated with *Actinobacillus pleuropneumoniae*.

Am. J. Vet. Res. 62, 676-681

MAGNUSSON, U. (1999):

Longitudinal study of lymphocyte subsets and major histocompatibility complex class II expressing cells in mammary glands of sows.

Am. J. Vet. Res. 60, 546-548

MARTINEAU, G.-P., C. FARMER u. O. PELTONIEMI (2012):

Mammary System.

in: J.J. Zimmermann, L.A. Karriker, A. Ramirez, K.J. Schwartz u. G.W. Stevenson (eds.): Diseases of swine.

10th ed.

Wiley-Blackwell, West Sussex, pp 270-293

MARTINS, R.F.S., T. do PRADO PAIM, C. de ABREU CARDOSO, B.S.L. DALLAGO, C.B. de MELO, H. LOUVANDINI u. C. McMANUS (2013):

Mastitis detection in sheep by infrared thermography.

Res. Vet. Sci. 94, 722-724

MENRATH, A., I. GERJETS, K. REINERS u. N. KEMPER (2010):

Bacterial pathogens present in the milk of healthy sows and sows with PDS (postpartum dysgalactia syndrome): detailed analysis of isolated *Aerococcus spp.*

in: 21th Int. Pig Vet. Soc. Congr., Vancouver, Canada 2010, Proc. 2, p. 1186

MENZEL, A. (2014):

Die Eignung von Infrarotthermographie zur Diagnostik von Lungenerkrankungen bei Schweinen.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

MENZEL, A., C. SIEWERT, H. GASSE, H. SEIFERT, D. HOELTIG u. I. HENNIG-PAUKA (2015):

Infrared thermography of the pig thorax: an assessment of selected regions of interest by computed tomographical and anatomical parameters.

Anat. Histol. Embryol. 44, 107-117

METZNER, M., C. SAUTER-LOUIS, A. SEEMUELLER, W. PETZL u. W. KLEE (2014):

Infrared thermography of the udder surface of dairy cattle: characteristics, methods, and correlation with rectal temperature.

Vet. J. 199, 57-62

METZNER, M., C. SAUTER-LOUIS, A. SEEMUELLER, W. PETZL u. H. ZERBE (2015):

Infrared thermography of the udder after experimentally induced *Escherichia coli* mastitis in cows.

Vet. J. 204, 360-362

MICHEL, G. (1995):

Vergleichende Embryologie der Haustiere.

Gustav Fischer Verlag, Jena

MORKOC, A., L. BÄCKSTRÖM, L. LUND u. A.R. SMITH (1983):

Bacterial endotoxin in blood of dysgalactic sows in relation to microbial status of uterus, milk, and intestine.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 183, 786

MORNET, P., J. TOURNUT u. B. TOMA (1989):

Das Schwein und seine Krankheiten.

Schober Verlags-GmbH, Hengersberg

MOSIMANN, W., u. T. KOHLER (1990):

Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie der Haussäugetiere.

Verlag Parey, Berlin, Hamburg

NÄÄS, I.A., R.G. GARCIA u. F.R. CALDARA (2014):

Infrared thermal image for assessing animal health and welfare.

J. Anim. Behav. Biometeorol., v.2, n.3, 66-72

NIKKHAH, A., J.C. PLAIZIER, M.S. EINARSON, R.J. BERRY, S.L. SCOTT u. A.D. KENNEDY (2005):

Short communication: infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation.

J. Dairy Sci. 88, 2749-2753

PERSSON, A. (1997):

Mastitis in sows - clinical, bacteriological and cytological examinations in assessing udder health during early lactation and at weaning.

Uppsala, Swedish Univ. Agric. Sci., Diss.

PLONAIT, H. (2004a):

Hautkrankheiten und Hautveränderungen.

in: K.-H. Waldmann, u. M. Wendt (Hrsg.): Lehrbuch der Schweinekrankheiten.

4. Aufl.

Parey Verlag, Stuttgart, S. 61-91

PLONAIT, H. (2004b):

Geburt, Puerperium und perinatale Verluste.

in: K.-H. Waldmann, u. M. Wendt (Hrsg.): Lehrbuch der Schweinekrankheiten.

4. Aufl.

Parey Verlag, Stuttgart, S. 471-512

PLONAIT, H. (2004c):

Erkrankungen des Gesäuges.

in: K.-H. Waldmann, u. M. Wendt (Hrsg.): Lehrbuch der Schweinekrankheiten.

4. Aufl.

Parey Verlag, Stuttgart, S. 513-524

POLAT, B., A. COLAK, M. CENGIZ, L.E. YANMAZ, H. ORAL, A. BASTAN, S. KAYA u. A. HAYIRLI (2010):

Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows.

J. Dairy Sci. 93, 3525-3532; doi: 10.3168/jds.2009-2807

PREISLER, R., u. N. KEMPER (2009):

Bacteriological analysis of the skin flora on sows' mammary glands.

in: Sustainable animal husbandry: prevention is better than cure.

14th International Congress of the International Society for Animal Hygiene (ISAH), Vechta, Germany, Proc. Vol. 1, 259-262

PUROHIT, R.C., M.D. MCCOY u. W.A. BERGFELD (1980):

Thermographic diagnosis of Horner's syndrome in the horse.

Am. J. Vet. Res. 41, 1180-1182

PUSTAL, A.J. (2014):

Beifütterung von Ferkelmilch in der Abferkelbucht: Einflüsse auf die Leistung und Gesundheit von Sauen und ihren Ferkeln.

Leipzig, Univ. Leipzig, Vet. med. Fak., Diss.

REDAELLI, V., D. BERGERO, E. ZUCCA, F. FERRUCCI, L.N. COSTA, L. CROSTA u. F. LUZI (2014):

Use of thermography techniques in equines: principles and applications.

J. Equine Vet. Sci. 34, 345-350

REINER, G. (2015):

Krankes Schwein - kranker Bestand.

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

RING, E.F.J., A.J. COLLINS, P.A. BACON u. J.A. COSH (1974):

Quantitation of thermography in arthritis using multi-isothermal analysis

II. effect of nonsteroidal anti-inflammatory therapy on the thermographic index.

Ann. rheum. Dis. 33, 353

RÖHLINGER, P., C.H. GRUNOW, A. REICHMANN u. M. ZIMMERHACKEL (1979):

Voruntersuchungen zur Ermittlung der Anwendungsgebiete der Infrarotmesstechnik in der Veterinärmedizin.

Monatsh. Vet.-Med. 34, 287-291

ROSS, R.F., A.P. ORNING, R.D. WOODS, B.J. ZIMMERMANN, D.F. COX u. D.L. HARRIS (1981):

Bacteriologic study of sow agalactia.

Am. J. Vet. Res. 42, 949-955

ROTT, F. (2004):

Ein Beitrag zum peripartalen Metritis-Mastitis-Komplex der Zuchtsau und sein Einfluss auf die Milchleistung und Ferkelgesundheit.

Tierärztl. Umsch. 59, 345-350

SCHAEFER, A.L., N. COOK, S.V. TESSARO, D. DEREGT, G. DESROCHES, P.L. DUBESKI, A.K.W. TONG u. D.L. GODSON (2004):

Early detection and prediction of infection using infrared thermography.

Can. J. Anim. Sci. 84, 73-80

SCHAEFER, A.L., N.J. COOK, C. BENCH, J.B. CHABOT, J. COLYN, T. LIU, E.K. OKINE, M. STEWART u. J.R. WEBSTER (2012):

The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography.

Res. Vet. Sci. 93, 928-935



SCHIAVENATO, M., u. G. THIELE (2012):

Thermography detects subclinical inflammation in chronic tophaceous gout.

