

Mobile Schlachtung von Schweinen aus Freilandhaltung  
- Tierschutz, Fleischqualität und Lebensmittelsicherheit -

von Hanna Sophie Wullinger-Reber, geb. Wullinger



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

Mobile Schlachtung von Schweinen aus Freilandhaltung  
- Tierschutz, Fleischqualität und Lebensmittelsicherheit -

von Hanna Sophie Wullinger-Reber, geb. Wullinger  
aus Eggenfelden

München 2019



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

Arbeit angefertigt unter der Leitung von: Univ.-Prof. Dr. Dr. habil. Manfred Gareis  
Mitbetreuung durch: Priv.-Doz. Dr. Karin Schwaiger



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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.  
Berichtersteller: Univ.-Prof. Dr. Dr. habil. Manfred Gareis  
Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Shana M. Bergmann

Tag der Promotion: 25. Februar 2019



Meinen Eltern und meinem Ehemann



## Abkürzungsverzeichnis

ACTH	Adrenocorticotropin
Abschn.	Abschnitt
Anh.	Anhang
amtl.	amtlich
APP	<i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i>
APPs	Akute-Phase-Proteine
ATP	Adenosintriphosphat
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
B.	<i>Bacillus</i> spp.
bzgl.	Bezüglich
BPLS-Agar	Brillantgrün-Phenolrot-Lactose-Saccharose-Agar
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
cm <sup>2</sup>	Quadratcentimeter
°C	Grad Celsius
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CRP	C-reaktives Protein
DFD	dark, firm, dry (Fehlreifung beim Fleisch)
DME	Duncker'scher Muskelegel
dl	Deziliter
E.	<i>Escherichia</i> spp.
EG	Europäische Gemeinschaft
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
EU	Europäische Union
evtl.	eventuell
FLU	Fleischuntersuchung
g	Gramm
G	Erdbeschleunigung
gem.	gemäß
GKZ	Gesamtkeimzahl
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
h	Stunde
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
HEV	Hepatitis-E-Virus
i.d.R.	in der Regel
IfSG	Infektionsschutzgesetz
ISS	Innovative Schlachtsysteme
Kap.	Kapitel
KbE	Kolonie bildende Einheit
kg	Kilogramm
km	Kilometer
l	Liter
LF <sub>45</sub>	Leitfähigkeit, gemessen ca. 45 Minuten nach der Entblutung

LMHV	Lebensmittelhygiene-Verordnung
log	Logarithmus
M.	Musculus
<i>M.</i>	<i>Mycoplasma</i> spp.
MALDI TOF MS	Matrix-Assistierte Laser Desorption Time of Flight Massenspektrometrie
mg	Milligramm
min	Minute
mind.	mindestens
MkTTn-Bouillon	Müller-Kaufmann-Tetrathionat-Bouillon
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmol	Millimol
mS	Millisiemens
MSB	Mobile Schlachtbox
µg	Mikrogramm
µl	Mikroliter
n	Anzahl
Nr.	Nummer
o.b.B.	ohne besonderen Befund
pH <sub>45</sub>	pH-Wert (negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration), gemessen ca. 45 Minuten nach der Entblutung
PCB	polychlorierte Biphenyle
PCDD	polychlorierte Dibenzodioxine
PCDF	polychlorierte Dibenzofurane
PKW	Personenkraftwagen
PSE	pale, soft, exsudative (Fehlreifung beim Fleisch)
RNA	Ribonukleinsäure
<i>S.</i>	<i>Salmonella</i> spp.
sec	Sekunde
SD	Standardabweichung
SH	Schlachthof
spp.	species
<i>Staph.</i>	<i>Staphylococcus</i> spp.
<i>Strep.</i>	<i>Streptococcus</i> spp.
STU	Schlacht tieruntersuchung
subsp.	subspecies
TA	Tierarzt
TierSchIV	Tierschutz-Schlachtverordnung
TSV	Tropfsaftverlust
vgl.	vergleiche
VO	Verordnung
VRBG-Agar	Kristallviolett-Galle-Glucose-Agar
XLD-Agar	Xylose-Lysin-Desoxycholat-Agar
z.B.	zum Beispiel

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>13</b>
2.1	Schweinehaltung in Deutschland.....	13
2.1.1	Konventionelle Schweinehaltung .....	13
2.1.2	Freilandhaltung von Schweinen.....	14
2.2	Schweineschlachtung.....	15
2.2.1	Rechtliche Grundlagen .....	15
2.2.2	Schlachtung am Schlachthof .....	19
2.2.3	Mobile Schlachtung.....	21
2.3	Pathologisch-anatomische Befunderhebung am Schlachthof.....	24
2.3.1	Rechtliche Grundlagen .....	24
2.3.2	Schlacht tieruntersuchung .....	27
2.3.3	Fleischuntersuchung .....	29
2.4	Tiergesundheit in Bezug auf die Haltung .....	33
2.4.1	Allgemeines.....	33
2.4.2	Gesundheitsgefährdungspotential durch das Lebensmittel Fleisch und fleischhygienerechtliche Konsequenzen.....	35
2.4.2.1	Nicht-infektiöse Faktoren .....	36
2.4.2.2	Infektiöse Faktoren .....	38
2.5	Prozesshygiene am Schlachthof.....	48
2.5.1	Primäre und sekundäre Kontamination.....	48
2.5.2	Mikrobiologische Kriterien am Schlachtkörper .....	49
2.6	Fleischqualität .....	52
2.6.1	Bestimmung der Fleischqualität .....	52
2.6.2	Qualitätsabweichungen .....	54

2.7	Stressbelastung beim Schwein und geeignete Messparameter.....	56
2.7.1	Laktat.....	57
2.7.2	Cortisol .....	57
2.7.3	C-reaktives Protein.....	60
<b>3</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>61</b>
3.1	Material.....	61
3.1.1	Befunderhebung und Probenahme .....	61
3.1.2	Labor .....	62
3.2	Methoden .....	65
3.2.1	Betrieb.....	65
3.2.2	Schweine .....	65
3.2.3	Schlachtanhänger.....	66
3.2.4	Schlachtablauf.....	67
3.2.5	Befunderhebung und Probenahme .....	69
3.2.6	Laboruntersuchungen.....	75
3.2.7	Datenanalyse.....	83
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>85</b>
4.1	Schlachttieruntersuchung.....	85
4.2	Dokumentation des Schlachtvorgangs .....	87
4.3	Fleischuntersuchung .....	89
4.4	Fleischqualität .....	90
4.5	Mikrobiologische Untersuchungen.....	92
4.5.1	Prozesshygienekriterien.....	92
4.5.2	Bakterielle Untersuchung von Muskulatur/Leber/Lunge.....	94
4.6	Stressparameter.....	97
4.7	Gegenüberstellung von Fleischqualität und Stressparametern .....	102
4.8	Gegenüberstellung von Verschmutzungsgrad und Prozesshygiene.....	103

---

4.9	Gegenüberstellung von Ausweidezeit und Mikrobiologie, sowie Fleischqualität .....	105
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>109</b>
<b>6</b>	<b>Beurteilung des Gesamtkonzepts.....</b>	<b>125</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>133</b>
<b>8</b>	<b>Summary.....</b>	<b>135</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>137</b>
<b>10</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>139</b>
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>141</b>
<b>12</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>179</b>



## 1 Einleitung

Die Forderung nach mehr Tierwohl in der Schweinehaltung seitens Politik, Tierschutzverbänden und Bevölkerung wird stetig dringlicher (Weiß, 2013). Laut Blaha und Richter (2014) ist aufgrund teils gravierender Mängel in der Nutztierhaltung bezüglich Tierschutz und Lebensqualität die Tiergesundheit nicht ausreichend. Viele Studien beschreiben hohe Gesundheitsbelastungen für die Tiere, wobei vor allem Kannibalismus, Gelenksschäden und Lungenerkrankungen Probleme der konventionellen Massentierhaltung darstellen (Elkmann, 2007; Gareis et al., 2016; Pill, 2014).

Ein Rechtsgutachten bezüglich der Vereinbarkeit von Haltungsvorgaben für Mastschweine mit dem Tierschutzgesetz weist auf Widersprüche zwischen Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung und Tierschutzgesetz hin. Es sieht sogar eine Verschärfung und Neuregelung der Haltungsvorgaben als zwingend notwendig (Brühn et al., 2017).

Dennoch geht aus einer Schätzung der EU-Statistikbehörde Eurostat hervor, dass in Deutschland im Durchschnitt lediglich 1,0 % der Schweine ökologisch gehalten werden (Destatis, 2016b). Gleichzeitig steigt jedoch die Nachfrage an ökologisch produziertem Schweinefleisch (LVÖ, 2016).

Die mobile Schlachtung beschreibt eine Schlachtung am Hof oder auf der Weide, ohne Lebendtransport der Tiere zum Schlachthof. Sie gilt als Verknüpfung von Tierwohl und Fleischproduktion (Trampenau und Fink-Keßler, 2011).

In Niederbayern, im Landkreis Rottal-Inn, startete 2016 ein Projekt, in dem eine Verknüpfung der Freilandhaltung von Tieren mit einer mobilen Schlachtung auf der Weide angestrebt wurde. Es handelte sich hierbei um ein komplett geschlossenes System mit Geburt, Aufzucht, Mast, Schlachtung und Verarbeitung im selben Betrieb. Die Motivation für dieses Projekt war das Engagement für mehr Tierwohl in Verbindung mit dem Lebensmittel Fleisch.

Ziel vorliegender Studie war es, die Einhaltung rechtlicher Vorgaben bei der mobilen Schlachtung zu kontrollieren und die mobile Schlachtung von ganzjährig im Freien gehaltenen Schweinen im Hinblick auf den Tierschutz und die Lebensmittelsicherheit zu überprüfen. Des Weiteren wurde die Tiergesundheit, Stressbelastung der Schweine bei der Schlachtung und die Fleischqualität beurteilt. Abschließend sollten Empfehlungen zur guten Verfahrenspraxis gegeben werden und auch mögliche Risiken der Freilandhaltung in Bezug auf das Lebensmittel Fleisch dargestellt werden.



## 2 Literatur

### 2.1 Schweinehaltung in Deutschland

Ende des Jahres 2017 wurden in Deutschland insgesamt 27,6 Millionen Schweine gehalten. Die Anzahl der schweinehaltenden Betriebe belief sich auf 23.000, mit durchschnittlich 1.180 Schweinen pro Betrieb (Destatis, 2017b). Die Anzahl der schweinehaltenden Betriebe und auch die Anzahl der in Deutschland gehaltenen Schweine ist stetig rückläufig (Destatis, 2017c).

Eine Landwirtschaftszählung aus dem Jahr 2010 durch das Statistische Bundesamt ergab, dass in diesem Jahr in Deutschland insgesamt 26,3 Millionen Schweine auf Voll- oder Teilspaltenboden gehalten wurden. Die Zahl der Schweine in anderen Haltungssystemen, wie beispielsweise in Haltung mit Einstreu, belief sich auf insgesamt 2,3 Millionen Tiere (Destatis, 2010). In Freilandhaltung dagegen wurden nur 6.700 Schweine gehalten.

Die rechtliche Basis der Schweinehaltung in Deutschland stellt die Schweinehaltungshygieneverordnung dar (Anonymus, 1999). Hierin werden spezielle Anforderungen an die verschiedenen Haltungssysteme gestellt und Vorgaben bezüglich betriebseigener Kontrollen und tierärztlicher Bestandsbetreuung gegeben. Daneben gilt die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung. Sie beinhaltet Anforderungen an Haltungseinrichtungen, Überwachung, Fütterung und Pflege (Anonymus, 2001).

#### 2.1.1 Konventionelle Schweinehaltung

Die konventionelle Schweinehaltung beschreibt verschiedene Haltungssysteme in ganzjähriger Stallhaltung (Blendl, 1988). Die einstreulose Haltung kann teil- oder vollperforierte Böden enthalten. Die Beschaffenheit der Betonspaltenböden sowie die Mindestfläche sind in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vorgegeben (Anonymus, 2001). Bei Haltung auf Vollspaltenboden gibt es keine Trennung zwischen Liege- und Abkotbereich. Dadurch kann gegenüber dem Teilspaltenboden Platz eingespart werden (Schön, 1989). Durch das Fehlen einer Wärmedämmung der Liegeflächen werden hohe Ansprüche an Klima und Management gestellt (Blendl, 1988).

Als Haltungssystem mit Einstreu ist der sogenannte Tieflauf- oder Tiefstreustall bekannt. Tiefstreubuchten stellen eine Haltung auf einer Dauermistmatratze dar, zu der regelmäßig frisches Stroh hinzugegeben wird (Blendl, 1988). Ziel der konventionellen Schweinemast ist ein Schlachtgewicht von ca. 110 – 125 kg und ein Schlachtalter von sechs bis sieben Monaten (Habier et al., 2004).

Die am häufigsten genutzte Schweinerasse hierfür ist in Deutschland die Deutsche Landrasse (BLE, 2017). Kennzeichnend für diese Rasse ist ein langer Körperbau, eine weiße Haut, eine konvexe Nasenlinie und Hängeohren.

Mit einer Mastleistung von bis zu 1,0 kg Tageszunahme wird die Schlachtreife mit ca. 170 Tagen erreicht. Hohe Wurfzahlen und eine gute Fruchtbarkeit zeichnen sie als Mutterrasse zur Erzeugung von Masthybriden aus (Vogt, 1997).

Eine weitere vielgenutzte Schweinerasse stellt die Rasse Pietrain dar. Ihr Äußeres kennzeichnet ein breiter, kurzer und tiefrumpfiger Körperbau. Rassespezifisch sind die gräulich-weiße Farbe mit vereinzelt schwarzen Flecken und die Stehohren. Pietrain gilt als sehr stresslabil (Kräusslich und Brem, 1997). An Bedeutung gewann diese Rasse aufgrund des Verbraucherinteresses an fettarmem Fleisch (Sambras, 2010). Ausgezeichnet wird sie durch einen hohen muskulären Anteil und einen geringen Fettanteil (Volk et al., 2004). Sie besitzt eine geringe Fruchtbarkeit und wird deshalb gerne als Vaterrasse genutzt (Kräusslich und Brem, 1997).

### **2.1.2 Freilandhaltung von Schweinen**

Die Freilandhaltung zählt zu den alternativen Haltungssystemen. Ideal hierfür sind Gebiete mit trockenen Wintern und Sommertemperaturen mit bis zu 25 °C. Ausreichender Zugang zu Wasser, Schattenplätze und Suhlen sind Voraussetzung für diese Haltungsform (Roß, 1998; Menke et al. 2016).

Die einzelnen Gehege sind durch einen Elektrozaun voneinander getrennt; die gesamte Anlage ist nach außen durch einen doppelten Zaun abzusichern. Dies dient als vorbeugende seuchenhygienische Maßnahme (Franke und Redel, 1997; Thies, 2003). Als Unterschlupf dienen den Schweinen Hütten, in welchen mehrere Tiere Platz finden; es ist keine Wärmedämmung nötig (Franke und Redel, 1997; Thornton, 1990).

Voraussetzung für eine langfristige Nutzung der Weidefläche und für eine gleichmäßige Nährstoffzufuhr der Schweine ist ein gutes Weidemanagement (Burgstaller, 1991). Ein regelmäßiger Weideumtrieb ist zur Vorbeugung eines Befalles mit Parasiten von großer Wichtigkeit (Meyer, 1989).

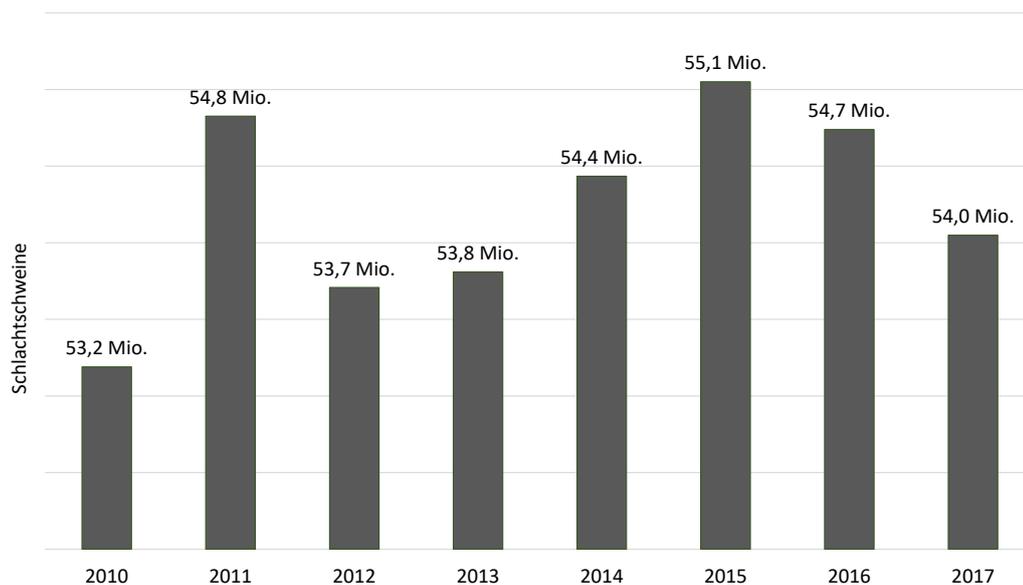
In Freilandhaltung bewähren sich vor allem Schweinerassen, die eine hohe Widerstandsfähigkeit und eine gute Futtermittelverwertung eines energiearmen Grundfutters aufweisen (Zahn, 2014). Hierbei sind beispielsweise Deutsches Sattelschwein, Schwäbisch-Hällisches Schwein, Angler Sattelschwein, Deutsches Weideschwein und Duroc genannt (Menke et al. 2016). Dunkelhäutige Tiere sind resistenter gegen Sonnenbrand. Folglich ist es von Vorteil, wenn eines der Elterntiere eine dunkel pigmentierte Haut besitzt.

Nach Janssen et al. (2000) bietet sich hierfür insbesondere die Schweinerasse Duroc an. Diese zeichnet sich durch einen hohen intramuskulären Fettgehalt aus. Das Fleisch besitzt sehr gute sensorische Eigenschaften. Bei schon 25 %-iger Duroc-Einkreuzung wird die Fleischqualität positiv beeinflusst (Lapp et al., 2009). Ferner werden aufgrund ihrer Widerstandsfähigkeit und Langlebigkeit häufig Schwäbisch-Hällische Schweine in der Freilandhaltung eingesetzt.

Diese Rasse besitzt eine gute Fruchtbarkeit und zeichnet sich durch sehr gute Muttereigenschaften aus. Sie ist aufgrund ihrer Fleischbeschaffenheit bei ausreichendem Muskelfleischanteil sehr beliebt (Horst und Gregor, 1997).

## 2.2 Schweineschlachtung

Insgesamt wurden im Jahr 2017 in deutschen gewerblichen Schlachtunternehmen 57,9 Millionen Schweine geschlachtet (Destatis, 2016a, 2017a). Davon waren 54 Millionen Tiere aus inländischer Herkunft. Abbildung 1 zeigt die Anzahl der geschlachteten Schweine inländischer Herkunft in den Jahren 2010 bis 2017. Insgesamt ist hierbei ein Anstieg von 1,5 % zu verzeichnen (statista, 2018a).



**Abbildung 1: Anzahl der geschlachteten Schweine inländischer Herkunft in den Jahren 2010 bis 2017 (nach statista (2018a))**

Im Gegensatz hierzu ist in Deutschland ein leichter Rückgang des Fleischverzehrs pro Kopf zu bemerken (BVDF, 2017; statista, 2018). Im Jahr 2016 betrug dieser ca. 60 kg, wovon 36,2 kg Schweinefleisch verzehrt wurden. Vom Jahr 2010 bis zum Jahr 2017 lässt sich ein Rückgang von 2,6 % feststellen. Allerdings ist ein Anstieg des Exports von Fleisch zu erkennen, hier besonders des Exports von Schweinefleisch nach China (Beckhove, 2018).

### 2.2.1 Rechtliche Grundlagen

Die Schlachtung an sich unterliegt einer Reihe von Rechtsvorschriften. In Tabelle 1 sind Rechtsvorschriften auf europäischer und nationaler Ebene aufgeführt, die in Bezug auf die Schlachtung und folglich auch auf die Lebensmittelhygiene von Relevanz sind.

**Tabelle 1: Rechtsnormen in Bezug auf die Schlachtung und die Lebensmittelhygiene**

<b>Verordnung</b>	<b>Bezeichnung</b>
VO (EG) Nr. 178/2002	Verordnung zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit (Anonymus, 2002)
VO (EG) Nr. 852/2004	Verordnung über Lebensmittelhygiene (Anonymus, 2004b)
VO (EG) Nr. 853/2004	Verordnung mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs (Anonymus, 2004c)
VO (EG) Nr. 854/2004	Verordnung mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs (Anonymus, 2004d)
VO (EG) Nr. 1/2005	Verordnung über den Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen (Anonymus, 2004a)
VO (EG) Nr. 2073/2005	Verordnung über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel (Anonymus, 2005)
VO (EG) Nr. 1069/2009	Verordnung mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte (Anonymus, 2009b)
VO (EG) Nr. 1099/2009	Verordnung über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung (Anonymus, 2009c)
TierSchG	Tierschutzgesetz (Anonymus, 1972)
Tier-LMHV	Verordnung über Anforderungen an die Hygiene beim Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von bestimmten Lebensmitteln tierischen Ursprungs (Anonymus, 2007b)
TierSchTrV	Verordnung zum Schutz von Tieren beim Transport (Anonymus, 2009d)
TierSchIV	Verordnung zum Schutz von Tieren im Zusammenhang mit der Schlachtung oder Tötung (Anonymus, 2012)

VO: Verordnung, EG: Europäische Gemeinschaft, Tier-LMHV: Tierische Lebensmittel-Hygieneverordnung, TierSchIV: Tierschutz-Schlachtverordnung, TierSchTrV: Tierschutztransportverordnung, TierSchG: Tierschutzgesetz

Die Grundlage des Lebensmittelrechts und insbesondere der Lebensmittelsicherheit stellt die Verordnung (EG) Nr. 178/2002 dar (Anonymus, 2002). Die Ausgangsbasis speziell für die Lebensmittelhygiene bildet das sogenannte Hygienepaket der Europäischen Union. Es besteht aus den in Tabelle 1 genannten Verordnungen (EG) Nr. 852 bis 854/2004.

Die VO (EG) Nr. 852/2004 enthält allgemeine Hygienevorschriften, beispielsweise Vorgaben in Bezug auf die Planung und den Bau der Betriebsstätten und Räume, in denen mit Lebensmitteln umgegangen wird. Zusätzlich regelt sie die Beförderung von Lebensmitteln, um eine ausreichende Hygiene zu gewährleisten. Die Ausrüstung und der Umgang in Bezug auf Lebensmittelabfälle ist ebenfalls hier geregelt (Anonymus, 2004b).

Ergänzend zu den allgemeinen Vorgaben der VO (EG) Nr. 852/2004 legt die VO (EG) Nr. 853/2004 spezifische Hygienevorschriften für tierische Lebensmittel fest. Demzufolge finden sich in Anhang (Anh.) I. unter anderem Definitionen für den Bereich der Fleischgewinnung: Die VO (EG) Nr. 853/2004 definiert den Schlachthof als einen Betrieb zum Schlachten und Zurichten von Tieren, deren Fleisch zum menschlichen Verzehr bestimmt ist. Ein Zerlegebetrieb hingegen beschreibt einen Betrieb zum Entbeinen und/oder Zerlegen von Fleisch.

Des Weiteren enthält Anh. III Abschnitt (Abschn.) I Vorschriften für Fleisch von Huftieren, beginnend mit dem Bau/der Anlegung und Ausrüstung von Schlachtbetrieben. Insbesondere werden in Anh. III Abschn. I Kapitel (Kap.) IV spezifische Vorschriften bzgl. Schlachthygiene aufgeführt. So dürfen in der Regel nur lebende Tiere in eine Schlachtanlage verbracht werden. Betäubung, Entblutung, Enthäuten, Ausschachten und weitere Zurichtung müssen ohne ungerechtfertigte Verzögerung vorgenommen werden.

Schlachthofbetreiber müssen sicherstellen, dass diese und weitere Vorschriften des Kapitels IV erfüllt sind, um einen hygienischen Schlachtablauf zu gewährleisten (Anonymus, 2004c). Auf die VO (EG) Nr. 854/2004 wird unter 2.3.1 näher eingegangen. Ergänzungen zu dem EU-Hygienepaket enthalten die nationalen Durchführungsverordnungen, vor allem die Tierische Lebensmittel-Hygieneverordnung (Anonymus, 2007b).

Für den Bereich Schlachthygiene sind zudem weitere EU-Verordnungen zu beachten. Die Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 schreibt mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel vor, die auch in Schlachtbetrieben im Rahmen von Eigenkontrollen zu überprüfen sind. Auf diese wird unter 2.5.2 näher eingegangen (Anonymus, 2005).

Von Bedeutung für Schlachtbetriebe ist außerdem die VO (EG) Nr. 1069/2009, welche den Umgang mit tierischen Nebenprodukten, die nicht für den menschlichen Verzehr bestimmt sind, regelt. Die Einteilung in Kategorien und dementsprechende Entsorgung erfolgt je nach dem Grad der davon ausgehenden Gefahr für die Gesundheit von Mensch und Tier.

Die Vorgaben dieser Verordnung sind unter anderem bei Schlachtabfällen, Abwässern und nicht zum menschlichen Verzehr zugelassenen oder vorgesehenen Nebenprodukten der Schlachtung zu beachten (Anonymus, 2009b).

Neben den erläuterten Verordnungen bezüglich Hygiene sind Vorschriften zum Tierschutz zu beachten. Die VO (EG) Nr. 1/2005 regelt EU-weit den Transport von Tieren. Im nationalen Recht wird diese ergänzt durch die Tierschutztransportverordnung (Anonymus, 2004a, 2009d).

Das Tierschutzgesetz enthält neben der allgemeinen Forderung, Tiere vor unnötigen Schmerzen, Leiden und Schäden zu schützen, auch spezifische Regelungen. So ist zum Beispiel die Betäubung von Schlachttieren, abgesehen von speziellen Ausnahmen, grundsätzlich vorgeschrieben (Anonymus, 1972).

Die VO (EG) Nr. 1099/2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung stellt die spezifische europäische Verordnung bzgl. Tierschutz beim Schlachten dar. Schlachtbetriebe mit einer Schlachttanzahl von über 1000 Großvieheinheiten pro Jahr benötigen einen Tierschutzbeauftragten. Dieser sorgt für die Einhaltung dieser Verordnung.

Neben dem Umgang mit den Tieren und dem Bau und der Ausrüstung des Schlachthofs, ist ein weiterer Regelungsinhalt der Verordnung der tierschutzgerechte Ablauf von Betäubung und Entblutung.

Anhang I beschreibt zulässige Betäubungsverfahren. Beim Schwein ist demnach neben Bolzenschuss, Kugelschuss und Kohlendioxidbetäubung die Elektrobetäubung zulässig. Für eine ausreichende Elektrobetäubung ist eine Mindeststromstärke von 1,30 Ampere für mindestens 4 Sekunden vorgeschrieben. Bei der Tötung und damit zusammenhängenden Tätigkeiten haben die jeweiligen Personen einen Sachkundenachweis vorzuweisen (Anonymus, 2009c, 2012).

Die nationale Tierschutz-Schlachtverordnung (TierSchIV) enthält in Anlage 1 zum Teil abweichende und zusätzliche, präzisere Bestimmungen zu den zulässigen Betäubungsverfahren. Die Betäubung mittels Bolzenschuss ist demnach in Deutschland beim Schwein nur im Falle einer Nottötung, bei ganzjährig im Freien gehaltenen Schweinen mit Einwilligung der zuständigen Behörde, und bei Hausschlachtungen zulässig. Ebenso ist die Betäubung per Kugelschuss nur zur Nottötung erlaubt.

Die Methoden der Wahl beim Schwein sind demnach die Kohlendioxidbetäubung und die Elektrobetäubung. Hierzu ist die jeweilige Höchstdauer zwischen Betäubung und Entblutung vorgeschrieben. Bei der Elektrobetäubung darf diese Zeitspanne maximal 10 oder 20 Sekunden betragen, je nachdem, ob eine Liegend- oder Hängendentblutung durchgeführt wird (Anonymus, 2012).

### 2.2.2 Schlachtung am Schlachthof

Laut Bundesamt für Verbraucherschutz gibt es in Deutschland 4.177 gewerbliche Betriebe für die Schlachtung von Schweinen (Destatis, 2017a). Allein die drei größten Schlachtunternehmen in Deutschland, Tönnies, Vion und Westfleisch, schlachten über die Hälfte aller Schweine in Deutschland. In einzelnen Betrieben wird eine Tagesschlachtanzahl von bis zu 30.000 Tieren erreicht (ISN, 2018).

Der Schlachtung am Schlachthof geht ein Transport lebender Tiere voraus. Die hierbei zurückgelegten Strecken sind unterschiedlich lang und können sowohl innerhalb Deutschlands als auch aus dem Ausland stattfinden (Beckhove, 2010).

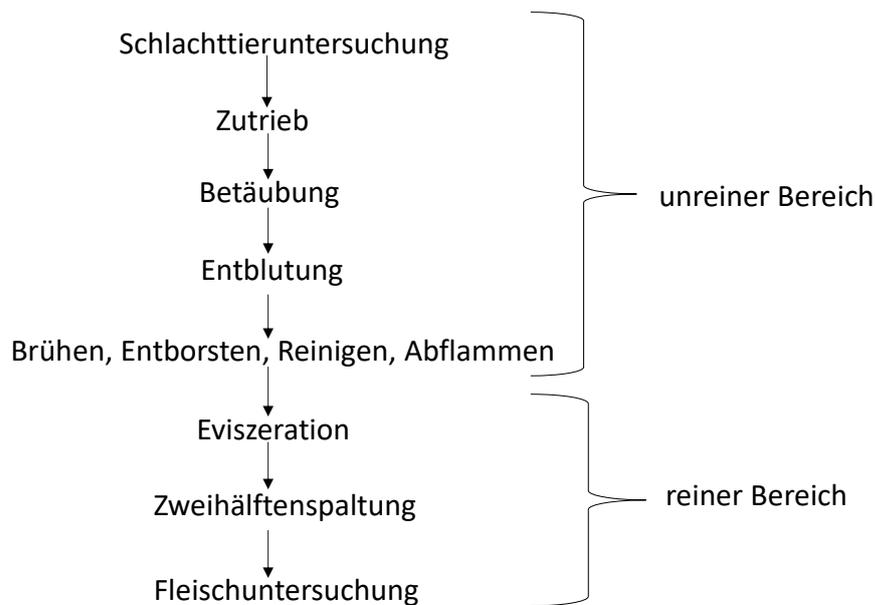
In Deutschland darf eine maximale Transportdauer von acht Stunden nicht überschritten werden. Vor dem Transport wird eine längere Nüchternungszeit von bis zu zwölf Stunden empfohlen (van Putten, 1978).

Eine buchtenweise Verladung vermeidet Auseinandersetzungen unter den Tieren während des Transportes (Rushen, 1988; Schütte et al., 1994a). Die Verladung stellt eine große physische und psychische Belastung dar (Augustini et al., 1977; Mickwitz, 1980; Warriss et al., 1982); es konnten sehr hohe Herzfrequenzen und eine erhöhte Körpertemperatur der Schweine festgestellt werden (Augustini et al., 1977; Steinhardt und Tielscher, 1999).

Mit Erhöhung der Ladedichte steigt der Transportstress bei Schlachtschweinen (Mickwitz und Heuking, 1990). Dazu kommen noch eine Reihe weiterer potentieller Stressoren, wie Geräusche, unbekannte Gerüche, Vibrationen, Temperaturveränderungen und der Zusammenbruch von Sozialgruppen (Warriss, 1992).

Christensen et al. (1994) beschreiben eine Sterblichkeitsrate beim Schweinetransport in Deutschland von bis zu 1 %. Wesoly (2015) nennt Wartezeiten auf dem LKW vor dem Abladen von bis zu acht Stunden. Die langandauernde Einschränkung der Bewegungsfreiheit und die fehlende Wasser- und Futterversorgung stellen eine hohe Stressbelastung der Tiere dar.

Die Schweineschlachtung beginnt mit der unreinen Seite in folgenden Hauptarbeitsschritten: Lebenduntersuchung, Zutrieb, Betäubung, Blutentzug, äußere Reinigung durch Brühen, Entborsten und Abflammen (Corbeil, 2014). Abbildung 2 beschreibt den Ablauf der Schlachtung mit Unterteilung in unreinen und reinen Bereich.



**Abbildung 2: Arbeitsschritte der Schweineschlachtung (nach Corbeil (2014))**

Beim Zutrieb ist die Benutzung von Elektrotreibern grundsätzlich zu vermeiden. Der Einsatz ist lediglich bei über vier Monate alten Schweinen zur Fortbewegung im Bereich der Vereinzlung und bei der Verweigerung des unmittelbaren Zutriebes zur Fixation erlaubt. Die Maximaldauer beträgt dabei eine Sekunde. Die Anwendung ist nur an der Hinterbeinmuskulatur und bei genügendem Ausweichraum der Tiere erlaubt (Anonymus, 2012). Reymann (2016) konnte jedoch einen häufigen Einsatz eines Elektrotreibers unter hiervon abweichenden Gegebenheiten feststellen und somit auf Vergehen gegen den Tierschutz aufmerksam machen.

Durch die Betäubung wird ein Zustand der Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit der Tiere erreicht (Männl, 1994). Innerhalb der unter 2.2.1 erwähnten Zeitspanne folgt der Blutentzug (Männl, 1994; Pearce et al., 2004). Durch den Bruststich werden die Hauptschlagader und die vordere Hohlvene eröffnet. Dadurch wird in kürzester Zeit ein maximaler Blutverlust erreicht und die Sauerstoffzufuhr zum Gehirn unterbrochen (TVT, 2015).

Das Brühen ermöglicht die Lösung der Borsten aus den Haarfollikeln durch die Behandlung des Tierkörpers mit heißem Wasser oder Dampf. Ebenso wird das Klauenhorn gelöst (Prändl et al., 1988). Es gibt unterschiedliche Brühsysteme, wie Brühkessel, Wasserbrühtunnel oder Kondensationsbrühtunnel. Bei allen Systemen wird eine Temperatur von 60 – 62 °C erreicht (Troeger und Woltersdorf, 1986; Woltersdorf, 1994; Woltersdorf, 1995).

Bei Betrieben mit hohen Schlachtzahlen wird eine kontinuierliche Enthaarung durchgeführt. Bei einer solchen Durchlaufenthaarung handelt es sich um die Verknüpfung des letzten Brühabschnittes mit der Enthaarung (Banss, 1991; Troeger, 1993a).

Die anschließende Abflammung bei ca. 1.200 °C erzielt eine Keimreduktion auf der Schlachttierkörperoberfläche (Troeger, 1993a).

Die nachfolgende reine Seite beinhaltet Eviszeration, Zweihälftenspaltung der Tierkörper und die amtliche Fleischuntersuchung (Woltersdorf, 1994; Zrenner und Haffner, 1999). Die Eviszeration des noch ungeöffneten Schlachttierkörpers beginnt im kaudalen Bereich des Tierkörpers mit der Entnahme der Organe von Bauch- und Beckenhöhle unter Umschneiden des Afters (Zrenner und Haffner, 1999). Nach Durchtrennung des Brustbeins wird das Geschlinge mit Zunge, Tonsillen, Larynx, Trachea, Ösophagus, Lunge, Herz, Zwerchfell und Leber im Ganzen gelöst (Woltersdorf, 1994; Zrenner und Haffner, 1999).

Ist dies erfolgt, wird der Tierkörper durch Längsspaltung der Wirbelsäule z.B. mittels einer Säge in zwei Hälften gespalten (Pearce et al., 2004). Nach jedem dieser Arbeitsschritte wird der Schlachtkörper reiner, weshalb eine Überschneidung mit dem jeweils vorhergegangenen Schritt unbedingt vermieden werden muss (Woltersdorf, 1994).

### 2.2.3 Mobile Schlachtung

Eine einheitliche Definition für die mobile Schlachtung liegt bislang nicht vor. Sie beschreibt lediglich eine Schlachtung vor Ort/am Hof, ohne Lebendtransport der Tiere zum Schlachthof (Ernst, 2016). Tabelle 2 gibt einen Überblick der in Deutschland praktizierten Formen der mobilen Schlachtung.

**Tabelle 2: Mobile Schlachteinheiten in Deutschland**

Beispiel	Prinzip	Betäubungsmethode	Tierart
Mobile Schlachtbox MSB (Uria, 1995)	Betäubung auf Weide, Entblutung in Schlachtbox, Transport zum SH	Kugelschuss	Rind
Vion Pfarrkirchen (afz, 2014)	Betäubung außerhalb des Stalles, Entblutung im Schlachtsmobil, Transport zum SH	Bolzenschuss	Rind
Mobiler Metzger (Kürten, 2014)	Betäubung/Entblutung im Stall, weitere Verarbeitung im Schlachtsmobil	Elektro- betäubung, Bolzenschuss	Schwein Rind
T-Trailer ISS (ISS, 2015)	Betäubung auf Weide, Entblutung im Hänger, Transport zum SH	Kugelschuss	Rind

MSB: Mobile Schlachtbox, T-Trailer: Trampenau-Trailer, ISS: Innovative Schlachtsysteme, SH: Schlachthof

Da die mobile Schlachtung lediglich Erwähnung in den Erwägungsgründen der VO (EG) Nr. 853/2004 (Nummer 18) und der VO (EG) Nr. 1099/2009 (Nummer 40) findet, aber keine Empfehlungen oder Richtlinien im Speziellen vorliegen, wird die mobile Schlachtung von Schweinen bislang kaum praktiziert.

Die Rechtslage auf EU-Ebene schreibt in Bezug auf alle Schlachtarten Folgendes vor: Gemäß der VO (EG) Nr. 853/2004 dürfen in einen Schlachtbetrieb nur lebende Tiere gebracht werden. Ausnahmen hierzu gelten lediglich für außerhalb des Schlachthofs notgeschlachtete Tiere, freilebendes Wild und Farmwild (Anonymus, 2004c). Die Tier-LMHV ergänzt in diesem Zusammenhang die VO (EG) Nr. 853/2004: Ganzjährig im Freien gehaltene Rinder dürfen unter Einhaltung besonderer Anforderungen außerhalb des Schlachthofs, also im Haltungsbetrieb, geschlachtet werden. Die nachfolgende Beförderung der geschlachteten Tiere zum Schlachthaus darf nur maximal eine Stunde dauern (Anonymus, 2007b).

Bei mobilen Schlachteinheiten wird das Tier jedoch bereits entblutet in den Schlachthof gebracht. Folglich ist eine mobile Schlachtung als Standard-schlachtung in anderen Fällen als bei ganzjährig im Freien gehaltenen Rindern nur möglich, falls die Schlachteinheit als Teil eines EU-zugelassenen Schlachthofes angemeldet wird (Wullinger, 2016).

Die Forderung nach einer Möglichkeit zur Durchführung der mobilen Schlachtung auch bei anderen Tierarten und bei nicht ganzjährig im Freien gehaltenen Rindern basiert auf dem Engagement für mehr Tierwohl (Trampenau und Fink-Keßler, 2011). Gemeinsame Merkmale der in Tabelle 2 genannten bereits praktizierten mobilen Schlachteinheiten sind die Einhaltung der Vorschriften bezüglich der Dauer zwischen Betäubung und Entblutung, das Töten des Tieres sowie der Transport in einer EU-zugelassenen Schlachteinheit und eine maximale Transportzeit von einer Stunde (Anonymus, 2004c, 2012).

Die Mobile Schlachtbox (MSB) stellt eine Box zum Vorladen an den Traktor dar (Abbildung 3). Die Rinder werden auf der Weide per Kugelschuss aus nächster Nähe, ohne Berührung des Tieres, oder aus maximal fünf Metern Entfernung betäubt. Das betäubte Tier wird an allen vier Gliedmaßen mit dem Traktor hochgezogen und über der Schlachtbox hängend in Rückenlage entblutet. Das entblutete Rind wird zum nahegelegenen Schlachthof gebracht und dort ausgeweidet. In der mobilen Schlachtbox kann immer nur ein Rind transportiert werden (Dinter, 2016).



**Abbildung 3: Mobile Schlachtbox (Uria, 1995)**

Die Vion Pfarrkirchen GmbH hat im Jahr 2012 eine mobile Schlachteinheit für Rinder angemeldet. Antriebsgrund war die damals geltende bessere Vermarktungsmöglichkeit frisch verletzter Rinder im Gegensatz zur Notschlachtung außerhalb des Schlachthofs (afz, 2014).

Eine Notschlachtung durfte gem. den damals gültigen Fassungen der VO (EG) Nr. 853/2004 und der Tier-LMHV bis zum Jahr 2014 nur national vermarktet werden. Die Notschlachtung beschreibt die Schlachtung eines ansonsten gesunden Tieres mit einer frischen Verletzung am Haltungsbetrieb. Das Tier ist nicht mehr in der Lage, selbstständig aus dem Stall zu gehen. Die Verletzung verhindert aus Tierschutzgründen eine Beförderung des lebenden Tieres zum Schlachthaus. Der Transport des entbluteten Tieres muss unter hygienisch einwandfreien Bedingungen und ohne ungerechtfertigte Verzögerung vorgenommen werden (Anonymus, 2004d).

Bei einer sogenannten Sonderschlachtung unter Einsatz des Vion-Schlachtmobils waren die Rinder in der Lage, trotz Verletzung selbstständig aus dem Stall zu gehen. Das Rind wurde vor dem Stall mittels Bolzenschuss betäubt und anschließend mittels Seilwinde in das Schlachtmobil gezogen. In diesem wurde es entblutet und innerhalb einer Stunde zum Schlachthof gebracht und dort ausgeweidet. Dies ermöglichte die gleiche Vermarktung wie bei einer Standardschlachtung am Schlachthof.

Das Schlachtmobil erwies sich auch noch nach dem Wegfall des profitlichen Unterschiedes zwischen Not- und Standardschlachtung als Möglichkeit für Landwirte, Schlachtungen im Haltungsbetrieb durchzuführen (afz, 2014; Trampenau und Fink-Keßler, 2011).

Das einzige Unternehmen, das den gesamten Schlachtprozess auf dem Hof vollzieht, ist in Deutschland das mobile Schlachtunternehmen von Kürten (2014).

Betäubung und Entblutung finden hierbei im Stall statt, das Blut wird dabei mittels eines Behälters aufgefangen. Anschließend wird das entblutete Tier im Schlachtmobil ausgeweidet und weiterverarbeitet. Durchgeführt wird diese Schlachtung sowohl beim Rind als auch beim Schwein (Kürten, 2014).

Das gleiche Prinzip wie die MSB verfolgt der Trampenau-Trailer, allerdings ist dieser als Anhänger für einen PKW konzipiert (Abbildung 4).

Benutzt wird der Trailer für die Schlachtung von Rindern aus Weidehaltung. Er ist ausgestattet mit einer Blutauffangwanne und einem Waschbecken, teilweise auch mit Seilwinden. Die Betäubung erfolgt mittels Kugelschuss. Anschließend werden die Rinder über die Rampe in den Hänger gezogen und dort entblutet. Bis zu zwei Rinder können in diesem Schlachtrailer transportiert werden (ISS, 2015).



**Abbildung 4: Mobiler Schlachtrailer, Trampenau-Trailer (ISS, 2015)**  
(gelber Pfeil = Hängerrampe)

## 2.3 Pathologisch-anatomische Befunderhebung am Schlachthof

Die Befunderfassung pathologisch-anatomischer Organveränderungen ermöglicht die Gewinnung von Informationen zum Krankheitsgeschehen im Erzeugerbetrieb. Dies zielt auf die Kontrolle der Tiergesundheit, des Tierschutzes und des Verbraucherschutzes ab (Tielen, 1990).

### 2.3.1 Rechtliche Grundlagen

Die Verantwortung für die ordnungsgemäße Durchführung der Schlacht- und Fleischuntersuchung trägt der amtliche Tierarzt. Der Begriff „amtlicher Tierarzt“ ist in der VO (EG) Nr. 854/2004 definiert als „ein Tierarzt, der im Sinne dieser Verordnung qualifiziert ist, als solcher zu handeln und der von der zuständigen Behörde benannt wird“.

Sein Aufgabenbereich umfasst zwei Hauptgebiete: Überprüfung der guten Hygienepraxis sowie der HACCP-Verfahren (Hazard Analysis and Critical Control Points) und Inspektionsaufgaben (Anonymus, 2004d). Diese Teilbereiche sind in Tabelle 3 genauer erläutert.

**Tabelle 3: Aufgaben des amtlichen Tierarztes am Schlachthof (Anonymus, 2004d)**

Überprüfungsaufgaben	Inspektionsaufgaben
Gestaltung und Instandhaltung der Betriebsstätte	Informationen zur Lebensmittelkette
Hygiene vor, während und nach Durchführung der Tätigkeiten	Schlachttieruntersuchung
Persönliche Hygiene, Hygieneschulungen	Wohlbefinden der Tiere
Schädlingsbekämpfung	Fleischuntersuchung
Wasserqualität	Spezifiziertes Risikomaterial und andere tierische Nebenprodukte
Temperatur	Labortests
Ein- und ausgehende Lebensmittellieferungen und Begleitdokumente	Genusstauglichkeitskennzeichnung
Gefahrenanalyse und Überwachung kritischer Kontrollpunkte (HACCP-Verfahren)	

HACCP: Hazard Analysis and Critical Control Points

Unter die Inspektionsaufgaben fallen die Schlachttieruntersuchung und die Fleischuntersuchung. Im Anschluss daran sind Entscheidungen bezüglich lebender Tiere, des Wohlbefindens der Tiere und des Fleisches zu treffen.

Die Schlachttieruntersuchung entscheidet vor allem über die Zulassung der Schlachttiere zur Schlachtung. Sie ist innerhalb von 24 Stunden nach Ankunft der Tiere am Schlachthof und höchstens 24 Stunden vor der Schlachtung durchzuführen. Ziel ist die Feststellung möglicher Verstöße gegen Tierschutzvorschriften oder eines möglichen Gesundheitsgefährdungspotenzials für Mensch oder Tier (Anonymus, 2004d).

Bei der Fleischuntersuchung entscheidet der amtliche Tierarzt über die Genusstauglichkeit eines Schlachttierkörpers und dessen Nebenprodukte (Anonymus, 2004d). Die Fleischuntersuchung beim Hausschwein beinhaltet gemäß VO (EG) Nr. 854/2004 die Begutachtung und Untersuchung des Schlachtkörpers und der Nebenprodukte der Schlachtung. Zu betrachten sind alle äußeren Oberflächen. Falls erforderlich, sind zusätzliche Untersuchungen, wie Durchtasten und Anschneiden von Schlachtkörperteilen durchzuführen.

Die visuelle Fleischuntersuchung, die i. d. R. auf Palpation und Inzision verzichtet, wurde mit der Änderung der VO (EG) Nr. 854/2004 durch die VO (EU) Nr. 218/2014 eingeführt.

Eine erweiterte Untersuchung mit Palpation und/oder Inzision ist lediglich bei möglichen Risikofaktoren vorgesehen, wie Auffälligkeiten bei den epidemiologischen Daten des Herkunftsbetriebs der Tiere, bei den Informationen zur Lebensmittelkette, den Ergebnissen der Schlachttieruntersuchung oder der Fleischuntersuchung, welche Risiken für die Gesundheit von Mensch oder Tier mit sich bringen können. Dies zielt auf das Erhalten eines endgültigen Befundes ab oder auf den Nachweis einer Tierkrankheit, von Rückständen und Schadstoffen oder der Nichteinhaltung mikrobiologischer Kriterien (Anonymus, 2004d, 2014).

Diese Art der Fleischuntersuchung wird neben visueller auch risikoorientierte Fleischuntersuchung genannt. „Risiko“ wird im Bereich der Lebensmittelsicherheit definiert als die Wahrscheinlichkeit, mit der eine negative Auswirkung auf die menschliche Gesundheit eintritt (Blaha, 1999).

Blaha (1994) beschreibt bei der risikoorientierten Fleischuntersuchung eine Vorselektion der lebenden Tiere, die erwartungsgemäß eine intensivere Untersuchung benötigen. Diese werden von denjenigen Tieren abgesondert, die „alternativ“, also berührungslos und ohne Inzision untersucht werden können.

Die Sicherheit des Lebensmittels Fleisch soll in erster Linie durch Stallhygiene, Tiergesundheit im Stall und Hygiene beim Transport und bei der Schlachtung selbst gewährleistet werden (BfR, 2011).

Fehlhaber (1994) ist ein Befürworter der traditionellen Fleischuntersuchung und hält diese für unverzichtbar. Er spricht von einer erheblichen Verantwortung des Untersuchers gegenüber dem Menschen. Als Auslöser der Einführung der visuellen Fleischuntersuchung wird aber auch die Zeiteinsparung am Schlachtband aus wirtschaftlicher Sicht gesehen (Frettlöh, 2012).

Scheinert (2015) stellte beispielsweise in seiner Arbeit pathologische Veränderungen innerhalb von Schweinenieren fest, welche visuell äußerlich unauffällig waren. Diese wurden deshalb am Schlachthof als genusstauglich beurteilt. Daraus wird gefolgert, dass die Fleischuntersuchung in traditioneller Form ein wichtiger und ernst zu nehmender Teil der Tierseuchenprophylaxe ist (David, 1995).

Köfer et al. (2001) beschreiben die Schlachttier- und Fleischuntersuchung als eine entscheidende Schnittstelle im Prozess zur Gewinnung und Weiterverarbeitung von Lebensmitteln tierischer Herkunft. Eine der wichtigsten Aufgaben der amtlichen Schlachttier- und Fleischuntersuchung ist hierbei die Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit und des Verbraucherschutzes.

Laut Beutling (2004) trägt der jeweilige Untersucher die Verantwortung für die Sicherheit seiner Beurteilung gegenüber dem Tierbesitzer und dem Verbraucher. Voraussetzungen für einen guten amtlichen Tierarzt oder amtlichen Fachassistenten seien demnach ein gutes Urteilsvermögen und Charakterstärke.

### 2.3.2 Schlachttieruntersuchung

Bei der Schlachttieruntersuchung werden das äußere Erscheinungsbild und der klinische Zustand des noch lebenden Tieres beurteilt. Tabelle 4 gibt eine Übersicht zu häufigen Befunden bei der Schlachttieruntersuchung.

**Tabelle 4: Studien zur Häufigkeit von Befunden bei der Schlachttieruntersuchung**

Quelle	Anzahl Schweine	Befunde
Rieper (2013)	6.570	Schwanzläsionen: 38,0 % Othämatome: 1,0 % Lahmheiten: 21,0 % Gelenksveränderungen: 2,0 %
Pill (2014)	9.157	Kannibalismus: 4,0 % Othämatome: 1,0 %
Seitz (2014)	300	Ohrwunden: 5,3 % Schwanzwunden: 3,9 % Lahmheiten: 8,6 % Gelenksveränderungen: Karpalgelenke: 33,9 % Tarsalgelenke: 90,2 %
Gareis et al. (2016)	948	Gelenksveränderungen: 91,8 %

Pathologische Veränderungen aufgrund von Verhaltensanomalien in der intensiven Schweineproduktion entstehen am häufigsten durch Schwanzbeißen (Breuer et al., 2005; Kritas und Morrison, 2007). Es handelt sich hierbei um eine Faktorenkrankheit (Moinard et al., 2003).

Sowohl Stallklima als auch Fütterung und Belegdichte spielen hierbei eine Rolle (Flesja et al., 1982). Schwanzbeißen bedeutet für die betroffenen Tiere hochgradige Schmerzbelastung und Stress. Die Auswirkungen der Verletzungen führen neben einer Minderung des Tierwohls auch zu einem großen wirtschaftlichen Verlust (Breuer et al., 2005; Kritas und Morrison, 2007). So wird zum Beispiel das Wachstum von Mastschweinen signifikant negativ beeinflusst (Wallgren und Lindahl, 1995).

Durch Schwanzverletzungen entstehen häufig lokale Wirbelsäulenabszesse (Getty und Ghoshal, 1967). Erreger können über die Schwanzwunde als Eintrittspforte in die Blutbahn gelangen und weiter zu den Organen transportiert werden. Ein häufig hiervon betroffenes Organ ist die Lunge (Marques et al., 2012).

Abriel (2017) stellte fest, dass Tiere in Standardbuchten durchschnittlich häufiger Schwanzverletzungen aufweisen als Tiere in sogenannten Tierwohlbuchten mit geringerer Besatzdichte.

In einer Studie von Klein et al. (2016) wurde der Einfluss einer frühzeitigen Sozialisierung auf das Schwanzbeißen untersucht. Die Kontrollgruppen aus konventionellen Abferkelbuchten hatten nach dem untersuchten Zeitraum nur noch zu 43,3 % intakte Schwanzspitzen. Bei Tieren mit frühzeitiger Sozialisierung waren noch über 50 % der Schwänze unverletzt und intakt. Freitag und Freitag (2014) beschreiben ein vermehrtes Auftreten der Verletzungen bei einer kühlen Witterung.

Ohrverletzungen stellen in der intensiven Schweinehaltung weltweit ein zunehmendes Gesundheitsproblem dar (Petersen et al., 2008).

