

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Dr. habil. Manfred Gareis

Untersuchungen zum Vorkommen von akzessorischen Bursen bei Mastschweinen

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von Sabine Oberländer
aus München

München 2015

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Dr. habil. Manfred Gareis

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Johann Maierl

Tag der Promotion: 31. Januar 2015

Meiner Familie

Abkürzungsverzeichnis

APP	Akute-Phase-Proteine
Art.-Nr.	Artikelnummer
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CI ₉₅	95 %-Konfidenzintervall
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
Cohen <i>d</i>	Effektgröße
CRP	C-reaktives Protein
Cramer-V	Effektgröße
DFD	dark, firm, dry
d.h.	das heißt
EG	Europäische Gemeinschaft
ELISA	Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay
EU	Europäische Union
e.V.	eingetragener Verein
F	Rückenmuskeldicke
Fa.	Firma
FAWC	Farm Animal Welfare Council
FOM	Fat-O-Meter
g	Gramm
H ⁺	Wasserstoffion
Hp	Haptoglobin
HE	Hämatoxylin-Eosin
Hgldm.	Hintergliedmaße
kg	Kilogramm
L	Leber
L*a*b*-Werte	Helligkeits- und Farbwerte
M.	Musculus
MF	Muskelfleischanteil
mg	Milligramm
MHS	Malignes Hyperthermiesyndrom
m ²	Quadratmeter
min.	Minute
mind.	mindestens
Mio.	Million
ml	Milliliter
mm	Millimeter
n	Anzahl
ng	Nanogramm
nm	Nanometer
Nr.	Nummer
o.b.B.	ohne besonderen Befund
p	Wahrscheinlichkeit
pH ₂₄	pH-Wert nach 24 Stunden

pH ₄₅	pH-Wert nach 45 Minuten
PL	Pleuritis
p.m.	post mortem
PN	Pneumonie
PSE	pale, soft, exsudative
PTAH	Phosphorwolframsäure-Hämatoxylin
rpm	Rotationen pro Minute
<i>ryr</i>	Ryanodinrezeptor
S	Rückenspeckdicke
<i>S. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
SAA	Serum-Amyloid A
SchwHKIV	Schweineschlachtkörper-Handelsklassenverordnung
SEM	Standardfehler des Mittelwertes
SH	Schlachthof
spp.	species
TMB	3,3',5,5'-Tetramethylbenzidin
US	Untersuchung
Vgldm.	Vordergliedmaße
VO	Verordnung
WBV	Wasserbindungsvermögen
§	Paragraph
%	Prozent
°	Grad
°C	Grad Celsius
µl	Mikroliter
µm	Mikrometer
µg	Mikrogramm

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literatur	3
2.1	Schweinefleischproduktion	3
2.2	Technopathien beim Mastschwein	4
2.2.1	Akzessorische Schleimbeutel	4
2.2.2	Klauenerkrankungen	10
2.3	Tierschutz und Tierwohl in der Nutztierhaltung	10
2.4	Haltungsformen für Mastschweine	16
2.4.1	Vollspaltenboden.....	16
2.4.2	Teilspaltenboden.....	17
2.4.3	Tieflaufstall	18
2.4.4	Außenklimastall	19
2.5	Einflussfaktoren auf die Fleischqualität	21
2.5.1	Extrinsische Faktoren	21
2.5.1.1	Haltung.....	21
2.5.1.2	Transport	22
2.5.1.3	Aufenthalt und Handling am Schlachthof	22
2.5.1.4	Betäubung.....	23
2.5.2	Intrinsische Faktoren	23
2.5.2.1	Genetische Prädisposition	23
2.5.2.1.1	Rasse.....	23
2.5.2.1.2	Malignes Hyperthermiesyndrom	24
2.5.2.2	Blutparameter – Akute-Phase-Proteine	25
2.5.2.2.1	C-reaktives Protein	26
2.5.2.2.2	Haptoglobin	26
2.6	Bestimmung der Fleischqualität	28
2.6.1	Bestimmung des Muskelfleischanteils	28
2.6.2	Messung des pH-Wertes	29
2.6.2.1	PSE-Fleisch	30

2.6.2.2	DFD-Fleisch	30
2.6.3	Messung des Wasserbindungsvermögens	31
2.6.4	Messung der Fleischhelligkeit und Fleischfarbe.....	31
3	Material und Methoden	33
3.1	Tiere	33
3.2	Material	33
3.3	Methoden	36
3.3.1	Untersuchungsmethoden.....	37
3.3.1.1	Befunderhebung am lebenden Tier.....	37
3.3.1.2	Befunderhebung und Probenahme am Schlachtkörper.....	37
3.3.1.3	Laboruntersuchungen.....	39
3.3.1.3.1	Mikrobiologische Untersuchung	39
3.3.1.3.2	Makroskopische und histopathologische Untersuchung.....	39
3.3.1.3.3	Serumuntersuchung.....	40
3.3.2	Datenanalyse	42
4	Ergebnisse	44
4.1	Befunderhebung am lebenden Tier	44
4.1.1	Boniturschema für akzessorische Bursen.....	44
4.1.2	Prävalenz von akzessorischen Bursen	47
4.1.3	Lokalisation der akzessorischen Bursen	49
4.2	Befunderhebung am Schlachtkörper	50
4.2.1	Boniturschema für akzessorische Bursen.....	50
4.2.2	Ergebnis der pH ₄₅ -Messung.....	52
4.2.3	Ergebnis der Bestimmung des Schlachtkörpergewichtes	54
4.2.4	Ergebnis der Bestimmung des Muskelfleischanteils	57
4.2.5	Ergebnis der Pleurabeurteilung.....	58
4.2.6	Nebenbefunde.....	62
4.3	Ergebnisse der Laboruntersuchungen.....	63
4.3.1	Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse	63
4.3.2	Ergebnisse der Serumkonzentrationen der Akute-Phase-Proteine (APP)	64

4.3.2.1	Vergleich der APP-Serumkonzentrationen der vier Schlachthöfe	64
4.3.2.2	Gegenüberstellung von Bursagraden und APP-Serumkonzentrationen.....	65
4.3.3	Makroskopische und histopathologische Untersuchungsergebnisse.....	67
4.4	Vorschlag für die Bonitierung von akzessorischen Bursen in der Praxis	71
5	Diskussion	73
5.1	Bonitierung und Studiendesign	73
5.2	Prävalenz von akzessorischen Bursen und Einflussfaktoren.....	74
5.3	Akzessorische Bursen und die Fleischqualität bei Mastschweinen.....	75
5.4	Akzessorische Bursen und das Tierwohl	77
5.5	Mikrobiologische Befunde	79
5.6	Gegenüberstellung von ausgewählten Befunden mit Serumkonzentrationen von Akute-Phase-Proteinen.....	80
5.7	Schlussfolgerung	82
6	Zusammenfassung.....	83
7	Summary.....	85
8	Literaturverzeichnis.....	87
9	Abbildungsverzeichnis.....	106
10	Tabellenverzeichnis	109
11	Danksagung.....	112

1 Einleitung

Die Fleischindustrie befindet sich zunehmend im Spannungsfeld zwischen der Herstellung von qualitativ einwandfreiem Fleisch und der Erfüllung der ethischen Ansprüche des Verbrauchers hinsichtlich artgerechter Nutztierhaltung (EUROPEAN COMMISSION, 2005; TROY und KERRY, 2010). In Deutschland werden die Anforderungen an die Nutztierhaltung von Schweinen in Abschnitt 5 der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung geregelt. Dort ist neben allgemeinen Anforderungen auch die Beschaffenheit des Fußbodens festgelegt. Dieser soll bei der Verwendung von Spalten „so beschaffen sein, dass von ihm keine Verletzungsgefahr ausgeht“.

Laut Zahlen des Statistischen Bundesamtes werden über 90 % der Schweine in Deutschland auf Teil- und Vollspaltenböden gehalten (DESTATIS, 2010). Diese Aufstallungsart kann sich negativ auf die Gliedmaßen-gesundheit auswirken. Einige Untersuchungen zeigen, dass die Prävalenz von akzessorischen Bursen bei der Haltung auf Spaltenboden im Vergleich zur Haltung auf Betonboden mit oder ohne Stroheinstreu deutlich höher ist (PAPSTHARD, 1989; PROBST, 1989; BERNER et al., 1990; PROBST et al., 1990; MOUTTOTOU et al., 1997a; MOUTTOTOU et al., 1998a; MOUTTOTOU et al., 1998b; MAYER, 1999; MOUTTOTOU et al., 1999b; LAHRMANN et al., 2003; SCOTT et al., 2006; GILLMAN et al., 2008; KILBRIDE et al., 2008; TEMPLE et al., 2012). Prädisponierende Faktoren sind harte, rutschige oder nicht intakte Spaltenböden (BÄCKSTRÖM und HENRICSON, 1966; MOUTTOTOU et al., 1997a; MOUTTOTOU et al., 1999b; GILLMAN et al., 2008; KILBRIDE et al., 2008).

Schleimbeutel, Bursae synoviales, sind mit einer synoviaähnlichen Flüssigkeit gefüllte Hohlräume. Sie fungieren als Druckschutzvorrichtung und sind mit einem wasserkissenartigen Gebilde zu vergleichen (MCFARLAND et al., 2000; SINOWATZ, 2000; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Akzessorische Schleimbeutel liegen subkutan und sind embryonal nicht vorgebildet. Die Entstehung ist in erhöhter mechanischer Beanspruchung exponierter Stellen begründet (SINOWATZ, 2000; PLONAIT, 2004; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; HAFNER-MARX, 2007).

Häufig sind akzessorische Schleimbeutel entzündlich verändert (PAPSTHARD, 1989; GILLMAN et al., 2008; KILBRIDE et al., 2009). In der vorliegenden Arbeit werden die Begriffe Bursitis und akzessorische Bursa synonym verwendet.

Durch die entstehenden Fuß- und Hautläsionen steigt die Gefahr von Infektionen über die beanspruchte Haut. Dies hat negative Auswirkungen auf die Lebensmittelsicherheit. Zudem gehen diese Veränderungen mit Schmerzen und Leiden für die Tiere einher (EFSA, 2007b).

Ziel dieser Arbeit war es, das Vorkommen von akzessorischen Bursen bei Schlachtschweinen im laufenden Schlachtbetrieb zu erfassen. Zu diesem Zweck wurde zunächst ein Boniturschema für eine standardisierte Gradeinteilung der akzessorischen Bursen erarbeitet. Die nachfolgenden Untersuchungen wurden als Fall-Kontroll-Studie an vier Schlachthöfen in Süddeutschland durchgeführt. An randomisiert ausgewählten Mastschweinen wurde die Prävalenz der akzessorischen Bursen ermittelt.

Um die Auswirkung auf die Fleischqualität beurteilen zu können, wurden pH_{45} , Schlachtkörpergewicht und Muskelfleischanteil der Tiere bestimmt. Zudem erfolgte eine mikrobiologische und histopathologische Untersuchung der akzessorischen Bursen.

Im Blutserum der beprobten Tiere wurden die Konzentrationen der Akute-Phase-Proteine C-reaktives Protein (CRP) und Haptoglobin bestimmt.

2 Literatur

2.1 Schweinefleischproduktion

Deutschland produziert und verbraucht mit mehr als 20 % den größten Teil an Schweinefleisch innerhalb der Europäischen Union (EU). Seit 2009 ist Deutschland zudem größter Exporteur von Schweinefleisch (HEINZE und SÖLTL, 2013). Im Jahr 2012 wurden ca. 2,3 Millionen Tonnen Schweinefleisch inklusive Fleischwaren und Konserven exportiert, davon verblieben ca. 1,8 Millionen in der EU (BLE und BMELV, 2012). Hauptabnehmer waren Italien und von den Drittlandstaaten China und Russland (HEINZE und SÖLTL, 2013). Der Import von Schweinefleisch mit Fleischwaren und Konserven lag bei 1,151 Millionen Tonnen, ein überwiegender Teil von 1,145 Millionen Tonnen kam aus der EU (BLE und BMELV, 2012), davon führten über 75 % Belgien, Dänemark und die Niederlande ein (HEINZE und SÖLTL, 2013).

In Deutschland wird sehr viel Schweinefleisch verbraucht und verzehrt (BLE und BMELV, 2012). Der Begriff „Fleischverbrauch“ schließt den Nahrungsverbrauch, die Verluste einschließlich Knochen, die an Tiere verfütterten Mengen und die industrielle Verwertung ein. Der rein menschliche Verzehr liegt deshalb deutlich niedriger als der gesamte Verbrauch (BLE und BMELV, 2012; BMELV, 2014). Im Jahr 2012 lagen der Schweinefleischverzehr bei 38,7 kg/Kopf und der Gesamtfleischverzehr bei 60,8 kg/Kopf. Der Verzehr an Schweinefleisch war im Vergleich zu den anderen Fleischarten mit 63,6 % der höchste. Die übrigen Fleischarten umfassten das Fleisch von Rind, Kalb, Schaf, Ziege, Pferd, Geflügel und sonstiges Fleisch inklusive Wild sowie Innereien (BLE und BMELV, 2012).

Die mastschweinehaltenden Bestände in Deutschland zeigten folgende Entwicklung. Im November 2011 gab es in Deutschland 25.400 Bestände mit insgesamt 11,8 Millionen Tieren. Die Anzahl der Betriebe sank bis November 2013 auf 23.600, jedoch stieg die Anzahl der Schweine auf 12,4 Millionen. Ein Trend in Richtung größere Betriebe ist seit längerer Zeit erkennbar (DESTATIS, 2013). Insbesondere in Nordwestdeutschland werden zunehmend mehr Schweine gemästet (HEINZE und SÖLTL, 2013).

2.2 Technopathien beim Mastschwein

Technopathien sind haltungsbedingte Krankheiten und Verletzungen (VON BORELL et al., 2002), die durch Störungen, Mängel oder unzureichende Beschaffenheit der technischen Einrichtungen zur Unterbringung und Versorgung der Tiere entstehen (LÖLIGER, 1992).

2.2.1 Akzessorische Schleimbeutel

Schleimbeutel, Bursae synoviales, sind sackartige Hohlräume, die eine synoviaähnliche Flüssigkeit enthalten (MCFARLAND et al., 2000; SINOWATZ, 2000; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie fungieren als wasserkissenartige Gleit- und Druckschutzvorrichtung (MCFARLAND et al., 2000; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Schleimbeutel liegen zwischen Skeletteilen und Muskeln, Sehnen, Bändern oder der äußeren Haut (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Schleimbeutel unter Muskeln, Sehnen und Bändern sind embryonal vorgebildet, diejenigen unter der Haut hingegen nicht. Subkutane Schleimbeutel sind akzessorische Schleimbeutel, Bursae auxiliares. Diese sind häufig an der Hintergliedmaße lateroplantar, plantar und lateromedial des Tarsalgelenkes sowie plantar auf oder über dem Calcaneus lokalisiert (PROBST et al., 1990; MOUTTOTOU et al., 1999b; PLONAIT, 2004) (Abbildung 1).

Bei der Verteilung der akzessorischen Bursen besteht nach MOUTTOTOU et al. (1999b) weder ein Unterschied zwischen den Geschlechtern noch zwischen rechter und linker Gliedmaße, wobei häufiger beide als eine Gliedmaße allein betroffen sind. Die Veränderung lateroplantar des Tarsalgelenkes ist die häufigste, gefolgt von plantarem und lateromedialem Vorkommen (MOUTTOTOU et al., 1999b).

An der Vordergliedmaße sind akzessorische Bursen dorsal am Karpalgelenk und dorsolateral des Fesselgelenkes zu finden, hingegen seltener lateral des Ellenbogenhöckers. Desweiteren stellen sie sich an den Vordergliedmaßen dorsolateral über dem Kronsaum der lateralen Klaue sowie lateral im unteren Drittel von Radius und Ulna dar (PROBST et al., 1990; PLONAIT, 2004) (Abbildung 2).

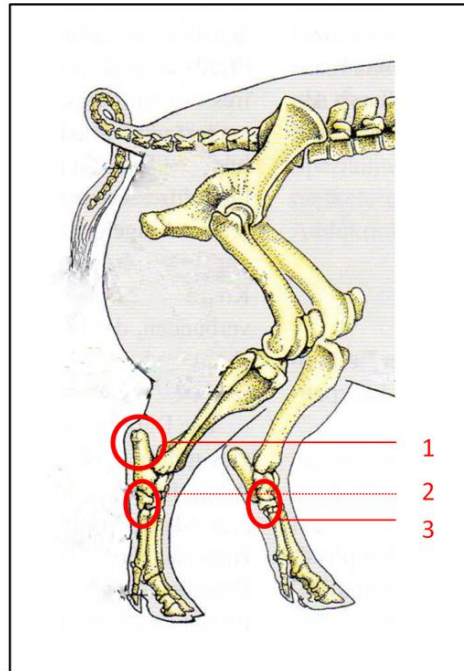


Abbildung 1: Lokalisation der subkutanen Bursen an der Hintergliedmaße des Schweines; 1: auf dem Calcaneus, 2: lateroplantar des Tarsalgelenkes, 3: lateromedial des Tarsalgelenkes (Lokalisation plantar auf dem Tarsalgelenk nicht eingezeichnet) (nach LIEBICH et al., 2011a)

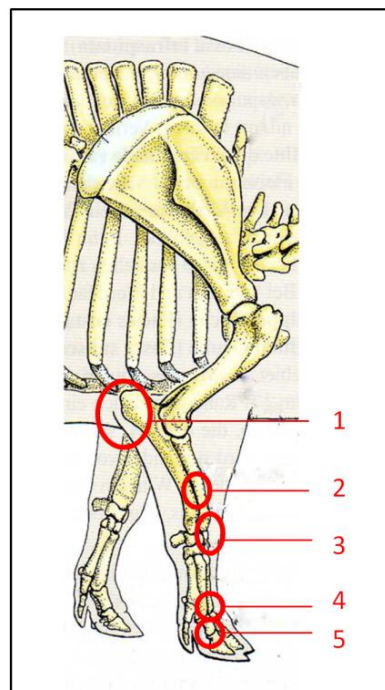


Abbildung 2: Lokalisation der subkutanen Bursen an der Vordergliedmaße des Schweines; 1: lateral des Ellenbogenhöckers, 2: lateral im unteren Drittel von Radius und Ulna, 3: dorsal am Karpalgelenk, 4: dorsolateral des Fesselgelenkes, 5: dorsolateral über dem Kronsaum (nach LIEBICH et al., 2011b)

Die Entstehung der subkutanen akzessorischen Schleimbeutel beruht auf einer pathologischen Reaktion des Körpers und ist abhängig vom Ernährungszustand des Tieres und der mechanischen Beanspruchung der exponierten Stellen (PLONAIT, 2004; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; SAVARY et al., 2007; GILLMAN et al., 2008; TROXLER, 2013).

Zu Entstehungsbeginn subkutaner Schleimbeutel sind Fibrinauflagerungen und Granulationsgewebe im Inneren der Bursa charakteristisch. Im weiteren Verlauf entwickelt sich ein fibromartiges Gebilde, ein Hohlraum ist entweder spaltartig oder gar nicht vorhanden (PLONAIT, 2004).

Häufig wird das Vorkommen bei Haltungssystemen ohne Einstreu, auf Spaltenböden oder rutschigen und feuchten Böden beobachtet (BÄCKSTRÖM und HENRICSON, 1966; MARCHANT, 1980; PAPSTHARD, 1989; PROBST, 1989; BERNER et al., 1990; PROBST et al., 1990; MOUTTOTOU et al., 1997a; MOUTTOTOU et al., 1998a; MOUTTOTOU et al., 1998b; MAYER, 1999; MOUTTOTOU et al., 1999b; LAHRMANN et al., 2003; SCOTT et al., 2006; SAVARY et al., 2007; GILLMAN et al., 2008; KILBRIDE et al., 2008; TEMPLE et al., 2012).

Bei histologischen Untersuchungen von akzessorischen Schleimbeuteln wurden entzündliche Veränderungen nachgewiesen. PAPSTHARD (1989) teilte diese in fünf Kategorien ein:

- Entzündung vom floriden Typ: Kennzeichnend sind massive Fibrinauflagerungen und umfangreiches junges Granulationsgewebe. Blutungen treten häufig in den inneren und äußeren Wandschichten auf.
- Entzündung vom reifen Typ: Vorherrschend sind eine synoviaähnliche Innenauskleidung und reifes Granulationsgewebe.
- „Übergangsform“: Fließender Übergang zwischen der Entzündung vom floriden und reifen Typ.
- Abszess: Histologisch kennzeichnend ist das Vorkommen von Eiter, jungem Granulationsgewebe und einem Bakterienrasen. Ursache ist die Infektion des Schleimbeutels.
- o.b.B.: Bursa ohne besonderen Befund.

Die histologischen Befunde akzessorischer Schleimbeutel von PROBST (1989) stellten sich wie folgt dar. Lumenwärts in der Schleimbeutelwand war das Bindegewebe reaktiv, sehr kernreich und von Kapillaren durchsetzt. In das Lumen ragten teilweise Zotten aus

Bindegewebszellen hinein. Fibrinablagerungen kamen selten vor. Zeichen einer akuten oder chronischen Bursitis lagen nicht vor. Die Epidermis war nicht beurteilbar, da sie durch die Brühprozesse bei der Schlachtung weitgehend zerstört wurde.

GILLMAN et al. (2008) und KILBRIDE et al. (2009) beschrieben, dass in Bursawand und -lumen vereinzelt Entzündungszellen bei der histologischen Untersuchung zu erkennen waren. In der Bursawand lagen zusätzlich Anzeichen auf Blutungen vor.

MARCHANT (1980) untersuchte sowohl die Flüssigkeit als auch das Gewebe der Bursen bakteriologisch. In 57 von insgesamt 163 Proben wurden Bakterien nachgewiesen. Dabei handelte es sich um Streptokokken und Staphylokokken. Mykoplasmen wurden nie isoliert. PROBST (1989) konnte ebenfalls vereinzelt Staphylokokken und Streptokokken in akzessorischen Bursen nachweisen. Auch hier wurden nie Mykoplasmen nachgewiesen.

In den zurückliegenden Jahren wurden eine Reihe von Studien zum Thema akzessorischer Bursen publiziert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zusammenfassung von Studien über akzessorische Bursen (sortiert nach dem Publikationsjahr-aufsteigend)

Autor	Jahr	Untersuchte Bodengestaltung	Prävalenz der akzessorischen Bursen	Prädisponierende Faktoren der Bursaentstehung
BÄCKSTRÖM und HENRICSON	1966	Keine Angabe	36 %	Konstitution, Genetik (30 %), harte und rutschige Böden, einstreulose Haltung
MARCHANT	1980	Keine Angabe	25,6 %	Fußbodensystem, Genetik
PAPSTHARD	1989	Betonvollspalten (Mastschwein), planbefestigter Boden und Gußeisenroste (Sauen und Jungsauen)	Mastschweine: 96,3 % Sauen: planbefestigter Boden: 41,2 % Gußeisenroste: 59,9 %	Fußbodensystem
BERNER et al.	1990			
PROBST	1989	Festböden (Flatdeck, Teil- und Vollspaltenboden) und Tiefstreustall	Strohlose Haltung: Inzidenz steigt mit dem Alter Tiefstreustall: 0 %	Fußbodensystem, Alter
PROBST et al.	1990			

Fortsetzung Tabelle 1:

Autor	Jahr	Untersuchte Bodengestaltung	Prävalenz der akzessorischen Bursen	Prädisponierende Faktoren der Bursaentstehung
MOUTTOTOU et al.	1997a 1999b	Vollspaltenboden, Teilspaltenboden mit und ohne Einstreu, Betonboden mit Stroh	Gesamtdurchschnitt: 63,4 % geringere Prävalenzen bei Haltungssystemen mit Stroh	Fußbodensystem, Alter, rutschiger Boden im Kotbereich, Höhenunterschiede von > 3 cm zwischen Beton- und Spaltenboden, wenig bzw. keine Einstreu
MOUTTOTOU et al.	1998a	Vollspaltenboden, Teilspaltenboden, Betonboden mit < 10 cm Stroh, Betonboden mit > 10 cm Stroh	Gesamtdurchschnitt: 51 % (steigende Prävalenzen von Betonboden mit > 10 cm Stroh bis Vollspaltenboden)	Fußbodensystem
MOUTTOTOU et al.	1998b	Aufzucht: Betonboden im Kotbereich und viel Stroheinstreu im Liegebereich Mast: wenig Stroh, sehr rutschiger Boden	85,4 %	Wenig Einstreu, rutschiger Boden
MAYER	1999	Vollspaltenboden, Teilspaltenboden, Tiefstreu, Kistenstall, „Kriegerschür“	Tiere > 90 kg: Vollspalten: 43 % Teilspalten: 27 % Kistenstall: 22 % Kriegerschür: 23 % Tiefstreu: 0 %	Fußbodensystem, einstreulose Haltung
LAHRMANN et al.	2003	Abferkelstall: Teilspaltenboden Absetzferkelstall: Vollspaltenboden Aufzuchtstall: Vollspaltenboden aus Beton (< 6 % der Tiere: Betonböden mit Einstreu)	Erkrankungsindizes (Median): Abferkelstall: 0 Absetzferkelstall: 0,67 Aufzuchtstall: 0,83	Fußbodensystem, Fußbodenmaterial, Ausstallgewicht über 30 kg
SCOTT et al.	2006	Vollspaltenboden, Haltung auf einem Strohbett	Bursitis-Score 0-5: bei Haltung auf a) Vollspalten: 1,0 b) Stroh: 0,7	Fußbodensystem

Fortsetzung Tabelle 1:

Autor	Jahr	Untersuchte Bodengestaltung	Prävalenz der akzessorischen Bursen	Prädisponierende Faktoren der Bursaentstehung
SAVARY et al.	2007	Haltung auf 5 verschiedenen Liegeunterlagen, kombiniert mit Teilspaltenboden	Keine Angabe	Fußbodensystem (Prävalenz geringer bei der Haltung auf Kunststoffmatten als auf Beton und Stroh)
KILBRIDE et al.	2008	Konventionelle Haltung	Keine Angabe	Fußbodensystem, rutschiger Boden
GILLMAN et al.	2008	Vollspaltenboden, Teilspaltenboden, Betonboden mit wenig Stroh, Betonboden mit niedrigem Strohbett, Betonboden mit tiefem Strohbett, Erdboden	Gesamtdurchschnitt: 41,2 % Vollspalten: 61,5 % Teilspalten: 46,6 % Betonboden + wenig Stroh: 50,8 % Betonboden + niedriges Strohbett: 30,5 % Betonboden + tiefes Strohbett: 24,5 % Erdboden: 4,4 %	Fußbodensystem, Material des Spaltenbodens, rutschiger und feuchter Boden, Alter
TEMPLE et al.	2012	Vollspaltenboden, Teilspaltenboden, Betonboden mit Ruhebereich, Freilandhaltung mit tiefer Einstreu	Schweine in der Aufzuchtphase: Vollspalten: Grad 1: 45,2 % Grad 2: 10,8 % Teilspalten: Grad 1: 42,1 % Grad 2: 3,2 % Betonboden: Grad 1: 9,7 % Grad 2: 0 % Freilandhaltung: Grad 1: 3,1 % Grad 2: 0 %	Fußbodensystem, Alter, Platzangebot

2.2.2 Klauenerkrankungen

Klauenerkrankungen treten beim Mastschwein häufig auf (MOUTTOTOU et al., 1999a). Für die Entstehung ist insbesondere die Fußbodenbeschaffenheit von Bedeutung (MOUTTOTOU et al., 1999a; LAHRMANN und PLONAIT, 2004), aber auch genetische Disposition, Fütterung und Hornelastizität spielen eine Rolle (LAHRMANN und PLONAIT, 2004).

In den Arbeiten von MOUTTOTOU et al. (1997b) und MOUTTOTOU et al. (1999a) hatten 93,8 % der untersuchten Mastschweine mindestens eine Art von Klauenerkrankung. Auf Teil- und Vollspaltenböden wurden meist eine übermäßige Hornabnutzung an Ferse und Fußsohle, eine partielle Ablösung der obersten Schicht des Fersenhorns, ein Defekt der weißen Linie sowie eine Ablösung des Wandhorns beobachtet. Tiere, die auf Betonboden mit Strohbett gehalten wurden, zeigten vor allem Abschürfungen an den Zehen (MOUTTOTOU et al., 1999a). Betroffen sind insbesondere die lateralen Klauen der Hintergliedmaße (MOUTTOTOU et al., 1997b). Klauenerkrankungen treten bereits bei Ferkeln nach dem Absetzen auf (GILLMAN et al., 2009).

Stallklauen entstehen durch unzureichende Abnutzung bei Bewegungsmangel (NEWTON et al., 1980; LAHRMANN und PLONAIT, 2004). Schadhafte Böden wie beispielsweise grobe Unebenheiten führen zu Quetschungen sowie Verletzungen an Sohle, Ballen und Kronsaum. Folglich bildet sich durch die chronische Reizung überschießend zerklüftetes Ballenhorn (LAHRMANN und PLONAIT, 2004).

2.3 Tierschutz und Tierwohl in der Nutztierhaltung

Ein Ziel der Europäischen Union ist die kontinuierliche Verbesserung des Tierschutzes in Nutztierbeständen (BLAHA und MEEMKEN, 2012). Auch in der Bevölkerung haben Themen wie landwirtschaftliche Tierhaltung und Tierschutz zunehmend an Bedeutung gewonnen (SALZBORN, 2013). Der Verbraucher achtet darauf, dass das Fleisch aus artgerechter Nutztierhaltung stammt, in der die ethischen Ansprüche im Hinblick auf das Tierwohlsein eingehalten werden. Zudem wird gefordert, dass Tiere unter angemessenen Bedingungen transportiert und geschlachtet werden (EUROPEAN COMMISSION, 2005; TROY und KERRY, 2010).

Aufgrund der Forderungen von Verbrauchern nach artgerechter Tierhaltung entstand 2012 die Idee für die „Initiative Tierwohl“. Initiatoren waren Vertreter des Lebensmitteleinzelhandels, die diese Idee an den Deutschen Bauernverband herangetragen

haben (RIEDL und FECHLER, 2014). An dieser Initiative nehmen nahezu alle bedeutenden Unternehmen des Lebensmitteleinzelhandels, der Fleischwirtschaft und der Landwirtschaft teil (TÖLLE, 2014). Bis August 2013 wurde ein Konzept für eine branchenweite Initiative für mehr Tierwohl in der Schweine- und Geflügelfleischproduktion erarbeitet, das am 5. September 2013 von allen Initiatoren unterschrieben wurde. Ziel ist die Weiterentwicklung des Tierschutzes in der deutschen Nutztierhaltung. Die Landwirte erhalten künftig einen Kostenausgleich, wenn sie freiwillige Leistungen für mehr Tierwohl erbringen, die über das gesetzliche Maß hinausgehen (QS, 2013b; RIEDL und FECHLER, 2014).

Es gibt Grundanforderungen, die alle erfüllen müssen sowie freiwillige Mehrleistungen (QS, 2013a). Die Einhaltung der Kriterien wird durch unabhängige Kontrollen überprüft (QS, 2013b). Der Start der Initiative ist Anfang 2015 geplant (RIEDL und FECHLER, 2014).

Die Themen Tierschutz und Tiergesundheit in der modernen Nutztierhaltung sind auch im Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung verankert. Das Ziel ist die Entwicklung einer nationalen Tierwohl-Offensive. Weitere wichtige Punkte auf der Agenda sind unter anderem die Durchsetzung EU-weit einheitlicher und höherer Tierschutzstandards sowie die Erlangung wissenschaftlicher Erkenntnisse über die Bestandsgrößen tiergerechter Haltung von Nutztieren. Hervorzuheben ist hierbei, dass ökonomische Interessen und Anforderungen an den Tierschutz sowie die Lebensmittelsicherheit keine sich widersprechenden Forderungen sind (LIEBERKNECHT, 2014).

ERNST (2013) untersuchte die Zusammenhänge von Tierbestandsgrößen und Tiergesundheit. Es konnte größtenteils nicht nachgewiesen werden, dass Tierbestandsgrößen einen Einfluss auf die Tiergesundheit haben. Essentiell für große Bestände ist jedoch die Verhinderung der Ausbreitung ansteckender Krankheiten durch gutes Management und wirkungsvolle Biosicherheits- und Hygienemaßnahmen.

Tierschutz und Tierwohl werden auf EU- und auf nationaler Ebene überprüft und geregelt. Auf EU-Ebene gilt für die amtliche Schlachttier- und Fleischuntersuchung die VO (EG) Nr. 854/2004, in der auch tierschutzrelevante Themen behandelt werden. Hier ist festgehalten, dass in der amtlichen Überwachung der Schutz der Tiergesundheit sowie das Wohlbefinden der Tiere von Bedeutung sind (Präambel, Punkt 4). Die Schlachttieruntersuchung soll sicherstellen, dass keine Anzeichen auf Verstöße gegen Tierschutzvorschriften vorliegen (VO (EG) Nr. 854/2004 Anhang I Abschnitt I Kapitel II B. Nr. 2.a). Im Anschluss an die Kontrollen

sind die Untersuchungsergebnisse durch den amtlichen Tierarzt aufzuzeichnen und zu bewerten. Haben Krankheiten oder Zustände das Wohlbefinden der Tiere beeinträchtigt, sind die Lebensmittelunternehmer, der Tierarzt des Herkunftsbetriebes oder die zuständige Behörde zu informieren (VO (EG) Nr. 854/2004 Anhang I Abschnitt II Kapitel I Nr. 1., 2.a) und b)).

Auch auf nationaler Ebene wird das Thema Tierschutz gesetzlich geregelt. Im August 2002 wurde der Tierschutz in § 20a des Grundgesetzes als Staatsziel aufgenommen. Demzufolge ist der Staat für den Schutz der Tiere verantwortlich.

In § 1 des Tierschutzgesetzes ist festgelegt, dass der Mensch sowohl Leben als auch Wohlbefinden der Tiere beschützen muss und dass keinem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zugefügt werden dürfen. In § 2 steht unter anderem, dass, wer ein Tier hält, betreut oder zu betreuen hat, es seiner Art und seinen Bedürfnissen entsprechend angemessen ernähren, pflegen und verhaltensgerecht unterbringen muss. Im Juli 2013 erfolgte eine Novellierung des Tierschutzgesetzes. In § 11 wurde der Absatz 8 ergänzt. Dieser besagt, dass „wer Nutztiere zu Erwerbszwecken hält, durch betriebliche Eigenkontrollen sicherzustellen hat, dass die Anforderungen des § 2 eingehalten werden. Insbesondere hat er zum Zwecke seiner Beurteilung, dass die Anforderungen des § 2 erfüllt sind, geeignete tierbezogene Merkmale (Tierschutzindikatoren) zu erheben und zu bewerten“. Nach der Auffassung von JÄGER (2014) besteht das Ziel dieser tierschutzbezogenen betrieblichen Eigenkontrollen darin, die Eigenverantwortung des Tierhalters zu stärken. Seit Februar 2014 gilt die Umsetzungspflicht für den Tierhalter.

BLAHA (2014) gibt Lösungsvorschläge für diese Eigenkontrollen in der Nutztierhaltung. Es soll das „Dritte-Augen-Prinzip“ angewendet werden. Teilbereiche, wie die Beurteilung der Einhaltung der geforderten Qualitäts- und Sicherheitsvorgaben, sollen an sachkundige, neutrale Personen delegiert werden. In die Eigenkontrollen sollten Daten wie Tierverluste, Antibiotikaeinsatz je Tier sowie Schlachthofbefunde einfließen. Eine neutrale Person sollte die gewonnenen Daten mit Betrieben von vergleichbaren Tierhaltungen gegenüberstellen und auswerten. Die Kontrollen dienen dem Tierwohl sowie der Tiergerechtigkeit.