J. Rheumatol. 39, 182-183

SCHMIDT-LINDNER (1965):

Untersuchungen über den Zellgehalt der Schweinemilch bei normaler und gestörter Laktation.

München, Univ. Tierärztl. Fak., Diss.

SCHNORR, B., u. M. KRESSIN (2011):

Embryologie der Haustiere.

6. aktualisierte Aufl.

Enke Verlag, Stuttgart

SCHULZE, W., K. BICKHARDT, W. BOLLWAHN, G. v. MICKWITZ u. H. PLONAIT (1980):

Klinik der Schweinekrankheiten.

Verlag Schaper, Hannover

SHADA, A.L., L.T. DENGEL, G.R. PETRONI, M.E. SMOLKIN, S. ACTON u. C.L. SLINGLUFF JR (2013):

Infrared thermography of cutaneous melanoma metastases.

J. surgical Res. 182, E9-E14

SILBERNAGEL, S., u. A. DESPOPOULOS (2001):

Taschenatlas der Physiologie.

5. kompl. überarb. und neu gestaltete Aufl.

Georg Thieme Verlag, Stuttgart

SINOWATZ, F. (1998):

Haut (Integument) und Anhangsorgane.

in: I. Rüsse, u. F. Sinowatz (Hrsg.): Lehrbuch der Embryologie der Haustiere.

2. unveränderte Aufl.

Verlag Parey, Berlin, S. 403-406

SMITH, W.M. (1964):

Applications of thermography in veterinary medicine.

Annals New York Academy Sci. 121, 248-254

SMOLLICH, A. (1992):

Milchdrüse.

in: A. SMOLLICH, u. G. MICHEL (Hrsg.): Mikroskopische Anatomie der Haustiere.

2. überarb. Aufl.

Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, S. 336-354

SOERENSEN, D.D., u. L.J. PEDERSEN (2015):

Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review.

Acta Veterinaria Scandinavica 57; DOI 10.1186/s13028-015-0094-2

SPIEGEL, S. (2016):

Vergleichende ultrasonographische und histopathologische Untersuchungen am gesunden sowie durch Mastitis veränderten Gesäuge beim Schwein.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss. (im Druck)

STEWART, M., J.R. WEBSTER, A.L. SCHAEFER, N.J. COOK u. S.L. SCOTT (2005):

Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare.

Anim. Welfare 14, 319-325

TRASCH, K. (2006):

Untersuchungen zur sonographischen Darstellung des caninen Gesäuges unter besonderer Berücksichtigung entzündungsassoziierter Veränderungen.

Gießen, Justus-Liebig-Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

TRASCH, K., A. WEHREND u. H. BOSTEDT (2007):

Ultrasonographic description of canine mastitis.

Vet. Radiol. Ultrasound 48, 580-584

TRAULSEN, I., K. NAUNIN, K. MÜLLER u. J. KRIETER (2010):

Untersuchungen zum Einsatz der Infrarotthermographie zur Messung der Körpertemperatur bei Sauen.

Züchtungskunde 82, 437-446

TRAVAIN, T., E.S. COLOMBO, E. HEINZL, D. BELLUCCI, E.P. PREVIDE u. P. VALSECCHI (2015):

Hot dogs: thermography in the assessment of stress in dogs (*canis familiaris*) - a pilot study.

J. Vet. Behav. 10, 17-23

TROTTIER, N.L., C.F. SHIPLEY u. R.A. EASTER (1995):

A technique for the venous cannulation of the mammary gland in the lactating sow.

J. Anim. Sci. 73, 1390-1395

TURNER, T. (1993):

Thermography in lameness diagnosis.

Equine Vet. Data 14, 206-207

VARADIN, M., u. M. FILIPOVIC (1975):

Klinisches Bild der Milchdrüse bei Sauen und einige Besonderheiten ihres Sekretes.

Zuchthygiene 10, 109-118

WALDSMITH, J.K., u. J.I. OITMANN (1994):

Thermography: sub-clinical inflammation, diagnosis, rehabilitation and athletic evaluation.

J. Equine Vet. Sci. 14, 8-10

WARNER, E., D.B. PLEWES, R.S. SHUMAK, G.C. CATZAVELOS, L.S. Di PROSPERO, M.J. YAFFE, V. GOEL, E. RAMSAY, P.L. CHART, D.E.C. COLE, G.A. TAYLOR, M. CUTRARA, T.H. SAMUELS, J.P. MURPHY, J.M. MURPHY u. S.A. NAROD (2001):

Comparison of breast magnetic resonance imaging, mammography, and ultrasound for surveillance of women at high risk for hereditary breast cancer.

J. Clin. Oncol. 19, 3524-3531

WENDT, K., u. W. HAIDER (1994):

Gesäugekrankheiten des Schweines.

in: K. Wendt, H. Bostedt, H. Mielke u. H.-W. Fuchs (Hrsg.): Euter- und Gesäugekrankheiten.

Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, S. 453-480

WENDT, K., K.-H. LOTTHAMMER, K. FEHLINGS u. M. SPOHR (1998):

Handbuch Mastitis.

Kamlage Verlag, Osnabrück

WENDT, M. (2008):

Pathogene Bakterien im Harntrakt - Wo liegen die Unterschiede?

Großtierpraxis 9, 54-74

WENDT, M., K. EICKHOFF u. R. KOCH (1997):

Die Messung der Hauttemperatur als Methode zur Erkennung fieberhaft erkrankter Schweine.

Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 104, 29-33

WENDT, M., u. J. VERSPOHL (2010):

Urinary tract infections in sow herds with and without frequent puerperal diseases.

in: 21th Int. Pig Vet. Soc. Congr., Vancouver, Canada 2010, Proc. II, p. 1115

WESTEBBE, P.H. (2004):

Untersuchungen an Kunst- und Kulturgut mittels der Infrarot-Thermografie – Eine zerstörungsfreie Analysemethode.

München, Tech. Univ. München, Dipl.-Arb.

WESTIN, R., u. A. RYDBERG (2010):

Thermal imaging for early detection of shoulder lesion development in sows.

In: Int. Conf. Ag. Eng.: towards environmental technologies, Clermont-Ferrand, France, 2010, Cemagref, 034

WEYRAUCH, K.D., u. A. SMOLLICH (1998):

Histologie-Kurs für Veterinärmediziner.

Enke Verlag, Stuttgart

WINTER, P. (2009):

Praktischer Leitfaden Mastitis - Vorgehen beim Einzeltier und im Bestand.

Parey in MVS Medizinverlage, Stuttgart

ZAPROUDINA, N., V. VARMAVUO, O. AIRAKSINEN u. M. NÄRHI (2008):

Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals.

Physiol. Meas. 29, 515-524

## 9 Anhang

### Protokoll: Ultraschall Sauen

Datum \_\_\_\_\_ Ort \_\_\_\_\_ Zeit von \_\_\_\_\_ Uhr bis \_\_\_\_\_ Uhr

#### Tierdaten

Stall/Box \_\_\_\_\_ Ohrmarke \_\_\_\_\_ F-Nr. \_\_\_\_\_ Ferkelanzahl \_\_\_\_\_  
 Alter \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_ Jahre) Gewicht \_\_\_\_\_ kg Laktationen \_\_\_\_\_  
 Erstuntersuchung  Folgeuntersuchungen 1.  2.  3.  4.  5.