Vor allem Tiere in der Aufzucht- und Mastperiode zwischen 10 und 40 kg sind hiervon betroffen (Cameron, 2012). Konkrete Ursachen hierfür werden nicht genannt, es handelt sich um ein multifaktorielles Geschehen (Weissenbacher-Lang et al., 2012). Umweltfaktoren wie Überbelegung, dadurch bedingte erhöhte Ammoniakkonzentrationen und Hygienemängel spielen hierbei eine Rolle. Kannibalismus wird als eine der Hauptursachen für Ohrwunden gesehen (Cameron, 2012; Truszczyński und Pejsak, 2009); laut Henning-Pauka (2012) ist dieser Folge einer nicht tiergerechten Haltung.

Durch Eindringen verschiedener Erreger in die Wunden, wie zum Beispiel *Mycoplasma (M.) suis* und *Streptococcus (Strep.) suis*, kann sich eine Sekundärinfektion entwickeln, welche sich über Lymph- und Blutbahnen auch in das umliegende Gewebe verbreiten kann (Getty und Ghoshal, 1967; Molnar et al., 2002; Tanabe et al., 1996).

Differentialdiagnostisch kommen bei Ohrrandnekrosen die klassische Schweinepest und die afrikanische Schweinepest in Betracht. Bezeichnend für das klinische Bild sind zyanotisch verfärbte Ohren und Blutungen der Ohren (FAO, 2000; Sanchez-Vazquez et al., 2014; Tautz et al., 2015). Hinzu kommen bei diesen noch weitere klinische Anzeichen, wie hohes Fieber, Zyanosen an den Extremitäten und blutiger Nasenausfluss (Carrasco et al., 1996; Genovesi et al., 1988; Rodriguez et al., 1996).

Erkrankungen des Bewegungsapparates sind häufig haltungsbedingt. Die Schwerpunkte liegen hierbei auf akzessorischen Bursen und Klauenschäden (Marx und Loeffler, 1989). Laut Gareis et al. (2016) treten bei über 90 % der Schweine, die auf Vollspaltenboden gehalten werden, Hilfsschleimbeutel an den Gelenken auf.

Bei Schweinen aus konventioneller Haltung wurde eine Prävalenz für Klauenveränderungen von 26,5 % festgestellt (Gareis et al., 2016). Weber et al. (2017) bemerkten geringere Schweregrade von Ballenerosionen bei Schweinen, die auf Gummimatten gehalten wurden, als bei solchen aus Haltung mit Betonliegeflächen.

Ein häufiger Grund für die Untauglichkeit von Teilen des Schlachtkörpers stellen laut einer Untersuchung in Finnland Arthritiden dar (Heinonen et al., 2007). Für deren Auftreten sind laut Tuovinen et al. (1992) die Herdengröße, die Menge an Einstreu, der Trinkwasserzugang und die Lichtgestaltung ausschlaggebende Faktoren. Reichlich Einstreu, freier Zugang zu Trinkwasser und genügend Licht gingen mit einer geringeren Teilverwurfsrate einher. Auch der Transport wird als Auslöser für das Auftreten von Arthritiden angesehen (Tuovinen et al., 1994).

Bei der Schlachttieruntersuchung ebenfalls festzustellen ist der Verschmutzungsgrad der Tiere. Neben der Berücksichtigung in der VO (EG) Nr. 852/2004 für Lebensmittelhygiene regelt die VO (EG) Nr. 853/2004 spezifisch, dass lediglich saubere Tiere in die Räumlichkeiten eines Schlachthofes verbracht werden dürfen. Der Verschmutzungsgrad gibt Auskunft über den Hygienestatus des Herkunftsbetriebes und auf die Hygiene beim Transport. Er ist jedoch auch hinsichtlich einer Auswirkung auf die mikrobielle Belastung des Schlachttierkörpers von besonderer Relevanz (Fehlhaber, 1992).

Brecheisen (2014) konnte statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen dem Verschmutzungsgrad des Fells von Rindern und dem Oberflächenkeimgehalt der jeweiligen Schlachttierkörper feststellen. Ellerbroek et al. (2018) arbeiten an einem System zur Einteilung der Schlachttiere in verschiedene Hygienekategorien und sich daraus ableitende Maßnahmen. Dies soll eine Minderung der mikrobiologischen Kontamination von Fleisch mit Zoonoseerregern bewirken.

### **2.3.3 Fleischuntersuchung**

Die Fleischuntersuchung findet im Anschluss an die Herrichtung der geschlachteten Tiere statt und beschreibt die Betrachtung von Tierkörper und zugehörigen Organen auf pathologische Auffälligkeiten. Blaha und Blaha (1995) bezeichnen die an den Organen geschlachteter Schweine feststellbaren pathologisch-anatomischen Veränderungen als objektives Maß für einen Großteil überstandener oder vorhandener Krankheiten der Tiere. Nach Böckel (2008) stehen Lungen- und Leberveränderungen im Fokus der Organbefundung (Tabelle 5).

**Tabelle 5: Studien zur Häufigkeit von Befunden bei der Fleischuntersuchung**

Quelle	Anzahl Schweine	Befunde
Wittmann et al. (1995)	8.740	Lungenveränderungen: 26,7 % Leberveränderungen: 11,0 %
Mählmann (1996)	63.000	Lungenveränderungen: 20,5 % Leberveränderungen: 26,5 %
Vogt (1996)	19.417	Lungenveränderungen: 42,7 % Leberveränderungen: 26 %
Bostelmann (2000)	584.778	Lungenveränderungen: 50,4 % Leberveränderungen: 16,1 %
Ebke et al. (2004)	46.535	Lungenveränderungen: 47,5 % Leberveränderungen: 14,1 %
Rieper (2013)	649.923	Pneumonie: 2,74 % Pleuritis: 4,30 % Leberveränderungen: 6,35 %
Pill (2014)	8.737	Pneumonie: 77,0 % Pleuritis: 18,0 % Leberveränderungen: 16,0 %
Seitz (2014)	300	Lungenveränderungen: 67 % Leberveränderungen: 14 %
Renken (2017)	1.180	Pleuritis: 60,7 %

Atemwegserkrankungen lassen sich in Rhinitis, Bronchitis, Pneumonie und konsekutiv entstehende Pleuritis einteilen (Van Alstine, 2012). Daraus folgende Lungenveränderungen werden als Hauptursachen für Teil- oder sogar Totalschäden am Schlachthof beschrieben (Fablet et al., 2012). Willeberg et al. (1984) belegten, dass zwei Drittel aller pathologischen Veränderungen beim Schwein am Schlachthof Lunge und Pleura betreffen.

Lungenerkrankungen gelten als wichtigster Indikator für den Gesundheits- und Hygienestatus eines Betriebes (Etzcel, 1982). Ein schlechter Gesundheitszustand der Herde und die Vermischung von Tieren während der Mast haben Einfluss auf das Auftreten von chronischer Pleuritis (Cleveland-Nielsen et al., 2002). Je mehr Platz den Schweinen zur Verfügung steht, umso geringer ist die Pneumonie-Prävalenz einzuschätzen (Lindqvist, 1973).

Bei den Erkrankungen des Atmungsapparates handelt es sich in der Regel um komplexe multifaktorielle Krankheiten, die nur selten Folge einer Monoinfektion sind. Meistens sind mehrere virale und bakterielle Erreger beteiligt, welche in Zusammenhang mit verschiedenen Umweltfaktoren und dem Allgemeinzustand des betroffenen Organismus stehen (Große Beilage, 1999).

Bei schlechtem Stallklima werden diese manifest und die Abwehrmechanismen der Lunge werden durch Viren und Mykoplasmen so geschädigt, dass sich sekundär weitere Bakterien ansiedeln können (Ross, 1999).

*Mycoplasma hyopneumoniae*, Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV), *Actinobacillus pleuropneumoniae* (APP), *Bordetella bronchiseptica*, *Pasteurella multocida* und *Strep. suis* sind wichtige Erreger bei Lungenerkrankungen (Harms et al., 2002; Kim et al., 2003; Zimmermann und Plonait, 1997).

*Mycoplasma hyopneumoniae* ist der primäre Erreger und das auslösende Agens der Enzootischen Pneumonie (Goodwin, 1972; Maré und Switzer, 1965). Diese ist eine der häufigsten Erkrankungen beim Schwein (Simecka et al., 1992). Betroffen hiervon sind Schweine ab Ferkelalter bis zu einem halben Jahr (Thacker und Minion, 2012).

Eine alleinige Infektion mit *M. hyopneumoniae* zeigt kaum klinische Symptomatik; lediglich milder, chronischer und trockener Husten tritt auf (Nathues et al., 2012). Durch die Schädigung des Zilienepithels allerdings kommt es zur Ansiedelung weiterer Erreger. Eine schwerwiegende Bronchopneumonie kann die Folge sein (Desrosiers, 2001). Klinisch äußert sich diese in Dyspnoe, Hypoxie und Husten.

Am Schlachthof zeigen die Lungen vorwiegend in den ventralen Abschnitten der cranioventralen Lungenlappen, der sogenannten Spitzen- und Mittellappen, palpatorisch derbe Bereiche von rot/rosa über weiß bis hin zu dunkelroter Farbzeichnung (Thacker und Minion, 2012). Die Pleura ist hierbei nicht betroffen (Bertschinger et al., 1972). Als Folge von Atemwegserkrankungen, speziell einer Pleuropneumonie, kann eine fibrinöse Entzündung der Pleura costalis entstehen. Diese ist am Schlachtkörper durch rötliche Auflagerungen in der Brusthöhle zu erkennen (Vallant, 2010).

Des Weiteren ist einer der häufigsten Befunde an Schweineschlachthöfen eine durch APP ausgelöste Lungenveränderung (Taylor, 1999). In Deutschland weisen 20 - 30 % der Lungen von Schweinen Veränderungen aufgrund von APP auf (Blaha, 1993b). *Actinobacillus* spp. sind natürliche Besiedler der Schleimhaut von Mensch und Tier; erst durch Beeinträchtigung des Immunsystems kann es zu Erkrankungen kommen (Ewers und Wieler, 2010).

Die Infektion erfolgt in erster Linie über Tröpfcheninfektion durch direkten Kontakt von Tier zu Tier (Chiers et al., 2010). Nach intranasaler Infektion folgt die Adhäsion an das bronchoalveoläre und alveoläre Epithel (Dom et al., 1994; Ewers und Wieler, 2010). Beim Mischen verschiedener Schweinegruppen steigt das Risiko einer Infektion (Desrosiers, 2004; Gottschalk, 2012).

Die Erkrankung kann einen perakuten, akuten oder chronischen Verlauf annehmen. Betroffen sind meist Schweine im Alter von 9 – 16 Wochen. Die perakute Form zeichnet sich durch Fieber, Zyanosen, Anorexie und Erbrechen aus, die Letalität beträgt 80 – 100 % (Gottschalk, 2012; Große Beilage et al., 2013).

Der akute Verlauf zeigt Dyspnoe, Husten und Maulatmung. Bei der chronischen Verlaufsform hingegen sind kaum klinische Anzeichen erkennbar (Ewers und Wieler, 2010; Große Beilage et al., 2013).

Bei der Fleischuntersuchung zeigt die APP hauptsächlich makroskopisch sichtbare Läsionen in den Hauptlappen. Die akute Form geht mit fibrinösen Belägen auf der Lunge einher (Ewers und Wieler, 2010; Shope, 1964). Die chronische Form weist multiple Verwachsungen der Pleura auf. Auch eine Verdickung der Pleura ist zu erkennen (Leneveu et al., 2012).

Bakterien wie *Strep. suis* gehören ursprünglich zur natürlichen bakteriellen Besiedelung des oberen Respirationstraktes und kommen dadurch oft bei klinisch gesunden Schweinen vor (Hogg et al., 1996; Robertson et al., 1991). Bei geschwächtem Immunsystem kann es allerdings zur Erkrankung des Respirationstraktes kommen (Valentin-Weigand, 2010). Inwieweit *Rothia nasimurium* an Lungenerkrankungen beteiligt ist, steht noch offen (Collins et al., 2000; Michon et al., 2010).

Den Hauptgrund für den Verwurf von Lebern am Schlachthof stellen durch Parasiten bedingte Vernarbungen dar. In Untersuchungen von Kraneburg (1997) wurde festgestellt, dass jede fünfte Leber wegen Vernarbungen verworfen werden musste.

Diese werden größtenteils verursacht durch den Spulwurm *Ascaris suum* (Kennedy et al., 1980). Die Leberwanderung der Parasiten bewirkt eine Leberschwellung und Entzündungsreaktionen, welche die Stoffwechselleistung stark beeinträchtigen. Circa zwei Monate nach der Infektion kommt es zu deren Abheilung (Heinritzi, 2006b).

Auf die Nekrotisierung des betroffenen Gewebes folgt eine Bindegewebsproliferation (Joachim, 2006). Diese ist wenige Tage nach der Infektion durch stecknadelkopfgroße weiße Punkte erkennbar. Sie strahlen in das interlobuläre Gewebe aus und weisen somit ein sternförmiges Aussehen auf. Das Ausheilungsbild einer zuvor von *Ascaris suum* befallenen Leber ist folglich durch milchig-weiße, zentral homogene und peripher netzförmige Flecken gekennzeichnet (Dahme und Weiss, 2007).

Die Mehrzahl der betroffenen Schweine kommt aus Beständen mit geschlossenem System oder aus Betrieben mit kontinuierlicher Mast. Laut Kutschera (1999) sind sogar über 80 % der Schlachtschweine von parasitären Leberveränderungen betroffen. Die Askaridose ist die bedeutendste parasitär bedingte Lebererkrankung beim Schwein. Betroffen sind vor allem Ferkel und junge Masttiere (Kurze und Wesemeier, 2006; Sanchez-Vazquez et al., 2012).

Weitere Organbefunde bei der Fleischuntersuchung betreffen Niere und Magen-Darm-Trakt. Studien stellten einen Verwurf von 0,04 – 7,92 % der Nieren an deutschen Schlachthöfen fest (Kobe et al., 2000; Schumann, 2009).

Pathologische Veränderungen der Nieren können aufgrund von Entwicklungsstörungen, Hydronephrosen und Nephrosen auftreten (Nieberle und Cohrs, 1970; Vallant, 2010).

Ein häufiger Befund am Schlachthof sind petechiale Blutungen der Nieren (Szazados und Takacs, 1980). Bei gesund geschlachteten Tieren kommen diese aufgrund agonaler, nervaler und mechanischer Reize beim Schlachten zustande (Trautwein, 1991; Weiss, 2007). Sie können auch auf eine septikämische Infektion oder Intoxikation aufgrund von Salmonellose oder Europäischer oder Afrikanischer Schweinepest hinweisen (Newman, 2012).

Scheinert (2015) untersuchte an einem bayerischen Schlachthof Nieren von 6.235 Mastschweinen auf makroskopische Auffälligkeiten. Bei 75,4 % aller Nieren wurden makroskopische Veränderungen nachgewiesen. Bei 96,0 % der makroskopisch unauffälligen Nieren wurde eine graduell variable mononukleäre interstitielle Nephritis im histopathologischen Bild festgestellt.

Bei pathologischen Auffälligkeiten des Magen-Darm-Trakts von Mastschweinen handelt es sich vor allem um lokale Entzündungen aufgrund von mangelhafter Futterstruktur (Vallant, 2010). Auch ein Wurmbefall mit Peitschenwürmern und Spulwürmern verursacht lokale Entzündungen im Darmbereich (Deplazes et al., 2013). Virusinfektionen und bakterielle Infektionen kommen meistens bei Saugferkeln und Absatzferkeln vor (Mester, 2003). In einer Studie von Rudych (2014) wurden jedoch bei 90 % der untersuchten Betriebe (n = 60) am Schlachthof keine Veränderungen an Magen-Darm-Trakt der Schweine festgestellt.

## **2.4 Tiergesundheit in Bezug auf die Haltung**

### **2.4.1 Allgemeines**

Die meisten Krankheiten, die in der konventionellen Tierhaltung vorkommen, entstehen einerseits durch einen erhöhten Infektionsdruck im engen Stall, andererseits durch stressinduzierte Immunsuppression (Köfer et al., 1993). Diese ist meist Folge einer Unterdrückung der körpereigenen Abwehr durch einen erhöhten Cortisolspiegel (Grauvogl, 1996).

Stress kommt vor allem in Haltungsverfahren mit einem Mangel an Beschäftigungs- und Bewegungsmöglichkeiten, sozialen Kontakten und strukturierten Lebensräumen vor (Smidt et al., 1988). Durch ein geschwächtes Immunsystem kommt es bei latenten Infektionen zu einer instabilen Gleichgewichtslage im Erreger-Wirt-Verhältnis, wodurch infektiöse Faktorenkrankheiten schnell zum Ausbruch kommen können, wie z.B. Ferkelgrippe, Polyarthritits oder Coli-Diarrhoe (Bollwahn, 1989). Die Unterbrechung dieser Infektionsketten gelingt am besten, wenn die Tiere den Bedingungen der Außenwelt ausgesetzt werden (Ohl, 1952).

In Freilandhaltung findet laut Kasper (1999) eine Erregerreduzierung durch Sonnenlicht und Luftbewegung statt. Dies führt zu einer Minderung von Atemwegserkrankungen. Einen weiteren positiven Einfluss auf die Gesundheit übt ausreichende Bewegung aus (Thornton, 1990). Sie dient der Erhaltung und Verbesserung des Muskel- und Bewegungsapparates. Das wiederum hat positive Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit und das Geburtsverhalten von Sauen (Hoesch, 1902; Schmidt et al., 1956; Thornton, 1990).

Negativ auswirken kann sich die Freilandhaltung allerdings im Sommer aufgrund hoher Temperaturen, da Schweine keine Schweißdrüsen besitzen und somit über eine eingeschränkte Thermoregulation verfügen (Roß, 1998). Fehlende Suhlen oder Schattenspendler können bei Sauen starke Sonnenbrände auslösen (Durst und Willeke, 1994).

Grundsätzlich besteht in jeder Haltung die Gefahr des Seucheneintrags durch Wildtiere (Lahrmann, 2000). Die Freilandhaltung stellt bei Vermeidung eines direkten Kontaktes zu Wildschweinen jedoch kein relevantes Seuchenrisiko dar; dennoch besteht das Risiko eines Seucheneintrages über Vögel, Insekten und Schadnager, die ungehindert Zugang zum Gehege haben (Kasper, 1999).

Als relevante Seuchen sind vor allem die klassische Schweinepest und Aujeszky zu erwähnen. Das Virus der klassischen Schweinepest und auch jenes der afrikanischen Schweinepest werden durch direkten Kontakt von Tier zu Tier oder indirekten Kontakt übertragen. Die häufigste Übertragung findet über indirekte Wildschweinkontakte statt (Depner et al., 1997).

Die Schweinepest hat auf die Gesundheit des Menschen keine Auswirkungen, es ergeben sich aber durch tierseuchenrechtliche Maßnahmen und Handelsrestriktionen erhebliche wirtschaftliche Schäden für die Schweinehalter (Hoffmann et al., 1971). Die erforderlichen Maßnahmen zur Vorbeugung und zur Bekämpfung der Schweinepest sind in der Schweinepestverordnung geregelt (Anonymus, 1988).

Die Aujeszky'sche Krankheit wird durch Herpesviren verursacht. Die Infektion erfolgt direkt über Nasensekret, Mutterkuchen und Vaginalausfluss oder indirekt über die kontaminierte Umwelt (Gillespie et al., 2000). Es besteht die Gefahr der Einschleppung in Schweinebetriebe über Ratten, Wildschweine und den Wind (Kluge et al., 1992). In einer Studie von Köppel et al. (2007) wurde in Wildschweinen eine Seroprävalenz von 2,83 % festgestellt.

Die klinische Symptomatik äußert sich unter anderem in nervalen Symptomen, Fieber, Erbrechen und Aborten. Die Pathogenität des Aujeszky-Virus für den Menschen ist noch nicht ausreichend geklärt; in vitro konnte eine Infektion mit dem Erreger festgestellt werden (Jentzsch und Schweizer, 1970).

## 2.4.2 Gesundheitsgefährdungspotential durch das Lebensmittel Fleisch und fleischhygienerechtliche Konsequenzen

Im Folgenden wird auf Gesundheitsgefährdungen näher eingegangen, die speziell in Bezug auf die Freilandhaltung beim Schwein besondere Relevanz erlangen und bei denen eine Übertragung vom Schwein über das Lebensmittel Fleisch auf den Menschen möglich ist (Tabelle 6).

**Tabelle 6: In Freilandhaltung zusätzliche relevante Gesundheitsgefahren für Schweine unter Berücksichtigung des Verbraucherrisikos**

Kategorie	Erreger/Kontaminant	Eintrag	Quelle
<b>Umweltkontaminanten</b>	Schwermetalle	Futter/Boden	Beutling (2004); Radke (1993)
	Cäsium-137	Futter/Boden	Stolz (2003)
	Dioxin	Futter/Boden	Bröker et al. (1998); Fürst et al. (1992)
<b>Parasiten</b>	<i>Ascaris suum</i>	Boden, Futter, kontaminiertes Trinkwasser	Sakakibara et al. (2002)
	<i>Echinococcus multilocularis</i>	Hund, Fuchs, Kleinnager	Jerger (1995); Kayser et al. (1998)
	<i>Echinococcus granulosus</i>	Hund, Kleinnager	Kern et al. (2001)
	<i>Trichinella</i> spp.	Kleinnager	Haubner (1864); Pozio (2000)
	Duncker'scher Muskelegel, <i>Alaria alata</i>	Schnecken	Pearson (1956); Savinov (1954)
	<i>Toxoplasma gondii</i>	Katzen	Dubey und Beattie (1988); Jacobs (1967)
	<i>Sarcocystis sui hominis</i> , <i>Sarcocystis miescheriana</i>	Hund, Mensch	Daugeschies (2006); Fayer (2004)
<b>Bakterien</b>	<i>Salmonella</i> spp.	Schadnager, Vögel	Rolle et al. (1984); Selbitz (2010)
	<i>Leptospira</i> spp.	Nagetiere	Ellis (2006)
<b>Viren</b>	Hepatitis E	Hasen, Kaninchen, Wildschweine	Rackwitz et al. (2016); RKI (2018)

spp.: species

#### **2.4.2.1 Nicht-infektiöse Faktoren**

Umweltkontaminanten können sowohl konventionelle Haltungsarten als auch die Freilandhaltung betreffen. Umweltkontaminationen gelangen hauptsächlich aus der Luft durch Auswaschung oder Deposition in Böden, Gewässer oder auf Pflanzen (Schwind, 2004). Im Folgenden wird auf die in Tabelle 6 genannten Umweltkontaminanten genauer eingegangen.

##### Schwermetalle

Toxische Schwermetalle wie Cadmium und Blei weisen Gesundheitsgefährdungspotential auf (Beutling, 2004). Diese Schwermetalle entstehen vor allem über industrielle und technische Prozesse.

Blei kommt in der Umwelt in Bleierzen vor und ist für industrielle Produktionsprozesse von Bedeutung (Römpp et al., 1989). Der Haupteintrag in die Umwelt und den biologischen Kreislauf erfolgt über die Luft durch den Ausstoß von Kraftfahrzeugen (Radke, 1993).

Cadmium kommt in der Natur in zinkhaltigen Erzen vor (Berman, 1980). Der Hauptanteil des emittierten Cadmiums stammt aus der Eisen-/Stahl- und Zementproduktion (Heintz und Reinhardt, 1990). Durch Anreicherung im Boden und in Pflanzen können Schwermetalle in die Nahrungskette gelangen (Fecher et al., 2006). Hohe Konzentrationen in Fleischprodukten sind Folge einer Belastung des Bodens und des Futters (Chang et al., 2004; Gonzalez-Weller et al., 2006).

Cadmium lagert sich bei Schweinen vor allem in den Nieren ab. Die Menge ist hierbei abhängig von dem Alter der Tiere. Ältere Schweine weisen eine höhere Belastung auf (Andersson und Binglefors, 1985; Peterson Grawe et al., 1997).

Nach Linden et al. (2000) wurden in Nieren von Schweinen aus Freilandhaltung höhere Cadmium-Gehalte nachgewiesen als bei Schweinen aus konventioneller Haltung. Der Grund hierfür wurde in dem ausgeprägten Wühlverhalten der Schweine in Freiland gesehen. Organe wie Leber und Niere dienen als Indikator der Gesamtbelastung der Umwelt und des Futters mit Schwermetallen.

In diesen Organen werden die Schwermetalle stärker gespeichert als in anderen Organen (Hamilton et al., 1972). Bei Wildschweinen und Schweinen aus Freilandhaltung in der Schweiz konnte eine Seroprävalenz von bis zu 13,5 % von Blei im Blut nachgewiesen werden (Köppel et al., 2007).

Beim Menschen wirken Schwermetalle kanzerogen. Mit ihnen werden Erkrankungen des kardiovaskulären und nervalen Systems, aber auch Erkrankungen der Knochen assoziiert (Jarup, 2003). Höchstmengen an Schwermetallen werden in der VO (EG) Nr. 1881/2006 festgelegt. Analyseverfahren diesbezüglich werden in der VO (EG) Nr. 333/2007 beschrieben (Anonymus, 2006, 2007a). Eine Überschreitung des zulässigen Gehaltes führt zur Beurteilung des Lebensmittels Fleisch als genussuntauglich (Anonymus, 2004d).

### Cäsium-137

Radioaktivität lässt sich einteilen in natürliche und künstlich erzeugte Radioaktivität. Künstlich erzeugte Radioaktivität wurde vor allem in Form von Cäsium-137 durch den Reaktorunfall Tschernobyl 1986 in die Umwelt freigesetzt. Es gewinnt aufgrund der sehr langen Halbwertszeit große Bedeutung durch Anreicherung in der Umwelt (Stolz, 2003).

Freigesetzte Nukleotide können über Niederschläge und Staub auf Bewuchs und Boden gelangen und sich dort anreichern. Betroffen hiervon sind vor allem unbearbeitete Waldböden (Katzlberger et al., 2009). Hierdurch kommt es zum Eintrag in die Nahrungskette (LGL, 2018). Cäsium-137 hat eine kanzerogene Wirkung in Mensch und Tier (Stolz, 2003).

Eine Belastung durch radioaktive Kontaminanten betrifft vor allem freilebende Tiere wie Wildschweine (Schwind, 2004). Die Aufnahme von Cäsium-137, welches sich nach dem Verzehr im Muskelfleisch anreichert, erfolgt bei Wildschweinen vorwiegend durch Wildpilze. Die Höhe der Aufnahme hängt ab von der Tierart, der lokalen Bodenkontamination und der Pilzsorte (LGL, 2017).

Gemäß der VO (EG) Nr. 733/2008 und der Empfehlung 2003/274 Euratom gilt für Lebensmittel und das Fleisch von Wildschweinen ein Höchstwert für die Aktivitätskonzentration von 600 Becquerel pro Kilogramm (Anonymus, 2003, 2008). Bei Überschreiten dieses Wertes besteht Inverkehrbringungsverbot.

In einer Untersuchung des Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit wurden im Jahr 2017 Wildschweinproben (n = 191) aus dem bayerischen Einzel- und Großhandel (18 Proben mit Ursprung im Ausland) auf den Gehalt an Cäsium-137 untersucht. Den zulässigen Wert von über 600 Becquerel pro Kilogramm überschritten 1,04 % der Proben (LGL, 2017). Laut Bundesamt für Strahlenschutz wurden 2016 in Berchtesgaden über 1000 Becquerel in Speisepilzen pro Kilogramm nachgewiesen (Kabai et al., 2017). Benninger (2007) nannte eine durch Kontamination von Böden und Flächen erhöhte Gefahr der Belastung der Tiere aus Freilandhaltung und somit des Eintrags in die Lebensmittelkette.

### Dioxine

Unter dem Begriff Dioxine werden polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) zusammengefasst. Die beiden erstgenannten Stoffgruppen entstehen bei Verbrennungsvorgängen in Anwesenheit von Chlor und organischem Kohlenstoff. Diese Entstehung ist unerwünscht; die Stoffe werden nicht industriell hergestellt (Ballschmiter und Bacher, 1996).

Die PCB werden industriell hergestellt für beispielsweise Kühl-/Isoliermittel oder Weichmacher. Mittlerweile ist dies jedoch verboten (Ballschmiter und Bacher, 1996).

Dioxine stellen persistente, bioakkumulierende Verbindungen dar und kommen in Luft, Boden und Gewässern vor. Über die Nahrungskette gelangen sie in Tier und Mensch.

Über die Dioxinwirkung und Anreicherung im Schwein liegen bislang nur wenige Studien vor (Hoogenbroom et al., 2004; Lenk, 2007; Spitaler et al., 2006). Wildtiere sind einer höheren Dioxinbelastung ausgesetzt, Wildschweine nehmen Dioxine vor allem aus der Umwelt auf (Hecht et al., 2000; Malisch et al., 1999).

Die Aufnahme von Dioxinen durch den Menschen erfolgt zu 90 % über die Nahrung, davon wiederum werden 90 % durch tierische Lebensmittel aufgenommen (Fürst et al., 1992). Sie haben eine gesundheitsschädliche Wirkung (Bröker et al., 1998).

Dioxine können sich bei Mensch und Tier toxisch unterschiedlich auswirken. Haut und Leber sind die am häufigsten betroffenen Organe (Koos et al., 2004). Auch Auswirkungen auf die Reproduktion wurden festgestellt (Gregoraszcuk, 2002; Ryan, 1983). Im Tierexperiment weisen Dioxine kanzerogene Wirkung auf, die sich vor allem in Karzinomen der Leber und des Atmungstrakts äußert (Koos et al., 2004). Zum Schutz des Verbrauchers vor Kontaminanten wurde die VO (EU) Nr. 1881/2006 erlassen. Diese und die Veränderungsverordnung VO (EG) Nr. 1259/2011 enthalten zulässige Höchstgehalte für Dioxine in Lebensmitteln (Anonymus, 2006, 2011). Die VO (EG) Nr. 2017/644 beschreibt Probenahmeverfahren und Analysemethoden der Gehalte an Dioxinen in Lebensmitteln (Anonymus, 2017).

#### **2.4.2.2 Infektiöse Faktoren**

Im Folgenden wird auf die in Tabelle 6 genannten Parasiten, Bakterien und Viren näher eingegangen.

##### *Ascaris suum*

In Freilandhaltung kann ein erhöhtes Risiko eines Endoparasitenbefalls bestehen, da schlammige und feuchte Weiden ideale Vermehrungs- und Überlebenschancen für Endoparasiten darstellen (Früh et al., 2011). Sowohl in der ökologischen als auch in der konventionellen Schweinehaltung hat der Schweinespulwurm, *Ascaris suum*, als parasitärer Erreger die größte Bedeutung (Bauer und Hertzberg, 2003). In deutschen Schweinebeständen sind teilweise bis zu 40 % der Tiere mit Schweinespulwürmern befallen (BfR, 2011).

Durch die orale Aufnahme der Larve gelangt diese in den Dünndarm. Von dort aus durchbohrt sie die Darmwand, wandert über das Pfortaderblut zur Leber und gelangt über die Blutbahn bis in die Alveolen. Nach Erreichen des Pharynx durch Aufhusten gelangt sie durch Abschlucken erneut in den Dünndarm (Waldmann und Plonait, 2004).

Das Bohren der Larven durch die Alveolen der Lunge bewirkt in den Lungen punktförmige Blutungen (Schnieder, 2000). In so geschädigtem Lungengewebe können sich Bakterien besser manifestieren. Mit Spulwürmern befallene Schweine sind deshalb anfälliger für Lungenerkrankungen. Des Weiteren hinterlässt die Leberwanderung Vernarbungen (Roth, 1998). Zudem können Schäden durch eine schlechtere Futtermittelverwertung und folglich schlechte Wachstumsintensität entstehen (Stephenson et al., 1980).

Das pathologische Bild eines mit *Ascaris suum* befallenen Schweines am Schlachthof wird unter 2.3.3 näher beschrieben. Lebern von Schweinen mit Veränderungen aufgrund von *Ascaris suum* werden als genussuntauglich beurteilt, die Tauglichkeit des restlichen Schlachtkörpers wird dadurch nicht beeinflusst (Anonymus, 2004d).

Die Askaridose zählt grundsätzlich zu den Zoonosen. Beim Menschen kommt es jedoch selten zu einer Entwicklung des Wurms bis zur Geschlechtsreife. Durch die Körperwanderung werden allerdings Schäden in den betroffenen Organen und Blutgefäßen verursacht (Sakakibara et al., 2002). Eine Infektion des Menschen in Deutschland über den Verzehr von Fleisch ist nicht bekannt (BfR, 2011). In Dänemark allerdings wurden durch epidemiologische und molekularbiologische Untersuchungen humane Askaridosen auf infizierte Hausschweine zurückgeführt (Nejsum et al., 2005).

#### *Echinococcus multilocularis*

Der Fuchsbandwurm, *Echinococcus multilocularis*, parasitiert vor allem in Fuchs und anderen Carnivoren, wie Hund und Katze. Etwa alle zwei Wochen löst sich ein reifes Glied des Bandwurmes ab und die darin enthaltenen Eier gelangen mit dem Kot in die Außenwelt. In feuchter, kühler und schattiger Umgebung bleiben die Eier monatelang infektiös (Kayser et al., 1998).

Die Eier werden vom Zwischenwirt vorwiegend peroral aufgenommen. Allerdings spielt auch die aerogene Infektion durch Einatmen von aufgewirbelten Eiern eine Rolle (Eckert und Ammann, 1990). In Europa sind die häufigsten Zwischenwirte Kleinnager wie Feldmaus, Schermaus und Rötelmaus (Braunschweig, 2000; Jerger, 1995). In diesem kommt es im Dünndarm zur Freisetzung der Onkosphären. Diese penetrieren die Darmwand und gelangen über das Blut in die Organe, vorwiegend in die Leber. Dort findet die Metamorphose der Onkosphären zu Metazestoden statt, welche flüssigkeitsgefüllte Vesikel darstellen.

Nach Proliferation und Wachstum der Zysten in das umliegende Gewebe kommt es in den Zysten zur Entwicklung der Protoskolizes. Der Zwischenwirt wird dadurch so geschwächt, dass er eine leichte Beute darstellt. Nach Aufnahme des Zwischenwirtes durch den Endwirt werden die Bandwürmer in dessen Darm freigesetzt und entwickeln sich zum adulten Stadium (Thompson und Lymbery, 1995).

Durch orale Aufnahme der Bandwurmeier oder durch aerogene Infektion kann es allerdings auch zu einer Infektion des Menschen kommen. Nach Schlupf im Verdauungstrakt gelangt die Onkosphäre auf hämatogenem oder lymphogenem Weg in die Leber, von wo aus die Verteilung in den ganzen Körper möglich ist (Kayser et al., 1998).

Die durch *Echinococcus multilocularis* ausgelöste alveoläre Echinokokkose des Menschen stellt eine meldepflichtige Zoonose dar (Anonymus, 2000). Die Inkubationszeit beträgt bis zu 15 Jahre (Ammann et al., 1996). Das pathologische Bild zeigt sich in einem infiltrierenden, tumorartigen Wachstum der Leber und die weitere Ausbreitung in die Organe (Pawlowski et al., 2001).

Bei unbehandelter alveolärer Echinokokkose beträgt die Letalität 10 bis 15 Jahre nach Diagnosestellung bis zu 90 % (Craig, 2003; Miguet et al., 1989; Kern et al., 1994).

Im Jahr 2004 wurden 16 Fälle der alveolären Echinokokkose gemeldet (RKI, 2005). Schmidberger (2017) legte für die Jahre 1992 bis 2016 eine Prävalenz für Deutschland von 0,64 Fällen je 100.000 Einwohner fest. Die unter anderem aufgrund der erfolgreichen Tollwutbekämpfung zunehmende Fuchspopulation wird als großer Einflussfaktor auf einen Anstieg der Echinokokkose-Fälle beim Menschen gesehen (Schweiger et al., 2007).

Nach Romig et al. (1999) können Hausschwein und Pferd einen Fehlwirt für den Fuchsbandwurm darstellen. Beim Schwein wurden Zysten von *Echinococcus multilocularis* histologisch in der Leber bestätigt (Sydler et al., 1998). Das makroskopische Bild eines Befalles mit *Echinococcus multilocularis* beim Schwein ist aber noch nicht weitgehend erforscht.

Es zeigen sich Leberläsionen von sehr geringer Größe, kleiner 1 mm, aber auch große Leberläsionen sind möglich (Deplazes et al., 2003). Schnieder (2003) beschreibt granulomartige Herde in der Leber, aber kein gleichzeitiges Vorkommen von Finnen (Parasitenstadien enthaltende Zysten). Sydler et al. (1998) nennen ca. 5 mm große, scharf begrenzte Leberveränderungen. Remde (2008) wiederum beschreibt weiß-beige, knotige, derbe, länglich-runde Neubildungen an der Leber. Makroskopische Auffälligkeiten des restlichen Schlachtkörpers sind nicht bekannt. Gemäß VO (EG) Nr. 854/2004 ist Fleisch mit Parasitenbefall als genussuntauglich zu erklären (Anonymus, 2004d).

In Bezug auf die Übertragung über das Lebensmittel Fleisch auf den Menschen liegen bislang keine Studien vor, dennoch kann dies nicht ausgeschlossen werden, da die Infektiosität der Zysten für den Menschen noch nicht umfassend geklärt ist (Higuita et al., 2016). Higuita et al. (2016) fordern eine bessere Aufklärung der Gesellschaft und Vorgaben oder Richtlinien der Politik bezüglich des Umgangs mit dem Fuchsbandwurm. Als Grund hierfür wird die noch unzureichende wissenschaftliche Lage bezüglich der Übertragung auf Mensch und Tier gesehen.

### *Echinococcus granulosus*

Der Hundebandwurm, *Echinococcus granulosus*, parasitiert in erster Linie im Hund. Dieser fungiert als Endwirt. Durch Aufnahme der ausgeschiedenen Eier kommt es anschließend zur Infektion des Zwischenwirts; diese sind in erster Linie Schafe, Rinder und Schweine. In der Leber des Zwischenwirts entwickelt sich die Larve zu einer Zyste. Durch das Verfüttern von rohen Schlachtabfällen an Hunde wird der Entwicklungszyklus von *Echinococcus granulosus* geschlossen (Kern et al. 2001).

Am Schlachthof sind beim Schwein primär Zysten in der Leber zu erkennen (Deplazes et al., 2003). Der betroffene Schlachtkörper mit den dazugehörigen Organen wird als genussuntauglich erklärt (Anonymus, 2004d).

Der Mensch kann einen Fehlzwischenwirt darstellen. Durch orale Aufnahme der Eier kommt es zum klinischen Bild der zystischen Echinokokkose; diese ist meldepflichtig (Anonymus, 2000). Die Inkubationszeit beträgt 2 – 5 Jahre; es kommt zur Zystenbildung in Lunge und Leber. Bei Behandlung ist der Verlauf jedoch meist gutartig (Amman et al., 1996; Balik et al., 1999). Über eine Infektion des Menschen durch Aufnahme von zystenhaltigem Fleisch ist bislang nichts in der Literatur erwähnt.

Die zystische Echinokokkose gilt als vernachlässigte tropische Erkrankung (Kern, 2003). Es ist eine eindeutige Assoziation zu armen Ländern mit niedrigem sozioökonomischem Status erkennbar (Pawlowski et al., 2001). Im Jahr 2004 wurden 66 Fälle der zystischen Echinokokkose gemeldet (RKI, 2005). Die Inzidenz in Mitteleuropa wird hauptsächlich auf importierte Infektionen aus den Mittelmeerländern zurückgeführt (Kern et al., 2001).

### *Trichinella spp.*

Trichinellen sind längliche, fadenförmige Helminthen des Dünndarms, die ihren gesamten Entwicklungszyklus in einem Wirt durchlaufen. Dieser Wirt ist zugleich Zwischen- und Endwirt. Es werden drei Phasen unterschieden: Darmphase, Parasitämiephase, Muskelphase. Trichinellen parasitieren vornehmlich in Wild- und Hausschwein (Pozio et al., 2000).

Nach oraler Aufnahme eines infizierten Tieres kommt es zur Entwicklung der Adulten und Kopulation der Parasiten im Darm. Die dabei neu entstandenen Larven dringen in Lymphbahnen und Blutkreislauf ein und zirkulieren einige Wochen in allen Organen. Nach dieser Phase wandern die Larven in die Muskulatur. Betroffen sind vor allem Muskelpartien mit hoher Aktivität, z.B. die Muskulatur des Zwerchfells. Die befallenen Muskelzellen werden dort zu Ammenzellen umgewandelt (Despommier, 1998).

Ein wichtiger Faktor bezüglich des Eindringens silvatischer Genotypen in das domestische Habitat ist der Freigang der Tiere in Wildareale. Die Prävalenz bei Wildschweinen in Deutschland beträgt 0,003 % (RKI, 2013).

Laut Pozio et al. (2000) sind beim Hausschwein folgende Infektionswege besonders wichtig: die Aufnahme von Kot zuvor trichinöses Fleisch aufgenommen habender Tiere, die Aufnahme von infizierten Fleischstücken anderer Hausschweine und die Aufnahme von infizierten Kleinnagern.

Schlachtkörper von Schweinen, Einhufern und anderen Tierarten, bei denen eine Infektionsgefahr bezüglich Trichinellen besteht, müssen mit der Digestionsmethode untersucht werden. Grundsätzlich müssen alle Schweine aus Betrieben, die nicht offiziell als trichinenfrei gelten, auf Trichinellen untersucht werden. Biobetriebe und Freilandbetriebe können diesen Status der anerkannten Haltungsbedingungen in Bezug auf Trichinellen bislang nicht erlangen (Anonymus, 2004d, 2015). Fleisch von mit Trichinellen infizierten Tieren ist gemäß der VO (EG) Nr. 854/2004 als genussuntauglich zu erklären.

Menschen können sich ebenfalls mit Trichinellen infizieren; beim Mensch liegt die Hauptinfektionsquelle im Verzehr von nicht ausreichend erhitztem Fleisch von Hausschwein, Schwarzwild und Pferd (Haubner, 1864).

Der Schweregrad der klinischen Erkrankung ist hierbei abhängig von der Anzahl der aufgenommenen Larven. Symptome reichen von Durchfall über Fieber und Schüttelfrost bis hin zu periorbitalen Ödemen (RKI, 2013).

In den Jahren 2001 bis 2011 wurden insgesamt 63 Fälle menschlicher Trichinellose gemeldet. Zeitliche oder räumliche Zusammenhänge diesbezüglich bestehen nicht. Im Jahr 2006 erkrankten zeitgleich 16 Personen aufgrund des Verzehrs eines privat gehaltenen und geschlachteten Hausschweins (RKI, 2013).

### Alaria alata

Der Duncker'sche Muskelegel, *Distomum musculorum suis*, stellt ein larvales Entwicklungsstadium des Saugwurms *Alaria alata* dar (Deplazes et al., 2013).

Der adulte Parasit lebt im Darm von Fleischfressern wie Hund, Katze und Fuchs und zeigt bei diesen klassischen Endwirten in der Regel keine klinischen Symptome. Der komplette Entwicklungszyklus von *Alaria alata* läuft über zwei Zwischenwirte. Als erster Zwischenwirt fungieren Süßwasserschnecken, als zweiter Zwischenwirt Kaulquappen, Frösche oder andere Amphibien (Pearson, 1956; Ruzskowski, 1922; Wójcik et al., 2001). Über die Aufnahme durch den Endwirt werden die Parasiten auf diesen übertragen (Dönges, 1969).

Allerdings können sich auch paratenische Zwischenwirte, wie Schwein, Rind, Pferd, Nagetier oder Mensch, in den Lebenszyklus einschalten. Diese Wirte sind nicht essentiell für die Entwicklung des Parasiten. Dennoch kann es zur Vollendung dessen Lebenszyklus kommen, da der paratenische Wirt als zweiter Zwischenwirt evtl. sogar eine bedeutendere Rolle in der Ernährung des Endwirtes spielen kann (Möhl et al., 2009). Allerdings können sich paratenische Wirte auch als Sackgasse für den Parasiten erweisen (Pearson, 1956).

Dann wandern die Mesozerkarien durch die Darmwand und setzen sich in Organen oder Muskulatur fest; sie haben eine hohe Affinität zu Fettgewebe (Hiepe, 1985; Odening, 1963).

Wildlebende Tiere sind als paratenische Wirte häufig mit dem Duncker'schen Muskelegel infiziert. Laut Mehlhorn (2008) sind bis zu 30 % der Wildkaniden Träger von *Alaria alata*. Wildschweine zählen ebenfalls zu diesen Stapelwirten (Boch und Supperer, 1992). Im Wildschwein sind vor allem Gewebe wie Lymphknoten, Kehlkopf, Bauchfell, Zwerchfell und Zunge von Mesozerkarien betroffen (Riehn et al., 2010; Winkels, 2013). In einem Zoonosemonitoring konnte eine Prävalenz von 4,7 % bei in Deutschland erlegten Wildschweinen festgestellt werden (BVL, 2016).

Laut Dönges (1969) kommen beim Schwein aufgrund der omnivoren Ernährung hohe Befallsraten zustande. So können neben Fröschen auch andere paratenische Wirte wie Nager, Reptilien oder Aas vom Schwein aufgenommen werden. Aufgrund der intensiven Schweinehaltung fallen viele potentielle Infektionsquellen für Hausschweine weg. In Freilandhaltung jedoch ist der Kontakt mit potentiellen Infektionsquellen nicht vollständig zu kontrollieren.

Der Nachweis des Befalles beim Wildschwein erfolgt meist in Form eines Zufallsbefundes im Rahmen der Trichinellenuntersuchung. Es gibt jedoch auch eine eigens hierfür entwickelte Nachweismethode, die AMT, *Alaria* spp. migration technique (Riehn et al., 2010). Ein makroskopischer Nachweis ist nicht möglich. Bei einem positiven Befund wird der gesamte Schlachtkörper inklusive der Organe als genussuntauglich beurteilt (Anonymus, 2004d).

Die Gefahr, welche von Freilandhaltungsschweinen als potentielle Überträger des Parasiten auf den Menschen ausgeht, ist nicht zu unterschätzen (Dolle, 2016). Savinov (1954) und Sudarikov (1959) erwähnten erstmals eine mögliche Infektion des Menschen durch die Aufnahme von Fleisch, das mit dem Duncker'schem Muskelegel infiziert ist.

Hasslinger und Nagler (1969) warnten vor einer potentiellen Pathogenität des Parasiten für den Menschen. Klinische Symptome beim Menschen äußern sich in kutanen und respiratorischen Auffälligkeiten bis hin zum anaphylaktischen Schock, der tödlich enden kann (Byers und Kimura, 1974; Fallis et al., 1973; Kramer et al., 1996). Der Duncker'sche Muskelegel gilt demnach als Zoonose (Smyth, 1995). Für Deutschland liegen keine Informationen zu Vorkommen und Bedeutung des Duncker'schen Muskelegels für den Menschen vor (BfR, 2017).

Die Untersuchung des Fleisches auf einen Befall mit dem Duncker'schen Muskelegel ist nicht vorgeschrieben; es gibt keine genaueren Vorgaben zur Vorgehensweise bezüglich des Lebensmittels Fleisch. Lediglich einer Empfehlung des Bundesinstituts für Risikobewertung ist zu entnehmen, dass in erster Linie eine ausreichende Erhitzung des Wildfleisches als Prophylaxe der Wahl anzusehen ist (BfR, 2017).

### *Toxoplasma gondii*

*Toxoplasma gondii* ist ein einzelliger Parasit und kommt in vielen Säugetieren inklusive dem Menschen vor. Katzen und Katzenartige gelten als natürlicher Endwirt (Deplazes et al., 2013); dort kommt es zu einer geschlechtlichen Vermehrung. Die dabei entstehenden Oozysten werden mit dem Kot in die Umwelt ausgeschieden.

Bei Aufnahme der Oozysten durch das Schwein oder den Menschen werden in diesen Sporozysten freigesetzt, welche in Körperzellen eindringen können (Jacobs, 1967). Dort kommt es zur ungeschlechtlichen Vermehrung und zur Entwicklung von Tachyzoiten. Die betroffenen parasitenhaltigen Körperzellen stellen sogenannte Pseudozysten dar. Durch die Vermehrung der Tachyzoiten zu Bradyzoiten entwickelt sich die Pseudozyste zu einer Zyste (Deplazes et al., 2013). Durch Aufnahme von zystenhaltigem Fleisch durch den Endwirt schließt sich der Entwicklungszyklus (Deplazes et al., 2013).

Beim Schwein haben vor allem Faktoren wie die Tierzahl und -dichte, die Haltungsform, die Fütterung und der Zugang anderer Tiere Einfluss auf die Infektion mit Toxoplasmen (Assadi-Rad et al., 1995; Lehmann et al., 2003). Kreinöcker et al. (2017) wiesen in 51 % der beprobten Bio-Schweinebetriebe Antikörper gegen *Toxoplasma gondii* im Blut der Tiere nach. Dagegen beschreibt Edelhofer (1994) eine Seroprävalenz von unter 1,0 % in geschlossenen Ställen. Als Grund hierfür wird der unkontrollierte Zutritt von Katzen auf das Gelände von Biobetrieben gesehen (Dubey und Beattie, 1988; Tenter et al., 2000).

Fleischhygienerechtlich gilt Fleisch, das mit Toxoplasmen infiziert ist, als genussuntauglich (Anonymus, 2004d). Es gibt jedoch keine Möglichkeit, eine Infektion am Schlachthof zu erkennen. Ein Nachweis erfolgt über indirekte Nachweismethoden, wie die mikroskopische Untersuchung oder den Bioassay, oder direkte Nachweismethoden, wie z.B. den Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) (Dubey, 1995).

Mikroskopisch können Toxoplasma-Zysten in der Zwerchfellmuskulatur sowie in Herz, Zunge, Gehirn und Skelettmuskulatur im Quetschpräparat festgestellt werden (Boch et al., 1964; Dubey und Beattie, 1988; Weisstanner, 1969).

Bei über 90 % der infizierten Menschen treten kaum klinische Symptome auf, lediglich Kopfschmerzen und Fieber. Bei Immunsuppression können sich jedoch pulmonale oder zerebrale Krankheiten entwickeln (Wenk und Renz, 2003). Während einer Schwangerschaft kann es zur Infektion des ungeborenen Kindes kommen (Groß, 2004). Die Prävalenz einer vorausgegangenen Infektion mit *Toxoplasma gondii* beträgt 50 % der deutschen erwachsenen Bevölkerung (RKI, 2016). Neben der Aufnahme der Oozysten über Kot können sich Menschen auch über ungenügend erhitztes, mit Gewebezysten infiziertes Fleisch infizieren (Frey et al., 2012; Steinparzer et al., 2015).

Prophylaktisch wird die Erhitzung des Schweinefleisches für 20 Minuten auf mindestens 50 °C empfohlen, dies tötet die Zysten im Fleisch ab (Tenter und Fehlhaber, 2002).

Als wichtigster Vorsorgeschritt gilt allerdings die Vermeidung des Eintrages von Toxoplasmen in Schweinebetriebe, beispielsweise durch das Verbot des Zutritts Unbefugter, regelmäßige Schädnerbekämpfung und regelmäßige Reinigung (Lehmann, 2017).

### Sarcocystis spp.

Sarkosporidien sind Einzeller, die ihren Entwicklungszyklus über Endwirt und Zwischenwirt durchlaufen. Das Schwein ist Zwischenwirt für *Sarcocystis suihominis* (Endwirt Mensch) und *Sarcocystis miescheriana* (Endwirt Hund).

Durch Aufnahme von Sporozysten aus der Umwelt kommt es zur Infektion des Schweines. Nach Freisetzung der Sporozysten im Darm gelangen diese über den Blutweg in die Leber. Dort kommt es zur ungeschlechtlichen Vermehrung und zur Entstehung von Merozoiten. Diese sind nach ca. acht Tagen in allen Organen zu finden, in denen weitere ungeschlechtliche Vermehrungen stattfinden. Nach ca. 16 Tagen dringen sie in die Muskulatur des Zwischenwirtes ein und bilden Gewebezysten aus (Daugochies, 2006; Heydorn und Matuschka, 1981).

Am Schlachtkörper zeigt sich ein Befall durch Sarkosporidien in Zysten der Zungenmuskulatur, Kau- und Zwerchfellmuskulatur; dieses ist jedoch nicht immer erkennbar (BfR, 2008; Erber und Geisel, 1979). Bei pathologischen Auffälligkeiten im Zuge der Fleischuntersuchung wird der gesamte Schlachtkörper inklusive der Organe als genussuntauglich beurteilt (Anonymus, 2004d). Es wird ein vermehrtes Auftreten eines Sarkosporidienbefalls bei Schweinen aus Freilandhaltung diskutiert (Damriyasa et al., 2004).

Eine Infektion des Menschen erfolgt durch Aufnahme von rohem oder nicht ausreichend erhitztem Schweinefleisch, das Zysten mit *Sarcocystis suihominis* enthält (Fayer, 2004). Die klinischen Symptome äußern sich in Übelkeit, Durchfall und Kreislaufbeschwerden (Heydorn, 1977). Daten zur Prävalenz liegen nicht vor; aufgrund niedriger Fallzahlen von Infektionen mit *Sarcocystis suihominis* in Deutschland erlangt eine intensivere Betrachtung dieser Gegebenheit jedoch wenig Relevanz (BfR, 2008).

Prophylaktisch eine Erhitzung oder das Gefrieren drei Tage bei – 20 °C empfohlen. Beides führt zur Abtötung der Erreger (BfR, 2008). Als Prophylaxe der Wahl gilt dennoch in erster Linie ein gutes Betriebsmanagement mit regelmäßiger Desinfektion (Barutzki et al., 1981).