BROOM (1986) definiert das Wohlbefinden eines Individuums als Fähigkeit, sich mit seiner Umwelt auseinandersetzen zu können. Tiergerechtigkeit ist nach der Definition von KNIERIM (2001) dann gegeben, wenn Tiere durch die gegebenen Umweltbedingungen keine Schmerzen, Leiden oder Schäden erfahren und das Wohlbefinden gesichert ist. VON BORELL

et al. (2012) fügten hinzu, dass die Anpassungsfähigkeit der Tiere nicht überfordert werden darf.

Im Folgenden werden zwei Systeme beschrieben, mit deren Hilfe das Wohlbefinden und die Tiergerechtheit von Nutztierhaltungen beurteilt werden können.

Das im Jahr 1979 gegründete Farm Animal Welfare Council (FAWC) erläutert Wohlbefinden anhand von fünf Freiheiten (Five Freedoms), die Nutztieren zur Verfügung stehen sollten (FAWC, 1979) (Tabelle 2).

Tabelle 2: Definition des Wohlbefindens von Nutztieren anhand der fünf Freiheiten (FAWC, 1979)

Freiheit	Maßnahme
1. Freiheit von Hunger und Durst	Zugang zu frischem Wasser und gesunder Nahrung
2. Freiheit von Unannehmlichkeiten	Bereitstellung einer angemessenen Umgebung mit Schutz- und komfortablen Ruhezeiten
3. Freiheit von Schmerz, Verletzung und Krankheit	Prävention oder schnelle Diagnose und Behandlung
4. Freiheit, Normalverhalten auszuleben	Ausreichend Platz, angemessene Einrichtungen und Kontakt zu Artgenossen
5. Freiheit von Angst und Leid	Haltungsbedingungen und Behandlungen, die psychisches Leid vermeiden

Ein weiteres System zur Beurteilung von Tierwohl und Tiergerechtheit ist das Welfare Quality® Projekt. Dieses ist eine Antwort der Lebensmittelindustrie auf die steigenden Forderungen der Verbraucher nach Produkten, die artgerecht erzeugt werden (WELFARE QUALITY®, 2009; OTTEN et al., 2013). Das Projekt wurde von der Europäischen Kommission im Rahmen des sechsten Forschungsrahmenplans gefördert und startete 2004 mit 40 Instituten in dreizehn europäischen Ländern. Im Jahr 2006 kamen vier Institute in Lateinamerika dazu. Es war das größte Forschungsprojekt zum Thema Tiergerechtheit und endete 2009 (WELFARE QUALITY®, 2009).

Da Wohlbefinden nicht direkt messbar ist (BLOKHUIS, 2008), wurde bei diesem Forschungsprojekt das Wohlergehen landwirtschaftlicher Nutztiere in den Betrieben anhand von zwölf Tierschutzkriterien in den vier Kategorien Fütterung, Unterbringung, Gesundheit

und Verhalten beurteilt und mit Hilfe einer Punkteskala bewertet. Im Anschluss wurden die Punktwerte addiert und die Betriebe in vier Kategorien von „hervorragend“ bis „nicht klassifiziert“ eingeteilt. Auf diese Weise wurde die Integration des Tierschutzes in die Nahrungsqualitätskette geprüft (BLOKHUIS). Zudem vermittelte das Projekt Fachkenntnisse für die Praxis, Tiergerechtigkeit in Betrieben und am Schlachthof zu verbessern (WELFARE QUALITY®, 2009). Die Kriterien zur Beurteilung eines Schweinemastbetriebes nach dem Welfare Quality® System zeigt Tabelle 3 (WELFARE QUALITY®, 2009; TEMPLE et al., 2011a).

Tabelle 3: Kriterien zur Messung der Tiergerechtigkeit in Schweinemastbetrieben nach dem Welfare Quality® System (WELFARE QUALITY®, 2009)

Kriterien für Tiergerechtigkeit	Messgröße
I. Gute Fütterung	
1. Nichtvorhandensein von Hunger	Body Condition Score
2. Nichtvorhandensein von Durst	Wasserangebot
II. Gute Unterbringung	
3. Bequeme Ruhemöglichkeiten	Bursitis, Nichtvorhandensein von Mist auf dem Körper
4. Thermischer Komfort	Zittern, Hecheln, sich zusammendrängen
5. Ausreichend Bewegungsfreiheit	Platzangebot
III. Gute Gesundheit	
6. Nichtvorhandensein von Verletzungen	Lahmheit, Wunden, Schwanzbeißen
7. Nichtvorhandensein von Krankheiten	Husten, Niesen, Pumpen, deformierte Schnauze, Mastdarmvorfall, Scheuern, Hautzustand, Brüche, Hernien
8. Nichtvorhandensein von Schmerz, verursacht durch unsachgemäßes Management	Kastration, Schwanzkürzen
IV. Artgemäßes Verhalten	
9. Ausüben von Sozialverhalten	Sozialverhalten
10. Ausüben anderer normaler Verhaltensweisen	Erkundungsverhalten
11. Gute Mensch-Tier-Beziehung	Angst vor dem Menschen
12. Positive Gemütsverfassung	Qualitative Verhaltensbegutachtung

Im Zuge der Entwicklung des Welfare Quality® Protokolls entstanden Diskussionen zwischen Gesellschaft und Wissenschaftlern. Zum einen gab es unterschiedliche Ansichten bezüglich der Definition von Tierwohl, zum anderen unterschied sich die Auffassung über tiergerechte Haltung. Diese Konfliktthemen wurden zwischen Fokusgruppen und Bürgerforen in sieben europäischen Ländern besprochen. Diese Diskussionsrunden waren sinnvoll, da die

Wissenschaftler die Bürger über den aktuellen Stand der Nutztierhaltung sowie über Kriterien zur Beurteilung von Tierwohl aufklärten. Gleichzeitig wurden Meinungen aus der Gesellschaft berücksichtigt, die der Weiterentwicklung des Welfare Quality® Protokolls dienten. Wissenschaftler und Gesellschaft setzten unterschiedliche Schwerpunkte, der Meinungs austausch war daher für die Entwicklung des Protokolls essentiell (MIELE et al., 2011).

Im Januar 2006 wurde ein Aktionsplan der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für den Schutz und das Wohlbefinden von Tieren verabschiedet. Für den Zeitraum von 2006 bis 2010 wurden folgende Ziele für den Aktionsplan gesteckt (EUROPEAN COMMISSION, 2006):

1. Gezieltere Ausrichtung der Gemeinschaftspolitik zum Schutz und Wohlbefinden der Tiere
2. Fortsetzung der Bemühungen um hohe Tierschutzstandards
3. Bessere Koordinierung vorhandener Ressourcen
4. Unterstützung der Forschung und Förderung von Alternativen zu Tierversuchen
5. Gewährleistung einer konsequenteren Einbeziehung des Tierschutzes in gemeinschaftliche Politikbereiche

Hierfür wurden fünf Hauptaktionsbereiche festgelegt:

1. Verbesserung bestehender Mindestnormen
2. Prioritäre Förderung der politikbezogenen Förderung – auch von Versuchstieren
3. Einführung einheitlicher Tierschutzindikatoren
4. Verbesserung des Informationsflusses über die geltenden Tierschutznormen für Tierhalter/Tierbetreuer und die Öffentlichkeit
5. Unterstützung internationaler Initiativen zur Sensibilisierung für den Tierschutz

Die Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucher der Europäischen Kommission hat im November 2009 eine externe Beratungsfirma beauftragt, die europäische Tierschutzpolitik zu evaluieren. Diese Beurteilung wurde im Dezember 2010 abgeschlossen und diente als Basis für den zukünftigen EU-Aktionsplan (EUROPEAN COMMISSION, 2010).

Seit 2012 gibt es eine neue Strategie der Europäischen Union für den Schutz und das Wohlergehen von Tieren. Diese Strategie stützt sich auf die gewonnenen Erfahrungen des

Aktionsplans von 2006 bis 2010. Es werden für den Zeitraum von vier Jahren EU-Maßnahmen vorgeschlagen, wobei die neuesten wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse berücksichtigt werden. Ziel ist es, den Tierschutz mit den wirtschaftlichen Gegebenheiten in Einklang zu bringen (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

2.4 Haltungformen für Mastschweine

2.4.1 Vollspaltenboden

Im Jahr 2010 wurde eine Landwirtschaftszählung in Deutschland durchgeführt. Diese ergab, dass 70,4 % der Haltungsplätze mit Vollspaltenböden ausgestattet sind. Dabei wurden Aufzuchtferkel, Jungschweine, Mastschweine und ausgemerzte Zuchttiere in die Beurteilung einbezogen (DESTATIS, 2010). Bei dieser Aufstallungsart ist die komplette Bucht mit Spalten ausgelegt (Abbildung 3). Die gesetzlich vorgeschriebenen Anforderungen an das Halten von Schweinen sind in Abschnitt 5 der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung festgehalten. Der Boden muss trittsicher und rutschfest sein und ein trockener Liegebereich muss den Tieren zur Verfügung stehen (§ 22 Absatz 2 Nr. 3. sowie Absatz 3 Nr. 1). Die Spaltenweite in der Mastschweinehaltung beträgt 18 mm, die Auftrittsfläche muss mindestens eine Breite von 8 cm betragen (§ 22 Absatz 3 Nr. 4). Vorgeschrieben ist ferner die Mindestbodenfläche, die bei Schweinen mit einem Durchschnittsgewicht von 50 bis 110 kg $0,75 \text{ m}^2$ pro Tier und bei über 110 kg je $1,0 \text{ m}^2$ betragen muss (§ 29 Absatz 2).

Vorteile dieser Aufstallungsart sind saubere und trockene Liegeflächen, da Kot und Urin direkt über die Spalten entsorgt werden sowie eine niedrige Belastung der Luft durch aerogene Toxine (DEN BROK und VOERMANS, 1995). Hierdurch sinken Erkrankungen des Respirationstraktes (DRUMMOND et al., 1980; SCOTT et al., 2006).

Nachteil ist die harte Liegefläche, die zu Verletzungen führen kann. In diesem Zusammenhang wird häufig das Auftreten von akzessorischen Bursen erwähnt (BÄCKSTRÖM und HENRICSON, 1966; PAPSTHARD, 1989; BERNER et al., 1990; PROBST et al., 1990; MOUTTOTOU et al., 1997a; MOUTTOTOU et al., 1998a; MOUTTOTOU et al., 1998b; MAYER, 1999; MOUTTOTOU et al., 1999b; LAHRMANN et al., 2003; SCOTT et al., 2006; GILLMAN et al., 2008; KILBRIDE et al., 2008; TEMPLE et al., 2012). Die reizarme Umgebung und fehlendes Beschäftigungsmaterial führen bei den Tieren zu Kannibalismus wie beispielsweise Schwanzbeißen (SCOTT et al., 2006). Die Möglichkeit, Stroh als Einstreu und

Beschäftigungsmaterial zu nutzen, besteht nicht, da Stroh die Spalten verlegen würde (BUSCH, 2006).

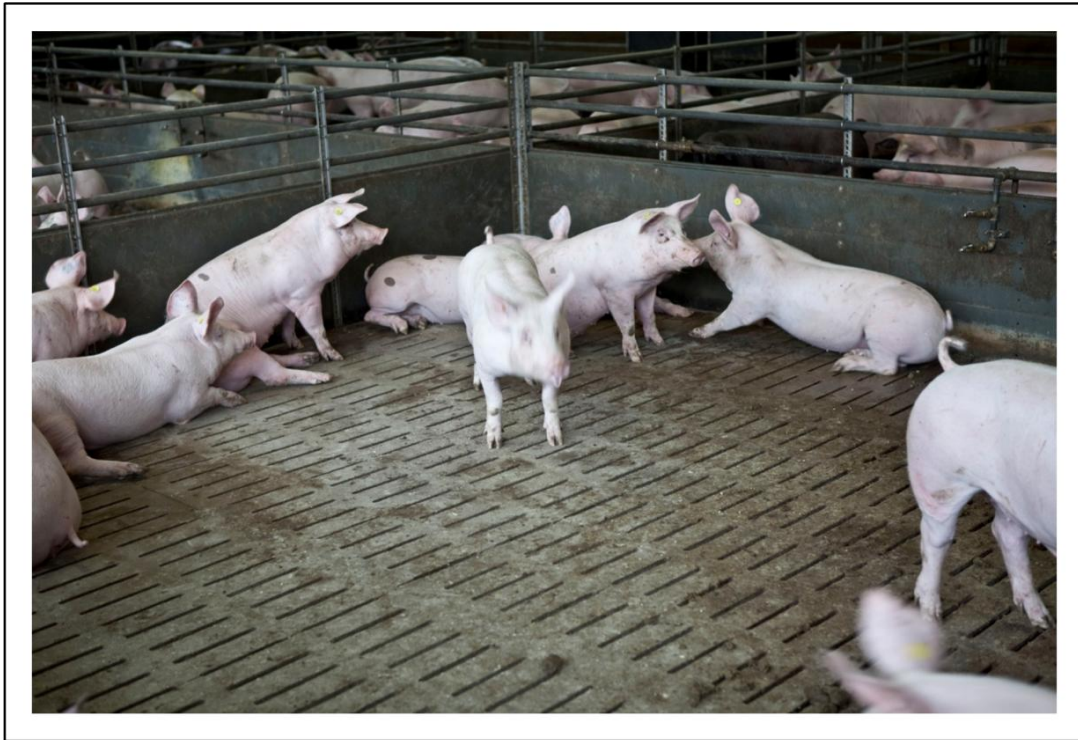


Abbildung 3: Mastschweine auf Vollspaltenboden (Quelle: NÜSKE, 2014)

2.4.2 Teilspaltenboden

Laut Zahlen der Landwirtschaftszählung im Jahr 2010 sind 22,3 % der Schweinehaltungsplätze in Deutschland (Aufzuchtferkel, Jungschweine, Mastschweine und ausgemerzte Zuchttiere) mit Teilspaltenboden ausgestattet (DESTATIS, 2010). Dieser besteht aus einer Kombination von planbefestigtem Boden im Liegebereich sowie Spaltenboden im Kotbereich (EFSA, 2007a) (Abbildung 4). Die baulichen Vorschriften entsprechen den unter Punkt 2.4.1 genannten.

Um die Häufigkeit des Schwanzbeißen zu reduzieren (PETERSEN et al., 1995), kann bei Teilspaltenboden mit Stroh eingestreut werden (BUSCH, 2006). Allerdings muss darauf geachtet werden, dass es die Spalten nicht verlegt und somit das Beseitigen von Kot und Urin erschwert bzw. verhindert (BUSCH, 2006). Die Prävalenz von akzessorischen Bursen ist niedriger als bei der Haltung auf Vollspaltenboden, jedoch höher als bei der Haltung auf Betonboden mit Stroh (PROBST, 1989; PROBST et al., 1990; MOUTTOTOU et al., 1997a;

MOUTTOTOU et al., 1998a; MAYER, 1999; MOUTTOTOU et al., 1999b; GILLMAN et al., 2008; TEMPLE et al., 2012).



Abbildung 4: Mastschweine auf Teilspaltenboden (Quelle: JAIS, 2007)

2.4.3 Tieflaufstall

Im Tieflaufstall werden die Tiere auf einer Matratze aus Stroh, Sägespänen und Holzschnitzeln eingestallt (GROENESTEIN und VAN FAASSEN, 1996; BUSCH, 2006). Während der gesamten Mastperiode wird regelmäßig Stroh hinzugegeben. Fress- und Liegeplatz sind durch eine Stufe voneinander getrennt (WEBER und STRACK, 2011) (Abbildung 5).

Vorteilhaft ist, dass die Schweine ihrem natürlichen Verhalten wie Wühlen, Erkunden und Bewegen nachgehen können (BUSCH, 2006; SCOTT et al., 2006). Durch die Beschäftigungsmöglichkeiten gibt es selten Probleme mit Kannibalismus (SCOTT et al., 2006). Das Vorkommen von akzessorischen Bursen ist geringer als bei der Spaltenbodenhaltung (PROBST, 1989; PROBST et al., 1990; MOUTTOTOU et al., 1998a; MAYER, 1999; SCOTT et al., 2006; GILLMAN et al., 2008; TEMPLE et al., 2012).

Nachteile dieses Systems sind zum einen der hohe Kostenaufwand (SCOTT et al., 2006), da der tägliche Strohbedarf pro Tier 1 kg beträgt (WEBER und STRACK, 2011), zum anderen die

starke Verschmutzung der Tiere (SCOTT et al., 2006; TEMPLE et al., 2011b). Die Gefahr der Ausbreitung von Zoonosen und Infektionskrankheiten ist höher. Die Erkrankungen des Respirationstraktes steigen (SCOTT et al., 2006) durch die mit Ammoniak und Staub angereicherte Luft an (DRUMMOND et al., 1980).



Abbildung 5: Mastschweine im Tieflaufstall mit Teilspaltenboden (eigene Aufnahme)

2.4.4 Außenklimastall

Der Außenklimastall wird als Alternative zu den geschlossenen Stallsystemen angesehen und kommt insbesondere in der ökologischen Tierhaltung vor (FRITZSCHE und VAN DEN WEGHE, 2009) (Abbildung 6). Unterschieden werden Ein- und Zweiklimaställe. Bei erst genannter Variante besteht das Gebäude aus drei Seitenwänden mit einem Dach. Alle Bauelemente sind wärmegeämmt, die Stallfront ist offen. Der Zweiklimastall hat zusätzlich einen Liegebereich, der in Form einer Kiste (Nürtinger System) oder eines begehbaren Raumes angeschlossen ist. Bei der Bodengestaltung kann zwischen Betonboden und Teilspaltenboden gewählt werden. Vollspaltenboden gibt es in diesem System nicht (BUSCH, 2006).

Vorteile dieses Systems gegenüber konventioneller Haltung sind die artgerechteren Lebensbedingungen der Tiere, niedrigere Energie- und Baukosten sowie ein verbessertes Klima für Mensch und Tier (WEBER und STRACK, 2011). Aufgrund der Fußbodengestaltung und der Möglichkeit, mit Stroh einzustreuen, ist das Auftreten von akzessorischen Bursen gering (BÄCKSTRÖM und HENRICSON, 1966; PAPSTHARD, 1989; BERNER et al., 1990; MOUTTOTOU et al., 1997a; MOUTTOTOU et al., 1998a; MAYER, 1999; MOUTTOTOU et al., 1999b; LAHRMANN et al., 2003; SCOTT et al., 2006; GILLMAN et al., 2008; KILBRIDE et al., 2008; TEMPLE et al., 2012). Beim Stallbau sollte auf die Gebäudeausrichtung geachtet werden, um eine gute Lüftung zu gewährleisten. Wichtig für die Tiere ist das Kleinklima, wärmedämmende Materialien müssen eingebaut werden (FRITZSCHE und VAN DEN WEGHE, 2009; WEBER und STRACK, 2011).



Abbildung 6: Außenklimastall (Quelle: JAIS, 2007)

2.5 Einflussfaktoren auf die Fleischqualität

Der Begriff Fleischqualität wird als Summe aller sensorischen, ernährungsphysiologischen, hygienisch-toxikologischen und verarbeitungstechnologischen Eigenschaften des Fleisches definiert (HOFMANN, 1973). Die Fleischqualität wird durch eine Vielzahl extrinsischer und intrinsischer Faktoren beeinflusst.

2.5.1 Extrinsische Faktoren

2.5.1.1 Haltung

GENTRY et al. (2002b) untersuchten den Einfluss der Geburts- und Aufzuchtumgebung von Schweinen aus konventioneller und Freilandhaltung. Schweine, die im Freien geboren wurden, hatten nach dem Absetzen ein höheres Gewicht sowie höhere durchschnittliche Tageszunahmen. Die Schlachtkörper waren schwerer und das Fleisch geschmacklich intensiver als das von Tieren, die unter konventionellen Bedingungen geboren wurden. Das Fleisch von Schweinen, die im Freien gemästet wurden, war zarter und hatte eine dunklere Farbe. Allerdings war die Rückenspeckdicke stärker ausgeprägt als bei konventionell gehaltenen Schweinen. Zusätzlich untersuchten GENTRY et al. (2002a) die Qualität des Schlachtkörpers anhand von pH-Wert, Fleischfarbe, Tropfsaftverlust und Gewicht, eine sensorische Prüfung war inbegriffen. Im Gegensatz zu GENTRY et al. (2002b) unterschied sich hier bis auf bessere Wachstumsraten die Fleischqualität von konventionell und im Freien gehaltenen Schweinen nicht.

Untersuchungen von TERLOUW et al. (2009) zeigten jedoch, dass die Haltungsart Einfluss auf das Verhalten und somit indirekt auf die Fleischqualität der Tiere hat. Im Freien gehaltene Schweine konnten mit unbekanntem Situationen besser umgehen. Sie waren gegenüber Artgenossen am Schlachthof weniger aggressiv und weniger stressanfällig. Dies wirkte sich positiv auf die Fleischqualität aus, da die Tiere weniger Stress vor der Schlachtung hatten. Das Fleisch von im Freien gehaltenen Schweinen zeichnete sich durch höhere Glykogengehalte im Muskel sowie eine intensivere rote Farbe aus.

VON LENGERKEN et al. (1998) untersuchten die Auswirkung der Außentemperatur auf die Mastleistung. Die optimale Temperatur lag bei 20 °C. Bei einer Verringerung der Temperatur auf 10 °C verschlechterte sich die Mastleistung, eine Verlagerung des Fettansatzes war die Folge. Zur Minimierung des Kälteverlustes erhöhte sich der Rückenfettanteil. Niedrige

Temperaturen ante mortem hatten jedoch einen positiven Einfluss auf die Fleischbeschaffenheit.

2.5.1.2 Transport

Ein Transport belastet die Schweine vor der Schlachtung (MARAURENS et al., 1997). Dabei hat die Transportdauer einen entscheidenden Einfluss auf die Fleischqualität (PÉREZ et al., 2002). Ist diese kurz (15 Minuten), können sich die Tiere an die neue Situation nicht gewöhnen und die Fleischqualität ist durch den akuten Stress schlechter als bei einem längeren Transport über drei Stunden, wenn die Tiere nach Ankunft sofort geschlachtet werden (PÉREZ et al., 2002).

Sowohl eine zu hohe ($0,2-0,29 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$) (VON WENZLAWOWICZ, 1994) als auch eine zu niedrige Ladedichte (210 bzw. 165 kg/m^2) auf dem Transportfahrzeug wirkt sich negativ auf die Fleischqualität aus (LAMMENS et al., 2007).

Auch der sogenannte Schwülefaktor während des Transports - er setzt sich aus der Umgebungstemperatur und dem Dampfdruck zusammen - hat Einfluss auf die Fleischqualität. Ein höherer Schwülefaktor verschlechtert diese (VON WENZLAWOWICZ, 1994). Wichtig für eine gute Fleischqualität ist ein schonender Umgang mit den Tieren beim Abladen vom Transportfahrzeug (LAMMENS et al., 2007).

2.5.1.3 Aufenthalt und Handling am Schlachthof

Untersuchungen von LAMMENS et al. (2007) zeigten, dass sich zu hohe Temperaturen sowie eine zu geringe Besatzdichte in den Wartebuchten negativ auf den pH-Wert, der 30 Minuten nach dem Schlachten am *M. longissimus dorsi* gemessen wurde, auswirkte.

Ein geeigneter Indikator, tiergerechtes Handling am Schlachthof zu beurteilen, ist die Vokalisation von Schlachtschweinen (SCHÄFFER und VON BORELL, 2005). Gründe für einen hohen Geräuschpegel sind direkte Reaktionen auf elektrische oder mechanische Treibhilfen sowie Unterbrechungen im Lauffluss beim Zutrieb zur Betäubung (SCHÄFFER und VON BORELL, 2005). Gestaltet sich das Treiben zur Betäubungsbucht als schwierig, hat dies negative Auswirkungen auf die Fleischqualität, indem das Wasserbindungsvermögen abnimmt (VAN DER WAL et al., 2000). Eine Verbesserung der Situation bewirken die optimale Gruppengröße der zu treibenden Tiere sowie ein situationsbezogener Treibhilfeneinsatz. Dies wirkt sich positiv auf die psychische und physische Belastung von

Mensch und Tier sowie auf die Fleischqualität der Schweine aus (SCHÄFFER et al., 1997). Durch die Anwendung von Schiebe-Hebe-Gattern, mit Hilfe derer die Tiere ruhig in Gruppen zur CO₂-Betäubungsanlage gelangen, wird der Geräuschpegel reduziert. Dieses System trägt zur Verbesserung des Wohlbefindens sowie der Fleischqualität bei (CHRISTENSEN und GADE, 1997).

2.5.1.4 Betäubung

Sowohl die Art als auch die Durchführung der Betäubung haben Einfluss auf die Fleischqualität. Nachteile ergeben sich insbesondere bei der Elektrobetäubung (CHANNON et al., 2000; VAN DER WAL et al., 2000; VELARDE et al., 2000; VELARDE et al., 2001). Das Vorkommen petechialer Blutungen in Schinken und Lende von Schweinen bei der Elektrobetäubung ist höher als bei der Betäubung mit CO₂. Das Auftreten von PSE-Fleisch (pale, soft, exsudative) und Ekchymosen ist bei erst genannter Betäubungsart erhöht (VELARDE et al., 2000; VELARDE et al., 2001). Beschrieben ist die Auswirkung auf den Tropfsaftverlust, der bei der Elektrobetäubung höher ist als bei der CO₂-Betäubung (CHANNON et al., 2000). Zudem sind die pH-Werte nach der Betäubung mit Elektrozange niedriger als nach einer CO₂-Betäubung (CHANNON et al., 2003; LAMMENS et al., 2007).

Die Position der Elektrobetäubungszange spielt eine wichtige Rolle. Wird diese falsch angesetzt, muss wiederholt betäubt werden. Heftige klonische Muskelkontraktionen mit Einbußen in der Fleischqualität sind die Folge (VAN DER WAL et al., 2000).

LAMMENS et al. (2007) zeigten, dass die Fleischqualität von Tieren, die mit CO₂ betäubt wurden, besser war als nach der Elektrobetäubung. Kennzeichnend hierfür waren deutlich höhere pH-Werte am M. longissimus dorsi 30 Minuten nach dem Schlachten.

2.5.2 Intrinsische Faktoren

2.5.2.1 Genetische Prädisposition

2.5.2.1.1 Rasse

In den meisten Hybridunternehmen und Zuchtprogrammen der Züchtervereinigungen wird die Dreirassenkreuzung angewendet (LITTMANN et al., 2006b). Die Mastferkel setzen sich aus der Vatterrasse Pietrain sowie einer Kreuzung aus den Mutterassen Deutsche Landrasse

und Deutsches Edelschwein zusammen. Durch die Verwendung einer dritten Rasse auf der weiblichen Seite kommt es zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit und Vitalität, was zu einer Optimierung der Fleischqualität führt (LITTMANN et al., 2006b). Hinsichtlich Schlachtkörper- und Fleischqualitätsmerkmalen unterscheiden sich die Rassen Deutsche Landrasse und Deutsches Edelschwein nicht signifikant voneinander (KALBE et al., 2005).

Die Eber der Rasse Pietrain zeichnen sich durch hohe Schlachtleistungen aus, charakteristisch sind der hohe Magerfleisch- bzw. ein niedriger Fettanteil im Schlachtkörper. Wertvolle Teilstücke, wie beispielsweise der Schinken, sollen stark ausgeprägt sein (VON LENGERKEN et al., 1998). Problematisch ist der negative genetische Zusammenhang zwischen Fleischfülle und Fleischqualität (BICKHARDT, 2004). Ursache dafür ist die Muskelhypertrophie sowie ein geringer Kapillarisierungsgrad, aus dem eine mangelhafte Sauerstoffversorgung der Muskelfasern resultiert. Endogen bedingt steigt die Stressempfindlichkeit und es kommt zu Fleischqualitätsmängeln (VON LENGERKEN et al., 1998; KALBE et al., 2005).

Die sehr guten Mast- und Schlachtleistungen kommen durch Heterosis- und Kombinationseffekte in der Zucht zustande. Die Fleischqualität bei der Dreirassenkreuzung ist bei hohem Muskelfleischanteil optimal. Die gute Widerstandskraft während der Mast führt zu geringen Ausfällen (LITTMANN et al., 2006b).

Neben der Dreirassenkreuzung gibt es unter anderem die Zweirassenkreuzung. Diese ist in der Praxis leicht durchführbar, allerdings kann der Heterosiseffekt der Sau nicht genutzt werden (LITTMANN et al., 2006b).

2.5.2.1.2 Malignes Hyperthermiesyndrom

Durch die hohen Wachstumsraten der Schweine treten das maligne Hyperthermiesyndrom (MHS) und Mängel in der Fleischqualität auf (VON LENGERKEN et al., 1998; FIEDLER et al., 1999). Die maligne Hyperthermie führt zu erhöhter Stressanfälligkeit und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von PSE-Fleisch steigt (FISCHER, 1998; VON LENGERKEN et al., 1998).

FUJII et al. (1991) fanden heraus, dass eine Punktmutation am Gen des Ryanodinrezeptors (*ryr1*) der quergestreiften Muskulatur im Zusammenhang mit der malignen Hyperthermie steht. Drei Genotypen kommen vor. Das entsprechende Gen kann homozygot (n/n), heterozygot (N/n) oder gar nicht (N/N) vorhanden sein. Die Vererbung erfolgt autosomal

rezessiv (FUJII et al., 1991). Anscheinend ist das pathologische P-Allel (MHS-Gen) des Ryanodinrezeptor-Gens für eine erhöhte Kalziumfreisetzung aus dem sarkoplasmatischen Retikulum der Muskelfasern verantwortlich, vor allem unter Halothannarkose und bei spontanen Belastungen (FUJII et al., 1991; BICKHARDT, 2004). Muskelkontraktionen führen zu einer sprunghaft gesteigerten anaeroben Glykolyse, Laktatazidose und Hyperthermie (BICKHARDT, 2004).

Tiere mit einem homozygoten Defektallel zeigen unter Narkose mit starken Triggersubstanzen (z.B. beim Halothantest) generalisierte Muskelkontraktionen, wohingegen dies bei heterozygoten Merkmalsträgern nicht vorkommt (FUJII et al., 1991; VON LENGERKEN et al., 1998). Deshalb gelten die heterozygoten Tiere sowie die Tiere, bei denen der Gendefekt nicht vorkommt, als stressunempfindlich in der Zucht (VON LENGERKEN et al., 1998). Das Fleisch von MHS homozygot positiven Tieren (n/n) ist häufig mit einem niedrigeren pH-Wert und höheren Tropfsaftverlust assoziiert (FIEDLER et al., 1999; FISHER et al., 2000). Auch bei der Farbmessung zeigen sich Unterschiede. Fleisch von Tieren des n/n Genotyps haben den höchsten Helligkeits-Wert (L^* -Wert), was im Vergleich zu den anderen beiden Genotypen für ein blasserer Fleisch spricht (FISHER et al., 2000).

2.5.2.2 Blutparameter – Akute-Phase-Proteine

Akute-Phase-Proteine (APP) sind ein Bestandteil der unspezifischen, angeborenen Immunabwehr (MURATA et al., 2004). Sie stellen eine Gruppe von Blutproteinen dar, die aufgrund innerer oder äußerer Reize ihre Konzentrationen ändern (GABAY und KUSHNER, 1999; MURATA et al., 2004). Durch derartige Reize kommt es zur Produktion von Zytokinen wie Interleukin 1, Interleukin 6 sowie dem Tumornekrosefaktor α . Diese lösen die Synthese verschiedener APP in den Hepatozyten aus, die ins Blutplasma abgegeben werden (HEINRICH et al., 1990; BAUMANN und GAULDIE, 1994; STEEL und WHITEHEAD, 1994).

Auslöser können Infektionen, Traumata oder Neoplasien sein (HEINRICH et al., 1990; BAUMANN und GAULDIE, 1994; STEEL und WHITEHEAD, 1994; GABAY und KUSHNER, 1999; PETERSEN et al., 2002; CHEN et al., 2003). Zudem kommen nicht entzündliche Faktoren in Frage, wie beispielsweise Stress, Transport, Gewöhnung an eine neue Umgebung, soziale Isolation sowie Stoffwechselerkrankungen (MURATA et al., 2004; PIÑEIRO et al., 2007; SALAMANO et al., 2008; SOLER et al., 2013).

Man unterscheidet negative und positive APP, die auf einen Reiz mit sinkender bzw. steigender Serumkonzentration reagieren (MURATA et al., 2004). Negative APP sind Albumin und Transferrin, positive sind Haptoglobin (Hp), C-reaktives Protein (CRP) und Serum-Amyloid A (SAA) (MURATA et al., 2004).

Im Folgenden wird auf die Akute-Phase-Proteine CRP und Haptoglobin näher eingegangen, da diese in der Diagnostik bereits als Marker für Stress genutzt sowie die Konzentrationen in Abhängigkeit von der Haltungsförm der Schweine untersucht wurden (MURATA et al., 2004; SCOTT et al., 2006; PIÑEIRO et al., 2007; SALAMANO et al., 2008).

2.5.2.2.1 C-reaktives Protein

CRP ist ein Pentamer mit fünf identischen Untereinheiten (DU CLOS und MOLD, 2001). Es schützt vor Infektionen, vermeidet Autoimmunisierung, beseitigt geschädigtes Gewebe und reguliert die Entzündungsreaktion (MOLD et al., 2002). CRP wird für die Diagnostik in folgenden Bereichen genutzt.

Die Serumkonzentration von CRP steigt bei Erkrankungen wie Pleuropneumonien, Perikarditiden oder Arthritiden (CHEN et al., 2003; PALLARÉS et al., 2008). Stress verursacht ebenfalls einen Anstieg der CRP-Konzentration (MURATA et al., 2004; PIÑEIRO et al., 2007; SALAMANO et al., 2008). PIÑEIRO et al. (2007) führten Untersuchungen beim Straßentransport von Schweinen zum Schlachthof durch. Die Konzentration von CRP und anderen positiven APP war nach dem Transport signifikant höher als vorher. Die höchsten APP-Konzentrationen wurden am Schlachthof nach sechs Stunden Wartezeit gemessen (PIÑEIRO et al., 2007). SCOTT et al. (2006) stellten fest, dass Schweine, die aus Vollspaltenbodenhaltung stammten, in der Mast sowie am Schlachthof höhere CRP-Werte hatten als Tiere, die auf Stroh gehalten wurden.

2.5.2.2.2 Haptoglobin

Haptoglobin besteht aus einer α - und einer β -Polypeptidkette, die durch Disulfidbrücken miteinander verbunden sind (SHIM et al., 1971; MORIMATSU et al., 1991). Es bindet bei der Hämolyse entstehendes freies Hämoglobin, das somit für Bakterien nicht mehr nutzbar ist (ECKERSALL, 2000).

Die Serumkonzentration von Haptoglobin steigt auch bei Erkrankungen wie Pleuropneumonien, Perikarditiden oder Arthritiden und dient zudem der unspezifischen

Bestimmung des Ausmaßes und Schweregrades von Lungenerkrankungen bei Schlachtschweinen (CHEN et al., 2003; PALLARÉS et al., 2008). Erhöht ist die Haptoglobinkonzentration im Serum bei Schweinen mit Lahmheiten und Verletzungen durch Schwanz- und Ohrenbeißen (PETERSEN et al., 2002).

SCOTT et al. (2006) fanden heraus, dass die Haptoglobinkonzentration im Schweineserum von Tieren bei Vollspaltenbodenhaltung höher war als bei Haltung auf Stroh. Wie bereits in Gliederungspunkt 2.5.2.2.1 beschrieben, dient auch Haptoglobin der Beurteilung von Stressreaktionen (MURATA et al., 2004; PIÑEIRO et al., 2007; SALAMANO et al., 2008). PIÑEIRO et al. (2007) wiesen nach, dass die Haptoglobinkonzentration in Schweineseren nach dem Straßentransport deutlich erhöht und die höchsten Konzentrationen am Schlachthof nach sechs Stunden Wartezeit gemessen wurden (SALAMANO et al., 2008).