#### Stallparameter

Stalltemperatur \_\_\_\_\_ °C Luftfeuchtigkeit \_\_\_\_\_ % Luftgeschwindigkeit \_\_\_\_\_ m/s

#### Lüftung

Unterflurlüftung  Türganglüftung  Porendecke/-platte   
 Rieselkanallüftung  freie Lüftung  Sonstiges  \_\_\_\_\_

#### Bodenbeschaffenheit

Einstreu  Stroh  Gummimatte  Stein  Spaltenboden  Rost

#### Boxeneinrichtung

Gitter  Wärmelampe  Heizung  Ferkelbucht  Futterspender  sonstiges

#### Raumskizze / Foto

Stall  \_\_\_\_\_ Box  \_\_\_\_\_ Tier  \_\_\_\_\_

#### Allgemeinuntersuchung

Temperatur unmittelbar am Tier auf Tierhöhe  \_\_\_\_\_ °C

#### Verhalten/Lage

frisst / trinkt  frisst / trinkt nicht

stehend  liegend

ruhig  unruhig

Wärmequelle ausgeschaltet  Wärmequelle nicht ausgeschaltet

zur Wärmequelle gewandt  nicht zur Wärmequelle gewandt

#### Vitalparameter

Atemfrequenz \_\_\_\_\_ Züge/Min

Herzfrequenz \_\_\_\_\_ Schläge/Min

Rektaltemperatur \_\_\_\_\_ °C

**Spezielle Untersuchung**

<u>Adspektion / Palpation Gesäuge</u>		
sauber <input type="checkbox"/> verdreht <input type="checkbox"/> trocken <input type="checkbox"/> feucht <input type="checkbox"/>		
UV/Rötung <u>Legende</u> Temperatur      Schmerzhaftigkeit nicht vorhanden [0]      normal [0]      nicht schmerzhaft [0] ggr. Ausgeprägt [1]      vermehrt warm [1]      ggr. Schmerzhaft [1] hgr. ausgeprägt [2]      heiß [2]      hgr. Schmerzhaft [2]		
Komplex	rechte Seite	linke Seite
1	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]
2	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]
3	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]
4	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]
5	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]
6	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]
7	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]
8	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]	angebildet: ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Umfangsvermehrung: [0] [1] [2] Rötung: [0] [1] [2] Temperatur: [0] [1] [2] Schmerzhaftigkeit: [0] [1] [2]
Besonderheiten (verschieblich, derb, etc.)		

**Thermographie**

re lateral (90° zur Flanke)	<input type="checkbox"/>	_____
li lateral (90° zur Flanke)	<input type="checkbox"/>	_____

**Probenentnahme**

Blut	<input type="checkbox"/>
Milchprobe / Gewebebiopsie	<input type="checkbox"/>

Legende Milchprobe / Gewebebiopsie

Komplex	1	2	3	4	5	6	7	8
re	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>
	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>
li	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>
	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/>

**Prognose des Landwirtes in Bezug auf die weitere Zuchttauglichkeit**

zuchttauglich <input type="checkbox"/> zur Schlachtung <input type="checkbox"/>
---

**Abbildung 9.1:** Untersuchungsprotokoll der klinischen, der thermographischen sowie der bakteriologischen Untersuchungen



**Tabelle 9.1a:** Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 21 Tage *ante partum*

Untersuchung 21 Tage <i>ante partum</i>						
Ohrmarkennummer	Geburtsdatum	Altersgruppe	Rektaltemperatur [°C]	Atemfrequenz/min	Herzfrequenz/min	Umgebungstemperatur [°C]
50	22.11.2012	1. Lakt.	38,2	24	120	20,6
51	02.11.2012	1. Lakt.	38,0	20	112	20,6
53	23.11.2012	1. Lakt.	38,5	24	116	20,6
54	23.11.2012	1. Lakt.	38,1	20	104	20,6
55	14.12.2012	1. Lakt.	37,8	24	92	18,7
56	14.12.2012	1. Lakt.	38,6	24	140	18,7
57	15.12.2012	1. Lakt.	37,2	20	128	19,1
59	14.12.2012	1. Lakt.	38,2	28	120	18,7
60	16.12.2012	1. Lakt.	37,6	24	120	19,1
64	15.02.2013	1. Lakt.	38,4	32	116	18,9
65	15.02.2013	1. Lakt.	38,3	36	108	18,5
66	14.02.2013	1. Lakt.	37,9	24	96	18,5
67	30.03.2013	1. Lakt.	38,1	24	112	18,5
68	30.03.2013	1. Lakt.	38,5	32	104	18,5
69	29.03.2013	1. Lakt.	37,3	28	145	18,5
70	02.04.2013	1. Lakt.	37,9	36	112	18,8
71	30.03.2013	1. Lakt.	37,7	28	124	18,5
36	20.07.2012	2./3. Lakt.	38,0	20	108	18,7
40	10.08.2012	2./3. Lakt.	38,4	20	132	18,4
43	13.10.2012	2./3. Lakt.	38,0	28	124	19,6
44	12.10.2012	2./3. Lakt.	37,0	36	108	17,8
50	22.11.2012	2./3. Lakt.	37,7	36	104	20,3
52	31.10.2012	2./3. Lakt.	38,7	28	120	19,1
53	23.11.2012	2./3. Lakt.	38,2	24	116	19,3
54	23.11.2012	2./3. Lakt.	38,2	32	108	20,3
58	16.12.2012	2./3. Lakt.	38,1	52	120	21,9
60	16.12.2012	2./3. Lakt.	38,4	36	112	20,3
72	30.03.2013	2./3. Lakt.	37,6	32	96	16,2
76	11.05.2013	2./3. Lakt.	38,3	40	116	20,2
80	19.06.2013	2./3. Lakt.	37,7	32	112	19,3
81	19.06.2013	2./3. Lakt.	37,9	44	124	20,2
82	21.06.2013	2./3. Lakt.	38,5	36	120	20,1
4	08.07.2010	>3. Lakt.	38,0	32	120	19,5
14	14.10.2010	>3. Lakt.	37,4	32	112	19,6
23	29.09.2011	>3. Lakt.	38,6	32	112	19,4

**Tabelle 9.1b:** Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 7 Tage *ante partum*

Untersuchung 7 Tage <i>ante partum</i>						
Ohrmarkennummer	Geburtsdatum	Altersgruppe	Rektaltemperatur [°C]	Atemfrequenz/min	Herzfrequenz/min	Umgebungstemperatur [°C]
50	22.11.2012	1. Lakt.	37,9	20	128	18,7
51	02.11.2012	1. Lakt.	38,2	24	128	18,7
53	23.11.2012	1. Lakt.	38,1	20	112	18,7
54	23.11.2012	1. Lakt.	37,9	24	136	18,7
55	14.12.2012	1. Lakt.	38,5	24	128	19,1
56	14.12.2012	1. Lakt.	38,1	24	140	19,1
57	15.12.2012	1. Lakt.	38,6	32	136	19,5
59	14.12.2012	1. Lakt.	38,4	28	148	19,1
60	16.12.2012	1. Lakt.	38,0	28	142	19,5
64	15.02.2013	1. Lakt.	38,6	28	128	18,5
65	15.02.2013	1. Lakt.	38,0	28	128	18,5
66	14.02.2013	1. Lakt.	38,0	24	108	18,5
67	30.03.2013	1. Lakt.	38,1	40	112	20,8
68	30.03.2013	1. Lakt.	38,6	44	132	20,8
69	29.03.2013	1. Lakt.	38,1	32	120	20,0
70	02.04.2013	1. Lakt.	38,0	28	132	19,2
71	30.03.2013	1. Lakt.	38,2	40	96	20,8
36	20.07.2012	2./3. Lakt.	38,1	24	128	18,7
40	10.08.2012	2./3. Lakt.	37,8	24	108	19,5
43	13.10.2012	2./3. Lakt.	38,0	40	112	19,2
44	12.10.2012	2./3. Lakt.	37,7	28	140	19,6
50	22.11.2012	2./3. Lakt.	37,9	36	132	19,6
52	31.10.2012	2./3. Lakt.	38,7	28	128	17,5
53	23.11.2012	2./3. Lakt.	37,0	20	96	17,3
54	23.11.2012	2./3. Lakt.	38,1	36	136	19,6
58	16.12.2012	2./3. Lakt.	38,9	32	124	21,1
60	16.12.2012	2./3. Lakt.	38,5	32	112	20,1
72	30.03.2013	2./3. Lakt.	37,2	32	108	19,7
76	11.05.2013	2./3. Lakt.	38,3	44	124	20,3
80	19.06.2013	2./3. Lakt.	38,1	32	128	17,5
81	19.06.2013	2./3. Lakt.	38,0	32	156	20,3
82	21.06.2013	2./3. Lakt.	37,9	28	120	17,7
4	08.07.2010	>3. Lakt.	37,9	36	112	17,8
14	14.10.2010	>3. Lakt.	37,0	28	116	19,4
23	29.09.2011	>3. Lakt.	38,1	32	124	25,3