### Salmonella spp.

Salmonellen gehören der Familie der *Enterobacteriaceae* an. Eine Infektion erfolgt in erster Linie auf oralem Weg. Salmonellen dringen im Darm in das Epithel ein, passieren die Enterozyten und aktivieren an der Lamina propria Entzündungsprozesse. Dadurch kommt es zur Freisetzung von Prostaglandinen und Hypersekretion in das Darmlumen (Sander, 1993).

Das Genus *Salmonella* (*S.*) wird eingeteilt in die beiden Spezies *S. bongori* und *S. enterica*. Eine wichtige Subspezies stellt hierbei *S. enterica* subsp. *enterica* dar. Diese ist vor allem bei Warmblütern vorzufinden (Dedie et al., 1993; Le Minor, 1984). Beim Schwein kommt in erster Linie das Serovar *S. Typhimurium* vor (Linton, 1979; Steinbach und Kroell, 1999). Eine Salmonellen-Infektion kann dabei einen klinischen, subklinischen oder latenten Verlauf annehmen.

Subklinische und latente Erkrankung kommen häufig vor. Die subklinischen Krankheitsfälle haben große lebensmittelhygienische Relevanz. Bei Unerkannbleiben in Kombination mit mangelhafter Hygiene kommt es zu einer Verteilung der Salmonellen von Schlachtkörper zu Schlachtkörper. Die Übertragung erfolgt am Schlachthof häufig über Brühkessel oder -tunnel, Messer, Poliermaschinen und Hände des Personals (de Wit und Kampelmacher, 1981; Kampelmacher et al., 1961; von Altröck et al., 1999). Latente Erkrankungen gehen erst bei Stressbelastung in eine manifeste Erkrankung über (Rolle und Mayr, 2010).

Am Schlachthof konnte eine Prävalenz von 6,1 % auf Schweineschlachtkörpern nachgewiesen werden und eine Prävalenz von 7,1 % im Blinddarminhalt von Schweinen ohne Angabe des Salmonellenstatus (BVL, 2016).

Bei positivem Salmonellenbefund wird ein Schlachtkörper untauglich (Anonymus, 2004d). Aufgrund der häufigen subklinischen Infektionen ist allerdings ein Befall mit Salmonellen am Schlachthof makroskopisch nicht feststellbar (BfR, 2011). Deswegen wird ein Salmonellen-Monitoring im Herkunftsbetrieb mit regelmäßigen Kontrollen durchgeführt (Anonymus, 1999).

In Freilandhaltung könnten vermehrt Salmonellen über Schädlinge, Vögel und andere Tiere eingetragen werden; bei dieser Haltungssysteme wurde eine höhere Prävalenz als in konventionellen Systemen angegeben (Gebreyes et al., 2008). Dagegen beschrieben Meyer et al. (2007) eine geringere Seroprävalenz bei ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Zheng und Bonde (2006) hingegen sahen keinen Unterschied zwischen Bio-, Freiland- und konventioneller Haltung. Die Salmonellenprävalenz in einem Betrieb sei vor allem abhängig vom Zukauf der Tiere eines anderen Betriebes und der Gruppenzusammenstellung.

Beim Menschen äußert sich eine Salmonellen-Infektion in erster Linie in einer Darmerkrankung (Sinell, 1992). Die Übertragung des zoonotischen Erregers vom Tier auf den Menschen erfolgt vor allem auf indirektem Weg über Lebensmittel (Selbitz et al., 1995).

Im Jahr 2011 wurden 24.512 Salmonellosefälle in Deutschland gemeldet (Hartung und Käsbohrer, 2012). Die Inzidenz beträgt in Deutschland laut Robert-Koch-Institut 30 Erkrankungen je 100.000 Einwohner (RKI, 2012). Teilweise wurden bis zu 20 % humaner Salmonellosen auf eine Aufnahme von Schweinefleisch zurückgeführt (Steinbach und Kroell, 1999).

### Leptospira spp.

Eine Infektion mit *Leptospira* spp. erfolgt über den direkten Kontakt mit Urin, Blut und anderen Sekreten von infizierten Tieren. Ebenso ist eine indirekte Infektion über mit Harn kontaminierten Gegenständen möglich (Ullmann und Langoni, 2011). Beim Schwein äußert sich eine Infektion mit Leptospiren durch Aborte und Geburten schwacher Ferkel (Strutzberg-Minder und Kreienbrock, 2011).

Reservoirwirte für *Leptospira* spp. stellen wild lebende Säugetiere, vor allem Nagetiere, dar. In diesen verläuft eine Leptospirose asymptomatisch oder mild (Ellis, 2006). In einer Untersuchung von Kreinöcker et al. (2017) in Österreich wurden in allen 59 untersuchten Bioschweinebetrieben Leptospiren-Antikörper nachgewiesen. Die Ursache hierfür wurde in einer hohen Schadnagerbelastung in Biobetrieben gesehen.

Das klinische Bild beim Menschen zeigt sich in leichtem Fieber, Schüttelfrost und Kopfschmerzen bis hin zu schweren Erkrankungen wie hämorrhagischem Ikterus und Nierenversagen (McGovern et al., 2007). Im Jahr 2013 wurden jedoch lediglich 80 Leptospirosefälle in Deutschland gemeldet (RKI, 2014).

### Hepatitis E-Virus

Das Hepatitis E-Virus (HEV) wird der Familie der Hesperiviridae zugeordnet und ist ein einzelsträngiges, unbehülltes RNA-Virus mit positiver Polarität (Panda et al., 2007). Man unterscheidet vier humanpathogene Genotypen des HEV. Verantwortlich für Epidemien in endemischen Regionen, die meist durch kontaminiertes Trinkwasser ausgelöst wurden, sind die Genotypen 1 und 2. In Europa gelten Infektionen mit diesen zwei Genotypen hauptsächlich als reiseassoziierte Erkrankungen. Autochthone Infektionen werden durch die Genotypen 3 und 4 ausgelöst (Kantala et al., 2009).

Das klinische Bild einer humanen Infektion mit Hepatitis E äußert sich laut Robert-Koch-Institut in mindestens einem der folgenden Kriterien: Fieber, Gelbsucht, Oberbauchbeschwerden, erhöhte Serumtransaminasen (RKI, 2018). Die Prävalenz für HEV wird in Europa mit 1,6 % angegeben (WHO, 2017). In Deutschland ist eine Infektion mit HEV nach § 7 Infektionsschutzgesetz (IfSG) meldepflichtig (Anonymus, 2000).

Das Schwein kann, anders als der Mensch, lediglich mit Genotyp 3 und 4 infiziert werden (Teo, 2009). Schweine zeigten im Rahmen von Infektionsstudien im akuten Infektionsstadium milde pathologische, pathohistologische und labor-diagnostische Auffälligkeiten, jedoch keine klinische Symptomatik (Bouwknegt et al., 2009).

Die Gefahr des Eintrags von HEV in die Schweinebestände, vor allem in Freilandhaltung, besteht über Hasen oder Wildschweine (Meng et al., 1997); Hammerschmidt et al. (2016) konnte eine HEV-Seroprävalenz von 2,2 % bei Hasen und von 37,3 % bei Wildkaninchen feststellen (Hammerschmidt et al., 2016).

Es besteht die Gefahr einer zoonotischen Übertragung der Viren vom Schwein auf den Menschen (Meng et al., 1997; Renou et al., 2007); die Ansteckung ist neben dem Kontakt mit lebenden Tieren auch durch die Aufnahme von Rohwurst oder nicht ausreichend gegartem Fleisch möglich (di Bartolo et al., 2008; Herremans et al., 2007; Meng et al., 1997; Rackwitz et al., 2016).

Eine Untersuchungspflicht des Lebensmittels Fleisch auf HEV existiert bislang nicht. Aus dem Material für die Trichinenuntersuchung an Schlachthöfen kann zusätzlich Fleischsaft gewonnen werden, aus dem ein Nachweis von HEV-Antikörpern gelingt. Es fällt folglich kein zusätzlich notwendiger Arbeitsschritt an (Werres, 2010). Laut Feagins et al. (2008) kann eine zuverlässige Inaktivierung des Erregers durch Erhitzung des Gewebes auf eine Temperatur von 71 °C über fünf Minuten erreicht werden.

## **2.5 Prozesshygiene am Schlachthof**

### **2.5.1 Primäre und sekundäre Kontamination**

Schlachtkörper können primär und sekundär kontaminiert werden. Die primäre Kontamination bezeichnet den Keimgehalt, der zu Lebzeiten bereits vorliegt (Prändl, 1988). Bei gesund geschlachteten Tieren ist dieser mengenmäßig gering. Die primäre Kontamination kann intra vitam oder während der Agonie durch Eindringen von Mikroorganismen aus den Blut- und Lymphgefäßen in die keimfreien Gewebe entstehen.

Bei stark gehetzten oder transportgeschädigten Tieren kann nach der Schlachtung ebenfalls eine derartige primäre Kontamination vorliegen (Reuter, 2003). Durch prämortale Stresssituationen wird das physiologische Erreger-Wirt-Gleichgewicht gestört, die Blut-Darm-Schranke kann überwunden werden und intestinale Keime können in die Blutbahn gelangen. Dies bleibt bei der Schlachtung unerkannt und kann eine Infektionsgefahr für den Endverbraucher darstellen (Fehlhaber, 1992).

Die sekundäre Kontamination tritt während oder nach der Schlachtung ein (Prändl, 1988). Diese Art der Kontamination ist vor allem auf das Personal, die Umgebung der Schlachtbetriebe und die angewandte Schlachttechnologie zurückzuführen (Fehlhaber, 1992; Rahkio und Korkeala, 1996; Reuter, 2003; Troeger und Hesse, 1991). Innere und äußere Mikrobiota der Schlachttiere selbst haben nur einen geringen Einfluss auf die Keimzahl der Oberfläche von Schlachttierkörpern (Libelt und Prost, 1972).

Prozesshygienekriterien sind definiert als Kriterien, die die akzeptable Funktionsweise des Herstellungsprozesses angeben. Mit ihnen werden Richtwerte festgelegt, bei deren Überschreitung Korrekturmaßnahmen erforderlich sind (Anonymus, 2005). Der hygienische Prozess der Schweineschlachtung umfasst mehrere Teilbereiche (Corbeil, 2014): die Abladung und Aufstallung, den Zutrieb zur Betäubung, den unreinen Bereich der Schlachtung mit Betäubung/Entbluten und Brühen/Entborsten/Abflammen und den reinen Bereich mit Eviszeration/Spalten und Fleischuntersuchung/Trimmen.

Ein stressfreier Ablauf der Schritte bis inklusive der Betäubung verringert die Gefahr einer bakteriellen primären Kontamination (Fehlhaber, 1992; Marg et al., 2001). Laut Troeger (1993b) stellt bezüglich der sekundären Kontamination das Brühen die wichtigste hygienische Schwachstelle im Schlachtprozess dar. Das Brühwasser wird im Laufe des Vorgangs mit Keimen von Klauen, Haut und Fäkalien verunreinigt (Gißke und Klemm, 1963). Im Schlachttierkörper ließ sich in Studien eine bakterielle Kontamination durch verunreinigtes Brühwasser feststellen (Ekstam, 1979; Jones et al., 1984).

Das Abflammen des trockenen Schlachtkörpers bewirkt eine Keimreduktion der Oberfläche um ein bis zwei Zehnerpotenzen (Troeger, 1993a; Zweifel et al., 2007). Die Eviszeration kann ebenso eine große hygienische Schwachstelle im Schlachtprozess darstellen. Bei Verletzung der Eingeweide kann es zu einer Kontamination des Schlachtkörpers mit Fäkalien kommen (Troeger, 1993a).

### **2.5.2 Mikrobiologische Kriterien am Schlachtkörper**

Mit Hilfe definierter mikrobiologischer Kriterien wird der Hygienezustand von Schlachttierkörpern überprüft. Der Oberflächenkeimgehalt von Schlachtkörpern entsteht vor allem durch Kontamination während der Fleischgewinnung. Dieser Prozess ist unvermeidbar, kann sich aber bei mangelnder Hygiene schnell entwickeln und hohe Werte erreichen (Reuter, 2003).

Für Schlachtkörper von Schweinen sind Prozesshygienekriterien festgelegt. Hierbei gilt es, Grenzwerte bezüglich aerober mesophiler Keimzahl, *Enterobacteriaceae* und Salmonellen einzuhalten. Kontrollen diesbezüglich müssen die Lebensmittelunternehmer in Eigenverantwortung durchführen (Anonymus, 2007c). Sie dienen dem Nachweis der Einhaltung der Hygienevorschriften und sind ausschlaggebend für eine gute Personal-, Betriebs- und Produktionshygiene (Kleiner und Leiner, 2009).

Tabelle 7 schildert die in der VO (EG) Nr. 2073/2005 vorgegebenen Grenzwerte bezüglich der jeweiligen Bakteriengruppe (Anonymus, 2005).

**Tabelle 7: Prozesshygienekriterien bei Schlachtkörpern von Schweinen gem. VO (EG) Nr. 2073/2005 (Anonymus, 2005)**

Kriterium	Grenzwerte	
	m	M
Aerobe mesophile Keimzahl	4,0 log KbE/cm <sup>2</sup> tagesdurchschnittlicher Log-Wert	5,0 log KbE/cm <sup>2</sup> tagesdurchschnittlicher Log-Wert
<i>Enterobacteriaceae</i>	2,0 log KbE/cm <sup>2</sup> tagesdurchschnittlicher Log-Wert	3,0 log KbE/cm <sup>2</sup> tagesdurchschnittlicher Log-Wert
<i>Salmonella</i> spp.	In dem je Schlachtkörper beprobten Bereich nicht nachweisbar	

Werte < m: befriedigend; Werte zwischen m und M: akzeptabel; Werte ≥ M: unbefriedigend, KbE: Kolonie bildende Einheiten, log: Logarithmus

Zur Beprobung der aeroben mesophilen Keimzahl und der *Enterobacteriaceae* müssen mit Hilfe des destruktiven Verfahrens vier Stellen eines Schlachtkörpers beprobt werden.

Dazu sind vier Gewebeproben mit einer Gesamtfläche von 20 cm<sup>2</sup> zu entnehmen. Bei der Beprobung auf Salmonellen sind insgesamt 100 cm<sup>2</sup> des Schlachtkörpers mit dem Kratzschwamm zu beproben. Die Beprobung zur mikrobiologischen Untersuchung muss der Schlachthofbetreiber mindestens einmal pro Woche durchführen; dabei sind fünf Schlachttierkörper nach dem Zufallsprinzip zu beproben. Der Probenahmetag muss sich wöchentlich ändern.

In Bezug auf Salmonellen sind 50 Proben in zehn aufeinanderfolgenden Wochen zu nehmen. Bei Überschreitung der Grenzwerte sind Verbesserungen in der Schlachthygiene und die Überprüfung der Prozesskontrolle vorzunehmen. Bezüglich Salmonellen sind zusätzlich die Herkunft der Tiere sowie die Maßnahmen im Bereich der Biosicherheit in Herkunftsbetrieben zu überprüfen (Anonymus, 2005).

#### Aerobe mesophile Keimzahl

Unter der aeroben mesophilen Keimzahl versteht man die Anzahl aerober „lebensfähiger Mikroorganismen in einer bestimmten Probenmenge“ (Schmidhofer, 1998). Sie gibt allerdings keinen Aufschluss über die Zusammensetzung der Mikrobiota hinsichtlich einzelner Genera und Spezies (Marriott, 1992). Die aerobe mesophile Keimzahl wird als Messparameter zur Bestimmung der mikrobiologischen Belastung eines Fleischhabitats herangezogen (Reuter, 2003). Erhöhte Keimzahlen weisen hierbei auf eine mangelnde Hygiene und in Bezug auf die Schlachtung auf einen mangelhaften Prozess hin. Anaerobe Keime werden dabei nicht erfasst; diese sind in Bezug auf die Schlachtung von geringer Bedeutung (Fehlhaber, 1992).

### Enterobacteriaceae

Die wichtigsten Vertreter der *Enterobacteriaceae* besiedeln als natürliches Habitat den Darm von Menschen und warmblütigen Tieren (Rolle et al., 1984). Lebensmittelassoziierte Pathogene sind hierbei vor allem *Salmonella* spp., *Shigella* spp., Stämme von *Yersinia enterocolitica* und *Escherichia (E.) coli* (Krämer, 2011).

Eine Kontamination der Schlachtkörper mit *Enterobacteriaceae* und folglich der Eintrag in die Lebensmittelkette findet vor allem während des Schlachtprozesses statt (Bucher et al., 2008; Fredriksson-Ahomaa et al., 2009; Swanenburg et al., 2001). Diese kann dabei sowohl tierassoziiert als auch umgebungsassoziiert sein (Berends et al., 1998; Borch et al., 1996).

Die Untersuchung auf *Enterobacteriaceae* ermöglicht einen Hinweis auf eine Kontamination aus der Umgebung. Reuter (2003) nennt den Nachweis von *Enterobacteriaceae* einen der wichtigsten Indikatoren für die hygienische Bewertung von Fleisch. Zweifel et al. (2007) gaben Prävalenzen von 2 % bis 56 % für *Enterobacteriaceae* auf Schweineschlachtkörpern für 17 verschiedene Schlachtbetriebe an. Spescha et al. (2006) nannten eine Prävalenz am Ende des Schlachtbands von 34 %.

### Salmonella spp.

Die Gattung *Salmonella*, das klinische Erkrankungsbild und die zoonotische Bedeutung wurden unter Punkt 2.4.2.2 beschrieben. Subklinische Krankheitsverläufe von Schweinen sind von großer lebensmittelhygienischer Relevanz, da latent infizierte und klinisch unauffällige Tiere eine ständige Infektionsquelle für den Menschen darstellen (Blaha, 1993a). Hieraus ergibt sich ein ernstzunehmendes lebensmittelhygienisches Problem (Heinritzi, 2006a; Selbitz et al., 1995; Waldmann und Plonait, 2004).

Schweine als unerkannte Keimträgern kommt laut von Altrock et al. (2000) in vielen Beständen vor. Stress, wie zum Beispiel der Transport zum Schlachthof, kann Auslöser für eine erneute Salmonellen-Ausscheidung symptomloser Träger sein. So besteht die Gefahr, bei langem Transport oder Aufenthalt am Schlachthof, gesunde Tiere zu infizieren (Marg et al., 2001; Wang et al., 2007). Während des Schlachtvorganges findet häufig eine weitere gegenseitige Kontamination der Schlachtkörper statt. Es besteht somit bei der Schlachtung die Gefahr einer indirekten Kontamination von Schlachtkörper und Fleischwaren (Boes et al., 2001). Die Prävalenz von Salmonellen auf Schlachtkörpern betrug in einer Studie 6,1 % (BVL, 2016). Pearce et al. (2004) nannte einen Anstieg der Prävalenz von 1 % nach dem Brühen auf 7 % nach der Eviszierung.

## 2.6 Fleischqualität

Hofmann (1993) beschreibt die Fleischqualität als die Gesamtheit aller Merkmale des Fleisches, die für seinen Nährwert und Genusswert, die Verwertung des Fleisches und die Gesundheit des Menschen von Bedeutung sind. Objektiv betrachtet wird die Qualität eines Lebensmittels durch Merkmale und Eigenschaften bestimmt, welche wissenschaftlich analysiert und gemessen werden können.

Ein Großteil dieser messbaren Parameter beruht auf biochemischen Faktoren aufgrund postmortal im Fleisch ablaufender Vorgänge (Augustini, 1983). Diese biochemischen Stoffwechselfvorgänge führen wegen des post mortem vorherrschenden Sauerstoffmangels zum anaeroben Abbau der Glykogenreserven des Muskels. Dadurch entstehen Laktat und Wasserstoffionen, die zur pH-Wert-Absenkung im Fleisch führen.

Das Zusammenspiel niedriger pH-Werte und hoher Kerntemperaturen stellt den Grundstein für Membranschädigungen der Muskelzellen und für den Austritt intrazellulärer Flüssigkeit dar. Dieses hat wiederum Auswirkungen auf das dielektrische Verhalten und es kommt postmortal zu einer Erhöhung der Leitfähigkeit (Fehrenberg, 1991; Honikel und Kim, 1985; Honikel und Schwägele, 1989). Je höher die Temperatur des Muskels ist, umso schneller läuft dieser Prozess ab (Honikel und Hamm, 1974). Postmortal ablaufende Vorgänge im Fleisch und deren zeitlicher Verlauf werden zur Bestimmung dessen Qualität herangezogen (Schütte et al., 1994).

### 2.6.1 Bestimmung der Fleischqualität

#### pH-Wert

Eine Möglichkeit zur schnellen und zuverlässigen Bestimmung der Fleischqualität unmittelbar nach der Schlachtung ist die Messung des pH-Wertes 45 Minuten post mortem. Definiert wird der pH-Wert als negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration  $H^+$ . Je höher die  $H^+$ -Ionen-Konzentration ist, desto niedriger ist der pH-Wert.

Für Fleisch ist der Bereich des pH-Wertes von 5 - 7 von Bedeutung (Honikel und Hamm, 1974). Die Proteine im Fleisch übernehmen eine Pufferwirkung, weshalb die pH-Absenkung im Fleisch langsamer verläuft als es in einer reinen wässrigen Lösung der Fall wäre. (Hofmann, 1987). Das Absinken des pH-Wertes bedingt eine Verschiebung in Richtung des isoelektrischen Punktes des Myosins. Das führt zu einer Verminderung negativ geladener, hydrophiler Gruppen und bedingt somit eine Verschlechterung des Safthalte- und Quellvermögens der Muskulatur. Zwischen postmortalem pH-Abfall und verschiedenen Eigenschaften des Muskelfleisches besteht folglich eine enge Koppelung (Fischer, 1981).

Gemessen wird der pH-Wert 45 Minuten nach der Entblutung am Musculus (M.) longissimus dorsi und am M. semimembranosus. Beim M. longissimus dorsi erfolgt die Bestimmung auf Höhe des 13. und 14. Dornfortsatz der Brustwirbelsäule in der Tiefe des Muskels; beim M. semimembranosus wird oberhalb der Beckensymphyse, im Abstand von 5 cm vom kaudalen Ende, im Winkel von 120°, gemessen (Anonymus, 2009a). Diese Muskeln sind repräsentativ für den gesamten Tierkörper und werden durch den Schlacht- und Verarbeitungsvorgang in der Regel nicht beschädigt (Beutling und Seifert, 2002).

### Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit ist neben dem pH-Wert ein schnell messbarer Parameter zur Bestimmung der Fleischqualität. Sie beruht auf dem Gehalt an Ionen in dem zu untersuchenden Medium und steht in Abhängigkeit zur Konzentration und dem Dissoziationsgrad der gelösten Elektrolyte, der Ionenbeweglichkeit und der Temperatur (Hütter, 1988). Die Leitfähigkeit spiegelt die im Muskelgewebe nach dem Schlachten stattfindenden Veränderungen wider, die das passiv-elektrische Verhalten bestimmen.

Nach dem Tod des Tieres kommt es durch den absinkenden pH-Wert und den Calcium-Efflux zur Zunahme freier Ladungsträger. Der Calcium-Efflux ist bedingt durch das Versagen der Calcium-Ionen-Pumpe und der calciumbindenden Zellstrukturen. Ebenso treten Denaturierungserscheinungen der Membranstrukturen auf und ermöglichen somit einen Austausch von inter- und intrazellulärer Flüssigkeit. Dies drückt sich in einem dielektrischen Verhalten aus (Honikel und Hamm, 1974).

Gemessen wird die elektrische Leitfähigkeit mittels spezieller Leitfähigkeitsmessgeräte. Der Wert liegt bei rohem Fleisch in der Regel zwischen 2 und 15 mS/cm. Die Messung ist erst ca. 1,5 bis 48 h post mortem für die Identifikation von Fehlreifungen aussagekräftig. Erst danach bestehen signifikante Unterschiede in der Schädigung der Zellmembranen von Fehlreifungen und normalem Fleisch. Dies konnte in verschiedenen Studien belegt werden (Honikel, 1993; Schwägele, 1993).

### Tropfsaftverlust

Der Tropfsaftverlust dient zur Bestimmung des Wasserbindungsvermögens des Fleisches und stellt einen Parameter zur Bestimmung der Fleischqualität dar.

Das Wasserbindungsvermögen lässt sich definieren als das Vermögen des Fleisches, Wasser ganz oder auch nur teilweise festzuhalten (Honikel, 1987). Im lebenden Tier, sowie kurz nach Eintritt des Todes, hat die Muskulatur ein hohes Wasserbindungsvermögen. Nach der Schlachtung kann das Wasser allerdings durch Läsionen in der Zellmembran aus den Zellen treten. Dadurch nimmt die Menge des immobilisierten Wassers zwischen den Fibrillen ab und der extrazelluläre Raum vergrößert sich.

Beeinflusst wird das Wasserbindungsvermögen durch die Geschwindigkeit des pH-Abfalls und den Grad der Proteindenaturierung und der Auflösung der Zellstrukturen (Fischer, 2007). Der durch die anaerobe Glykolyse bedingte sinkende pH-Wert und die Entstehung des Rigor mortis lassen das Wasserbindungsvermögen sinken (Gregory, 1996; Hamm, 1963).

Allgemein erfolgt die Bestimmung durch drei unterschiedliche Methoden (Honikel, 1987; Schwägele, 1993):

1. Ausübung von Druck auf das Fleisch und Bestimmung der auspressbaren Gewebsflüssigkeit (Methode nach AVV LmH (Anonymus, 2009a))
2. Erhitzen des Fleisches und Bestimmung des Kochsaftverlustes
3. Bestimmung des Tropfsaftverlustes ohne Anwendung einer äußeren Einwirkung

Der Tropfsaftverlust wird beschrieben als eine rote, größtenteils aus Wasser und Proteinen bestehende Flüssigkeit, die aus Fleischstücken ohne Anwendung von anderen externen Kräften mit Ausnahme der Schwerkraft austreten kann (Offer et al., 1989). Im Schlacht- und Zerlegesektor ist vor allem die Tropfsaftbestimmung von frischem Fleisch bedeutend. Der Verbraucher legt in erster Linie Wert auf einen geringen Saftverlust in der Verpackung und beim Erhitzen (Honikel, 1987; Pfeiffer et al., 1984). Tropfsaftverluste mit Werten über 5 % sprechen für eine Fehlreifung, Werte unter 4 % für Qualitätsfleisch (Kirchheim et al., 2001; Westphal, 2002).

### **2.6.2 Qualitätsabweichungen**

Postmortal wird im Laufe der anaeroben Glykogenolyse und Glykolyse Glykogen zu Laktat abgebaut. Dies läuft solange ab, bis das gesamte Muskelglykogen verbraucht ist (Fischer, 1981). Ein zeitlich abweichender Verlauf dieser Vorgänge wird als Ursache für die Entstehung von Fleisch mit PSE- oder DFD-Qualität genannt (Honikel und Schwägele, 1989). PSE-Fleisch (pale, soft, exudative) beschreibt helles Fleisch von weicher, wässriger Konsistenz, DFD-Fleisch (dark, firm, dry) besitzt eine dunkle, trockene und feste Beschaffenheit (Scheper, 1974).

Zum Erkennen von PSE-Fleisch ist der pH-Wert von großer Bedeutung (Scheper, 1974). Eine stark beschleunigte Glykogenolyse, bei der sich bereits eine Stunde nach dem Tod des Tieres der End-pH-Wert eingestellt hat, ist primäre Ursache für die Entstehung dieser Qualitätsabweichung (Scheper, 1979). Die Stoffwechselsituation beim lebenden Tier unmittelbar vor der Schlachtung ist ein entscheidendes Kriterium für diesen Verlauf. Anzeichen für eine abweichende Stoffwechselsituation sind eine erhöhte Körpertemperatur und die Ansammlung von Laktat im Muskelgewebe.

Die weitere Anhäufung von Milchsäure post mortem, bedingt durch eine rasche Glykogenolyse, bei gleichzeitigem Abfall des pH-Wertes ist gekoppelt an einen stark erhöhten Umsatz des zellulären Energieträgers Adenosintriphosphat (ATP). Dieser Prozess ist insgesamt exotherm und bedingt eine Temperaturerhöhung in der Muskulatur. Erreicht diese 34 - 35 °C und liegen die pH-Werte zwischen 5,3 und 5,5, kommt es zu Membranschädigungen und zur Denaturierung von myofibrillären und sarkoplasmatischen Proteinen. Infolge dessen wird das Fleisch weich und wässrig (Schwägele, 1993).

Ein weiteres Verfahren zur Qualitätsbestimmung von Fleisch bezüglich PSE-Fleisch ist neben der pH-Wert-Messung die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit (Feldhusen et al., 1987; Schwägele, 1993).

Bezeichnend für PSE-Fleisch ist ein niedriges Wasserbindungsvermögen, da durch die stark beschleunigte Glykolyse die Temperatur im noch warmen Schlachtkörper zu einer schnelleren partiellen Denaturierung von Muskelproteinen und zum Aufbrechen von Muskelzellmembranen führt (Schwägele, 1993).

Tabelle 8 nennt zusammenfassend die genannten Fleischqualitätsparameter und deren Einfluss auf PSE-Fleisch.

**Tabelle 8: Qualitätskriterien für Schweinefleisch nach Schmitt et al. (1989)**

	Gut	Mittel	Mangelhaft (PSE)
<b>pH<sub>45</sub></b>	> 5,8	5,6 – 5,8	< 5,6
<b>LF<sub>40</sub></b>	≤ 4,3	4,4 – 8,2	≥ 8,3
<b>LF<sub>50</sub></b>	≤ 4,8	4,9 – 9,7	≥ 9,8

pH<sub>45</sub>: pH-Wert 45 min nach der Schlachtung, LF<sub>40/50</sub>: Leitfähigkeit 40 bzw. 50 min nach der Schlachtung, PSE: Fleisch von wässriger, heller Fleischqualität (pale, soft, exudative)

Kommt es vor dem Zeitpunkt der Schlachtung schon zur Erschöpfung in Form von Glykogen vorliegender Energiereserven, beispielsweise durch extreme Stresssituationen oder längere Nüchternung, wird post mortem nur wenig Milchsäure produziert und der pH-Wert wird kaum oder nur geringfügig gesenkt. Dieses Fleisch zeichnet sich aus durch eine dunkle Farbe, gutes Safthaltevermögen und eine leimige Konsistenz. Ein pH-Wert 24 Stunden post mortem oberhalb von 6,2 ist bezeichnend für DFD-Fleisch (Schmitt et al., 1989). Aufgrund des hohen pH-Wertes bietet es allerdings den unerwünschten Mikroorganismen optimale Wachstumsbedingungen, wodurch die Haltbarkeit stark vermindert ist (Potthast und Hamm, 1976; Scheper, 1979).

Bereits ante mortem konnte bei Tieren, deren Schlachtkörper Fleisch mit PSE- oder DFD-Qualität lieferte, ein rascher ATP- und Glykogenabbau nachgewiesen werden. Dessen Ursachen sind jedoch ungeklärt (Honikel und Kim, 1985).

Fleischqualitätsabweichungen treten erst auf, wenn die physiologischen Kontrollmechanismen der Schweine überfordert sind, und stehen somit in direktem Zusammenhang mit dem Wohlbefinden der Tiere vor der Schlachtung (Broom, 1995). Dem Organismus der Tiere gelingt nach Beendigung einer Belastung nicht mehr, die Energie für den Muskelstoffwechsel wieder durch aerobe Glykogenolyse zu gewinnen (Augustini, 1983). Akuter Stress zum Zeitpunkt des Schlachtens stellt den Auslöser für PSE-Fleisch, chronischer Stress und Erschöpfung jedoch für DFD-Fleisch dar (Schütte et al., 1994; Warriss, 1987).

Beim Transport fördert eine höhere Beladedichte das Auftreten von PSE-Fleisch (Gerber, 1984). Scheper (1972) bestätigte die Dauer des Transportes als negativen Einflussfaktor auf die Fleischqualität. PSE-Fleisch fand sich häufiger bei Schweinen, die über 100 km transportiert wurden, als bei denjenigen, die nur 50 km zurücklegten. Stressfaktoren, wie eine hohe Belegungsichte oder Rangkämpfe, führen ebenso zu einer erhöhten PSE-Rate. Bei langen Wartezeiten wird die Entwicklung von DFD-Fleisch gefördert (Lengerken et al., 1977).

Der Wartebereich an Schlachthöfen dient dem Beibehalten einer konstanten Schlachtgeschwindigkeit, unabhängig von der Anlieferung der Tiere. Gleichzeitig ermöglicht dies eine Ausruhezzeit für Tiere, um sich von den Verladungs- und Transportstrapazen zu erholen (Warriss, 1992). Durch Normalisierung des Kreislaufes und des Muskelstoffwechsels ergibt sich ein positiver Effekt auf die Fleischbeschaffenheit (Augustini et al., 1981). Eine Aufstallung über Nacht am Schlachthof bewirkt dagegen aufgrund vermehrter Kämpfe zwischen den Tieren untereinander häufiger eine schlechtere Fleischqualität im Sinne von DFD-Fleisch (Moss und Robb, 1978).

## **2.7 Stressbelastung beim Schwein und geeignete Messparameter**

In dem „Model of animal stress“ beschreibt Moberg (1987) Stress als eine biologische Antwort, ausgelöst durch die Bedrohung der Homöostase eines Individuums. Die Bedrohung stellt den sogenannten Stressor dar. Dabei wird unterschieden zwischen unschädlichem Stress und Dystress, dessen biologische Antwort einen schädigenden Effekt auf das Wohlbefinden hat.

Nach Moberg (1987) gibt es drei Arten der Reaktion eines Tieres auf Stress: sein Verhalten, welches die einfachste und biologisch ökonomischste Antwort darstellt, das autonome Nervensystem und das neuroendokrine System.

Der Organismus ist dauerhaft bestrebt, ein konstantes „inneres Milieu“ aufrecht zu erhalten, wodurch ein ständiges Anpassen an die jeweiligen Umstände erforderlich ist. Beim Eintreffen eines Reizes werden unterschiedliche Anpassungsmechanismen eingeleitet (Iben, 2006). Zuerst geht das Regelsystem des Körpers in eine „Alarmphase“ über, um eine schnelle Reaktion zu ermöglichen (Stamp Dawkins, 1980).

Reichen diese Mechanismen nicht aus, geht der Körper über in eine Phase der Anpassung (Loeffler, 2002). Solange der Ausgleich des einwirkenden Stressors bzw. eine Anpassung noch nicht gelungen ist, gilt der Organismus als „gestresst“ (Moberg, 2000).

### **2.7.1 Laktat**

Der Abbau von Kohlenhydraten zu Laktat stellt eine Sackgasse des Energiestoffwechsels dar. Bei ausreichendem Sauerstoff entstehen aus Glukose ATP, Wasser und Kohlendioxid. Herrschen allerdings anaerobe Bedingungen, etwa in der Initialphase der Muskelarbeit oder bei ungewohnten Belastungen, entstehen aus Glukose ATP und Laktat. Laktat muss seinerseits unter erhöhtem Sauerstoffverbrauch in einer Ruhephase in Herz und Leber abgebaut werden (Kirsch, 1996).

Erhöhte Laktatspiegel im Blut spiegeln eine länger anhaltende metabolische Wirkung von Stressbelastungen auf die Muskulatur wider (Bickhardt, 1992). Schlachttierkörper von Schweinen, die in Betrieben unter großem Stress geschlachtet werden, weisen höhere Laktat- und Creatininphosphokinasewerte im Blut auf und zeigen höhere Leitfähigkeitswerte der Muskulatur (Bickhardt und Wirtz, 1978; Kraft, 1973). Einen erheblichen Anteil dieser Abweichungen hat der Zutrieb zur Betäubung. Bei ruhigem Zutrieb verdoppelt sich die Ausschüttung von Stresshormonen, bei Anwendung von Zwangsmaßnahmen steigen die Werte auf das Fünffache (Woltersdorf, 1994).

In einer Studie von Wimmers et al. (2002) konnte eine Laktaterhöhung im Zusammenhang mit einer Myostressinjektion festgestellt werden. Ebenso konnte nach dem Transport über 24 Stunden im Plasma von Schweinen ein erhöhter Laktatspiegel gemessen werden (Becker et al., 1989). In Studien von Bünger et al. (1975) konnte ein Laktatanstieg bei motorischer Belastung von Schweinen von 1,152 mmol/l auf 2,436 mmol/l beobachtet werden. Steinhardt et al. (1977) konnte bei Fixation mit der Nasenschlinge Werte von bis zu 7,86 mmol/l feststellen, nach 60-minutigem Transport mit anschließender Ruhepause Werte von bis zu 10,93 mmol/l. Bickhardt (1992) gibt Richtwerte für Laktat im Plasma von 0,5 bis 11 mmol/l an.

### **2.7.2 Cortisol**

Cortisol ist ein Steroidhormon aus der Gruppe der Glukokortikoide. Es besteht aus 21 Kohlenstoff-Atomen und wird in der Zona fasciculata der Nebennierenrinde aus Cholesterin enzymatisch synthetisiert (Bamberg, 1998).

Die Synthese von Cortisol wird stimuliert durch Adrenocorticotropin (ACTH). Es übernimmt eine wichtige Rolle in der Beeinflussung vitaler Körperfunktionen: Cortisol steigert die Glukoneogenese in den Hepatozyten und die Glykogenolyse, wodurch es zur Erhaltung eines physiologischen Blutglukosespiegels beiträgt.

Es ist somit für die Bereitstellung schnell verfügbarer Energie essentiell. Auch stellt es die zur Glukoneogenese benötigten Amino- und Fettsäuren durch seine katabole und lipolytische Wirkung bereit (Bamberg, 1998).

Weiterhin besitzt Cortisol eine entzündungshemmende Wirkung. Diese wird durch die Hemmung von Phospholipase A und damit durch die Hemmung der entzündungsbedingten Arachidonsäure erreicht (Martin und Crump, 2003). Die Wirksamkeit endogener Signalsubstanzen wird durch Cortisol gesteigert und diese führen somit zu einer gesteigerten Wahrnehmungsfähigkeit des Organismus (Hennig et al., 2001). Eine wichtige Reaktion des Organismus auf Stress ist die Regulation der Glukokortikoidkonzentration im Blut.

Psychische sowie physische Stressbelastungen stimulieren sowohl durch neuronale als auch humorale Stimuli über den Hypothalamus die Cortisolsekretion. Als Beispiele sind hier Schmerz, Traumata, Dystress und starke Anstrengung genannt. Dadurch wird dem Körper schnell Energie zur Verfügung gestellt und so eine schnelle und sinnvolle Reaktion in Stresssituationen ermöglicht (Bamberg, 1998).

Die Ausschüttung von Cortisol ist folglich mit einer Stressantwort assoziiert (Mormede et al., 1984). Bereits unterschwellige psychologische Stressoren können einen zunehmenden Anstieg von Plasmacortisol bewirken (Harbuz und Lightman, 1992). Die Messung der Glukokortikosteroidwerte ist somit zur Bestimmung des emotionalen Zustandes eines Tieres geeignet (Ladewig, 1984; Mormede et al., 1984).

Messbar ist Cortisol vor allem im Plasma und im Speichel. Beides eignet sich zur Beurteilung der Stressbelastung (Bushong et al., 2000). Es besteht eine Korrelation von Speichelcortisol- und Plasmacortisolwerten, vor allem, wenn die Proben in den Tieren bekannter Umgebung gewonnen werden (Ekkel et al., 1996; Kahn et al., 1988; Schönreiter, 1996).

Viele Studien beschreiben eine Cortisolerhöhung im Zusammenhang mit Stresssituationen (Mück, 2017; Parrott und Misson, 1989; Schönreiter, 1996). Tabelle 9 zeigt Studien, die im Zusammenhang mit unterschiedlichen Belastungssituationen eine Cortisolerhöhung bei Schweinen feststellen konnten.

**Tabelle 9: Studien über den Einfluss von Belastungssituationen auf Cortisolwerte bei Schweinen**

Quelle	Anzahl (Rasse) und Alter der Tiere	Belastungssituation	Cortisol (höchster Wert in µg/dl)
Rosochacki et al. (2000)	45 (Duroc) 34 (Pietrain) 6 Monate alt	Transport zum Schlachthof	Anstieg mit Dauer des Transports (6,35)
Prunier et al. (2005)	18 (Large White/Landrasse x Pietrain) 2 Tage alt	Kastration	Anstieg 15-90 min nach Kastration (25,0)
Langhoff (2008)	320 (Dt. Landrasse, Dt. Edelschwein, Pietrain) 4 – 6 Tage alt	Kastration unter Injektion von Schmerzmittel	Höhere Cortisolwerte ohne Schmerzmedikation (8,15)
Marchant-Forde et al. (2009)	328 (Yorkshire/Landrasse x Duroc/Hampshire) 2 – 3 Tage alt	Zahnresektion, Unterschied Abzwicken und Abfeilen	Cortisolwerte 1 Woche nach Resektion durch Abfeilen höher (3,32)
Merlot et al. (2011)	8 (Large White x Hampshire) 8 - 9 Monate alt	Lärm, Elektrotreiber, Tätowierung	Anstieg 15 min nach Eingriff (2,0)
Weiß (2015)	92 (Dt. Landrasse x Pietrain) 8 Wochen alt	Nasentupfer, Tracheo-bronchialabstrich	Anstieg 30 min nach Eingriff (3,96)

Bei Schweinen aus reizarmer Umgebung lässt sich bei rangniederen Tieren ein erhöhter basaler Cortisolspiegel nachweisen, was auf einen chronischen sozialen Stress der Tiere hindeutet (de Jonge et al., 1996). Der Transport von Schweinen stellt ebenso eine Stresssituation für die Tiere dar. Parrott und Misson (1989) zeigten, dass der Speichelcortisolwert bei Tieren unterschiedlicher sozialer Gruppen, die einem gemeinsamen Transport ausgesetzt waren, so hoch war wie nach einer Injektion von ACTH. Schönreiter (1996) zeigte, dass bei der Kastration von Ferkeln mit Kohlenstoffdioxidnarkose (CO<sub>2</sub>-Narkose) die Plasma- und Speichelcortisolwerte ansteigen.

Lindner (1998) nennt Ausgangswerte von Cortisol von 28 bis 68 nmol/l (= 1,02 bis 2,5 µg/dl), Steffens (1999) stellte Cortisolwerte nach dem Transport von 186 bis 253 ng/ml (= 18,6 bis 25,3 µg/dl) fest.

### 2.7.3 C-reaktives Protein

Das C-reaktive Protein (CRP) gehört zu den Akute-Phase-Proteinen (APPs) und ist somit ein Teil der unspezifischen, angeborenen Immunabwehr (Murata et al., 2004). Durch äußere Reize kommt es zur Produktion von Zytokinen, welche ihrerseits die Produktion von APPs veranlassen (Gabay und Kushner, 1999; Murata et al., 2004). Diese werden in den Hepatozyten synthetisiert und in das Blut abgegeben (Baumann und Gauldie, 1994; Heinrich et al., 1990). Auslöser hierfür können Infektionen oder Traumata darstellen (Baumann und Gauldie, 1994; Gabay und Kushner, 1999; Petersen et al., 2002).

Es gibt negative und positive APPs, das heißt, die Konzentration im Blut steigt oder sinkt als Antwort auf einen äußeren Reiz (Murata et al., 2004). Das CRP gehört zu den positiven APPs (Murata et al., 2004). Es dient der Beseitigung von geschädigtem Gewebe, der Regulierung von Entzündungsreaktionen und beugt Infektionen vor (Mold et al., 2002).

Daneben können Faktoren wie Stress, soziale Isolation und Transport als solche externen Reize fungieren (Murata et al., 2004; Piñeiro et al., 2007; Salamano et al., 2008). Bei Stress kommt es zu einem Anstieg von CRP (Murata et al., 2004; Piñeiro et al., 2007). Piñeiro et al. (2007) untersuchten die CRP-Werte von 20 Schweinen (Large White x Landschwein, 165 Tage alt) vor und nach einem 12-h-Transport. Nach dem Transport waren die CRP-Werte teilweise um das Dreifache erhöht im Vergleich zu vor dem Transport (9,7 µg/ml bis 49 µg/ml). Gareis et al. (2016) beschrieben in einer Studie niedrigere CRP-Werte bei Schweinen aus ökologischer Haltung (Median CRP = 1,0 µg/ml) als bei Schweinen aus konventionellen Haltungssysteme (Median CRP = 20,1 µg/ml).

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Material

#### 3.1.1 Befunderhebung und Probenahme

- Becher (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 112110648)
- Becher mit Verschluss (Sarstedt, Nümbrecht, Deutschland, Art. Nr. 75.1354.001)
- Box mit Deckel (IKEA, Deutschland, Art. Nr. 798.508.75)
- Chirurgische Darmklemme (Mercateo, München, Deutschland, Art. Nr. 537-022157)
- Ethanol absolut p. a. (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.00983.1011)
- Flameboy (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 451-0020)
- Glasflasche (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 102110152)
- Kratzschwamm (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 300-0232)
- Kühlbox (XXXLutz, Deutschland, Art. Nr. 0046040041)
- Laborschere rostfrei (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 233-1221)
- Laktatmessgerät Lactate Pro (Praxisdienst, Longuich, Deutschland, Art. Nr. 132338)
- Laktatteststreifen Lactate Pro (Praxisdienst, Longuich, Deutschland, Art. Nr. 132339)
- Leitfähigkeit-Messgerät LF-Star (R. Matthäus, Eckelsheim, Deutschland, Art. Nr. 17022)
- Messerset (Ehlert, Verl, Deutschland, Art. Nr. 66202)
- pH-Messgerät pH-Star (R. Matthäus, Eckelsheim, Deutschland, Art. Nr. 17020)
- Pinzetten mit Haken (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 232-0004)
- Pufferlösung pH 4,01 (Testo AG, Lenzkich, Deutschland, Art. Nr. 05542061)
- Pufferlösung pH 7,00 (Testo AG, Lenzkirch, Deutschland, Art. Nr. 05542063)
- Qualitex Overall Rallyekombi (IMS clothing company GmbH, Schwanstetten, Deutschland, Art. Nr. B0075TJ5SE)
- Röhre mit Verschluss (Sarstedt, Nümbrecht, Deutschland, Art. Nr. 60.558)
- Salivette Cortisol (Sarstedt, Nümbrecht, Deutschland, Art. Nr. 51.1534.500)
- Serumröhrchen S-Monovette 9 ml (Sarstedt, Nümbrecht, Deutschland, Art. Nr. 02.1063.001)
- Vakuumiertüten (Caso-Germany-Shop, München, Deutschland, Art. Nr. 4038437012194; MEGEM München, Deutschland, Art. Nr. 1116253)
- Viehmarker (MS Schippers, Kerken, Deutschland, Art. Nr. 0304397RED)

### 3.1.2 Labor

#### Mikrobiologie

- Agar BPLS (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.10747.0500)
- Agar Plate Count (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.05463.0500)
- Agar Standard II (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.07883.0500)
- Agar VRBG (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.10275.0500)
- Agar XLD (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.05287.0500)
- Becher Duran (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 112110648)
- Bouillon Rappaport und Vassiliadis (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 846580500)
- Brutschrank 30 °C: Heraeus Inkubator (Thermo Scientific, Langenselbold, Deutschland, Art. Nr. 50116048)
- Brutschrank 37 °C: Heraeus Inkubator (Thermo Scientific, Langenselbold, Deutschland, Art. Nr. 502116594)
- Brutschrank 41,5 °C: Heraeus Inkubator (Thermo Scientific, Langenselbold, Deutschland, Art. Nr. 5092116998)
- Bunsenbrenner Fuego SCS basic (WLD-Tec GmbH, Göttingen, Deutschland, Art. Nr. 8.001.000)
- Bunsenbrenner Gasprofil 1 (WLD-Tec, Göttingen, Deutschland, Art. Nr. 500.144236)
- Columbia Agar mit Schafsblut (Oxoid, Wesel, Deutschland, Art. Nr. PB5039A)
- Ethanol vergällt 98 % (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.00983.1011)
- Glasflasche Duran (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 102110152)
- Glucose-Caseinpeptonagar (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.10860.0500)
- Handschuhe (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 360010017)
- Impfösen (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 612-2675)
- Impfösen (Behr Labor-Technik, Düsseldorf, Deutschland, Art. Nr. 6237177)
- Kühlschrank Liebherr glass line (Liebherr, Biberach a. d. Riß, Deutschland, Art. Nr. 44873-023)
- MktTn-Anreicherungsbouillon (Oxoid, Wesel, Deutschland, Art. Nr. OXTV5065E)
- Oxidasetest (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.13300.0001)
- Peptonwasser (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.10275.0500)
- Petrischalen (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 710-3510)
- Pipette 10-100 µl Eppendorf Research (Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 3120000046)
- Pipettenspitzen 50-1000 µl (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 104932012)
- Pipette 100-1000 µl Eppendorf Research (Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 3120000062)

- Pipettenspitzen 2-200 µl (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 104932008)
- Reagenzgläser (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 212-1116)
- Reagenzglasdrahtgestelle Linker (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 397311816)
- Reagenzglasgestell (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 397311816)
- Spatel (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 335127115)
- Stomacher (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 7100632)
- Stomacherbeutel (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 129-0733)
- Vortexer (Velp Scientifica, Usmate Velate MB, Italien, Art. Nr. SA202A0176)
- Waage (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 6113134)

### MALDI-TOF MS

- A-Cyano-4-Hydroxy-Zimtsäure (Bruker Daltonik, Bremen, Deutschland, Art. Nr. 8255344)
- Acetonitril (Th.Geyer, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 2697-1L)
- Ameisensäure (Th.Geyer, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 94318-250ML)
- Aqua bidest./ Anlage Typ 2108 (GFL, Burgwedel, Deutschland, Art. Nr. 10280303)
- Autoflex Speed MALDI TOF/TOF Massenspektrometer (Fa. Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Deutschland, Seriennummer: 264420.00308)
- Einmalimpfösen (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 612-2494)
- Ethanol absolut p.a. (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 1.00983.1011)
- HeraSafe Laborabzug (ThermoFisher Scientific, Waltham, USA, Art. Nr. 51022485)
- Isopropanol HPLC-grade (VWR, Ismaning, Deutschland, Art. Nr. 20880.320)
- Pipette „Eppendorf Reference“ 0,5 – 10 µl (Eppendorf, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 4910000.024)
- Pipette „Eppendorf Reference“ 10 – 100 µl (Eppendorf, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 4910000.059)
- Pipette „Eppendorf Reference“ 100 – 1000 µl (Eppendorf, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 4910000.083)
- Probentarget „Polished steel“ (Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Deutschland, Art. Nr. 8280781)
- Reaktionsgefäß 1,5 ml (Sarstedt, Nümbrecht, Deutschland, Art. Nr. 72.706.400)
- Software-MTB Compass 4.1 (Bruker Daltonik, Bremen, Deutschland)
- Trifluoressigsäure (Th.Geyer, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. T6508-10AMP)
- Vortexer (IKA Lab Dancer, Staufen, Deutschland, Art. Nr. 000336500)
- Zentrifuge mini (Labogene, Lynge, Dänemark, Art. Nr. 7.601.314.101)

Tropfsaftverlust

- Präzisionswaage (Zefa 4moreLabor, Harthausen, Deutschland, Art. Nr. 645844047)
- Vakuumbbeutel (Caso Design, Arnsberg, Deutschland, Art. Nr. 1219)
- Vakuumierer Caso VC 350 (Caso Design, Arnsberg, Deutschland, Art. Nr. 1394)

Serologie

- 450 nm Filter (Bio-Rad, Hercules, Kalifornien, USA, Art. Nr. 168-1020)
- Autoklaviertes Wasser
- Autura automatic microplate washer (Mikura, Horsham, Vereinigtes Königreich, Art. Nr. 16.1000)
- Cortisol Saliva ELISA (IBL, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. RE52611)
- Gefrierschrank Liebherr Profi Line (Liebherr, Biberach a. d. Riß, Deutschland, Art. Nr. 44873-019)
- Kühlschranks Liebherr Profi Line (Liebherr, Biberach a. d. Riß, Deutschland, Art. Nr. 44876-114)
- Mikroplatten-Reader Model 680 (Bio-Rad, Hercules, Kalifornien, USA, Art. Nr. 168-1000)
- Orbitalschüttler Titramax 1000 (Heidolph, Schwabach, Deutschland, Art. Nr. 544-12200-00)
- Pig C-reactive protein (CRP) ELISA (IBL, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. LD51111)
- Pipette 0,5-10 µl Eppendorf Research (Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 312000020)
- Pipette 10-100 µl Eppendorf Research (Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 312000046)
- Pipette 30-300 µl Eppendorf Research (Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 312000100)
- Pipette 100-1000 µl Eppendorf Research (Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland, Art. Nr. 312000062)
- 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. 73200)
- 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)
- Reaktionsgefäße 2,0 ml SafeSeal (Sarstedt, Nümbrecht, Deutschland, Art. Nr. 72.695.400)
- Röhre mit Verschluss (Sarstedt, Nümbrecht, Deutschland, Art. Nr. 60.558)
- Vortexer (Velp Scientifica, Usmate velate MB, Italien, Art. Nr. SA202A0176)
- Zentrifuge B. Braun (Biotech International, Sigma 3K12, Art. Nr. G126514)

## 3.2 Methoden

### 3.2.1 Betrieb

Das Projekt wurde auf einem Betrieb mit Standort in Niederbayern durchgeführt. Dieser stellt zugleich einen Landwirtschafts- und Lebensmittelbetrieb dar, in dem eine ganzjährige Freilandhaltung von Schweinen mit Schlachtung am Hof praktiziert wird. Es wird ein komplett geschlossenes System mit Geburt, Aufzucht, Mast und Schlachtung im selben Betrieb verfolgt.