Anwendung findet die Konzentrationsbestimmung von Haptoglobin zudem in der Schweineproduktion. LIPPERHEIDE et al. (2000) untersuchten Tiere aus einem Betrieb mit schlechtem Hygienestatus und unzureichenden Umweltbedingungen. Die Haptoglobinkonzentrationen waren oberhalb des Referenzbereiches. Ursache dafür könnten subklinische Erkrankungen oder immunologischer Stress durch schlechte Umweltbedingungen gewesen sein (LIPPERHEIDE et al., 2000).

2.6 Bestimmung der Fleischqualität

Bei der Bestimmung der Fleischqualität wird zwischen äußerer und innerer Qualität unterschieden. Die äußere Qualität beschreibt primär die Ausbildung des Schlachtkörpers mit seinen fleischtragenden Partien sowie dem Verfettungsgrad. Gemessen wird hierfür der Muskelfleischanteil (MF) (LITTMANN et al., 2006a). Die innere Qualität umfasst insbesondere Merkmale der Fleischbeschaffenheit, wie beispielsweise pH-Wert-Abfall, Wasserbindungsvermögen oder auch Fleischfarbe (DE VRIES und VAN DER WAL, 1993; LITTMANN et al., 2006a).

2.6.1 Bestimmung des Muskelfleischanteils

Ein entscheidendes Kriterium für die Schlachtkörperqualität ist der Muskelfleischanteil (HENNING und BAULAIN, 2006). Zu dessen Klassifizierung werden Sonden- und Ultraschallgeräte verwendet.

Sondengeräte haben ein optoelektrisches Messsystem. Weit verbreitet sind das Fat-O-Meater (FOM) sowie das Hennessy-Grading-System (HGP 4) (LITTMANN et al., 2006a). Sie messen die Rückenspeckdicke sowie die Dicke des Rückenmuskels an den Schweinehälften, die längs der Wirbelsäule gespalten wurden. Mit Hilfe folgender Formel aus der Schweineschlachtkörper-Handelsklassenverordnung (SchwHKIV) wird der Muskelfleischanteil errechnet:

$$MF = 60,98501 - 0,85831 \times S + 0,16449 \times F$$

MF = geschätzter prozentualer Muskelfleischanteil

S = Rückenspeckdicke (einschließlich Schwarte) in mm, gemessen 7 cm seitlich der Trennlinie der zweit- und drittletzten Rippe

F = Dicke des Rückenmuskels in mm, gleichzeitig und an derselben Stelle wie S gemessen

Anschließend erfolgt die Einteilung in das Handelsklassenschema in Anlage 1 der SchwHKIV. Die Anforderungen der jeweiligen Handelsklasse beschreibt Tabelle 4.

Tabelle 4: Handelsklassenschema (nach Anlage 1 der SchwHKIV)

Handelsklasse	Ermittelter Muskelfleischanteil (%) des Schweineschlachtkörpers zwischen 50-120 kg
S	60 und mehr
E	55 und mehr, jedoch weniger als 60
U	50 und mehr, jedoch weniger als 55
R	45 und mehr, jedoch weniger als 50
O	40 und mehr, jedoch weniger als 45
P	weniger als 40

SchwHKIV: Schweineschlachtkörper-Handelsklassenverordnung

Ultraschallgeräte, wie zum Beispiel das Auto-FOM-Gerät, sind in der Praxis noch nicht weit verbreitet. Das Messprinzip beruht auf den unterschiedlichen Echos der verschiedenen Gewebearten. Nach dem Entborsten werden die Tiere auf dem Rücken über das Gerät gezogen, wobei Schallköpfe zahlreiche Einzelmessungen durchführen. Im Anschluss wird der prozentuale Muskelfleischanteil des gesamten Schlachtkörpers sowie verschiedener Teilstücke ermittelt. Nach der Bestimmung des Zweihälftengewichtes werden die Teilstückergebnisse in Kilogramm (kg) berechnet (LITTMANN et al., 2006a).

Die Messung des Muskelfleischanteils ist von wirtschaftlicher Bedeutung, da der Grundpreis für einen bestimmten Muskelfleischanteil festgelegt wird. Schlachtkörper mit nieder- oder höherprozentigem Muskelfleischanteil erhalten Ab- bzw. Zuschläge. Zudem gibt es Schlachtgewichtsgrenzen, die bei Über- bzw. Unterschreitungen Abzüge zur Folge haben (LITTMANN et al., 2006a).

2.6.2 Messung des pH-Wertes

Der pH-Wert spielt für die Fleischqualität eine bedeutende Rolle, da dieser die Eigenschaften des Fleisches wie Farbe, Zartheit, Geschmack, Wasserbindungsvermögen und Haltbarkeit entscheidend beeinflusst (HOFMANN, 1986).

Definiert wird er als negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration H^+ . Je höher die H^+ -Konzentration, desto niedriger ist der pH-Wert. Im lebenden Muskel liegt er bei 7,2 (HOFMANN, 1986). Postmortal wird Glykogen zu Laktat abgebaut, wodurch der pH-Wert im Muskel sinkt (HOFMANN, 1986; HONIKEL, 1998; LITTMANN et al., 2006a). Eine

Stunde post mortem (p.m.) liegt der normale pH-Wert bei Schlachtkörpern mit sehr guter Fleischbeschaffenheit im M. longissimus dorsi bei $> 6,00$. Bei guter Fleischbeschaffenheit liegt er bei $5,81 - 6,00$. Vierundzwanzig Stunden p.m. wird ein Endwert von $5,4 - 5,5$ erreicht (LITTMANN et al., 2006a). LAMMENS et al. (2007) und CHANNON et al. (2003) beschrieben höhere pH-Werte nach der CO_2 -Betäubung als nach der Elektrobetäubung.

Die Messpunkte sind in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) Lebensmittelhygiene beschrieben (Anlage 4 Nr. 4.2). Der erste Wert wird am M. semimembranosus, ca. 5 cm vom kaudalen Ende der Beckensymphyse im Winkel von 120° oberhalb der Symphyse, der zweite am M. longissimus dorsi zwischen dem 13. und 14. Dornfortsatz der Brustwirbelsäule, ermittelt.

2.6.2.1 PSE-Fleisch

Sinkt der pH-Wert zu schnell, d.h. innerhalb der ersten Stunde p.m. auf $< 5,60$, entsteht PSE-Fleisch (pale, soft, exsudative) mit blassem, weichem und wässrigem Charakter. Bei Werten von $5,60 - 5,80$ besteht der Verdacht auf PSE-Fleisch (LITTMANN et al., 2006a). Verantwortlich sind starke Erregungen unmittelbar vor dem Schlachten, heftige Muskelexzitationen bei der Betäubung sowie der Blutentzug. Es kommt zu einer maximalen Beschleunigung der anaeroben Glykolyse. Laktat wird gebildet. Proteine denaturieren beim Absinken des pH-Wertes und gleichzeitiger Temperaturerhöhung im Muskel. Es bildet sich blasses, weiches und wässriges Fleisch (OFFER, 1991; HONIKEL, 1998; BICKHARDT, 2004; HEINRITZI, 2006). PSE-Fleisch hat ein geringes Wasserbindungsvermögen, einen hohen Tropfsaftverlust sowie eine reduzierte Zartheit (HONIKEL, 1998; FISCHER, 1999; WENDT et al., 2000; HEINRITZI, 2006).

2.6.2.2 DFD-Fleisch

Ein sehr langsamer und unvollständiger Abfall des pH-Wertes ($\text{pH}_{24} > 6,20$) hat dunkles, „lehmiges“ und weniger haltbares DFD-Fleisch (dark, firm, dry) zur Folge. Dies ist nach 24 Stunden messbar (HOFMANN, 1986; HONIKEL und SCHWÄGELE, 1998).

Ursache ist das Schlachten von Tieren nach längerer, erschöpfender Belastung und extremer Stresssituation (THIEMIG et al., 1997; HONIKEL und SCHWÄGELE, 1998; BICKHARDT, 2004). Hierbei wurden die Glykogenreserven bereits im Vorhinein aktiviert, sodass ein überwiegender Teil von Laktat und Wasserstoffionen vor der Schlachtung aus dem Muskel

ins Blut übergetreten ist (HONIKEL und SCHWÄGELE, 1998; BICKHARDT, 2004; LITTMANN et al., 2006a).

Charakteristisch sind niedrige Laktatgehalte mit relativ hohem pH-Wert. DFD-Fleisch kommt beim Schwein seltener vor als PSE-Fleisch (BINKE, 2003; BICKHARDT, 2004). Der hohe pH-Wert führt zu einer leichteren mikrobiellen Verderblichkeit. Dieses Fleisch kann nicht für die Produktion von Rohfleischwaren genutzt werden, sondern muss zügig verarbeitet oder verbraucht werden (HONIKEL und SCHWÄGELE, 1998; LITTMANN et al., 2006a).

2.6.3 Messung des Wasserbindungsvermögens

Fleisch besteht zu 70 - 75 % aus Wasser und zu 20 % aus Proteinen. Muskelproteine spielen eine bedeutende Rolle für das Wasserbindungsvermögen (WBV) (HONIKEL, 1986b). Das WBV ist vom pH-Wert des Fleisches abhängig, d.h. vom Quellungsvermögen der Fleischproteine sowie von Muskeltyp und Tierart (HONIKEL, 1986a).

Das WBV kann mit drei verschiedenen Messmethoden ermittelt werden. Die erste beruht auf der Bestimmung des Tropfsaftverlustes. Hierbei wird die Restmenge an Wasser im Fleisch nach dem Lagern oder Hängen bestimmt. Bei der zweiten Methode wird Druck auf das Fleisch ausgeübt und die auspressbare Gewebsflüssigkeit bestimmt (HONIKEL, 1986b). Als Hilfsmittel dient das Braunschweiger Gerät. Eine große auspressbare Flüssigkeitsmenge weist auf eine geringe Wasserbindung des Fleisches hin. Die Anwendung des Gerätes und die Ergebnisbeurteilung sind in der AVV Lebensmittelhygiene angegeben (Anlage 4 Nr. 5). Bei der dritten Methode wird der Kochverlust gemessen (HONIKEL, 1986b).

PSE-Fleisch hat ein geringes, DFD-Fleisch durch die Quellung der Fibrillen ein höheres Wasserbindungsvermögen (HONIKEL und SCHWÄGELE, 1998).

2.6.4 Messung der Fleischhelligkeit und Fleischfarbe

Eine weitere Methode zur Kontrolle der Fleischqualität stellt die Messung von Fleischhelligkeit bzw. -farbe dar, wobei überwiegend die Fleischhelligkeit gemessen wird (HONIKEL, 1998). Die Messung erfolgt 24 Stunden p.m. beispielsweise mit dem Opto-Star-Gerät (Fa. Matthäus, Klaus, Deutschland) im *M. longissimus dorsi* durch Aussendung eines Lichtstrahls in definierter Wellenlänge. Anschließend wird die reflektierte Lichtmenge ermittelt. Werte zwischen 66 und 80 bzw. 61 und 65 bedeuten eine sehr gute bzw. gute

Fleischbeschaffenheit. Ein Opto-Wert unter 55 deutet auf PSE-Fleisch hin, bei einem Wert über 80 besteht der Verdacht auf DFD-Fleisch (LITTMANN et al., 2006a).

PSE-Fleisch erscheint blass, da die Myoglobinmoleküle innerhalb der ersten Stunden p.m. denaturieren. DFD-Fleisch ist durch die bessere Bindung von Sauerstoff an Myoglobin dunkler (HONIKEL, 1998).

Eine zweite Möglichkeit ist die objektive Farbmessung mittels Spektralphotometer. Messpunkt ist der Anschnitt des M. longissimus dorsi. Bei der Messung werden die drei Helligkeits- und Farbwerte L^* , a^* und b^* (System der CIE, Commission Internationale de l'Eclairage) erfasst (MUCK, 1999).

Der $L^*a^*b^*$ -Farbraum ist durch die Helligkeit L^* und die Farbkoordinaten a^* und b^* gekennzeichnet, wobei die beiden letzten Variablen sowohl den Farbton als auch die Buntheit der Farben widerspiegeln. Der L^* -Wert hat das Spektrum von weiß bis schwarz, der a^* -Wert deutet auf einen Rot- bzw. Grünanteil hin und der b^* -Wert auf einen Gelb- oder Blauanteil (HONIKEL, 1996; KONICA MINOLTA, 2003). VAN DER WAL et al. (1988) geben für unauffälliges sowie für PSE- und DFD-Fleisch in Tabelle 5 genannte Werte an.

Tabelle 5: $L^*a^*b^*$ - Werte bei verschiedenen Fleischqualitäten nach 24 Stunden (VAN DER WAL et al. 1988)

	L^* - Wert	a^* - Wert	b^* - Wert
unauffälliges Fleisch	53,5 ± 1,3	6,3 ± 1,2	13,7 ± 0,8
PSE-Fleisch	59,2 ± 2,1	7,4 ± 1,2	16,0 ± 0,8
DFD-Fleisch	42,7 ± 1,8	8,0 ± 1,4	10,5 ± 1,0

L^ : Helligkeitswert, a^* und b^* : Farbwerte*

3 Material und Methoden

Die Untersuchungen in der vorliegenden Arbeit wurden im Rahmen einer Fall-Kontroll-Studie durchgeführt. Dazu wurden Befunde von Tieren aus konventioneller und ökologischer Haltung erhoben.

3.1 Tiere

Für die vorliegende Studie wurden 948 Mastschweine aus konventioneller und 58 Mastschweine aus ökologischer Haltung an vier Schlachthöfen in Süddeutschland untersucht und beprobt (Tabelle 6). Laut Aussage der jeweiligen Schlachthofbetreiber handelte es sich in der Regel um Masthybride folgender Kreuzungen: Pietrain und Deutsche Landrasse sowie Pietrain und eine Kreuzung aus Deutscher Landrasse und Deutschem Edelschwein. Männliche Tiere waren stets kastriert.

Schweine aus konventioneller Haltung werden laut Daten des Statistischen Bundesamtes zu über 90 % auf Teil- und Vollspaltenböden gehalten (DESTATIS, 2010). Es wird davon ausgegangen, dass die untersuchten Tiere auch zu über 90 % auf Teil- und Vollspaltenböden gehalten wurden. Die Tiere hatten ein Schlachalter von ca. sechs Monaten.

Die Mastschweine aus ökologischer Haltung wurden auf Betonboden mit Stroh im Warm- und Auslaufbereich gemästet. Das Schlachalter betrug sieben bis acht Monate.

Tabelle 6: Anzahl der weiblichen und männlichen untersuchten Tiere der Schlachthöfe A - D

	A - C	D
Anzahl weiblicher Tiere	465	30
Anzahl männlicher Tiere	483	28
Gesamtsumme	948	58

A-C: Tiere aus konventioneller Haltung, D:Tiere aus ökologischer Haltung

3.2 Material

Für die Probennahmen wurden folgende Verbrauchsmaterialien benötigt:

- Viehzeichenstift rot [MS Schippers, Kerken, Deutschland, Art.-Nr. 0304397RED]
- Viehzeichenstift grün [MS Schippers, Kerken, Deutschland, Art.-Nr. 0304397GRE]
- Abstandsmarkierer [MS Schippers, Kerken, Deutschland, Art.-Nr. 0304350]

- Ohrmarken Primaflex gelb blanko [MS Schippers, Kerken, Deutschland, Art.-Nr. 0404242YEL-50]
- Zange für Primaflex Ohrmarken [MS Schippers, Kerken, Deutschland, Art.-Nr. 0403669]
- Schlagstempel [Siepman GmbH, Herdecke, Deutschland, Art.-Nr. 5942]
- Zahlen für den Schlagstempel [Siepman GmbH, Herdecke, Deutschland, Art.-Nr. 5813]
- Tätowiertusche schwarz [Siepman GmbH, Herdecke, Deutschland, Art.-Nr. 7445]
- Stempelkissen [Siepman GmbH, Herdecke, Deutschland, Art.-Nr. 7446]
- Probenbeutel [VWR, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 129-9811]
- Reagenzglas- und Reaktionsgefäßgestelle [VWR, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 212-7122]
- Eppendorfgefäße 2 ml [Sarstedt AG & Co., Nümbrecht, Deutschland, Art.-Nr. 72.695.400]
- Serumröhrchen mit Gerinnungsaktivator 10 ml [Sarstedt AG & Co., Nümbrecht, Deutschland, Art.-Nr. 26.323]
- Pufferlösung pH 4,01 [Testo AG, Lenzkirch, Deutschland, Art.-Nr. 0554 2061]
- Pufferlösung pH 7,00 [Testo AG, Lenzkirch, Deutschland, Art.-Nr. 0554 2063]

Für die Laborarbeiten wurden folgende Verbrauchsmaterialien und Instrumente benötigt:

- Plate-Count-Agar [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 1.05463.0500]
- Columbia-Agar mit Schafsblut [Oxoid, Wesel, Deutschland, Art.-Nr. PB5039A]
- Verdünnungsflüssigkeit: Pepton 1 g [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 1.07214.1000]
NaCl 8,5 g [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 1.06404.1000]
- API Staph [bioMérieux, Craponne, Frankreich, Art.-Nr. 20500]
- Pig CRP ELISA-Kit [Life Diagnostics Ltd., West Chester, Pennsylvania, USA, Art.-Nr. 2210-6]
- Pig Haptoglobin ELISA-Kit [Life Diagnostics Ltd., West Chester, Pennsylvania, USA, Art.-Nr. 2210-4]
- Rotilabo[®]-Weithalsbehälter PVC [Carl Roth GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Deutschland, Art.-Nr. H317.1]
- Pipette 0,5-10 µl Eppendorf Research[®] [Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art.-Nr. 3120000020]
- Pipette 10-100 µl Eppendorf Research[®] [Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art.-Nr. 3120000046]
- Pipette 30-300 µl Eppendorf Research[®] [Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art.-Nr. 3120000100]
- Pipette 100-1000 µl Eppendorf Research[®] [Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art.-Nr. 3120000062]
- Pipettenspitzen 0,5-20 µl [Brand GmbH & Co. KG, Wertheim, Deutschland, Art.-Nr. 732004]
- Pipettenspitzen 2-200 µl [Brand GmbH & Co. KG, Wertheim, Deutschland, Art.-Nr. 732008]
- Pipettenspitzen 5-300 µl [Brand GmbH & Co. KG, Wertheim, Deutschland, Art.-Nr. 732010]
- Pipettenspitzen 50-1000 µl [Brand GmbH & Co. KG, Wertheim, Deutschland, Art.-Nr. 732012]
- Einmal-Skalpell steril [megro GmbH & Co. KG, Wesel, Deutschland, Art.-Nr. FEA 110]
- Pinzette chirurgisch [megro GmbH & Co. KG, Wesel, Deutschland, Art.-Nr. MAR 123011607]
- Einmalhandschuhe Nitril light [VWR, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 112-1737]
- Reagenzgläser starkwandig mit glattem Rand [Karl Hecht GmbH & Co. KG, Sondheim an der Rhön, Deutschland, Art.-Nr. 2775/16]
- Bunsenbrenner Fuego SCS basic [WLD-Tec GmbH, Göttingen, Deutschland, Art.-Nr. 8.001.000]

- destilliertes Wasser
- Formalin 10 %
- Impfösen [VWR, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 612-2675]
- Objektträger mit geschliffenen Kanten [VWR, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 631-0907]
- Deckgläser 24x24 mm [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 613F9415]
- HE-Färbung:
 - Hämatoxylin [AppliChem Inc., St. Louis, Missouri, USA, Art.-Nr. A3865]
 - Natriumjodat [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 6525]
 - Aluminiumkaliumsulfat-Dodecahydrat [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 1.01047]
 - Chloralhydrat [Sigma Aldrich, St. Louis, Missouri, USA, Art.-Nr. 15307]
 - Zitronensäure [AppliChem Inc., St. Louis, Missouri, USA, Art.-Nr. A1350]
 - Eosin [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 1.15935]
 - Eisessig [AppliChem Inc., St. Louis, Missouri, USA, Art.-Nr. A0661]
 - Ethanol [CLN GmbH, Niederhummel, Deutschland, Art.-Nr. 522060]
- PTAH-Färbung:
 - Kaliumdichromat [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 4864]
 - Salzsäure [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 1.00317]
 - Kaliumpermanganat [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 5080]
 - Schwefelsäure [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 731]
 - Oxalsäure [AppliChem Inc., St. Louis, Missouri, USA, Art.-Nr. A2639]
 - Hämatoxylin [AppliChem Inc., St. Louis, Missouri, USA, Art.-Nr. A3865]
 - Phosphorwolframsäure [Merck, Darmstadt, Deutschland, Art.-Nr. 1.00582]

Für die Probenahmen und Laborarbeiten wurden folgende Geräte benötigt:

- Zentrifuge 5804 R [Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art.-Nr. 5805000327]
- Tischzentrifuge EBA 20 [Andreas Hettich GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland, Art.-Nr. HET2002]
- pH-Messgerät testo 205 [Testo AG, Lenzkirch, Deutschland, Art.-Nr. 0563.2052]
- Hennessy HGP 4 [Hennessy Grading Systems, Auckland, Neuseeland, Art.-Nr. 20.11.1990 90.01]
- Brutschrank 37 °C: Heraeus Inkubator [Thermo Scientific, Langenselbold, Deutschland, Art.-Nr. 51015281]
- Kühlbox [Waeco GmbH, Emsdetten, Deutschland, Art.-Nr. 9105302036]
- Gefrierschrank -20 °C Liebherr Premium [Liebherr, Bulle, Schweiz, Art.-Nr. 4166]
- Gewebeentwässerungsautomat Tissue-Tec® VIP [Sakura Finetek, Alphen aan den Rijn, Niederlande, Art.-Nr.5902]
- Paraffin Paraplast® [Leica Biosystems, Wetzlar, Deutschland, Art.-Nr. 39501006]
- Mikrotom Leica Jung RM 2055 [Leica Biosystems, Wetzlar, Deutschland, Art.-Nr. 043019665]
- Plattformschüttler Titramax 1000 [Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, Deutschland, Art.-Nr. 544-12200-00]
- Mikrotiterplatten-Washer [Mikura, West Sussex, Großbritannien, Art.-Nr. 8.1000]
- Mikroplatten-Reader Model 680 [Bio-Rad, Hercules, Kalifornien, USA, Art.-Nr. 168-1000]
- 450 nm Filter [Bio-Rad, Hercules, Kalifornien, USA, Art.-Nr. 168-1020]
- Fotoapparat Samsung WB 500 [Samsung, Seoul, Südkorea, Art.-Nr. EC-WB500BBP/E3]

3.3 Methoden

In der Fall-Kontroll-Studie wurden Mastschweine aus konventioneller Haltung mit einer Kontrollgruppe aus ökologischer Haltung verglichen. An insgesamt acht Untersuchungstagen in drei Schlachthöfen wurden die konventionell gehaltenen Schweine untersucht und beprobt. Die Befunde von Tieren aus ökologischer Haltung wurden während handwerklicher Schlachtungen an sieben Untersuchungstagen erhoben.

Kennzahlen und Merkmale der vier Schlachthöfe sind in Tabelle 7 dargestellt. Die Schlachthöfe A bis C wurden mit Tieren aus konventioneller Haltung beliefert. Schlachthof D stellte den ökologischen Betrieb mit handwerklicher Schlachtung dar. Die Informationen in Tabelle 7 wurden von den jeweiligen Schlachthofbetreibern bereitgestellt.

Tabelle 7: Kennzahlen und Merkmale der Schlachthöfe A - D

	Schlachthof			
	A	B	C	D
Schlachtstage/Woche	5	5	6	1
Schweine/Tag (ca.)	1.800	1.100	5.000	8-10
Schweine/Jahr (ca.)	460.000	300.000	1,4 Mio.	500
Betäubungsart	CO ₂	Elektro	CO ₂	Elektro
Haltungsform der angelieferten Tiere	Konventionell	Konventionell	Konventionell	Ökologisch

Mio.: Millionen, CO₂: Kohlenstoffdioxid, konventionell: > 90 % Teil- und Vollspaltenböden, ökologisch: Betonboden mit Stroh und Auslauf

Zu Beginn der eigenen Untersuchungen wurde die Stichprobenzahl für die Befunderhebung an Tieren aus konventioneller Haltung so berechnet, dass das 95 %-Konfidenzintervall (CI₉₅) der geschätzten Prävalenz bei ± 5 Prozentpunkten lag. Da mit Hilfe einer Vorabstichprobe von 200 Tieren abgeschätzt wurde, dass mindestens 70 % der Tiere eine akzessorische Bursa haben, ergab sich eine Stichprobenzahl von 300 Tieren pro Schlachthof A bis C (BORTZ und DÖRING, 2009). Die Tiere wurden randomisiert ausgewählt, d.h. jedes fünfte Tier wurde bewertet.

Die Zahl der zu untersuchenden Schweine aus ökologischer Haltung wurde so gewählt, dass in einem Chi-Quadrat-Vierfelder-Test eine Differenz von mindestens 20 Prozentpunkten bei einem Signifikanzniveau von 5 % und einer Power von 80 % als signifikant erkannt werden konnte. Zudem war eine Fallzahl von 58 Tieren ausreichend, um mit einem t-Test

Unterschiede in metrischen Parametern mit einem Effektmaß Cohen d von mindestens 0,4, einem Signifikanzniveau von 5 % und einer Power von 80 % als signifikant zu erkennen. Aufgrund der geringen Schlachtzahl von 8-10 Schweinen pro Woche wurden alle Tiere eines jeden Schlachttages in die Studie eingeschlossen. Die wahre Prävalenz der akzessorischen Bursen wurde analog zu GILLMAN et al. (2008) mit folgender Formel berechnet:

$$\frac{\text{Anzahl randomisiert ausgewählter Schweine mit Bursa}}{\text{Gesamtzahl randomisiert untersuchter Schweine}} \times 100 = \text{Prävalenz (\%)}$$

3.3.1 Untersuchungsmethoden

3.3.1.1 Befunderhebung am lebenden Tier

Die Befunderhebung am lebenden Tier erfolgte stets durch dieselbe Person beim Eintrieb zur Betäubung. Die randomisiert ausgewählten Tiere wurden adspektorisch auf akzessorische Bursen untersucht. Bursagrad und Anzahl der betroffenen Gliedmaßen wurden dokumentiert. Die prominenteste Veränderung diente als Beurteilungsmaßstab. Die akzessorischen Bursen wurden in Schweregrade von 0 bis 3 eingeteilt. Die Kriterien der Einteilung erläutert Tabelle 11 (Seite 44). Dieses Boniturschema zur Gradeinteilung von akzessorischen Bursen wurde im Rahmen dieser Studie entwickelt.

Zudem wurde das Geschlecht der Tiere bestimmt. Eine farbliche Markierung der ausgewählten Schweine diente der Zuordnung nach der Betäubung.

3.3.1.2 Befunderhebung und Probenahme am Schlachtkörper

Nach dem Entblutungsstich wurden den markierten Tieren Blutproben entnommen. Für eine sichere Identifizierung der ausgewählten Schweine erfolgte die dauerhafte Markierung mit Ohrmarken bzw. Schlagstempel.

Eine Person entnahm im weiteren Schlachtverlauf den markierten Tieren Bursaprobe. Die prominenteste Veränderung wurde herausgeschnitten, in nummerierte Beutel gegeben und anschließend in einer Kühlbox bis zur weiteren Untersuchung bei + 7 °C gelagert.

Auch die Pleura der Tiere wurde beurteilt. Angewendet wurde der Befundschlüssel in Anlage 3 der AVV Lebensmittelhygiene nach Anhang I Abschnitt IV Kapitel IV Teil B der Verordnung (EG) Nr. 854/2004. Differenziert wurden drei Befundkategorien von 0 bis 2. Beurteilungsmaßstab war der prozentuale Anteil der veränderten Pleurafläche (Tabelle 8). Befunde an Lunge, Herzbeutel und Leber wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht erhoben.

Tabelle 8: Vorgabe nach Anlage 3 der AVV Lebensmittelhygiene zur Erfassung und Einteilung von Organbefunden beim Mastschwein

Organ	Veränderter Anteil	Befundkategorie	Befundschlüssel
Lunge (Gewebe)	bis zu 10 %	0	o.b.B., PN1
	10 % bis 30 %	1	PN2
	über 30 %	2	PN3
Brustfell (anhaftende Fläche)	bis zu 10 %	0	o.b.B., PL1
	10 % bis 30 %	1	PL2
	über 30 %	2	PL3
Herzbeutel (Gewebe)	nicht verändert	0	o.b.B.
	verändert	1	Ja
Leber (Gewebe)	nicht verändert, ≤ 5 Wurmknotten	0	keine Erfassung (L1)
	nicht verändert, > 5 Wurmknotten	1	L2

AVV: Allgemeine Verwaltungsvorschrift, o.b.B.: ohne besonderen Befund, PN: Pneumonie, PL: Pleuritis, L: Leber

Mit dem pH-Messgerät testo 205 (Testo AG, Lenzkirch, Deutschland) wurde 45 Minuten nach der Schlachtung der pH₄₅-Wert der Schlachtkörper ermittelt. Anschließend wurde das Schlachtkörpergewicht gemessen. PH-Wert-Messpunkte waren gemäß den Anforderungen der AVV Lebensmittelhygiene an der linken Schlachtkörperhälfte der Musculus longissimus dorsi zwischen dem 13. und 14. Dornfortsatz der Brustwirbelsäule sowie der Musculus semimembranosus kaudal der Beckensymphyse.

Mit Hilfe des Sondengerätes Hennessy HGP 4 (Hennessy Grading Systems, Auckland, Neuseeland) wurde an den Schlachthöfen A bis C der Muskelfleischanteil durch die Klassifizierer sieben Zentimeter seitlich der Rückenmitte in Höhe der zweit- und drittletzten Rippe gemessen.

3.3.1.3 Laboruntersuchungen

3.3.1.3.1 Mikrobiologische Untersuchung

Die mikrobiologische Untersuchung der Bursen erfolgte spätestens fünf Stunden nach der Entnahme. Die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl wurde an der inneren Oberfläche der entfernten Bursen bestimmt.

Zu Beginn und während der Laborarbeiten wurden Skalpell, Pinzette und äußere Bursaoberfläche abgeflammt. Jede Bursa wurde steril eröffnet und zwei ca. erbsengroße Stücke entnommen. Eines diente als Rückstellprobe und wurde bei - 20 °C aufbewahrt. Das andere Stück wurde mit jeweils neun weiteren Bursaprobe gepoolt und in einem Reagenzglas mit 10 ml Verdünnungslösung eine Stunde bei Raumtemperatur inkubiert. Mit einer sterilen Öse wurde dann daraus ein Tropfen Flüssigkeit entnommen und mittels Drei-Ösen-Ausstrich auf Plate-Count-Agar (Fa. Merck, Darmstadt, Deutschland) ausgestrichen. Die Inkubation erfolgte im Brutschrank bei 37 °C für 48 Stunden.

Bursen mit eitrigem oder blutig-flockigem Inhalt wurden separat untersucht. Hier entnahm man von der Einzelprobe einen Tropfen Inhalt mit einer sterilen Öse oder Kanüle. Der Drei-Ösen-Ausstrich erfolgte auf Plate-Count- und Blutagar aus Schafsblut (Fa. Oxoid, Wesel, Deutschland). Die Inkubation erfolgte aerob analog der Poolproben.

Bei Koloniewachstum wurden Reinkulturen auf Plate-Count-Agar angelegt und bei 37 °C für 24 Stunden inkubiert. Eine weitergehende Differenzierung der Kolonien erfolgte biochemisch mit Hilfe eines Staphylokokken-APIs (API Staph, Fa. bioMérieux, Craponne, Frankreich). Nach der Beimpfung des zugehörigen Teststreifens nach Herstellerangaben wurde dieser bei 37 °C für 18-24 Stunden im Brutschrank inkubiert.

Zur Identifizierung der keimhaltigen Bursa aus dem Pool wurden bei Bakterienwachstum auf Plate-Count-Agar die entsprechenden Rückstellproben aufgetaut, jeweils in 1 ml Verdünnungslösung bei Raumtemperatur aufbewahrt und nach einer Stunde einzeln auf Plate-Count-Agar ausgestrichen. Nach 48 Stunden bei 37 °C im Brutschrank konnte die keimhaltige Bursa identifiziert werden.

3.3.1.3.2 Makroskopische und histopathologische Untersuchung

An Schlachthof B wurden 30 Bursaprobe entnommen. Hierfür wurde randomisiert jedes 20. Schwein am Schlachtband ausgewählt und abwechselnd eine Probe aus Vorder- und

Hintergliedmaße entnommen, über Nacht in 10 % gepuffertem Formalin fixiert und anschließend mit Hilfe eines Gewebeentwässerungsautomaten entwässert. Die makroskopische und histopathologische Untersuchung fand am Tiergesundheitsdienst Bayern e.V. in Grub statt.

Die makroskopische Beurteilung der Bursen erfolgte analog der Dissertation von PAPSTHARD (1989), wobei der Inhalt sowie die Beschaffenheit der inneren Oberfläche dokumentiert wurden.

Anschließend wurden die Schleimbeutel in Paraffin eingebettet, vier µm dünn im Mikrotom geschnitten und standardmäßig mit Hämatoxylin und Eosin (HE) gefärbt. Besonders fibrinreiche Anschnitte wurden zur deutlicheren Darstellung zusätzlich mit Phosphorwolframsäure-Hämatoxylin (PTAH) gefärbt. Die histopathologische Einteilung der Bursaveränderungen erfolgte nach PAPSTHARD (1989) in fünf Kategorien. Er unterschied zwischen Bursen ohne besonderen Befund (o.b.B.) und solchen mit Entzündungen vom reifen, floriden und Übergangs-Typ. Eine Sonderform war die Abszessbildung.

3.3.1.3.3 Serumuntersuchung

Die gewonnenen Blutproben wurden spätestens nach fünf Stunden im Labor fünf Minuten bei 1400 Umdrehungen/Minute zentrifugiert. Die Lagerung des daraus gewonnenen Serums bis zur weiteren Untersuchung erfolgte in nummerierten Eppendorfgläsern bei - 20 °C. An den Untersuchungstagen wurden jeweils 90 Proben bei Raumtemperatur aufgetaut und mit zwei verschiedenen ELISA-Test-Kits (Pig CRP ELISA, Pig Haptoglobin ELISA, Fa. Life Diagnostics, West Chester, Pennsylvania, USA) die Konzentrationen von CRP und Haptoglobin (Hp) bestimmt. Der messbare Bereich für CRP betrug 2,335 - 75 µg/ml und für Haptoglobin 0 - 2,4 mg/ml. Das nachfolgende Schema stellt die Arbeitsschritte der Untersuchungen im Einzelnen dar (Abbildung 7).