**Tabelle 9.1c:** Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 1 Tag *ante partum*; (n.d. = nicht durchgeführt)

Untersuchung 1 Tag <i>ante partum</i>						
Ohrmarkennummer	Geburtsdatum	Altersgruppe	Rektaltemperatur [°C]	Atemfrequenz/min	Herzfrequenz/min	Umgebungstemperatur [°C]
50	22.11.2012	1. Lakt.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
51	02.11.2012	1. Lakt.	38,2	52	88	19,8
53	23.11.2012	1. Lakt.	37,7	20	60	19,6
54	23.11.2012	1. Lakt.	37,7	28	152	19,8
55	14.12.2012	1. Lakt.	37,5	48	136	19,5
56	14.12.2012	1. Lakt.	38,2	40	144	19,3
57	15.12.2012	1. Lakt.	38,6	40	112	19,8
59	14.12.2012	1. Lakt.	38,2	52	128	18,9
60	16.12.2012	1. Lakt.	37,5	68	108	20,0
64	15.02.2013	1. Lakt.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
65	15.02.2013	1. Lakt.	37,4	44	108	18,1
66	14.02.2013	1. Lakt.	37,8	24	108	18,2
67	30.03.2013	1. Lakt.	38,4	32	124	17,8
68	30.03.2013	1. Lakt.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
69	29.03.2013	1. Lakt.	38,5	40	148	17,7
70	02.04.2013	1. Lakt.	37,8	48	128	18,4
71	30.03.2013	1. Lakt.	38,1	24	128	17,8
36	20.07.2012	2./3. Lakt.	37,9	20	120	19,1
40	10.08.2012	2./3. Lakt.	38,5	32	140	19,4
43	13.10.2012	2./3. Lakt.	38,0	28	160	18,0
44	12.10.2012	2./3. Lakt.	37,7	32	128	17,8
50	22.11.2012	2./3. Lakt.	37,8	28	104	20,0
52	31.10.2012	2./3. Lakt.	37,9	32	96	19,8
53	23.11.2012	2./3. Lakt.	38,1	36	96	21,8
54	23.11.2012	2./3. Lakt.	38,1	36	160	20,1
58	16.12.2012	2./3. Lakt.	38,6	44	136	21,0
60	16.12.2012	2./3. Lakt.	37,0	28	92	17,6
72	30.03.2013	2./3. Lakt.	37,8	36	116	21,5
76	11.05.2013	2./3. Lakt.	37,6	32	108	20,2
80	19.06.2013	2./3. Lakt.	38,4	40	132	18,1
81	19.06.2013	2./3. Lakt.	37,7	24	124	20,1
82	21.06.2013	2./3. Lakt.	38,4	32	124	19,7
4	08.07.2010	>3. Lakt.	38,0	28	120	17,6
14	14.10.2010	>3. Lakt.	38,0	32	120	19,7
23	29.09.2011	>3. Lakt.	37,2	36	108	19,2

**Tabelle 9.1d:** Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 1 Tag *post partum*

Untersuchung 1 Tag <i>post partum</i>						
Ohrmarkennummer	Geburtsdatum	Altersgruppe	Rektaltemperatur [°C]	Atemfrequenz/min	Herzfrequenz/min	Umgebungstemperatur [°C]
50	22.11.2012	1. Lakt.	38,1	40	104	22,5
51	02.11.2012	1. Lakt.	38,8	40	128	19,4
53	23.11.2012	1. Lakt.	38,7	32	112	20,2
54	23.11.2012	1. Lakt.	38,7	28	140	19,7
55	14.12.2012	1. Lakt.	39,1	24	108	18,9
56	14.12.2012	1. Lakt.	39,5	76	76	18,3
57	15.12.2012	1. Lakt.	39,1	64	112	19,3
59	14.12.2012	1. Lakt.	39,1	36	116	18,0
60	16.12.2012	1. Lakt.	38,6	24	92	18,9
64	15.02.2013	1. Lakt.	38,4	28	88	19,1
65	15.02.2013	1. Lakt.	37,9	32	104	18,5
66	14.02.2013	1. Lakt.	39,1	32	96	20,5
67	30.03.2013	1. Lakt.	38,7	28	104	26,6
68	30.03.2013	1. Lakt.	39,4	36	144	18,6
69	29.03.2013	1. Lakt.	38,0	28	108	20,6
70	02.04.2013	1. Lakt.	38,3	36	104	19,7
71	30.03.2013	1. Lakt.	38,5	32	180	17,7
36	20.07.2012	2./3. Lakt.	38,3	40	88	18,9
40	10.08.2012	2./3. Lakt.	38,6	36	100	19,2
43	13.10.2012	2./3. Lakt.	37,3	48	128	16,3
44	12.10.2012	2./3. Lakt.	37,8	44	100	20,3
50	22.11.2012	2./3. Lakt.	38,4	28	92	19,5
52	31.10.2012	2./3. Lakt.	39,1	32	96	20,0
53	23.11.2012	2./3. Lakt.	37,8	56	88	20,8
54	23.11.2012	2./3. Lakt.	38,9	32	92	19,8
58	16.12.2012	2./3. Lakt.	38,9	32	116	23,5
60	16.12.2012	2./3. Lakt.	38,4	28	104	19,8
72	30.03.2013	2./3. Lakt.	37,8	32	104	18,6
76	11.05.2013	2./3. Lakt.	39,1	24	92	20,3
80	19.06.2013	2./3. Lakt.	39,6	32	112	17,9
81	19.06.2013	2./3. Lakt.	38,6	40	96	20,3
82	21.06.2013	2./3. Lakt.	38,1	36	116	20,1
4	08.07.2010	>3. Lakt.	37,8	32	116	18,7
14	14.10.2010	>3. Lakt.	38,4	28	100	18,1
23	29.09.2011	>3. Lakt.	38,2	32	102	18,9