Die Schweine werden in ganzjähriger Freilandhaltung auf der Weide gehalten. Die Flächen sind mit einem Doppelzaun abgesichert. Als Unterschlupf dienen den Tieren mit Stroh eingestreute Hütten. Die Schlachtung mit Betäubung und Entblutung findet in einem Schlachtanhänger auf der Weide statt. Herrichtung, Ausweidung und Weiterverarbeitung der Schlachtkörper werden im zugehörigen Schlacht- und Zerlegebetrieb vollzogen. Zur Vereinfachung wird dieser Betrieb im Folgenden verkürzt als Zerlegebetrieb bezeichnet.

Schlachtanhänger und Zerlegebetrieb gelten in Kombination als EU-zugelassener Schlachtbetrieb gemäß den Anforderungen der VO (EG) Nr. 853/2004. Zerlegebetrieb und Weideflächen befinden sich auf dem gleichen Gelände. Auf den genaueren Ablauf der Schlachtung im Schlachtanhänger wird unter 3.2.3 und 3.2.4 eingegangen.

### 3.2.2 Schweine

Bei den beprobten Schweinen ( $n = 66$ ) handelte es sich um eine Kreuzung der Rassen Schwäbisch-Hällisches Schwein und Duroc. Geburt, Aufzucht und Mast fanden ausschließlich auf der Weide im Freiland statt. Im Alter von ca. 7 - 9 Monaten wurden die Schweine der Schlachtung zugeführt. Tabelle 10 gibt einen Überblick über Geschlecht, Rasse, Alter und Gewicht der Masttiere.

**Tabelle 10: Beprobte Mastschweine**

Schweine insgesamt (n)	66
Männlich (n)	27
Weiblich (n)	39
Rasse	Schwäbisch-Hällisches Schwein (Muttertier) x Duroc (Vatertier)
Schlachtalter	7 - 9 Monate
Schlachtgewicht	140 – 170 kg

n: Anzahl der Tiere

### 3.2.3 Schlachthänger

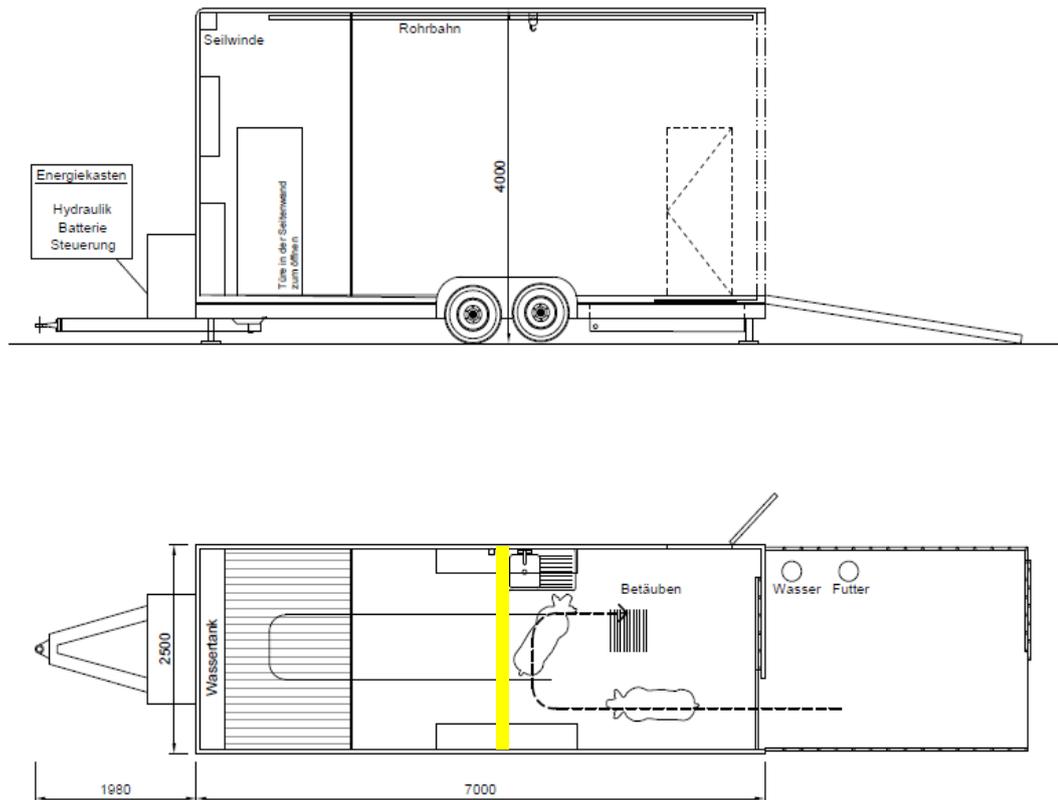
Der Schlachthänger ist gemäß VO (EG) Nr. 853/2004 ein Teil des EU-zugelassenen Schlachtbetriebes. In ihm findet die Betäubung und Entblutung der Schweine statt. Zur Schlachtung wird der Schlachthänger an einen Traktor angehängt und auf die Weide gebracht. Der Anhänger ist nach den Vorgaben der VO (EG) Nr. 853/2004 konstruiert. Abbildung 5 zeigt den Schlachthänger, Abbildung 6 eine Skizze dazu.



**Abbildung 5: Schlachthänger mit offener Heckrampe (Lindner, 2017)**

Die Tiere gelangen über die Heckrampe in den hinteren Teil des Hängers. Dort finden Betäubung und Entblutung statt. Dieser Bereich ist durch einen Gummimattenvorhang vom vorderen Teil abgetrennt. Eine Rohrbahn an der Decke verbindet beide Bereiche. Der Hänger verfügt über eine Strom- und Wasserversorgung und im vorderen Bereich über eine Kühlung. Unter dem Hänger befindet sich eine Auffangwanne für im Zuge der Schlachtung anfallendes Abwasser inklusive Blut.

Der Zulassung des Schlachthängers durch das zuständige Landratsamt und die Regierung von Niederbayern ging ein wissenschaftlich fundiertes Gutachten zur Umsetzung von Anforderungen zum Tierschutz und zur Lebensmittelhygiene bei der Betäubung und Entblutung von Schweinen und Rindern voraus.



**Abbildung 6: Skizze des Schlachthanähers (Lindner, 2017)**  
(Seitenansicht und Vogelperspektive, gelbe Linie = Gummimattenvorhang)

### 3.2.4 Schlachtablauf

Etwa eine Woche vor der jeweiligen Schlachtung wurden die Tiere in der ihnen bekannten Gruppenkonstellation auf einer Warteweide gehalten. Diese war im Gegensatz zu den umliegenden Weideflächen gut zugänglich für den Traktor und den Schlachthanähers. Zwei bis drei Tage vor der Schlachtung wurden die Schweine an den Anhänger gewöhnt: In diesem fand die Fütterung statt und die Tiere hatten regelmäßigen Kontakt mit Personen.

Pro Schlachtdurchgang wurden zwei bis neun Tiere geschlachtet. Am Morgen der Schlachtung folgte die Separierung der Tiere auf einer abgetrennten Fläche vor dem Schlachthanähers. Im Anschluss wurden kleinere Gruppen von bis zu vier Schweinen auf der Rampe des Hähers separiert und einzeln mit Futter und Äpfeln in den hinteren Bereich des Hähers gelockt (Abbildung 7).



**Abbildung 7: Anlocken des Schweines in den Schlachthanänger (Ausstreuen von Apfelstücken)**

A: Locken auf die Hängerrampe  
B: Einzelseparierung im Hänger

Dort erfolgte die Betäubung der Schweine mittels Elektrozange (Abbildung 8).



**Abbildung 8: Betäubung des Schweines im Schlachthanänger**

Die Entblutung erfolgte entsprechend der gesetzlichen Vorgaben innerhalb von zehn Sekunden nach der Betäubung mittels Bruststich am liegenden Tier (Abbildung 9). Der entblutete Tierkörper wurde anschließend im Hänger mittels einer Seilwinde aufgehängt und hängend in den vorderen Bereich des Hängers geschoben.



**Abbildung 9: Liegendentblutung des Schweines im Schlachtanhänger**

Nach Betäubung und Entblutung aller in einem Schlachtdurchgang geschlachteten Schweine, wurden diese im Schlachtanhänger hängend zum nahegelegenen Zerlegebetrieb transportiert. Die komplette Fahrtdauer betrug ca. 10 Minuten. Im Zerlegebetrieb erfolgte die weitere Herrichtung und Ausweidung. Das erste im Hänger geschlachtete Tier wurde als erstes Tier im Zerlegebetrieb der anschließenden Herrichtung zugeführt.

### **3.2.5 Befunderhebung und Probenahme**

Die Befunderhebung und Probenahme fand im Zeitraum von November 2017 bis März 2018 statt. Es wurden sowohl am lebenden Tier als auch am geschlachteten Tier Befunde erhoben und Proben genommen; ebenso erfolgte die Dokumentation des Schlachtvorgangs.

#### **Lebendes Tier**

##### Speichelproben

Bei den lebenden Tieren ( $n = 66$ ) wurden jeweils zwei Speichelproben entnommen. Die erste Probenahme erfolgte eine Woche vor dem geplanten Schlachtermin auf der Weide, in einer den Tieren bekannten Umgebung im Ruhezustand. Die zweite Probenahme fand unmittelbar vor der Schlachtung statt, auf einer separierten Fläche vor dem Schlachtanhänger.

Hierzu wurden Salivetten, die an einer chirurgischen Darmklemme befestigt wurden, verwendet. Nach Angaben des Herstellers sollen die Tiere ca. 30 Sekunden lang auf den Salivetten kauen, um genügend Speichel für die Auswertung zu gewinnen. Der Zeitraum der Probenahme war jeweils zwischen 6.00 und 8.00 Uhr, die Kennzeichnung der Tiere erfolgte mittels Viehmarker.

### Schlachttieruntersuchung

Unmittelbar vor Beginn der Schlachtung wurde bei den lebenden Tieren eine Betrachtung in Anlehnung an die Schlachttieruntersuchung gemäß VO (EG) Nr. 854/2004 durchgeführt. Hierbei wurde insbesondere auf folgende Bereiche geachtet: Allgemeinbefinden, Schwanzspitze, Ohren, Klauen, akzessorische Bursen, Verschmutzung.

Bei der Beurteilung von akzessorischen Bursen wurde das Bewertungsschema nach Gareis et al. (2016) angewandt (Tabelle 11).

Die Gelenke wurden am ausgeweideten Schlachtkörper abermals untersucht, da mögliche Veränderungen am entborsteten und gereinigten Schlachtkörper besser zu erkennen sind als am lebenden Tier. Ebenso wurden die nach dem Brühen ausgeschuhten Klauen und Klauenschuhe nochmals betrachtet.

**Tabelle 11: Bewertungsschema für akzessorische Bursen beim Schwein (Gareis et al., 2016)**

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

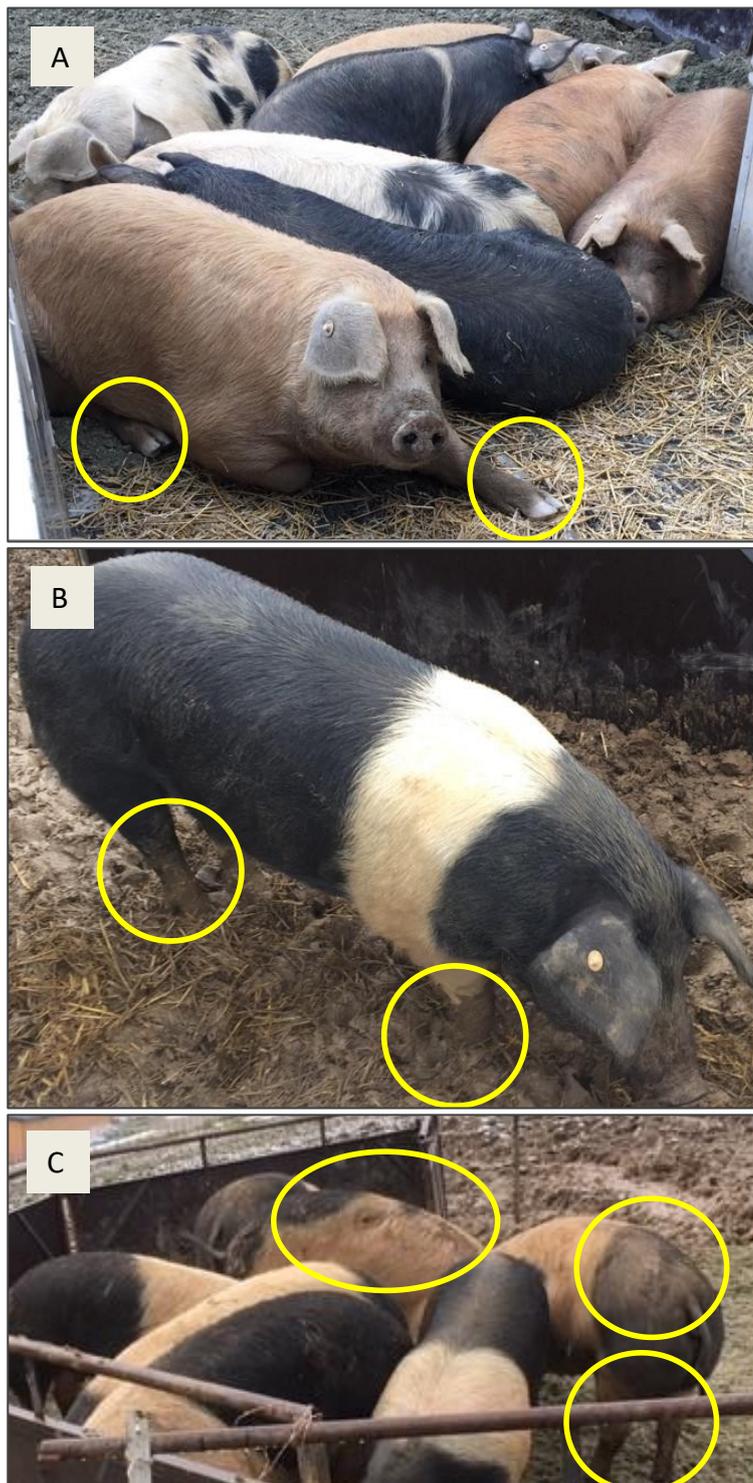
mind.: mindestens

Der Verschmutzungsgrad der Tiere wurde in drei Kategorien eingeteilt: geringgradig, mittelgradig, hochgradig. Tabelle 12 ordnet den jeweiligen Verschmutzungsgraden ein äußeres Erscheinungsbild der Schweine zu.

**Tabelle 12: Bewertungsschema für den Grad der Verschmutzung**

Verschmutzungsgrad	äußeres Erscheinungsbild
geringgradig	lediglich minimale Verschmutzung im Bereich der Klauen
mittelgradig	Verschmutzung der Hälfte der Gliedmaßen, inklusive der Klauen
hochgradig	diffuse Verschmutzung über den gesamten Tierkörper

Abbildung 10 zeigt Schweine mit den verschiedenen Verschmutzungsgraden. Auf Bild A sind geringgradig verschmutzte Tiere, auf Bild B mittelgradig verschmutzte Tiere zu sehen. Hier sind die Gliedmaßen bis zur Hälfte mit Schlamm bedeckt, der restliche Tierkörper weist kaum Verschmutzung auf. Bild C zeigt Beispiele für hochgradig verschmutzte Tiere mit einer diffusen Verteilung der Verschmutzung über den gesamten Tierkörper.



**Abbildung 10: Verschmutzungsgrad der Schweine**

(gelbe Markierungen)

A: geringgradig, Verschmutzung an Klauen

B: mittelgradig, Verschmutzung der Gliedmaßen

C: hochgradig, diffuse Verschmutzung

## **Schlachtung**

### Beurteilung

Bei der Schlachtung wurde auf Zutrieb, Betäubung/Entblutung und im Laufe des gesamten Schlachtprozesses benötigte Zeiten geachtet.

Beim Zutrieb/Anlocken der Schweine wurde der Ablauf beurteilt und die Nummern unruhiger Tiere notiert. Im Anschluss wurde die Zeitspanne zwischen Betäubung und Entblutungsstich beurteilt. Die Zeitspanne darf gemäß TierSchlV bei Liegendentblutung maximal 10 Sekunden betragen (Anonymus, 2012).

In Anlehnung an die rechtlichen Vorgaben zum Transport auf der Weide geschlachteter Rinder sollte die Zeitspanne zwischen Entblutung und Ausweidung eine Stunde nicht überschreiten (Anonymus, 2007b). Diese Zeitspanne wurde als Ausweidezeit für jedes einzelne Schwein überprüft und aufgezeichnet. Darüber hinaus wurde die Zeitspanne von Beginn der Betäubung des ersten Tieres bis zur Entblutung des letzten Tieres im Hänger aufgezeichnet (Zeit im Hänger). Ebenso wurde die Zeitspanne von Beginn des Brühvorgangs des ersten Tieres bis zur vollendeten Ausweidung des letzten Tieres im Zerlegebetrieb festgehalten (Zeit im Zerlegebetrieb).

### Blutprobennahme

Die Blutprobennahme erfolgte während der Entblutung, unmittelbar nach dem Bruststich. Von jedem geschlachteten Tier wurden 10 ml Blut in einem Serumröhrchen aufgefangen. Bis zur weiteren Untersuchung im Labor wurde dieses in einer Kühlbox bei 4 – 8 °C gelagert.

### Laktatmessung

Die Bestimmung von Laktat wurde mittels Schnelltest nach dem reflexionsphotometrischen Prinzip durchgeführt (Laktatmessgerät Lactate Pro, Firma Praxisdienst, Deutschland). Bei der Entblutung wurden mit einem Röhrchen ca. 5 ml Blut aufgefangen. Der Laktatmessstreifen (Messstreifen Lactate Pro, Firma Praxisdienst, Deutschland) wurde ca. für 1 Sekunde 1 mm tief in das Blut eingetaucht, bis das Reagenzfeld des Messstreifens genügend Flüssigkeit aufgesaugt hatte. Das Laktat im Blut führt durch eine enzymatische Reaktion zu einer Farbveränderung im Testfeld, welche vom Gerät gemessen wird. Der mögliche Messbereich der Laktatkonzentration liegt bei Vollblut zwischen 0,8 und 22,0 mmol/l. Die Werte wurden direkt vor Ort notiert.

## Geschlachtetes Tier

### Fleischuntersuchung

Die Betrachtung des geschlachteten Tieres wurde nach VO (EG) Nr. 854/2004 durchgeführt. Hierbei wurden Lunge und Leber, Nieren, Magendarmtrakt und Schlachtkörper direkt im Anschluss an die Herrichtung im Zerlegebetrieb auf pathologische Auffälligkeiten untersucht. Die Herrichtung umfasst gemäß VO (EG) Nr. 853/2004 und VO (EG) Nr. 854/2004 Brühen/Entborsten/Reinigen, Ausweiden, Befreiung der Nieren aus der Nierenkapsel, Längsspaltung in der Medianen und Entfernung der Stichstelle/Augen/Ohrenausschnitte.

Die Beurteilung der Lunge erfolgte nach Anlage 3 der AVV Lebensmittelhygiene zur Erfassung und Einteilung von Organbefunden beim Mastschwein (Anonymus, 2009a). Tabelle 13 beschreibt den prozentual veränderten Anteil der betroffenen Lunge und die daraus folgende Zuordnung einer Befundkategorie.

**Tabelle 13: Lungenbefundung von Mastschweinen am Schlachthof (Vorgabe nach Anlage 3 der AVV Lebensmittelhygiene)**

Organ	Veränderter Anteil	Befundkategorie	Befundschlüssel
Lunge	bis zu 10 %	0	o.b.B., PN1
	10 % bis 30 %	1	PN2
	über 30 %	2	PN3

AVV: Allgemeine Verwaltungsvorschrift, o.b.B.: ohne besonderen Befund, PN: Pneumonie

### Prozesshygienekriterien

Zur Bestimmung der Prozesshygienekriterien wurden am Schlachtkörper nach Abschluss der Herrichtung und vor der Kühlung Proben gezogen.

Nach der Verordnung VO (EG) Nr. 2073/2005 sind an Schweineschlachtkörpern zur Oberflächenbeprobung auf die aerobe mesophile Keimzahl und auf *Enterobacteriaceae* vier Gewebeproben mit einer Gesamtfläche von 20 cm<sup>2</sup> zu entnehmen. Dies erfolgte anhand des destruktiven Verfahrens mit Hilfe einer rundflächigen Stanze mit einem Durchmesser von 2,5 cm. Die vier Stanzproben wurden jeweils an Backe, Rücken, Bauch und Hintergliedmaße einer Hälfte jedes Schlachtkörpers entnommen. Das gewonnene Material wurde in sterilen Bechern in einer Kühlbox bei 4 – 8 °C gelagert. Stanze, Pinzette und Schere wurden nach jedem beprobten Tier in Ethanol getaucht und mit Hilfe eines Flameboys abgeflammt.

Zur Untersuchung auf Salmonellen wurde der Schlachttierkörper gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005 mittels Kratzschwamm beprobt. Insgesamt ist eine Beprobungsfläche von 100 cm<sup>2</sup> pro Schlachtkörper vorgeschrieben (Anonymus, 2005). An vier Stellen des Schlachtkörpers wurde hierzu eine Schablone mit einer Fläche von 25 cm<sup>2</sup> angelegt und die Innenfläche mit dem Schwamm abgekratzt. Der Schwamm wurde in eine wiederverschließbare sterile Tüte gegeben und bis zur weiteren Bearbeitung bei 4 – 8 °C in einer Kühlbox gekühlt.

#### Mikrobiologie von Muskel/Leber/Lunge

Für die mikrobiologische Untersuchung von Muskel, Leber und Lunge wurde von jedem Schwein jeweils ein ca. 3 x 3 x 3 cm großes Stück von Bauchmuskulatur, Leber und rechten Lungen-Spitzenlappen geschnitten und separat in sterilen Bechern gelagert.

Die Bauchmuskulatur wurde auf Höhe des ventralen Beckeneingangs, am M. rectus abdominis, beprobt. Nach jeder Probenahme wurden Pinzette und Schere in Ethanol getaucht und mittels Flameboy abgeflammt. Die Proben wurden bis zur Verarbeitung im Labor bei 4 – 8 °C in einer Kühlbox gelagert.

#### Fleischqualität

Die Bestimmung der Fleischqualität erfolgte durch Messung des pH-Wertes, der Leitfähigkeit und des Tropfsaftverlustes.

Der pH-Wert wurde im Anschluss an die Ausweidung und noch vor der Kühlung ca. 45 Minuten nach der Entblutung an der linken Schlachtkörperhälfte gemessen. Beim Neustart des pH-Messgerätes erfolgte eine Kalibrierung mit Standardpufferlösungen (pH 4 und pH 7). Gemessen wurde gemäß der AVV Lebensmittelhygiene auf Höhe des 13. und 14. Dornfortsatzes der Brustwirbelsäule mit dem pH-Messgerät (pH-Star, R. Matthäus, Eckelsheim, Deutschland) am M. longissimus dorsi.

Im Anschluss daran und ebenso ca. 45 Minuten nach der Entblutung wurde bei jedem Tier die Leitfähigkeit erfasst. Dies erfolgte auf Höhe der Dornfortsätze des 12. und 13. Brustwirbels. Hierzu wurden die Elektroden des LF-Messgeräts (LF-Star, R. Matthäus, Eckelsheim, Deutschland) einige Zentimeter tief in die Muskulatur eingestochen und die Werte notiert.

Zur späteren Tropfsaftbestimmung wurde von jedem Tierkörper eine ca. 3 cm dicke Scheibe des M. longissimus dorsi (Kotelett) auf Höhe des 13./14. Brustwirbels aus dem Schlachtkörper herausgeschnitten, in eine Vakuumiertüte gegeben und bis zur Auswertung im Labor in einer Kühlbox bei 4 – 8 °C gelagert.

### 3.2.6 Laboruntersuchungen

#### Mikrobiologie

##### Prozesshygienekriterien

Die gewonnenen Stanzproben zur Bestimmung der aeroben mesophilen Keimzahl und der Anzahl von *Enterobacteriaceae* auf der Oberfläche von Schlachtkörpern wurden im Labor in einen sterilen Stomacherbeutel gegeben und gewogen. Indem entsprechend des Gewichts neun Teile Peptonwasser hinzugegeben wurden, wurde eine 1:10 Verdünnung (Erstverdünnung) erstellt. Diese wurde 1 min bei 230 Umdrehungen pro Minute gestomachert. Darauf folgte die Anlegung einer Verdünnungsreihe. Hierzu wurde je 1,0 ml aus der niedrigeren Verdünnung in 9,0 ml Verdünnungsflüssigkeit gegeben. Je Probe wurden fünf Verdünnungen hergestellt ( $10^{-1}$  bis  $10^{-5}$ ).

Aerobe mesophile Keimzahl:

Die Auswertung der aeroben mesophilen Keimzahl erfolgte gem. VO (EG) Nr. 2073/2005 und nach der ISO 4833/ISO 7218. Von jeder Verdünnungsstufe wurden je 0,1 ml auf eine Plate Count-Agarplatte gegeben und mittels Oberflächen-spatelverfahren ausgespatelt. Die Platten wurden in einem Brutschrank bei 30 °C 72 h aerob bebrütet. Danach erfolgte die Auszählung der auf den Platten gewachsenen Kolonien und die Berechnung der Keimzahl nach der Formel in Abbildung 11.

$$c = \frac{\sum C}{(n1 \times 1) + (n2 \times 0,1)} \times \text{Verdünnungsfaktor} \times \text{Verdünnungsstufe}$$

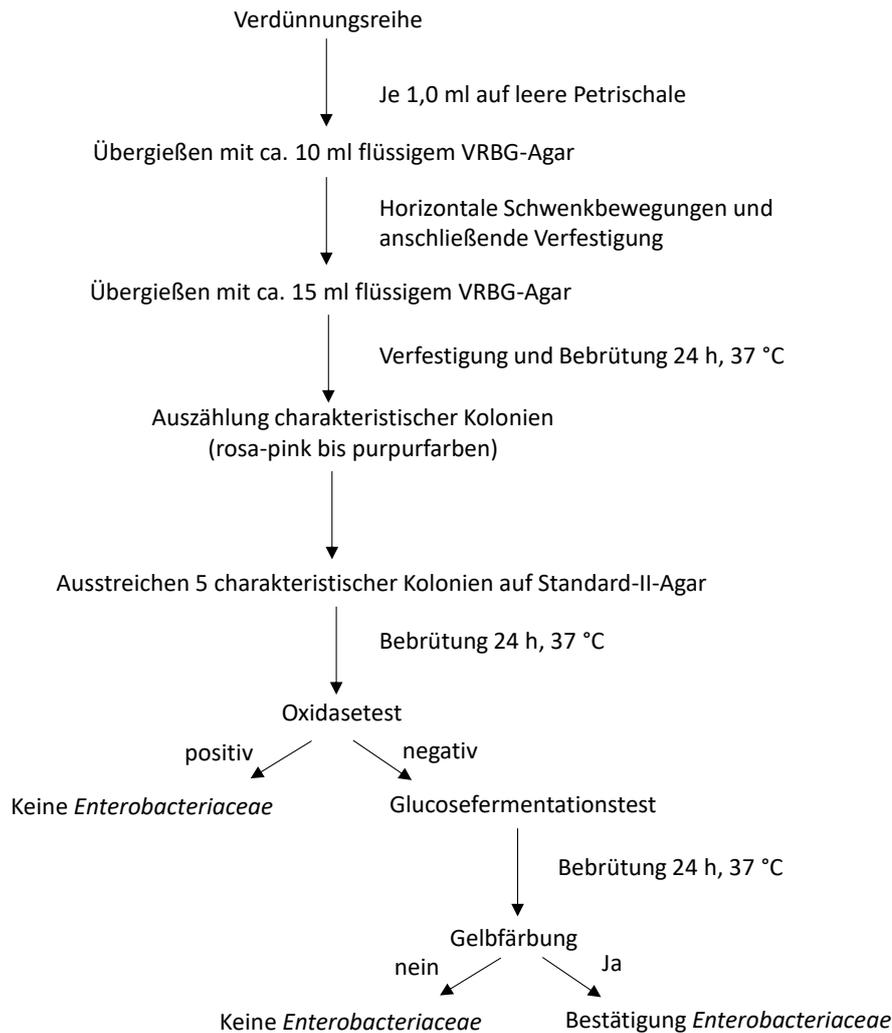
C =	gewichteter Mittelwert der Koloniezahlen
$\sum C$ =	Summe der Kolonien aller Petrischalen
n1 =	Anzahl der Petrischalen der niedrigsten auswertbaren Verdünnungsstufe
n2 =	Anzahl der Petrischalen der nächst höheren Verdünnung
Verdünnungsfaktor =	aufgebrachtes Volumen
Verdünnungsstufe =	entsprechend der niedrigsten verwendeten Verdünnung

**Abbildung 11: Berechnung der aeroben mesophilen Keimzahl (Anonymus, 2005)**

*Enterobacteriaceae*:

Die Auswertung der *Enterobacteriaceae* erfolgte gem. der VO (EG) Nr. 2073/2005 und nach der ISO 21528-2. Es wurde das Gussplattenverfahren mittels eines Kristallviolett-Galle-Glucose-Flüssigagars (VRBG) angewendet.

Je 1,0 ml der Verdünnungsstufen wurde mit Hilfe einer Pipette auf eine leere Petrischale gegeben und mit ca. 10 ml des Agars übergossen. Der Arbeitsablauf wird in Abbildung 12 beschrieben. Im Anschluss erfolgte die Bestätigung verdächtiger Kolonien mittels Oxidasetest und Glucosefermentationstest.



**Abbildung 12: Schematische Darstellung der kulturellen *Enterobacteriaceae*-Anzucht mit anschließender Bestätigung (VRBG-Agar: Kristallviolett-Galle-Glucose-Agar)**

Nach dieser Auswertung erfolgte die Berechnung der Anzahl an *Enterobacteriaceae* für jede einzelne Platte. Die Formel hierfür ist in Abbildung 13 beschrieben. Die Gesamtanzahl der *Enterobacteriaceae* auf dem jeweiligen Schlachttierkörper wurde anschließend weiter mit der Formel in Abbildung 11 berechnet.

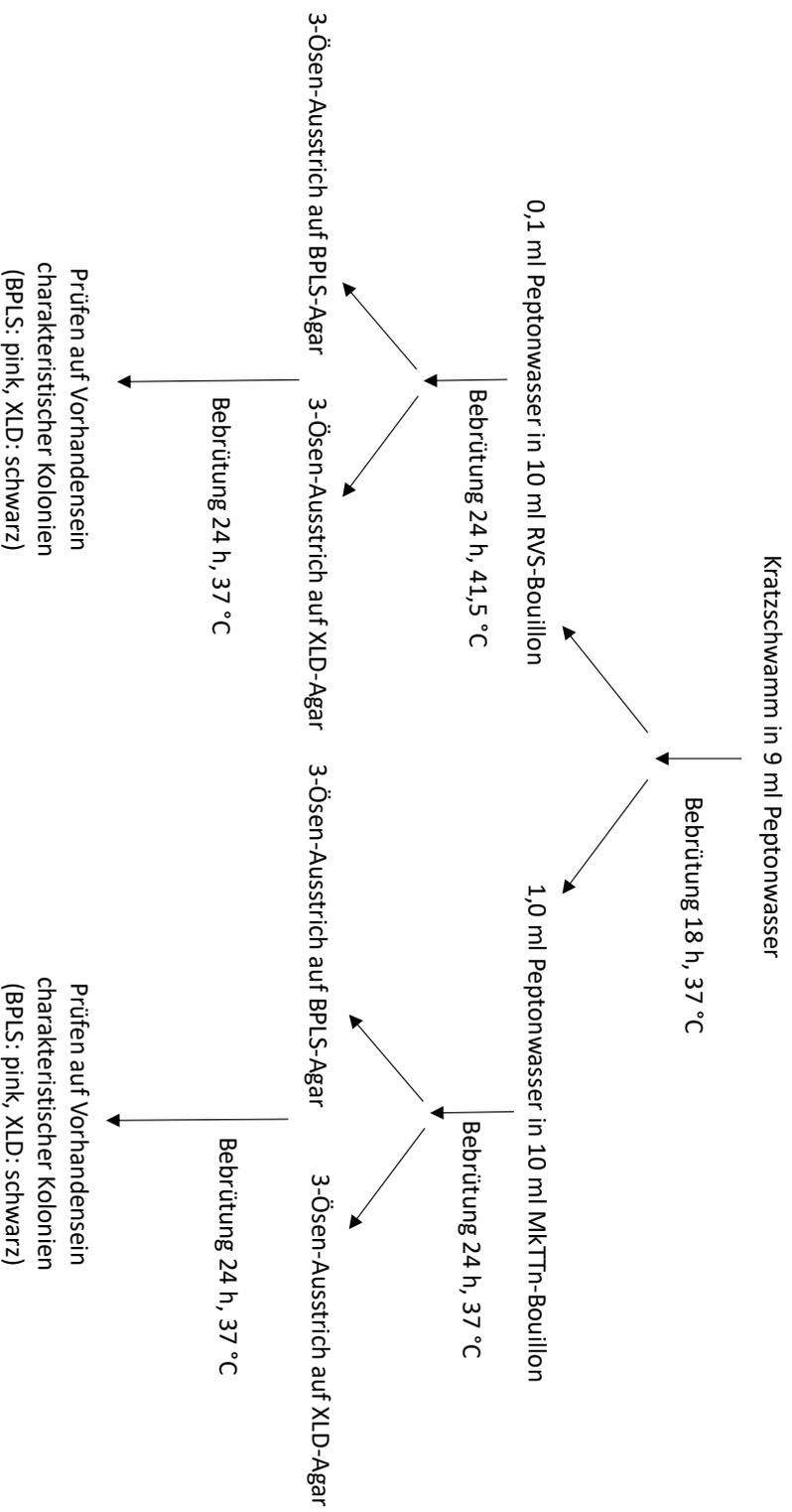
$$a = \frac{b}{A} \times C$$

- a = Anzahl der Kolonien für eine Platte
- b = Anzahl der bei den identifizierten Kolonien A die Identifizierungskriterien erfüllenden Kolonien
- C = Gesamtzahl der auf der Platte gezählten verdächtigen Kolonien
- A = festgelegte Anzahl verdächtiger Kolonien
- Anschließende Berechnung wie aerobe mesophile Keimzahl,  $\Sigma C$  durch  $\Sigma a$  ersetzen

**Abbildung 13: Berechnung der Anzahl an *Enterobacteriaceae***

**Salmonellen:**

Die Auswertung der Salmonellen erfolgte gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005 und EN/ISO 6579. Im Labor wurde dem Kratzschwamm gepuffertes Peptonwasser hinzugefügt, so dass eine 1:10 Verdünnung entstand. Es folgte die Bebrütung für 18 h bei 37 °C. Im Anschluss daran wurde die weitere kulturelle Anzucht, wie in Abbildung 14 beschrieben, durchgeführt.



**Abbildung 14: Schematische Darstellung der kulturellen Anzucht von *Salmonella* spp.**

(XLD-Agar: Xylose-Lysin-Desoxycholat-Agar, BPLS-Agar: Brilliantgrün-Phenolrot-Lactose-Saccharose-Agar, MktTrn-Bouillon: Müller-Kauffmann-Tetrathionat-Novobiocin-Bouillon, RVS-Bouillon: Rappaport-Vassiliadis-Bouillon)

### Muskel/Leber/Lunge

Aus den Proben Muskel/Leber/Lunge wurde im Labor jeweils ein ca. 1,0 x 1,0 x 1,0 cm großes Stück geschnitten. Zum Erreichen einer sterilen Oberfläche wurde dieses in Ethanol getaucht und abgeflammt.

Daraus folgte die sterile Präparation eines ca. 0,3 x 0,3 x 0,3 cm kleinen Stückes und dessen Ausstrich auf Columbia Agar mit Schafsblut. Nach Anfertigung eines Dreiösenausstrichs wurden die Platten 24 h bei 37 °C bebrütet und die gewachsenen Keime mittels Matrix-Assistierter Laser Desorption Time of Flight Massenspektrometrie (MALDI-TOF MS) identifiziert.

### **MALDI TOF MS**

Die auf Blutagar gewachsenen Bakterien von Muskel/Leber/Lunge wurden mittels MALDI-TOF MS massenspektrometrisch identifiziert. Die Messung erfolgte mittels Autoflex Speed MALDI TOF/TOF Massenspektrometer (Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Deutschland). Gerätesteuerung und Aufnahme der Massenspektren erfolgte mit der Software MTB Compass 4.1 (Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Deutschland).

Zur Probenpräparation wurde die „Formic Acid Extraction“ nach Bruker angewendet. Hierzu wurden die Kolonien jeweils mit einer Impföse von der Agarplatte abgetragen und in einem Reaktionsgefäß in 300 µl destilliertem Wasser gelöst. Im Anschluss wurden 900 µl Ethanol hinzugefügt und gemischt. Nach einer 2-minütigen Zentrifugation bei einer relativen Zentrifugalbeschleunigung von 14.100 x G und anschließendem Verwerfen des Überstandes erfolgte nach einer weiteren Zentrifugation das Abpipettieren des Restethanols.

Nach ca. 3-minütiger Trocknung des Pellet wurden 30 µl 70%-ige Ameisensäure hinzugegeben. Nach dem Mischen wurden 30 µl Acetonitril hinzugefügt. Es folgte eine 2-minütige Zentrifugation bei 14.100 x G. Im Anschluss wurde 1 µl davon auf einen Spot des Proben Targets „Polished steel“ pipettiert. Nach Trocknung wurde auf jeden Spot 1 µl Matrix pipettiert. Die Matrix wird hergestellt durch Lösen von 14 mg α-Cyano-4-Hydroxy-Zimtsäure (CHCA) in einer Mischung aus 500 µl Acetonitril, 475 µl DNase in freiem Wasser und 25 µl Trifluoressigsäure.

Nach vollständiger Trocknung der Proben auf dem Proben Target erfolgte die Messung mittels Autoflex Speed MALDI-TOF Massenspektrometer im linearen positiven Modus. Für die Messung wurden die in Tabelle 14 aufgeführten Parameter benutzt.

**Tabelle 14: Parameter für die Messung mittels MALDI-TOF MS**

Laser-Anfangsleistung	40 %
Maximale Laserleistung	50 %
Laseranpassung	Fuzzy Control, Gewichtung 1.50
Prozessierungsmethode	MBT_Process
Massenbereich	4000 – 10000 Da
Minimale Auflösung	400
Laserschuss je Spot	200
Bewegung	Random walk

Da: Dalton

Nach Spektrenanalyse erfolgte der Datenabgleich mit der hinterlegten Datenbank der Software MTB Compass (Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Deutschland). Die Ergebnisse wurden anhand von Score Values angegeben und nach den Angaben in Tabelle 15 ausgewertet.

**Tabelle 15: Auswertungsschema der Bakterienidentifikation mittels MALDI-TOF MS**

Score Value	Erklärung
2.000 – 3.000	Spezies-Identifikation hochwahrscheinlich
2.000 – 2.299	Gattung-Identifikation sicher, Spezies-Identifikation wahrscheinlich
1.700 – 1.999	Gattung-Identifikation wahrscheinlich
0.000 – 1.699	Identifikation nicht zuverlässig

### **Tropfsaftverlust**

Zur Bestimmung des Tropfsaftverlustes wurde die am Schlachtkörper gewonnene Muskelscheibe nach Befreiung von umliegendem Fett- und Bindegewebe im Labor gewogen (siehe 3.2.5). Anschließend wurde sie in einem Kunststoffbeutel mithilfe eines Vakuuiergerätes vakuumiert.

Es folgte eine Hängendlagerung der Beutel über 24 h bei 4 °C im Kühlschrank. Nach Eröffnung der Tüte und Abtupfen des Fleischstückes mit Trockentüchern (Filterpapier), wurde die Scheibe ein zweites Mal gewogen. Die beiden Werte wurden in folgende Formel eingesetzt und der Tropfsaftverlust berechnet (Abbildung 15).

$$\text{Tropfsaftverlust (\%)} = \frac{\text{Masse1} - \text{Masse 2}}{\text{Masse1}} \times 100$$

Masse1 = Masse der Scheibe vor Einlagerung

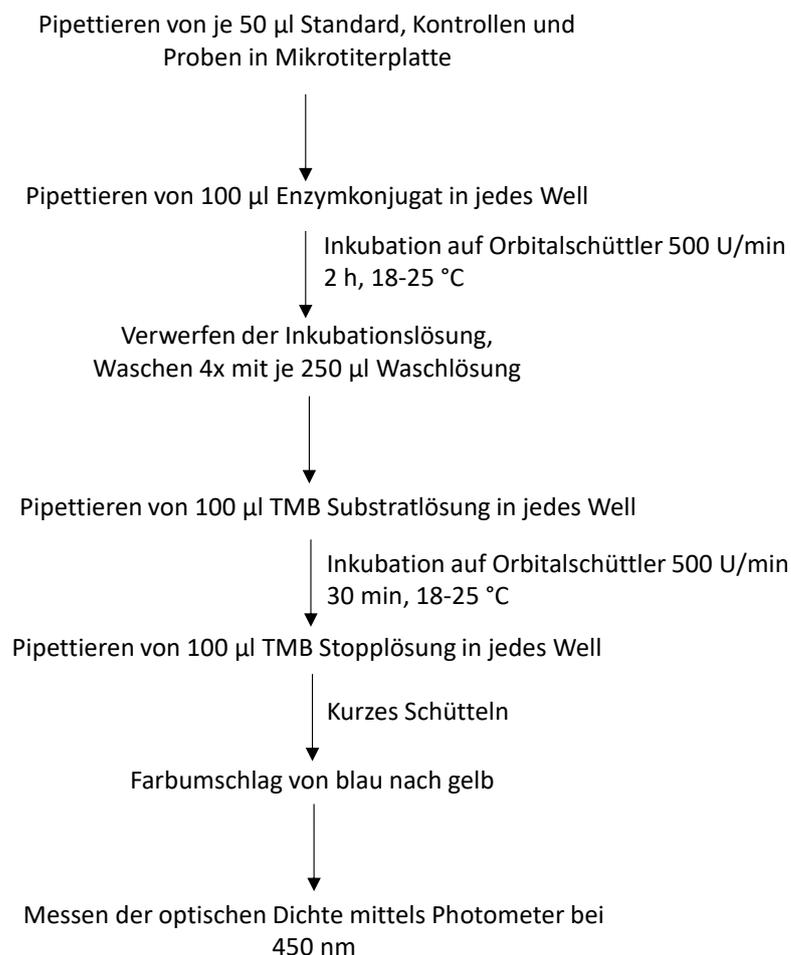
Masse2 = Masse der Scheibe nach Einlagerung

### Abbildung 15: Berechnung des Tropfsaftverlustes

## Serologie

### Cortisol

Im Labor wurden die Salivetten, die bei der Speichelprobenahme der Schweine gewonnen wurden, in einer Zentrifuge bei 5000 Umdrehungen pro Minute bei 20 °C für 5 min zentrifugiert. Im Anschluss wurden sie bei -20 °C bis zur Auswertung der Proben für maximal 6 Monate gelagert. Zur Durchführung des Cortisol Saliva ELISA (IBL, Hamburg, Deutschland) wurden die Proben aufgetaut und nach folgendem Schema weiterverarbeitet (Abbildung 16).



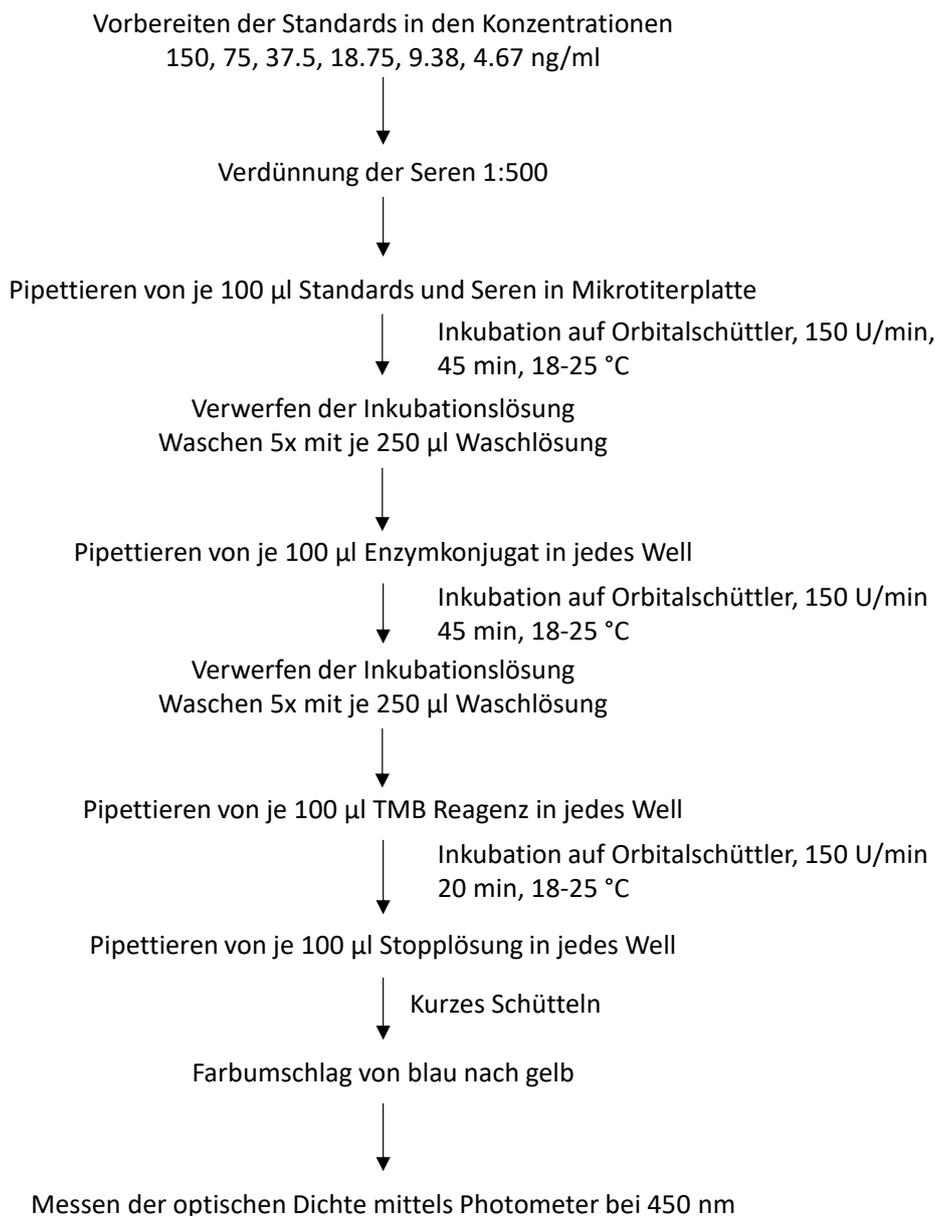
### Abbildung 16: Schematische Darstellung der Vorgehensweise des Cortisol-Saliva ELISA

(TMB: 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidin, U: Umdrehungen)

### C-reaktives Protein

Im Labor wurde das im Zuge der Entblutung aufgefangene Blut in einer Zentrifuge bei 5000 Umdrehungen und 20 °C 5 min zentrifugiert und das überstehende Serum in Reaktionsgefäße pipettiert. Die Seren wurden bis zur weiteren Verarbeitung bei -20 °C für maximal 6 Monate im Gefrierschrank gelagert.

Zur Durchführung des CRP-ELISA wurden die Seren über Nacht im Kühlschrank aufgetaut. Mittels eines Pig C-reactive protein (CRP) ELISA (IBL, Hamburg, Deutschland) wurde die jeweilige Konzentration von CRP in den Seren bestimmt. Abbildung 17 zeigt die einzelnen Schritte zur Durchführung des ELISA.



**Abbildung 17:** Schematische Darstellung der Vorgehensweise des CRP-ELISA  
(TMB: 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidin, U: Umdrehungen)

### 3.2.7 Datenanalyse

Zur statistischen Auswertung wurde das SPSS Statistik-Programm Version 23 (Fa. IBM GmbH, Ehningen, Deutschland) verwendet. Folgende der erhobenen Daten wurden einer Datenanalyse unterzogen: pH<sub>45</sub>-Wert, Leitfähigkeit<sub>45</sub>, Tropfsaftverlust, C-reaktives Protein, Laktat, Verschmutzungsgrad, Ausweidezeit, aerobe mesophile Keimzahl, *Enterobacteriaceae*.

Untersucht wurde auf eine mögliche Korrelation zwischen der Fleischqualität und den Stressparametern. Hier wurde auf eine Korrelation nach Kendall's tau<sub>b</sub> und nach Spearman's rho getestet. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt.

Des Weiteren wurde der Einfluss von Verschmutzungsgrad und Ausweidezeit auf die Prozesshygienekriterien analysiert. Verschmutzungsgrad und Ausweidezeit wurden für die Auswertung jeweils in Gruppierungen von 1/2/3 eingeteilt. Aerobe mesophile Keimzahl und Anzahl der *Enterobacteriaceae* wurden je in Gruppierungen von 0/1/2/3 zusammengefasst. Zur Erkennung eines möglichen Zusammenhangs der Daten untereinander wurde der Chi-Quadrat-Test angewendet. Das Signifikanzniveau wurde hier ebenso auf  $p < 0,05$  festgelegt.

Tabelle 16 zeigt die Gruppierung der Daten in Grade 0 bis 3.

**Tabelle 16: Gruppierung der erhobenen Daten im Zuge der Datenanalyse**

	Grad			
	0	1	2	3
<b>Verschmutzung</b>	-	geringgradig	mittelgradig	hochgradig
<b>Ausweidezeit</b>	-	<1 h	1 – 1,5 h	>1,5 h
<b>Aerobe mesophile Keimzahl</b>	<10 <sup>1</sup>	x 10 <sup>1</sup>	x 10 <sup>2</sup>	x 10 <sup>3</sup>
<b><i>Enterobacteriaceae</i></b>	<10 <sup>1</sup>	x 10 <sup>1</sup>	x 10 <sup>2</sup>	x 10 <sup>3</sup>



## 4 Ergebnisse

### 4.1 Schlachttieruntersuchung

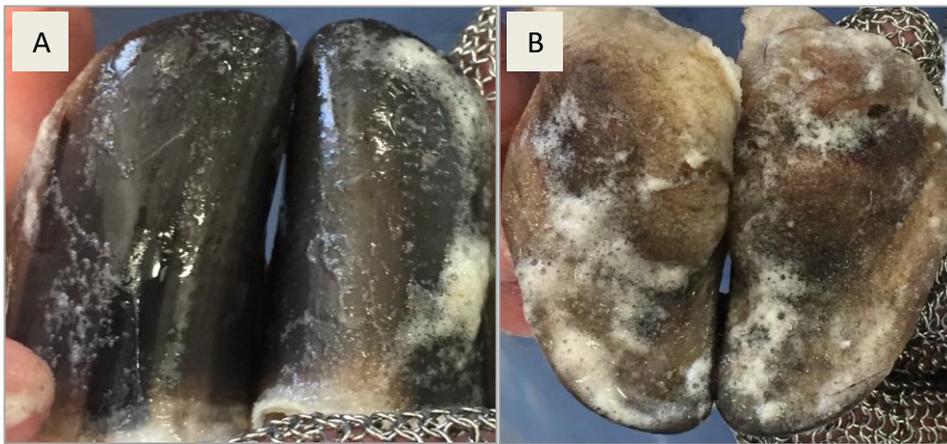
Die Betrachtung der lebenden Tiere in Anlehnung an die Schlachttieruntersuchung gem. VO (EG) Nr. 854/2004 erfolgte unmittelbar vor der Schlachtung. Abbildung 18 zeigt vor dem Schlachtanhänger separierte Schweine. Hier wurden die Tiere auf äußerliche pathologische Auffälligkeiten untersucht.



**Abbildung 18: Vor dem Schlachtanhänger separierte Schweine (n = 8)**

Die Schweine waren visuell in einer sehr guten gesundheitlichen Verfassung und zeigten ein gutes Allgemeinbefinden (Tabelle 10). An Schwanzspitze und Ohren konnten makroskopisch keine pathologischen Auffälligkeiten erkannt werden. Die Klauen zeigten bei keinem Tier pathologische Veränderungen. Keines der Schweine wies akzessorische Bursen auf, weswegen jedem Tier der Bursagrad 0 zugeteilt wurde.

Am hängenden und entborsteten Schlachtkörper wurden Klauen und Gelenke nochmals betrachtet. Abbildung 19 zeigt bei der Herrichtung entfernte Klauenschuhe (Schwein Nr. 35). Zu erkennen ist eine glatte, intakte Oberfläche des Hornschuhs. Auf diesem befinden sich schäumende Reste des Brühwassers.



**Abbildung 19: Klauenschuhe des Schweines Nr. 35, vorne links**

A: Dorsalansicht

B: Plantaransicht

In Abbildung 20 sind Gelenke der Vorder- und Hintergliedmaßen abgebildet (Schwein Nr. 50). Akzessorische Bursen wurden hier nicht aufgefunden. Diese Abbildung zeigt den typischen Befund von Gelenken bei Schweinen, die mit Bursagrad 0 bonitiert wurden.