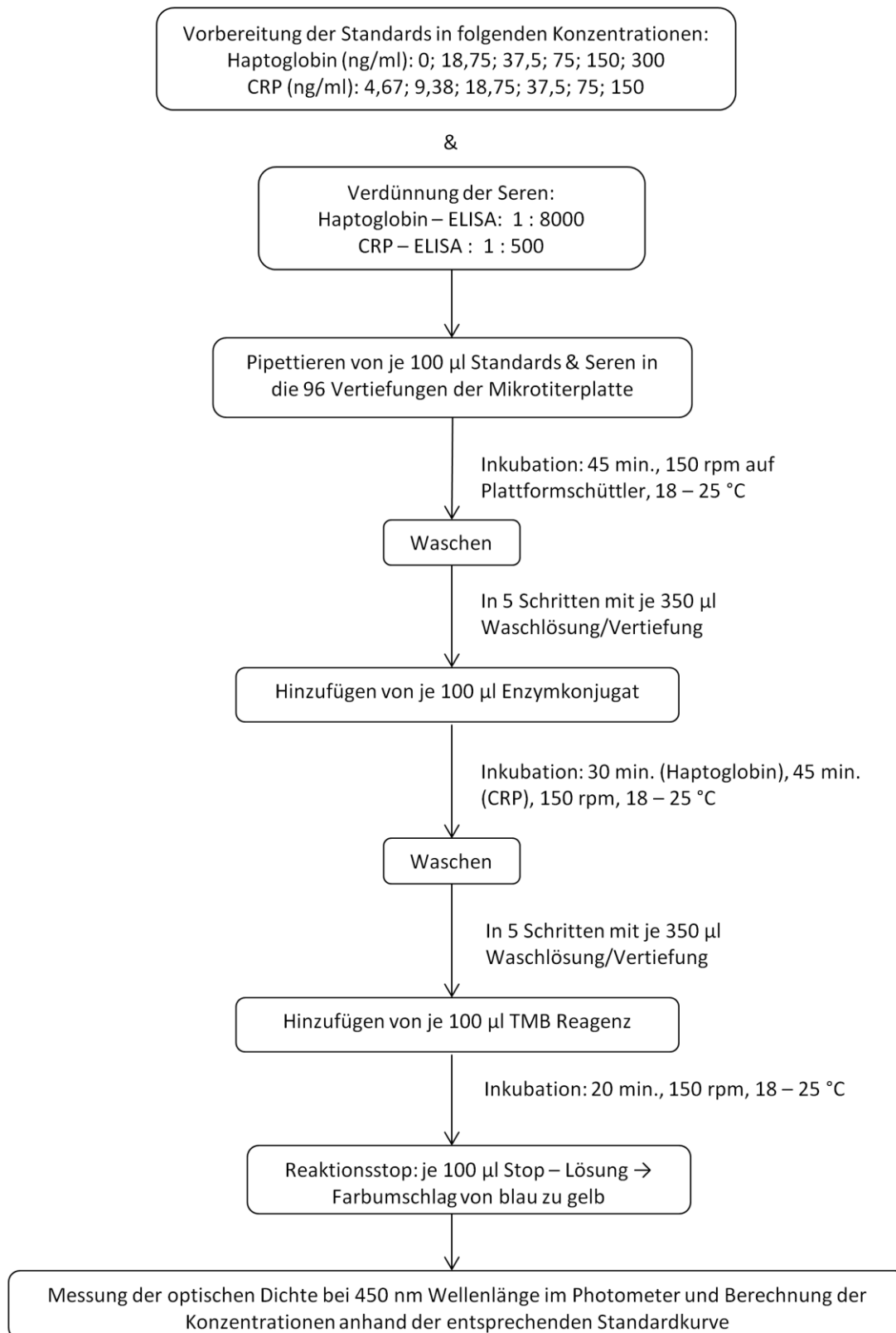


Abbildung 7: Schematische Darstellung der ELISA - Arbeitsschritte von CRP und Haptoglobin nach Herstellerangaben (LIFE DIAGNOSTICS, West Chester, Pennsylvania, USA) (ng: Nanogramm, ml: Milliliter, µl: Mikroliter, min.: Minute, rpm: Rotationen pro Minute, °C: Grad Celsius, CRP: C-reaktives Protein, TMB: 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidin, nm: Nanometer)

3.3.2 Datenanalyse

Die gewonnenen Daten wurden mit Hilfe von SPSS Version 21 (IBM, Armonk, NY, USA) ausgewertet. Folgende Parameter wurden in die Datenanalyse einbezogen:

- pH₄₅-Wert
- Gewicht in Kilogramm
- Muskelfleischanteil in Prozent
- Serumkonzentration der Akute-Phase-Proteine (CRP, Hp)
- Bursagrad (0 bis 3)
- Pleuritisgrad (0 bis 2)
- Mikrobiologische Untersuchung
- Schlachthof (A bis D)
- Haltung der Mastschweine (konventionell, ökologisch)

Die metrischen Variablen Gewicht, Muskelfleischanteil, pH-Wert und Serumkonzentration der Akute-Phase-Proteine wurden auf Normalverteilung getestet.

Bei Normalverteilung wurde der t-Test bzw. bei Mehrfachvergleichen die Anova mit dem Post-hoc-Test nach Bonferroni und der Tukey HSD-Test angewendet. Für einen Mittelwertvergleich wurde der arithmetische Mittelwert mit Standardabweichung berechnet. Um den Einfluss der verschiedenen Parameter auf den Mittelwert zu quantifizieren, erfolgte die Berechnung des Effektmaßes Cohen d (Tabelle 9). Der Standardfehler des Mittelwertes (SEM) diente als Parameter für die Schätzgenauigkeit. Ein signifikanter Unterschied lag bei $p < 0,05$ vor.

Bei nicht normalverteilten Daten wurde der U-Test nach Mann und Whitney bzw. bei Mehrfachvergleichen der Kruskal-Wallis-Test verwendet. Dabei wurde der Medianwert berechnet. Um den Effekt der Unterschiede im Median zu quantifizieren, wurde die Effektgröße Cohen d ermittelt (Tabelle 9). Das 95 %-Konfidenzintervall (CI_{95}) stellte den Parameter für die Schätzgenauigkeit von Cohen d dar. Auch hier lag ein signifikanter Unterschied bei $p < 0,05$ vor.

Die Größe des Effektmaßes Cohen d wurde nach COHEN (1992) folgendermaßen definiert (Tabelle 9).

Tabelle 9: Werte für einen kleinen, mittleren und großen Effekt für die Effektgröße Cohen d nach COHEN (1992)

Effekt	Klein	Mittel	Groß
Cohen d	0,2	0,5	0,8

Die kategorialen Daten Bursa- und Pleuritisgrad, Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchung sowie die verschiedenen Schlachthöfe und die Haltung der Mastschweine wurden mit dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson ausgewertet. Es wurden die absoluten und relativen Häufigkeiten berechnet. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die relativen Häufigkeiten wurde untersucht. Die Größe des Effektes wurde dabei mit dem Effektmaß Cramer-V quantifiziert (Tabelle 10). Das CI_{95} war das Maß für die Schätzgenauigkeit von Cramer-V. Ein signifikanter Unterschied lag bei $p < 0,05$ vor.

Tabelle 10: Werte für einen kleinen, mittleren und großen Effekt für die Effektgröße Cramer-V nach COHEN (1992)

Effekt	Klein	Mittel	Groß
Cramer-V	0,1	0,3	0,5

4 Ergebnisse

4.1 Befunderhebung am lebenden Tier

4.1.1 Boniturschema für akzessorische Bursen

Die Einteilung der akzessorischen Bursen am lebenden Tier erfolgte anhand des Boniturschemas in Tabelle 11 in vier Schweregrade von 0 bis 3. Die jeweils prominenteste Veränderung wurde beurteilt. Einteilungskriterien waren das Vorhandensein einer Bursa, die Bursagröße sowie der Zustand der äußeren Haut über der Veränderung.

Tabelle 11: Boniturschema zur Gradeinteilung von akzessorischen Bursen an Vorder- und Hintergliedmaßen am lebenden Tier

Bursagrad	Äußeres Erscheinungsbild
0	keine Bursa vorhanden
1	mind. eine Bursa, Durchmesser < 3 cm, Haut intakt und gerötet
2	mind. eine Bursa, Durchmesser \geq 3 cm, Haut intakt und gerötet
3	mind. eine Bursa, Haut ulzeriert oder blutig

mind.: mindestens

Die Abbildungen 8 und 9 zeigen die vier vorkommenden Bursagrade an den Hintergliedmaßen von Mastschweinen aus den Ansichten von kaudal und lateral. In den Abbildungen 10 und 11 sind die drei vorkommenden Bursagrade an den Vordergliedmaßen von Mastschweinen aus den Ansichten von kranial und lateral zu sehen. Hierbei wird deutlich, dass auch mehrere Bursa-Schweregrade an einer Gliedmaße vorkommen können. In einem solchen Fall wurde stets der schwerwiegendste Bursabefund dokumentiert. An der Vordergliedmaße kam Bursagrad 3 im gesamten Beurteilungszeitraum dieser Studie bei keinem von insgesamt 1006 Mastschweinen vor.

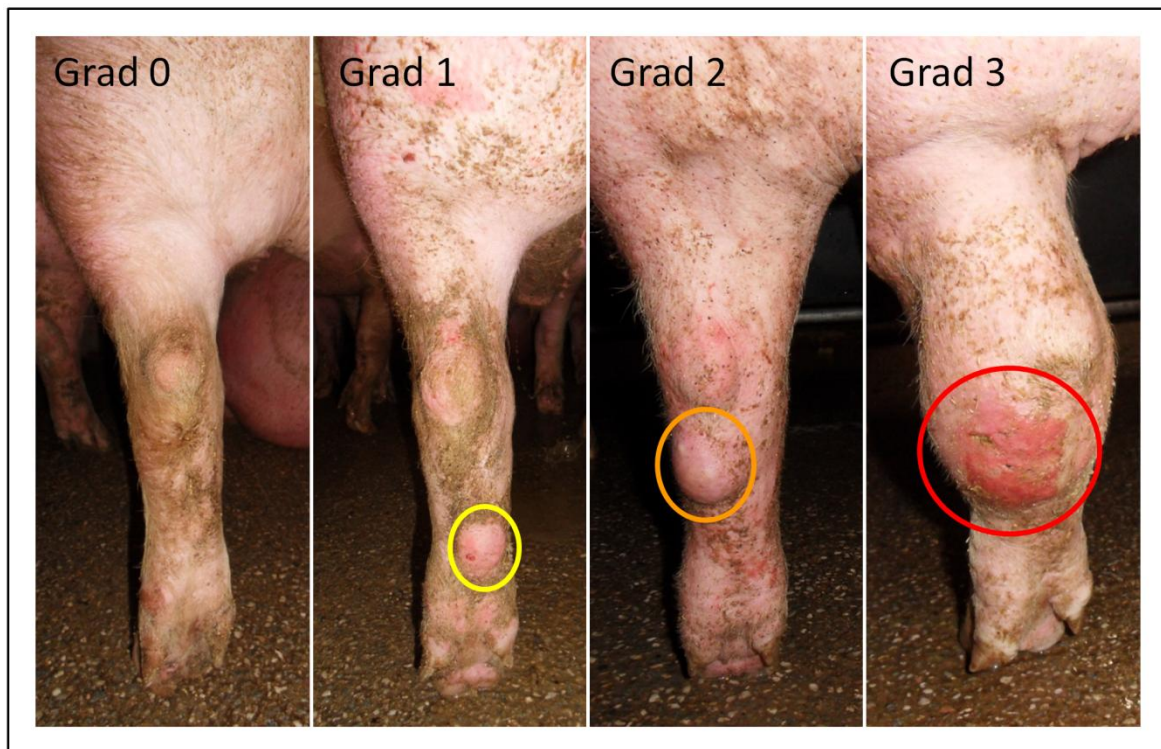


Abbildung 8: Darstellung der vier Bursagrade an der Hintergliedmaße; Einteilung anhand des Boniturschemas aus Tabelle 11; Ansicht: linke Hintergliedmaße von kaudal

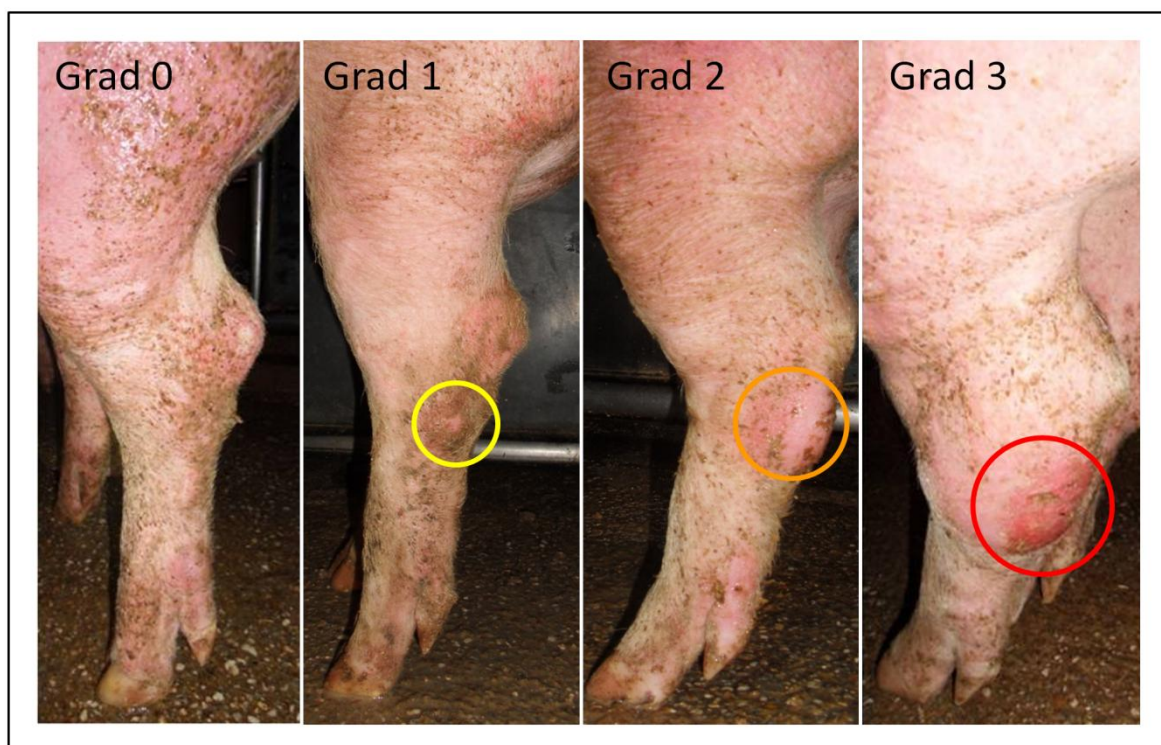


Abbildung 9: Darstellung der vier Bursagrade an der Hintergliedmaße; Einteilung anhand des Boniturschemas aus Tabelle 11; Ansicht: linke Hintergliedmaße von lateral

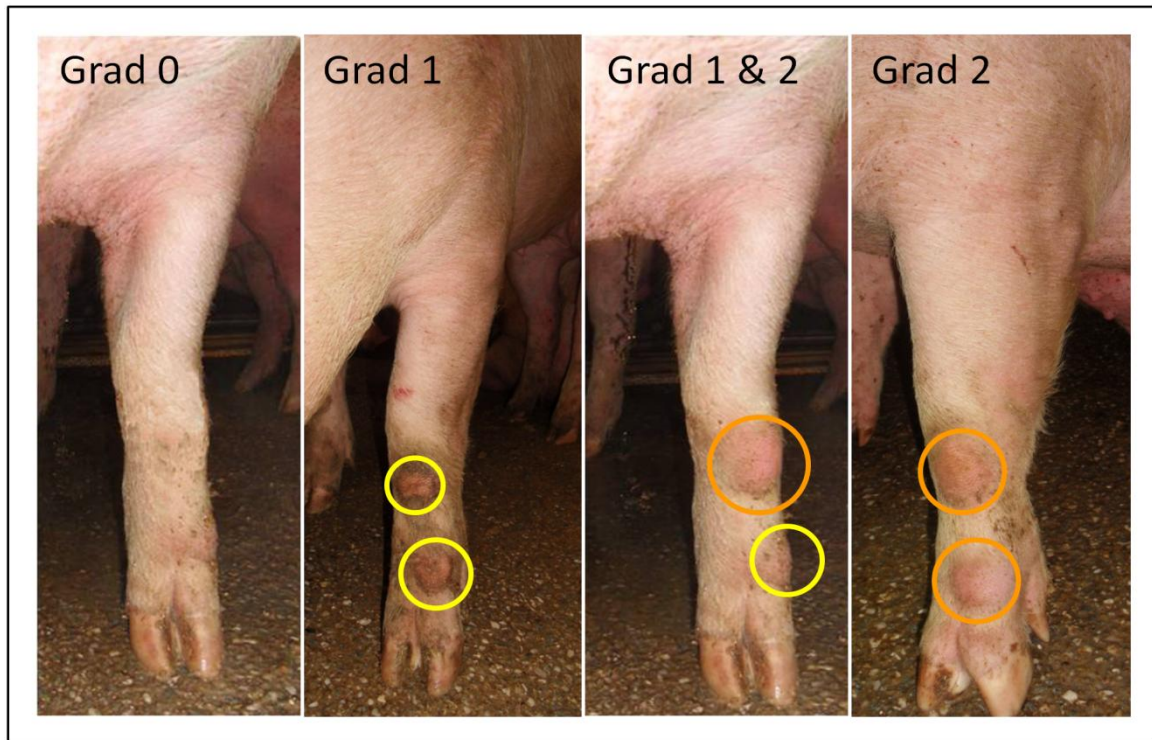


Abbildung 10: Darstellung der drei Bursagrade an der Vordergliedmaße; Einteilung anhand des Boniturschemas aus Tabelle 11; Ansicht: linke Vordergliedmaße von kranial

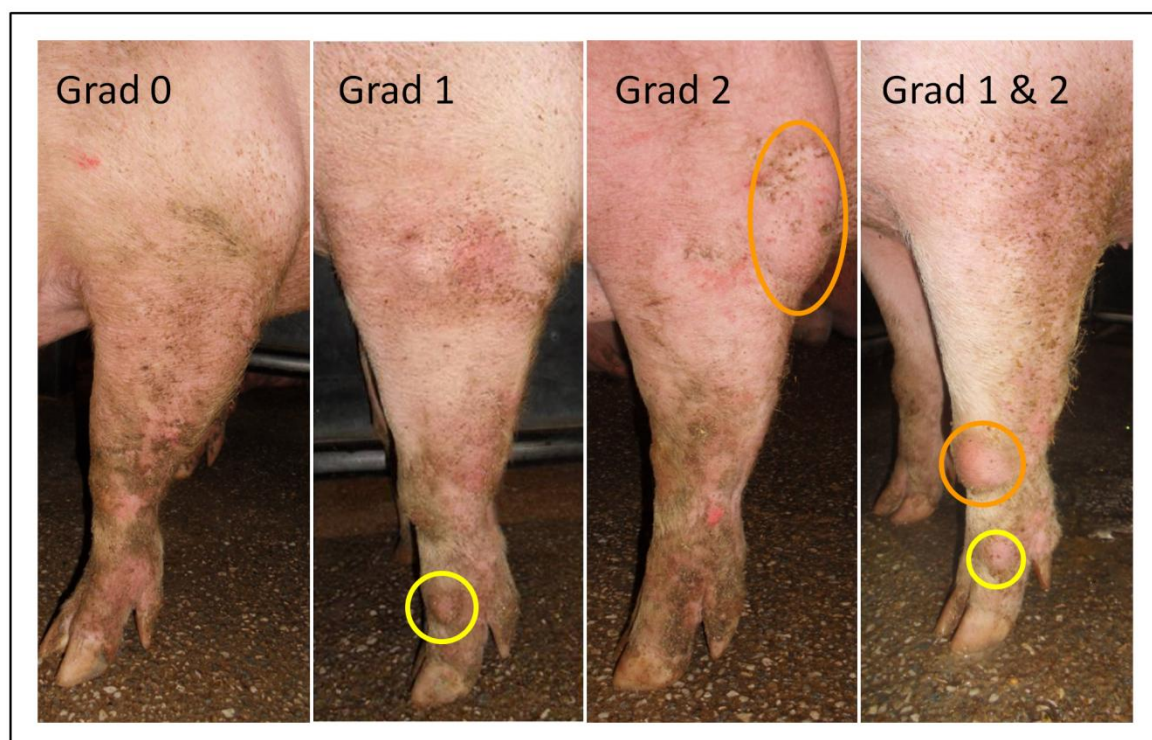


Abbildung 11: Darstellung der drei Bursagrade an der Vordergliedmaße; Einteilung anhand des Boniturschemas aus Tabelle 11; Ansicht: linke Vordergliedmaße von lateral

4.1.2 Prävalenz von akzessorischen Bursen

An den Schlachthöfen A bis C wurde an insgesamt 948 Tieren die Prävalenz von akzessorischen Bursen bei Mastschweinen aus konventioneller Haltung ermittelt. An Schlachthof A waren es 322, an Schlachthof B 300 und an Schlachthof C 326 Mastschweine. Die Untersuchung der Kontrollgruppe aus ökologisch gehaltenen Mastschweinen erfolgte an 58 Tieren an Schlachthof D (Tabelle 12).

Tabelle 12: Anzahl der beurteilten Tiere an den Schlachthöfen A - D

	Schlachthof			
	A	B	C	D
Anzahl beurteilter Tiere	322	300	326	58
Summe beurteilter Tiere konventioneller Haltung	948			
Gesamtsumme	1006			

A-C: konventionelle Haltung, D: ökologische Haltung

Bei 78 Tieren (8,2 %) aus konventioneller Haltung wurde Bursagrad 0 festgestellt. Am häufigsten waren die Bursagrade 1 und 2 bei 452 (47,7 %) und 411 Tieren (43,4 %). Die geringste Prävalenz wies mit 0,7 % Grad 3 auf. Es resultierte eine Gesamtprävalenz von akzessorischen Bursen bei Tieren aus konventioneller Haltung von 91,8 %.

Bei Mastschweinen aus ökologischer Haltung kamen die Bursagrade 2 und 3 nicht vor. Fünfzig Tiere (86,2 %) hatten keine Bursa an den Gliedmaßen und bei acht Tieren (13,8 %) wurde Bursagrad 1 dokumentiert. Die Gesamtprävalenz von akzessorischen Bursen der Kontrollgruppe lag bei 13,8 %. Die vollständigen Ergebnisse sind Tabelle 13 zu entnehmen. Abbildung 12 stellt die Ergebnisse graphisch in Form eines Säulendiagramms dar.

Im Vergleich war die Prävalenz von akzessorischen Bursen bei konventionell gehaltenen Tieren um mehr als das sechsfache höher als bei Tieren aus ökologischer Haltung. Der Einfluss der Haltungsbedingungen auf das Vorkommen von akzessorischen Bursen war somit bei einem Effektmaß Cramer-V von 0,547 (CI₉₅: 0,465 – 0,620) hochsignifikant ($p \leq 0,001$).

Tabelle 13: Prävalenz von akzessorischen Bursen in Abhängigkeit von Haltung und Bursagrad

Schlachthof		Bursagrad				Prävalenz in %
		0	1	2	3	
A	Anzahl Tiere (%)	31 (9,7)	137 (42,5)	150 (46,6)	4 (1,2)	90,3
B	Anzahl Tiere (%)	27 (9,0)	146 (48,7)	126 (42,0)	1 (0,3)	91,0
C	Anzahl Tiere (%)	20 (6,2)	169 (51,8)	135 (41,4)	2 (0,6)	93,8
A - C	Gesamt (%)	78 (8,2)	452 (47,7)	411 (43,4)	7 (0,7)	91,8
D	Anzahl Tiere (%)	50 (86,2)	8 (13,8)	-	-	13,8

A-C: konventionelle Haltung, D: ökologische Haltung

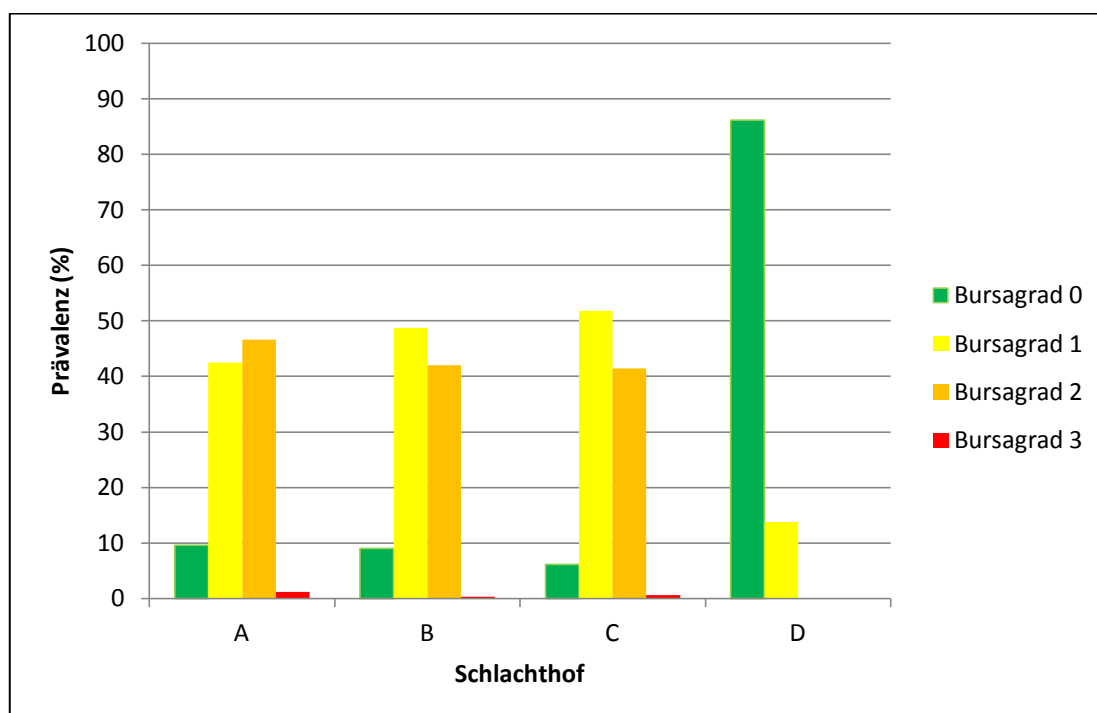


Abbildung 12: Prävalenz von akzessorischen Bursen der 1006 untersuchten Mastschweine an den Schlachthöfen A bis D in Abhängigkeit vom Bursagrad

4.1.3 Lokalisation der akzessorischen Bursen

Bei Mastschweinen aus konventioneller Haltung waren am häufigsten Vorder- und Hintergliedmaßen gemeinsam betroffen. Hier kamen die Bursagrade 1 bis 3 bei 584 Tieren (61,6 %) vor. Bei 65 Tieren (6,9 %) war nur die Vordergliedmaße mit den Bursagraden 1 und 2 betroffen, Grad 3 kam nicht vor. Das alleinige Auftreten von akzessorischen Bursen an den Hintergliedmaßen betraf 221 Tiere (23,3 %), wobei auch hier lediglich die Bursagrade 1 und 2 vertreten waren.

In der Kontrollgruppe aus ökologisch gehaltenen Schweinen kam Bursagrad 1 bei acht Tieren (13,8 %) vor, die Grade 2 und 3 hingegen nie. Es waren nie Vorder- und Hintergliedmaßen gemeinsam betroffen. Bei drei Tieren (5,2 %) war nur die Vordergliedmaße und bei fünf Tieren (8,6 %) nur die Hintergliedmaße betroffen. Die vollständigen Daten sind Tabelle 14 zu entnehmen.

Tabelle 14: Lokalisation der akzessorischen Bursen an Vorder- und Hintergliedmaßen (haltungsvergleichend)

Bursagrad	SH A – C (n=984) ¹			SH D (n=58) ²		
	1	2	3	1	2	3
Vgldm. (%)	64 (6,8)	1 (0,1)	0	3 (5,2)	0	0
Hgldm. (%)	129 (13,6)	92 (9,7)	0	5 (8,6)	0	0
Vgldm. und Hgldm. (%)	256 (27,0)	317 (33,4)	11 (1,2)	0	0	0

SH: Schlachthof, A-C: konventionelle Haltung, D: ökologische Haltung, n: Anzahl

Vgldm.: Vordergliedmaße, Hgldm.: Hintergliedmaße

¹: 78 Tiere (8,2 %): keine Gliedmaße betroffen (Grad 0), ²: 50 Tiere (86,2 %) keine Gliedmaße betroffen (Grad 0)

4.2 Befunderhebung am Schlachtkörper

4.2.1 Boniturschema für akzessorische Bursen

Das Boniturschema für akzessorische Bursen am lebenden Tier ist auf den Schlachtkörper übertragbar. Es muss berücksichtigt werden, dass durch die Brüh- und Entborstevorgänge die oberen Hautschichten abgelöst werden. Rötungen der Haut sind somit nicht mehr erkennbar. Die Prävalenz der akzessorischen Bursen bei Mastschweinen wurde in dieser Studie nur am lebenden Schwein ermittelt. Das Boniturschema aus Tabelle 11 wird wie folgt angepasst (Tabelle 15).

Tabelle 15: Boniturschema zur Gradeinteilung von akzessorischen Bursen an Vorder- und Hintergliedmaßen am Schlachtkörper

Bursagrad	Äußeres Erscheinungsbild
0	keine Bursa vorhanden
1	mind. eine Bursa, Durchmesser < 3 cm, Haut intakt
2	mind. eine Bursa, Durchmesser \geq 3 cm, Haut intakt
3	mind. eine Bursa, Haut ulzeriert oder blutig

mind.: mindestens

Die Abbildungen 13 und 14 zeigen Bilder von akzessorischen Bursen mit den Bursagraden 0 bis 3 am Schlachtkörper, wobei Bursagrad 3 ausschließlich an der Hintergliedmaße vorkam. Die Bursagrade 1 bis 3 sind mit den Farben gelb, orange und rot gekennzeichnet.

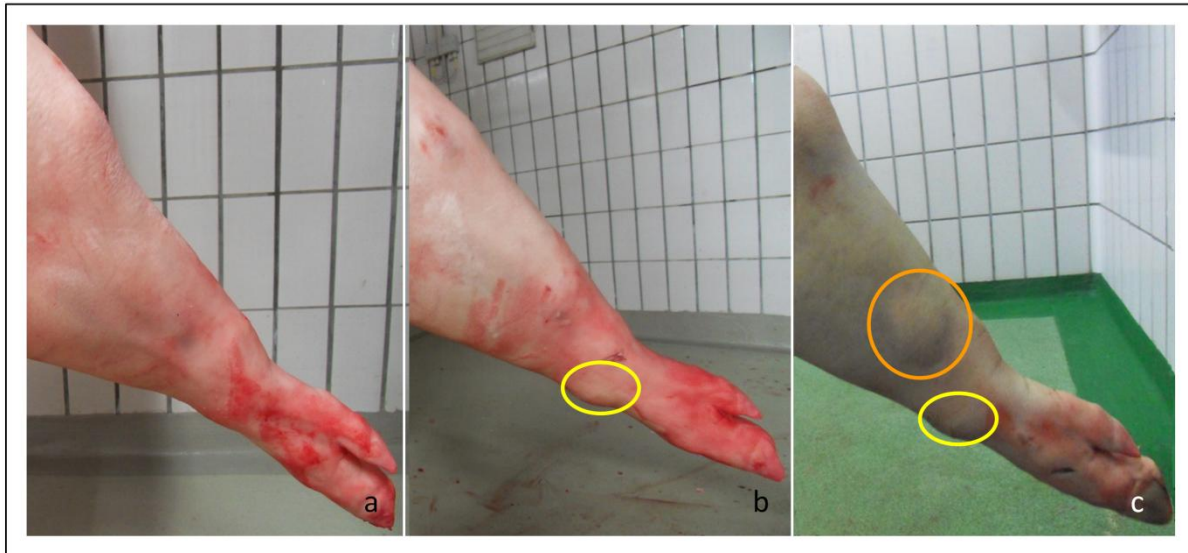


Abbildung 13: Bursagrade an den Vordergliedmaßen von Schweineschlachtkörpern; Ansicht von lateral; a) Grad 0, b) Grad 1 (gelb), c) Grad 1 (gelb) und Grad 2 (orange)

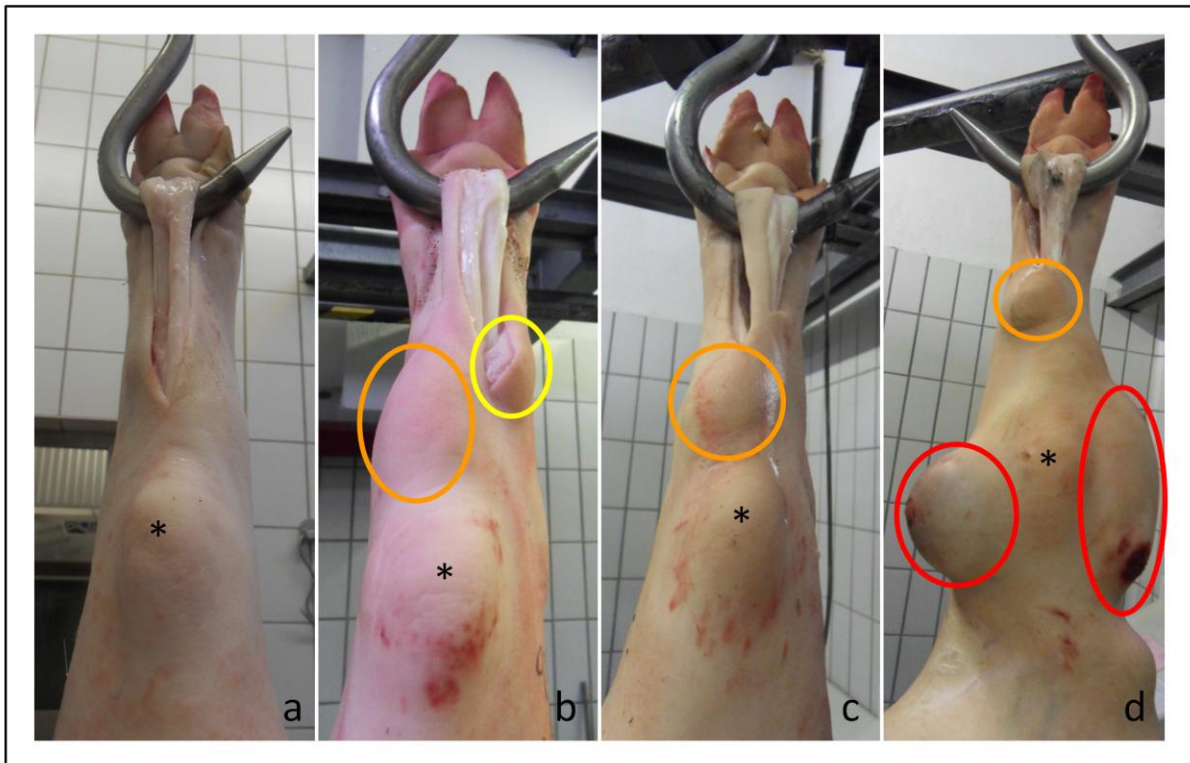


Abbildung 14: Bursagrade an den Hintergliedmaßen von Schweineschlachtkörpern; Ansicht von kaudal; a) Grad 0, b) Grad 1 (gelb) und Grad 2 (orange), c) Grad 2 (orange), d) Grad 2 (orange) und Grad 3 (rot); *: Calcaneus

4.2.2 Ergebnis der pH₄₅-Messung

Die mittleren pH₄₅-Werte des *M. semimembranosus* von konventionell gehaltenen Schweinen der Schlachthöfe A bis C unterschieden sich kaum voneinander. Sie lagen bei 6,2 an Schlachthof B und bei 6,3 an den Schlachthöfen A und C. Ein größerer Unterschied von 0,3 bis 0,4 trat beim Vergleich zwischen den konventionellen Schlachthöfen und Schlachthof D auf. An Schlachthof D wurde mit 6,6 der höchste mittlere pH₄₅ am *M. semimembranosus* gemessen. Zwischen den Schlachthöfen A und B (Cohen *d*: 0,28; CI₉₅: 0,11-0,45), A und D (Cohen *d*: 0,80; CI₉₅: 0,51-1,09), B und C (Cohen *d*: 0,28; CI₉₅: 0,11-0,45), B und D (Cohen *d*: 1,40; CI₉₅: 1,10-1,70) sowie C und D (Cohen *d*: 0,80; CI₉₅: 0,51-1,09) bestand mit jeweils $p \leq 0,001$ ein hochsignifikanter Unterschied.