**Tabelle 9.1e:** Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 3-4 Tage *post partum*

Untersuchung 3-4 Tage <i>post partum</i>						
Ohrmarkennummer	Geburtsdatum	Altersgruppe	Rektaltemperatur [°C]	Atemfrequenz/min	Herzfrequenz/min	Umgebungstemperatur [°C]
50	22.11.2012	1. Lakt.	39,0	32	152	20,1
51	02.11.2012	1. Lakt.	38,2	54	164	18,4
53	23.11.2012	1. Lakt.	39,1	36	144	19,4
54	23.11.2012	1. Lakt.	37,9	40	88	18,1
55	14.12.2012	1. Lakt.	39,4	64	124	19,9
56	14.12.2012	1. Lakt.	38,9	36	148	20,0
57	15.12.2012	1. Lakt.	39,7	96	112	19,0
59	14.12.2012	1. Lakt.	39,2	40	148	19,1
60	16.12.2012	1. Lakt.	39,1	60	132	19,1
64	15.02.2013	1. Lakt.	39,2	24	104	18,5
65	15.02.2013	1. Lakt.	38,0	24	120	20,0
66	14.02.2013	1. Lakt.	39,1	48	116	19,9
67	30.03.2013	1. Lakt.	39,3	32	104	20,3
68	30.03.2013	1. Lakt.	39,2	48	140	20,0
69	29.03.2013	1. Lakt.	38,5	28	116	21,1
70	02.04.2013	1. Lakt.	38,5	44	104	18,5
71	30.03.2013	1. Lakt.	38,2	32	140	19,8
36	20.07.2012	2./3. Lakt.	37,1	32	104	17,6
40	10.08.2012	2./3. Lakt.	38,6	24	104	18,4
43	13.10.2012	2./3. Lakt.	38,6	24	140	17,6
44	12.10.2012	2./3. Lakt.	38,5	28	84	18,9
50	22.11.2012	2./3. Lakt.	38,8	32	100	19,8
52	31.10.2012	2./3. Lakt.	38,2	48	92	19,7
53	23.11.2012	2./3. Lakt.	38,4	44	116	23,9
54	23.11.2012	2./3. Lakt.	39,0	24	148	19,7
58	16.12.2012	2./3. Lakt.	39,2	40	120	21,4
60	16.12.2012	2./3. Lakt.	37,9	20	88	20,9
72	30.03.2013	2./3. Lakt.	38,0	28	80	18,9
76	11.05.2013	2./3. Lakt.	38,3	28	80	20,7
80	19.06.2013	2./3. Lakt.	39,3	36	112	17,0
81	19.06.2013	2./3. Lakt.	38,5	40	100	20,5
82	21.06.2013	2./3. Lakt.	38,3	52	104	21,6
4	08.07.2010	>3. Lakt.	38,3	32	116	19,0
14	14.10.2010	>3. Lakt.	38,9	36	108	18,7
23	29.09.2011	>3. Lakt.	38,5	28	84	19,2

**Tabelle 9.1f:** Rohdaten für die Verlaufsuntersuchung vor und während der Laktation; Parameter für Allgemeinuntersuchung sowie Stallparameter bei 35 Tieren 14 Tage *post partum*

Untersuchung 14 Tage <i>post partum</i>						
Ohrmarkennummer	Geburtsdatum	Altersgruppe	Rektaltemperatur [°C]	Atemfrequenz/min	Herzfrequenz/min	Umgebungstemperatur [°C]
50	22.11.2012	1. Lakt.	39,3	48	132	18,6
51	02.11.2012	1. Lakt.	38,8	28	124	18,9
53	23.11.2012	1. Lakt.	39,2	24	148	18,9
54	23.11.2012	1. Lakt.	40,4	40	128	19,1
55	14.12.2012	1. Lakt.	38,8	32	120	17,5
56	14.12.2012	1. Lakt.	38,9	64	116	18,6
57	15.12.2012	1. Lakt.	39,4	32	124	18,3
59	14.12.2012	1. Lakt.	39,2	48	156	18,0
60	16.12.2012	1. Lakt.	38,7	40	124	18,0
64	15.02.2013	1. Lakt.	39,7	32	112	19,4
65	15.02.2013	1. Lakt.	37,8	32	132	18,7
66	14.02.2013	1. Lakt.	38,6	56	112	18,1
67	30.03.2013	1. Lakt.	39,0	32	104	20,0
68	30.03.2013	1. Lakt.	39,2	32	108	19,5
69	29.03.2013	1. Lakt.	38,4	36	104	19,6
70	02.04.2013	1. Lakt.	39,3	72	140	24,1
71	30.03.2013	1. Lakt.	39,0	44	80	20,2
36	20.07.2012	2./3. Lakt.	38,8	32	168	16,3
40	10.08.2012	2./3. Lakt.	38,6	36	128	19,1
43	13.10.2012	2./3. Lakt.	38,4	64	140	20,0
44	12.10.2012	2./3. Lakt.	37,9	32	96	17,7
50	22.11.2012	2./3. Lakt.	38,3	48	104	20,5
52	31.10.2012	2./3. Lakt.	38,1	42	88	18,0
53	23.11.2012	2./3. Lakt.	38,5	32	112	18,8
54	23.11.2012	2./3. Lakt.	38,5	48	152	21,1
58	16.12.2012	2./3. Lakt.	39,3	24	104	24,8
60	16.12.2012	2./3. Lakt.	38,5	28	100	18,7
72	30.03.2013	2./3. Lakt.	37,4	32	96	19,4
76	11.05.2013	2./3. Lakt.	38,1	28	88	20,3
80	19.06.2013	2./3. Lakt.	38,5	32	112	18,0
81	19.06.2013	2./3. Lakt.	38,4	32	96	20,0
82	21.06.2013	2./3. Lakt.	38,8	20	96	19,6
4	08.07.2010	>3. Lakt.	37,8	32	104	17,7
14	14.10.2010	>3. Lakt.	38,6	52	108	20,2
23	29.09.2011	>3. Lakt.	38,7	56	92	21,8

**Tabelle 9.2:** Anzahl der veränderten Komplexe (Kratzer/Verschörfung, Zitzenverletzung, Verdickung in Subkutis) im Verlauf vor und während der Laktation (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) bei 35 gesunden Sauen unterteilt in die verschiedenen Altersstufen (1. Lakt. n = 17, 2./3. Lakt. n = 15, > 3. Lakt. n = 3); hellgrau markierte Kästchen zeigen die Häufigkeit von 1-2 veränderten Komplexen, die dunkelgrau markierten Kästchen eine Häufigkeit von mehr als zwei auf; (d = Tage, a.p. = ante partum, p.p. = post partum)