**Abbildung 20: Gelenke des Schweines Nr. 50**

A: Gelenke der Vordergliedmaßen

B: Gelenke der rechten Hintergliedmaße

Der Grad der Verschmutzung der Tiere unterschied sich je nach Jahreszeit und Witterung. In Tabelle 17 ist den Schweinen eines jeden Schlachttags ein Verschmutzungsgrad zugeordnet. Eine hochgradige Verschmutzung der Schweine wurde an einem einzigen Schlachttag (Schlachttag 1) festgestellt. An drei Schlachttagen wurde den Tieren ein mittelgradiger Verschmutzungsgrad (Schlachttag 2, 5, 6), an den restlichen sieben Schlachttagen ein geringgradiger Verschmutzungsgrad zugeteilt (Schlachttag 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11).

**Tabelle 17: Verschmutzungsgrad der Tiere unter Berücksichtigung des Schlachtmonats**

Schlachttag	Schwein (Nr.)	Verschmutzungsgrad	Monat
1	1-7	hochgradig	November
2	8-16	mittelgradig	Dezember
3	17-28	geringgradig	Dezember
4	29-32	geringgradig	Dezember
5	33-38	mittelgradig	Januar
6	39-45	mittelgradig	Januar
7	46-50	geringgradig	Februar
8	51-54	geringgradig	März
9	55-57	geringgradig	März
10	58-64	geringgradig	März
11	65-66	geringgradig	März

n: Anzahl der Tiere

## 4.2 Dokumentation des Schlachtvorgangs

Beim Schlachtvorgang wurde der Ablauf des Zutriebs/Zutritts beurteilt. Die Schweine wurden mit Trockenfutter und Äpfeln auf die Rampe und zum Eingang des Anhängers gelockt. Anschließend wurde jeweils ein Schwein im Hänger separiert und betäubt. Beim Großteil der Schweine (n = 59) funktionierte die Anlockung mittels Futter sehr gut und lief ruhig ab. Die Tiere 15, 35, 36, 37, 44, 45 und 64 wurden unruhig, hektisch oder blieben auf dem Fleck stehen.

Des Weiteren wurde die Zeitspanne zwischen Betäubung und Entblutung gemessen: Nach korrekter Betäubung mittels Elektrozange wurden die Tiere im Liegen per Bruststich entblutet und im Anschluss aufgehängt. Die vorgegebene Zeitspanne von 10 Sekunden zwischen Betäubung und Entblutungsstich konnte bei allen Tieren eingehalten werden. Im Durchschnitt wurden 8 Sekunden benötigt.

Während des gesamten Schlachtvorgangs wurde die benötigte Zeit im Hänger, die benötigte Zeit im Zerlegebetrieb und die Ausweidezeit aufgezeichnet (Tabelle 18). Die Zeit im Hänger betrug durchschnittlich 27 Minuten (10 – 35 min); die jeweils benötigte Zeit variiert trotz teils gleicher Anzahl geschlachteter Tieren sehr stark (Schlachtdurchgang 3/2, 4, 6/1, 8). Die Zeit im Zerlegebetrieb betrug durchschnittlich 71 Minuten (35 – 120 min). Eine maximale Ausweidezeit von einer Stunde konnte bei einem Schlachtdurchgang mit bis zu 5 Tieren eingehalten werden, mit Ausnahme des Schlachtdurchgangs 4. Die kürzeste Ausweidezeit betrug lediglich 20 Minuten, die längste 150 Minuten.

**Tabelle 18: Benötigte Zeiten bei der Schlachtung**

Schlacht-durchgang	Tiere (n)	Zeit im Hänger (min)	Zeit im Zerlegebetrieb (min)	Ausweidezeit (min)
1	7	25	55	60-90
2	9	25	120	90-150
3/1	8	30	110	50-125
3/2	4	15	45	30-50
4	4	35	50	50-70
5	6	20	60	50-110
6/1	4	10	55	25-60
6/2	3	10	45	20-50
7	5	30	60	35-60
8	4	30	50	40-55
9	3	25	40	30-50
10	7	20	60	60-90
11	2	25	35	40-50

Zeit im Hänger: Beginn der Betäubung des ersten Tieres bis zur Entblutung des letzten Tieres, Zeit im Zerlegebetrieb: Beginn des Brühprozesses des ersten Tieres bis zur Vollendung der Ausweidung des letzten Tieres, Ausweidezeit: Zeitspanne, innerhalb welcher alle Schweine entblutet und ausgeweidet wurden; Schlachttag 3 und Schlachttag 6 wurden je in zwei Durchgänge unterteilt

Tabelle 19 teilt die benötigten Ausweidezeiten in Gruppen ein: < 1 h, 1,0 – 1,5 h, > 1,5 h. Die Schweine werden jeweils einer Zeitspanne zugeordnet, je nachdem, wie lange die Zeit von Betäubung/Entblutung bis zum Ausweiden des einzelnen Tieres dauerte. 45,5 % (n = 30) der Schweine konnten innerhalb einer Stunde ausgeweidet werden; 30,3 % (n = 20) wurden zwischen 1 – 1,5 Stunden und 24,2 % (n = 16) nach über 1,5 Stunden nach Betäubung und Entblutung ausgeweidet.

**Tabelle 19: Ausweidezeit in Gruppen**

Ausweidezeit	Schwein (Nr.)	Anzahl der Tiere (n)
< 1,0 h	17, 25 - 31, 33, 39 - 57, 65, 66	30
1,0 – 1,5 h	1 - 7, 18 - 20, 32, 34, 35, 58 - 64	20
> 1,5 h	8 - 16, 21 - 24, 36 - 38	16

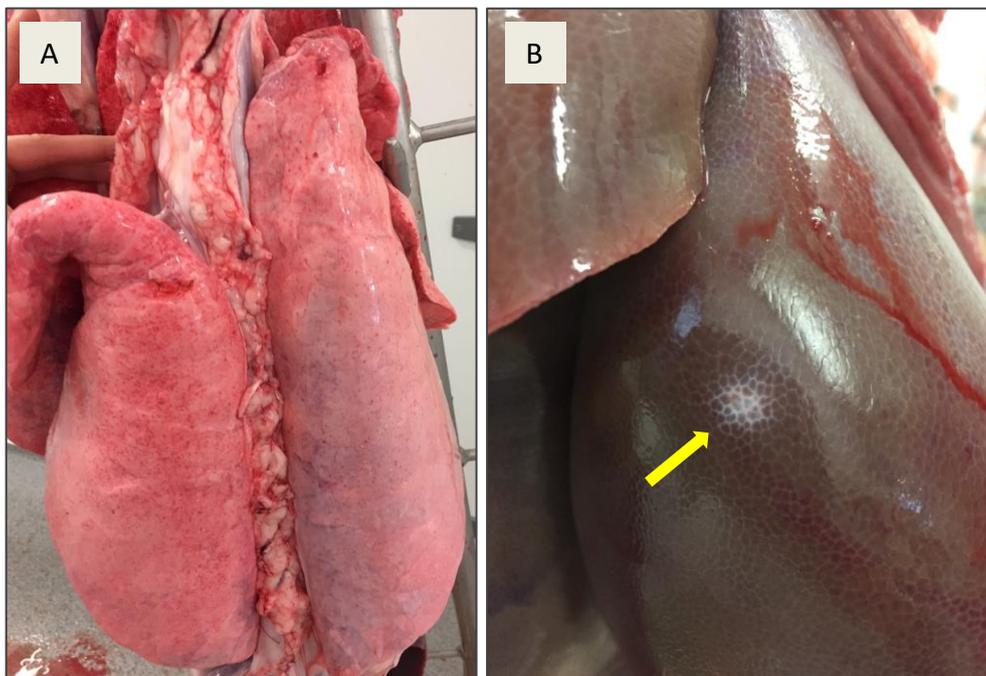
n: Anzahl der Tiere pro Ausweidezeit

### 4.3 Fleischuntersuchung

Bei der Fleischuntersuchung wurde Lunge, Leber, Nieren, Magendarmtrakt und Schlachtkörper jedes Schweines betrachtet.

Die Lungen aller 66 Tiere waren visuell pathologisch unauffällig. Hinweise auf eine Pleuritis oder Pneumonie waren nicht feststellbar. Folglich wurden alle Lungen der Befundkategorie 0 zugeteilt. Bei den Lebern waren 97 % (n = 64) pathologisch unauffällig. Sie zeigten eine rotbraune Grundfarbe mit leichter Läppchenzeichnung. Die Lebern zweier Tiere wiesen einen milchig-weißen, zentral homogenen und peripher netzförmigen Fleck auf der Oberfläche auf („Milkspots“).

Abbildung 21 (A) zeigt das Bild einer Schweinelunge (Schwein Nr. 23). Eine rosa Grundfarbe mit leicht marmorierten Anteilen ist das Bild einer gesunden Lunge. Abbildung 21 (B) zeigt den Ausschnitt einer Schweineleber (Schwein Nr. 33). In der Mitte des Bildes ist ein weißer Fleck von ca. 1,5 x 1,5 cm Größe zu erkennen.



**Abbildung 21: A: Schweinelunge ohne pathologische Veränderungen (Schwein Nr. 23)  
B: Schweineleber mit Milkspot (Schwein Nr. 33, gelber Pfeil)**

Bei allen untersuchten Schweinen ( $n = 66$ ) waren Schlachtkörper, Nieren und Magendarmtrakt ohne makroskopisch pathologische Auffälligkeiten.

#### 4.4 Fleischqualität

Die Bestimmung der Fleischqualität erfolgte anhand der Messung des pH-Wertes, der Leitfähigkeit und des Tropfsaftverlustes. Tabelle 20 gibt eine Übersicht über die ermittelten Fleischqualitätsparameter.

**Tabelle 20: Zusammenfassung der Ergebnisse der Fleischqualitätsparameter**

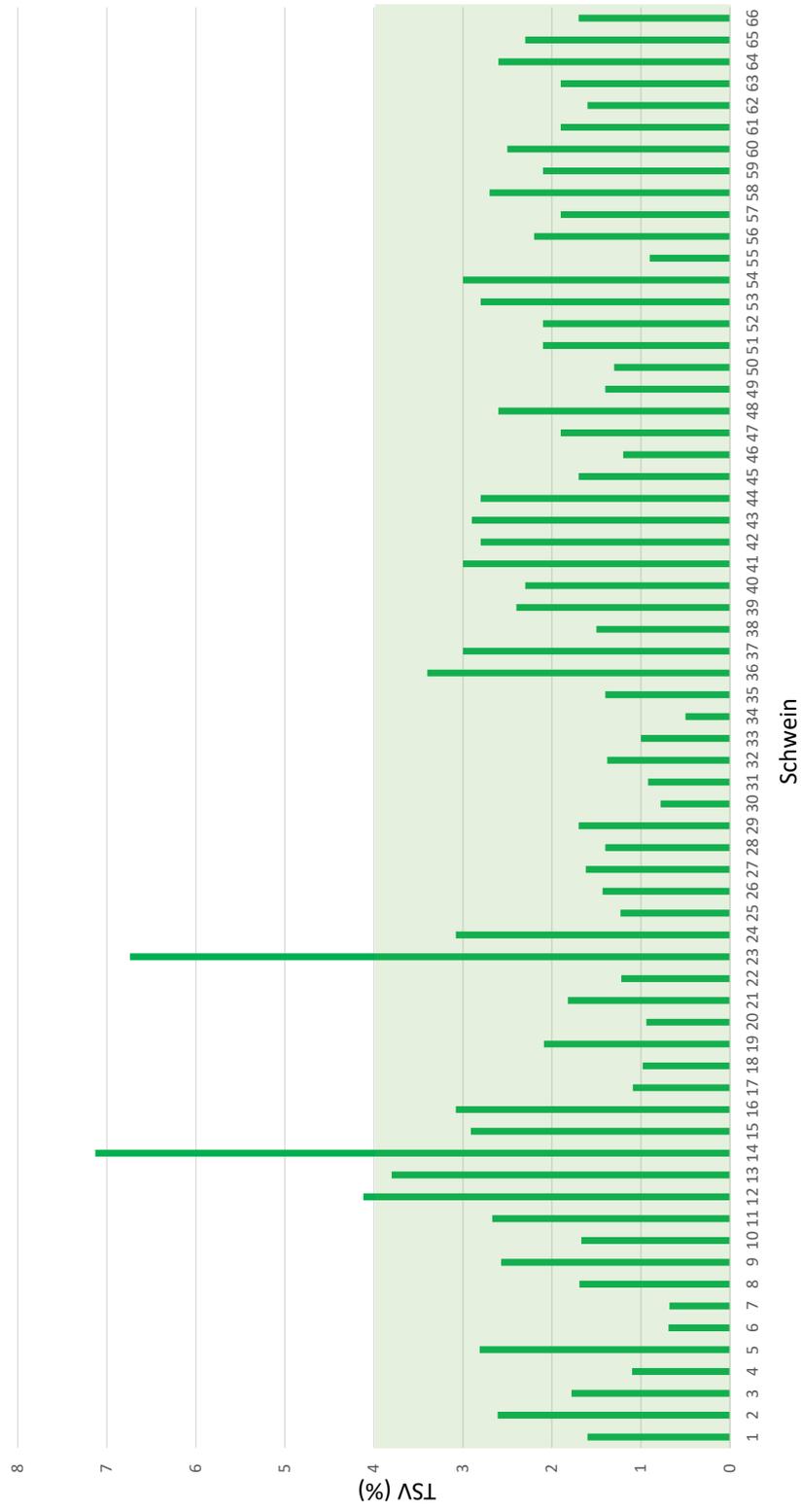
Fleischqualitätsparameter	Mittelwert $\pm$ SD	Median	Min	Max
pH-Wert pH <sub>45</sub>	6,50 $\pm$ 0,39	6,59	5,32	7,20
Leitfähigkeit LF <sub>45</sub> (mS/cm)	4,03 $\pm$ 0,64	3,90	3,40	7,90
Tropfsaftverlust (%)	2,13 $\pm$ 1,17	1,90	0,50	7,13

pH<sub>45</sub>: pH-Wert 45 Minuten nach der Schlachtung, LF<sub>45</sub>: Leitfähigkeit 45 Minuten nach der Schlachtung, Min: Minimalwert, Max: Maximalwert, mS: Millisiemens, SD: Standardabweichung

Der Mittelwert des pH<sub>45</sub>-Wertes aller Tiere lag bei 6,50 ( $\pm$  0,39). Eine größere Abweichung hiervon zeigte Schwein 23 mit einem pH<sub>45</sub>-Wert von 5,32.

Der Mittelwert der Leitfähigkeit LF<sub>45</sub> betrug 4,03 ( $\pm$  0,64) mS/cm. Auffällig hohe Werte wiesen Schwein 35 mit einem LF<sub>45</sub>-Wert von 6,2 mS/cm und Schwein 37 mit einem LF<sub>45</sub>-Wert von 7,2 mS/cm auf.

Der Tropfsaftverlust (TSV) aller Schlachttiere erreichte einen Mittelwert von 2,13 ( $\pm$  1,17) %. Sehr hohe Werte zeigte Schwein 14 mit einem Wert von 7,13 % und Schwein 23 mit einem Wert von 6,74 %. Insgesamt lagen 95,5 % der gemessenen Werte unter 4,0 %. Abbildung 22 zeigt die ermittelten Tropfsaftverluste aller 66 Schweine in einem Balkendiagramm. Das Qualitätsmerkmal von einem TSV  $\leq$  4 % wird durch Hinterlegung hervorgehoben. Auffallend sind die hohen Werte bei den Schweinen 14 und 23.



**Abbildung 22: Tropfsaftverlust pro Schwein**  
 (TSV: Tropfsaftverlust, Bereich bis TSV ≤ 4% farbig markiert)

Ein linearer Zusammenhang zwischen den Fleischqualitätsparametern pH<sub>45</sub>/LF<sub>45</sub>/TSV untereinander konnte nicht erkannt werden. Es bestand lediglich eine geringe Korrelation zwischen dem pH-Wert und der Leitfähigkeit: Je niedriger der pH-Wert war, umso höher war die Leitfähigkeit. Diese Korrelation war jedoch nicht statistisch signifikant. Tabelle 21 zeigt die p-Werte nach Kendall's tau<sub>b</sub> und Spearman's rho für die Parameter pH-Wert und Leitfähigkeit.

**Tabelle 21: Korrelation zwischen pH-Wert und Leitfähigkeit**

	p-Wert	
	Kendall's tau <sub>b</sub>	Spearman's rho
pH/LF	0,987	0,798

pH: pH-Wert, LF: Leitfähigkeit

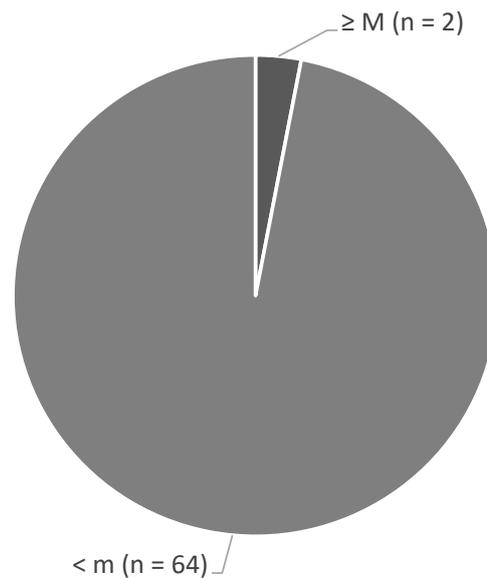
## 4.5 Mikrobiologische Untersuchungen

### 4.5.1 Prozesshygienekriterien

Die Prozesshygiene wurde anhand mikrobiologischer Kriterien bezüglich aerober mesophiler Keimzahl, *Enterobacteriaceae* und Salmonellen auf den Schlachtkörpern bestimmt. An jedem Schlachtkörper wurde hierzu eine Oberflächenbeprobung durchgeführt. In Tabelle 7 sind die Normwerte der mikrobiologischen Kriterien auf Schweineschlachtkörpern zur Übersicht angeführt (Anonymus, 2005).

Die Einzelwerte der ermittelten aeroben mesophilen Keimzahl pro Schlachtkörper lagen bei allen 66 Schlachttierkörpern zwischen  $< 10^2$  KbE/cm<sup>2</sup> und  $3,24 \times 10^4$  KbE/cm<sup>2</sup>. Somit waren alle Werte  $< m$  ( $m = 4,0 \log$  KbE/cm<sup>2</sup>) oder lagen zwischen  $m$  und  $M$  ( $M = 5,0 \log$  KbE/cm<sup>2</sup>). Hinsichtlich der aeroben mesophilen Keimzahl auf den Schlachtkörpern wurde also eine befriedigende und akzeptable Prozesshygiene erreicht (Tabelle 7).

*Enterobacteriaceae* wurden bei lediglich 11 Schweinen nachgewiesen. Neun davon wiesen Werte unter  $m$  auf ( $m = 2,0 \log$  KbE/cm<sup>2</sup>), bei zwei Tieren wurden Werte  $\geq M$  ( $M = 3,0 \log$  KbE/cm<sup>2</sup>) erreicht. Zusammengefasst konnte also in Bezug auf die Einzelwerte der Anzahl an *Enterobacteriaceae* auf Schlachtkörpern bei 64 Schweinen eine befriedigende Prozesshygiene erreicht werden (55 Tiere ohne Nachweis + 9 Tiere mit Werten  $< m$ ); bei zwei Schweinen wurde eine unbefriedigende Prozesshygiene erreicht (Abbildung 23).



**Abbildung 23: Ergebnisse des *Enterobacteriaceae*-Nachweis auf den Schlachtkörpern**  
 (<math>< m</math>: befriedigende Prozesshygiene; >math>\geq M</math>: unbefriedigende Prozesshygiene; n: Anzahl der Tiere; siehe Tabelle 7)

In den Proben von Schwein 41 und 44 wurden Werte  $\geq M$  erreicht ( $M = 3,0 \log \text{KbE}/\text{cm}^2$ ). Tabelle 22 nennt die Schweine 41 und 44 und Anzahl der *Enterobacteriaceae*.

**Tabelle 22: Schweine mit Überschreitung des vorgegebenen Grenzwertes an *Enterobacteriaceae* auf der Oberfläche von Schlachtkörpern**

Schwein (Nr.)	<i>Enterobacteriaceae</i> (KbE/cm <sup>2</sup> )
41	$1,1 \times 10^3$
44	$1,0 \times 10^3$

KbE: Keimbildende Einheit

Beide betroffenen Schlachtkörper wurden in Schlachtdurchgang 6 geschlachtet. Betrachtet man aber alle sieben, an diesem Tag geschlachteten Tiere (Schwein 39 – 45), so liegt der tagesdurchschnittliche log-Wert der *Enterobacteriaceae*-Anzahl im akzeptablen Bereich (tagesdurchschnittlicher log-Wert =  $3,06 \times 10^2 \text{ KbE}/\text{cm}^2$ , siehe Tabelle 7).

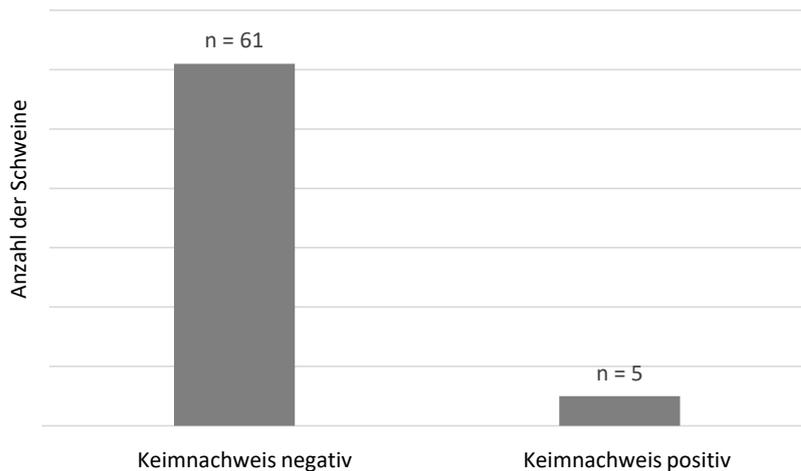
Auf der mittels Kratzschwammethode beprobten Oberfläche der Schlachtkörper der 66 Schweine wurden kulturell keine Salmonellen nachgewiesen.

#### 4.5.2 Bakterielle Untersuchung von Muskulatur/Leber/Lunge

Die Keimidentifizierung in Muskulatur, Leber und Lunge erfolgt mittels mikrobieller Anzucht und anschließender Auswertung mittels MALDI-TOF MS.

##### Muskulatur

Bei 7,6 % (n = 5) der Schweine konnten bei den Muskelproben Keimwachstum nachgewiesen werden und diese Keime identifiziert werden; bei den restlichen 92,4 % (n = 61) wurden keine Bakterien nachgewiesen (Abbildung 24).



**Abbildung 24: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung der Muskulatur**  
(n: Anzahl der Schweine)

Es handelte sich hierbei hauptsächlich um die Gattung *Staphylococcus*, einmal wurde die Gattung *Micrococcus* identifiziert (Tabelle 23). Bei Schwein 40 wurden zwei unterschiedliche Spezies identifiziert, *Staphylococcus chromogenes* und *Staphylococcus pasteurii*.

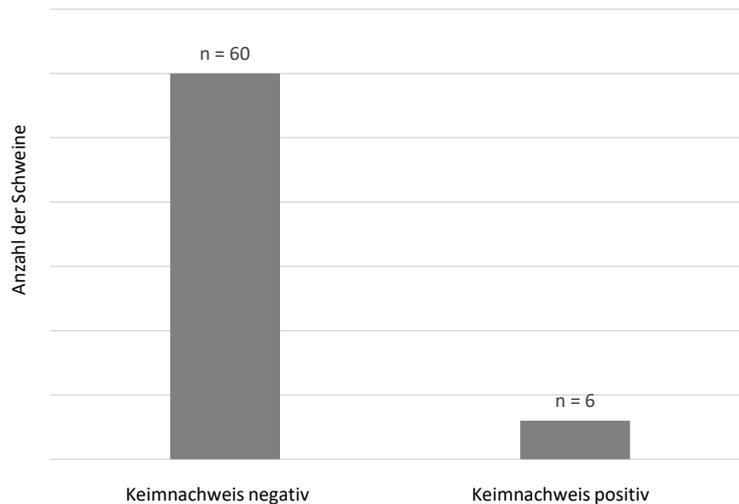
**Tabelle 23: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung der Muskulatur**

Keim	Schwein (Nr.)	KbE/Platte
<i>Micrococcus luteus</i> *	57	1
<i>Staphylococcus chromogenes</i> *	40	2
<i>Staphylococcus pasteurii</i> *	40	2
<i>Staphylococcus epidermidis</i> *	46	1
<i>Staphylococcus warneri</i> *	2	1
	11	1

\*Identifikation mittels MALDI-TOF MS, KbE: Kolonie bildende Einheit

### Leber

Bei den Leberproben konnte bei 9,1 % (n = 6) der Tiere Keimwachstum festgestellt und diese Keime auch identifiziert werden; bei 90,9 % (n = 60) war kein Bakterienwachstum nachweisbar (Abbildung 25).



**Abbildung 25: Ergebnisse der bakteriologische Untersuchung der Leber**  
(n: Anzahl der Schweine)

Hierbei handelte es sich immer um die Spezies *Staphylococcus warneri* (Tabelle 24).

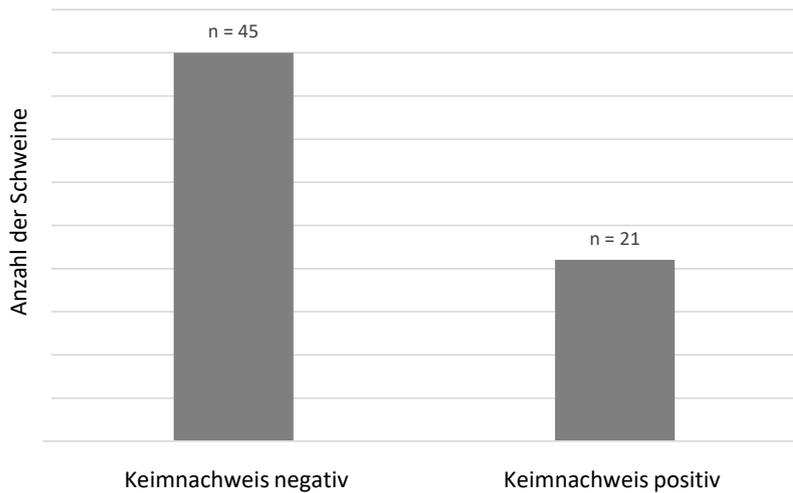
**Tabelle 24: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung der Leber**

Keim	Schwein (Nr.)	KbE/Platte
<i>Staphylococcus warneri</i> *	2	4
	11	5
	13	1
	19	1
	48	1
	55	1

\*Identifikation mittels MALDI-TOF MS, KbE: Kolonie bildende Einheit

### Lunge

Bei 31,8 % (n = 21) der Lungen wurde Bakterienwachstum nachgewiesen. Die restlichen 68,2 % (n = 45) der Schweine zeigten kein bakterielles Wachstum in den Lungen (Abbildung 26).



**Abbildung 26: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung der Lunge**  
(n: Anzahl der Schweine)

Bei 12 verschiedenen Bakterien gelang die Speziesidentifizierung mittels MALDI-TOF MS, bei drei lediglich die Identifizierung auf Gattungsebene. Bei 9 Tieren wurden 2 bis 3 verschiedene Keime in einer Lunge identifiziert (Schwein 2, 11, 24, 29, 33, 36, 42, 48, 49), bei den restlichen 12 Schweinen lediglich ein Keim (Tabelle 25).

**Tabelle 25: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung der Lunge**

Keim	Schwein (Nr.)	KbE/Platte
<i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i> *	24	1
<i>Bacillus licheniformis</i> *	31	1
	66	1
<i>Bacillus pumilus</i> *	48	1
<i>Bacillus</i> spp.*	30	1
	45	1
	46	1
	65	1
<i>Escherichia coli</i> *	36	2
<i>Micrococcus</i> spp.*	41	1
<i>Moraxella</i> spp.*	48	1
<i>Paenibacillus haemolyticus</i> *	48	1
<i>Rothia nasimurium</i> *	36	1
	62	10

Fortsetzung Tabelle 25: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung der Lunge

Keim	Schwein (Nr.)	KbE/Platte
<i>Staphylococcus epidermidis</i> *	11	4
	59	1
<i>Staphylococcus haemolyticus</i> *	29	2
<i>Staphylococcus pasteurii</i> *	2	2
	33	7
<i>Staphylococcus warneri</i> *	2	2
	13	1
	24	2
	29	3
	33	4
	42	1
	49	1
	42	2
49	1	
<i>Streptococcus hyointestinalis</i> *	24	2
<i>Streptococcus suis</i> *	11	3
	36	1
	55	2
	63	2

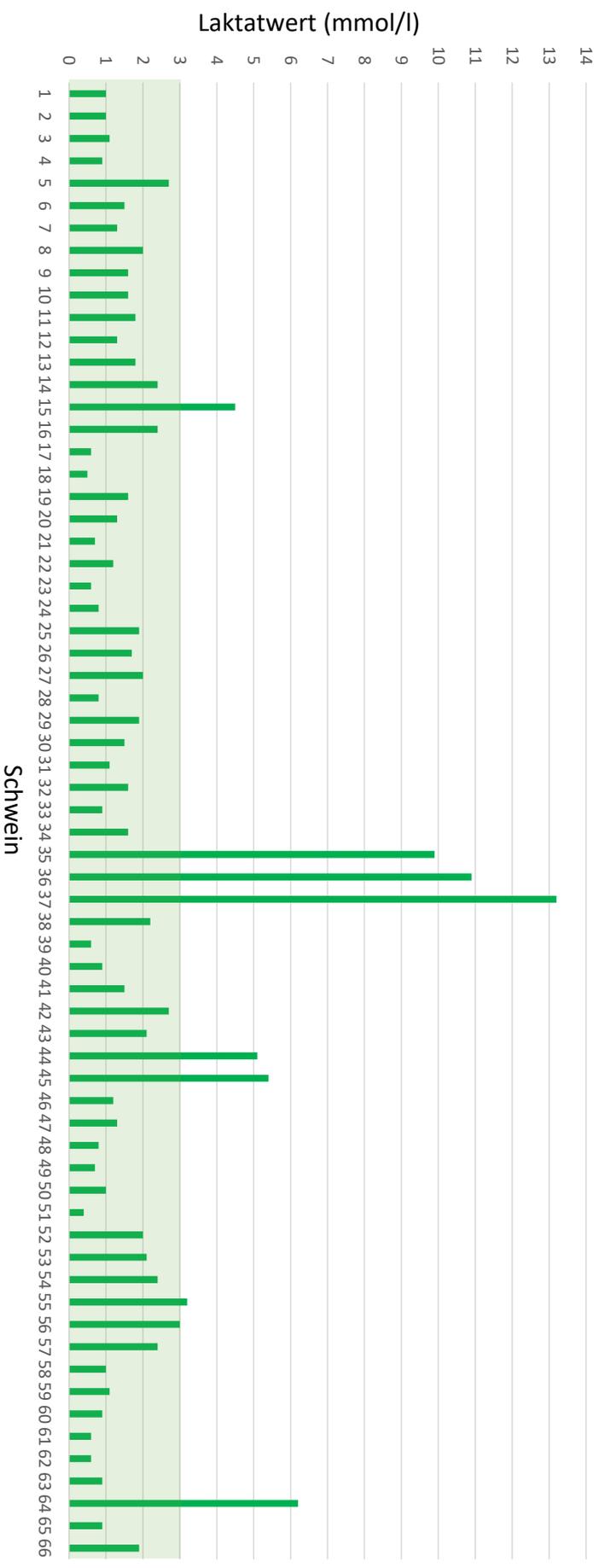
\*Identifikation mittels MALDI-TOF MS, KbE: Kolonie bildende Einheit, spp.: species

Bei den Schweinen 2 und 11 wurden sowohl in Muskulatur, Leber und Lunge Keime nachgewiesen. Bei Schwein 13, 48 und 55 konnten in Lunge und Leber Keime identifiziert werden; bei Schwein 46 in Lunge und Muskel.

## 4.6 Stressparameter

### Laktat

Die Laktatwerte wurden beim Entbluten gemessen. 87,9 % aller Tiere wiesen einen Laktatwert zwischen 0,5 - 3,0 mmol/l auf. Die übrigen Tiere hatten höhere Laktatwerte. Abbildung 27 zeigt in einem Balkendiagramm die Einzelwerte aller 66 Schweine. Der Laktatwert von 3,0 mmol/l ist hierbei farbig hinterlegt. Tabelle 26 zeigt den Mittelwert und den Median aller ermittelter Laktatwerte.



**Abbildung 27: Ergebnisse der Laktatmessung je Schwein**  
 (Bereich bis 3 mmol/l farblich markiert)

**Tabelle 26: Zusammenfassung der Ergebnisse der Laktatmessungen**

	Mittelwert $\pm$ SD	Median
Laktat (mmol/l)	2,13 $\pm$ 2,32	1,5

SD: Standardabweichung

In Tabelle 27 sind die jeweiligen Schlachtdurchgänge und die betroffenen Schweine aufgeführt, bei denen der Laktatwert über 3,0 mmol/l lag.

**Tabelle 27: Schweine mit hohen Laktatwerten**

Schlachtdurchgang	Schwein (Nr.)	Laktatwert (mmol/l)
2	15	4,5
5	35	9,9
	36	10,9
	37	13,2
6	44	5,1
	45	5,4
10	64	6,2

### Cortisol

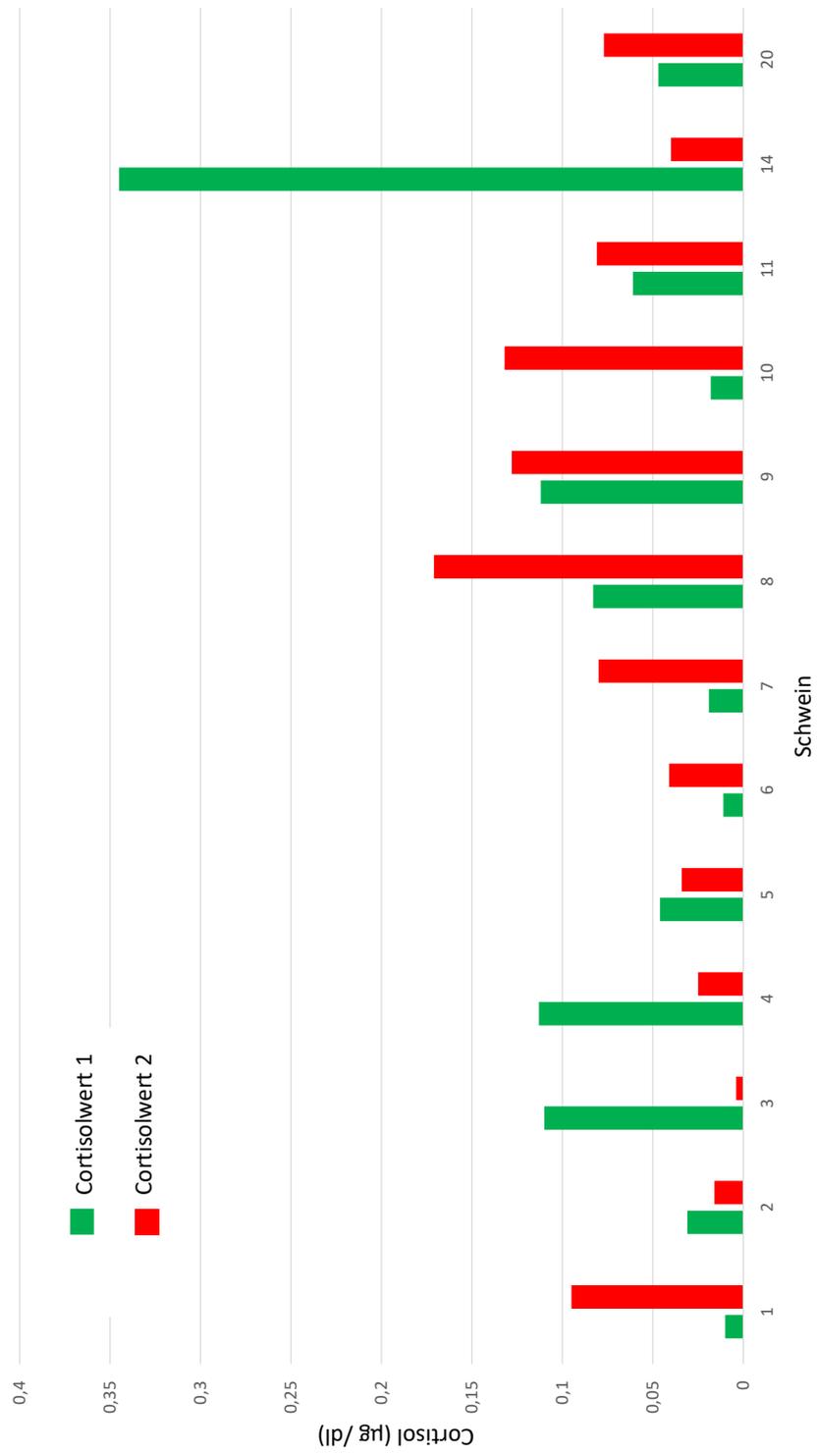
Cortisolbestimmungen wurden in Speichelproben von insgesamt 30 Schweinen durchgeführt (Tabelle 28). Bei 13 Schweinen wurden jeweils zwei Werte gewonnen, im Ruhezustand (Cortisolwert 1) und bei der Schlachtung (Cortisolwert 2). Die Differenzen lagen dabei in einem Bereich von  $-0,305$  (Schwein 14) bis  $0,114$  (Schwein 10). Von den übrigen 17 Tieren konnte nur eine Speichelprobe gewonnen werden (Cortisolwert 1:  $n = 4$ ; Cortisolwert 2:  $n = 13$ ). Insgesamt lagen die Cortisolwerte der Tiere im Ruhezustand bei durchschnittlich  $0,837 \mu\text{g/dl}$  ( $0,010$  bis  $0,345$ ), die Cortisolwerte bei der Schlachtung bei durchschnittlich  $0,165 \mu\text{g/dl}$  ( $0,004$  bis  $1,581$ ).

Abbildung 28 zeigt in einem Balkendiagramm die ermittelten Cortisolwerte 1 und 2. Bei fünf Schweinen (Schwein Nr. 2, 3, 4, 5, 14) war der Cortisolwert 1 höher, bei acht der Cortisolwert 2 (Schwein Nr. 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 20). Bei den restlichen Schweinen konnten nicht beide Werte ermittelt werden.

**Tabelle 28: Ergebnisse der Cortisolbestimmung**

Schwein (Nr.)	Cortisolwert 1 ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	Cortisolwert 2 ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	Differenz ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )
1	0,010	0,095	+ 0,085
2	0,031	0,016	- 0,015
3	0,110	0,004	- 0,106
4	0,113	0,025	- 0,088
5	0,046	0,034	- 0,012
6	0,011	0,041	+ 0,030
7	0,019	0,080	+ 0,061
8	0,083	0,171	+ 0,088
9	0,112	0,128	+ 0,016
10	0,018	0,132	+ 0,114
11	0,061	0,081	+ 0,020
12	0,065	-	-
13	0,114	-	-
14	0,345	0,040	- 0,305
15	0,190	-	-
16	-	0,058	-
19	-	0,073	-
20	0,047	0,077	+ 0,030
24	0,048	-	-
27	-	0,173	-
29	-	0,387	-
31	-	0,099	-
32	-	0,064	-
33	-	0,406	-
34	-	1,581	-
35	-	0,036	-
36	-	0,377	-
38	-	0,037	-
39	-	0,021	-
40	-	0,045	-

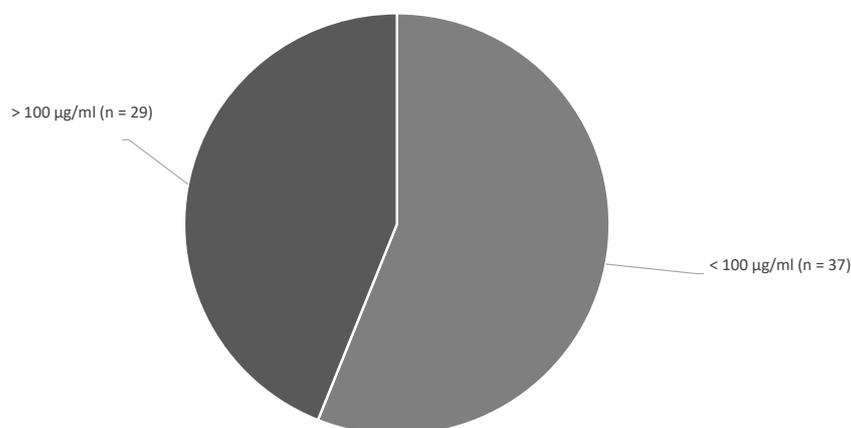
Cortisolwert 1: Probenahme im Ruhezustand, Cortisolwert 2: Probenahme im Zuge der Schlachtung, -: Probenmenge nicht ausreichend



**Abbildung 28: Cortisolwerte 1 und 2 der jeweiligen Schweine**  
(Cortisolwert 1 und 2: Probenahme im Ruhezustand bzw. unmittelbar vor der Schlachtung)

### C-reaktives Protein

Die gemessenen CRP-Werte aller 66 Schweine nahm eine sehr weite Spanne ein. 56,0 % aller Tiere hatten einen CRP-Wert unter 100 µg/ml, die restlichen 44,0 % erreichten einen Wert über 100 µg/ml. Der Mittelwert des CRP lag bei 89,67 µg/ml.



**Abbildung 29: Ergebnisse der CRP-Bestimmung**  
(n: Anzahl der Tiere, CRP: C-reaktives Protein)

Der niedrigste gemessene Wert betrug 18,81 µg/ml, der höchste gemessene Wert lag bei 220,00 µg/ml (Tabelle 29).

**Tabelle 29: Zusammenfassung der Ergebnisse der CRP-Bestimmung**

	Mittelwert ± SD	Median	Min	Max
<b>CRP (µg/ml)</b>	89,67 ± 54,45	81,84	18,81	220

SD: Standardabweichung, Min: Minimalwert, Max: Maximalwert, CRP: C-reaktives Protein

Eine Korrelation zwischen Laktatwerten und CRP-Werten bestand nicht (Statistische Methode: Kendall's tau<sub>b</sub>;  $p > 0,05$ ). Die Cortisolwerte konnten aufgrund der niedrigen Anzahl nicht in die Datenanalyse einbezogen werden.

## 4.7 Gegenüberstellung von Fleischqualität und Stressparametern

Um einen möglichen Zusammenhang von Fleischqualität und Stressbelastung zu erkennen, wurden die Fleischqualitätsparameter und Stressparameter gegenübergestellt. Ein tendenzieller Zusammenhang zwischen pH-Wert, Leitfähigkeit und dem Laktatwert war erkennbar, jedoch nicht statistisch signifikant. Je niedriger der pH-Wert war, umso höher war der Laktatwert. Je höher der Laktatwert war, umso höher war die Leitfähigkeit am Schlachtkörper. Tabelle 30 zeigt die p-Werte nach Kendall's tau<sub>b</sub> und Spearman's rho zwischen den Parametern pH-Wert/Laktat und Laktat/Leitfähigkeit.

**Tabelle 30: Korrelationskoeffizienten zwischen pH-Wert/Laktat/Leitfähigkeit**

	p-Wert	
	Kendall's tau_b	Spearman's rho
<b>pH/Laktat</b>	0,506	0,493
<b>Laktat/LF</b>	0,215	0,248

pH: pH-Wert, LF: Leitfähigkeit

Tabelle 31 zeigt die Schweine 35 und 37, bei denen der beschriebene Zusammenhang deutlich wird. Beide Schweine wiesen niedrige pH-Werte, hohe LF-Werte und hohe Laktatwerte auf.

**Tabelle 31: Schweine mit hohem Laktatwert, niedrigem pH-Wert und hohem LF-Wert**

Schwein (Nr.)	pH <sub>45</sub>	LF <sub>45</sub> (mS/cm)	Laktatwert (mmol/l)
35	5,74	6,2	9,9
37	5,90	7,9	13,2

pH<sub>45</sub>: pH-Wert 45 Minuten nach der Schlachtung, LF<sub>45</sub>: Leitfähigkeit 45 Minuten nach der Schlachtung, mS: Millisiemens

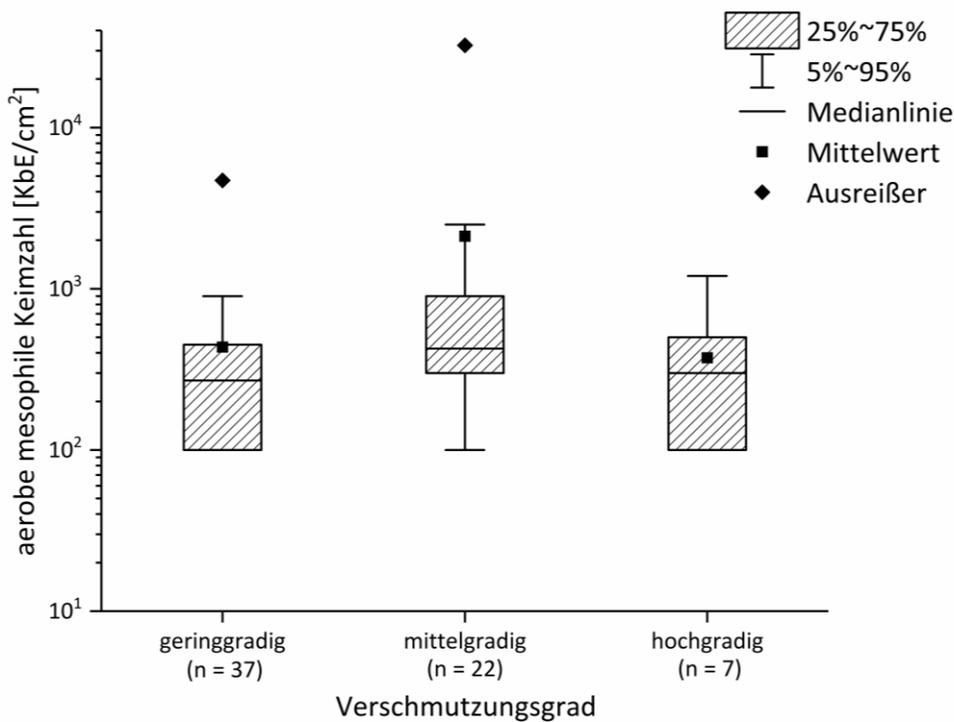
Korrelationen zwischen den Fleischqualitätsparametern und den CRP-Werten konnten nicht nachgewiesen werden ( $p \leq 0,05$ ). Die Cortisolwerte wurden aufgrund der niedrigen Anzahl nicht in die Auswertung miteinbezogen.

#### 4.8 Gegenüberstellung von Verschmutzungsgrad und Prozesshygiene

Zur Untersuchung eines möglichen Einflusses des Verschmutzungsgrades auf die Prozesshygiene wurden die diesbezüglich erhobenen Werte gegenübergestellt.

Abbildung 30 zeigt die Werte der aeroben mesophilen Keimzahl auf den Schlachtkörpern, dem Verschmutzungsgrad des jeweiligen Tieres zugeordnet. Aus der Grafik geht hervor, dass die Verteilung der Gesamtkeimzahl bei geringgradiger und hochgradiger Verschmutzung nahezu gleich war. Lediglich bei Grad 2 wurden höhere Werte erreicht.

Ebenso war der Mittelwert bei Grad 2 mit  $2,12 \times 10^3 (\pm 6,63 \times 10^2)$  KbE/cm<sup>2</sup> höher als bei Grad 1 mit  $4,34 \times 10^2 (\pm 7,53 \times 10^2)$  KbE/cm<sup>2</sup> und Grad 3 mit  $3,73 \times 10^2 (\pm 3,64 \times 10^2)$  KbE/cm<sup>2</sup>.



**Abbildung 30: Verschmutzungsgrad der Tiere in Zusammenhang mit der aeroben mesophilen Keimzahl**  
(KbE: Kolonie bildende Einheit, n: Anzahl der Tiere)

Tabelle 32 zeigt die Gegenüberstellung des Verschmutzungsgrades und der Anzahl der *Enterobacteriaceae* auf den Schlachtkörpern. Dabei gibt n die Anzahl der Tiere an, auf deren Schlachtkörpern *Enterobacteriaceae* nachgewiesen wurden.

Bei Grad 1 und 3 wurden gleiche Mittelwerte von  $1,0 \times 10^1 (\pm 0,00)$  KbE/cm<sup>2</sup> und Mediane von  $1,0 \times 10^1$  KbE/cm<sup>2</sup> erreicht, bei Grad 2 wurden jeweils höhere Werte nachgewiesen (MW ( $\pm$  SD) =  $4,33 \times 10^2 (\pm 5,05 \times 10^2)$  KbE/cm<sup>2</sup>; Median =  $4,5 \times 10^1$  KbE/cm<sup>2</sup>).

**Tabelle 32: Gegenüberstellung von Verschmutzungsgrad und Nachweis von *Enterobacteriaceae***

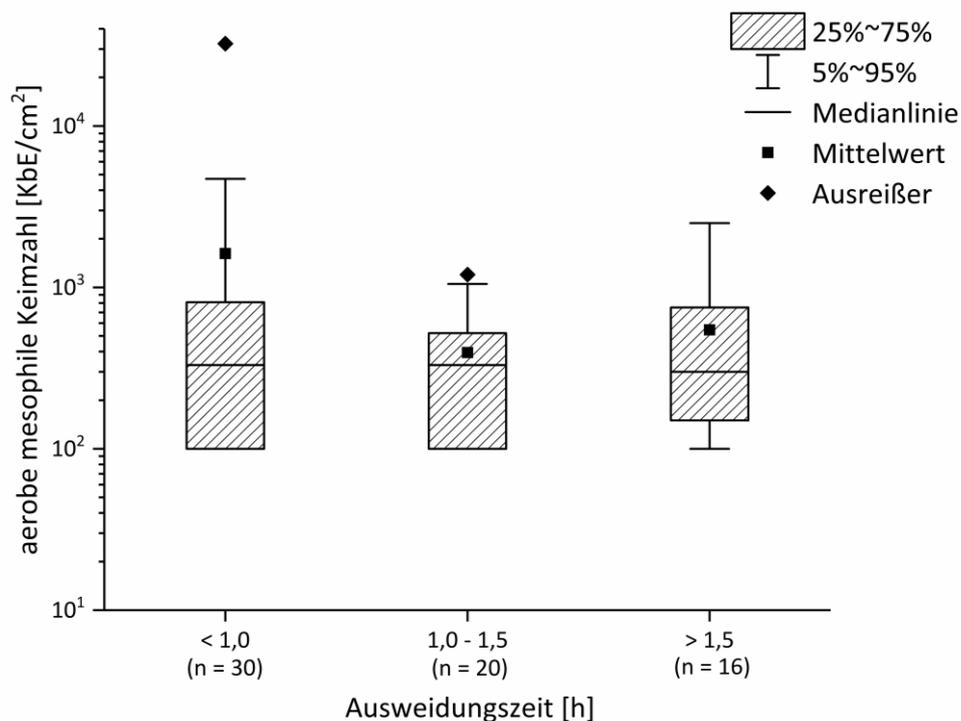
<i>Enterobacteriaceae</i>	Verschmutzungsgrad		
	Grad 1	Grad 2	Grad 3
n	4	5	2
Mittelwert $\pm$ SD (KbE/cm <sup>2</sup> )	$1,0 \times 10^1 \pm 0,00$	$4,33 \times 10^2 \pm 5,05 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1 \pm 0,00$
Median (KbE/cm <sup>2</sup> )	$1,0 \times 10^1$	$4,5 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$

n: Anzahl der Schweineschlachtkörper, auf denen *Enterobacteriaceae* nachgewiesen wurden; SD: Standardabweichung; KbE: Kolonie bildende Einheit

#### 4.9 Gegenüberstellung von Ausweidezeit und Mikrobiologie, sowie Fleischqualität

Ein potenzieller Einfluss der unterschiedlichen Ausweidezeit auf die Prozesshygiene, die Keimbelastung von Muskulatur und Leber, und die Fleischqualität wurde untersucht.

Die Ausweidezeit wurde hierfür in drei Gruppen eingeteilt: < 1 h; 1,0 – 1,5 h; > 1,5 h (siehe Tabelle 19). Abbildung 31 zeigt Verteilung der Werte der aeroben mesophilen Keimzahl auf den Schlachtkörpern, zugeteilt der jeweiligen Ausweidezeit der Schweine. Der Medianwert war bei allen drei Gruppen nahezu gleich (Ausweidezeit 1 und 2:  $3,30 \times 10^2$  KbE/cm<sup>2</sup>; Ausweidezeit 3:  $3,00 \times 10^2$  KbE/cm<sup>2</sup>). Der höchste Mittelwert wurde bei einer Ausweidezeit unter 1 h mit  $1,62 \times 10^3$  ( $\pm 5,77 \times 10^3$ ) KbE/cm<sup>2</sup> erreicht.



**Abbildung 31: Ausweidezeit in Zusammenhang mit der aeroben mesophilen Keimzahl**  
(KbE: Kolonie bildende Einheit, n: Anzahl der Tiere)

Tabelle 33 stellt die Ausweidezeiten der jeweiligen Anzahl an Tieren gegenüber, bei denen *Enterobacteriaceae* nachgewiesen wurden. Der höchste Mittelwert von  $3,63 \times 10^2$  ( $\pm 4,87 \times 10^2$ ) KbE/cm<sup>2</sup> und Median von  $2,8 \times 10^1$  KbE/cm<sup>2</sup> wurde bei einer Ausweidezeit von unter einer Stunde erreicht. Die beiden anderen Zeitspannen wiesen gleiche Mittelwerte von  $1,0 \times 10^1$  ( $\pm 0,00$ ) KbE/cm<sup>2</sup> und Mediane von  $1,0 \times 10^1$  KbE/cm<sup>2</sup> auf.