Die mittleren pH₄₅-Werte des *M. longissimus dorsi* von konventionell gehaltenen Schweinen waren an den Schlachthöfen B und C mit 6,4 gleich. Der mittlere pH₄₅-Wert von Schweinen an Schlachthof A lag bei 6,7. An Schlachthof D wurde bei den ökologisch gehaltenen Schweinen ein mittlerer pH₄₅ von 6,5 ermittelt. Ein hochsignifikanter Unterschied mit $p \leq 0,001$ lag zwischen den Schlachthöfen A und B (Cohen *d*: 0,60; CI₉₅: 0,43-0,77) sowie A und C (Cohen *d*: 0,73; CI₉₅: 0,56-0,90) vor. Auch die mittleren pH₄₅-Werte der Schlachthöfe A und D (Cohen *d*: 0,43; CI₉₅: 0,15-0,72; $p=0,015$) sowie B und D (Cohen *d*: 0,22; CI₉₅: -0,07-0,50; $p=0,019$) unterschieden sich signifikant voneinander.

Vergleicht man die mittleren pH₄₅-Werte des *M. semimembranosus* und des *M. longissimus dorsi* von Tieren aus konventioneller Haltung, lagen die pH₄₅-Werte am *M. longissimus dorsi* höher als die des *M. semimembranosus*. Die vollständigen Ergebnisse der mittleren pH₄₅-Werte sind Tabelle 16 zu entnehmen.

Tabelle 16: pH₄₅-Werte (Mittelwert und Standardabweichung) der untersuchten Mastschweine am *M. semimembranosus* und *M. longissimus dorsi* an den Schlachthöfen A - D

	Schlachthof			
	A	B	C	D
n	280	269	278	58
pH₄₅				
M. semimembranosus	6,3 ± 0,4	6,2 ± 0,3	6,3 ± 0,4	6,6 ± 0,2
n	271	268	279	58
pH₄₅				
M. longissimus dorsi	6,7 ± 0,5	6,4 ± 0,5	6,4 ± 0,3	6,5 ± 0,2

n: Anzahl, A-C: konventionelle Haltung, D: ökologische Haltung

Im Folgenden werden die mittleren pH₄₅-Werte der konventionell gehaltenen Schweine, bei denen unterschiedliche Bursagrade auftraten, miteinander verglichen.

Bei Schweinen aus konventioneller Haltung mit den Bursagraden 1 und 2 wurden mit 6,3 höhere mittlere pH₄₅-Werte am M. semimembranosus gemessen als bei den Bursagraden 0 und 3 mit 6,2. Der Unterschied zwischen mittlerem pH₄₅ des M. semimembranosus und den Bursagraden war mit $p=0,579$ nicht signifikant. Der maximal gefundene Effekt war im Mehrfachvergleich zwischen den Bursagraden 0 und 1 nachweisbar. Das Effektmaß Cohen d lag bei 0,25.

Die mittleren pH₄₅-Werte des M. longissimus dorsi von konventionell gehaltenen Schweinen lagen unabhängig vom Bursagrad bei 6,5. Dieser Unterschied war mit $p=0,784$ nicht signifikant. Die vollständigen Ergebnisse sind in Tabelle 17 erläutert.

Tabelle 17: pH₄₅-Werte (Mittelwert und Standardabweichung) der untersuchten Mastschweine aus konventioneller Haltung am M. semimembranosus und M. longissimus dorsi in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen

		Bursagrad			
		0	1	2	3
M. semi-membranosus	n	67	403	351	6
	pH₄₅	6,2 ± 0,4	6,3 ± 0,4	6,3 ± 0,4	6,2 ± 0,3
	SEM	± 0,05	± 0,02	± 0,02	± 0,13
M. longissimus dorsi	n	67	397	348	6
	pH₄₅	6,5 ± 0,4	6,5 ± 0,5	6,5 ± 0,5	6,5 ± 0,2
	SEM	± 0,04	± 0,03	± 0,02	± 0,09

n: Anzahl, *SEM*: Standardfehler des Mittelwertes

Es wurden die mittleren pH₄₅-Werte von konventionell gehaltenen Tieren, die keine Bursa aufwiesen (Grad 0) mit Tieren, die eine Bursa aufwiesen (Grad 1 bis 3) verglichen. Die mittleren pH₄₅-Werte am M. semimembranosus unterschieden sich zwischen den beiden Gruppen kaum. Tiere mit Bursagrad 0 hatten einen um 0,1 geringeren pH₄₅-Wert als Tiere mit den Bursagraden 1 bis 3. Entsprechend war das Effektmaß Cohen d mit 0,25 gering. Der Unterschied war mit $p=0,394$ nicht signifikant.

Die mittleren pH₄₅-Werte des M. longissimus dorsi lagen unabhängig vom Bursavorkommen bei 6,5. Entsprechend handelte nicht um einen signifikanten Unterschied (p=0,330). Tabelle 18 beschreibt die Ergebnisse im Einzelnen.

Tabelle 18: pH₄₅-Werte (Mittelwert und Standardabweichung) der untersuchten Mastschweine aus konventioneller Haltung am M. semimembranosus und M. longissimus dorsi in Abhängigkeit vom Vorkommen akzessorischer Bursen

		Bursagrad	
		0	1-3
M. semimembranosus	n	67	760
	pH₄₅	6,2 ± 0,4	6,3 ± 0,4
	SEM	± 0,05	± 0,01
M. longissimus dorsi	n	67	751
	pH₄₅	6,5 ± 0,4	6,5 ± 0,5
	SEM	± 0,04	± 0,02

n: Anzahl, *SEM*: Standardfehler des Mittelwertes

4.2.3 Ergebnis der Bestimmung des Schlachtkörpergewichtes

Die Tiere aus ökologischer Haltung hatten mit 112,0 kg im Durchschnitt das höchste Schlachtkörpergewicht. Bei den Tieren aus konventioneller Haltung wurde das niedrigste Gewicht mit durchschnittlich 94,8 kg an Schlachthof C gemessen. Die Schlachthöfe A und B unterschieden sich kaum voneinander. Tabelle 19 erläutert die gemessenen Ergebnisse.

Tabelle 19: Schlachtkörpergewichte (Mittelwert und Standardabweichung) der untersuchten Mastschweine an den Schlachthöfen A - D

	Schlachthof			
	A	B	C	D
n	287	274	285	58
Gewicht (kg)	98,8 ± 8,3	99,1 ± 8,0	94,8 ± 7,9	112,0 ± 8,3

n: Anzahl, *kg*: Kilogramm, *A-C*: konventionelle Haltung, *D*: ökologische Haltung

Da die Tiere aus ökologischer Haltung aufgrund der längeren Mastdauer deutlich schwerer waren, wurden sie im Folgenden bei der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt.

Es wurde untersucht, ob ein Unterschied zwischen den Schlachtkörpergewichten von konventionell gehaltenen Mastschweinen mit unterschiedlichen Bursagraden besteht.

Tiere, die keine Bursa aufwiesen (Grad 0) hatten mit 98,4 kg das höchste Schlachtkörpergewicht, Tiere mit Bursagrad 3 hatten hingegen mit 93,3 kg das geringste. Die Schweine mit den Bursagraden 1 und 2 nahmen eine Mittelstellung ein. Es ist ein Trend zu erkennen, dass das Schlachtkörpergewicht der Tiere mit steigendem Bursagrad sinkt.

Der Unterschied zwischen Schlachtkörpergewichten von Tieren mit verschiedenen Bursagraden war jedoch mit $p=0,435$ nicht signifikant. Der größte Effekt wurde beim Gewichtsvergleich zwischen den Bursagraden 0 und 3 ermittelt. Die Effektgröße Cohen d lag bei 0,59. Die vollständigen Ergebnisse sind Tabelle 20 zu entnehmen. Abbildung 15 stellt die Ergebnisse graphisch in Form eines Boxplots dar.

Tabelle 20: Schlachtkörpergewichte der untersuchten Mastschweine aus konventioneller Haltung in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen

	Bursagrad			
	0	1	2	3
n	68	410	361	7
Gewicht (kg)	98,4 ± 8,7	97,4 ± 8,6	97,6 ± 7,8	93,3 ± 7,7
Median (kg)	98,1	97,1	97,9	91,7
Minimum (kg)	79,7	48,5	72,4	85,2
Maximum (kg)	123,9	124,5	122,1	105,1
SEM (kg)	± 1,1	± 0,4	± 0,4	± 2,9

n: Anzahl, *kg*: Kilogramm, *SEM*: Standardfehler des Mittelwertes

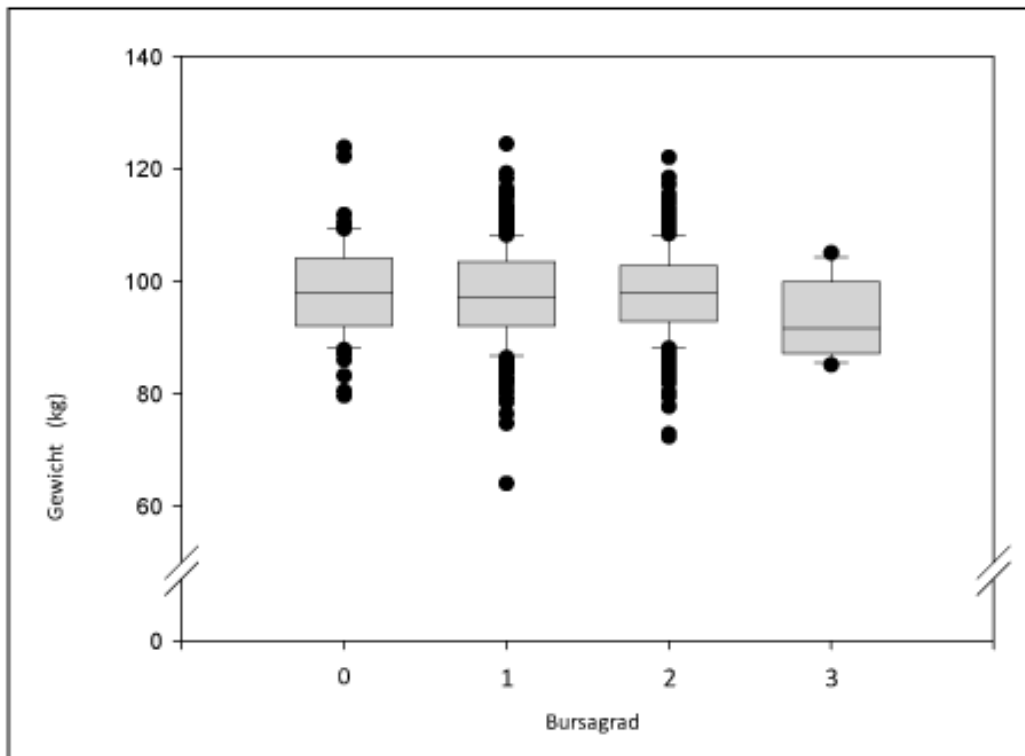


Abbildung 15: Schlachtkörpergewichte der Mastschweine aus konventioneller Haltung in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen; Punkte außerhalb des Boxplots: Ausreißer; Querstriche ober- bzw. unterhalb der Ausreißer: kleinster bzw. größter nicht extremer Wert; untere und obere Grenze der Box: 25 %- und 75 %-Perzentil; schwarzer Balken innerhalb der Box: Median

Die Schlachtkörpergewichte von konventionell gehaltenen Tieren, die keine Bursa aufwiesen (Grad 0), wurden mit Tieren, die eine Bursa aufwiesen (Grad 1 bis 3), verglichen. Das Gewicht von Tieren mit Bursagrad 0 war im Schnitt 0,9 kg höher als das der Tiere, die eine Bursa hatten (Grad 1 bis 3). Dieser Unterschied war bei einem kleinen Effektmaß Cohen d von 0,11 mit $p=0,388$ nicht signifikant (Tabelle 21).

Tabelle 21: Schlachtkörpergewichte (Mittelwert und Standardabweichung) der konventionell gehaltenen Mastschweine in Abhängigkeit vom Vorkommen akzessorischer Bursen

	Bursagrad	
	0	1-3
n	68	778
Gewicht (kg)	98,4 ± 8,7	97,5 ± 8,3
SEM (kg)	± 1,1	± 0,3

n: Anzahl, *kg*: Kilogramm, *SEM*: Standardfehler des Mittelwertes

4.2.4 Ergebnis der Bestimmung des Muskelfleischanteils

Es wurde untersucht, ob der Schweregrad der akzessorischen Bursen eine Auswirkung auf den Muskelfleischanteil von konventionell gehaltenen Schweinen hat. Daraus resultierte, dass der niedrigste Muskelfleischanteil mit 58,8 % bei Tieren mit Bursagrad 1 ermittelt wurde, die beiden höchsten Werte hingegen bei Tieren mit den Bursagraden 0 und 2. Beim Vergleich der durchschnittlichen Muskelfleischanteile bestand zwischen den Tieren mit Bursagrad 1 und 2 bei einem schwachen Effektmaß Cohen d von 0,21 ein signifikanter Unterschied ($p=0,026$). Die vollständigen Ergebnisse sind Tabelle 22 zu entnehmen.

Von Tieren aus ökologischer Haltung lagen keine Daten vor.

Tabelle 22: Muskelfleischanteile (Mittelwert und Standardabweichung) der konventionell gehaltenen Mastschweine in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen

	Bursagrad			
	0	1	2	3
n	66	409	359	7
MF (%)	59,5 ± 3,0	58,8 ± 3,5	59,5 ± 3,3	59,1 ± 1,9
SEM (%)	± 0,4	± 0,2	± 0,2	± 0,7

n: Anzahl, *MF*: Muskelfleischanteil, *SEM*: Standardfehler des Mittelwertes

Es wurde auch untersucht, ob das Vorkommen von akzessorischen Bursen generell Einfluss auf den Muskelfleischanteil konventionell gehaltener Tiere hat. Hierfür wurden die Muskelfleischanteile von Tieren ohne auffälligen Bursabefund (Grad 0) mit Tieren, die mindestens eine akzessorische Bursa (Grad 1 bis 3) aufwiesen, verglichen.

Der Unterschied des Muskelfleischanteils zwischen den beiden Gruppen betrug 0,4 %. Dieser war bei dem Effektmaß Cohen d von 0,12 mit $p=0,405$ nicht signifikant (Tabelle 23).

Tabelle 23: Muskelfleischanteile (Mittelwert und Standardabweichung) der konventionell gehaltenen Mastschweine in Abhängigkeit vom Vorkommen akzessorischer Bursen

	Bursagrad	
	0	1-3
n	66	775
MF (%)	59,5 ± 3,0	59,1 ± 3,4
SEM (%)	± 0,4	± 0,1

n: Anzahl, *MF*: Muskelfleischanteil, *SEM*: Standardfehler des Mittelwertes

4.2.5 Ergebnis der Pleurabeurteilung

Von 849 Tieren aus konventioneller Haltung hatten 80,6 % der Tiere keine Veränderungen im Bereich der Pleura und 19,4 % zeigten eine Pleuritis (PL 1 bis PL 3). Von den 58 untersuchten Tieren aus ökologischer Haltung hatten 94,9 % keine Pleuritis und 5,1 % der Tiere wiesen eine Pleuritis auf (Tabelle 24). Die Ergebnisse werden in Abbildung 16 in Form eines Säulendiagramms graphisch dargestellt.

Der Unterschied zwischen den Haltungsformen konventionell und ökologisch gehaltener Mastschweine in Bezug auf Pleuraveränderungen war bei einem Effektmaß Cramer-V von 0,090 nicht signifikant (CI₉₅: 0,054-0,125; p=0,062).

Tabelle 24: Pleurabefunde der untersuchten Mastschweine aus konventioneller und ökologischer Haltung

Pleuritisgrad	Befundschlüssel	Anzahl der Tiere aus konventioneller Haltung (%)	Anzahl der Tiere aus ökologischer Haltung (%)
		849 (100)	58 (100)
0	o.b.B.	684 (80,6)	55 (94,9)
0	PL 1	66 (7,8)	1 (1,7)
1	PL 2	56 (6,6)	1 (1,7)
2	PL 3	43 (5,0)	1 (1,7)

o.b.B.: ohne besonderen Befund, PL 1: Pleuraveränderungen < 10 %, PL 2: Pleuraveränderungen 10-30 %, PL 3: Pleuraveränderungen > 30 %

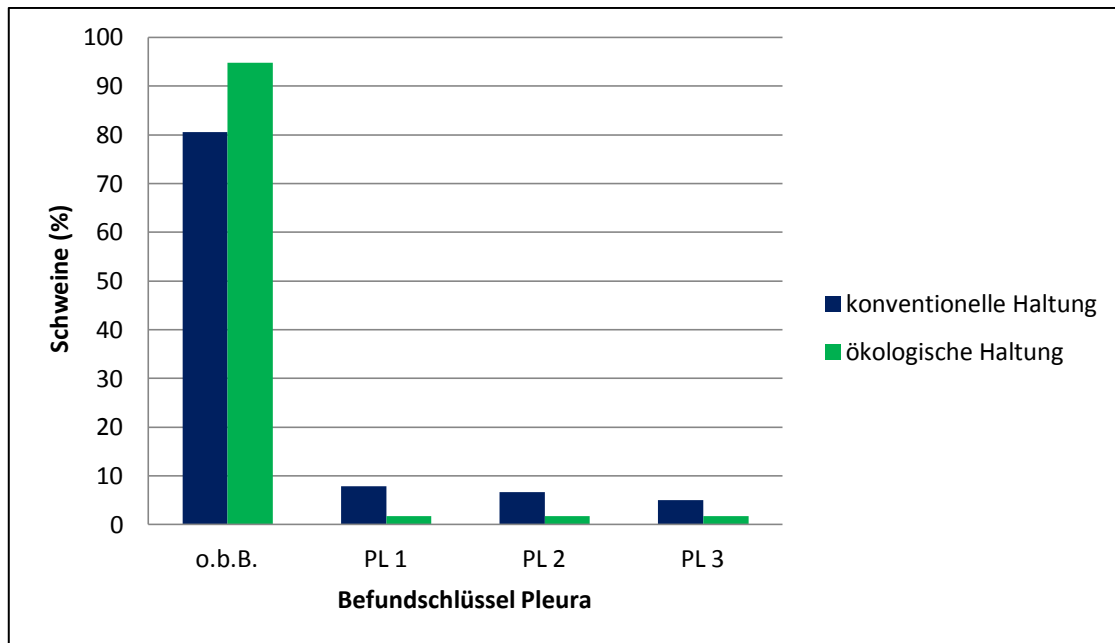


Abbildung 16: Pleurabefunde der untersuchten Mastschweine aus konventioneller und ökologischer Haltung; Befundschlüssel Pleura gemäß Anlage 3 der AVV Lebensmittelhygiene (o.b.B.: ohne besonderen Befund, PL 1: Pleuraveränderungen < 10 %, PL 2: Pleuraveränderungen 10-30 %, PL 3: Pleuraveränderungen > 30 %)

Bei Mastschweinen aus konventioneller Haltung wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der vier Bursagrade und dem Vorkommen von Pleuritiden besteht (Tabelle 25 und Abbildung 17).

Daraus resultierte, dass 88,2 % der Tiere mit Bursagrad 0 keine Pleuritis und 11,8 % der Mastschweine eine Pleuritis (PL 1 bis PL 3) aufwiesen. Im Vergleich dazu hatten 57,1 % der Tiere mit Bursagrad 3 keine Pleuritis, wohingegen 42,9 % der Tiere eine Pleuritis (PL 1 bis PL 3) aufwiesen.

Es stieg zwar mit zunehmendem Ausprägungsgrad der akzessorischen Bursen das Vorkommen von Pleuritiden, allerdings war dieser Unterschied bei einem Effektmaß Cramer-V von 0,063 (CI_{95} : 0,054-0,13) nicht signifikant ($p=0,329$).

Tabelle 25: Pleurabefunde der Mastschweine aus konventioneller Haltung in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen

Bursagrad	Pleura-Befundschlüssel			
	o.b.B. (%)	PL 1 (%)	PL 2 (%)	PL 3 (%)
0	60 (88,2)	5 (7,4)	2 (2,9)	1 (1,5)
1	328 (79,8)	28 (6,8)	28 (6,8)	27 (6,6)
2	292 (80,4)	32 (8,8)	25 (6,9)	14 (3,9)
3	4 (57,1)	1 (14,3)	1 (14,3)	1 (14,3)

o.b.B.: ohne besonderen Befund, PL 1: Pleuraveränderungen < 10 %, PL 2: Pleuraveränderungen 10-30 %, PL 3: Pleuraveränderungen > 30 %

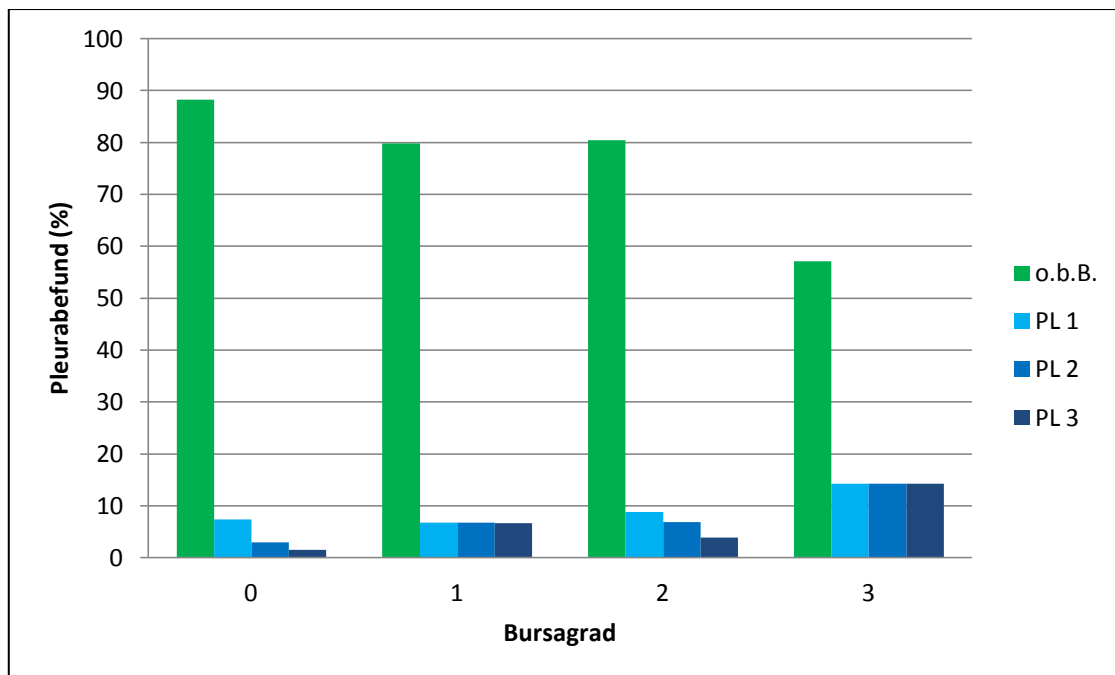


Abbildung 17: Pleurabefunde der Mastschweine aus konventioneller Haltung in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen; Befundschlüssel Pleura gemäß Anlage 3 der AVV Lebensmittelhygiene (o.b.B.: ohne besonderen Befund, PL 1: Pleuraveränderungen < 10 %, PL 2: Pleuraveränderungen 10-30 %, PL 3: Pleuraveränderungen > 30 %)

Es wurden die Pleurabefunde von konventionell gehaltenen Tieren, die keine Bursa (Grad 0) hatten, mit den Tieren, die Bursaveränderungen (Grad 1 bis 3) aufwiesen, verglichen (Tabelle 26). Daraus resultierte, dass 88,2 % der Tiere, die keine Bursa (Grad 0) hatten, auch keine

Pleuritis aufwiesen. Dahingegen sank der Anteil an Tieren ohne Pleuritiden bei den Schweinen mit auffälligem Bursabefund (Grad 1 bis 3) auf 79,9 %.

Allerdings war der Unterschied zwischen dem Vorhandensein und Nichtvorhandensein akzessorischer Bursen in Bezug auf die Pleurabefunde bei einem Effektmaß Cramer-V von 0,068 (CI_{95} : 0,037-0,118) nicht signifikant ($p=0,268$).

Tabelle 26: Pleurabefunde der Mastschweine aus konventioneller Haltung in Abhängigkeit vom Vorkommen akzessorischer Bursen

	Pleura-Befundschlüssel			
	o.b.B. (%)	PL 1 (%)	PL 2 (%)	PL 3 (%)
Bursagrad 0	60 (88,2)	5 (7,4)	2 (2,9)	1 (1,5)
Bursagrad 1-3	624 (79,9)	61 (7,8)	54 (6,9)	42 (5,4)

o.b.B.: ohne besonderen Befund, PL 1: Pleuraveränderungen < 10 %, PL 2: Pleuraveränderungen 10-30 %, PL 3: Pleuraveränderungen > 30 %

4.2.6 Nebenbefunde

Im Rahmen der Blutprobennahmen fielen bei konventionell gehaltenen Schweinen, die regulär geschlachtet wurden, Veränderungen des Ballenhorns auf. Abbildung 18 zeigt neben einer Aufnahme ohne besonderen Befund (a) geringe bis schwerwiegende Veränderungen (b-f). Das Ballenhorn war teilweise massiv zerklüftet.

Da diese Befunde nicht primär Gegenstand der Untersuchung waren und das Vorkommen erst während der laufenden Studie auffiel, wurden entsprechende Veränderungen nicht bei allen Tieren dokumentiert. Im Nachhinein wurde an Schlachthof B an 400 zusätzlich ausgewählten Tieren die Prävalenz dieser Veränderungen ermittelt. Diese lag bei 26,5 %. Eine Gradeinteilung erfolgte nicht. Auch weitere Daten wie Bursagrad, Pleuritisbefund oder Schlachtkörpergewicht wurden nicht erhoben.

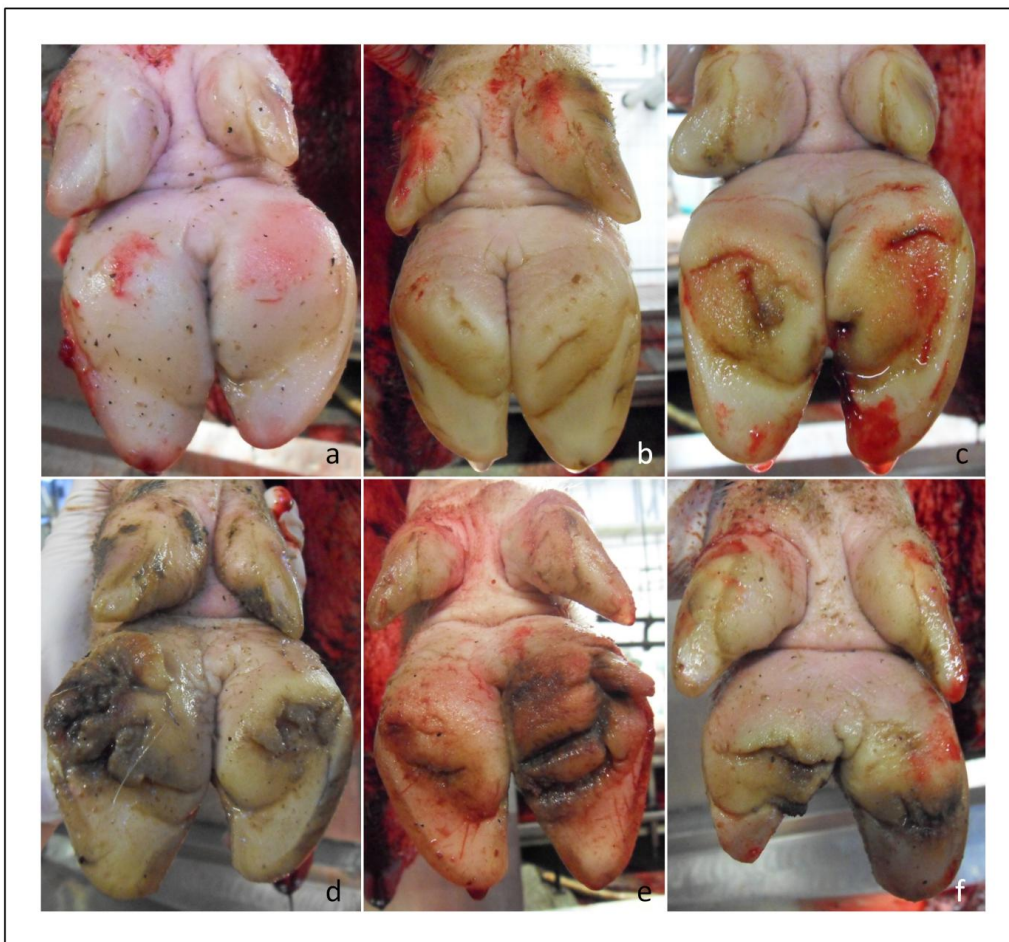


Abbildung 18: Klauen von konventionell gehaltenen Mastschweinen in plantarer Ansicht; Fotos wurden während der Entblutung am Schlachthof aufgenommen; a): keine Veränderungen des Ballenhorns, b)-f): Veränderungen des Ballenhorns

4.3 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

4.3.1 Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse

Von konventionell gehaltenen Schweinen wurden 853 akzessorische Bursen als Poolproben bakteriologisch untersucht. Bei 843 (98,8 %) Bursen waren kulturell auf Plate-Count-Agar keine Bakterien nachweisbar. Bei jeweils fünf (0,6 %) wurde *Staphylococcus (S.) aureus* und *Dermaococcus* spp. isoliert. Die *S. aureus*-positiven Proben waren einmal aus Schlachthof A sowie je zweimal aus Schlachthof B und C. Die *Dermaococcus* spp. positiven waren je einmal aus Schlachthof A und C und dreimal aus Schlachthof B. Vier der *S. aureus*-positiven Bursen entsprachen Bursagrad 3 und eine Bursagrad 2. Von den 58 ökologisch gehaltenen Mastschweinen wurden sieben Bursen untersucht, jedoch kein Bakterienwachstum nachgewiesen (Tabelle 27).

Tabelle 27: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse der akzessorischen Bursen von Tieren aus konventioneller und ökologischer Haltung

Mikrobiologische US	Konventionelle Haltung		Ökologische Haltung
	n	853	7
Kein Bakterienwachstum (%)		843 (98,8)	7 (100)
<i>S. aureus</i> (%)		5 (0,6)	-
<i>Dermaococcus</i> spp. (%)		5 (0,6)	-

US: Untersuchung, n: Anzahl, *S. aureus.*: *Staphylococcus aureus*, *Dermaococcus* spp.: *Dermaococcus* species

In Abbildung 19a ist eine Bursa mit zottiger innerer Oberfläche dargestellt. Den blutig-serösen Inhalt einer abgeflamnten Bursa zeigt Abbildung 19b.

Die mikrobiologischen Befunde der vier Schlachthöfe unterschieden sich bei einem Effektmaß Cramer-V von 0,041 nicht signifikant voneinander (CI_{95} : 0,030-0,093; $p=0,808$).

Auch der Unterschied zwischen den Haltungsformen bezüglich des mikrobiologischen Befundes war bei einem Effektmaß Cramer-V von 0,027 (CI_{95} : 0,018-0,037) mit $p=0,709$ nicht signifikant.

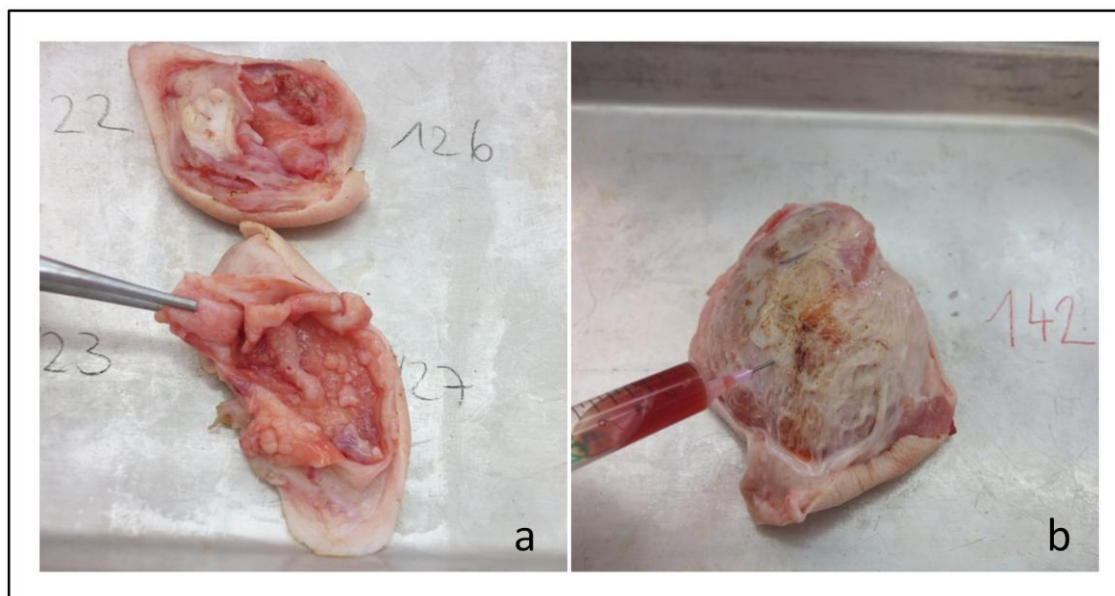


Abbildung 19: Arbeitsschritte der mikrobiologischen Untersuchung; a) Bursa ohne Inhalt mit zottiger innerer Oberfläche, b) stark gefüllte Bursa mit blutig-serösem Inhalt

4.3.2 Ergebnisse der Serumkonzentrationen der Akute-Phase-Proteine (APP)

Die Konzentrationen von CRP und Haptoglobin wurden in den Seren von konventionell und ökologisch gehaltenen Schweinen gemessen. Die Mediane der an den vier Schlachthöfen ermittelten Konzentrationen wurden miteinander verglichen. Zudem wurden die Ergebnisse der Bursagradeinteilung und die Messergebnisse der APP-Serumkonzentrationen gegenübergestellt.

4.3.2.1 Vergleich der APP-Serumkonzentrationen der vier Schlachthöfe

Der CRP-Median im Serum von Tieren aus Schlachthof B war um das 20fache höher als im Serum von Tieren aus Schlachthof D. Der Median im Serum von Tieren aus Schlachthof C war von den konventionell gehaltenen Tieren mit 3,24 µg/ml am niedrigsten, der im Serum von Tieren aus Schlachthof B mit 20,1 µg/ml am höchsten und jener aus Schlachthof A nahm mit 13,24 µg/ml eine Mittelstellung ein (Tabelle 28).

Ein hochsignifikanter Unterschied bestand mit jeweils $p \leq 0,001$ zwischen den Schlachthöfen A und C (Cohen d : 0,61; CI_{95} : 0,35-0,86), A und D (Cohen d : 0,58; CI_{95} : 0,23-0,92), B und C (Cohen d : 0,74; CI_{95} : 0,57-0,91) sowie B und D (Cohen d : 0,72; CI_{95} : 0,43-1,00).

Die Mediane der Haptoglobinkonzentrationen der Schweineseren aus den Schlachthöfen A bis D lagen zwischen 0,01 und 0,03 mg/ml. Hier nahmen die Haptoglobinkonzentrationen

von Tieren aus Schlachthof D eine Mittelstellung ein. Die Seren von Mastschweinen aus Schlachthof B wiesen die höchsten und die von Schlachthof C die niedrigsten Haptoglobinkonzentrationen auf.

Ein hochsignifikanter Unterschied mit $p \leq 0,001$ bestand zwischen den Schlachthöfen B und C (Cohen d : 0,40; CI_{95} : 0,23-0,56). Die vollständigen Ergebnisse sind Tabelle 28 zu entnehmen.