21 d a.p.			7 d a.p.			1 d p.p.			3-4 d p.p.			14 d p.p.			
Komplexanzahl	Kratzer/Verschörfung	Zitzenverletzung	Verdickung in Subkutis	Komplexanzahl	Kratzer/Verschörfung	Zitzenverletzung	Verdickung in Subkutis	Komplexanzahl	Kratzer/Verschörfung	Zitzenverletzung	Verdickung in Subkutis	Komplexanzahl	Kratzer/Verschörfung	Zitzenverletzung	Verdickung in Subkutis
	1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3	1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3	1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3		1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3	1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3	1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3		1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3	1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3	1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3		1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3	1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3	1. Lakt. n=17 2./3. Lakt. n=15 > 3. Lakt. n=3
L1	0	0	0	0	0	0	0	L1	35	0	0	L1	35	0	0
L2	0	0	0	0	0	0	0	L2	35	0	0	L2	35	0	0
L3	0	0	0	0	0	0	0	L3	35	0	0	L3	35	0	0
L4	0	0	0	0	0	0	0	L4	35	0	0	L4	35	0	0
L5	0	0	0	0	0	0	0	L5	35	2	3	L5	35	2	3
L6	0	0	0	0	0	0	0	L6	35	2	7	L6	35	2	7
L7	0	0	0	0	0	0	0	L7	35	0	5	L7	35	0	5
L8	0	0	0	0	0	0	0	L8	13	0	0	L8	13	0	0
R1	0	0	0	0	0	0	0	R1	35	0	0	R1	35	0	0
R2	0	0	0	0	0	0	0	R2	35	0	0	R2	35	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0	R3	35	0	0	R3	35	0	0
R4	0	0	0	0	0	0	0	R4	35	0	0	R4	35	0	0
R5	0	0	0	0	0	0	0	R5	35	1	3	R5	35	1	3
R6	0	0	0	0	0	0	0	R6	35	5	4	R6	35	5	4
R7	0	0	0	0	0	0	0	R7	35	2	2	R7	35	2	2
R8	0	0	0	0	0	0	0	R8	12	1	1	R8	12	1	1
L1	0	0	0	0	0	0	0	L1	35	0	0	L1	35	0	0
L2	0	0	0	0	0	0	0	L2	35	0	0	L2	35	0	0
L3	0	0	0	0	0	0	0	L3	35	0	0	L3	35	0	0
L4	0	0	0	0	0	0	0	L4	35	0	0	L4	35	0	0
L5	0	0	0	0	0	0	0	L5	35	0	0	L5	35	0	0
L6	0	0	0	0	0	0	0	L6	35	2	4	L6	35	2	4
L7	0	0	0	0	0	0	0	L7	35	2	7	L7	35	2	7
L8	0	0	0	0	0	0	0	L8	13	0	0	L8	13	0	0
R1	0	0	0	0	0	0	0	R1	35	0	0	R1	35	0	0
R2	0	0	0	0	0	0	0	R2	35	0	0	R2	35	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0	R3	35	0	0	R3	35	0	0
R4	0	0	0	0	0	0	0	R4	35	0	0	R4	35	0	0
R5	0	0	0	0	0	0	0	R5	35	1	4	R5	35	1	4
R6	0	0	0	0	0	0	0	R6	35	4	5	R6	35	4	5
R7	0	0	0	0	0	0	0	R7	35	2	3	R7	35	2	3
R8	0	0	0	0	0	0	0	R8	12	1	1	R8	12	1	1
L1	0	0	0	0	0	0	0	L1	35	0	0	L1	35	0	0
L2	0	0	0	0	0	0	0	L2	35	0	0	L2	35	0	0
L3	0	0	0	0	0	0	0	L3	35	0	0	L3	35	0	0
L4	0	0	0	0	0	0	0	L4	35	0	0	L4	35	0	0
L5	0	0	0	0	0	0	0	L5	35	1	0	L5	35	1	0
L6	0	0	0	0	0	0	0	L6	35	2	4	L6	35	2	4
L7	0	0	0	0	0	0	0	L7	35	1	4	L7	35	1	4
L8	0	0	0	0	0	0	0	L8	13	0	0	L8	13	0	0
R1	0	0	0	0	0	0	0	R1	35	0	0	R1	35	0	0
R2	0	0	0	0	0	0	0	R2	35	0	0	R2	35	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0	R3	35	0	0	R3	35	0	0
R4	0	0	0	0	0	0	0	R4	35	0	0	R4	35	0	0
R5	0	0	0	0	0	0	0	R5	35	1	4	R5	35	1	4
R6	0	0	0	0	0	0	0	R6	35	4	5	R6	35	4	5
R7	0	0	0	0	0	0	0	R7	35	2	3	R7	35	2	3
R8	0	0	0	0	0	0	0	R8	12	1	1	R8	12	1	1

**Tabelle 9.3:** Anzahl der veränderten Komplexe (Kratzer/Verschörfung, Zitzenverletzung, Verdickung in Subkutis, Knoten im Mammagewebe) zum Absetzzeitpunkt bei 312 Sauen unterteilt in die verschiedenen Altersstufen (1. Lakt., 2./3. Lakt., > 3. Lakt.) und in die Betriebe 1-3 (Betrieb 1 n = 105, Betrieb 2 n = 105, Betrieb 3 n = 102)

Betrieb 1		Kratzer/Verschörfung			Zitzenverletzung			Verdickung in Subkutis			Knoten im Mammagewebe		
Komplex	Komplex-anzahl	1. Lakt. n = 34	2./3. Lakt. n = 34	> 3. Lakt. n = 37	1. Lakt. n = 34	2./3. Lakt. n = 34	> 3. Lakt. n = 37	1. Lakt. n = 34	2./3. Lakt. n = 34	> 3. Lakt. n = 37	1. Lakt. n = 34	2./3. Lakt. n = 34	> 3. Lakt. n = 37
L1	105	6	11	6	2	0	1	16	22	17	0	0	0
L2	105	2	7	10	0	0	0	19	17	18	0	0	1
L3	105	3	10	6	2	0	1	17	13	16	0	0	0
L4	105	11	9	8	7	2	2	20	15	16	0	0	0
L5	105	14	11	9	8	5	4	16	12	13	0	0	0
L6	105	12	15	16	7	4	5	15	13	15	0	0	0
L7	101	12	12	17	4	2	5	6	7	11	0	0	0
L8	39	1	2	6	2	0	0	1	6	4	0	0	0
R1	105	4	12	7	1	0	0	21	19	23	0	0	0
R2	105	2	8	8	2	0	0	18	20	22	0	0	1
R3	105	7	13	8	2	1	0	19	16	18	0	0	0
R4	105	8	14	9	3	1	1	16	13	14	0	0	0
R5	105	12	11	16	8	6	3	18	12	15	0	0	0
R6	105	16	19	18	6	4	4	11	13	16	0	0	0
R7	100	15	8	14	2	1	5	10	9	10	0	0	0
R8	41	1	3	7	1	2	1	3	2	4	0	0	0

Betrieb 2		Kratzer/Verschörfung			Zitzenverletzung			Verdickung in Subkutis			Knoten im Mammagewebe		
Komplex	Komplex-anzahl	1. Lakt. n = 27	2./3. Lakt. n = 44	> 3. Lakt. n = 34	1. Lakt. n = 27	2./3. Lakt. n = 44	> 3. Lakt. n = 34	1. Lakt. n = 27	2./3. Lakt. n = 44	> 3. Lakt. n = 34	1. Lakt. n = 27	2./3. Lakt. n = 44	> 3. Lakt. n = 34
L1	105	7	5	1	2	0	1	22	19	17	0	0	0
L2	105	9	5	1	0	1	0	19	19	9	0	0	0
L3	105	9	7	2	0	3	0	17	14	8	0	0	0
L4	105	8	5	4	2	2	2	19	12	7	0	0	0
L5	105	12	9	7	8	4	2	15	7	5	0	0	0
L6	105	14	18	7	6	4	0	13	12	2	0	0	0
L7	103	14	16	14	4	2	3	13	9	9	0	0	0
L8	57	6	8	8	2	1	1	5	4	3	0	0	0
R1	105	6	3	2	0	0	0	19	22	12	0	0	0
R2	105	5	5	1	0	0	0	19	21	9	0	0	0
R3	105	6	5	4	0	1	0	16	12	12	0	0	0
R4	105	11	9	4	1	3	1	18	12	9	0	0	0
R5	105	11	13	6	4	7	1	13	12	9	0	0	0
R6	105	14	12	12	8	6	1	14	6	7	0	0	0
R7	104	16	14	15	5	5	1	9	10	6	0	0	0
R8	66	7	3	6	0	1	0	6	0	2	0	0	0