**Tabelle 33: Gegenüberstellung von Ausweidezeit und Nachweis von *Enterobacteriaceae***

<i>Enterobacteriaceae</i>	Ausweidezeit		
	< 1 h	1,0 – 1,5 h	> 1 h
n	6	3	2
Mittelwert $\pm$ SD (KbE/cm <sup>2</sup> )	$3,63 \times 10^2$ $\pm 4,87 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$ $\pm 0,00$	$1,0 \times 10^1$ $\pm 0,00$
Median (KbE/cm <sup>2</sup> )	$2,8 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$

n: Anzahl der Schweineschlachtkörper, auf denen *Enterobacteriaceae* nachgewiesen wurden; SD: Standardabweichung; KbE: Kolonie bildende Einheit

Tabelle 34 nennt die Anzahl der Tiere, bei denen in Muskel- und Leberproben Bakterien nachgewiesen werden konnten, unter Berücksichtigung der Ausweidezeit.

Die höchste Anzahl an Tieren mit einer Keimbelastung im Muskel wurde bei der Ausweidezeit < 1 h nachgewiesen (n = 3). Bei der Keimbelastung der Leber war kein Unterschied zwischen den drei Zeitspannen festzustellen (jeweils n = 2).

Außerdem sind Mittelwert und Median von pH-Wert, Leitfähigkeit und Tropfsaftverlust aller geschlachteten Tiere je Ausweidezeit angegeben. Auffallend hoch sind die Werte des Tropfsaftverlustes bei einer Ausweidezeit von über 1,5 h mit einem Mittelwert von 3,15 ( $\pm 1,65$ ) % und einem Median von 2,96 %.

**Tabelle 34: Gegenüberstellung von Ausweidezeit und Bakteriennachweis in Muskel und Leber unter Berücksichtigung von pH-Wert, Leitfähigkeit und Tropfsaftverlust**

	Ausweidezeit		
	< 1 h	1,0 - 1,5 h	> 1,5 h
<b>Muskel (n)</b>	3	2	1
<b>Leber (n)</b>	2	2	2
<b>pH-Wert</b>			
Mittelwert $\pm$ SD	6,49 $\pm$ 0,30	6,47 $\pm$ 0,39	6,57 $\pm$ 0,50
Median	6,58	6,44	6,78
<b>Leitfähigkeit (mS/cm)</b>			
Mittelwert $\pm$ SD	3,86 $\pm$ 0,27	4,02 $\pm$ 0,55	4,36 $\pm$ 1,01
Median	3,86	3,95	4,00
<b>Tropfsaftverlust (%)</b>			
Mittelwert $\pm$ SD	1,90 $\pm$ 0,67	1,67 $\pm$ 0,73	3,15 $\pm$ 1,65
Median	1,80	1,69	2,96

n: Anzahl der Tiere mit Keimbelastung in Muskel/Leber, SD: Standardabweichung, mS: Millisiemens



## 5 Diskussion

Die mobile Schlachtung von Schweinen, die in Freiland gehalten werden, ist bislang kaum verbreitet. Da derzeit keine Richtlinien oder Empfehlungen bezüglich eines praktischen und praktikablen Vorgehens existieren, wird sie in Deutschland nur selten praktiziert.

Im Rahmen eines Projekts wurde die mobile Schlachtung bei Schweinen aus ganzjähriger Freilandhaltung von November 2017 bis März 2018 begleitet. Ziel der vorliegenden Studie war es, die mobile Schlachtung hinsichtlich der rechtlichen Einhaltung von Vorgaben bezüglich Tierschutz, Lebensmittelhygiene und Verbraucherschutz zu evaluieren. Besonderes Augenmerk wurde daneben auf die Aspekte Tiergesundheit, Stressbelastung und Fleischqualität gelegt. Dies ermöglichte die Beurteilung der Freilandhaltung mit anschließender mobiler Schlachtung als funktionelle Einheit. Dabei sollte insbesondere der Schlachtprozess kritisch bewertet und optimiert werden, um den Tier- und Verbraucherschutz zu gewährleisten.

### Schlachttieruntersuchung

Die Schlachttieruntersuchung erfolgte unmittelbar vor der Schlachtung der Schweine. Dabei wurde besonders auf Ohren, Schwanz, Gliedmaßen und Verschmutzung geachtet.

Ohr- oder Schwanzverletzungen traten bei keinem der 66 Schweine auf. Verletzungen der Schwanzspitze oder Ohrenspitzen können ein Hinweis auf Kannibalismus und somit ein Anzeichen für reduziertes Wohlbefinden sein (van Putten, 1978). Kannibalismus und vermehrte Auseinandersetzungen kommen vor allem bei ungünstigen Haltungsbedingungen, wie zu hoher Besatzdichte oder einer zu geringen Anzahl an Fressplätzen, vor (Fraser und Broom, 1997; Sambras, 1991; van Putten, 1978). Laut Wiedmann (2012) haben daneben vor allem ein hoher Ammoniak- und Kohlendioxidgehalt der Luft einen negativen Einfluss auf das Auftreten von Kannibalismus. Elkmann (2007) konnte belegen, dass Kannibalismus durch das Anbieten von Beschäftigungsmaterial bei einstreuloser Haltung reduziert werden kann. Allerdings kommen Schwanzspitzenläsionen auch in Freilandhaltung und anderen ökologischen Betrieben vor (Hansson et al., 2000; Walker und Bilkei, 2006). In diesen Studien waren bis zu dreimal so viele Schweine aus ökologischer Haltung von Schwanzläsionen betroffen wie aus konventioneller Haltung.

Neben der Haltungsform übt auch die Genetik einen Einfluss auf das Aggressionsverhalten gegenüber Artgenossen aus (Camerlink et al., 2013). Appel et al. (2011) beschrieben ein vermehrt aggressives Verhalten von Jungsauen der Rasse Large White im Gegensatz zur Rasse Pietrain. Studien bezüglich des Aggressionsverhaltens der Rasse Schwäbisch-Hällisches Schwein und Duroc liegen nicht vor.

Die Ergebnisse der aktuellen Studie unterstützen jedoch die Annahme, dass günstige Haltungsbedingungen kannibalistisches Verhalten reduzieren können. In Freilandhaltung haben die Schweine ausreichend Platz und Beschäftigungsmaterial zur Verfügung. Im Falle aggressiver Verhaltensweisen der Tiere untereinander besteht genügend Ausweichraum. Diese Gegebenheiten führen zu einer Verringerung solchen aggressiven Verhaltens (Barnett et al., 1996; O'Connell und Beattie, 1999).

Klauenveränderungen konnten nicht festgestellt werden. In Untersuchungen von Rähse (2006) wurden in Haltungsformen mit wenig Einstreu vermehrt schwere Klauenläsionen nachgewiesen.

Gareis et al. (2016) nannten eine Prävalenz von 26,5 % für Klauenverletzungen bei Schweinen, die auf Vollspaltenboden gehalten wurden. Mouttotou et al. (1999) und Lahrman und Plonait (2004) beschrieben ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Klauenveränderungen und der Fußbodenbeschaffenheit. Dabei war bei hartem Boden ein Anstieg der Klauenveränderungen zu verzeichnen. Kukoschke (1994) stellte in seiner Studie signifikante Unterschiede im Hornzuwachs bei Mastschweinen aus Kompost-, Tiefstreu-, und Schrägmistaufstallung fest. Bei einer Aufstallung auf Kompost wiesen Schweine häufiger Klauenveränderungen auf als in Tiefstreu- und Schrägmistaufstallung. Ungenügende Klauenabnutzung ist die Folge einer zu weichen Einstreu (Gebhard, 1976; Geyer, 1979). Ebenso hat feuchte Einstreu negative Auswirkungen auf die Klauengesundheit (Schulenburg und Meyer, 1985).

Akzessorische Bursen lagen bei keinem der Tiere (n = 66) vor. Papsthard (1989) beschrieb eine Prävalenz von 96,3 % für das Auftreten von akzessorischen Bursen bei Schweinen aus einer Haltung auf Vollspaltenboden. Gareis et al. (2016) stellten diesbezüglich eine Prävalenz von 91,8 % fest, wovon 44,1 % der Schweine mittel- bis hochgradige Veränderungen zeigten. Dagegen wiesen nur 13,8 % der Tiere aus ökologischer Haltung akzessorische Bursen auf.

Neben der Bodenbeschaffenheit besteht auch ein genetischer Einfluss auf das Auftreten von akzessorischen Bursen beim Schwein. Bei der Rasse Pietrain treten häufig akzessorische Bursen auf, bei stark pigmentierten Rassen dagegen eher selten (Bäckström und Henricson, 1966; Behrens und Trautwein, 1964).

Allgemein ist ein vermehrtes Auftreten von Erkrankungen des Bewegungsapparates Folge der Züchtung schnellwüchsiger Rassen in Verbindung mit dem Haltungsmanagement; hier seien besonders die Haltung auf Vollspaltenboden und die eingeschränkte Bewegungsmöglichkeit genannt (Prange, 1972). Studien hierzu bezüglich der Rassen Schwäbisch-Hällisches Schwein und Duroc liegen nicht vor.

Vorliegende Ergebnisse stimmen mit den erwähnten Studien überein. Diese sprechen für einen positiven Einfluss der Freilandhaltung auf die Gliedmaßen- und Klauengesundheit. Die Beschaffenheit des Bodens in Freilandhaltung weist saisonale Unterschiede auf.

Zur Zeit der Probenahme war der Boden teilweise gefroren. Dennoch waren immer Bereiche auf der Weide vorhanden, die einen weichen Untergrund aufwiesen, z.B. die Fläche der Futterstelle. Dort wurde der Boden durch die Tiere aufgelockert. Das vorliegende Ergebnis legt nahe, dass selbst die gefrorenen Flächen kein Problem für die Tiere darstellten. Die Böden im Freiland weisen insgesamt einen weicheren Untergrund auf als Spaltenböden. Daneben waren die Hütten mit Stroh eingestreut; die Tiere konnten ihre Liegeplätze frei wählen.

Ebenso waren die Schweine von Geburt an viel in Bewegung, woraus sich eine Verbesserung des Bewegungs- und Muskelapparates ergibt. Das wiederum mindert das Auftreten von Lahmheiten (Thornton, 1990). Die unterschiedliche Bodenbeschaffenheit in Zusammenhang mit ausreichender Bewegung hatte in vorliegender Studie positive Auswirkungen auf die Gliedmaßengesundheit.

Die Verschmutzung der Tiere war abhängig von der Jahreszeit und der Witterung. Insgesamt waren 10,6 % Schweine (n = 7) hochgradig, 33,3 % (n = 22) mittelgradig und 56,1 % (n = 37) geringgradig verschmutzt. Verunreinigungen bei Schweinen aus Intensivhaltung sind laut Pill (2014) vor allem auf Fäkalkontaminationen zurückzuführen. Von den insgesamt 9.157 von ihr untersuchten Schweine wiesen 22,0 % Verschmutzungen auf. Davon waren 14 % geringgradig, 7 % mittelgradig und 1 % hochgradig verunreinigt.

Bei den Schweinen in der vorliegenden Studie war die Verschmutzung nicht fäkal bedingt. Bei genügend Ausweichraum halten sich Schweine nicht im Bereich der eigenen Fäkalien auf (Signoret, 1969). Bestärkt wird diese Annahme durch die niedrige Anzahl an *Enterobacteriaceae* auf den Schlachtkörpern (siehe 4.5).

Die Verschmutzung vorliegender Studie war großteils lediglich an den Gliedmaßen lokalisiert. Zu der Jahreszeit der Probenahme waren die Wiesen zeitweise sehr nass und schlammig. Dies war vor allem in den Bereichen der Futterstellen der Fall, an denen sich alle Tiere mehrmals am Tag aufhielten. Dadurch wurde der Boden aufgelockert und stärker belastet als andere Bereiche der Weide. Die hochgradige Verschmutzung über den gesamten Körper war Folge vom Suhlen im Schlamm und dadurch des natürlichen Verhaltens der Schweine.

Die Ergebnisse der Schlachttieruntersuchung sprechen in vorliegender Studie für einen guten Einfluss der Freilandhaltung auf die Tiergesundheit. Häufige Probleme der intensiven Schweinemast, wie Kannibalismus und Gelenkserkrankungen, traten hier nicht auf. Die Schweine wiesen einen sehr guten klinischen Gesundheitszustand auf.

#### Dokumentation des Schlachtvorgangs

Vor der eigentlichen Schlachtung wurden die Schweine über einen Zeitraum von zwei bis drei Tagen an den auf der Weide aufgestellten Schlachthanfänger und an den Umgang mit Personen gewöhnt. Dies war Voraussetzung für einen komplikationslosen Schlachtablauf.

An zehn der insgesamt elf Schlachttagen zeigten die Tiere ein sehr ruhiges Verhalten. Die Schweine an Schlachttag 5 waren allerdings unruhig und hektisch. Es stellte sich heraus, dass die Tiere in der Nacht vor der Schlachtung aus nicht erklärlichen Gründen den Zaun überwunden hatten. Es kam zur Vermischung zweier unterschiedlicher Gruppen. Nur eine davon war an den Schlachtanhänger gewöhnt. Die Tiere, denen der Schlachtanhänger und der unmittelbare Umgang mit Personen unbekannt war, gerieten auf der Hängerrampe in Hektik.

Ein weiterer wichtiger Punkt für einen reibungslosen Ablauf war das Zusammenbleiben der Tiere in der gewohnten Gruppenkonstellation. Schweine sind Gruppentiere und verfolgen jegliches Verhalten geschlossen (GÖT, 2003).

Bei den Schlachtdurchgängen 2, 6 und 10 fiel auf, dass die unruhigen Tiere meist die letzten der separierten Gruppe waren. Sie befanden sich somit allein ohne Artgenossen auf der Hängerrampe. Möglicherweise wurden sie dadurch unruhig und panisch. Der Zusammenbruch von Sozialgruppen ist ein großer Stressfaktor für Schweine (Warris, 1992). Wichtig war auch, dass die Tiere am Morgen der Schlachtung nicht bzw. nur minimal gefüttert wurden. So ließen sie sich durch alleiniges Anbieten ihres gewohnten Futters gut anlocken und separieren.

Die Betäubung und Entblutung der Schweine erfolgte ohne Komplikationen. Ein gut ausgebildetes und eingespieltes Team ist hier Voraussetzung, da beim Zusammenbruch des Tieres im Zuge der Betäubung im Hänger nur ein begrenzter Ausweichraum besteht und Schnelligkeit, Geschicklichkeit und Sorgfalt gefragt sind. Der rechtliche Maximalrahmen von 10 Sekunden zwischen Betäubung und Liegendentblutung konnte bei allen Tieren eingehalten werden (Anonymus, 2012).

Laut rechtlicher Vorgaben darf bei auf der Weide geschlachteten Rindern die Transportdauer der geschlachteten Tiere zum Schlachtbetrieb eine Stunde nicht überschreiten (Anonymus, 2007b). In Anlehnung an diese Forderung sollte in der vorliegenden Studie die Dauer zwischen Entbluten und Ausweiden maximal eine Stunde betragen.

Da die Schweine kaum getrieben wurden, nahm das komplette Schlachten auf dem Hänger unterschiedlich viel Zeit in Anspruch (10 – 30 min). Abhängig davon, wie zügig die Tiere die Rampe hochgingen, wurde unterschiedlich viel Zeit am Hänger benötigt. Beispielsweise wurden in Schlachtdurchgang 4 für 4 Schweine 30 Minuten im Hänger benötigt, bei Schlachtdurchgang 6/1 für die gleiche Anzahl an Schweinen jedoch lediglich 10 Minuten (Tabelle 18).

Es musste daher Erfahrung gewonnen werden, um einschätzen zu können, wie viele Tiere geschlachtet werden können, ohne die angestrebte maximale Zeitspanne von einer Stunde bis zur Ausweidung zu überschreiten. Im Gegensatz zur konventionellen Schlachtung am Schlachthof war diese Art der Schlachtung zeitlich nicht korrekt planbar. Vergleichsstudien bezüglich mobiler Schlachtung bei Schweinen liegen bislang nicht vor.

### Fleischuntersuchung

Bei der Fleischuntersuchung wurde Lunge, Leber, Nieren, Magendarmtrakt und Schlachtkörper jedes geschlachteten Schweines beurteilt.

Pathologische Veränderungen an den Lungen konnten in der vorliegenden Arbeit bei keinem der Tiere festgestellt werden. Pneumonien sind eines der Hauptprobleme der intensiven Schweinemast. Studien nennen Häufigkeiten für Lungenveränderungen mit bis zu 77,0 % (Köfer et al., 2001; Pill, 2014; Richter et al., 2012). Bremermann (2002) stellte einen signifikant positiven Einfluss der Freilandhaltung auf die Lungengesundheit von Schweinen fest; Ferkel wiesen nur ein Drittel der Pleuropneumonien im Vergleich zu durchgehend im Stall gehaltenen Ferkeln auf.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sprechen ebenfalls für einen positiven Einfluss der Haltung im Freien auf die Lungengesundheit. Bei Schwein 24 beispielsweise wurde in der Lunge *Actinobacillus pleuropneumoniae* identifiziert (siehe 4.5.2). Dieser Keim gilt als einer der wichtigsten Auslöser der Pleuropneumonie beim Schwein (Ewers und Wieler, 2010). Die betroffene Lunge zeigte allerdings keine makroskopisch sichtbaren pathologischen Auffälligkeiten. Womöglich bauen die Tiere während der gesamten Aufzucht eine Immunität auf, da sie durchgehend mit unterschiedlichen Keimen und Schmutz in Berührung kommen. In frischer Luft kommt es im Gegensatz zur konventionellen Haltung zusätzlich zu einer Keimverdünnung und somit zu einem geringeren Keimdruck als in Stallhaltung (Kasper, 1999).

Der Anteil pathologisch auffälliger Lebern lag bei 3,0 % (n = 2). Milk spots auf der Leber sind das typische Erscheinungsbild eines vorausgegangenen Befalls mit Spulwürmern. Die höchste Befallsrate wird im Sommer erreicht (Waldmann und Plonait, 2004). In einer Studie von Pill (2014) waren 16,0 % aller Tiere aus konventioneller Haltung von einem Spulwurmbefall betroffen. Rieger et al. (2005) und Ebke et al. (2004) beschrieben dagegen einen Befall von bis zu 37,5 % bei Schweinen aus Freilandhaltung.

In Untersuchungen von Benninger (2007) wurde bei solchen Schweinen sogar ein Prozentsatz von mindestens 60,0 % erreicht, wohingegen lediglich 20,5 % der Tiere aus konventioneller Haltung befallen waren. Die in vorliegender Studie betroffenen zwei Schweine bedeuten demnach eine für Schweine aus Freilandhaltung vergleichsweise geringe Befallshäufigkeit mit *Ascaris suum*. Ein möglicher Grund für einen Befall mit Spulwürmern wäre trotz vorhergegangener Entwurmung eine nicht ausreichende Entwurmungsdosis bei einzelnen Tieren. Eine Abschwächung des Immunsystems aufgrund einer anderen Erkrankung als begünstigender Faktor für den Parasitenbefund ist unwahrscheinlich, da die anderen Organe pathologisch unauffällig und die Tiere klinisch gesund waren. Ein gutes Weidemanagement zur Parasitenvermeidung fordert ein systematisches Vorgehen.

Mit entsprechenden Hygienemaßnahmen, anthelminthischen Behandlungen und regelmäßigem Weideumtrieb ist die Askaridose auch in Freilandhaltung gut beherrschbar (Brede et al., 2010; Früh et al., 2011; Thornton, 1990).

Der Schlachtkörper sowie der Magendarmtrakt und die 132 Nieren aller Schweine (n = 66) waren pathologisch unauffällig. In einer Studie von Scheinert (2015) wurde trotz makroskopischer Unauffälligkeiten bei der visuellen Fleischuntersuchung in 96 % der Nieren von Schlachtschweinen eine mononukleäre interstitielle Nephritis pathologisch und histologisch nachgewiesen. Dies konnte nur nach Inzision der Nieren festgestellt werden. In der vorliegenden Studie wurden die Nieren lediglich visuell beurteilt, so dass eine entsprechende Beurteilung nicht möglich war. Eine Inzision fand nicht statt, wäre aber in Praxisfällen für den amtlichen Tierarzt zeitlich ohne weiteres möglich.

Die Ergebnisse der Organbetrachtung von Lunge, Leber, Niere, Magendarmtrakt und Schlachtkörper sprechen insgesamt für einen sehr guten Gesundheitszustand der Schweine.

### Fleischqualität

Die Fleischqualität wurde anhand des pH-Wertes  $pH_{45}$ , der Leitfähigkeit  $LF_{45}$  und des Tropfsaftverlustes TSV beurteilt. Der Mittelwert des  $pH_{45}$  betrug  $6,50 (\pm 0,39)$ , derjenige der  $LF_{45}$   $4,03 (\pm 0,64)$  mS/cm und der des TSV  $2,13 (\pm 1,17)$  %. Diese Werte stehen alle für eine gute Fleischqualität (siehe Tabelle 8).

Ein  $pH_{45}$  von  $> 5,8$  ist bezeichnend für gute Fleischqualität (Schmitten et al., 1989). Eine beschleunigte Glykolyse beim Schwein liegt vor, wenn der pH-Wert 45 Minuten nach der Schlachtung unter 5,6 fällt (Honikel und Schwägele, 1989). Kleibel et al. (1983) beschreiben das Unterschreiten von pH 5,6 als eindeutigen Hinweis auf PSE-Fleisch. Werte unter 5,8 jedoch seien nicht immer ein Hinweis auf PSE-Fleisch (Kühne et al., 1992). Daneben besteht ein gewisser Einfluss der Genetik auf den pH-Wert. Schweine der Rasse Duroc haben laut Edwards et al. (2003) höhere pH-Werte als Schweine der Rasse Pietrain. Bei 65 Schweinen wurden pH-Werte über 5,8 erreicht. Bei Schwein 23 lag der pH-Wert bei 5,32. Der Grund hierfür könnte die verlängerte Ausweidezeit gewesen sein, da der pH-Wert mit der Zeit nach der Schlachtung sinkt (Honikel und Hamm, 1974). Die Messung konnte in diesem Fall nicht nach 45 Minuten durchgeführt werden, sondern wurde nach ca. 110 Minuten durchgeführt. Hinweisend auf DFD-Fleisch ist ein pH-Wert 24 h post mortem von über 6,2 (Schmitten et al., 1989). Dies konnte aufgrund der pH-Wert-Messung 45 min post mortem nicht beurteilt werden.

Reul et al. (1984) und Feldhusen et al. (1987) sehen eine Leitfähigkeit 50 Minuten nach der Schlachtung unter 5,0 mS/cm als hinweisend auf eine gute Fleischqualität. Sack (1988) und Schmitten et al. (1986) hingegen sprechen von einer Leitfähigkeit unter 4,80 mS/cm als wünschenswert.

Eine Leitfähigkeit von 5,0 mS/cm wurde bei den beprobten Schweinen zweimal überschritten: Bei Schwein 35 mit einem Wert von 6,2 mS/cm und bei Schwein 37 mit einem Wert von 7,2 mS/cm. Auf mögliche Auslöser hierfür wird unter Punkt „Zusammenhang zwischen Fleischqualität und Stressparametern“ eingegangen. Die anderen 64 beprobten Schweine wiesen LF-Werte unter 5,0 mS/cm auf.

Ein Tropfsaftverlust unter 4,0 % gilt als Qualitätsfleisch, Werte über 5 % sprechen für den Qualitätsmangel PSE-Fleisch (Westphal, 2002). Ein Tropfsaftverlust von 4,0 % wurde dreimal überschritten, bei Schwein 12 mit 4,12 %, bei Schwein 14 mit 7,13 % und bei Schwein 23 mit 6,74 %. Auf mögliche Auslöser hierfür wird unter Punkt „Zusammenhang zwischen Fleischqualität und Stressparametern“ eingegangen. Schweine der Rasse Duroc haben geringere Tropfsaftverluste als Schweine der Rasse Pietrain (Edwards et al., 2003). Paulke et al. (2001) nannten für die Rasse Duroc Tropfsaftverluste von durchschnittlich 1,9 %. Eben dieser Wert von 1,9 % wurde in vorliegender Studie als Medianwert erreicht.

Bei Schwein 23 fiel neben einem pH von 5,32 gleichzeitig einer sehr hoher Tropfsaftverlust von 6,74 % auf. Studien von Fischer (2007) und Rybarczyk et al. (2016) beschrieben eine Korrelation zwischen hohem Tropfsaftverlust und schnell sinkendem pH-Wert nach der Schlachtung. Fecke (2012) beschrieb Korrelationen zwischen hoher Leitfähigkeit, niedrigem pH-Wert und hohem Tropfsaftverlust. In vorliegender Studie wurde keine signifikante Korrelation der einzelnen Fleischqualitätsparameter untereinander festgestellt. Um eine Aussage diesbezüglich zu erreichen, müsste ein größerer Probenumfang untersucht werden. Jedoch stimmen die erhaltenen Ergebnisse tendenziell mit den Angaben aus der Literatur überein.

Die Fleischqualität der Schweine vorliegender Studie kann als sehr gut beurteilt werden.

#### Prozesshygienekriterien

Die Prozesshygiene wurde anhand von aerober mesophiler Keimzahl, *Enterobacteriaceae* und Salmonellen auf Schlachtkörpern beurteilt (Anonymus, 2005).

Bezüglich der aeroben mesophilen Keimzahl auf Schlachtkörpern von Schweinen konnten die Vorgaben zu den Prozesshygienekriterien bei allen 66 Schweinen erfüllt werden. Die Einzelwerte der aeroben mesophilen Keimzahl ( $< 10^2$  bis  $3,24 \times 10^4$  KbE/cm<sup>2</sup>) sprachen für eine befriedigende und akzeptable Prozesshygiene (Tabelle 7).

Für die Anzahl an *Enterobacteriaceae* wurden bei 97,0 % (n = 64) der beprobten Schweine befriedigende oder akzeptable Werte erreicht. Lediglich bei zwei Schlachtkörpern wurden Einzelwerte zwischen  $2,0 \log$  KbE/cm<sup>2</sup> und  $3,0 \log$  KbE/cm<sup>2</sup> überschritten und somit ein unbefriedigendes Ergebnis erlangt.

Der erforderliche Tagesdurchschnitt aller an diesem Tag geschlachteten Schweine lag allerdings im akzeptablen Bereich (siehe Tabelle 7).

Die hohen Einzelwerte bei Schwein 41 ( $1,1 \times 10^3$  KbE/cm<sup>2</sup>) und 44 ( $1,0 \times 10^3$  KbE/cm<sup>2</sup>) wurden durch eine Verunreinigung während des Schlachtprozesses verursacht. Prozesshygiene beschreibt die Hygiene im Zuge der Schlachtung. Die Schlachtschritte Brühen, Entborsten, Abflammen und Ausweiden stellen diesbezüglich relevante Punkte dar (Corbeil, 2014). Folglich ist der Auslöser für die hohen Werte mangelhafte Hygiene im Schlachtprozess. Die Prozesshygienekriterien verfolgen das Ziel, eben solche Schwachstellen zu erkennen und zu verbessern.

Salmonellen konnten auf keinem der Schlachttierkörper nachgewiesen werden. Laut einer Studie des BfR wurden im Jahr 2011 4,0 % der Schlachttierkörper von Schweinen an Schlachthöfen positiv auf Salmonellen beprobt (Hartung und Käsbohrer, 2013). Laut van der Gaag (2004) soll der Schwerpunkt des Salmonellenbekämpfungsprogramms auf eine Reduzierung der Schlachtkörperkontamination gelegt werden, da die Schlachtkörper das Endprodukt der schweinefleischerzeugenden Kette darstellen.

Folglich kann die angewandte Prozesshygiene bei der hier durchgeführten Variante der mobilen Schlachtung von Schweinen im Schlachtanhänger mit anschließender Ausweidung im Zerlegebetrieb als sehr gut beurteilt werden.

#### Mikrobiologische Befunde

Muskel, Leber und Lunge aller 66 Schweine wurde mikrobiologisch untersucht. Bei den in der Muskulatur identifizierten Keimen handelte es sich fast ausschließlich um Staphylokokken. Eine Pathogenität von *Staph. warneri*, *Staph. pasteurii*, *Staph. epidermidis* und *Staph. choromogenes* bei Schweinen ist bislang nicht bekannt. Als Folge einer Immunsuppression kommt ihnen lediglich eine geringgradige Bedeutung bei subklinischen Euterentzündungen beim Rind und nosokomialen Infektionen beim Menschen zu (Kloos und Lambe, 1991; Valentin-Weigand, 2010). *Micrococcus luteus* gilt als sogenannter „Luftkeim“ und gehört zum natürlichen mikrobiellen Milieu des Menschen (Kaprelyantst und Kell, 1993; Mukamolova et al., 2002).

Vergleichsstudien bezüglich der genannten Bakterien im Muskel von Schweinen liegen nicht vor; das Auftreten dieser Keime kann verschiedene Ursachen haben. Tatsächlich kann eine Zirkulation der Bakterien in der Blutbahn Auslöser gewesen sein. Die Keime können z. B. durch kleine Verletzungen in die Blutbahn und über Agonie bei der Schlachtung über Blut- und Lymphgefäßen in die keimfreie Gewebe gelangt sein (Reuter, 2003). Ebenso können die Keime erst im Zuge des Schlachtprozesses als sekundäre Kontamination durch das mikrobielle Milieu am Schlachthof auf die Muskulatur gekommen sein (Fehlhaber, 1992). Möglich ist auch eine Kontamination im Zuge der Probenahme.

In der Leberprobe wurde lediglich *Staph. warneri* nachgewiesen. Dieser Keim besitzt keine nachgewiesene pathogene Bedeutung (Kloos und Lambe, 1991). Vermutlich handelt es sich hierbei um eine Kontamination beim Schlachtprozess.

Eine bakterielle Belastung der Muskulatur und der Leber als Folge von mikrobiologischen Vorgängen im Magen-Darm-Trakt, ausgelöst durch die verzögerte Ausweidezeit, ist aufgrund der identifizierten Keimspezies sehr unwahrscheinlich. Im gesunden Darm können potenzielle Krankheitserreger wie *Enterobacteriaceae*, Streptokokken und Clostridien vorgefunden werden (Looft, 2012). Diese wurden im Muskel und in der Leber allerdings nicht nachgewiesen. Die Probenahme fand jedoch ausschließlich im Winter statt. Vergleichsstudien im Sommer wären von Interesse, da der Darmtrakt bei hohen Temperaturen womöglich schneller durchlässig wird. Prophylaktisch sollte eine Ausweidezeit von maximal einer Stunde eingehalten werden.

Die Beprobung der Lunge wurde zur besseren Einschätzung der Lungengesundheit zusätzlich zur makroskopischen Befunderhebung durchgeführt. In vorliegender Studie wurden bei insgesamt 31,8 % (n = 21) der Tiere Bakterien in der Lunge nachgewiesen. Da die Lungen der untersuchten Schweine visuell pathologisch unauffällig waren, kann man davon ausgehen, dass die Bakterien in diesem Fall keine krankmachende Wirkung zeigten.

In den Lungen wurden zwei für Schweine bedeutende Keime identifiziert: *Streptococcus suis* und *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Strep. suis* wurde bei vier verschiedenen Tieren nachgewiesen (Schwein 11, 36, 55, 63); er gehört dem natürlichen mikrobiellen Milieu des oberen Respirationstraktes an und findet sich auf den Tonsillen und in der Nasenhöhle des Schweines (Hogg et al., 1996; Robertson et al., 1991). Laut Ganter und Amtsberg (1996) ist eine eindeutige pathogene Bedeutung für die Lunge von *Strep. suis* bislang nicht geklärt. Neben möglichen respiratorischen Krankheitsbildern können auch Meningitiden oder Arthritiden auftreten (Higgins und Gottschalk, 1999; Pallarés et al., 2003). Die Übertragung erfolgt nasal oder oral (Arends et al., 1984).

*Actinobacillus pleuropneumoniae* konnte lediglich in einer Lunge nachgewiesen werden (Schwein 24). Die klinische Symptomatik ist abhängig von der Virulenz des Erregers, der Infektionsdosis und dem Alter des Wirtes. Die Übertragung erfolgt durch direkten Kontakt oder aerogen. Der Erreger ist hochkontagiös. Eine Erkrankung kann einen perakuten, akuten oder klinisch inapparenten Verlauf annehmen (Ewers und Wieler, 2010).

Ein hohes Erkrankungsrisiko besteht nach dem Mischen von Gruppen aus verschiedenen Herkunftsbetrieben, bei starken Schwankungen der Stalltemperatur und einer unzureichenden Belüftung (Rosendal und Mitchell, 1983). Beide Bakterienspezies, *Strep. suis* und APP, führten in vorliegender Studie nicht zu makroskopisch sichtbaren Läsionen.

Die Lungen zeigten jeweils ein pathologisch unauffälliges Bild. Es war immer nur ein Schwein aus einer Gruppe, nie mehrere aus der selben Gruppenkonstellation, betroffen.

Des Weiteren wurden Keime mit potenzieller Pathogenität, wie *Escherichia coli*, *Moraxella* spp. und *Rothia nasimurium* nachgewiesen; die betroffenen Lungen zeigten aber ebenfalls keine pathologischen Auffälligkeiten, weshalb den Keimen in vorliegender Studie keine krankmachende Bedeutung zugesprochen wird.

*Escherichia coli* ist ein natürlicher Besiedler des Darmtrakts von Mensch und Tier. Das Auftreten in der Lungenprobe ist wahrscheinlich auf eine Kontamination im Zuge des Schlachtprozesses zurückzuführen. In einer Studie von Palzer (2006) wurden in den Lungen klinisch gesunder Tiere mehr *E. coli* nachgewiesen als in den Lungen klinisch erkrankter Tiere. Ebenso fanden Hensel et al. (1994) bei 25 % der untersuchten, klinisch gesunden Tiere *E. coli* in der bronchoalveolären Lavageflüssigkeit vor.

*Moraxella* spp. kommen saprophytär im oberen Respirationstrakt von Tier und Mensch vor. Die Pathologie beim Schwein ist noch nicht komplett geklärt (Bauerfeind, 2010); womöglich spielt *Moraxella* spp. eine Rolle bei Infektionen des oberen Respirationstrakts (Miksits und Hahn, 2003).

*Rothia nasimurium* wurde in einer Studie von Gärtner et al. (2016) in Emissionsuntersuchungen aus Schweineställen nachgewiesen. Dieses Bakterium steht in der Diskussion, Auslöser für respiratorische Erkrankungen zu sein oder eine Beteiligung daran zu haben (Collins et al., 2000; Michon et al., 2010).

Keimen, wie *Bacillus* spp., *Paenibacillus haemolyticus* und *Streptococcus hyointestinalis*, wird bislang keine nachgewiesene pathogene Wirkung beim Schwein zugeordnet. Über deren Besiedlung der Lunge ist bislang nichts bekannt (Musbah und Alasil, 2013; Selbitz, 2010). *Bacillus* (*B.*) *licheniformis* und *B. pumilus* kommen vornehmlich im Boden vor und können durch das natürliche Wühlverhalten der Schweine durch Einatmung in die Lunge gelangt sein (Gutiérrez-Mañero et al., 2001).

Ebenso wird weiteren in den Lungenproben identifizierten Bakterien, wie *Staph. epidermidis*, *Staph. haemolyticus*, *Staph. pasteurii* und *Staph. warneri*, keine pathogene Bedeutung zugesprochen. Diese sind wahrscheinlich ebenso durch das Wühlverhalten des Schweines oder durch eine Kontamination beim Schlachtprozess in die Lunge gelangt.

Schweine, bei denen sowohl in Muskel, Leber und Lunge Keime nachgewiesen wurden, zeigten keine Einschränkung des Allgemeinbefindens und wiesen einen guten Verfassungszustand auf. Ebenso wurden hier keine makroskopischen pathologischen Auffälligkeiten bei der Schlachtier- und Fleischuntersuchung festgestellt.

### Stressparameter

Zur Beurteilung der Stressbelastung der Schweine bei der Schlachtung wurden die Parameter Laktat, Cortisol und C-reaktives Protein gemessen.

Die gemessenen Laktatwerte lagen bei 87,9 % der Tiere zwischen 0,5 und 3,0 mmol/l. Auffallend ist der Zusammenhang zwischen den unter 4.2 erwähnten Tieren, die beim Zutrieb zur Betäubung unruhig waren, und den Tieren mit stark erhöhten Laktatwerten. Tiere, die die Rampe ruhig hochgingen, wiesen immer Laktatwerte unter 3,0 mmol/l auf. Tiere, die augenscheinlich unruhig waren, zeigten immer sehr hohe Laktatwerte.

In einer Studie von Wimmers et al. (2002) wurde eine signifikante Laktaterhöhung nach einer Myostressinjektion festgestellt. Ebenso stellten Becker et al. (1989) eine Erhöhung des Laktatspiegels nach dem Transport fest. Auch vorliegende Ergebnisse lassen annehmen, dass Unruhe und Stress zu einer erhöhten Laktatproduktion führen. Der Laktatschnelltest wäre eine einfache und preiswerte Möglichkeit, die kurzfristige Stressbelastung von Schweinen am Schlachthof zu beurteilen. Er ist leicht zu bedienen und schnell im Zuge des Entblutens durchführbar.

Speichelproben konnten von nur wenigen Tieren in ausreichender Menge zur Cortisolbestimmung gewonnen werden. Grund dafür war das deutlich fehlende Interesse der Schweine, über einen Zeitraum von 30 Sekunden auf einer Salivette zu kauen. Selbst nach Anfüttern mit Äpfeln und dadurch ausgelösten Speichelfluss, blieb jegliche Neugierde aus. Im Unterschied dazu wurde bei Schweinen aus konventioneller Haltung ein anderes Verhalten beobachtet. In Studien von Maier (2005) und Weiß (2015) war die Speichelprobennahme mit Hilfe von Salivetten problemlos durchführbar. Dies zeigt, dass in Freiland gehaltene Tiere genügend alternative Beschäftigungsmöglichkeiten haben und daher am Zerkauen von Speicheltupfern nicht interessiert sind.

Mehrere Studien belegen den Nutzen von Cortisolmessungen aus Speichel oder Plasma als Stressindikator beim Schwein (Merlot et al., 2011; Rosochacki et al., 2000; Weiß, 2015). In Stresssituationen kommt es zu einer Aktivierung des Hypothalamus und des sympathischen Systems, woraus eine erhöhte Freisetzung von Glukokortikoiden und Katecholaminen resultiert (Huber, 2015). Die Differenz der Cortisolwerte vorliegender Studie im Ruhezustand und unmittelbar vor der Schlachtung zeigt, dass die Tiere keine wesentlich erhöhten Cortisolwerte vor der Schlachtung aufwiesen. Teilweise zeigte sich sogar im Ruhezustand ein höherer Wert.

Die Ergebnisse der Studie weisen also darauf hin, dass die Tiere vor der Schlachtung ruhig und entspannt waren und sich ihr Zustand nicht wesentlich vom Ruhezustand unterschied.

Bei den Tieren ( $n = 7$ ), die vor der Schlachtung unruhig und hektisch waren, liegen keine zwei verschiedene Cortisolwerte zum Vergleich vor, weswegen diese Aussage besonders in Bezug auf betroffene Schweine nicht verallgemeinert werden kann.

Vergleichswerte bezüglich der Rasse Schwäbisch-Hällisches Schwein und Duroc liegen nicht vor; in einer Studie von Mück (2017) bei Mastschweinen aus konventioneller Haltung im Alter zwischen 12 und 16 Wochen wurden aber basale Speichelkonzentrationen an Cortisol von 2,8 - 3,3 nmol/l (= 0,10 – 0,12 µg/dl) festgestellt. Die Werte der vorliegenden Studie liegen im ähnlichen Bereich und somit auch im Bereich basaler Cortisolwerte.

Die Konzentrationen der gemessenen CRP-Werte bewegten sich in einem breiten Bereich. Mittelwert und Median lagen jeweils über 80 µg/ml. Die Normalkonzentrationen von CRP bei Schweinen liegen laut Hersteller des ELISA-Kits zwischen 5 und 30 µg/ml (IBL, Hamburg, Deutschland).

Neben Autoimmunisierung und der Beseitigung von geschädigtem Gewebe schützt das CRP auch vor Infektionen. Hohe Werte sprechen für ein allgemein besseres und aktiveres Immunsystem (Mold et al., 2002). Möglicherweise haben Schweine in Freilandhaltung von Grund auf ein stärker arbeitendes Immunsystem, da sie zu jeder Zeit mit einer großen Varietät an Keimen in Kontakt kommen. Da die Tiere weder klinische Erkrankungen noch makroskopisch erkennbare Entzündungen aufwiesen, ist eine Infektion als Ursache der vergleichsweise hohen CRP-Werte der Schweine der vorliegenden Studie nicht anzunehmen.

Hohe CRP-Werte sind auch ein Hinweis auf eine Stressbelastung (Murata et al., 2004; Piñeiro et al., 2007). Die Werte von Laktat und Cortisol sprechen in vorliegender Studie jedoch für eine geringe Stressbelastung. Bezüglich der CRP-Konzentration von Schweinen einer Schwäbisch Hällisches Schwein-Duroc-Kreuzung ist bislang nichts in der Literatur erwähnt. Auch Daten bezüglich Tieren aus Freilandhaltung sind bislang nicht vorhanden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass der CRP-Referenzbereich des Herstellers von 5 – 30 µg/ml für Schweine aus Freilandhaltung oder speziell für Schweine der Rasse Schwäbisch-Hällisches Schwein und Duroc nicht verwendbar ist.

Nast-Kolb et al. (1992) beschrieb eine Korrelation zwischen CRP-Werten und Laktat bei Menschen mit Polytrauma. Bezüglich Schweine liegen keine entsprechenden Studien vor. Ebenso beschrieb Kroner (2006) bei Pferden eine tendenziell positive Korrelation zwischen Serumcortisol und Plasmalaktat. Eine Korrelation zwischen Laktat und CRP konnte in der vorliegenden Arbeit nicht festgestellt werden.

Scheibl (2016) beschreibt eine Stressbelastung der Tiere bei der Schlachtung als unvermeidbar. Die vorliegende Studie aber zeigt, dass eine Stressbelastung bei der mobilen Schlachtung weitestgehend vermieden werden kann.

### Zusammenhang zwischen Fleischqualität und Stressparametern

Es wurde der Zusammenhang zwischen der Stressbelastung der Tiere und der Fleischqualität untersucht.

Zwischen den Parametern Laktat, pH-Wert und Leitfähigkeit war eine Korrelation festzustellen, diese war jedoch statistisch nicht signifikant. Tiere, die vor der Schlachtung einer Stressbelastung ausgesetzt waren und hohe Laktatwerte aufwiesen, hatten nach der Schlachtung einen geringeren pH-Wert.

Speziell bei den Schweinen 35 und 37 waren neben dem hohen Laktatwert (35: 9,9 mmol/l; 37: 13,2 mmol/l) und dem niedrigen pH-Wert (35: pH 5,74; 37: pH 5,90) ein hoher Leitfähigkeitswert (35: 6,2 mS/cm; 37: 7,9 mS/cm) auffällig (siehe Tabelle 31). Nach der Schlachtung wird Glykogen physiologisch zu Laktat abgebaut. Dadurch sinkt der pH-Wert (von Engelhardt et al., 2015). Ist aber vor der Schlachtung der Laktatwert schon erhöht, so steigt das Laktat nach der Schlachtung weiter an, folglich sinkt der pH-Wert schneller. Da die Leitfähigkeit mit dem Gehalt an Ionen steigt und abhängig ist von der Konzentration und dem Dissoziationsgrad der gelösten Elektrolyte, steigt sie mit fallendem pH-Wert an (Honikel und Schwägele, 1989).

D'Souza et al. (1998) beschrieben einen ansteigenden Laktatwert bei Einsatz elektrischer Treibgeräte bei Schweinen und einen gleichzeitigen Anstieg der PSE-Rate. Dies spricht ebenso für einen negativen Einfluss der Stressbelastung auf die Fleischqualität und bestärkt vorliegende Ergebnisse.

Eine Korrelation zwischen den Fleischqualitätsparametern und den CRP-Werten konnte nicht nachgewiesen werden. Studien diesbezüglich liegen ebenfalls nicht vor. Viele Studien aber beschreiben einen Zusammenhang zwischen Stress und Fleischqualität und zwischen Stress und CRP-Werten (Gerber, 1984; Piñeiro et al., 2007; Salamano et al., 2008; Scheper, 1972). Zusammengefasst ist der Umgang mit den Tieren vor der Schlachtung und während des Transportes ein wichtiger Einflussfaktor auf die Fleischqualität (Mickwitz et al., 1993; Schütte et al., 1994b).

### Zusammenhang zwischen Verschmutzungsgrad und Prozesshygiene

Untersucht wurde ein potenzieller negativer Einfluss des Verschmutzungsgrades der Tiere auf die Prozesshygiene; dies konnte jedoch ausgeschlossen werden. Wie Abbildung 30 zeigt, lagen die Medianwerte der aeroben mesophilen Keimzahl nach dem Herrichten bei Verschmutzungsgrad 1 und 3 im selben Bereich (Grad 1:  $2,7 \times 10^2$  KbE/cm<sup>2</sup>; Grad 3:  $3,0 \times 10^2$  KbE/cm<sup>2</sup>). Lediglich bei Grad 2 ließ sich ein höherer Medianwert feststellen (Grad 2:  $4,25 \times 10^2$  KbE/cm<sup>2</sup>). Ebenso bestand kein Zusammenhang zwischen dem Verschmutzungsgrad der Tiere und dem *Enterobacteriaceae*-Nachweis (Tabelle 32).

Dies weist darauf hin, dass mit Hilfe einer guten Schlachthygiene und eines korrekten Reinigungsprozesses die Oberflächenkontamination von Schlachtkörpern minimiert werden kann.

Bei gründlicher Reinigung, Entborstung und Abflammung kann der Schmutz entfernt werden, da der Schlachtkörper bei Schweinen nach dem Herrichten eine relativ glatte Oberfläche aufweist.

Bei hochgradiger Verschmutzung muss womöglich für eine gründliche Reinigung im Zerlegebetrieb mehr Zeit eingeplant werden; dies ist aber bei der mobilen Schlachtung problemlos möglich, da keine Abhängigkeit von einer Schlachtbandgeschwindigkeit besteht.

Im Gegensatz hierzu stellt der Verschmutzungsgrad bei Rindern jedoch einen wesentlichen Einflussfaktor auf die Prozesshygiene dar (Brecheisen, 2014). Das Fell kann nicht gereinigt werden und es muss genauestens darauf geachtet werden, dass das Fell nicht mit der Oberfläche des Schlachtkörpers in Berührung kommt.

Während bei Schweinen aus konventioneller Haltung vor allem Fäkalien als Ursache der Verschmutzung gesehen werden, sind bei den Schweinen vorliegender Studie vermutlich eher Umgebungsschmutz und Staub verantwortlich (Pill, 2014). Schweine sind sehr reinliche Tiere und halten ihre Kotplätze getrennt von Liegeplätzen, wenn ihnen ausreichend Platz zur Verfügung steht (Buré, 1987; Jackisch et al., 1996; Wechsler et al., 1991). Diese Gegebenheit kann auch eine Kontamination mit *Enterobacteriaceae* reduzieren.

#### Zusammenhang zwischen Ausweidezeit und Mikrobiologie, sowie Fleischqualität

Die Transportzeit von auf der Weide geschlachteten Rindern zum Schlachthof darf eine Stunde nicht überschreiten (Anonymus, 2007b). Gemäß dieser Vorgabe wurde bei der Schlachtung der Schweine im Schlachtanhänger eine Höchstdauer von einer Stunde als Intervall zwischen Entblutung und Ausweiden angestrebt. Diese Zeitspanne wurde bei 54,5 % der im Rahmen dieser Studie geschlachteten Schweine (n = 36) überschritten (siehe Tabelle 18). Die maximale Zeit lag hierbei bei 150 Minuten (Schlachtdurchgang 2). Der Grund hierfür war ein noch nicht eingespieltes Team. Die Schlachtung lief noch nicht routiniert ab, da diese Art der Schlachtung zuvor nicht praktiziert wurde und noch keine Anhaltspunkte zur Orientierung gegeben waren; es musste erst Erfahrung gesammelt werden.

Ein Zusammenhang zwischen der benötigten Ausweidezeit und den Werten der Prozesshygiene war jedoch nicht zu erkennen. Die Medianwerte der aeroben mesophilen Keimzahl lagen sogar bei allen drei Zeitspannen (< 1 h; 1 – 1,5 h; > 1,5 h) im ähnlichen Bereich (Ausweidezeit 1 und 2:  $3,30 \times 10^2$  KbE/cm<sup>2</sup>; Ausweidezeit 3:  $3,00 \times 10^2$  KbE/cm<sup>2</sup>). Auch der bei der Anzahl an *Enterobacteriaceae* höchste erreichte Medianwert von 27,50 KbE/cm<sup>2</sup> wurde bei einer Ausweidezeit von < 1 h erreicht (Tabelle 33).

Folglich übte eine verlängerte Ausweidezeit in vorliegender Studie keinen negativen Einfluss auf die Prozesshygiene aus. Die mikrobiologische Keimbelastung von Muskulatur und Leber stand ebenfalls in keinem Zusammenhang mit der Ausweidezeit.

Diese hatte also in vorliegender Studie keinen Einfluss auf die Lebensmittelsicherheit. Zu ähnlichen Ergebnissen kam eine über mehrere Jahre durchgeführten Untersuchung des Veterinärämtes Rottal-Inn von Rindern, die nicht innerhalb einer Stunde ausgeweidet wurden; jede bakteriologische Untersuchung war hier trotz verlängerter Ausweidezeit ebenfalls negativ (Veterinäramt Rottal-Inn, 2016).

Vorliegende Studie wurde allerdings nur in Herbst- und Wintermonaten durchgeführt. Interessant wären ähnliche Studien im Sommer. Möglicherweise haben erhöhte Temperaturen bei verzögerter Ausweidezeit einen negativen Einfluss auf das Lebensmittel Fleisch. Generell sollte jedoch eine Ausweidezeit von einer Stunde nicht überschritten werden.

Ebenso übten die Ausweidezeiten keinen relevanten Einfluss auf die Fleischqualitätsparameter pH-Wert und LF-Wert aus. Bei Tieren mit der längsten Zeitspanne wurden sogar die höchsten pH-Werte festgestellt. Bei einer Zeit > 1,5 h wurden jedoch die höchsten Tropfsaftverluste festgestellt. Dies hat möglicherweise mit der Durchlässigkeit des Gewebes zu tun, die mit der fortschreitenden pH-Senkung und Membrandenaturierung ansteigt (Fehrenberg, 1991; Honikel und Schwägele, 1989). Dagegen spricht allerdings der verhältnismäßig hohe pH-Wert. Weitere Studien bezüglich eines Zusammenhangs zwischen Zeitdauer nach der Schlachtung und Tropfsaftverlust stehen derzeit nicht zur Verfügung.

Zusammengefasst hatte die Ausweidezeit bis zu 150 Minuten keinen Einfluss auf Prozesshygiene, mikrobielle Belastung der Organe und die Fleischqualität.



## 6 Beurteilung des Gesamtkonzepts

### Tiergesundheit

Der gesundheitliche Zustand der lebenden Tiere und die Beschaffenheit der Organe in Zusammenhang mit der geringen Keimbelastung der Lungen sprechen insgesamt für einen sehr guten Gesundheitszustand der Schweine. Befunde, die häufige Probleme in der konventionellen Haltung darstellen, wie Lungenerkrankungen und akzessorische Bursen, wurden in vorliegender Studie nicht festgestellt.

Neben vergleichsweise mehr Bewegung und Beschäftigung können die Schweine in Freilandhaltung ihrem natürlichen Sozialverhalten nachgehen. Durch große Weideflächen besteht die Möglichkeit, Auseinandersetzungen aus dem Weg zu gehen. Diese Umstände mindern das Auftreten von Kannibalismus (Fraser und Broom, 1997). Bodenbeschaffenheit und Bewegung scheinen sich positiv auf Gelenke und Klauen auszuwirken. Der allgemeine Gesundheitszustand und der dauerhafte Aufenthalt an der Frischluft sind vermutlich der Hauptgrund für die gute Lungengesundheit. Die Tiere sind in Freilandhaltung mannigfaltigen Umwelteinflüssen ausgesetzt, können diese aber womöglich durch den Aufbau eines stabilen Immunsystems besser verarbeiten (Thornton, 1990). Wichtig ist bei dieser Haltungsform ein sehr striktes Parasitenmanagement. Wird dieses sorgfältig durchgeführt, ist der Parasitenbefall in Freilandhaltung beherrschbar, wie die Leberbefunde in der vorliegenden Studie zeigen. Einen Schutz gegen Ektoparasiten stellen Suhlen, Wasser- und Schlamm-bäder dar (Sambraus, 1991). Ebenso ermöglicht die Schlammschicht auf der Haut eine langanhaltende Verdunstungskühlung im Sommer und trägt somit zur Temperaturregelung des Schweines bei.

Auf der Basis der in der vorliegenden Studie erhobenen Daten kann die Freilandhaltung von Schweinen bezüglich des Gesundheitszustandes sehr positiv beurteilt werden. Studien wären von Interesse, die den Gesundheitszustand der Tiere über mehrere Jahre beurteilen.