Tabelle 28: CRP- und Haptoglobinserumkonzentrationen (Median) der untersuchten Mastschweine an den Schlachthöfen A - D

	Schlachthof			
	A	B	C	D
n	79	299	282	58
CRP ($\mu\text{g/ml}$)	13,24 (27 ¹)	20,1 (99 ²)	3,24 (143 ⁴)	1,0 (35 ⁵)
Hp (mg/ml)	0,02	0,03 (9 ³)	0,01	0,02

n: Anzahl, CRP: C-reaktives Protein, Hp: Haptoglobin

¹ 13 Seren unterhalb des messbaren Bereichs, 14 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

² 36 Seren unterhalb des messbaren Bereichs, 63 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

³ 9 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

⁴ 127 Seren unterhalb des messbaren Bereichs, 16 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

⁵ 32 Seren unterhalb des messbaren Bereichs, 3 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

4.3.2.2 Gegenüberstellung von Bursagraden und APP-Serumkonzentrationen

Die Serumkonzentrationen von CRP stiegen bei den Mastschweinen mit zunehmendem Bursagrad deutlich an. Der Unterschied der gemessenen CRP-Serumkonzentrationen zwischen den Graden 0 und 2 war mit dem Effektmaß Cohen d von 0,19 (CI_{95} : -0,03-0,42; $p=0,008$) signifikant (Tabelle 29 und Abbildung 20).

Bei Haptoglobin war dieser Konzentrationsanstieg mit steigendem Bursagrad nicht nachweisbar. Die niedrigste Konzentration mit 0,01 mg/ml wurde bei Schweinen mit Bursagrad 3, die höchste bei Tieren mit Bursagrad 2 gemessen. Ein signifikanter Unterschied lag mit $p=0,247$ nicht vor. Beim Mehrfachvergleich lag das Effektmaß stets unter 0,5. Die vollständigen Ergebnisse sind Tabelle 29 zu entnehmen.

Tabelle 29: CRP- und Haptoglobinsenkonzentrationen (Median) der untersuchten Mastschweine in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen

	Bursagrad			
	0	1	2	3
n	102	330	280	4
CRP (µg/ml)	4,82 (54 ¹)	8,03 (135 ²)	10,61 (112 ⁴)	60,00 (3 ⁶)
Hp (mg/ml)	0,02	0,02 (6 ³)	0,03 (3 ⁵)	0,01

n: Anzahl, CRP: C-reaktives Protein, Hp: Haptoglobin

¹ 42 Seren unterhalb des messbaren Bereichs, 12 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

² 93 Seren unterhalb des messbaren Bereichs, 42 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

³ 6 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

⁴ 72 Seren unterhalb des messbaren Bereichs, 40 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

⁵ 3 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

⁶ 1 Serum unterhalb des messbaren Bereichs, 2 Seren oberhalb des messbaren Bereichs

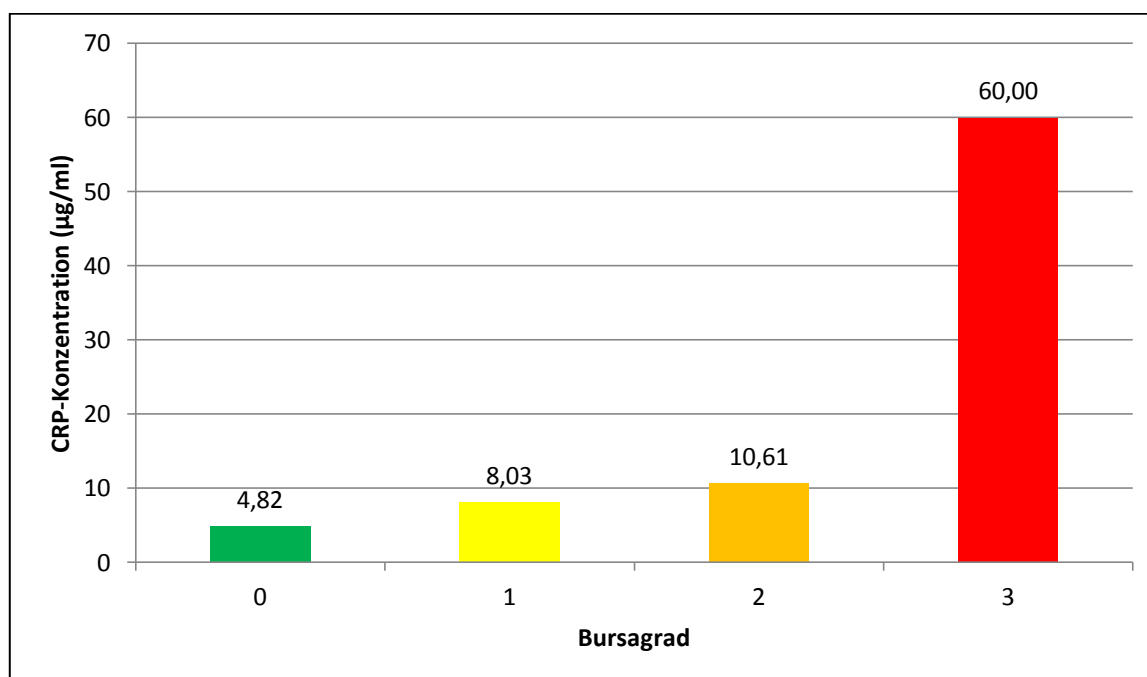


Abbildung 20: Mediane der CRP-Serumkonzentrationen der untersuchten Schweine in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen

4.3.3 Makroskopische und histopathologische Untersuchungsergebnisse

Insgesamt vier der 30 untersuchten akzessorischen Bursen waren histologisch ohne besonderen Befund (o.b.B.), die übrigen 26 wiesen entzündlichen Charakter auf. Das Ergebnis der histopathologischen Untersuchung ist in Abbildung 21 dargestellt.

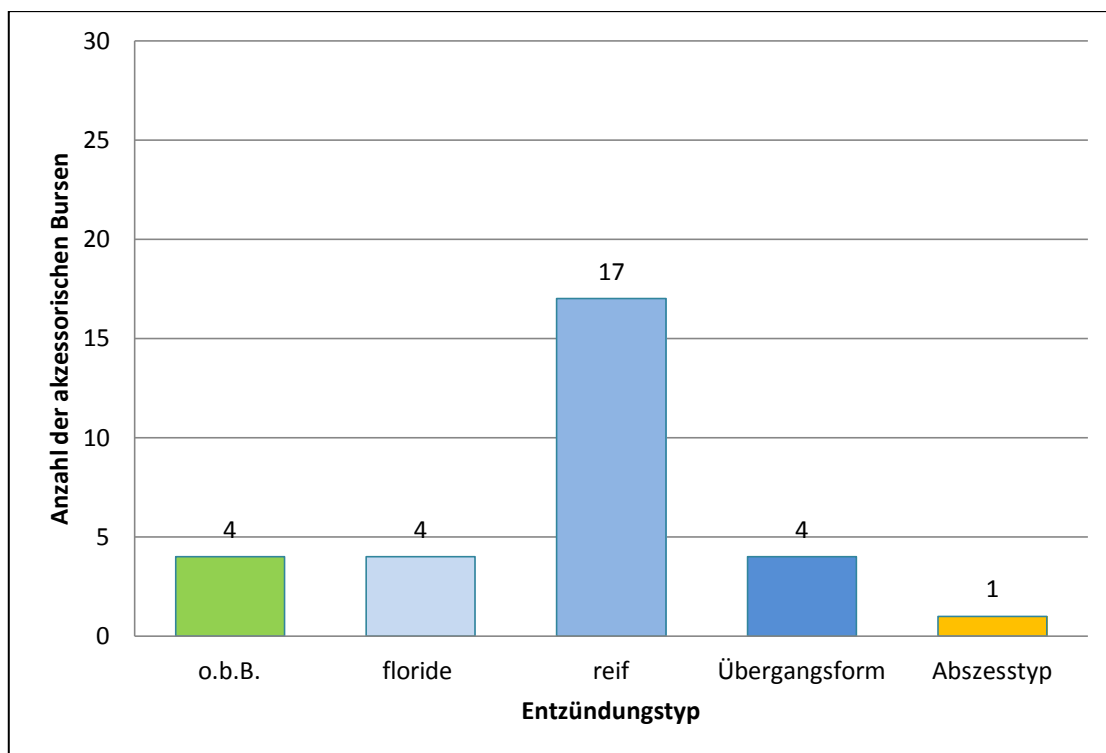


Abbildung 21: Ergebnis der histopathologischen Untersuchung von 30 akzessorischen Bursen (o.b.B.: ohne besonderen Befund)

Die vier Bursen ohne besonderen Befund (o.b.B.) stellten sich wie folgt dar:

Makroskopisch waren die äußere Haut intakt und die innere Bursaoberfläche glatt und die Bursa ohne Inhalt. Histologisch lag das Bild einer physiologischen Bursa vor. Die Innenauskleidung bestand aus einer Synovialmembran. Es handelte sich um fibrozytäre Zellen, die epithelial angeordnet waren (Abbildung 22).

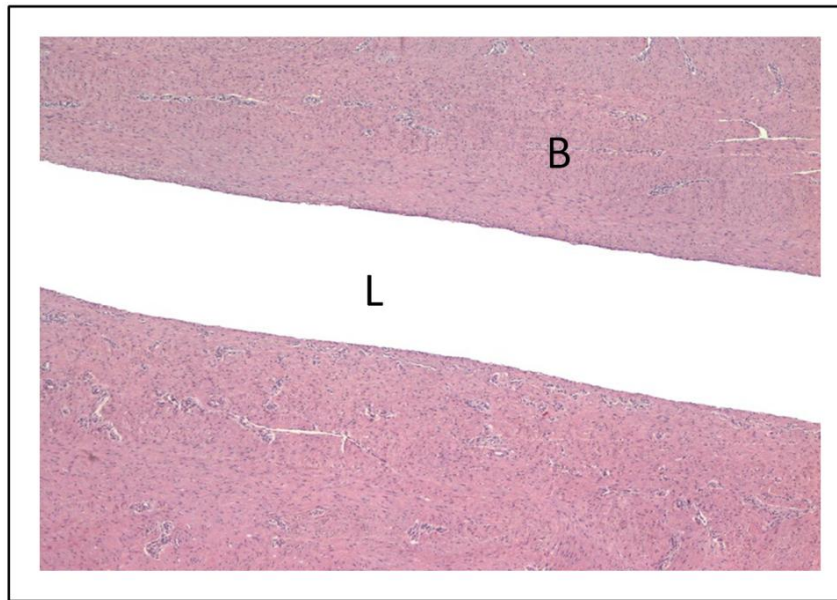


Abbildung 22: Bursa ohne besonderen Befund mit glatter innerer Oberfläche, keinem Inhalt im Lumen; 40fach vergrößert, HE-Färbung (L: Lumen, B: Bindegewebe)

Vier Bursen waren floride entzündet. Makroskopisch war die äußere Haut intakt. Die innere Bursaoberfläche stellte sich als glatt bis mittelgradig zottig mit serösem Inhalt dar. Histologisch kennzeichnend waren Fibrinergüsse (F) im Lumen (L) des Schleimbeutels und dem Epithel anhaftend. Besonders deutlich ist dies in der PTAH-Färbung in Abbildung 23b zu sehen, in der sich das Fibrin lila angefärbt hat. Die Einlagerungen der inneren Wandschichten bestanden aus Fibrin (F), Erythrozyten und gemischtzelligen Entzündungszellen (E) wie Lymphozyten, Plasmazellen und Makrophagen. In der Peripherie waren Granulationsgewebe (G) und Bindegewebe (B) vorherrschend (Abbildung 23).

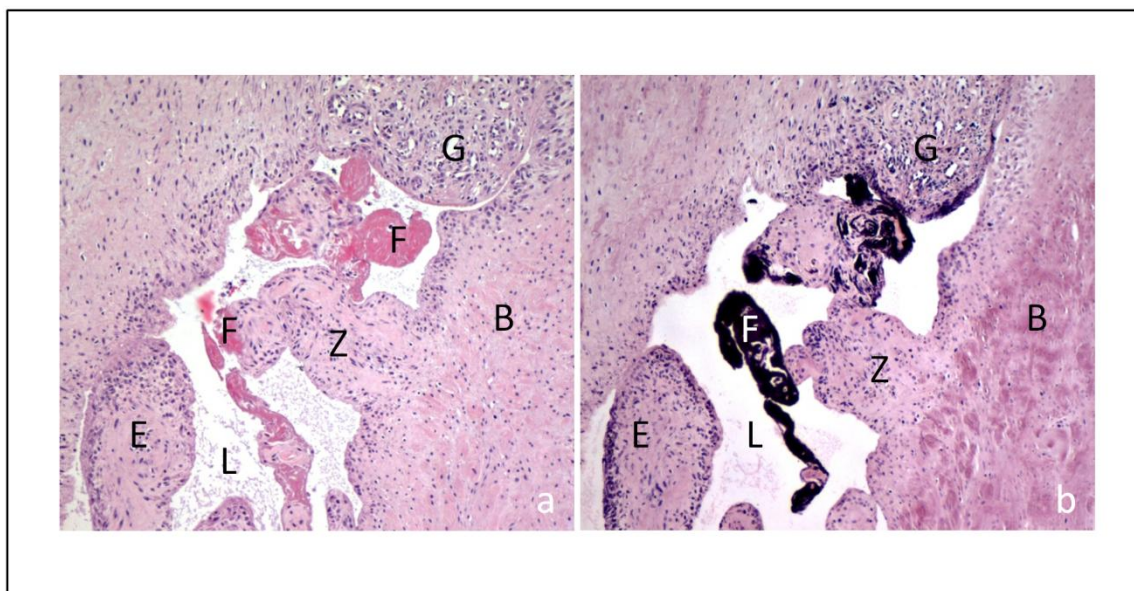


Abbildung 23: Bursa vom floriden Typ, 100fach vergrößert; a) HE-Färbung, b) PTAH-Färbung (B: Bindegewebe, E: gemischtzellige Entzündungszellen, F: Fibrin, G: Granulationsgewebe mit Gefäßbett, L: Lumen, Z: Zottenanschnitt)

Insgesamt 17 Bursen waren dem reifen Typ zuzuordnen. Makroskopisch war die äußere Haut intakt und die innere Bursaoberfläche glatt bis mittelgradig zottig. In vier Fällen war kein Inhalt im Lumen vorhanden, bei den übrigen dreizehn war dieser serös. Histologisch kennzeichnend war das Fehlen von Fibrin im Lumen sowie von Entzündungszellen im Gewebe, was für ein reaktionsloses Geschehen spricht. In der Peripherie war fibröses Gewebe sowie Granulations- (G) und Bindegewebe (B) vorzufinden. In Abbildung 24a wird makroskopisch eine Bursa mit zottiger innerer Oberfläche und Lumen (L) dargestellt. Außer den hineinragenden Zotten (Z) war kein Inhalt vorhanden. Abbildung 25a zeigt eine Bursa mit glatter innerer Oberfläche.

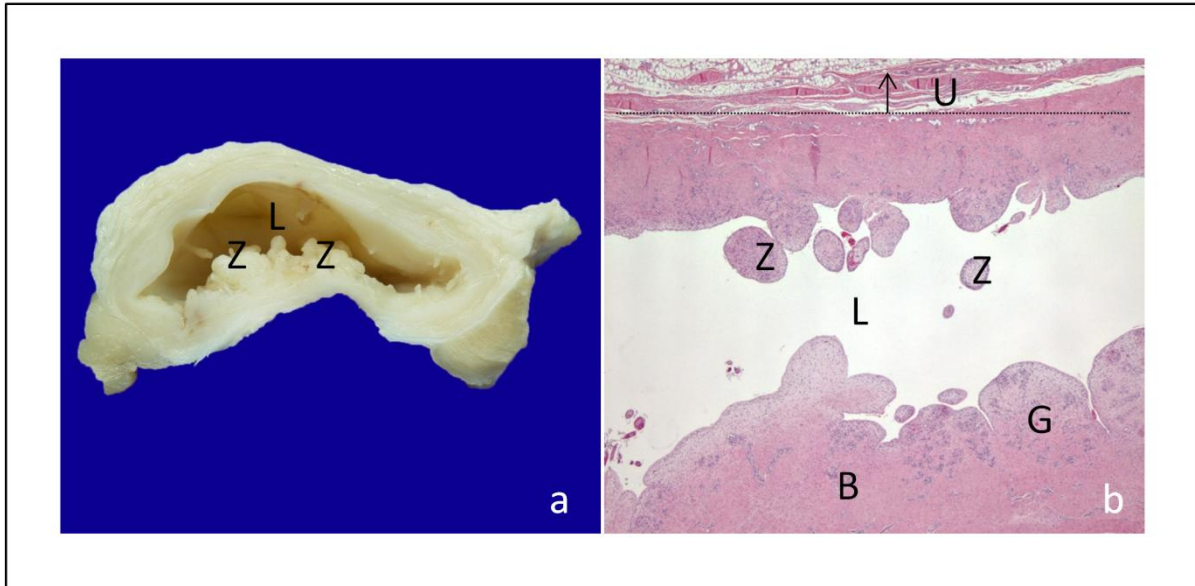


Abbildung 24: Bursa vom reifen Typ; a) makroskopische Aufnahme einer formalinfixierten Bursa mit zottiger innerer Oberfläche und Lumen, b) histologisches Präparat einer Bursa, 20fach vergrößert, HE-Färbung (B: Bindegewebe, G: Granulationsgewebe, L: Lumen, U: Unterhaut mit Fettgewebe und Nervenanschnitten, Z: Zottenanschnitt)

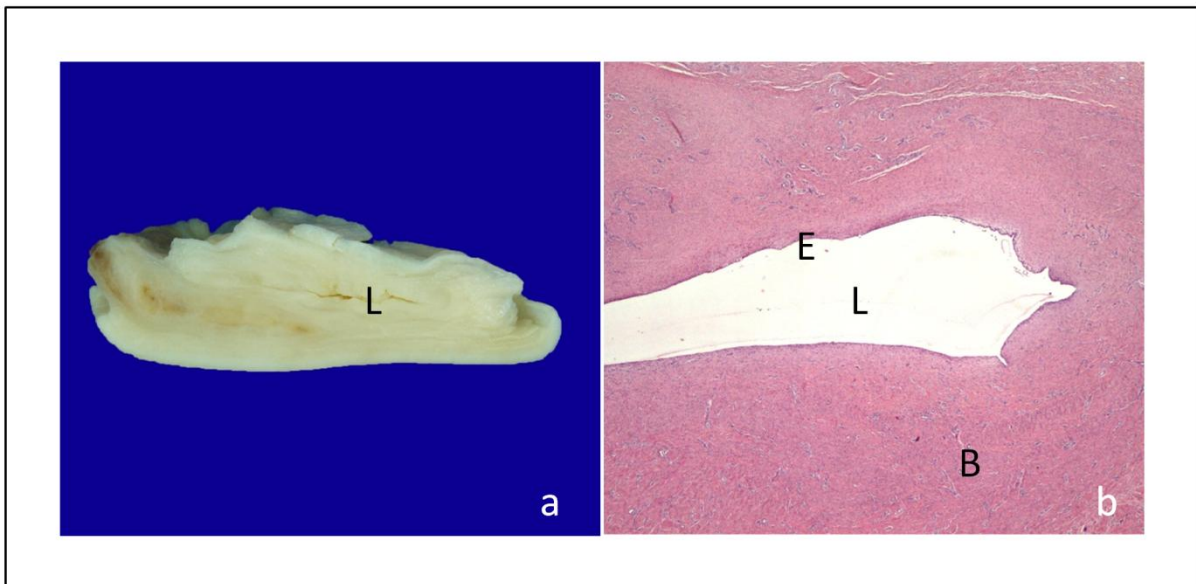


Abbildung 25: Bursa vom reifen Typ; a) makroskopische Aufnahme einer formalinfixierten Bursa mit spaltartigem Lumen (L) und glatter innerer Oberfläche, b) histologisches Präparat einer Bursa mit glatter innerer Oberfläche, 20fach vergrößert, HE-Färbung (B: Bindegewebe, E: Epithel, L: Lumen)

Als Übergangsform ist der fließende Übergang zwischen florider und reifer Entzündung anzusehen. Vier der untersuchten Bursen entsprachen dieser Kategorie. Makroskopisch war die äußere Haut intakt. Die innere Bursaoberfläche war glatt bis mittelgradig zottig, der Inhalt stets serös.

Eine Bursa entsprach der Sonderform „Abszesstyp“. Im Vergleich zu den anderen 29 untersuchten Bursen mit stets intakter Haut fiel hierbei makroskopisch ein Ulkus auf. Die innere Oberfläche wurde als geringgradig zottig eingestuft. In der Histologie war entlang des Lumens (L) eine ausgeprägte Entzündungsreaktion (E) zu sehen, die sich als Saum einer gemischtzelligen Entzündungsreaktion mit Beteiligung von Granulozyten darstellte. Zudem waren Anschnitte des lumennahen Gewebes nekrotisch (N). Dort befanden sich Bakterien (Ba) (Abbildung 26).

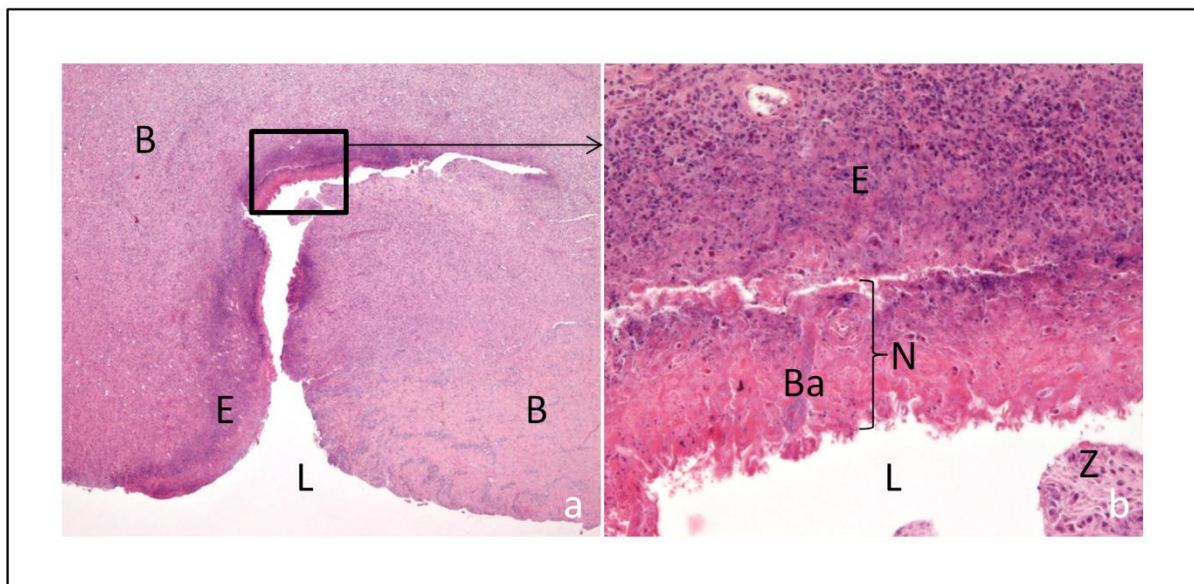


Abbildung 26: Bursa vom Abszesstyp als histologisches Präparat, HE-Färbung a) 20fach vergrößert, b) 200fach vergrößert, → Ausschnitt aus Präparat a (B: Bindegewebe, Ba: Bakterienkolonie, E: gemischtzellige Entzündungsreaktion, L: Lumen, N: nekrotisches Material, Z: Zottenanschnitt)

4.4 Vorschlag für die Bonitierung von akzessorischen Bursen in der Praxis

Abbildung 27 stellt eine Zusammenfassung eines verwendbaren Boniturschemas zur Gradeinteilung von akzessorischen Bursen für die Praxis dar. Vergleiche dazu auch die Abbildungen 8 bis 11.

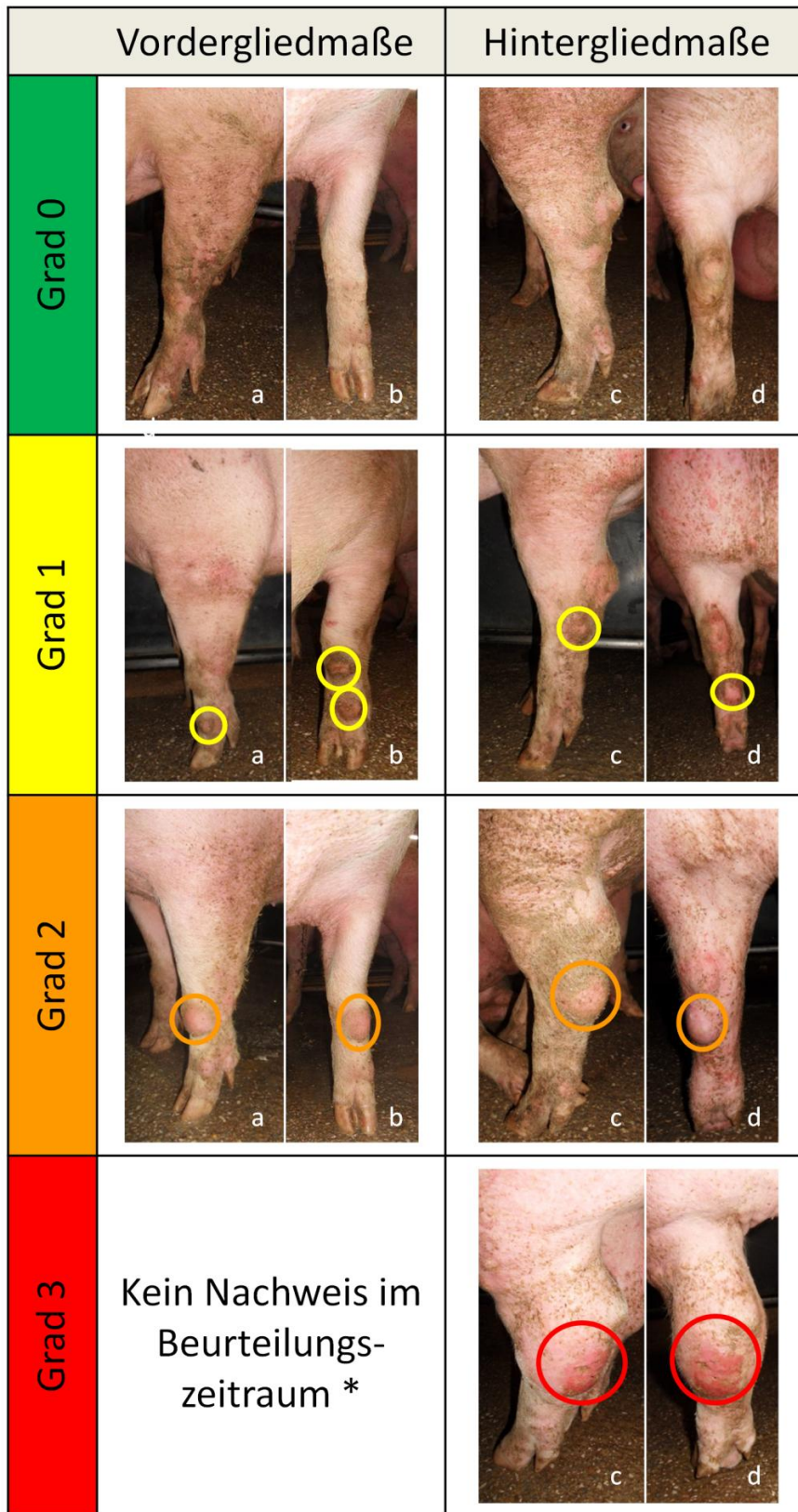


Abbildung 27: Darstellung der vier Bursagrade 0 bis 3 an den Vorder- und Hintergliedmaßen; Ansicht der Vordergliedmaße von: a: lateral, b: kranial; Ansicht der Hintergliedmaße von: c: lateral, d: kaudal; *n=1006 (n: Anzahl der untersuchten Tiere)

5 Diskussion

5.1 Bonitierung und Studiendesign

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Boniturschema zur Gradeinteilung von akzessorischen Bursen bei Mastschweinen entwickelt. Mit Hilfe dieses Schemas erfolgte die Bestimmung der Prävalenz von akzessorischen Bursen im Rahmen einer Fall-Kontroll-Studie. Hierfür wurden insgesamt 1006 Masthybriden an vier Schlachthöfen in Süddeutschland untersucht, wobei 948 Tiere aus konventioneller und 58 Tiere aus ökologischer Haltung stammten.

Eine Landwirtschaftszählung 2010 ergab, dass über 90 % der Tiere aus konventioneller Haltung auf Teil- und Vollspaltenböden gehalten wurden (DESTATIS, 2010). Die Tiere aus ökologischer Haltung wurden auf Betonboden mit Stroh im Warm- und Auslaufbereich gemästet.

In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Gradeinteilung an der prominentesten akzessorischen Bursa von 0 bis 3. In anderen Studien wurden unterschiedliche Beurteilungsschwerpunkte zu Grunde gelegt. Der größte Unterschied in der Bonitierung im Vergleich zu früheren Untersuchungen besteht darin, dass in der vorliegenden Arbeit allein die prominenteste Bursa beurteilt wurde. Ein Grund dafür ist die Anforderung, das Boniturschema in der Praxis ohne größere Schwierigkeiten anwenden zu können. In Tabelle 30 sind Boniturschemen aus anderen Arbeiten zusammengefasst.

Tabelle 30: Übersicht zu in der Praxis angewandten Boniturschemen

Autor	Jahr	Anzahl der Grade	Kriterien der Gradeinteilung
TEMPLE et al.	2012	3	Bursavorkommen, -anzahl, -größe und -zustand (erodiert)
KILBRIDE et al.	2008	4	Prozentuale Schwellung in Abhängigkeit von der Größe des Tarsalgelenkes
SCOTT et al.	2006	5	Bursavorkommen und -schweregrad (erodiert)
MOUTTOTOU et al.	1998b	4	Bursaschweregrad
PAPSTHARD	1989	2	Bursavorkommen (zusätzlich dokumentiert: Anzahl und Lokalisation)

Ein Unterschied im Vergleich zu anderen Studien ist die Dauer sowie der Ort der Befunderhebung. In der vorliegenden Arbeit wurden randomisiert ausgewählte Tiere an vier Schlachthöfen in Süddeutschland an insgesamt fünfzehn Untersuchungstagen während des normal ablaufenden Schlachtbetriebes beurteilt. In anderen Arbeiten, die teilweise in England stattfanden, wurden die Tiere in den Haltungsbetrieben selbst über einen längeren Zeitraum zwischen vier Monaten und drei Jahren untersucht (PAPSTHARD, 1989; LAHRMANN et al., 2003; SCOTT et al., 2006; GILLMAN et al., 2008; KILBRIDE et al., 2008; TEMPLE et al., 2012). Hier konnte ein direkter Zusammenhang zwischen den Haltungsbedingungen und dem Vorkommen von akzessorischen Bursen hergestellt werden. Allerdings ist dies mit einem hohen Zeit- und Personalaufwand verbunden.

In der Arbeit von MOUTTOTOU et al. (1998a) fand der erste Teil der Studie an einem großen Schlachthof in Süd-West-England statt. Siebzehn ausgewählte Betriebe nahmen daran teil. Nach der Befunderhebung am Schlachthof fanden Betriebsbegehungen statt, um Informationen über das Betriebsmanagement sowie die Haltungsumwelt der Tiere zu erhalten.

5.2 Prävalenz von akzessorischen Bursen und Einflussfaktoren

Die Prävalenz von akzessorischen Bursen bei Mastschweinen aus konventioneller Haltung mit einem Schlachtalter von ca. sechs Monaten lag in der vorliegenden Studie bei 91,8 %, wobei alle Bursagrade von 0 bis 3 vertreten waren. Das Vorkommen von akzessorischen Schleimbeuteln bei sieben bis acht Monate alten Mastschweinen aus ökologischer Haltung lag bei 13,8 %. Es kamen nur die Bursagrade 0 und 1 vor.

In der vorliegenden Arbeit wurde die höchste Prävalenz von akzessorischen Bursen bei der Haltung auf Teil- und Vollspaltenböden und die niedrigste bei der Haltung auf Betonboden mit Stroh ermittelt. Dieser Befund stimmt mit den Ergebnissen zahlreicher anderer Arbeiten in der Literatur überein (PAPSTHARD, 1989; PROBST, 1989; MOUTTOTOU et al., 1997a; MOUTTOTOU et al., 1998a; MAYER, 1999; MOUTTOTOU et al., 1999b; SCOTT et al., 2006; GILLMAN et al., 2008; TEMPLE et al., 2012).

In der Arbeit von PAPSTHARD (1989) resultierte die höchste Prävalenz von 96,3 % bei der Haltung auf Vollspaltenboden. MAYER (1999) hingegen ermittelte bei gleicher Fußbodengestaltung mit 43 % die geringste Prävalenz.

Die Gründe für die Unterschiede in den Prävalenzen bei gleicher Haltung sind vielseitig. Einige Autoren beschreiben, dass rutschige und scharfkantige Böden prädisponierende Faktoren für die Entstehung von akzessorischen Bursen sind (MOUTTOTOU et al., 1997a; MOUTTOTOU et al., 1999b; GILLMAN et al., 2008; KILBRIDE et al., 2008). Des Weiteren steigt die Prävalenz akzessorischer Bursen mit dem Alter der Mastschweine (PROBST, 1989; GILLMAN et al., 2008; TEMPLE et al., 2012). Auch das Fußbodenmaterial ist ein entscheidender Faktor (LAHRMANN et al., 2003; SAVARY et al., 2007; GILLMAN et al., 2008). Oben genannte Einflussfaktoren konnten in der vorliegenden Arbeit nicht bewertet werden, da keine genauen Daten über die Haltungsumwelt der Tiere vorlagen. Dieser Sachverhalt müsste in weiteren Studien näher untersucht werden.

Auffallend war jedoch, dass bei Tieren, die akzessorische Bursen aufwiesen, häufiger Pleuritiden festgestellt wurden als bei Tieren ohne auffälligen Bursabefund. Ein Grund dafür könnte sein, dass diese Tiere aufgrund eines schlechteren Gesundheitszustandes mehr lagen und somit über eine längere Zeit Druck auf die Gliedmaßen ausgeübt wurde. Diese Vermutung wird durch die Studie von ESCOBAR et al. (2007) bestärkt. Aus deren Untersuchungen resultierte, dass Tiere mit Pneumonien mehr lagen als gesunde Tiere. Auch die Studie von REINER et al. (2009) bestätigt, dass kranke Tiere, in diesem Fall waren es Tiere mit einer parasitären Erkrankung, weit weniger aktiv waren als gesunde Schweine. Somit hat das Allgemeinbefinden wahrscheinlich auch einen indirekten Einfluss auf die Entstehung von akzessorischen Bursen.

5.3 Akzessorische Bursen und die Fleischqualität bei Mastschweinen

Die Fleischqualität wurde in der vorliegenden Arbeit mit Hilfe des pH_{45} bestimmt. Zusätzlich erfolgte die Messung von Schlachtkörpergewicht und Muskelfleischanteil. Die Messungen von pH-Wert und Fleischfarbe nach 24 Stunden waren aus praktischen Gründen an den Schlachthöfen nicht möglich, da die Tierkörper nach 24 Stunden meist in Teilstücke zerlegt waren und sich nicht mehr im Betrieb befanden. Zudem war der personelle und organisatorische Aufwand für diese Untersuchungen nicht zu erbringen.

In der vorliegenden Studie lagen die gemessenen pH_{45} -Werte des *M. semimembranosus* und *M. longissimus dorsi* im Normbereich, d.h. $> 5,8$. PSE-Fleisch wurde somit nicht nachgewiesen (LITTMANN et al., 2006a). Die Unterschiede der mittleren pH_{45} -Werte von konventionell gehaltenen Schweinen bei den vier Bursagraden waren nicht signifikant. In der

Literatur gibt es bislang keine Angaben über den Zusammenhang von Bursavorkommen und pH-Werten.