Betrieb 3		Kratzer/Verschörfung			Zitzenverletzung			Verdickung in Subkutis			Knoten im Mammagewebe		
Komplex	Komplex-anzahl	1. Lakt. n = 43	2./3. Lakt. n = 25	> 3. Lakt. n = 34	1. Lakt. n = 43	2./3. Lakt. n = 25	> 3. Lakt. n = 34	1. Lakt. n = 43	2./3. Lakt. n = 25	> 3. Lakt. n = 34	1. Lakt. n = 43	2./3. Lakt. n = 25	> 3. Lakt. n = 34
L1	102	14	4	2	3	1	1	19	7	6	0	0	3
L2	102	16	1	3	2	2	0	19	4	1	0	0	1
L3	102	12	2	1	3	3	3	16	3	5	0	0	1
L4	102	11	3	2	8	6	1	16	6	2	0	0	0
L5	102	13	4	6	11	7	0	17	3	3	0	0	0
L6	102	15	6	8	7	3	1	11	6	5	0	0	1
L7	102	12	2	9	3	2	0	7	5	5	0	0	0
L8	37	1	1	1	0	1	0	0	0	3	0	0	0
R1	102	11	3	1	4	1	1	17	6	8	0	0	3
R2	102	12	1	1	2	1	0	22	5	3	0	0	1
R3	102	6	2	0	5	1	0	15	6	5	0	0	2
R4	102	15	4	0	9	3	0	18	3	2	0	0	0
R5	102	16	3	2	11	5	0	19	3	4	0	0	0
R6	102	19	2	8	7	1	0	11	1	5	0	0	0
R7	101	13	4	10	4	2	1	11	3	5	0	0	0
R8	41	3	0	4	0	0	1	2	0	5	0	0	0



**Tabelle 9.4:** Korrelationsanalyse nach Spearman mit den jeweiligen Signifikanzwerten für die Verlaufsuntersuchung bei 35 gesunden Sauen vor und während der Laktation; grau markierte Kästchen zeigen die Signifikanz von  $p < 0,05$ .

		Korrelationen																	
		Rektal- temperatur	Umgebungs- temperatur	Atem- frequenz	Herz- frequenz	L1	R1	L2	R2	L3	R3	L4	R4	L5	R5	L6	R6	L7	R7
Rektaltemperatur	Signifikanz		,177	,002	,073	,002	,004	,000	,026	,000	,005	,000	,039	,000	,013	,005	,012	,024	,323
Umgebungstemperatur	Signifikanz	,177		,008	,092	,156	,124	,189	,214	,161	,297	,272	,469	,867	,306	,944	,348	,795	,397
Atemfrequenz	Signifikanz	,002	,008		,358	,000	,000	,000	,002	,000	,002	,000	,003	,000	,001	,001	,001	,029	,960
Herzfrequenz	Signifikanz	,073	,092	,358		,023	,000	,021	,001	,030	,007	,104	,013	,090	,022	,082	,031	,964	,046
L1 n = 205	Signifikanz	,002	,156	,000	,023		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
R1 n = 207	Signifikanz	,004	,124	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
L2 n = 207	Signifikanz	,000	,189	,000	,021	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
R2 n = 207	Signifikanz	,026	,214	,002	,001	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
L3 n = 207	Signifikanz	,000	,161	,000	,030	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
R3 n = 207	Signifikanz	,000	,297	,000	,007	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
L4 n = 207	Signifikanz	,005	,297	,002	,007	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
R4 n = 207	Signifikanz	,000	,272	,000	,104	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000
L5 n = 207	Signifikanz	,039	,469	,003	,013	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000
R5 n = 207	Signifikanz	,000	,867	,000	,090	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000
L6 n = 207	Signifikanz	,013	,306	,001	,022	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000
R6 n = 207	Signifikanz	,005	,944	,001	,082	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000
L7 n = 207	Signifikanz	,012	,348	,001	,031	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000
R7 n = 123	Signifikanz	,024	,795	,029	,964	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	
R7 n = 117	Signifikanz	,323	,397	,960	,046	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Spearman





**Tabelle 9.7:** Mittelwerte und Standardabweichungen der Oberflächentemperaturen der einzelnen Komplexbereiche (kranial, kaudal, Gesamtkomplex) der jeweiligen Gesäugeleiste im Verlauf vor und während der Laktation (21, 7, 1 d a.p.; 1, 3-4, 14 d p.p.) bei 35 gesunden Sauen.

Gesäugeleiste	Untersuchungstag	Statistik	Komplex 1	Komplex 2	Komplex 3	Komplex 4	Komplex 5	Komplex 6	Komplex 7
rechts Gesamtkomplex	21. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	32,07	32,66	33,18	33,33	33,78	34,17	34,89
		Standardabweichung	2,16	1,76	1,33	1,23	0,91	1,03	1,05
	7. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	33,69	33,77	33,95	34,09	34,08	34,35	34,99
		Standardabweichung	1,07	1,06	0,88	0,81	0,87	0,94	0,85
	1. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	35,23	34,88	34,77	34,76	34,78	35,12	35,48
		Standardabweichung	0,86	0,86	0,86	0,73	0,71	0,70	1,04
	1. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,44	36,29	36,22	36,14	36,13	36,47	36,63
		Standardabweichung	0,92	0,76	0,79	0,83	0,83	1,03	0,83
	3./4. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,81	36,54	36,50	36,40	36,36	36,77	36,52
		Standardabweichung	0,73	0,78	0,88	0,89	0,88	1,00	1,33
	14. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	37,09	36,76	36,50	36,43	36,57	36,93	37,16
		Standardabweichung	0,62	0,72	0,68	0,83	0,74	0,60	1,00
links Gesamtkomplex	21. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	32,39	32,77	33,26	33,45	33,80	33,31	34,38
		Standardabweichung	2,02	1,85	1,73	1,50	1,34	1,26	1,32
	7. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	33,77	33,75	33,82	33,90	33,92	33,89	34,75
		Standardabweichung	1,09	1,08	0,88	0,85	0,88	0,97	1,29
	1. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	35,23	34,91	34,85	34,75	34,70	34,92	35,03
		Standardabweichung	1,06	0,90	0,89	0,92	0,92	0,88	0,87
	1. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,63	36,34	36,23	36,07	36,05	36,31	36,53
		Standardabweichung	0,87	0,93	0,92	1,00	0,94	0,98	1,08
	3./4. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,94	36,59	36,48	36,32	36,44	36,60	36,61
		Standardabweichung	0,76	0,90	0,94	1,05	0,89	0,92	1,45
	14. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	37,06	36,66	36,53	36,34	36,49	36,67	37,15
		Standardabweichung	0,94	0,77	1,17	1,12	0,92	1,01	0,83
rechts kranialer Bereich	21. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	31,95	32,56	33,07	33,24	33,66	34,05	34,75
		Standardabweichung	2,18	1,74	1,35	1,23	0,93	1,01	1,02
	7. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	33,60	33,67	33,90	34,04	34,05	34,25	34,87
		Standardabweichung	1,10	1,10	0,86	0,84	0,88	0,94	0,81
	1. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	35,23	34,91	34,78	34,78	34,72	34,98	35,39
		Standardabweichung	0,93	0,89	0,86	0,73	0,72	0,67	1,01
	1. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,48	36,36	36,25	36,16	36,11	36,39	36,53
		Standardabweichung	0,99	0,74	0,79	0,85	0,83	1,04	0,83
	3./4. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,87	36,57	36,52	36,43	36,35	36,69	36,42
		Standardabweichung	0,73	0,80	0,88	0,91	0,84	1,00	1,26
	14. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	37,14	36,85	36,57	36,46	36,51	36,85	37,06
		Standardabweichung	0,60	0,71	0,70	0,82	0,75	0,59	0,94
links kranialer Bereich	21. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	32,41	32,83	33,28	33,44	33,81	34,11	34,28
		Standardabweichung	2,02	1,91	1,73	1,56	1,36	1,27	1,30
	7. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	33,80	33,81	33,87	33,96	33,99	34,16	34,68
		Standardabweichung	1,10	1,07	0,85	0,84	0,87	0,96	1,26
	1. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	35,34	35,00	34,93	34,81	34,73	34,94	34,97
		Standardabweichung	1,10	0,88	0,87	0,88	0,89	0,88	0,87
	1. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,71	36,43	36,32	36,15	36,07	36,32	36,47
		Standardabweichung	0,87	0,90	0,93	0,99	0,93	0,95	1,11
	3./4. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	37,06	36,67	36,55	36,36	36,44	36,72	36,53
		Standardabweichung	0,75	0,87	0,90	1,06	0,87	0,92	1,47
	14. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	37,15	36,75	36,61	36,36	36,54	36,85	37,11
		Standardabweichung	0,97	0,73	1,16	1,15	0,90	1,03	0,86
rechts kaudaler Bereich	21. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	32,19	32,76	33,29	33,41	33,89	34,29	35,04
		Standardabweichung	2,16	1,81	1,32	1,24	0,89	1,04	1,07
	7. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	33,78	33,87	34,01	34,13	34,10	34,46	35,11
		Standardabweichung	1,05	1,02	0,91	0,79	0,87	0,95	0,89
	1. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	35,22	34,84	34,77	34,74	34,85	35,25	35,58
		Standardabweichung	0,81	0,85	0,79	0,75	0,72	0,71	1,11
	1. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,40	36,22	36,20	36,12	36,15	36,54	36,73
		Standardabweichung	0,86	0,78	0,81	0,82	0,85	1,03	0,84
	3./4. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,74	36,51	36,49	36,37	36,38	36,85	36,62
		Standardabweichung	0,72	0,78	0,90	0,88	0,93	1,01	1,43
	14. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	37,04	36,66	36,44	36,40	36,63	37,01	37,26
		Standardabweichung	0,65	0,73	0,67	0,86	0,73	0,60	1,09
links kaudaler Bereich	21. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	32,36	32,72	33,24	33,45	33,78	34,22	34,48
		Standardabweichung	2,05	1,81	1,75	1,47	1,34	1,27	1,35
	7. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	33,74	33,69	33,77	33,84	33,85	34,20	34,83
		Standardabweichung	1,11	1,10	0,92	0,86	0,91	1,00	1,33
	1. Tag <i>ante partum</i>	Mittelwert	35,12	34,83	34,77	34,70	34,68	35,07	35,09
		Standardabweichung	1,01	0,92	0,92	0,97	0,96	0,90	0,90
	1. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,55	36,26	36,14	36,00	36,04	36,50	36,58
		Standardabweichung	0,87	0,97	0,93	1,02	0,97	1,02	1,09
	3./4. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,81	36,51	36,41	36,27	36,44	36,84	36,68
		Standardabweichung	0,76	0,94	0,99	1,06	0,92	0,93	1,47
	14. Tag <i>post partum</i>	Mittelwert	36,97	36,57	36,44	36,31	36,44	36,96	37,19
		Standardabweichung	0,93	0,81	1,19	1,11	0,95	1,01	0,83