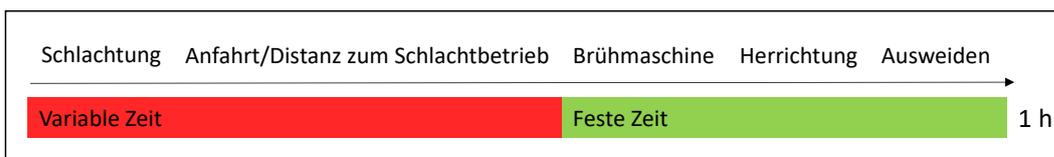
### Mobile Schlachtung als Alternative zur herkömmlichen Schlachtung

Vorliegende Arbeit belegt, dass die Schlachtung in einem Schlachtanhänger aus der Sicht des Tierschutzes, der Hygiene und der praktischen Umsetzung gut durchführbar ist. Voraussetzung für eine mobile Schlachtanlage ist der Bau des Schlachtanhängers gemäß rechtlicher Vorgaben und dessen Anbindung an einen EU-zugelassenen Schlachtbetrieb (Wullinger, 2016).

Grundlage einer guten Praxis ist qualifiziertes und vielseitig einsetzbares Personal. Die Vorbereitung des Schlachtanhängers (Reinigung, Füllung des Wassertanks, Anfahrt zur Weide, etc.) und der Tiere beanspruchen einen erhöhten Zeit- und Personalaufwand. Motivation und Geduld der Mitwirkenden ist Voraussetzung für ein Gelingen der Schlachtung. Ebenfalls wichtig für einen reibungslosen Schlachtablauf ist das Gewöhnen der Schweine an den Schlachtanhänger mind. zwei bis drei Tage vor Schlachtbeginn. Bei der beschriebenen Durchführung der mobilen Schlachtung wird die benötigte Zeit durch das Tier bestimmt, nicht durch den Menschen. Das Wohlbefinden der Tiere steht hier im Vordergrund, nicht der Profit.

Die Ausweidezeit sollte in Anlehnung an Vorgaben bezüglich des Transportes auf der Weide geschlachteter Rinder zum Schlachtbetrieb maximal eine Stunde dauern (Anonymus, 2007c). Der Schlachtablauf per se ist jedoch zeitlich nur schlecht planbar, da der Schlachtprozess am Hänger abhängig ist von der „Motivation“ der Schweine. Ein eingespieltes Team mit ausreichender Routine ist deshalb von großer Wichtigkeit.

Daneben wird die Zeitspanne durch die benötigte Fahrtdauer zum Schlachtbetrieb und den weiteren Herrichtungsprozess (Brühen, Entborsten, Reinigen, Ausweiden) beeinflusst. Schlachtung im Hänger und Fahrt zum Schlachtbetrieb stellen hierbei einen schwer beeinflussbaren variablen Faktor dar. Die Prozesse im Schlachtbetrieb können hingegen innerhalb einer weitgehend konstanten Zeitspanne stattfinden. Diese wird beeinflusst von den verwendeten Geräten (in erster Linie von der Brühmaschine) und dem Personal. Mittels Beachtung dieser beiden Komponenten wird die Eintaktung und Einschätzung zur Einhaltung der Ausweidezeit erleichtert. Abbildung 32 zeigt einen Zeitstrahl über eine Stunde, der aufgeteilt ist in die Komponenten variable Zeit und feste Zeit.



**Abbildung 32: Zeitliche Einteilung des Schlachtvorganges**

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht muss der Verbraucher bereit sein, aufgrund des größeren Aufwandes einen höheren Preis für das Fleisch zu bezahlen (Schweisfurth, 2007). Der Mehrwert für den Verbraucher besteht darin, Fleisch von Tieren aus artgerechter Haltung zu erhalten, denen der Transport zum Schlachthof erspart wurde und die weitestgehend stressfrei geschlachtet wurden. Dieses wirkt sich wiederum positiv auf die Fleischqualität aus.

In Abbildung 33 sind zusammenfassend Punkte aufgeführt, die bei einer mobilen Schlachtung, besonders bei Schweinen, beachtet werden müssen.

Mobile Schlachtung bei Schweinen - Voraussetzungen und Empfehlungen aufgrund von Erfahrungswerten -
<p style="text-align: center;"><b>Rechtliche Voraussetzungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Rechtliche Grundlage: EU-Hygienepaket<ul style="list-style-type: none"><li>- VO (EG) Nr. 852/2004</li><li>- VO (EG) Nr. 853/2004</li><li>- VO (EG) Nr. 854/2004</li></ul></li><li>• EU-konformer Bau des Schlachtmobiles in Anlehnung an das EU-Hygienepaket</li><li>• Anmeldung des Schlachtmobiles als Teil eines EU-zugelassenen Schlachtbetriebes</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>Empfehlungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einsatz von geschultem, qualifiziertem und motiviertem Personal</li><li>• Einplanung von ausreichend Zeit für die Schlachtung pro Tier</li><li>• Gewöhnung der Schweine an das Schlachtmobil über mehrere Tage, positive Konditionierung</li><li>• Gewöhnung der Schweine an den Umgang mit Personen</li><li>• Keine Gruppentrennung der Tiere bis zur Einzelseparierung für die Betäubung</li><li>• Stressvermeidung bei den zuletzt zu schlachtenden Tieren, insbesondere beim letzten Schwein; daher Separieren von mehr als für den Schlachtvorgang geplanten Schweinen vor dem Schlachtanhänger</li><li>• Nüchternung der Schweine über mehrere Stunden vor der Schlachtung</li><li>• Anlocken mit besonderen Leckereien</li><li>• Schlachtung durch mind. zwei Metzger, um Betäubung und Entblutung im vorgeschriebenen Zeitraum erfüllen</li><li>• Einsatz mind. zwei weiterer Personen für Anlocken und Separieren der Tiere</li><li>• Anpassung der Schlachtzahl zur Einhaltung der Ausweidungszeit <math>\leq 1</math> h</li></ul>

**Abbildung 33: Empfehlungen zur Durchführung einer mobilen Schlachtung bei Schweinen**

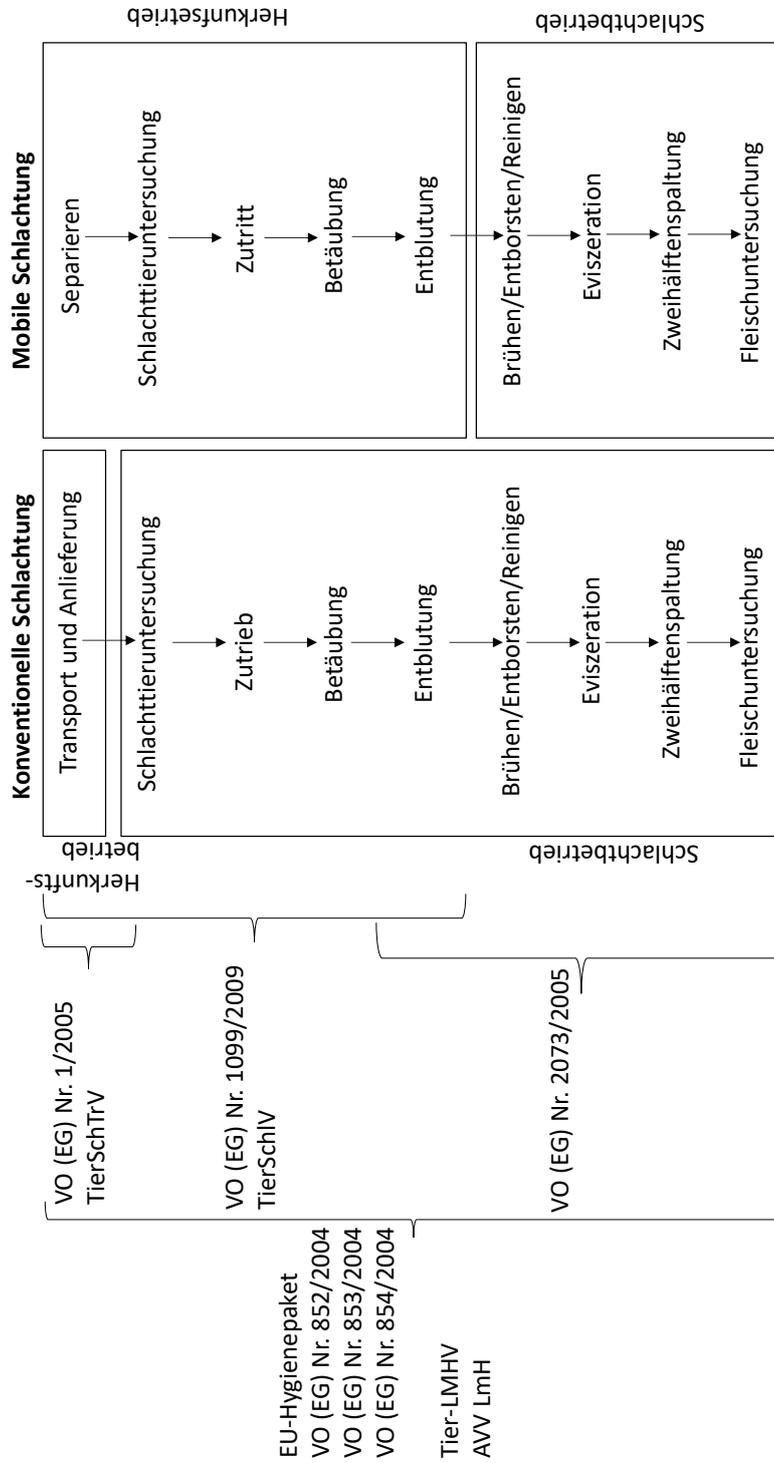
(EU: Europäische Union, EG: Europäische Gemeinschaft, VO: Verordnung)

Abbildung 34 stellt den Ablauf der konventionellen Schlachtung am Schlachthof der mobilen Schlachtung gegenüber. Es soll verdeutlicht werden, dass für beide Schlachtungen dieselben Rechtsnormen gelten: Sowohl EU-Recht als auch nationales Recht sind bei beiden Arten der Schlachtung zu erfüllen (siehe 2.2.3).

Kleinere Unterschiede liegen in den Bereichen Transport/Separieren und Zutrieb/Zutritt. Der große Unterschied liegt in der Trennlinie der Bereiche „Herkunftsbetrieb“ und „Schlachtbetrieb“.

Bei der konventionellen Schlachtung finden lediglich die Verladung/der Transport noch im Herkunftsbetrieb statt, wohingegen bei der mobilen Schlachtung der Schlachtvorgang bis inklusive Entblutung noch am Herkunftsbetrieb stattfindet. Erst dann folgt der Bereich „Schlachtbetrieb“. Diese Unterschiede dürfen keinen Einfluss auf die Erfüllung von Anforderungen an Tierschutz, Hygiene und Lebensmittelsicherheit haben.

Um ein bundesweit einheitliches Vorgehen zu ermöglichen, ist es erforderlich, dieses Verfahren zu beschreiben und Leitlinien einer guten fachlichen Praxis festzulegen. Von Vorteil wäre, dass bei solchen Schlachtungen regelmäßig ein amtlicher Tierarzt oder ein Amtstierarzt vor Ort ist, um ein unkontrolliertes Vorgehen zu vermeiden. Dies sollte zumindest so lange der Fall sein, bis das Team entsprechend sicher und selbstständig arbeitet. Zudem sollte öfter als einmal pro Jahr die Einhaltung der Vorgaben bezüglich des Tierschutzes überprüft werden.



**Abbildung 34: Schematischer Ablauf der konventionellen und mobilen Schlachtung mit Rechtsvorschriften**

(VO: Verordnung, EG: Europäische Gemeinschaft, Tier-LMHV: Tierische Lebensmittel-Hygieneverordnung, TierSchlV: Tierschutz-Schlachtverordnung, AVV LmH: Allgemeine Verwaltungsvorschrift Lebensmittelhygiene)

## Risiken der Freilandhaltung und besondere Herausforderungen an die Fleischuntersuchung

Abgesehen von verbesserten Bedingungen hinsichtlich Tierwohl und Tiergesundheit birgt die Freilandhaltung auch Risiken. Die visuelle Fleischuntersuchung wurde eingeführt aufgrund der strikt kontrollierten Haltungssysteme der Schweinebestände: größtenteils konventionelle Mastbetriebe mit Hygieneschleuse, Durchführung einer Schädnerbekämpfung und Verbot des Zutritts für Unbefugte (Anonymus, 1999).

Die Schweinehaltungshygieneverordnung gilt zwar auch für die Freilandhaltung, ist jedoch nicht in dieser Weise durchführbar wie in konventionellen Betrieben. Durch den Boden und den Zugang von Vögeln und Nagern besteht dauerhaft die Gefahr des Eintrags von Pathogenen. Auch Insekten spielen beim Eintrag und bei der Verbreitung von Krankheitserregern eine große Rolle (Leiby et al., 1990; Pozio, 2000; Shimalov, 2002).

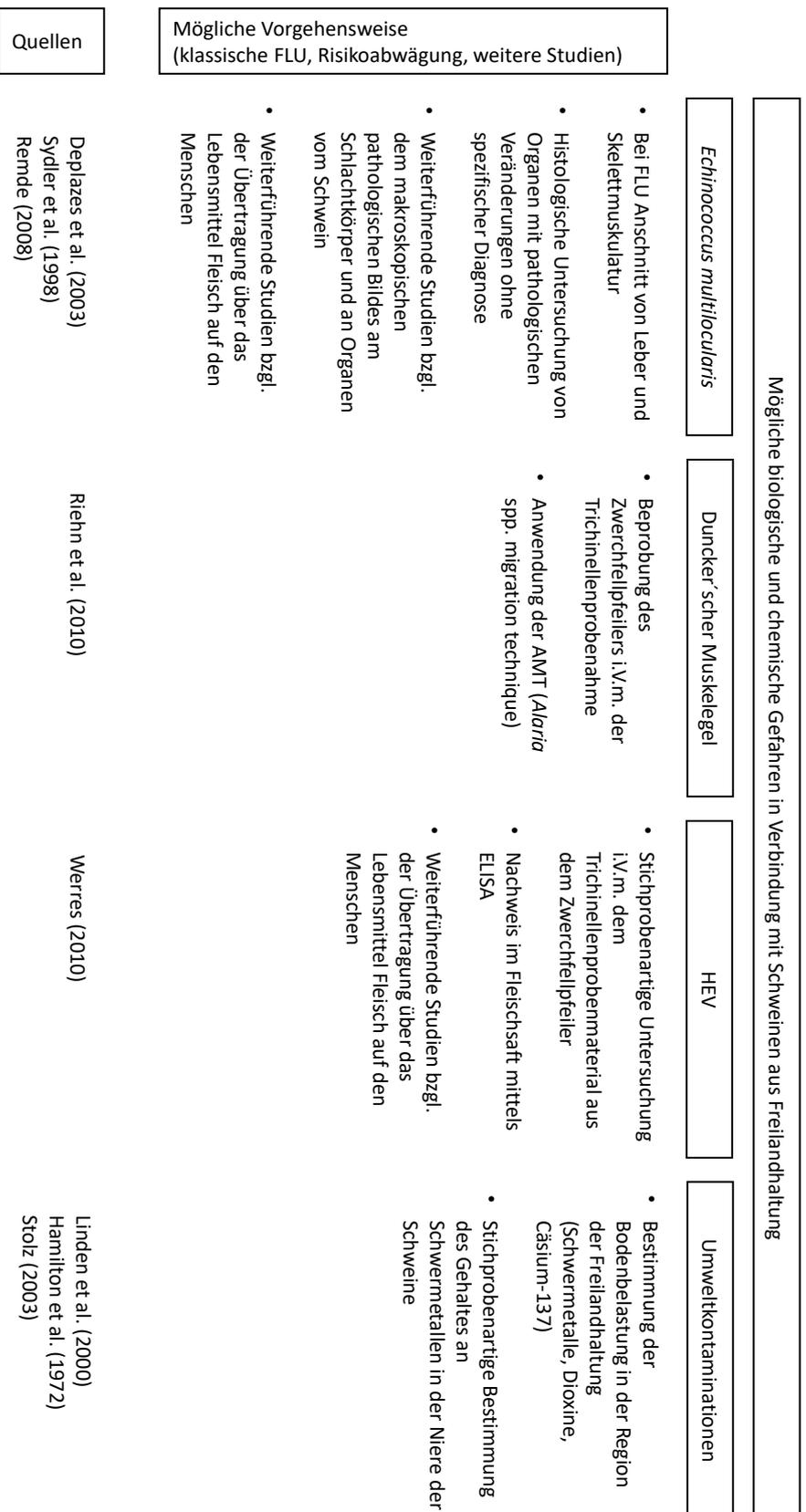
Die permanente Auseinandersetzung der Schweine mit der Umwelt ist unvermeidbar und erfordert eine bessere Seuchenprophylaxe und einen erhöhten Managementaufwand zur Bekämpfung von Parasiten (Roepstorff und Nansen, 1994).

Aus Sicht der Lebensmittelsicherheit ist vor allem auf infektiöse und nicht infektiöse Faktoren zu achten, die über das Lebensmittel Fleisch auf den Menschen übertragen werden können. Eine Gefahr diesbezüglich kann zwar grundsätzlich bei jeder Haltungform entstehen, sie ist jedoch aus genannten Gründen bei Freilandhaltung von besonderer Relevanz. In einer Mitteilung des Bundesinstituts für Risikobewertung finden lediglich Salmonellen, Trichinellen, *Echinococcus multilocularis* und Toxoplasmen aus den unter Punkt 2.4.2 erwähnten möglichen relevanten Zoonosen Beachtung (Hartung und Käsbohrer, 2013). Dabei liegen wiederum nur für Salmonellen und Trichinellen eindeutige Vorgaben bezüglich der Kontrolle des Lebensmittels Fleisch vor. Abbildung 35 zeigt potenzielle Gefahren in Verbindung mit Schweinen aus Freilandhaltung, an die in Bezug auf das Lebensmittel Fleisch zu denken ist und für welche bislang keine Kontrollen gesetzlich vorgeschrieben sind.

Aufgrund genannter Tatsachen ist bei Tieren aus Freilandhaltung eine Anpassung der Kontrolle des Lebensmittels Fleisch an die besonderen Gegebenheiten von hoher Wichtigkeit. Die mobile Schlachtung bietet flexible Möglichkeiten, darauf zu reagieren, da die Zeit zur Durchführung der klassischen Fleischuntersuchung mit Adspektion, Palpation und Inzision nach VO (EG) Nr. 854/2004 in der Fassung vor Einführung der visuellen Fleischuntersuchung beim Schwein durch VO (EU) Nr. 218/2004 gegeben ist. So kann potentiellen Gefahren entgegnet werden und pathologische Veränderungen im Anschnitt erkannt werden (Scheinert, 2015).

Im Anschluss daran können weiterführende Untersuchungen durchgeführt werden. Daneben sollte eine Risikoabwägung bezüglich besonderer lokaler Gegebenheiten (z.B. Umweltkontamination des Bodens) stattfinden und erforderlichenfalls Maßnahmen ergriffen werden.

Zusammengefasst werden in Freilandhaltung besondere Anforderungen an das Management des Betriebes und zugleich an das Management der Fleischuntersuchung bezüglich möglicher relevanter Zoonosen und deren Übertragung auf den Menschen über den Verzehr von Fleisch gestellt. Landwirte und amtliche Tierärzte sollten in Ihrer Ausbildung vermehrt auf diese Risikofaktoren bei Tieren aus Freilandhaltung hingewiesen werden und für dieses Thema sensibilisiert werden, damit ein konsequentes Handeln möglich ist.



**Abbildung 35: Potenzielle Gefahren bei Schweinen aus Freilandhaltung in Bezug auf das Lebensmittel Fleisch**  
(FLU: Fleischuntersuchung, ELISA: Enzyme-linked Immunosorbent Assay, HEV: Hepatitis E-Virus)

## 7 Zusammenfassung

Über die mobile Schlachtung von Schweinen liegen bislang wenig Erkenntnisse vor. In einem Projekt zur alternativen Haltung von Schweinen im Freiland kam ein speziell hierfür entwickelter mobiler Schlachtanhänger mit der erforderlichen EU-Zulassung zum Einsatz (Lindner, 2017). Mit diesem sollte die Betäubung mit Elektrozange und Entblutung der Mastschweine direkt auf der Weide, ohne dass die Tiere einem vorherigen Transportstress ausgesetzt sein sollten, erfolgen.

Ziel der eigenen Arbeit war es, die mobile Schlachtung von Schweinen wissenschaftlich zu begleiten, unter den Aspekten Tiergesundheit, Tierschutz, Tierwohl, Fleischhygiene und Lebensmittelsicherheit sowie Fleischqualität zu beurteilen und entsprechende Empfehlungen zu erarbeiten.

Zu diesem Zweck wurden insgesamt 66 Mastschweine der Rassenkreuzung Schwäbisch-Hällisches Schwein/Duroc aus ganzjähriger Freilandhaltung an 11 Schlachttagen zwischen November 2017 und März 2018 in die Untersuchung einbezogen. Das Schlachtalter lag bei 7 bis 9 Monaten.

Tierwohl- und Tierschutzprobleme wie das Auftreten von Technopathien (u.a. akzessorische Bursen und Klauenverletzungen) und Verletzungen durch Kannibalismus (Schwanzbeißen), die bei Mastschweinen aus konventioneller Haltung beobachtet werden können, wurden bei den 66 Tieren dieser Studie nicht festgestellt.

Die Funktionseinheit mobiler Schlachtanhänger mit nahegelegenen Schlacht- und Zerlegebetrieb ermöglicht eine nahezu völlig stressfreie Schlachtung der artgerecht gehaltenen Tiere. Dies lässt sich durch die Befunde der visuellen tierärztlichen Beurteilung der Schlachttiere und durch die Ergebnisse der Messungen von Stressparametern belegen: der Median der Laktatwerte im Blut der geschlachteten Tiere lag bei 1,5 mmol/l. Für die Differenz der Cortisolwerte in Speichelproben bei jeweils gleichen Tieren im Ruhezustand und unmittelbar vor der Schlachtung wurde ein Bereich von -0,305 bis 0,114 µg/dl (n = 20 Tiere) gemessen.

Wichtigste Voraussetzungen für eine weitestgehend stressfreie Schlachtung mit dem mobilen Schlachtanhänger sind eine ausreichende Anzahl von geschultem Personal, eine frühzeitige Adaptation der Schweine an den Anhänger, sowie die Vermeidung von Einzelseparierungen der Tiere unmittelbar vor der Betäubung. Diese Maßnahmen sind, wie im Projekt demonstriert werden konnte, problemlos umsetzbar.

Die zulässige Zeitspanne von maximal 10 Sekunden zwischen Betäubung und Liegendentblutung wurde bei allen Schlachttieren immer eingehalten und damit einem wesentlichen Tierschutzkriterium Rechnung getragen.

Die Prozesshygienekriterien gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005 (Oberflächenbeprobung von Schlachtkörpern auf die aerobe mesophile Keimzahl, *Enterobacteriaceae* und Salmonellen) wurden durchgehend erfüllt. Eine Zeit von über einer Stunde zwischen Entblutung und Ausweidung eines Tieres wirkte sich nicht negativ auf die Prozesshygiene, Fleischqualität und Keimbelastung der Organe aus.

Bei der visuellen Fleischuntersuchung erwiesen sich alle Lungen (n = 66) als unauffällig und genusstauglich. 64 Lebern waren ebenfalls genusstauglich und ohne Auffälligkeiten. Verworfen werden mussten 2 Lebern aufgrund von 'milkspots', die als Folge eines vorausgegangenen Befalls mit *Ascaris suum* zu erkennen waren.

Die Fleischqualität wurde über Messungen des pH-Wertes (Median pH<sub>45</sub>: 6,59), der Leitfähigkeit (Median LF<sub>45</sub>: 3,90) und Tropfsaftverlustes (Median TSV: 1,90%) bestimmt und konnte auf Basis dieser Daten als durchwegs sehr gut beurteilt werden.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass mit der mobilen Schlachtung von Schweinen aus Freilandhaltung sämtliche Anforderungen an Tierschutz, Tierwohl, Lebensmittelsicherheit, Fleischhygiene sowie Fleischqualität aus tiermedizinischer und hygienischer Sicht erfüllt und auch rechtskonform umgesetzt werden können.

## 8 Summary

There is little experience about the mobile slaughtering of pigs so far. In a project on the alternative keeping of pigs in free range an especially developed mobile slaughtertrailer with the required EU approval was used (Lindner, 2017). With this, electronic stunner and bleeding of the fattening pigs directly on the pasture, without previous transport stress for the animals, should take place.

The aim of this work was to scientifically accompany the mobile slaughtering of pigs, to assess the aspects of animal health, animal welfare, animal protection, meat hygiene and food safety as well as meat quality and to develop corresponding recommendations.

For this purpose, a total of 66 fattening pigs of the crossbreeding Schwäbisch-Hällisches pig/Duroc from year-round free-range animal husbandry were included in the investigation on 11 days of slaughter between November 2017 and March 2018. The slaughter age was 7 to 9 months. Animal welfare and animal protection problems such as the occurrence of technopathies (including auxiliary bursae and claw injuries) and cannibalistic injuries (tail biting) that can be seen in fattening pigs from conventional husbandry were not found in the 66 animals of this study.

The functional unit of mobile slaughtertrailer with nearby slaughtering and cutting operation enables almost completely stress-free slaughtering of animals kept in an appropriate manner. This can be demonstrated by the findings of the visual veterinary assessment of slaughter animals and by the results of measurements of stress parameters: the median lactate levels in the blood of the slaughtered animals was 1.5 mmol/l. For the difference in cortisol levels in saliva samples from the same animals at rest and immediately before slaughter, a range of -0,305 to 0,114 µg/dl (n = 20 animals) was measured.

The most important prerequisites for a largely stress-free slaughtering with the mobile slaughtertrailer are a sufficient number of trained staff, an early adaptation of the pigs to the trailer and the avoidance of individual separations of the animals immediately before the electronic stunner.

These measures can be easily implemented, as demonstrated in the project.

The permissible time span of a maximum of 10 seconds between electronic stunner and bleeding while lying was adhered to all slaughter animals and thus a key animal welfare criterion was met.

The process hygiene criteria according to Regulation (EC) No. 2073/2005 (surface sampling of carcasses on the aerobic mesophilic microbial count, *Enterobacteriaceae* and *Salmonella* spp.) were consistently fulfilled. A time of more than one hour between the bleeding and the evisceration of an animal did not negatively affect the process hygiene, meat quality and germ burden of the organs.

In the visual meat examination, all lungs (n = 66) proved to be inconspicuous and fit for human consumption. 64 livers were also healthy and without abnormalities. Two livers had to be discarded because of 'milkspots', which could be recognized as a consequence of a previous infestation with *Ascaris suum*.

The meat quality was determined by measurements of the pH value (median pH<sub>45</sub>: 6.59), the conductivity (median CD<sub>45</sub>: 3.90 mS/cm) and drip loss (median DL: 1.90 %) and could be assessed as consistently very good on the base of these data.

In summary, the results of this study show that mobile slaughtering of free-range pigs fulfills all requirements for animal welfare, animal protection, food safety, meat hygiene and meat quality from a veterinary and hygienic point of view and can also be implemented legally compliant.

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anzahl der geschlachteten Schweine inländischer Herkunft in den Jahren 2010 bis 2017 .....	15
Abbildung 2:	Arbeitsschritte der Schweineschlachtung .....	20
Abbildung 3:	Mobile Schlachtbox .....	23
Abbildung 4:	Mobiler Schlachttrailer, Trampenau-Trailer .....	24
Abbildung 5:	Schlachtanhänger mit offener Heckrampe .....	66
Abbildung 6:	Skizze des Schlachtanhängers .....	67
Abbildung 7:	Anlocken des Schweines in den Schlachtanhänger .....	68
Abbildung 8:	Betäubung des Schweines im Schlachtanhänger .....	68
Abbildung 9:	Liegendentblutung des Schweines im Schlachtanhänger .....	69
Abbildung 10:	Verschmutzungsgrad der Schweine .....	71
Abbildung 11:	Berechnung der aeroben mesophilen Keimzahl .....	75
Abbildung 12:	Schematische Darstellung der kulturellen <i>Enterobacteriaceae</i> -Anzucht mit anschließender Bestätigung.....	76
Abbildung 13:	Berechnung der Anzahl an <i>Enterobacteriaceae</i> .....	77
Abbildung 14:	Schematische Darstellung der kulturellen Anzucht von <i>Salmonella</i> spp. ....	78
Abbildung 15:	Berechnung des Tropfsaftverlustes.....	81
Abbildung 16:	Schematische Darstellung der Vorgehensweise des Cortisol-Saliva ELISA .....	81
Abbildung 17:	Schematische Darstellung der Vorgehensweise des CRP-ELISA.....	82
Abbildung 18:	Vor dem Schlachtanhänger separierte Schweine.....	85
Abbildung 19:	Klauenschuhe des Schweines Nr. 35 .....	86
Abbildung 20:	Gelenke des Schweines Nr. 50.....	86
Abbildung 21:	A: Schweinelunge ohne pathologische Veränderungen B: Schweineleber mit Milkspot.....	89
Abbildung 22:	Tropfsaftverlust pro Schwein .....	91
Abbildung 23:	Ergebnisse des <i>Enterobacteriaceae</i> -Nachweis auf den Schlachtkörpern.....	93
Abbildung 24:	Ergebnisse der bakteriologische Untersuchung der Muskulatur .....	94
Abbildung 25:	Ergebnisse der bakteriologische Untersuchung der Leber.....	95
Abbildung 26:	Ergebnisse der bakteriologische Untersuchung der Lunge .....	96
Abbildung 27:	Ergebnisse der Laktatmessung je Schwein.....	98
Abbildung 28:	Cortisolwerte 1 und 2 der jeweiligen Schweine .....	101
Abbildung 29:	Ergebnisse der CRP-Bestimmung .....	102
Abbildung 30:	Verschmutzungsgrad der Tiere in Zusammenhang mit der aeroben mesophilen Keimzahl .....	104
Abbildung 31:	Ausweidezeit in Zusammenhang mit der aeroben mesophilen Keimzahl .....	105
Abbildung 32:	Zeitliche Einteilung des Schlachtvorganges.....	126
Abbildung 33:	Empfehlungen zur Durchführung einer mobilen Schlachtung bei Schweinen.....	127
Abbildung 34:	Schematischer Ablauf der konventionellen und mobilen Schlachtung mit Rechtsvorschriften.....	129
Abbildung 35:	Potenzielle Gefahren bei Schweinen aus Freilandhaltung in Bezug auf das Lebensmittel Fleisch .....	132



## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Rechtsnormen in Bezug auf die Schlachtung und die Lebensmittelhygiene.....	16
Tabelle 2:	Mobile Schlachteinheiten in Deutschland .....	21
Tabelle 3:	Aufgaben des amtlichen Tierarztes am Schlachthof .....	25
Tabelle 4:	Studien zur Häufigkeit von Befunden bei der Schlacht tieruntersuchung.....	27
Tabelle 5:	Studien zur Häufigkeit von Befunden bei der Fleischuntersuchung.....	30
Tabelle 6:	In Freilandhaltung zusätzliche relevante Gesundheitsgefahren für Schweine unter Berücksichtigung des Verbraucherrisikos.....	35
Tabelle 7:	Prozesshygienekriterien bei Schlachtkörpern von Schweinen .....	50
Tabelle 8:	Qualitätskriterien für Schweinefleisch.....	55
Tabelle 9:	Studien über den Einfluss von Belastungssituationen auf Cortisolwerte bei Schweinen .....	59
Tabelle 10:	Beprobte Mastschweine .....	65
Tabelle 11:	Bewertungsschema für akzessorische Bursen beim Schwein .....	70
Tabelle 12:	Bewertungsschema für den Grad der Verschmutzung.....	70
Tabelle 13:	Lungenbefundung von Mastschweinen am Schlachthof.....	73
Tabelle 14:	Parameter für die Messung mittels MALDI-TOF MS.....	80
Tabelle 15:	Auswertungsschema der Bakterienidentifikation mittels MALDI-TOF MS.....	80
Tabelle 16:	Gruppierung der erhobenen Daten im Zuge der Datenanalyse .....	83
Tabelle 17:	Verschmutzungsgrad der Tiere unter Berücksichtigung des Schlachtmonats.....	87
Tabelle 18:	Benötigte Zeiten bei der Schlachtung.....	88
Tabelle 19:	Ausweidezeit in Gruppen.....	89
Tabelle 20:	Zusammenfassung der Ergebnisse der Fleischqualitätsparameter .....	90
Tabelle 21:	Korrelation zwischen pH-Wert und Leitfähigkeit.....	92
Tabelle 22:	Schweine mit Überschreitung des vorgegebenen Grenzwertes an <i>Enterobacteriaceae</i> auf der Oberfläche von Schlachtkörpern .....	93
Tabelle 23:	Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung der Muskulatur .....	94
Tabelle 24:	Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung der Leber.....	95
Tabelle 25:	Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung der Lunge .....	96
Tabelle 26:	Zusammenfassung der Ergebnisse der Laktatmessungen .....	99
Tabelle 27:	Schweine mit hohen Laktatwerten.....	99
Tabelle 28:	Ergebnisse der Cortisolbestimmung.....	100
Tabelle 29:	Zusammenfassung der Ergebnisse der CRP-Bestimmung .....	102
Tabelle 30:	Korrelationskoeffizienten zwischen pH-Wert/Laktat/Leitfähigkeit.....	103
Tabelle 31:	Schweine mit hohem Laktatwert, niedrigem pH-Wert und hohem LF-Wert .....	103
Tabelle 32:	Gegenüberstellung von Verschmutzungsgrad und Nachweis von <i>Enterobacteriaceae</i> .....	104
Tabelle 33:	Gegenüberstellung von Ausweidezeit und Nachweis von <i>Enterobacteriaceae</i> .....	106
Tabelle 34:	Gegenüberstellung von Ausweidezeit und Bakteriennachweis in Muskel und Leber unter Berücksichtigung von pH-Wert, Leitfähigkeit und Tropfsaftverlust .....	107



## 11 Literaturverzeichnis

- ABRIEL, M. (2017) Untersuchungen zum Schwanzbeißen in der Ferkelaufzucht. Technische Universität München, Dissertation
- AFZ (2014) Im Einsatz für den Tierschutz. Allgemeine Fleischerzeitung 51/2014. <http://www.fleischwirtschaft.de/produktion/nachrichten/Im-Einsatz-fuer-den-Tierschutz-23270>. Zugriffsdatum 06.07.2018
- AMMANN, R. W., ECKERT, J. (1996) Cestodes, Echinococcus. Gastroenterology Clinics of North America 25, 655-698
- ANDERSSON, A. & BINGEFORS, S. (1985) Trends and annual variations in cadmium concentrations in grain of winter wheat. Acta Agriculturae Scandinavica 35, 339-334
- ANONYMUS (1972) Tierschutzgesetz vom 24.07.1972, in der Fassung vom 18.03.2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), zuletzt geändert durch das Gesetz vom 29.03.2017 (BGBl. I S. 626)
- ANONYMUS (1988) Verordnung zum Schutz gegen die Schweinepest und die Afrikanische Schweinepest (Schweinepest-Verordnung) vom 01.08.1988, in der Fassung vom 20.03.2018 (BGBl. I S. 383)
- ANONYMUS (1999) Verordnung über hygienische Anforderungen beim Halten von Schweinen (Schweinehaltungshygieneverordnung - SchHaltHygV) vom 07.06.1999, in der Fassung von 02.04.2014 (BGBl. I S. 326), zuletzt geändert durch das Gesetz vom 29.03.2017 (BGBl. I S. 626)
- ANONYMUS (2000) Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG) vom 20.07.2000 (BGBl. I S. 1045), zuletzt geändert durch das Gesetz vom 17.07.2017 (BGBl. I S. 2615)
- ANONYMUS (2001) Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung - TierSchNutzTV) vom 25.10.2001, in der Fassung vom 22.08.2006 (BGBl. I S. 2043), zuletzt geändert durch das Gesetz vom 30.06.2017 (BGBl. I S. 2147)
- ANONYMUS (2002) Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28.01.2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit (ABl. EU L 31, S. 1 - 24), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2017/745 vom 05.04.2017 (ABl. EU L 117, S. 1-175)
- ANONYMUS (2003) Empfehlung der Kommission vom 14.04.2003 über den Schutz und die Unterrichtung der Bevölkerung in Bezug auf die Exposition durch die anhaltende Kontamination bestimmter wild vorkommender Nahrungsmittel mit radioaktivem Cäsium als Folge des Unfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl (2003/274/Euratom) (ABl. EU L 99, S. 55)
- ANONYMUS (2005) Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 der Kommission vom 15.11.2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel (ABl. EU L 338, S. 1-26), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) Nr. 2017/1495 vom 23.08.2017 (ABl. EU L 218, S 1-6)

ANONYMUS (2004a) Verordnung (EG) Nr. 1/2005 des Rates vom 22.12.2004 über den Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen (ABl. EU L 3 S. 1–44), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) Nr. 2017/625 vom 15.03.2017 (ABl. EU L 354, S. 1–142)

ANONYMUS (2004b) Verordnung (EG) Nr. 852/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29.04.2004 über Lebensmittelhygiene (ABl. EU L 139, S. 1–54), zuletzt geändert durch Verordnung (EG) Nr. 219/2009 vom 11.03.2009 (ABl. EU L 87, S. 109–154).

ANONYMUS (2004c) Verordnung (EG) Nr. 853/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29.04.2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs (ABl. EU L 139, S. 55–205), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) Nr. 2017/1981 vom 31.10.2017 (ABl. EU L 285, S. 10–13)

ANONYMUS (2004d) Verordnung (EG) Nr. 854/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29.04.2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs (ABl. EU L 139, S. 206–320), zuletzt geändert durch Durchführungsverordnung (EU) 2018/981 vom 11.07.2018 (ABl. EU L 176, S. 11–12)

ANONYMUS (2006) Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19.12.2016 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln (ABl. EU L 364, S. 5–24), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2018/290 vom 26.02.2018 (ABl. EU L 55, S. 27–29)

ANONYMUS (2007a) Verordnung (EG) Nr. 333/2007 der Kommission vom 28. März 2007 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Kontrolle des Gehalts an Blei, Cadmium, Quecksilber, anorganischem Zinn, 3-MCPD und Benzo(a)pyren in Lebensmitteln (ABl. EU L 88, S. 29–38), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2016/582 vom 15.04.2016 (ABl. EU L 101, S. 3–6)

ANONYMUS (2007b) Verordnung über Anforderungen an die Hygiene beim Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von bestimmten Lebensmitteln tierischen Ursprungs (Tierische Lebensmittel-Hygieneverordnung - Tier-LMHV) vom 08.08.2007, in der Fassung vom 18.04.2018 (BGBl. I S. 480 (619))

ANONYMUS (2007c) Verordnung über Anforderungen an die Hygiene beim Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von Lebensmitteln (Lebensmittelhygiene-Verordnung - LMHV) vom 08.08.2007, in der Fassung vom 21.06.2016 (BGBl. I S. 1469), zuletzt geändert durch das Gesetz vom 03.01.2018 (BGBl. I S. 99)

ANONYMUS (2008) Verordnung (EG) Nr. 733/2008 des Rates vom 15.07.2008 über die Einfuhrbedingungen für landwirtschaftliche Erzeugnisse mit Ursprung in Drittländern nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl (ABl. EU L 676, S. 1–7), zuletzt geändert durch Verordnung (EG) Nr. 1048/2009 vom 23.10.2009 (ABl. EU L 290, S. 4)

ANONYMUS (2009a) Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis (AVV Lebensmittelhygiene - AVV LmH) vom 26.09.2007, in der Fassung vom 04.07.2009 (BAnz. S. 2432), zuletzt geändert durch die Verwaltungsvorschrift vom 20.10.2014 (Banz. AT 07.11.2014 B2)

ANONYMUS (2009b) Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.10.2009 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 (ABl. EU L 300, S. 1–33), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2017/625 vom 15.03.2017 (ABl. EU L 95, S. 1–142)

ANONYMUS (2009c) Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 des Rates vom 24.09.2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung (ABl. EU L 303, S. 1–30), zuletzt geändert durch Durchführungsverordnung (EU) Nr. 2018/723 vom 16.05.2018 (ABl. EU L 122, S. 11–13)

ANONYMUS (2009d) Verordnung zum Schutz von Tieren beim Transport und zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1/2005 des Rates (Tierschutztransportverordnung - TierSchTrV) vom 11.02.2009 (BGBl. I S. 375), zuletzt geändert durch das Gesetz vom 03.12.2015 (BGBl. I S. 2178)

ANONYMUS (2011) Verordnung (EU) Nr. 1259/2011 der Kommission vom 02.12.2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte für Dioxine, dioxinähnliche PCB und nicht dioxinähnliche PCB in Lebensmitteln (ABl. EU L 320, S. 18–23)

ANONYMUS (2012) Verordnung zum Schutz von Tieren im Zusammenhang mit der Schlachtung oder Tötung und zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 des Rates (Tierschutz-Schlachtverordnung - TierSchlV) vom 20.12.2012 (BGBl. I S. 2982)

ANONYMUS (2014) Verordnung (EU) Nr. 218/2014 der Kommission vom 07.03.2014 zur Änderung von Anhängen der Verordnungen (EG) Nr. 853/2004 und (EG) Nr. 854/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 2074/2005 der Kommission (ABl. EU L 69, S. 95–98)

ANONYMUS (2015) Durchführungsverordnung (EU) 2015/1375 der Kommission vom 10.08.2015 mit spezifischen Vorschriften für die amtlichen Fleischuntersuchungen auf Trichinen (ABl. EU L 212, S. 7–34)

ANONYMUS (2017) Verordnung (EU) 2017/644 der Kommission vom 05.04.2017 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die Kontrolle der Gehalte an Dioxinen, dioxinähnlichen PCB und nicht dioxinähnlichen PCB in bestimmten Lebensmitteln sowie zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 589/2014 (ABl. EU L 92, S. 9–34)

APPEL, A. K., VOß, B., TÖNEPÖHL, B., KÖNIG VON BORSTEL, U. & GAULY, M. (2011) Heritabilities and breed differences in agonistic behaviour and adaption to an electronic sow feeder in group housed gilts. In: Tagungsband Nr. 17, 62th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 29.08-02.09.2011, Stavanger

ARENDS, J. P., HARWIG, N., RUDOLPHY, M. & ZANEN, H. C. (1984) Carrier rate of *Streptococcus suis* capsular type 2 in palatine tonsils of slaughtered pigs. *Journal of Clinical Microbiology* 20, 945-947

ASSADI-RAD, A. M., NEW, J. C. & PATTON, S. (1995) Risk factors associated with transmission of *Toxoplasma gondii* to sows kept in different management systems in Tennessee. *Veterinary Parasitology* 57, 289-297

- AUGUSTINI, C. (1983) Ursachen unerwünschter Fleischbeschaffenheit beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 63, 297-307
- AUGUSTINI, C., FISCHER, K. & RISTIC, M. (1981) Bedeutung einzelner Einflussfaktoren im Bereich Haltung und Schlachtung auf die Fleischqualität. *Fleischwirtschaft* 54, 134-139
- AUGUSTINI, C., FISCHER, K. & SCHÖN, L. (1977) Auswirkungen unterschiedlicher Transportbelastungen auf intra vitam und post mortem erfassbare Parameter beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 57, 137-143
- BÄCKSTRÖM, L. & HENRICSON, B. (1966) Studies of adventitious bursitis of the hock in pigs. *Nordic Veterinary Medicine* 18, 305-313
- BALIK, A. A., BASOGLU, M. CELEBI, F. OREN, D., POLAT, K., ATAMANALP, S. S. (1999) Surgical treatment of hydatid disease of the liver. *The Archives of Surgery* 134, 166-169
- BALLSCHMITER, K. & BACHER, R. (1996) Dioxine – Chemie, Analytik, Vorkommen, Umweltverhalten und Toxikologie der halogenierten Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim
- BAMBERG, E. (1998) Endokrinium. In: A. SCHEUNERT, A. TRAUTMANN (Hrsg.); *Lehrbuch der Veterinär-Physiologie*. Parey Verlag, Berlin, 437-477
- BANSS (1991) Produktbeschreibung Durchlauf-Enthaarungsmaschine Modell 140-1. BANSS Schlacht- und Fördertechnik GmbH. <https://banss.de/de/>. Zugriffsdatum 06.07.2018
- BARNETT, J. L., CRONIN, G. M., MCCALLUM, T. H., NEWMAN, E. A. & HENNESSY, D. P. (1996) Effects of grouping unfamiliar adult pigs after dark, after treatment with amperozide and by using pens with stall, on aggression, skin lesions and plasma cortisol concentrations. *Applied Animal Behaviour Science* 50, 121-133
- BARUTZKI, D., ERBER, M. & BOCH, J. (1981) Möglichkeiten der Desinfektion bei Kokzidiose (*Eimeria*, *Isospora*, *Toxoplasma*, *Sarcocystis*). *Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 94, 451-454
- BAUER, C. & HERTZBERG, H. (2003) Merkblätter zur Parasitenbekämpfung Schwein, Version für Deutschland. Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Parasitologie
- BAUERFEIND, R. (2010) Gramnegative aerobe/mikroaerophile Stäbchen und Kokken. In: H. J. SELBITZ, U. TRUYEN, P. VALENTIN-WEIGAND (Hrsg.); *Tiermedizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre*. Enke Verlag, Stuttgart, 305-311
- BAUMANN, H. & GAULDIE, J. (1994) The acute phase response. *Immunology Today* 15, 74-80
- BAUMGART, J. (1997) *Mikrobiologische Untersuchungen von Lebensmitteln*. Behr's Verlag, Hamburg
- BECKER, B., MAYES, H., HAHN, G., NIENABERS, J., JESSE, G., ANDERSON, M., HEYMANN, H. & HEDRICK, H. (1989) Effect of fasting and transportation on various physiological parameters and meat quality of slaughter hogs. *Journal of Animal Science* 67, 334-341
- BECKHOVE, A. (2010) Ferkelexporte nach Osteuropa. Strohfeuer oder Markt der Zukunft? *top agrar* 5, 132-135

- BECKHOVE, A. (2018) Ausfuhren von deutschem Schweinefleisch nach China steigen wieder. top agrar online, <https://www.topagrar.com/news/Markt-Marktnews-Ausfuhren-von-deutschem-Schweinefleisch-nach-China-steigen-wieder-9499043.html>. Zugriffsdatum 18.09.2018
- BEHRENS, H. & TRAUTWEIN, G. (1964) Subcutaneous bursae on the tarsus of German improved land race pigs of Danish-Dutch origin. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 71, 424
- BENNINGER, T. (2007) Untersuchungen zum Gesundheitsstatus und zu betrieblichen Maßnahmen der Gesundheitsvorsorge in der ökologischen Schweinehaltung. Fachgebiet Tierernährung und Tiergesundheit des Fachbereiches Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel, Dissertation
- BERENDS, B., VAN KNAPEN, F., MASSEL, D., BURT, S., SNIJDORS, J. (1998) Impact on human health of *Salmonella* spp. On pork in the Netherlands and the anticipated effects of some currently proposed control strategies. International Journal of Food Microbiology 44, 219-229
- BERMAN, E. (1980) Cadmium, toxic metals and their analysis. Herden Verlag, London
- BERTSCHINGER, H., KELLER, H., LÖHRER, A. & WEGMANN, M. (1972) Der zeitliche Verlauf der experimentellen enzootischen Pneumonie beim SPF - Schwein. Schweizer Archiv für Tierheilkunde 114, 107-116
- BEUTLING, D. & SEIFERT, G. (2002) Vorhersagesicherheit frühpostmortaler Messwerte bei Abweichungen der Fleischqualität: pH-Wert und Leitfähigkeitswert 45 min post mortem in Beziehung zum End-pH-Wert im Musculus longissimus dorsi von Schlachtschweinen. Fleischwirtschaft 82, 81-84
- BEUTLING, D. M. (2004) Lehrbuch der Schlacht tieruntersuchung. Parey Verlag, Stuttgart
- BFR (2008) Ungenügend erhitztes Schweinefleisch könnte Sarkosporidien enthalten. Stellungnahme Nr. 026/2008 des Bundesinstituts für Risikobewertung vom 20.03.2008. [https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/ungenuegend\\_erhitztes\\_schweinefleisch\\_koennte\\_sarkosporidien\\_enthalten.pdf](https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/ungenuegend_erhitztes_schweinefleisch_koennte_sarkosporidien_enthalten.pdf). Zugriffsdatum 03.08.2018
- BFR (2011) Risikobasierte Fleischuntersuchung ohne Anschnitte bei Mastschweinen. Stellungnahme Nr. 001/2012 des Bundesinstituts für Risikobewertung vom 14.04.2011. <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/risikobasierte-fleischuntersuchung-ohne-anschnitte-bei-mastschweinen.pdf>. Zugriffsdatum 29.07.2018
- BFR (2017) Wildschweinfleisch kann den Duncker'schen Muskelegel enthalten. Stellungnahme Nr. 011/2017 des Bundesinstituts für Risikobewertung vom 27.06.2017. <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/wildschweinfleisch-kann-den-dunckerschen-muskelegel-enthalten.pdf>. Zugriffsdatum 25.07.2018
- BICKHARDT, K. (1992) Kompendium der Allgemeinen Inneren Medizin und Pathophysiologie für Tierärzte. Parey Verlag, Berlin
- BICKHARDT, K. & WIRTZ, A. (1978) Einfluss von Anbindestress und Fütterung auf Blutmesswerte des Schweines. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 35, 457-462
- BLAHA, T. (1993a) Die Ausbreitungsdynamik von Salmonellen in Tierbeständen. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 100, 278-280

BLAHA, T. (1993b) Zur Prävalenz der respiratorische Erkrankungen des Schweines in den wichtigsten schweineproduzierenden Ländern. Der Praktische Tierarzt 74, 64-67

BLAHA, T. (1994) Informationen zum EU - Projekt „alternative Fleischuntersuchung“ - Voraussetzungen und Bedingungen. Deutsches Tierärzteblatt 42, 124-125

BLAHA, T. (1999) Epidemiology and quality assurance application to food safety. Preventive Veterinary Medicine 39, 81-92

BLAHA, T. & BLAHA, M.-L. (1995) VET special: Qualitätssicherung in der Schweinefleischerzeugung - Tiergesundheit, Bestandsbetreuung und Tierschutz. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

BLAHA, T. & RICHTER, T. (2014) Die besondere Verantwortung des Tierarztes für den Tierschutz. Deutsches Tierärzteblatt 1, 16-17

BLENDL, H. M. (1988) Schweinemast. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

BLE (2017) Einheimische Nutztierassen in Deutschland und Rote Liste gefährdeter Nutztierassen 2017. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Berlin.  
[https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Landwirtschaft/RoteListe.pdf;jsessionid=CABF9904457FF85DD8F78D8595FAAA08.2\\_cid335?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Landwirtschaft/RoteListe.pdf;jsessionid=CABF9904457FF85DD8F78D8595FAAA08.2_cid335?__blob=publicationFile&v=3). Zugriffsdatum 15.06.2018

BOCH, J., ROMMEL, M. & JANITSCHKE, K. (1964) Beiträge zur Toxoplasmose des Schweines: Untersuchungen von Schlachtschweinen auf *Toxoplasma*-Infektionen. Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift 77, 244-247

BOCH, J. & SUPPERER, R. (1992) Veterinärmedizinische Parasitologie. Parey Verlag, Stuttgart

BÖCKEL, V. (2008) Untersuchungen zur quantitativen Bewertung der Tiergesundheit von Schweinebeständen. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation

BOES, J., DAHL, J., NIELSEN, B. & KROG, H. H. (2001) Effect of separate transport, lairage, and slaughter on occurrence of *Salmonella* Typhimurium on slaughter carcasses. Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift 114, 363-365

BOLLWAHN, W. (1989) Infektiöse Faktorenkrankheiten beim Schwein - Pathogenese und Bekämpfung. Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift 102, 410-412

BORCH, E., NESBAKKEN, T., CHRISTENSEN, H. (1996) Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria. International Journal of Food Microbiology 30, 9-25

BOSTELMANN, N. (2000) Untersuchung über den Einfluß von Vermarkterorganisationen auf die Tiergesundheit und Fleischqualität von Mastschweinen anhand der am Schlachtbetrieb erhobenen Organbefunde, pH-Werte und Schinkenkerntemperaturen. Freie Universität Berlin, Dissertation

BOUWKNEGT, M., RUTJES, S. A., REUSKEN, C., STOCKHOFE-ZURWIEDEN, N., FRANKENA, K., DE JONG, M. C. M., HUSMAN, A. & VAN DER POEL, W. H. M. (2009) The course of Hepatitis E virus infection in pigs after contact-infection and intravenous inoculation. BMC Veterinary Research 5, 7