Allerdings ist zu bemerken, dass an Schlachthof B im Mittel die pH₄₅-Werte mit $6,2 \pm 0,3$ im M. semimembranosus und $6,4 \pm 0,5$ im M. longissimus dorsi vergleichsweise niedriger waren als bei den anderen beiden Schlachtbetrieben A und C, die auch mit Schweinen aus konventioneller Haltung beliefert wurden. Vermutlich ist dieser Unterschied in der Betäubungsart begründet. In Schlachthof B wurde mittels Elektrozange betäubt, wohingegen in den Schlachthöfen A und C CO₂ verwendet wurde. Diese Aussage bestätigen Untersuchungen von LAMMENS et al. (2007) und CHANNON et al. (2003), bei denen ebenfalls bei Schweinen höhere pH-Werte nach einer CO₂-Betäubung als nach einer Elektrobetäubung gemessen wurden.

Der Unterschied im Schlachtkörpergewicht konventionell gehaltener Schweine war weder in Bezug auf das Vorkommen akzessorischer Bursen noch im Vergleich der einzelnen Bursagrade signifikant. Auch in den Untersuchungen von MOUTTOTOU et al. (1998b) gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Vorkommen akzessorischer Bursen und dem Gewicht.

In der vorliegenden Arbeit fiel dennoch auf, dass die konventionell gehaltenen Tiere mit Bursagrad 0 ein mittleres Gewicht von $98,4 \pm 8,7$ kg hatten und diejenigen mit Bursagrad 3 im Durchschnitt $93,3 \pm 7,7$ kg wogen. Mit zunehmendem Bursagrad nahm das Schlachtkörpergewicht der Mastschweine ab, gleichzeitig nahm die Zahl der Tiere mit Pleuritiden zu. Eine Ursache für das niedrigere Gewicht könnte sein, dass Tiere womöglich durch Primärerkrankungen mehr lagen und dadurch weniger Futter aufnahmen. Diese Aussage wird durch die Arbeit von ESCOBAR et al. (2007) bestärkt. Tiere mit Pneumonien verbrachten während der genannten Studie mehr Zeit im Liegen als gesunde Tiere. Auch eine Inappetenz aufgrund von Schmerzen kann zu einem geringeren Endgewicht führen. HENKE et al. (2005) zählen Inappetenz beim Schwein zur Schmerzsymptomatik.

Trotz eines fehlenden signifikanten Unterschiedes ist die mögliche Auswirkung von akzessorischen Bursen auf das Schlachtkörpergewicht von Mastschweinen von wirtschaftlichem Interesse. In weiteren Studien könnte beispielsweise der Zusammenhang zwischen Bursavorkommen, Allgemeinbefinden und Schlachtkörpergewicht in den Herkunftsbetrieben und am Schlachthof näher untersucht werden.

Hinsichtlich des Muskelfleischanteils von konventionell gehaltenen Mastschweinen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Tieren, die keine Bursa hatten, und den Tieren mit auffälligem Bursabefund ermittelt werden. Tendenziell zeigte sich, dass Tiere mit auffälligem Bursabefund durchschnittlich einen um 0,4 % niedrigeren Muskelfleischanteil hatten als Tiere ohne akzessorische Bursa. In der Arbeit von MOUTTOTOU et al. (1998b) war der Muskelfleischanteil bei Tieren ohne Bursabefund um 0,8 % höher. Auch hier ist eine mögliche Ursache die geringere Bewegungsfreudigkeit durch ein schlechtes Allgemeinbefinden.

5.4 Akzessorische Bursen und das Tierwohl

Das Thema Tierschutz ist im Grundgesetz in § 20a verankert. Die Gesetzesgrundlage für die Umsetzung stellt das Tierschutzgesetz dar. Nicht nur die Freiheit von Schmerzen, Leiden und Schäden (§ 1, Tierschutzgesetz) ist wichtig, sondern das Tierwohl gewinnt zunehmend an Bedeutung (RIEDL und FECHLER, 2014). Da Tierwohl nicht direkt messbar ist (BLOKHUIS, 2008), gibt es verschiedene Ansätze, dies näher zu bestimmen und zu untersuchen.

Zum einen besteht die Möglichkeit, die Haltung von Mastschweinen auf Tiergerechtheit zu überprüfen und somit indirekt das Wohlbefinden der Tiere zu beurteilen. Zu diesem Zweck wurde das Welfare Quality® Protokoll entwickelt. In diesem Protokoll ist in Kategorie II „Gute Unterbringung“ in Unterpunkt „3“ die Bursitis als Messgröße für Tiergerechtheit aufgeführt (WELFARE QUALITY®, 2009). Folglich fließt das Vorkommen von Bursitiden in einem Schweinemastbetrieb als Negativbefund in die Bewertung ein und verschlechtert die Bewertung des Wohlbefindens der Mastschweine in diesem Betrieb. Das zeigt, wie wichtig eine standardisierte Erfassung von akzessorischen Bursen, zum Beispiel am Schlachthof, ist.

Zum anderen kann das Wohlbefinden von Tieren auch anhand der fünf Freiheiten des Farm Animal Welfare Councils beurteilt werden. Eine der Freiheiten ist, dass Nutztiere frei von Unannehmlichkeiten sein sollen. Dazu verhilft eine angemessene Umgebung mit Schutz- und Ruhezeiten. Eine weitere Freiheit fordert die Abwesenheit von Schmerz, Verletzung und Krankheit durch Prävention (FAWC, 1979). Diese Forderungen sind bei einem gehäuftem Vorkommen von Bursitiden nicht vollends erfüllt.

In der Schweiz ist beispielsweise die Haltung von Schweinen auf Vollspaltenböden in Buchten, die ab dem 1. September 2008 neu eingerichtet wurden, verboten. Diese Buchten müssen einen in größeren Flächen zusammenhängenden Liegebereich haben. Für Betriebe,

die vor dem oben genannten Datum bestanden, gilt eine Übergangsfrist bis zum 31. August 2018. Zudem wurden die Mindestflächen pro Mastschwein erhöht (BLV, 2014).

Innerhalb der EU fordern die Niederlande und Dänemark eine konsequente Weiterentwicklung der EU-Tierschutzbestimmungen (BMEL, 2014).

Eine wichtige Fragestellung ist, ob akzessorische Bursen schmerzhaft für die Tiere sind. Definitionsgemäß sind die Kardinalsymptome einer akuten Entzündung Rötung (rubor), Schwellung (tumor), Wärme (calor), Schmerz (dolor) und Funktionsverlust (functio laesa) (BAUMGÄRTNER und SCHMIDT, 2010). Bei der histopathologischen Untersuchung der akzessorischen Bursen waren über 85 % entzündlich verändert. Die untersuchten Bursen erfüllten die Kriterien Rötung und Schwellung. Da keine Palpationsbefunde erhoben wurden, kann das Symptom Wärme nicht beurteilt werden. Wie oben beschrieben, ist eine akute Entzündung schmerzhaft. Aufgrund dessen kann davon ausgegangen werden, dass zumindest im akuten Entzündungsstadium eine Schmerzhaftigkeit besteht.

Auch MARCHANT (1980) kam zu dem Ergebnis, dass Bursitiden bei Schweinen Schmerzen verursachen. Die histologischen Untersuchungsergebnisse von akzessorischen Schleimbeuteln durch PAPSTHARD (1989) sind mit der vorliegenden Arbeit vergleichbar. In seiner Arbeit waren alle histologisch untersuchten akzessorischen Bursen entzündet. Auch er ging davon aus, dass während der Entstehungsphase und im chronischen Stadium Schmerzen bestehen.

In der Humanmedizin haben Patienten mit akuter Bursitis praepatellaris oder olecrani Schmerzen und sie erhalten Analgetika (MCFARLAND et al., 2000). Der Analogieschluss von Sambraus besagt, dass sich der Mensch und die höherstehenden Wirbeltiere infolge ihrer stammesgeschichtlichen Verwandtschaft im Körperbau und in der Physiologie sehr ähnlich sind. Infolgedessen sind beim Tier analoge Empfindungen zum Menschen zu erwarten (SAMBRAUS, 1997).

Im Gegensatz dazu, dass akzessorische Bursen Schmerzen verursachen, berichteten GILLMAN et al. (2008) und KILBRIDE et al. (2009) nach den histologischen Untersuchungen von akzessorischen Bursen nur von wenigen Entzündungszellen in Bursawand und -lumen. Auch bei den histologischen Untersuchungen von PROBST (1989) wurden keine Anzeichen einer akuten oder chronischen Entzündung beschrieben. Folglich ging er nicht von einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens durch Schleimbeutelbildung aus, solange die äußere Haut unverletzt ist.

In der vorliegenden Studie fiel zufällig während der Blutprobenahme auf, dass viele Tiere aus konventioneller Haltung teilweise massive Veränderungen an den Klauen, insbesondere am Ballenhorn, hatten. Der Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Klauenveränderungen und der Fußbodenbeschaffenheit wurde in der Literatur bereits mehrfach beschrieben (MOUTTOTOU et al., 1999a; LAHRMANN und PLONAIT, 2004). Da diese Veränderungen erst während der laufenden Studie auffielen, erfolgte keine Befunderhebung bei allen Tieren. Es wäre zu untersuchen, ob Tiere mit einem gehäuftem Vorkommen an akzessorischen Bursen gleichzeitig Klauenveränderungen aufweisen.

5.5 Mikrobiologische Befunde

Insgesamt waren die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse des Bursainhaltes und der inneren Oberfläche unauffällig. Lediglich in jeweils 0,6 % der untersuchten Bursen von Schweinen aus konventioneller Haltung konnten *S. aureus* und *Dermaococcus* spp. isoliert werden. Die Isolierung von *Dermaococcus* spp. ist vermutlich vernachlässigbar, da es sich hierbei wahrscheinlich um eine Kontamination der primär nicht sterilen Haut handelte (BECKER und PETERS, 2012). Aus den Bursen der ökologisch gehaltenen Schweine wurden keine Bakterien isoliert.

Das Ergebnis der vorliegenden Studie deckt sich weitestgehend mit den Ergebnissen von MARCHANT (1980) und PROBST (1989). In deren Untersuchungen wurden vereinzelt Staphylokokken und Streptokokken isoliert. In einigen Punktaten wurden keine Bakterien nachgewiesen, in den restlichen unspezifische Keime isoliert.

Es stellt sich die Frage, wie am Schlachthof bei der amtlichen Fleischuntersuchung mit akzessorischen Bursen umgegangen werden soll, da auch opportunistische Keime vorkommen können. In der Praxis werden häufig prominente Schleimbeutel an der Vordergliedmaße eröffnet. An der Hintergliedmaße ist dies in der Regel nicht möglich, da die Gefahr besteht, dass die Tierkörperhälften vom Haken fallen (MEILER, 2014).

Anhand der Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Studie sollten Bursitiden mit eitrigem Inhalt stets großflächig und unter Vermeidung von Kontaminationen herausgeschnitten werden. Ein wichtiger Anhaltspunkt zur Identifizierung solcher Veränderungen ist ein Ulkus der äußeren Haut. Eitrig-infizierte Bursitiden stellen eine Verbrauchergefährdung dar und sind zudem ekelerregend. Die Rechtsbezüge für das Entfernen dieser Bursitiden sind in VO (EG) Nr. 854/2004 zu finden. Artikel 5 Nr. 2 besagt,

dass eine Genusstauglichkeitskennzeichnung erst erfolgen darf, wenn keine Mängel vorliegen, die das Fleisch genussuntauglich machen. Der amtliche Tierarzt muss beim Vorkommen genannter Mängel nach Artikel 5 Nr. 3 geeignete Maßnahmen treffen. In Verbindung mit Anhang III Abschnitt I Kapitel IV Nr. 12 der VO (EG) Nr. 853/2004 müssen sich die Schlachthofbetreiber an die Weisungen der zuständigen Behörde halten und eine Entfernung der nicht genusstauglichen Teile veranlassen.

MARCHANT (1980) erläutert in seiner Arbeit, dass das Anschneiden von Bursen vermieden und nötigenfalls betroffene Schlachtkörper separat bearbeitet werden sollten. Er schlägt vor, den infizierten Bereich abzusetzen, um eine Kontamination zu verhindern. Diese Maßnahme sollte allerdings nur dann vorgenommen werden, wenn die Lymphknoten des tributären Gebietes vergrößert sind.

5.6 Gegenüberstellung von ausgewählten Befunden mit Serumkonzentrationen von Akute-Phase-Proteinen

In der vorliegenden Arbeit wurden die APP-Serumkonzentrationen von Mastschweinen gemessen, um einen möglichen Effekt der Schlachthöfe sowie der Bursagrade auf die Serumkonzentration von CRP und Haptoglobin zu untersuchen.

Es fiel auf, dass sich die CRP- und Haptoglobinkonzentrationen zwischen den einzelnen Schlachthöfen teilweise hochsignifikant unterschieden.

Eine mögliche Erklärung für diese Konzentrationsunterschiede könnten unterschiedliche Transportbedingungen oder ein unterschiedlich langer Aufenthalt der Tiere im Wartestall sein. In einigen Studien wurde nachgewiesen, dass durch Stress (MURATA et al., 2004; SALAMANO et al., 2008) sowie durch die Wartezeit am Schlachthof (PIÑEIRO et al., 2007) die Konzentrationen von CRP und Haptoglobin ansteigen. Dieser Sachverhalt müsste in weiteren Studien geklärt werden, da diesbezüglich keine Daten für die vorliegende Arbeit erhoben wurden.

An Schlachthof D, an dem Tiere aus ökologischer Haltung geschlachtet wurden, waren die CRP-Konzentrationen der untersuchten Schweine am niedrigsten. Möglicherweise hat die Haltungsform Einfluss auf die Serumkonzentration. Dies wird durch die Untersuchungsergebnisse von SCOTT et al. (2006) bestätigt, da in der genannten Arbeit höhere CRP-Konzentrationen bei Tieren aus der Haltung auf Vollspaltenboden als bei der Haltung auf Stroh gemessen wurden.

Auffällig waren die hohen CRP- und Haptoglobin-Serumkonzentrationen, die bei Schweinen an Schlachthof B gemessen wurden. Gründe für hohe Haptoglobinkonzentrationen könnten subklinische oder klinische Erkrankungen sein (LIPPERHEIDE et al., 2000; CHEN et al., 2003; PALLARÉS et al., 2008). LIPPERHEIDE et al. (2000) fanden heraus, dass Tiere aus Betrieben mit schlechtem Hygienestatus hohe Haptoglobinkonzentrationen hatten. Dies vermutlich durch subklinische Erkrankungen oder immunologischen Stress. Es wäre daher interessant zu wissen, ob ein Teil der untersuchten Schweine aus solchen Betrieben stammte.

Die CRP-Konzentrationen der Mastschweine stiegen mit steigendem Bursagrad deutlich an. Tiere mit Bursagrad 0 hatten einen CRP-Median von 4,82 µg/ml, bei Tieren mit Bursagrad 2 stieg er auf 10,61 µg/ml. Bei vier Tieren, die Bursagrad 3 aufwiesen, lag der Median von CRP bei 60,00 µg/ml. Zwischen den CRP-Konzentrationen bei den Bursagraden 0 und 2 bestand ein signifikanter Unterschied. Bei der Messung der Haptoglobin-Konzentrationen konnte in der vorliegenden Arbeit hingegen keine vergleichbare Korrelation festgestellt werden.

Womöglich hat das Vorkommen von Bursitiden einen Einfluss auf die Konzentration von CRP. Einerseits wäre es denkbar, dass höhere CRP-Konzentrationen bei Schweinen mit Bursitiden aufgrund eines schlechteren Allgemeinbefindens vorkommen. CHEN et al. (2003) und PALLARÉS et al. (2008) berichten von hohen CRP-Konzentrationen bei Pleuropneumonien. Andererseits könnten die Tiere, insbesondere bei Bursagrad 3, einem größeren Stress aufgrund von Schmerzen während des Transportes ausgesetzt sein. Einige Autoren erläutern, dass Stress zu einer erhöhten CRP-Konzentration führt (MURATA et al., 2004; PIÑEIRO et al., 2007; SALAMANO et al., 2008).

Mit Hilfe dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass Tiere mit höheren Bursagraden deutlich höhere CRP-Serumkonzentrationen hatten. In weiteren Studien müsste geklärt werden, wie spezifisch CRP diesbezüglich als Marker eingesetzt werden kann. Insbesondere wäre es wichtig, die Serumkonzentrationsbestimmung von CRP bei Bursagrad 3 an einer höheren Fallzahl durchzuführen.

5.7 Schlussfolgerung

In dieser Arbeit wurde ein praxistaugliches Boniturschema zur Einteilung akzessorischer Bursen am lebenden Schwein und am Schlachtkörper entwickelt. Mit Hilfe des Schemas wurden Daten zum Vorkommen von akzessorischen Bursen in einigen Mastbetrieben erhoben.

Bezogen auf die Fleischqualität bestanden zwar keine signifikanten Unterschiede, allerdings waren Tendenzen wie beispielsweise ein geringeres Schlachtkörpergewicht und ein um 0,4 % reduzierter Muskelfleischanteil bei Tieren mit akzessorischen Bursen erkennbar. Eine negative Auswirkung von akzessorischen Bursen auf den pH-Wert konnte nicht festgestellt werden.

In einem Großteil von 98,8 % der mikrobiologisch untersuchten Bursen (n = 843) konnten keine Bakterien nachgewiesen werden. In lediglich 0,6 % der Bursen (n = 5) konnte *S. aureus* isoliert werden. In weiteren 0,6 % der Bursen wurde *Dermaococcus* spp. nachgewiesen, dieser Befund ist zu vernachlässigen, da es sich hierbei wahrscheinlich um eine Kontamination der primär nicht sterilen Haut handelt. Eitrig-infizierte Bursen müssen bei der Fleischuntersuchung großflächig abgesetzt werden.

Über 85 % der histopathologisch untersuchten Bursen waren entzündlich verändert. Es ist anzunehmen, dass sie Schmerzen verursachen.

Bei der Serumuntersuchung der CRP- und Haptoglobinkonzentrationen der beprobten Schweine zeigte sich, dass die CRP-Konzentrationen bei Mastschweinen mit zunehmendem Bursagrad deutlich anstiegen. Hierfür wäre es wichtig, die Serumkonzentration von CRP bei einer größeren Anzahl an Tieren mit Bursagrad 3 zu bestimmen. Zudem hatten Tiere aus konventioneller Haltung höhere CRP-Serumkonzentrationen als Tiere aus ökologischer Haltung. Haptoglobin stellte keinen geeigneten Marker in dieser Studie dar.

Um akzessorische Bursen und deren Zusammenhänge auf Betriebsebene zu bewerten und die Haltungsbedingungen zu verbessern, wäre eine Risikofaktorenanalyse erforderlich.

6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde das Vorkommen von akzessorischen Bursen bei Mastschweinen untersucht. Dazu wurde eine Fall-Kontroll-Studie im laufenden Schlachtbetrieb an drei Schlachthöfen in Süddeutschland durchgeführt und insgesamt 948 Masthybriden aus konventioneller Haltung randomisiert beprobt. Als Kontrolle dienten 58 Tiere, die ökologisch auf Betonboden mit Stroh und Auslauf gehalten wurden.

Für die Erfassung der akzessorischen Bursen bei Schlachttieren und bei der Fleischuntersuchung wurde ein Boniturschema erarbeitet. Dazu wurde jeweils die prominenteste Bursa verwendet und die Ausprägung nach vier Graden beurteilt (Grad 0: keine Bursa vorhanden; Grad 1: mind. eine Bursa, Durchmesser < 3 cm, Haut intakt und gerötet; Grad 2: mind. eine Bursa, Durchmesser \geq 3 cm, Haut intakt und gerötet; Grad 3: mind. eine Bursa, Haut ulzeriert oder blutig).

Bei den beprobten Tieren aus konventioneller Haltung traten akzessorische Bursen mit einer Prävalenz von 91,8 % auf, wobei alle Bursagrade vertreten waren. Die Prävalenz von akzessorischen Bursen bei Tieren aus ökologischer Haltung lag bei 13,8 %. Es kamen die Bursagrade 0 und 1 vor.

Zur Beurteilung der Fleischqualität wurden 45 Minuten nach der Schlachtung der pH₄₅, das Schlachtkörpergewicht und der Muskelfleischanteil der Tiere ermittelt. Dabei wirkte sich das Vorkommen von akzessorischen Bursen nicht signifikant auf die genannten drei Parameter aus. Allerdings hatten Tiere, bei denen keine akzessorischen Bursen auftraten, ein höheres Schlachtkörpergewicht und einen höheren Muskelfleischanteil. Zudem wiesen diese Tiere geringgradigere Pleurabefunde auf. Die Pleura-Befunderhebung erfolgte bei der Fleischuntersuchung.

Die mikrobiologische Untersuchung der akzessorischen Bursen ergab bei 98,8 % der untersuchten Proben (n = 843) kein Keimwachstum. Bei jeweils 0,6 % der Proben (n = 5) wurden *S. aureus* und *Dermaococcus* spp. nachgewiesen.

Die Untersuchung der Akute-Phase-Proteine im Blutserum der Tiere ergab, dass mit zunehmendem Bursagrad die Konzentration des C-reaktiven Proteins (CRP) deutlich anstieg. Zudem waren die CRP-Konzentrationen von Tieren aus konventioneller Haltung höher als bei ökologisch gehaltenen Tieren. Diese Ergebnisse waren auf Haptoglobin nicht übertragbar.

Von den 30 histopathologisch untersuchten Bursen waren vier ohne besonderen Befund, vier waren floride entzündet und vier befanden sich in der Übergangsform zwischen florider und reifer Entzündung. Siebzehn Bursen hatten den Charakter einer reifen Entzündung und eine Bursa war der Sonderform, dem Abszesstyp, zuzuordnen.

7 Summary

In this study an investigation regarding the occurrence of adventitious bursae in finishing pigs was carried out. For this purpose a case-control study during the slaughtering process occurred in three abattoirs in Southern Germany. Overall 948 finishers from conventional pig producers were randomly selected and examined. Fifty-eight animals served as the control. They were housed on straw covered concrete floors with outdoor access (organic housing).

For the detection of adventitious bursae on pigs to be slaughtered and while the meat inspection at the abattoir a new schema was developed. The most prominent bursa was graduated in four degrees dependent on the severity (Score 0: no bursa exists; Score 1: at least one bursa, diameter < 3 cm, skin intact and reddened; Score 2: at least one bursa, diameter \geq 3 cm, skin intact and reddened; Score 3: at least one bursa, skin ulcerated or bloody).

The prevalence of adventitious bursae in the animals from conventional livestock farming was 91.8 %. All bursa scores were found. The prevalence of adventitious bursae in animals from organic housing was 13.8 %, whereas bursa scores 0 and 1 were present.

For the evaluation of the meat quality the pH₄₅, the carcass weight and the lean meat content were measured 45 minutes after slaughter. The occurrence of adventitious bursae showed no significant differences between the three mentioned parameters. However animals without adventitious bursae had a higher carcass weight and a higher lean meat content. Moreover, these animals had less severe pleurapathologies, which were evaluated during meat inspection.

The microbiological examination of adventitious bursae showed no bacterial growth in 98.8 % of the examined samples (n = 843). In the remaining fraction *S. aureus* und *Dermaococcus* spp. were detected in equal ratios (0.6 % each, n = 5).

The serum blood tests of the acute phase proteins showed that the C-reactive protein (CRP) concentrations in finishing pigs increased noticeably with higher grades of bursae. Moreover, the CRP concentrations of animals from conventional livestock farming were higher than in pigs held on straw covered concrete floors. These results were not transferable to Haptoglobin.

Four out of 30 examined bursae showed no signs of inflammation, four were floridly inflamed and four were in transition between florid and mature inflammation. A total of 17 bursae exhibited the character of a mature inflammation and one bursa showed the characteristics of an abscess.

8 Literaturverzeichnis

BÄCKSTRÖM, L., HENRICSON, B., 1966. Bursitis below the hocks in pigs. Nordisk Veterinärmedicin 18, 305-313.

BAUMANN, H., GAULDIE, J., 1994. The acute phase response - a review. Immunology Today 15, 74-80.

BAUMGÄRTNER, W., SCHMIDT, P., 2010. Entzündung, In: Baumgärtner, W., Gruber, A.D. (Eds.) Allgemeine Pathologie für die Tiermedizin. Enke Verlag. 180-221.

BECKER, K., PETERS, G., 2012. Micrococcus, Dermacoccus, Kocuria und Kytococcus, In: Darai, G., Handermann, M., Sonntag, H.-G., Zöller, L. (Eds.) Lexikon der Infektionskrankheiten des Menschen, 4. vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Springer Verlag, 527-530.

BERNER, H., HERMANN, W., PAPSTHARD, E., 1990. Krankheiten der Extremitäten des Schweines in Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit unter besonderer Berücksichtigung der Bursitiden. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 103, 51-60.

BICKHARDT, K., 2004. Muskelerkrankungen, In: Waldmann, K.-H., Wendt, M. (Eds.) Lehrbuch der Schweinekrankheiten. Parey Verlag, 239-259.

BINKE, R., 2003. Vom Muskel zum Fleisch. Mitteilungsblatt der BAFF Kulmbach 42, 347-354.

BLAHA, T., 2014. Eigenkontrollen zur Verbesserung der Nutztierhaltung - Welchen Beitrag können Tierärzte leisten? Deutsches Tierärzteblatt 4, 500-504.

BLAHA, T., MEEMKEN, D., 2012. Zum Stand der Einbeziehung des Messens von Tiergesundheit und Tierschutz in die amtliche Schlachttier- und Fleischuntersuchung. 17. Internationale Fachtagung zum Thema Tierschutz - Tagung der DVG-Fachgruppe "Tierschutz" in Nürtingen, 12. und 13. März 2012, 38-47.

BLE, BMELV, 2012. Versorgungsbilanz Fleisch, Kalenderjahr 2012 endgültig. Zugriffsdatum: 24.09.2014, <http://berichte.bmelv-statistik.de/DFT-0200501-2012.pdf>.

BLOKHUIS, H.J., ohne Jahresangabe. System zur Gesamtbeurteilung des Wohlergehens landwirtschaftlicher Nutztiere. Animal Sciences Group of Wageningen UR, Lelystadt, Niederlande.

BLOKHUIS, H.J., 2008. International cooperation in animal welfare: the Welfare Quality® project. *Acta Veterinaria Scandinavica* 50, 10.

BLV, 2014. Tierschutz-Kontrollhandbuch: Technische Weisungen über den baulichen und qualitativen Tierschutz - Schweine - vom 1. Oktober 2014 (Version 3.1). Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen.

BMEL, 2014. Eine Frage der Haltung - neue Wege für mehr Tierwohl, Zugriffsdatum: 30.09.2014, http://www.bmel.de/DE/Tier/1_Tierschutz/Tierwohl/_texte/Tierwohl.html.

BMELV, 2014. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Daten & Tabellen. Begriffsdefinitionen. Zugriffsdatum: 18.06.2014, <http://www.bmelv-statistik.de>.

BORTZ, J., DÖRING, N., 2009. *Forschungsmethoden und Evaluation*. Springer Verlag, 419-421.

BROOM, D.M., 1986. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal* 142, 524-526.

BUSCH, B., 2006. Schweinehaltung, In: Richter, T. (Ed.) *Krankheitsursache Haltung - Beurteilung von Nutztierställen - Ein tierärztlicher Leitfaden*. Enke Verlag, 112-151.

CHANNON, H.A., PAYNE, A.M., WARNER, R.D., 2000. Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Science* 56, 291-299.

CHANNON, H.A., PAYNE, A.M., WARNER, R.D., 2003. Effect of stun duration and current level applied during head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with CO₂. *Meat Science* 65, 1325-1333.

CHEN, H.-H., LIN, J.-H., FUNG, H.-P., HO, L.-L., YANG, P.-C., LEE, W.-C., LEE, Y.-P., CHU, R.-M., 2003. Serum acute phase proteins and swine health status. *The Canadian Journal of Veterinary Research* 67, 283–290.

CHRISTENSEN, L., GADE, P.B., 1997. Neue Entwicklungen beim Handling von Schweinen in Schlachtbetrieben. *Fleischwirtschaft* 77, 604-607.

COHEN, J., 1992. A power primer. *Psychological Bulletin* 112, 155-159.

DE VRIES, A.G., VAN DER WAL, P.G., 1993. Breeding for pork quality. In: *Pork Quality: Genetic and metabolic factors; Papers presented at an OECD workshop in Helsinki, Finland, June 8-10, 1992*, 58-75.

DEN BROK, G.M., VOERMANS, M.P., 1995. Total surface and urine discharge from the solid floor in rooms for fattening pigs related to dirtiness of the pen. *Proefverslag - Proefstation voor de Varkenshouderij* 1.133, 1-16.

DESTATIS, 2010. Landwirtschaftszählung 2010 - Landwirtschaftliche Betriebe mit Haltungsplätzen für Schweine nach Haltungsverfahren am 1.3.2010, Zugriffsdatum: 16.09.2014,

http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Landwirtschaftszaehlung2010/Tabellen/9_2_LandwBetriebHaltungsplaezteSchweine.html.

DESTATIS, 2013. Land- und Forstwirtschaft, Fischerei - Viehbestand - Fachserie 3 Reihe 4.1 - 3. November 2013. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2014.

DRUMMOND, J.G., CURTIS, S.E., SIMON, J., NORTON, H.W., 1980. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *Journal of Animal Science* 50, 1085-1091.

DU CLOS, T.W., MOLD, C., 2001. The role of C-reactive protein in the resolution of bacterial infection. *Current Opinion in Infectious Diseases* 14, 289-293.

ECKERSALL, P.D., 2000. Acute phase proteins as markers of infection and inflammation: monitoring animal health, animal welfare and food safety. *Irish Veterinary Journal* 53, 307-311.

EFSA, 2007a. Animal health and welfare in fattening pigs in relation to housing and husbandry - Scientific opinion of the panel on animal health and welfare. *The EFSA Journal* 564, 1-141.

EFSA, 2007b. Food safety aspects of different pig housing and husbandry systems - Scientific opinion of the panel on biological hazards. *The EFSA Journal* 613, 1-20.

ERNST, A., 2013. Einfluss von Tierbestandsgrößen in schweinehaltenden Betrieben auf Tierverhalten und Tiergesundheit. Masterarbeit Fachbereich Agribusiness - Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Georg-August-Universität Göttingen.

ESCOBAR, J., VAN ALSTINE, W.G., BAKER, D.H., JOHNSON, R.W., 2007. Behaviour of pigs with viral and bacterial pneumonia. *Applied Animal Behaviour Science* 105, 42-50.

EUROPEAN COMMISSION, 2005. Attitudes of consumers towards the welfare of farmed animals. *Special Eurobarometer* 229.

EUROPEAN COMMISSION, 2006. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat über einen Aktionsplan der Gemeinschaft für den Schutz und das Wohlbefinden von Tieren 2006-2010. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel, 23.1.2006.

EUROPEAN COMMISSION, 2010. Evaluation der Europäischen Tierschutzpolitik (EUPAW),
Zugriffdatum:09.08.2014,
http://www.ec.europa.eu/food/animal/welfare/actionplan/actionplan_de.htm.

EUROPEAN COMMISSION, 2012. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat und den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss über die Strategie der Europäischen Union für den Schutz und das Wohlergehen von Tieren 2012-2015. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel, den 25.2.2012.

FAWC, 1979. Five Freedoms, Zugriffsdatum: 14.06.2014, www.fawc.org.uk/freedoms.htm.

FIEDLER, I., ENDER, K., WICKE, M., MAAK, S., VON LENGERKEN, G., MEYER, W., 1999. Structural and functional characteristics of muscle fibres in pigs with different malignant hyperthermia susceptibility (MHS) and different meat quality. *Meat Science* 53, 9-15.

FISCHER, K., 1998. Aktuelles aus der internationalen Fleischforschung: Schweinefleischqualität - Genetik, Behandlung vor der Schlachtung, Kühlung. *Fleischwirtschaft* 78, 1293-1295.

FISCHER, K., 1999. Aktuelles aus der internationalen Fleischforschung: MHS-Genotyp, Muskelstruktur, Elektrostimulation, intramuskulärer Fettgehalt, Stress. *Fleischwirtschaft* 79, 76-78.

FISHER, P., MELLETT, F.D., HOFFMAN, L.C., 2000. Halothane genotype and pork quality. 1. Carcass and meat quality characteristics of three halothane genotypes. *Meat Science* 54, 97-105.

FRITZSCHE, S., VAN DEN WEGHE, S., 2009. Außenklimaställe für Mastschweine. KTBL.

FUJII, J., OTSU, K., ZORZATO, F., DE LEON, S., KHANNA, V.K., WEILER, J.E., O'BRIEN, P.J., MACLENNAN, D.H., 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science* 253, 448-451.

GABAY, C., KUSHNER, I., 1999. Acute-phase proteins and other systemic responses to inflammation. *The New England Journal of Medicine* 340, 448-454.

GENTRY, J.G., MCGLONE, J.J., BLANTON JR., J.R., MILLER, M.F., 2002a. Alternative housing systems for pigs: Influences on growth, composition, and pork quality. *Journal of Animal Science* 80, 1781-1790.

GENTRY, J.G., MCGLONE, J.J., MILLER, M.F., BLANTON JR., J.R., 2002b. Diverse birth and rearing environment effects on pig growth and meat quality. *Journal of Animal Science* 80, 1707-1715.

GILLMAN, C.E., KILBRIDE, A.L., OSSENT, P., GREEN, L.E., 2008. A cross-sectional study of the prevalence and associated risk factors for bursitis in weaner, grower and finisher pigs from 93 commercial farms in England. *Preventive Veterinary Medicine* 83, 308-322.

GILLMAN, C.E., KILBRIDE, A.L., OSSENT, P., GREEN, L.E., 2009. A cross-sectional study of the prevalence of foot lesions in post-weaning pigs and risks associated with floor type on commercial farms in England. *Preventive Veterinary Medicine* 91, 146-152.

GROENESTEIN, C.M., VAN FAASSEN, H.G., 1996. Volatilization of ammonia, nitrous oxide and nitric oxide in deep-litter systems for fattening pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research* 65, 269-274.

HAFNER-MARX, A., 2007. Sehnen, Sehnenscheiden und Schleimbeutel, In: Dahme, E., Weiss, E. (Eds.) *Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere*. Enke Verlag 265-266.

HEINRICH, P.C., CASTELL, J.V., ANDUS, T., 1990. Interleukin-6 and the acute phase response - review article. *Biochemical Journal* 265, 621-636.

HEINRITZI, K., 2006. Myopathien, In: Loeffler, K., Strauch, D. (Eds.) *Schweinekrankheiten*. Eugen Ulmer Verlag, 93-97.

HEINZE, C., SÖLTL, M., 2013. Schweine, In: LEL, LfL (Eds.) *Agrarmärkte Jahresheft 2013*. 169-186.

HENKE, J., ERHARDT, W., TACKE, S., 2005. Schmerzentstehung, Schmerzerkennung, Schmerzbehandlung, In: Krukemeyer, M.G., Spiegel, H.-U. (Eds.) Chirurgische Forschung. Thieme Verlag, 157-168.

HENNING, M., BAULAIN, U., 2006. Physiologische Grundlagen, Wachstum, Schlachtkörperzusammensetzung sowie Fleisch- und Fettqualität, In: Brade, W., Flachowsky, G. (Eds.) Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung - Empfehlung für die Praxis. Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 296, 4-22.

HOFMANN, K., 1973. Was ist Fleischqualität? Die Fleischwirtschaft 4, 485.

HOFMANN, K., 1986. Der pH-Wert - Ein Qualitätskriterium für Fleisch, In: Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität, Kulmbacher Reihe Band 6, Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach, 134-155.

HONIKEL, K.O., 1986a. Muskelstruktur und Fleischqualität, In: Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität, Kulmbacher Reihe Band 6, Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach, 18-38.