## 10 Danksagung

Hiermit möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. Wendt für die Betreuung meiner Dissertation bedanken. Bei der Themenwahl, den Bemühungen im Vorfeld zur Realisierung dieser Arbeit, bei fachlichen sowie jeden anderen Fragen und bei Schwierigkeiten haben Sie sich immer sehr viel Zeit genommen. Vielen Dank dafür und auch für die schnelle Durchsicht meiner Arbeit.

Ebenso möchte ich mich für die Unterstützung und die anregenden Diskussionen bei Frau Dr. von Altmann bedanken. Bei jeglichen Fragen konnte ich zu Dir kommen und bekam stets Hilfe und Anstöße. Auch in schwierigen Situationen und besonders in der Abschlussphase standest Du mir tatkräftig zur Seite.

Danken möchte ich Herrn Prof. Dr. Seifert für die Bereitstellung der Infrarotkamera und Herrn Dr. Lübke für die fachliche Unterstützung beim Umgang mit der Kamera und der Bearbeitungssoftware.

Ein besonderer Dank geht an meine Kolleginnen und Kollegen der Klinik für Kleine Klauentiere und Forensische Medizin / Ambulatorische Klinik. Durch das sehr harmonische Arbeitsklima und Eure stetige Rücksichtnahme konnte ich sowohl Arbeit als auch Dissertation problemlos bewerkstelligen. Vielen Dank, dass Ihr mir Zeit zum Konzipieren, Schreiben, Durchführen, Korrigieren und Beenden der Arbeit gegeben habt und auch bei Fragen immer zur Verfügung standet.

Für die Bestellung diverser Utensilien und der Zubereitung der Biopsieprobengefäße möchte ich Frau Barbara Schwert danken.

Bei Frau Dr. Verspohl und Mitarbeitern möchte ich mich für die bakteriologische Befundung der Milch- und Gesäugebiotatproben bedanken.

Dank gilt auch dem Feinmechanikermeister Herrn Grunert. Vielen Dank, dass Sie sich für die handwerklichen Angelegenheiten gekümmert haben.

Vielen Dank an Herrn Dr. Beyerbach für die Unterstützung und fachlichen Auskünfte bei der statistischen Auswertung.

Einen Dank möchte ich auch Judith von Hermanni aussprechen. Für die Hilfe beim Handling der Tiere sowie bei der Koordination der Untersuchungen warst Du immer für mich da und hattest immer alles im Blick. Dadurch konnte ein reibungsloser Ablauf der Untersuchungen stattfinden. Ebenso möchte ich mich bei Herrn Dr. Sürle und Herrn Mohwinkel bedanken. Durch Ihre Kooperation konnten die Untersuchungen ohne Hindernisse zügig durchgeführt werden.

Dank gilt auch den Betrieben, welche mir ihre Tiere für meine Untersuchungen zur Verfügung stellten. Auch bei kleinen Problemen in Organisation und Durchführung standen die Mitarbeiter immer helfend zur Seite.

Bei meiner Kollegin Dr. Lisa Henshaw möchte ich mich für ihre Korrekturhilfe im Englischen bedanken. Danke, dass Du dir die Zeit dafür genommen hast.

Für die Bereitstellung und die mehrmalige schnelle und problemlose Verlängerung der Lizenz für die Irbis 3 plus Bearbeitungssoftware möchte ich mich besonders bei der Firma Infratec bedanken. Nur durch Ihre schnelle und immer wieder erneute Hilfe konnte ich die infrarotthermographischen Bilder auch von zu Hause aus bearbeiten,

was nicht nur Zeitersparnis bedeutete, sondern auch besonders für mich weniger Stress.

Bedanken möchte ich mich bei meiner Familie. Ihr habt mich während der gesamten Zeit immer unterstützt und mir Kraft gegeben. Durch Euch konnte ich schwierige Situationen überstehen und immer neuen Mut fassen. Ich bin froh, dass ich eine solche Familie habe.

Auch meinem Freund Klaus Rasch möchte ich Dank aussprechen. Zusammen haben wir während meiner Arbeit viele Hürden überwinden und auch viele Niederlagen einstecken müssen. Dennoch haben wir optimistisch nach Vorne gesehen und konnten somit alle schwierigen Situationen bewerkstelligen. Danke Dir.

Zum Schluss geht auch der Dank an meinen Zwillingbruder Sebastian Spiegel. Du warst mir eine sehr große Hilfe bei den Untersuchungen. Bei allen zu klärenden Fragen konnte ich auf Dich zählen.