HONIKEL, K.O., 1986b. Wasserbindungsvermögen von Fleisch, In: Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität, Kulmbacher Reihe Band 6, Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach, 67-88.

HONIKEL, K.O., 1996. Der Gesichtssinn sowie Farbe bei Fleisch und Fleischerzeugnissen, In: Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach (Ed.) Sensorik bei Fleisch und Fleischerzeugnissen - 22. Kulmbacher Fortbildungstage, 14. - 16. und 16. - 18. Oktober 1996. 19-23.

HONIKEL, K.O., 1998. Physikalische Meßmethoden zur Erfassung der Fleischqualität, In: Branscheid, W., Honikel, K.O., von Lengerken, G., Troeger, K. (Eds.) Qualität von Fleisch und Fleischwaren Band 2. Deutscher Fachverlag, 696-722.

HONIKEL, K.O., SCHWÄGELE, F., 1998. Energiestoffwechsel intra und post mortem, In: Branscheid, W., Honikel, K.O., von Lengerken, G., Troeger, K. (Eds.) Qualität von Fleisch und Fleischwaren Band 2. Deutscher Fachverlag, 599-605.

JÄGER, C., 2014. Zur Novellierung des Tierschutzgesetzes. Deutsches Tierärzteblatt 1, 4-10.

JAIS, C., 2007. Aufnahme von Dr. Christina Jais, LfL.

KALBE, C., SCHOPPMAYER, A., FIEDLER, I., HARTUNG, M., ENDER, K., 2005. Schlachtkörperzusammensetzung, Fleischqualität und Muskelstruktur verschiedener Schweinerassen. Fleischwirtschaft 85, 100-102.

KILBRIDE, A.L., GILLMAN, C.E., GREEN, L.E., 2009. A cross sectional study of the prevalence, risk factors and population attributable fractions for limb and body lesions in lactating sows on commercial farms in England. BMC Veterinary Research 5, 30.

KILBRIDE, A.L., GILLMAN, C.E., OSSENT, P., GREEN, L.E., 2008. A cross-sectional study of the prevalence and associated risk factors for capped hock and the associations with bursitis in weaner, grower and finisher pigs from 93 commercial farms in England. Preventive Veterinary Medicine 83, 272-284.

KNIERIM, U., 2001. Grundsätzliche ethologische Überlegungen zur Beurteilung der Tiergerechtheit bei Nutztieren. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 109, 261-266.

KONICA MINOLTA, 2003. Exakte Farbkommunikation, Zugriffsdatum: 24.09.2014, <http://www2.konicaminolta.eu/eu/Measuring/pcc/de/>.

LAHRMANN, K.H., PLONAIT, H., 2004. Gliedmaßen- und Skeletterkrankungen, In: Waldmann, K.-H., Wendt, M. (Eds.) Lehrbuch der Schweinekrankheiten. Parey Verlag, 261-305.

LAHRMANN, K.H., STEINBERG, C., DAHMS, S., HELLER, P., 2003. Prävalenzen von bestandsspezifischen Faktoren und Gliedmaßenerkrankungen, und ihre Assoziationen in der

intensiven Schweineproduktion. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 116, 67-73.

LAMMENS, V., PEETERS, E., DE MAERE, H., DE MEY, E., PAELINCK, H., LEYTEN, J., GEERS, R., 2007. A survey of pork quality in relation to pre-slaughter conditions, slaughterhouse facilities, and quality assurance. Meat Science 75, 381-387.

LIEBERKNECHT, C., 2014. Moderne Nutztierhaltung: Der Tierarzt im Spannungsfeld zwischen Verbraucherschutz, Ökonomie und Ethik. Deutsches Tierärzteblatt 3, 332-336.

LIEBICH, H.-G., KÖNIG, H.E., MAIERL, J., 2011a. Hinter- oder Beckengliedmaßen (Membrana pelvina), Abb. 4-2., In: König, H.E., Liebich, H.-G. (Eds.) Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer Verlag, 211-274.

LIEBICH, H.-G., MAIERL, J., KÖNIG, H.E., 2011b. Vorder- oder Schultergliedmaßen (Membrana thoracica), Abb. 3-3., In: König, H.E., Liebich, H.-G. (Eds.) Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer Verlag, 109-210.

LIPPERHEIDE, C., RABE, M., KNURA, S., PETERSEN, B., 2000. Die Konzentration verschiedener Blutinhaltsstoffe bei Mastschweinen aus Betrieben mit unterschiedlichem Hygienestatus. Tierärztliche Umschau 55, 30-36.

LITTMANN, E., GÖTZ, K.-U., DODENHOFF, J., 2006a. Fleischqualität, In: LfL (Ed.) Schweinezucht und Schweineproduktion. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 137-156.

LITTMANN, E., GÖTZ, K.-U., DODENHOFF, J., 2006b. Zuchtprogramme, In: LfL (Ed.) Schweinezucht und Schweineproduktion. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 128-136.

LÖLIGER, H.-C., 1992. Technopathien beim Geflügel, In: Heider, G., Monreal, G. (Eds.) Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels Band 1. Gustav Fischer Verlag, 291-309.

MARAHRENS, M., NOWAK, B., FELDHUSEN, F., HARTUNG, J., 1997. Belastungen von Schlachtschweinen im Wartestall sowie beim Zutrieb zur Elektrobetäubung und ihre Auswirkungen auf die Fleischbeschaffenheit. *Fleischwirtschaft* 77, 717-720.

MARCHANT, B.A., 1980. Survey of hind limb bursitis and arthritis in slaughtered pigs. *The State Veterinary Journal* 35, 123-129.

MAYER, C., 1999. Stallklimatische, ethologische und klinische Untersuchungen zur Tiergerechtheit unterschiedlicher Haltungssysteme in der Schweinemast. Dissertation aus der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der Technischen Universität München.

MCFARLAND, E.G., MAMANEE, P., QUEALE, W.S., COSGAREA, A.J., 2000. Olecranon and prepatellar bursitis. *The Physician and Sportsmedicine* 28, 40-52.

MEILER, H., 2014. Technopathien beim Mastschwein: Bursitis und Tendovaginitis. *Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung* 9, 308-309.

MIELE, M., VEISSIER, I., EVANS, A., BOTREAU, R., 2011. Animal Welfare: establishing a dialogue between science and society. *Animal Welfare* 20, 103-117.

MOLD, C., RODRIGUEZ, W., RODIC-POLIC, B., DU CLOS, T.W., 2002. C-reactive protein mediates protection from lipopolysaccharide through interactions with Fc-gammaR. *The Journal of Immunology* 169, 7019-7025.

MORIMATSU, M., SYUTO, B., SHIMADA, N., FUJINAGA, T., YAMAMOTO, S., SAITO, M., NAIKI, M., 1991. Isolation and characterization of bovine haptoglobin from acute phase sera. *The Journal of Biological Chemistry* 266, 11833-11837.

MOUTTOTOU, N., HATCHELL, F.M., GREEN, L.E., 1997a. Risk factors associated with adventitious bursitis in growing-finishing pigs. *Épidémiologie et Santé Animale*, 31-32.

MOUTTOTOU, N., HATCHELL, F.M., GREEN, L.E., 1998a. Adventitious bursitis of the hock in finishing pigs: prevalence, distribution and association with floor type and foot lesions. *The Veterinary Record* 142, 109-114.

MOUTTOTOU, N., HATCHELL, F.M., GREEN, L.E., 1999a. Foot lesions in finishing pigs and their associations with the type of floor. *The Veterinary Record* 144, 629-632.

MOUTTOTOU, N., HATCHELL, F.M., GREEN, L.E., 1999b. Prevalence and risk factors associated with adventitious bursitis in live growing and finishing pigs in south-west England. *Preventive Veterinary Medicine* 39, 39-52.

MOUTTOTOU, N., HATCHELL, F.M., LUNDERVOLD, M., GREEN, L.E., 1997b. Prevalence and distribution of foot lesions in finishing pigs in south-west England. *The Veterinary Record* 141, 115-120.

MOUTTOTOU, N., STERRY, J., GREEN, L.E., 1998b. Cohort study of the association between adventitious bursitis of the hock and the age at slaughter and carcass quality of the pigs on one farm. *The Veterinary Record* 142, 52-55.

MUCK, C., 1999. Ergebnisse der Farbmessung an Schweinefleisch. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 106, 119.

MURATA, H., SHIMADA, N., YOSHIOKA, M., 2004. Current research on acute phase proteins in veterinary diagnosis: an overview. *The Veterinary Journal* 168, 28-40.

NEWTON, G.L., BOORAM, C.V., HALE, O.M., MULLINIX JR., B.G., 1980. Effect of four types of floor slats on certain feet characteristics and performance of swine. *Journal of Animal Science* 50, 7-20.

NÜSKE, S., 2014. Aufnahme von Dr. Stefan Nüske.

OFFER, G., 1991. Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Science* 30, 157-184.

OTTEN, D., ANNAS, E., VAN DEN WEGHE, H.F.A., 2013. The application of animal welfare standards in intensive production systems using the assessment protocols of Welfare Quality®: Fattening pig husbandry in Northwest Germany. *International Journal of Livestock Production* 4, 49-59.

PALLARÉS, F.J., MARTÍNEZ-SUBIELA, S., SEVA, J., RAMIS, G., FUENTES, P., BERNABÉ, A., MUÑOZ, A., CERÓN, J.J., 2008. Relationship between serum acute phase protein concentrations and lesions in finishing pigs. *The Veterinary Journal* 177, 369-373.

PAPSTHARD, E., 1989. Die Auswirkungen der Fußbodenbeschaffenheit auf die Hinterextremitäten des Schweines unter besonderer Berücksichtigung der Hilfsschleimbeutel und deren Entzündung. Dissertation Vetmed München.

PÉREZ, M.P., PALACIO, J., SANTOLARIA, M.P., ACEÑA, M.C., CHACÓN, G., GASCÓN, M., CALVO, J.H., ZARAGOZA, P., BELTRAN, J.A., GARCÍA-BELENGUER, S., 2002. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Science* 61, 425-433.

PETERSEN, H.H., ERSBØLL, A.K., JENSEN, C.S., NIELSEN, J.P., 2002. Serum-haptoglobin concentration in Danish slaughter pigs of different health status. *Preventive Veterinary Medicine* 54, 325-335.

PETERSEN, V., SIMONSEN, H.B., LAWSON, L.G., 1995. The effect of environmental stimulation on the development of behaviour in pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 45, 215-224.

PIÑEIRO, M., PIÑEIRO, C., CARPINTERO, R., MORALES, J., CAMPBELL, F.M., ECKERSALL, P.D., TOUSSAINT, M.J.M., LAMPREAVE, F., 2007. Characterisation of the pig acute phase protein response to road transport. *The Veterinary Journal* 173, 669-674.

PLONAIT, H., 2004. Hautkrankheiten und Hautveränderungen, In: Waldmann, K.-H., Wendt, M. (Eds.) Lehrbuch der Schweinekrankheiten. Parey Verlag, 61-91.

PROBST, D., 1989. Konturstörungen an den Extremitäten des Schweines bei unterschiedlicher Haltung. Dissertation Vetmed Zürich.

PROBST, D., KELLER, H., TROXLER, J., 1990. Zum Einfluß der Haltung auf die Anbildung von Schwielen und subkutanen Schleimbeuteln an den Gliedmaßen der Schweine. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 97, 11-14.

QS, 2013a. Absichtserklärung zur Umsetzung der Initiativen zum Tierwohl für Schwein und Geflügel. QS Qualität und Sicherheit GmbH.

QS, 2013b. Pressemitteilung - Mehr Tierwohl in der Schweine- und Geflügelwirtschaft, Bonn, 05.09.2013. QS Qualität und Sicherheit GmbH.

REINER, G., HÜBNER, K., HEPP, S., 2009. Suffering in diseased pigs as expressed by behavioural, clinical and clinical-chemical traits, in a well defined parasite model. Applied Animal Behaviour Science 118, 222-231.

RIEDL, A.M., FECHLER, R., 2014. Die Branchenvereinbarung Tierwohl - eine Perspektive zur nachhaltigen Verbesserung des Tierschutzes in der Landwirtschaft?. Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung 7, 220-222.

SALAMANO, G., MELLIA, E., CANDIANI, D., INGRAVALLE, F., BRUNO, R., RU, G., DOGLIONE, L., 2008. Changes in haptoglobin, C-reactive protein and pig-MAP during a housing period following long distance transport in swine. The Veterinary Journal 177, 110-115.

SALZBORN, C., 2013. Tierschutz in der Nutztierhaltung - Ansätze zur Verbesserung: Das Tierschutzlabel des deutschen Tierschutzbundes. In: 13. Internationale Fachtagung zu Fragen von Verhaltenskunde, Tierhaltung und Tierschutz in München vom 11. bis 13. April 2013. Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft (DVG). 47-52.

SAMBRAUS, H.H., 1997. Grundbegriffe im Tierschutz, In: Sambraus, H.H., Steiger, A. (Eds.) Das Buch vom Tierschutz. Enke Verlag, 30-39.

SAVARY, P., HAUSER, R., WECHSLER, B., 2007. Einsatz von Kunststoffmatten im Liegebereich von Mastschweinen - Positive Effekte auf das Liegeverhalten und Hautschäden an den Gliedmaßen. ART - Berichte 684.

SCHÄFFER, D., VON BORELL, E., 2005. Vokalisation von Schlachtschweinen. Fleischwirtschaft 85, 37-44.

SCHÄFFER, D., VON BORELL, E., LAUBE, R.-B., 1997. Handling von Schlachtschweinen in der Vorwarenbucht - Eine geeignete Methode zum belastungsreduzierten Austrieb. Fleischwirtschaft 77, 608-610.

SCOTT, K., CHENNELLS, D.J., CAMPBELL, F.M., HUNT, B., ARMSTRONG, D., TAYLOR, L., GILL, B.P., EDWARDS, S.A., 2006. The welfare of finishing pigs in two contrasting housing systems: Fully-slatted versus straw-bedded accommodation. Livestock Science 103, 104 - 115.

SEIFERLE, E., FREWEIN, J., 2004. Aktiver Bewegungsapparat, Muskelsystem, Myologia - Allgemeines, In: Frewein, J., Wille, K.-H., Wilkens, H. (Eds.) Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band 1 Bewegungsapparat. Parey Verlag Stuttgart, 273-282.

SHIM, B.-S., YOON, C.-S., OH, S.-K., LEE, T.-H., KANG, Y.-S., 1971. Studies on swine and canine serum haptoglobins. Biochemica et Biophysica Acta - Protein Structure 243, 126-136.

SINOWATZ, F., 2000. Bewegungsapparat, In: Hees, H., Sinowatz, F. (Eds.) Histologie - Kurzlehrbuch der Zytologie und mikroskopischen Anatomie. Deutscher Ärzte-Verlag, 470-479.

SOLER, L., GUTIÉRREZ, A., ESCRIBANO, D., FUENTES, M., CERÓN, J.J., 2013. Response of salivary haptoglobin and serum amyloid A to social isolation and short road transport stress in pigs. Research in Veterinary Science 95, 298–302.

STEEL, D.M., WHITEHEAD, A.S., 1994. The major acute phase reactants: C-reactive protein, serum amyloid P component and serum amyloid A protein - review. *Immunology Today* 15, 81-88.

TEMPLE, D., COURBOULAY, V., MANTECA, X., VELARDE, A., DALMAU, A., 2012. The welfare of growing pigs in five different production systems: assessment of feeding and housing. *Animal: an International Journal of Animal Bioscience* 6, 656-667.

TEMPLE, D., DALMAU, A., RUIZ DE LA TORRE, J.L., MANTECA, X., VELARDE, A., 2011a. Application of the Welfare Quality® protocol to assess growing pigs kept under intensive conditions in Spain - research. *Journal of Veterinary Behavior* 6, 138-149.

TEMPLE, D., MANTECA, X., VELARDE, A., DALMAU, A., 2011b. Assessment of animal welfare through behavioural parameters in Iberian pigs in intensive and extensive conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 131, 29-39.

TERLOUW, C., BERNE, A., ASTRUC, T., 2009. Effect of rearing and slaughter conditions on behaviour, physiology and meat quality of Large White and Duroc-sired pigs. *Livestock Science* 122, 199-213.

THIEMIG, F., BUHR, H., OELKER, P., 1997. Zur Problematik der PSE-Bestimmung bei Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft* 77, 229-234.

TÖLLE, K.-H., 2014. Initiative Tierwohl - Eigenverantwortung statt Ordnungsrecht. ISN Projekt GmbH - 6. Fachforum Schwein am 04. Februar 2014 in Cloppenburg.

TROXLER, J., 2013. Erhebung und Bewertung haltungsbedingter Schäden bei landwirtschaftlichen Nutztieren am Beispiel Schwein. In: 13. Internationale Fachtagung zu Fragen von Verhaltenskunde, Tierhaltung und Tierschutz in München vom 11. bis 13. April 2013. Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft (DVG). 70-74.

TROY, D.J., KERRY, J.P., 2010. Consumer perception and the role of science in the meat industry - review. *Meat Science* 86, 214-226.

VAN DER WAL, P.G., BOLINK, A.H., MERKUS, G.S.M., 1988. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork - research. *Meat Science* 24, 79-84.

VAN DER WAL, P.G., REIMERT, H.G.M., ENGEL, B., 2000. Stress unmittelbar vor der Betäubung - Auswirkung auf die Beschaffenheit von Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft* 80, 91-93.

VELARDE, A., GISPERT, M., FAUCITANO, L., ALONSO, P., MANTECA, X., DIESTRE, A., 2001. Effects of the stunning procedure and the halothane genotype on meat quality and incidence of haemorrhages in pigs. *Meat Science* 58, 313-319.

VELARDE, A., GISPERT, M., FAUCITANO, L., MANTECA, X., DIESTRE, A., 2000. The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. *Meat Science* 55, 309-314.

VON BORELL, E., GAULY, M., HERMANN, H.-J., HESSE, D., KNIERIM, U., MÜLLER, C., PELZER, A., SCHRADER, L., SÜRIE, C., 2012. Tiergerechtheit auf dem Prüfstand - Anforderungen an freiwillige Prüfverfahren gemäß § 13a TierSchG. *DLG-Merkblatt* 383.

VON BORELL, E., VON LENGERKEN, G., RUDOVSKY, A., 2002. Tiergerechte Haltung von Schweinen - Grundlegende Anforderungen, In: Methling, W., Unshelm, J. (Eds.) *Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleittieren*. Parey Buchverlag, 333-343.

VON LENGERKEN, G., WICKE, M., FISCHER, K., 1998. Schlachttierwert des Schweines, In: Branscheid, W., Honikel, K.O., von Lengerken, G., Troeger, K. (Eds.) *Qualität von Fleisch und Fleischwaren*, Band 1. Deutscher Fachverlag, 205-240.

VON WENZLAWOWICZ, M. 1994. Vergleichende Untersuchungen zur Fleischqualität beim Schwein mit Hilfe der pH-, Leitfähigkeits- und Farbhelligkeitsmessung (42 - 45 Minuten p.m.)

mit besonderer Berücksichtigung von Vorbelastungen, des Schlachtgewichts und des Magerfleischanteils. Dissertation Vetmed Berlin.

WEBER, M., STRACK, K.E., 2011. Schweineproduktion, In: Weiß, J., Pabst, W., Granz, S. (Eds.) Tierproduktion. Enke Verlag, 403-480.

WELFARE QUALITY®, 2009. Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystadt, Niederlande.

WENDT, M., BICKHARDT, K., HERZOG, A., FISCHER, A., MARTENS, H., RICHTER, T., 2000. Belastungsmiopathie des Schweines und PSE-Fleisch: Klinik, Pathogenese, Ätiologie und tierschutzrechtliche Aspekte. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 113, 173-190.

Gesetze und Normen:

Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis (AVV Lebensmittelhygiene - AVV LmH); Bekanntmachung der Neufassung der AVV Lebensmittelhygiene vom 9. November 2009; zuletzt geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 30.03.2011 (BAnz 2011 S. 1287)

Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland vom 23. Mai 1949 (BGBl. S. 1); zuletzt geändert durch das Gesetz vom 11. Juli 2012 (BGBl. I S. 1478)

Verordnung über gesetzliche Handelsklassen für Schweineschlachtkörper (Schweineschlachtkörper-Handelsklassenverordnung - SchwHKIV); Ausfertigungsdatum: 18.12.1986; neugefasst durch die Bekanntmachung vom 16.08.1990 (BGBl. I S. 1809); zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 17. Juni 2014 (BGBl. I S. 793)

Tierschutzgesetz; Ausfertigungsdatum: 24.07.1972; neugefasst durch die Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313); zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. Juli 2014 (BGBl. I S. 1308)

Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung - TierSchNutztV); Ausfertigungsdatum: 25.10.2001; neugefasst durch die Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043); zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Februar 2014 (BGBl. I S. 94)

Verordnung (EG) Nr. 853/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs; zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO (EU) 633/2014 vom 13. 6. 2014 (ABl. Nr. L 175 S. 6)

Verordnung (EG) Nr. 854/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs; zuletzt geändert durch Art. 2 ÄndVO (EU) 633/2014 vom 13.05. 2014 (ABl. Nr. L 175 S.6)

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lokalisation der subkutanen Bursen an der Hintergliedmaße des Schweines; 1: auf dem Calcaneus, 2: lateroplantar des Tarsalgelenkes, 3: lateromedial des Tarsalgelenkes (Lokalisation plantar auf dem Tarsalgelenk nicht eingezeichnet) (nach LIEBICH et al., 2011a)	5
Abbildung 2:	Lokalisation der subkutanen Bursen an der Vordergliedmaße des Schweines; 1: lateral des Ellenbogenhöckers, 2: lateral im unteren Drittel von Radius und Ulna, 3: dorsal am Karpalgelenk, 4: dorsolateral des Fesselgelenkes, 5: dorsolateral über dem Kronsaum (nach LIEBICH et al., 2011b)	5
Abbildung 3:	Mastschweine auf Vollspaltenboden (Quelle: NÜSKE, 2014).....	17
Abbildung 4:	Mastschweine auf Teilspaltenboden (Quelle: JAIS, 2007).....	18
Abbildung 5:	Mastschweine im Tieflaufstall mit Teilspaltenboden (eigene Aufnahme) ..	19
Abbildung 6:	Außenklimastall (Quelle: JAIS, 2007)	20
Abbildung 7:	Schematische Darstellung der ELISA - Arbeitsschritte von CRP und Haptoglobin nach Herstellerangaben (LIFE DIAGNOSTICS, West Chester, Pennsylvania, USA) (ng: Nanogramm, ml: Milliliter, µl: Mikroliter, min.: Minute, rpm: Rotationen pro Minute, °C: Grad Celsius, CRP: C-reaktives Protein, TMB: 3,3',5,5'-Tetramethyl-benzidin, nm: Nanometer)	41
Abbildung 8:	Darstellung der vier Bursagrade an der Hintergliedmaße; Einteilung anhand des Boniturschemas aus Tabelle 11; Ansicht: linke Hintergliedmaße von kaudal.....	45
Abbildung 9:	Darstellung der vier Bursagrade an der Hintergliedmaße; Einteilung anhand des Boniturschemas aus Tabelle 11; Ansicht: linke Hintergliedmaße von lateral	45
Abbildung 10:	Darstellung der drei Bursagrade an der Vordergliedmaße; Einteilung anhand des Boniturschemas aus Tabelle 11; Ansicht: linke Vordergliedmaße von kranial.....	46
Abbildung 11:	Darstellung der drei Bursagrade an der Vordergliedmaße; Einteilung anhand des Boniturschemas aus Tabelle 11; Ansicht: linke Vordergliedmaße von lateral	46

- Abbildung 12:** Prävalenz von akzessorischen Bursen der 1006 untersuchten Mastschweine an den Schlachthöfen A bis D in Abhängigkeit vom Bursagrad 48
- Abbildung 13:** Bursagrade an den Vordergliedmaßen von Schweineschlachtkörpern; Ansicht von lateral; a) Grad 0, b) Grad 1 (gelb), c) Grad 1 (gelb) und Grad 2 (orange)..... 51
- Abbildung 14:** Bursagrade an den Hintergliedmaßen von Schweineschlachtkörpern; Ansicht von kaudal; a) Grad 0, b) Grad 1 (gelb) und Grad 2 (orange), c) Grad 2 (orange), d) Grad 2 (orange) und Grad 3 (rot); *: Calcaneus..... 51
- Abbildung 15:** Schlachtkörpergewichte der Mastschweine aus konventioneller Haltung in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen; Punkte außerhalb des Boxplots: Ausreißer; Querstriche ober- bzw. unterhalb der Ausreißer: kleinster bzw. größter nicht extremer Wert; untere und obere Grenze der Box: 25 %- und 75 %- Perzentil; schwarzer Balken innerhalb der Box: Median 56
- Abbildung 16:** Pleurabefunde der untersuchten Mastschweine aus konventioneller und ökologischer Haltung; Befundschlüssel Pleura gemäß Anlage 3 der AVV Lebensmittelhygiene (o.b.B.: ohne besonderen Befund, PL 1: Pleuraveränderungen < 10 %, PL 2: Pleuraveränderungen 10-30 %, PL 3: Pleuraveränderungen > 30 %)...... 59
- Abbildung 17:** Pleurabefunde der Mastschweine aus konventioneller Haltung in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen; Befundschlüssel Pleura gemäß Anlage 3 der AVV Lebensmittelhygiene (o.b.B.: ohne besonderen Befund, PL 1: Pleuraveränderungen < 10 %, PL 2: Pleuraveränderungen 10-30 %, PL 3: Pleuraveränderungen > 30 %)...... 60
- Abbildung 18:** Klauen von konventionell gehaltenen Mastschweinen in plantarer Ansicht; Fotos wurden während der Entblutung am Schlachthof aufgenommen; a): keine Veränderungen des Ballenhorns, b)-f): Veränderungen des Ballenhorns 62
- Abbildung 19:** Arbeitsschritte der mikrobiologischen Untersuchung; a) Bursa ohne Inhalt mit zottiger innerer Oberfläche, b) stark gefüllte Bursa mit blutig-serösem Inhalt 64

- Abbildung 20:** Mediane der CRP-Serumkonzentrationen der untersuchten Schweine in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen 66
- Abbildung 21:** Ergebnis der histopathologischen Untersuchung von 30 akzessorischen Bursen (o.b.B.: ohne besonderen Befund) 67
- Abbildung 22:** Bursa ohne besonderen Befund mit glatter innerer Oberfläche, keinem Inhalt im Lumen; 40fach vergrößert, HE-Färbung (L: Lumen, B: Bindegewebe) 68
- Abbildung 23:** Bursa vom floriden Typ, 100fach vergrößert; a) HE-Färbung, b) PTAH-Färbung (B: Bindegewebe, E: gemischtzellige Entzündungszellen, F: Fibrin, G: Granulationsgewebe mit Gefäßbett, L: Lumen, Z: Zottenanschnitt) 69
- Abbildung 24:** Bursa vom reifen Typ; a) makroskopische Aufnahme einer formalinfixierten Bursa mit zottiger innerer Oberfläche und Lumen, b) histologisches Präparat einer Bursa, 20fach vergrößert, HE-Färbung (B: Bindegewebe, G: Granulationsgewebe, L: Lumen, U: Unterhaut mit Fettgewebe und Nervenanschnitten, Z: Zottenanschnitt) 70
- Abbildung 25:** Bursa vom reifen Typ; a) makroskopische Aufnahme einer formalinfixierten Bursa mit spaltartigem Lumen (L) und glatter innerer Oberfläche, b) histologisches Präparat einer Bursa mit glatter innerer Oberfläche, 20fach vergrößert, HE-Färbung (B: Bindegewebe, E: Epithel, L: Lumen) 70
- Abbildung 26:** Bursa vom Abszesstyp als histologisches Präparat, HE-Färbung a) 20fach vergrößert, b) 200fach vergrößert, → Ausschnitt aus Präparat a (B: Bindegewebe, Ba: Bakterienkolonie, E: gemischtzellige Entzündungsreaktion, L: Lumen, N: nekrotisches Material, Z: Zottenanschnitt) 71
- Abbildung 27:** Darstellung der vier Bursagrade 0 bis 3 an den Vorder- und Hintergliedmaßen; Ansicht der Vordergliedmaße von: a: lateral, b: kranial; Ansicht der Hintergliedmaße von: c: lateral, d: kaudal; *n=1006 (n: Anzahl der untersuchten Tiere) 72

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenfassung von Studien über akzessorische Bursen (sortiert nach dem Publikationsjahr-aufsteigend).....	7
Tabelle 2:	Definition des Wohlbefindens von Nutztieren anhand der fünf Freiheiten (FAWC, 1979)	13
Tabelle 3:	Kriterien zur Messung der Tiergerechtheit in Schweinemastbetrieben nach dem Welfare Quality® System (WELFARE QUALITY®, 2009)	14
Tabelle 4:	Handelsklassenschema (nach Anlage 1 der SchwHKIV).....	29
Tabelle 5:	L*a*b* - Werte bei verschiedenen Fleischqualitäten nach 24 Stunden (VAN DER WAL et al. 1988)	32
Tabelle 6:	Anzahl der weiblichen und männlichen untersuchten Tiere der Schlachthöfe A - D.....	33
Tabelle 7:	Kennzahlen und Merkmale der Schlachthöfe A - D.....	36
Tabelle 8:	Vorgabe nach Anlage 3 der AVV Lebensmittelhygiene zur Erfassung und Einteilung von Organbefunden beim Mastschwein	38
Tabelle 9:	Werte für einen kleinen, mittleren und großen Effekt für die Effektgröße Cohen <i>d</i> nach COHEN (1992)	43
Tabelle 10:	Werte für einen kleinen, mittleren und großen Effekt für die Effektgröße Cramer-V nach COHEN (1992)	43
Tabelle 11:	Boniturschema zur Gradeinteilung von akzessorischen Bursen an Vorder- und Hintergliedmaßen am lebenden Tier.....	44
Tabelle 12:	Anzahl der beurteilten Tiere an den Schlachthöfen A - D.....	47
Tabelle 13:	Prävalenz von akzessorischen Bursen in Abhängigkeit von Haltung und Bursagrad	48
Tabelle 14:	Lokalisation der akzessorischen Bursen an Vorder- und Hintergliedmaßen (haltungsvergleichend)	49
Tabelle 15:	Boniturschema zur Gradeinteilung von akzessorischen Bursen an Vorder- und Hintergliedmaßen am Schlachtkörper.....	50
Tabelle 16:	pH ₄₅ -Werte (Mittelwert und Standardabweichung) der untersuchten Mastschweine am M. semimembranosus und M. longissimus dorsi an den Schlachthöfen A - D.....	52

Tabelle 17:	pH ₄₅ -Werte (Mittelwert und Standardabweichung) der untersuchten Mastschweine aus konventioneller Haltung am M. semimembranosus und M. longissimus dorsi in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen	53
Tabelle 18:	pH ₄₅ -Werte (Mittelwert und Standardabweichung) der untersuchten Mastschweine aus konventioneller Haltung am M. semimembranosus und M. longissimus dorsi in Abhängigkeit vom Vorkommen akzessorischer Bursen	54
Tabelle 19:	Schlachtkörpergewichte (Mittelwert und Standardabweichung) der untersuchten Mastschweine an den Schlachthöfen A - D.....	54
Tabelle 20:	Schlachtkörpergewichte der untersuchten Mastschweine aus konventioneller Haltung in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen	55
Tabelle 21:	Schlachtkörpergewichte (Mittelwert und Standardabweichung) der konventionell gehaltenen Mastschweine in Abhängigkeit vom Vorkommen akzessorischer Bursen.....	56
Tabelle 22:	Muskelfleischanteile (Mittelwert und Standardabweichung) der konventionell gehaltenen Mastschweine in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen.....	57
Tabelle 23:	Muskelfleischanteile (Mittelwert und Standardabweichung) der konventionell gehaltenen Mastschweine in Abhängigkeit vom Vorkommen akzessorischer Bursen.....	57
Tabelle 24:	Pleurabefunde der untersuchten Mastschweine aus konventioneller und ökologischer Haltung	58
Tabelle 25:	Pleurabefunde der Mastschweine aus konventioneller Haltung in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen	60
Tabelle 26:	Pleurabefunde der Mastschweine aus konventioneller Haltung in Abhängigkeit vom Vorkommen akzessorischer Bursen	61
Tabelle 27:	Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse der akzessorischen Bursen von Tieren aus konventioneller und ökologischer Haltung	63
Tabelle 28:	CRP- und Haptoglobinskonzentrationen (Median) der untersuchten Mastschweine an den Schlachthöfen A - D	65

Tabelle 29:	CRP- und Haptoglobinserumkonzentrationen (Median) der untersuchten Mastschweine in Abhängigkeit vom Schweregrad der akzessorischen Bursen	66
Tabelle 30:	Übersicht zu in der Praxis angewandten Boniturschemen.....	73

11 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. habil. Manfred Gareis, Inhaber des Lehrstuhls für Lebensmittelsicherheit des Veterinärwissenschaftlichen Departments der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, für die Bereitstellung des Themas sowie das große Interesse an meiner Arbeit.

Bei Frau Dr. Silke Wacheck, Frau Dr. Johanna Zipplies und Frau PD Dr. habil. Karin Schwaiger bedanke ich mich herzlich für die hervorragende und engagierte Betreuung sowie die hilfreichen Korrekturen dieser Arbeit.

Für die unermüdliche Unterstützung und das Engagement bei den zahlreichen Probenahmen und den anschließenden Laborarbeiten, danke ich ebenso Frau Dr. Barbara Biermaier, Frau Dr. Johanna Leitenbacher, Frau Dr. Silke Wacheck sowie Herrn Sebastian Ulrich. Vielen Dank an Frau Dr. Christiana Paniora und Frau Dr. Brigitte Sperner für die wertvolle Unterstützung. Herr Piotr Krol hat mich sehr geduldig in die Arbeitsschritte des ELISA eingearbeitet, auch ihm vielen Dank.

Ein spezieller Dank geht an Herrn PD Dr. Sven Reese für die geduldige und hervorragende statistische Auswertung meiner Ergebnisse sowie die wertvollen Interpretationshilfen.

Weiterhin gilt mein Dank den technischen Assistentinnen des Lehrstuhls für Lebensmittelsicherheit, insbesondere Frau Johanna Dietz, Frau Mariko Hermanns, Frau Verena Hohenester und Frau Sybille Holzmann.

Für die histopathologische Untersuchung der Bursen, die hervorragenden Bilder und die stets geduldig beantworteten Fragen bedanke ich mich ganz herzlich bei Herrn Dr. Benjamin Schade und Frau Dr. Brigitte Böhm vom TGD Bayern e.V., Grub.

Ganz besonders danke ich Herrn Dr. Hermann Meiler aus Hof, der die entscheidende Idee für die Bearbeitung dieses Themas hatte.

Für die finanzielle Unterstützung danke ich herzlich dem Arbeitskreis Tierwohl der Rügenwalder Mühle.

Ein herzlicher Dank geht an die Mitarbeiter der vier Schlachthöfe. Ohne das Engagement, die Hilfsbereitschaft und die Zusammenarbeit wäre es nicht möglich gewesen, im laufenden Betrieb diese große Anzahl an Proben zu nehmen.

Bei Frau Dr. Anje Reichert-Sinn möchte ich mich ganz herzlich für die fachliche Unterstützung bedanken. Ohne die Flexibilität und den Freiraum an meinem Arbeitsplatz wäre die Erstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen. Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei meinen lieben Arbeitskollegen für die Unterstützung und Hilfsbereitschaft.

Ein besonderer Dank gilt meinen Freunden für die stets motivierende Unterstützung. Besonders hervorheben möchte ich Frau Dr. Meike Engel, Frau Dr. Kristina Haedke, Frau Eva Hirschel sowie Frau Dr. Petra Plesch.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern und meinem Bruder Henrik. Ohne Eure Unterstützung und Motivation wäre die Erstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen. Vielen Dank, dass Ihr immer an mich glaubt!