- BRAUNSCHWEIG, A. V. (2000) Wildkrankheiten und Fleischbeschau. Landbuch Verlagsgesellschaft mbH, Hannover
- BRECHEISEN, G. (2014) Auswirkung der Schlachtung unterschiedlich stark verschmutzter Rinder auf die mikrobiologische Belastung ihrer Schlachtkörper. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- BREDE, W., BLAHA, T. & HOY, S. (2010) Tiergesundheit Schweine - Professionelles Tiergesundheitsmanagement in der modernen Schweinehaltung. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- BREMERMANN, N. (2002) Vergleichende Untersuchungen zur Gesundheit, Mastleistung und Fleischqualität von Schweinen in der Stall- bzw. Freilandhaltung. Freie Universität Berlin, Dissertation
- BRENNER, F., VILLAR, R., ANGULO, F., TAUXE, R. & SWAMINATHAN, B. (2000) Salmonella nomenclature. *Journal of Clinical Microbiology* 38, 465-467
- BREUER, K., SUTCLIFFE, M., MERCER, J., RANCE, K., O'CONNELL, N., SNEDDON, I. & EDWARDS, S. (2005) Heritability of clinical tail-biting and its relation to performance traits. *Livestock Production Science* 93, 87-94
- BRÖKER, G., BRUCKMANN, P., HIESTER, E., KRAUSE, G. H. M. & QUAR, U. (1998) Belastung der Atmosphäre mit Dioxinen und Furanen: Emissionen und Immissionen. In: M. OEHME (Hrsg.); *Handbuch Dioxine. Quellen - Vorkommen - Analytik*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 192-201
- BROOM, D. (1995) Quantifying pigs' welfare during transport using physiological measures. *Meat Focus International (United Kingdom)* 11, 457-460
- BRUHN, D., WOLLENTEIT, U. (2017) Rechtsgutachten zur Frage der Vereinbarkeit der Haltungsvorgaben für Mastschweine mit dem Tierschutzgesetz sowie zur Zulässigkeit einer Verschärfung der Haltungsvorgaben. Greenpeace e. V., reset GmbH, Hamburg 04/2017
- BURÉ, R. G. (1987) Die Auswirkung der Buchtenstruktur auf das Liege- und Ausscheidungsverhalten von Schweinen. Aktuelle Arbeiten zu artgemäßer Tierhaltung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL-Schrift) 43; 83-91
- BUCHER, M., MEYER, C., GROTZBACH, B., WACHECK, S., STOLLE, A., FREDRIKSSON-AHOMAA, M. (2008) Epidemiological data on pathogenic *Yersinia enterocolitica* in Southern Germany during 2000 – 2006. *Foodborne Pathogens and Diseases* 5, 273-280
- BURGSTALLER, G. (1991) Schweinefütterung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- BUSHONG, D., FRIEND, T. & KNABE, D. (2000) Salivary and plasma cortisol response to adrenocorticotropin administration in pigs. *Laboratory Animals* 34, 171-181
- BÜNGER, U., STEINHARDT, M., RIEHM, G., BÜNGER, B. LYHS, L. (1975) Einfluss einer Anämie auf einige Reaktionen des Hausschweines bei motorischer Belastung. 3. Änderung der Glukose- und Milchsäurekonzentration im Blutplasma. *Archive experimental Veterinary Medicine* 29, 171-182

BVDF (2017), Bundesverband der Deutschen Fleischwarenindustrie e. V.: Fleischverzehr 1990 - 2017. [https://www.bvdf.de/aktuell/fleischverzehr\\_1990-2017/](https://www.bvdf.de/aktuell/fleischverzehr_1990-2017/). Zugriffsdatum 06.07.2018

BVL (2016) Zoonosen-Monitoring 2015. Gemeinsamer Bericht des Bundes und der Länder. Berichte zur Lebensmittelsicherheit; BVL-Report 11.2, 30-31 [www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01\\_Lebensmittel/04\\_Zoonosen\\_Monitoring/Zoonosen\\_Monitoring\\_Bericht\\_2015.pdf](http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01_Lebensmittel/04_Zoonosen_Monitoring/Zoonosen_Monitoring_Bericht_2015.pdf). Zugriffsdatum 18.09.2018

BYERS, B. & KIMURA, S. J. (1974) Uveitis after death of a larva in the vitreous cavity. *American Journal of Ophthalmology* 77, 63-66

CAMERLINK, I., TURNER, S. P., BIJMA, P. & BOLHUIS, J. E. (2013) Indirect genetic effects and housing conditions in relation to aggressive behaviour in pigs. *Plos one* 8, e65136

CAMERON, R. (2012) Integumentary system: skin, hoof, and claw. In: J. ZIMMERMANN, L. KARRIKER, A. RAMIREZ, K. SCHWARTZ, G. STEVENSON (Hrsg.); *Diseases of swine*. Wiley-Blackwell Verlag, Ames, 251-269

CARRASCO, L., DE LARA, F. C., GOMEZ-VILLAMANDOS, J. C., BAUTISTA, M. J., VILLEDA, C. J., WILKINSON, P. J. & SIERRA, M. A. (1996) The pathogenic role of pulmonary intravascular macrophages in acute African swine fever. *Research in Veterinary Science* 61, 193-198

CHANG, L., WANG, Y. J., ZHOU, D. M. & DONG, Y., H. (2004) Heavy metals pollution in poultry and livestock feeds and manures under intensive farming in Jiangsu Province. *Journal of Environmental Sciences* 16, 371-374

CHIERS, K., DE WAELE, T., PASMANS, F., DUCATELLE, R. & HAESEBROUCK, F. (2010) Virulence factors of *Actinobacillus pleuropneumoniae* involved in colonization, persistence and induction of lesions in its porcine host. *Veterinary Research* 41, 65-81

CHRISTENSEN, L., BARTON-GADE, P. & BLAABJERG, L. (1994) Investigation of transport conditions in participating countries in the EEC. In: *Tagungsband Nr. 58, 40th International Congress Meat Science & Technology*, 28.08 – 02.09.1994, Den Haag

CLEVELAND-NIELSEN, A., NIELSEN, E. O. & ERSBØLL, A. K. (2002) Chronic pleuritis in Danish slaughter pig herds. *Preventive Veterinary Medicine* 55, 121-135

COLLINS, M., HUTSON, R., BÅVERUD, V. & FALSEN, E. (2000) Characterization of a *Rothia*-like organism from a mouse: description of *Rothia nasimurium* sp. nov. and reclassification of *Stomatococcus mucilaginosus* as *Rothia mucilaginosus* comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 50, 1247-1251

CORBEIL, J. (2014) Mikrobiologischer Status von Nebenprodukten der Schlachtung beim Schwein unter Berücksichtigung des Marktordnungsrechtes. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation

CRAIG, P. (2003) *Echinococcus multilocularis*. *Current Opinion of Infectious Diseases* 16, 437-444

D'SOUZA, D. N., DUNHEA, F. R., WARNER, R. D. & LEURY, B. J. (1998) The effect of handling pre-slaughter and carcass processing rate post slaughter on pork quality. *Meat Science* 50, 429-437

- DAHME, E. & WEISS, E. (2007) Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. Enke Verlag, Stuttgart
- DAMRIYASA, I. M., BAUER, C., EDELHOFER, R., FAILING, K., LIND, P., PETERSEN, E., SCHARES, G., TENTER, M. M., VOLMER, R. & ZAHNER, H. (2004) Cross sectional survey in pig breeding farms in Hesse, Germany: seroprevalence and risk factors of infections with *Toxoplasma gondii*, *Sarcocystis* spp. and *Neospora caninum*. *Veterinary Parasitology* 126, 271-286
- DAUGSCHIES, A. (2006) Sacrocystiose. In: T. SCHNIEDER (Hrsg.); *Veterinärmedizinische Parasitologie*. Parey Verlag, Stuttgart, 364-366
- DAVID, H. (1995) Alternative Fleischuntersuchung. *Der Praktische Tierarzt* 75, 1066
- DE JONGE, F. H., BOKKERS, E., SCHOUTEN, W. & HELMOND, F. (1996) Rearing piglets in a poor environment: developmental aspects of social stress in pigs. *Physiology & Behavior* 60, 389-396
- DEDIE, K., BOCKEMÜHL, H., KÜHN, K., VOLKMER, J. & WEINKE, T. (1993) Bakterielle Zoonosen bei Tier und Mensch. Enke Verlag, Stuttgart
- DEPLAZES, P., ECKERT, J., SAMSON-HIMMELSTJERNA, G. & ZAHNER, H. (2013) *Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin*. Enke Verlag, Stuttgart
- DEPLAZES, P., GRIMM, F. & KAPPEL, C. (2003) Epidemiologische und experimentelle Untersuchung zur alveolären Echinococcose (AE) des Schweines. *Epidemiologie und Bekämpfung von Parasitosen*. In: Tagungsband Nr. 34, Tagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft (DVG)-Fachgruppe "Parasitologie und Parasitäre Krankheiten", 20.03-21.03.2003, Leipzig
- DEPNER, K., HINRICHS, U., BICKHARDT, K., GREISER-WILKE, I., POHLENZ, J., MOENNIG, V. & LIESS, B. (1997) Influence of breed-related factors on the course of classical swine fever virus infection. *Veterinary Record* 140, 506-507
- DESPOMMIER, D. D. (1998) How does *Trichinella spiralis* make itself at home? *Parasitology Today* 14, 318-323
- DESROSIERS, R. (2001) A review of some aspects of the epidemiology, diagnosis and control of *Mycoplasma hyopneumoniae* infections. *Journal of Swine Health and Production* 9, 233-237
- DESROSIERS, R. (2004) Epidemiology, diagnosis and control of swine diseases. *American Association of Swine Veterinarians 2004*, 9-37
- DESTATIS (2010) *Landwirtschaftszählung 2010, Landwirtschaftliche Betriebe mit Haltungsplätzen für Schweine nach Haltungsverfahren am 01.03.2010*. Statistisches Bundesamt. [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Landwirtschaftszaehlung2010/Tabellen/9\\_2\\_LandwBetriebHaltungsplaeetzeSchweine.html](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Landwirtschaftszaehlung2010/Tabellen/9_2_LandwBetriebHaltungsplaeetzeSchweine.html). Zugriffsdatum 28.04.2018
- DESTATIS (2016a) *Fleischverbrauch und Fleischverzehr je Kopf der Bevölkerung*. Statistisches Bundesamt. [https://www.bvdf.de/in\\_zahlen/tab\\_05.html](https://www.bvdf.de/in_zahlen/tab_05.html). Zugriffsdatum 28.06.2018

DESTATIS (2016b) Ökologische Tierhaltung: geringer Anteil in Deutschland und der EU. Statistisches Bundesamt. [https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/LandForstwirtschaft/Oeko\\_Tierhaltung.html](https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/LandForstwirtschaft/Oeko_Tierhaltung.html). Zugriffsdatum 05.07.2018

DESTATIS (2017a) Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/Tabellen/GewerbSchlachtungJahr.html>. Zugriffsdatum 06.07.2018

DESTATIS (2017b) Tiere und tierische Erzeugung. Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/AktuellSchweine.html>. Zugriffsdatum 06.07.2018

DESTATIS (2017c) Schweinebestände im Aufwärtstrend; Anzahl an schweinehaltenden Betrieben nimmt ab. Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/AktuellSchweine.html>. Zugriffsdatum 06.07.2018

DEVRIESE, L. A., KILPPER-BÄLZ, R. & SCHLEIFER, K. H. (1988) *Streptococcus hyointestinalis* sp. nov. from the gut of swine. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 38, 440-441

DE WIT, J. & KAMPELMACHER, E. (1981) Some aspects of microbial contamination of hands of workers in food industry. Zentralblatt für Bakteriologie: I. Abt. Originale B 172, 390-400

DI BARTOLO, I., MARTELLI, F., INGLESE, N., POURSHABAN, M., CAPRIOLI, A., OSTANELLO, F. & RUGGERI, F. M. (2008) Widespread diffusion of genotype 3 Hepatitis E virus among farming swine in Northern Italy. Veterinary Microbiology 132, 47-55

DINTER, A. (2016) Sanfter Tod: Mobile Schlachtung. <https://provieh.de/sanfter-tod-mobile-schlachtung>. Zugriffsdatum 06.07.2018

DOLLE, S. (2016) Prävalenz und geographische Verteilung des Duncker'schen Muskelegels (*Alaria-alata*-Mesozerkarie) in Wildschweinen (*Sus scrofa*) im Freistaat Sachsen. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation

DOM, P., HAESBROUCK, F., DUCATELLE, R. & CHARLIER, G. (1994) In vivo association of *Actinobacillus pleuropneumoniae* serotype 2 with the respiratory epithelium of pigs. Infection and Immunity 62, 262-267

DÖNGES, J. (1969) Entwicklungs- und Lebensdauer von Metacercarien. Parasitenkunde 31, 340-366

DUBEY, J. P. (1995) Duration of immunity to shedding of *Toxoplasma gondii* oocysts by cats. Journal of Parasitology 81, 410-415

DUBEY, J. P. & BEATTIE, C. P. (1988) Toxoplasmosis of animals and man. Florida CRC Press, Boca Raton

DURST, L. & WILLEKE, H. (1994) Freilandhaltung von Zuchtsauen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL-Schrift) 204, 156-159

- EBKE, M., SUNDRUM, A. & RICHTER, U. (2004) Qualitätssicherung und Verbraucherschutz bei ökologisch erzeugtem Schweinefleisch. BLE-Projekt 02OE453. <http://orgprints.org/5817/1/5817-02OE453-uni-kassel-sundrum-2004-schweinefleisch.pdf>. Zugriffsdatum 06.07.2018
- ECKERT, J. & AMMANN, R. (1990) Informationen zum sogenannten Fuchsbandwurm. Schweizer Ärztezeitung 71, 63-67
- ECKERT, J., DEPLAZES, P. (2004) Biological, epidemiological and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. Clinical Microbiology Reviews 17, 107-135
- EDELHOFER, R. (1994) Prevalence of antibodies against *Toxoplasma gondii* in pigs in Austria - an evaluation of data from 1982 and 1992. Parasitology Research 80, 642-644
- EDWARDS, D. B., BATES, R. O. & OSBURN, W. N. (2003) Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for carcass and meat quality measures. Journal of Animal Science 81, 895-899
- EKKEL, E. D., DIELEMAN, S. J., SCHOUTEN, W. G., PORTELA, A., CORNÉLISSEN, G., TIELEN, M. J. & HALBERG, F. (1996) The circadian rhythm of cortisol in the saliva of young pigs. Physiology and Behavior 60, 985-989
- EKSTAM, M. (1979) Scalding water as a source of contamination. Fleischwirtschaft 59, 593-595
- ELKMANN, A. (2007) Haltungsbiologische Untersuchungen zur Beschäftigung von Mastschweinen in einstreuloser oder eingestreuter Haltung. Justus-Liebig-Universität Gießen, Dissertation
- ELLERBROEK, L., PUDOLLEK, H.-P., HANEKE, M., DUSINSKI, A., STANK, A., OETJEN, M., FRETTER, S. & LANGKABEL, N. (2018) Zur Bedeutung der Sauberkeit von Tieren für die Schlachthygiene. Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle 25, 10-19
- ELLIS, W. A. (2006) Leptospirosis. In: B. E. STRAW, J. ZIMMERMANN, S. D'ALLAIRE, D. TAYLOR (Hrsg.); Diseases of Swine. Wiley Blackwell Verlag, Ames, 691-700
- ERBER, M. & GEISEL, O. (1979) Untersuchungen zur Klinik und Pathologie der *Sarcocystis-suicanis*-Infektion beim Schwein. Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift 92, 197-202
- ERNST, E. (2016) Rechtliche Rahmenbedingungen, Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz. Tagung Hofnahe Schlachtung 22.11.2016. Hüttenberg. <https://tierschutz.hessen.de/hofnahe-schlachtung>. Zugriffsdatum 03.05.2018
- ETZEL, E. (1982) Auswertung der Schlachtier- und Fleischuntersuchungsstatistik an einem Fleischkombinat in den Jahren 1979-1980-1981 mit Schlußfolgerungen für die Erzeugerbetriebe im Einzugsgebiet. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation
- EWERS, C. & WIELER, L. H. (2010) *Pasteurellaceae*. In: H. J. SELBITZ, U. TRUYEN, P. VALENTIN-WEIGAND (Hrsg.); Tiermedizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. Enke Verlag, Stuttgart

FABLET, C., MAROIS-CRÉHAN, C., SIMON, G., GRASLAND, B., JESTIN, A., KOBISCH, M., MADEC, F. & ROSE, N. (2012) Infectious agents associated with respiratory diseases in 125 farrow-to-finish pig herds: a cross-sectional study. *Veterinary Microbiology* 157, 152-163

FALLIS, A. M., FREEMA, R. S. & WALTERS, J. (1973) What eyes reveal: The light of the body is the eye. *Canadian Journal of Public Health* 64, 238-245

FAO (2000) Recognizing African swine fever - a field manual. Food and Agriculture Organizations of the United Nations.  
<http://www.fao.org/docrep/004/X8060E/X8060E00.HTM>. Zugriffsdatum 07.09.2018

FAYER, R. (2004) *Sarcocystis* spp. in human infections. *Clinical Microbiology Reviews* 17, 894-902

FEAGINS, A. R., OPRIESSNIG, T., GUENETTE, D. K., HALBUR, P. G. & MENG, X. J. (2008) Inactivation of infectious Hepatitis E virus present in commercial pig livers sold in local grocery store in the United States. *International Journal of Food Microbiology* 123, 32-37

FECHER, P., HABERNEGG, R., LEPPER, H. & STEGER, U. (2006) Schwermetalle in Lebensmitteln.  
[https://www.vis.bayern.de/ernaehrung/lebensmittelsicherheit/unerwuenschte\\_stoffe/schwermetalle.htm](https://www.vis.bayern.de/ernaehrung/lebensmittelsicherheit/unerwuenschte_stoffe/schwermetalle.htm). Zugriffsdatum 08.08.2018

FECKE, A. (2012) Physiologische und genetische Einflüsse auf die Qualität von Schweinefleisch aus baden-württembergischen Gebrauchskreuzungen. Universität Hohenheim, Dissertation

FEHLHABER, K. (1992) Ursachen von Gesundheitsschädigungen durch Lebensmittel. In: K. FEHLHABER, P. JANETSCHKE (Hrsg.); *Veterinärmedizinische Lebensmittelhygiene*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 24-82

FEHLHABER, K. (1994) Fleischuntersuchung noch zeitgemäß? *Fleischwirtschaft* 74, 583

FEHRENBURG, C. (1991) Untersuchungen zur Anwendung einer synchronen Gehirn-Herz-Durchströmung bei der elektrischen Betäubung von Schlachtschweinen mit besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Fleischqualität. Freie Universität Berlin, Dissertation

FELDHUSEN, F., NEUMANN-FUHRMANN, D. & WENZEL, S. (1987) Die Leitfähigkeit als Parameter der Fleischbeschaffenheit. *Fleischwirtschaft* 67, 455-460

FISCHER, C. (1981) Veränderungen im Muskel nach dem Schlachten. *Fleischwirtschaft* 61, 1830-1836

FISCHER, K. (2007) Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 124, 12-18

FLESJA, K., FORUS, I. & SOLBERG, I. (1982) Pathological lesions in swine at slaughter. V. Pathological lesions in relation to some environmental factors in the herds. *Acta Veterinaria Scandinavica* 23, 169-183

FRANKE, W. & REDEL, H. (1997) Freilandhaltung von Sauen und Ferkeln. *Baubriefe Landwirtschaft* 37, 62-66

- FRASER, A. F. & BROOM, D. M. (1997) Farm animal behaviour and welfare. Centre for Agriculture and Bioscience International, Wallingford
- FREDRIKSSON-AHOMAA, M., GERHARDT, M., STOLLE, A. (2009) High bacterial contamination of pigs tonsils at slaughter. *Meat Science* 83, 334-336
- FREITAG, M. & FREITAG, H. (2014) Einflussfaktoren auf das Schwanzbeißen beim Schwein. In: Forum angewandte Forschung 01./02.04.2014, Fachhochschule Südwestfalen, Fulda, 127-130
- FREITLÖH, M. (2012) Stärken-Schwächen-Analyse bei der Einführung der risikoorientierten amtlichen Schlachtier- und Fleischuntersuchung in einem mittelständischen Schweineschlachthof. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation
- FREY, C. F., BERGER-SCHOCH, A. E., HERRMANN, D. C., SCHARES, G., MÜLLER, N., BERNET, D., DOHERR, M. G. & GOTTSTEIN, B. (2012) Vorkommen und Genotypen von *Toxoplasma gondii* in der Muskulatur von Schaf, Rind und Schwein sowie im Katzenkot in der Schweiz. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 154, 251-255
- FRÜH, B., LEEB, C., BOCHICCHIO, D., DIPPEL, S., EDWARDS, S., GUNNARSSON, S., LINDGREN, K., MEJER, H. & PRUNIER, A. (2011) Merkblatt Bioschweinehaltung in Europa - Tierhaltungssysteme und Gesundheitsmanagement. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) und Universität für Bodenkultur (BOKU), Wien
- FÜRST, P., BECK, H. & THEELEN, R. (1992) Assessment of human intake of PCDDs and PCDFs from different environmental sources. *Toxic Substances Journal* 12, 133-150
- GABAY, C. & KUSHNER, I. (1999) Acute-phase proteins and other systemic responses to inflammation. *New England Journal of Medicine* 340, 448-454
- GANTER, M. & AMTSBERG, G. (1996) Alte und neue Probleme durch *Streptococcus suis*-Infektionen. *Der Praktische Tierarzt* 77, 41-43
- GAREIS, M., OBERLÄNDER, S., ZIPLIES, J., REESE, S., SCHADE, B., BÖHM, B. & SCHWAIGER, K. (2016) Prävalenz von Hilfsschleimbeuteln (Bursae auxiliares) und Klauenverletzungen bei Mastschweinen zum Schlachtzeitpunkt – Ergebnisse einer Studie an vier Schlachthöfen. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 129, 428-436
- GÄRTNER, A., GESSNER, A., GROMÖLLER, S., KLUG, K., KNUST, S. & JÄCKEL, U. (2016) Emissionen aus Schweinemastanlagen – Untersuchungen zur Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft und Antibiotikaresistenz. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft/Air Quality Control* 1, 31-38
- GEBHARD, R. G. (1976) Das Vorkommen von Gliedmaßenschäden und Stellungsanomalien in der neuzeitlichen Schweinehaltung. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- GEBREYES, A., BAHNSON, B., FUNK, A., MCKEAN, J. & PATCHANEE, P. (2008) Seroprevalence of *Trichinella*, *Toxoplasma*, and *Salmonella* in antimicrobial-free and conventional swine production system. *Foodborne Pathogens and Diseases* 5, 199-203

- GENOVESI, E. V., KNUDSEN, R. C., WHYARD, T. C. & MEBUS, C. A. (1988) Moderately virulent African swine fever virus infection: blood cell changes and infective virus distribution among blood components. *American Journal of Veterinary Research* 49, 338-344
- GERBER, H.-D. (1984) Lkw-Transporte von Schlachtschweinen bei unterschiedlichen Ladedichten. Freie Universität Berlin, Dissertation
- GETTY, R. & GHOSHAL, N. (1967) Applied anatomy of the sacrococcygeal region of the pig as related to tail-bleeding. *Veterinary Medicine, Small Animal Clinician (VM, SAC)* 62, 361-367
- GEYER, H. (1979) Morphologie und Wachstum der Schweineklaue, Grundlagen für Stallbodengestaltung und Klauenpathologie. Universität Zürich, Habilitationsschrift
- GILLESPIE, R. R., HILL, M. A., KANITZ, C. L., KNOX, K. E., CLARK, L. K. & ROBINSON, J. P. (2000) Infection of pigs by Aujeszky's disease virus via the breath of intranasally inoculated pigs. *Research in Veterinary Science* 68, 217-222
- GIßKE, W. & KLEMM, G. (1963) Beeinflussung des Hautkeimgehaltes bei Schlachtschweinen durch verschiedene Brühverfahren. *Fleischwirtschaft* 4, 288-292
- GONZALEZ-WELLER, D., KARLOSSON, L., CABALLERO, A., HERNANDEZ, F., GUTIERREZ, A., GONZALES-IGLESIAS, T., MARINO, M. & HARDISSON, A. (2006) Lead and cadmium in meat and meat products consumed by the population in Tenerife Island, Spain. *Food Additives and Contaminants* 23, 757-763
- GOODWIN, R. (1972) Isolation of *Mycoplasma hyopneumoniae* from the nasal cavities and lungs of pigs affected with enzootic pneumonia or exposed to this infection. *Research in Veterinary Science* 13, 262-267
- GÖT (2003) Verhalten, artgerechte Haltungssysteme und Stalleinrichtungen für Rind, Schwein und Huhn. Gesellschaft für Ökologische Tierhaltung e.V., Universität Kassel
- GOTTSCHALK, M. (2012) Actinobacillosis. In: J. ZIMMERMANN, L. A. KARRIKER, A. RAMIREZ, K. J. SCHWARTZ, G. W. STEVENSON (Hrsg.); *Diseases of Swine*. Wiley Blackwell Verlag, Ames, 653-669
- GRAUVOGL, A. (1996) Tierschützerische Aspekte der derzeitigen Schweineproduktion. *Tierärztliche Umschau* 51, 308-313
- GREGORASZCZUK, E. (2002) Dioxin exposure and porcine reproductive hormonal activity. *Cadernos de Saúde Pública/Reports in Public Health (CSP)* 18, 453-462
- GREGORY, N. (1996) Welfare and hygiene during preslaughter handling. *Meat Science* 43, 35-46
- GROß, U. (2004) Prävalenz und Public-Health-Aspekte der Toxoplasmose. *Bundesgesundheitsblatt* 47, 692-697
- GROßE BEILAGE, E. (1999) Klinische und serologische Verlaufsuntersuchungen zu Prävalenz, Inzidenz und Interaktionen viraler und bakterieller Infektionen des Respirationstraktes von Mastschweinen. Tierärztliche Hochschule Hannover, Habilitationsschrift

- GROÙE BEILAGE, E., NATHUES, H., GRUMMER, B., HARTUNG, J., KAMPHUES, J., KIETZMANN, M., ROHDE, J., SPINDLER, B. & WEISSENBOCK, H. (2013) Diagnostik, Prophylaxe und Therapie von Atemwegserkrankungen in Schweinebeständen. In: E. GROÙE BEILAGE, M. WENDT (Hrsg.); Diagnostik und Gesundheitsmanagement im Schweinebestand. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 200-270
- GUTIÉRREZ-MAÑERO, F. J., RAMOS-SOLANO, B., PROBANZA, A., MEHOUACHI, J., TADEO, F. & TALON, M. (2001) The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiologia Plantarum* 111, 206-211
- HABIER, D., GÖTZ, K. U. & DEMPFE, L. (2004) Ökonomische Gewichte von Leistungsmerkmalen für Vaterrassen in der bayerischen Schweinezucht. *Züchtungskunde* 76, 307-320
- HAMILTON, E., MINKI, M. & CLEARY, J. (1972) The concentration and distribution of some stable elements in healthy human tissues from the United Kingdom. *Science of the Total Environment* 1, 341-374
- HAMM, R. (1963) Die Mikrostruktur des Muskels und ihre Beziehung zum Wasserbindungsvermögen des Fleisches. *Fleischwirtschaft* 15, 298
- HAMMERSCHMIDT, F., SCHWAIGER, K., DÄHNERT, L., VINA-RODRIGUEZ, A., HÖPER, D., GAREIS, M., GROSCHUP, M. H., EIDEN, M. (2016) Hepatitis E virus in wild rabbits and European brown hares in Germany. *Zoonoses Public Health* 2017, 1-11
- HANSSON, I., HAMILTON, C., EKMAN, T. & FORSLUND, K. (2000) Carcass quality in certified organic production compared with conventional livestock production. *Journal of Veterinary Medicine Series B-Infectious Diseases and Veterinary Public Health* 47, 111-120
- HARBUZ, M. & LIGHTMAN, S. (1992) Stress and the hypothalamo-pituitary-adrenal axis: acute, chronic and immunological activation. *Journal of Endocrinology* 134, 327-339
- HARMS, P. A., HALBUR, P. G. & SORDEN, S. D. (2002) Three cases of porcine respiratory disease complex associated with porcine circovirus type 2 infection. *Journal of Swine Health and Production* 10, 27-30
- HARTUNG, M. & KÄSBOHRER, A. (2013) Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2014, Bundesinstitut für Risikobewertung. BfR-Wissenschaft. <https://mobil.bfr.bund.de/cm/350/erreger-von-zoonosen-in-deutschland-im-jahr-2014.pdf>. Zugriffsdatum 27.07.2018
- HASSLINGER, M. A. & NAGLER, M. (1969) Zur Bedeutung des "Duncker'schen Muskelegels". *Fleischwirtschaft* 49, 1062-1063
- HAUBNER, G. C. (1864) Über die Trichinen mit besonderer Berücksichtigung der Schutzmittel gegen die Trichinenkrankheit beim Menschen. A. Hirschwald Verlag, Berlin
- HECHT, H., BLÜTHGEN, A., BRUNS-WILLER, E., FÜRST, P., MALISCH, R., MEYER, R. & PÄPKE, O. (2000) Ergebnisse eines Ringversuches zur Bestimmung von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und -furanen in verschiedenen Fettarten vom Schwein und Wildschwein. In: Jahresbericht 2000 Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF), Kulmbach

HEINONEN, M., HAKALA, S., HÄMEENOJA, P., MURRO, A., KOKKONEN, T., LEVONEN, K. & PELTONIEMI, O. (2007) Case-control study of factors associated with arthritis detected at slaughter in pigs from 49 farms. *Veterinary Record* 160, 573-578

HEINRICH, P. C., CASTELL, J. V. & ANDUS, T. (1990) Interleucin-6 and the acute phase response. *Biochemical Journal* 265, 621-636

HEINRITZI, K. (2006a) Krankheiten des Verdauungstraktes. In: K. HEINRITZI, H. GINDEL, G. REINER, U. SCHNURRBUSCH (Hrsg.); *Schweinekrankheiten*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 147-162

HEINRITZI, K. (2006b) Parasitäre Erkrankungen. In: K. HEINRITZI, H. GINDEL, G. REINER, U. SCHNURRBUSCH (Hrsg.); *Schweinekrankheiten*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 163-166

HEINTZ, A. & REINHARDT, G. (1990) *Schwermetalle in der Umwelt*. Verlag Viehweg, Braunschweig

HENNIG, J., NETTER, P. & VOIGT, K.-H. (2001) Cortisol mediates redistribution of CD8+ but not of CD56+ cells after the psychological stress of public speaking. *Psychoneuroendocrinology* 26, 673-687

HENNING-PAUKA, I. (2012) Kannibalismus - was wissen wir darüber, was können wir dagegen tun? *Fleischwirtschaft* 23, 14-17

HENSEL, A., GANTER, M., KIPPER, S., KREHORN, S., WITTENBRINK, M. & PETZOLDT, K. (1994) Prevalence of aerobic bacteria in bronchoalveolar lavage fluids from healthy pigs. *American Journal of Veterinary Research* 55, 1697-1702

HERREMANS, M., VENNEMA, H., BAKKER, J., VAN DER VEER, B., DUIZER, E., BENNE, C. A., WAAR, K., HENDRIXKS, B., SCHNEEBERGER, P., BLAAUW, G., KOOIMAN, M. & KOOPMANS, M. P. G. (2007) Swine-like hepatitis E viruses are a cause of unexplained hepatitis in the Netherlands. *Journal of Viral Hepatitis* 14, 140-146

HEYDORN, A. O. (1977) Sarkosporidien infiziertes Fleisch als mögliche Krankheitsursache für den Menschen. *Archiv für Lebensmittelhygiene* 28, 27-31

HEYDORN, A. O. & MATUSCHKA, F. R. (1981) Final host specificity of sarcocystis species transmitted by dogs. *Parasitenkunde* 66, 231-234

HIEPE, T. H. (1985) *Lehrbuch der Parasitologie*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

HIGGINS, R. & GOTTSCHALK, M. (1999) Streptococcal diseases. In: B. E. STRAW, S. D'ALLAIRE, W. L. MENGELING, D. J. TAYLOR (Hrsg.); *Diseases of Swine*. Iowa State University Press, Iowa, 563-570

HIGUITAA, N. I. A., BRUNETTIB, E. & MCCLOSKEYC, C. (2016) Cystic echinococcosis. *Journal of Clinical Microbiology* 54, 518-523

HOESCH, F. (1902) *Der Weidebetrieb in der Schweinezucht - Praktische Winke für die Weideernährung und eine vereinfachte, naturgemäße Haltung der Zucht- und Mastschweine*. Schaper Verlag, Hannover

HOFFMANN, R., HOFFMANN-FEZER, G., KIMETO, B. & WEISS, E. (1971) Mikrothromben als morphologischer Ausdruck einer Verbrauchskoagulopathie bei akuter Schweinepest. Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe B 18, 710-718

HOFMANN, K. (1987) Der pH-Wert. Ein Qualitätskriterium für Fleisch. Fleischwirtschaft 67, 557-562

HOFMANN, K. (1993) Quality concepts for meat and meat products. Fleischwirtschaft 73, 114-119

HOGG, A., AMASS, S., HOFFMAN, L., WU, C. & CLARK, L. (1996) A survey of *Streptococcus suis* isolations by serotypes and tissue of origin. American Association of Swine Veterinarians 34, 79-81

HONIKEL, K.-O. (1987) Wasserbindungsvermögen von Fleisch. Fleischwirtschaft 67, 418-428

HONIKEL, K.-O. (1993) Qualitätsprodukte erfordern geeignete Messmethoden. Fleischwirtschaft 73, 8-15

HONIKEL, K.-O. & HAMM, R. (1974) Über die Ursachen der Abnahme des pH-Wertes im Fleisch nach dem Schlachten. Fleischwirtschaft 54, 557

HONIKEL, K.-O. & KIM, C. J. (1985) Über die Ursachen der Entstehung von PSE-Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 65, 1125-1131

HONIKEL, K.-O. & SCHWÄGELE, F. (1989) Ursachen der raschen Glykogenolyse in PSE-Muskeln. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF) 28, Kulmbach, 124-130

HOOGENBROOM, L. A. P., KAN, C. A., BOVEE, T. F. H., VAN DER WEG, G., ONSTENK, C. & TRAAG, W. A. (2004) Residues of dioxins and PCB's in fat of growing pigs and broilers contaminated feed. Chemosphere 57, 35-42

HORST, P. & GREGOR, G. (1997) Spezielle Tierzucht: Schweine. In: H. KRÄUBLICH, G. BREM (Hrsg.); Tierzucht und Allgemeine Landwirtschaftslehre für Tiermediziner. Enke Verlag, Stuttgart, 432-439

HUBER, K. (2015) Spezielle Endokrinologie. In: W. VON ENGELHARDT, G. BREVES, M. DIENER, G. GÄBEL (Hrsg.); Physiologie der Haustiere. Enke Verlag, Stuttgart, 538-551

HÜTTER, L. A. (1988) Wasser und Wasseruntersuchungen. Diesterweg Verlag, Frankfurt am Main

IBEN, B. (2006) Wellness für das Schwein. Stress und Stressbewältigung. Großtierpraxis 7, 162-171

ISN (2018) ISN-Schlachthofranking 2017: Neue Namen, große Herausforderungen. <https://www.schweine.net/news/isn-schlachthofranking-2017-neue-namen.html>. Zugriffsdatum 06.07.2018

ISS (2015) Innovative Schlachtsysteme. Der T-Trailer. <http://www.iss-tt.de/DER-T-TRAILER.html>. Zugriffsdatum 06.07.2018

JACKISCH, T., HESSE, D. & SCHLICHTING, M. C. (1996) Raumstrukturbezug des Verhaltens von Mastschweinen in Haltungsverfahren mit und ohne Stroh. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL-Schrift) 373, 137-147

JACOBS, L. (1967) Toxoplasma and toxoplasmosis. In: L. JACOBS (Hrsg.); Advances in parasitology. Elsevier Verlag, New York, 1-45

JANSSEN, M. A., LENTFÖHR, G. & ROTH, E. (2000) Freilandhaltung für Schweine - ein Leitfaden. BM Betriebswirtschaftliche Mitteilungen Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein 34, 542-543

JARUP, L. (2003) Hazards of heavy metal contamination. British Medical Bulletin 68, 167-182

JENTZSCH, K. D. & SCHWEIZER, H. (1970) Human susceptibility to Herpesvirus suis (Aujeszky-virus). Multiplication of the virus in cultivated human cells. Zeitschrift für die gesamte Hygiene und ihre Grenzgebiete 16, 860-866

JERGER, D. (1995) Zum Vorkommen von *Echinococcus multilocularis* und *Trichinella spiralis* (sl) beim Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) in Niederösterreich. Universität Wien, Dissertation

JOACHIM, A. (2006) Helminthosen des Schweines. In: T. SCHNIEDER (Hrsg.); Veterinärmedizinische Parasitologie. Enke Verlag, Stuttgart, 369-397

JONES, B., NILSSON, T. & SORQVIST, S. (1984) Contamination of pig carcasses with scalding water - continued studies with radiolabelled solutes and particles. Fleischwirtschaft 64, 243-246

KABAI, E., BAGINSKI, K. & POPPITZ-SPUHLER, A. (2017) Radioaktive Kontamination von Speisepilzen : Aktuelle Messwerte. <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2017092114409>. Zugriffsdatum 01.08.2018

KAHN, J.-P., RUBINOW, D. R., DAVIS, C. L., KLING, M. & POST, R. M. (1988) Salivary cortisol: a practical method for evaluation of adrenal function. Biological Psychiatry 23, 335-349

KAMPELMACHER, E., GUINEE, P., HOFSTRA, K. & VAN KEULEN, A. (1961) Studies on *Salmonella* in slaughter-houses. Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe B 8, 1025-1042

KANTALA, T., MAUNULA, L., VON BONSDORFF, C. H., PELTOMAA, J. & LAPPALAINEN, M. (2009) Hepatitis E virus in patients with unexplained hepatitis in Finland. Journal of Clinical Virology 45, 109-113

KAPRELYANTST, A. & KELL, D. (1993) Dormancy in stationary-phase cultures of *Micrococcus luteus*: Flow cytometric analysis of starvation and resuscitation. Applied and Environmental Microbiology 25, 3187-3196

KASPER, U. (1999) Sauwohl, gesund und produktiv bei strenger Hygiene. Bauernzeitung 15, 60-61

KATZLBERGER, C., KORNER, M., LANDSTETTER, C., DAUKE, M., CERNOHLAWEK, N., TATARUCH, F. & STEINECK, T. (2009) Erhebung der radioaktiven Belastung von Wildbret. Wien, Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend.  
<http://docplayer.org/59047251-Endbericht-erhebung-der-radioaktiven-belastung-von-wildbret.html>. Zugriffsdatum 29.06.2018

KAYSER, F. H., BIENZ, K. A., ECKERT, J. & ZINKERNAGEL, R. M. (1998) Medizinische Mikrobiologie. Thieme Verlag, Stuttgart

KENNEDY, T., CONWAY, D. & BLISS, D. (1980) Prophylactic medication with pyrantel to prevent liver condemnation in pigs naturally exposed to *Ascaris* infections. American Journal of Veterinary Research 41, 2089-2091

KERN, P. (2003) *Echinococcus granulosus* infection: clinical presentation, medical treatment and outcome. Langenbeck's Archives of Surgery 388, 413-420

KERN, P., REUTER, S., BUTTENSCHOEN, K., KRATZER, W. (2001) Diagnostik der zystischen Echinokokkose. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 126, 20-23

KERN, P., WECHSLER, J. G., LAUCHART, W., KUNZ, R. (1994) Klinik und Therapie der alveolären Echinokokkose. Deutsches Ärzteblatt 91, 1857-1863

KIM, J., CHUNG, H. K. & CHAE, C. (2003) Association of porcine circovirus 2 with porcine respiratory disease complex. The Veterinary Journal 166, 251-256

KIRCHHEIM, U., KINAST, C. & SCHÖNE, F. (2001) Early post-mortem measurements as indicator of meat quality characteristics. Fleischwirtschaft 81, 89-90

KIRSCH, K. (1996) Leistungsphysiologie. In: R. KLINKE, S. SILBERNAGEL (Hrsg.); Lehrbuch der Physiologie. Thieme Verlag, Stuttgart, 518-537

KLEIBEL, A., PFÜTZNER, H. & KRAUSE, E. (1983) Messung des dielektrischen Verlustfaktors, eine im Routinebetrieb anwendbare Methode zur Erkennung von PSE-Muskeln. Fleischwirtschaft 63, 322-328

KLEIN, S., PATZKEWITSCH, D., REESE, S. & ERHARD, M. (2016) Effekte einer frühen Sozialisierung von Ferkeln auf das Verhalten, unter anderem auf das Schwanzbeißen. Tierärztliche Praxis Großtiere 3, 76-79

KLEINER, U. & LEINER, U. (2009) HACCP in Großküchen - quo vadis? Gefahrenanalyse und Risikomanagement. Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung 11, 438-439

KLOOS, W. & LAMBE, D. (1991) *Staphylococcus*. In: A. BALOWS, W. HAUSLER, K. HERRMANN, H. ISENBER, H. SHADOMY (Hrsg.); Manual of clinical microbiology. Washington D. C., American Society for Microbiology, 222-237

KLUGE, J. P., BERAN, G. W., HILL, H. T. & PLATT, K. B. (1992) "Pseudorabies" (Aujeszky's Disease). In: A. D. LEMAN, B. E. STRAW, W. L. MENGELING, S. D'ALLAIRE, D. TAYLOR (Hrsg.); Disease of swine. Enke Verlag, Stuttgart, 312-323

KOBE, A., BANDICK, N., KOOPMANN, L., DAHMS, S., WEISS, H. & FRIES, R. (2000) Comparison of two different meat inspection techniques. Veterinary Quarterly 22, 75-83

- KÖFER, J., AWAD-MASALMEH, M. & THIEMANN, G. (1993) Der Einfluß von Haltung, Management und Stallklima auf die Lungenveränderungen bei Schweinen. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 100, 319-322
- KÖFER, J., KUTSCHERA, G. & FUCHS, K. (2001) Tiergesundheitsmonitoring durch Organbefundung am Schlachthof. Fleischwirtschaft 10, 107-111
- KOOS, G., SCHRENK, D. & WÖLFLE, D. (2004) Polychlorierte Dioxine, Furane und Biphenyle. In: H. MARQUARDT, S. SCHÄFER (Hrsg.); Lehrbuch der Toxikologie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart
- KÖPPEL, C., KNOFF, L., RYSER, M.-P., MISEREZ, R., THÜR, B. & STÄRK, K. (2007) Serosurveillance for selected infectious disease agents in boars (*Sus scrofa*) and outdoor pigs in Switzerland. European Journal of Wildlife Research 53, 212-220
- KRAFT, W. (1973) Einfluss unterschiedlichen Treibens auf unveresterte Fettsäuren, Glukose und Laktat im Blut von Schlachtschweinen. Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift 104, 445-448
- KRÄMER, J. (2011) Lebensmittel Mikrobiologie. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- KRAMER, M. H., EBERHARD, M. L. & BLANKENBERG, T. A. (1996) Respiratory symptoms and subcutaneous granuloma caused by mesocercariae: a case report. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 55, 447-448
- KRANEBURG, W. (1997) Spulwürmer muss man mit System bekämpfen. top agrar 2, 4-6
- KRÄUSSLICH, H. & BREM, G. (1997) Tierzucht und allgemeine Landwirtschaftslehre für Tiermediziner. Enke Verlag, Stuttgart
- KREINÖCKER, K., HAGMÜLLER, W. & SCHMOLL, F. (2017) Untersuchungen zum Vorkommen von Leptospiren-, Toxoplasmen- und PRRSV-Antikörpern sowie von Salmonellen und Spulwurmeiern auf österreichischen Bioschweinebetrieben. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien
- KRITAS, S. & MORRISON, R. (2007) Relationships between tail biting in pigs and disease lesions and condemnations at slaughter. The Veterinary Record 160, 149
- KRONER, K. (2006) Blut- und Speichelparameter beim Kaltblutpferd in Ruhe und bei Zugarbeit. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- KÜHNE, M., FELDHUSEN, F., DROMMER, W. & WENZEL, S. (1992) Zartheit und morphologische Veränderungen von Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 72, 689-692
- KUKOSCHKE, B. (1994) Vergleichende lufthygienische und tiergesundheitliche Untersuchungen in drei eingestreuten Haltungsverfahren für Mastschweine. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation
- KÜRTEIN, M. (2014) Matthias Kürtein - Der mobile Metzger aus dem Bergischen Land. <https://www.mobilermetzger.de/>. Zugriffsdatum 06.07.2018
- KURZE, S. & WESEMEIER, H. (2006) Spulwurmbefall und Leberverwurfe bei Schweinen. Erhebungsdaten aus der Praxis und wirtschaftliche Folgen. Der Praktische Tierarzt 6, 128-133

- KUTSCHERA, G. (1999) Aufbau von Rückmeldesystemen - eine flächendeckende Erhebung von Organbefunden am Schlachthof. In: Symposium 33, Angewandte Qualitätssicherung in der Fleischerzeugung, Fachabteilung Veterinärwesen, Graz, 87-99
- LADEWIG, J. (1984) Stresshormone als Indikatoren für Belastungssituationen. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)-Schrift 307, 200-205
- LAHRMANN, K.-H. (2000) Brucellose in einem Sauenbestand. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 107, 379-380
- LAHRMANN, K.-H. & PLONAIT, H. (2004) Gliedmaßen- und Skeletterkrankungen. In: K.-H. WALDMANN, M. WENDT (Hrsg.); Lehrbuch der Schweinekrankheiten. Parey Verlag, Stuttgart, 261-305
- LANGHOFF, R. (2008) Untersuchungen über den Einsatz von Schmerzmitteln zur Reduktion kastrationsbedingter Schmerzen beim Saugferkel. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- LAPP, J., BAULAIN, U., BRADE, W., BRANDT, H., FISCHER, K. & WEIßMANN, F. (2009) Auswirkungen unterschiedlicher Duroc-Genanteile auf das ökologisch erzeugte Mastschwein. Verlag Dr. Köster, Berlin
- LE MINOR, L. (1984) Genus III. *Salmonella lignieres* Bacteriology. In: N. KRIEG, J. HOLT (Hrsg.); Bergey's manual of systematic bacteriology. Williams & Wilkins, Baltimore, 427-458
- LEHMANN, C. (2017) Toxoplasmose in der Schweineproduktion. [http://www.pigpool.de/infopool-schwein/parasiten/toxoplasmose-in-der-schweineproduktion/did\\_2052310.html](http://www.pigpool.de/infopool-schwein/parasiten/toxoplasmose-in-der-schweineproduktion/did_2052310.html). Zugriffsdatum 24.08.2018
- LEHMANN, T., GRAHAM, D. H., DAHL, E., SREEKUMAR, C., LAUNER, F., CORN, J. L., GAMBLE, H. R. & DUBEY, J. P. (2003) Transmission dynamics of *Toxoplasma gondii* on a pig farm. Infection, Genetics and Evolution 3, 135-141
- LEIBY, D. A., DUFFY, C. H., MURRELL, K. D. & SCHAD, G. A. (1990) *Trichinella spiralis* in an agricultural ecosystem: transmission in the rat population. Journal of Parasitology 76, 360-364
- LENEVEU, P., POMMIER, P., MORVAN, H. & LEWNADOWSKI, E. (2012) Bewertung von Läsionen der Atemwege des Schweines am Schlachthof, Zoopôle développement, Ploufragan
- LENGERKEN, G. V., STEIN, H. & PFEIFFER, H. (1977) Einfluss der Ausruhzeit vor der Schlachtung auf die Fleischbeschaffenheit. Journal of Veterinary Medicine 32, 32-34
- LENK, S. (2007) Einfluss der Dioxinkontamination im Futter auf die Belastung im Schweinefett. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- LGL (2017), Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Radioaktivitätsuntersuchung von Wildpilzen und Wildschweinefleisch - Untersuchungsergebnisse 2017. [https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/kontaminanten/radioaktivitaet/ue\\_2017\\_radioaktivitaet.html](https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/kontaminanten/radioaktivitaet/ue_2017_radioaktivitaet.html). Zugriffsdatum 08.08.2018

LGL (2018), Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Radioaktivität in Lebensmitteln.

<https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/kontaminanten/radioaktivitaet/index.htm>. Zugriffsdatum 08.08.2018

LIBELT, K. & PROST, E. (1972) Variabilität der bakteriellen Kontamination der Schlachttierkörper und des Brühwassers bei der Schlachtung von Schweinen. *Fleischwirtschaft* 7, 867-870

LINDEN, A., ANDERSSON, K. & OSKARSSON, A. (2000) Cadmium in organic and conventional pig production. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 40, 425-431

LINDNER (2017) land.luft, Lindner Land- und Forstwirtschaft. Persönliche Mitteilung

LINDNER, K. (1988) Charakterisierung von Belastungssituationen von Mastschweinen beim Transport durch Erfassung klinischer, hämatologischer und klinisch-chemischer Parameter. Universität Leipzig, Dissertation

LINDQVIST, J.-O. (1973) Animal health and environment in the production of fattening pigs. A study of disease incidence in relation to certain environmental factors, daily weight gain and carcass classification. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 1-78

LINTON, A. (1979) Salmonellosis in pigs. *British Veterinary Journal* 135, 109-112

LOEFFLER, K. (2002) Anatomie und Physiologie der Haustiere. Eugen Ulmer Verlag, Hohenheim

LOOFT, T. (2012) The swine intestinal microbiota: localized adaptations and responses to in-feed antibiotics. Iowa State University (USA), Dissertation

LVÖ (2016), Landesvereinigung für den ökologischen Landbau in Bayern e. V., Bio-Projekte. <https://www.lvoe.de/bio-projekte/biofleisch.html>. Zugriffsdatum 05.07.2018

MÄHLMANN, B. (1996) Zum Informationsgehalt von Organbefunden von Schlachtschweinen für epidemiologische Erhebungen über den Gesundheitsstatus von Mastschweinbeständen. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation

MAIER, C. (2005) Wirkung eines synthetisch hergestellten Pheromonanalog (PAP) auf das Wohlbefinden von Mastschweinen beim Transport zum Schlachthof. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation

MALISCH, A., GLEADLE, A. & WRIGHT, C. (1999) PCDD/F in meat from domestic farm animals and game. *Organohalogen Compounds* 43, 265-269

MÄNNL, M. (1994) Betäubung und Entblutung von Schwein und Rind. *Kulmbacher Reihe* 13, 62-83

MARCHANT-FORDE, J. N., LAY, D. C., MCMUNN, K. A., CHENG, H. W. & PAJOR, E. A. (2009) Postnatal piglet husbandry practices and well-being: the effects of alternative techniques delivered in combination. *Journal of Animal Science* 87, 1479-1492

MARÉ, C. & SWITZER, J. (1965) New species: *Mycoplasma hyopneumoniae*, a causative agent of virus pig pneumonia. *Journal of Veterinary Medicine* 60, 841-846

- MARG, H., SCHOLZ, H. C., ARNOLD, T., RÖSLER, U. & HENSEL, A. (2001) Influence of long-time transportation stress on reactivation of *Salmonella* Typhimurium DT104 in experimentally infected pigs. *Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 114, 385-388
- MARQUES, B. M. F., BERNARDI, M. L., COELHO, C. F., ALMEIDA, M., MORALES, O. E., MORES, T. J., BOROWSKI, S. M. & BARCELLOS, D. E. (2012) Influence of tail biting on weight gain, lesions and condemnations at slaughter of finishing pigs. *Pesquisa Veterinaria Brasileira* 32, 967-974
- MARRIOTT, N. G. (1992) *Grundlagen der Lebensmittelhygiene*. Behr's Verlag, Hamburg
- MARTIN, P. & CRUMP, M. (2003) *The adrenal gland*. McDonald's Veterinary Endocrinology and Reproduction USA: Wiley Blackwell Verlag, Ames, 186-200
- MARX, D. & LOEFFLER, K. (1989) Untersuchungen über die tiergerechte Gestaltung der Schweinehaltung - eine zusammenfassende Darstellung eigener Ergebnisse. *Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 102, 218-223
- MCGOVERN, L. M., BOYCE, T. G. & FISCHER, P. R. (2007) Congenital infections associated with international travel during pregnancy. *Journal of Travel Medicine* 14, 117
- MEEMKEN, D., KLEIN, G. & BLAHA, T. (2009) Tiergesundheit messen, Lebensmittelsicherheit optimieren. Risikoorientierte Schlachttier- und Fleischuntersuchung. *Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung* 06, 248-250
- MEHLHORN, H. (2008) *Encyclopedia of Parasitology*. Springer Verlag, Berlin
- MENG, X. J., PURCELL, R. H., HALBUR, P. G., LEHMAN, J. R., WEBB, D. M., TSAREVA, T. S., HAYNES, J. S., THACKER, B. J. & EMERSON, S. U. (1997) A novel virus in swine is closely related to the human Hepatitis E virus. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94, 9860-9865
- MENKE, C., CHRISTMANN, K., HÖRNING, B. (2016) *Weidehaltung von Schweinen*. Gesellschaft für ökologische Tierhaltung e. V. <http://orgprints.org/31506/1/GOET%20Schweineweide%20final.pdf>. Zugriffsdatum 18.09.2018
- MERLOT, E., MOUNIER, A. & PRUNIER, A. (2011) Endocrine response of gilts to various common stressors: A comparison of indicators and methods of analysis. *Physiology & Behavior* 102, 259-265
- MESTER, M. (2003) *Verdauungsprobleme beim Ferkel und Mastschwein - Wie kann die Fütterung helfen?* Vortragsbroschüre der Familie MIA VIT, Essen
- MEYER, C. (1989) *Freilandhaltung bei Schweinen unter besonderer Berücksichtigung der Tiergesundheit*. Gesamthochschule Kassel, Diplomarbeit
- MEYER, C., GROßE BEILAGE, E. & KRIETER, J. (2007) *Untersuchungen zur Salmonella-Seroprävalenz in unterschiedlichen Produktionssystemen beim Schwein*, Schattauer GmbH, Stuttgart
- MICHON, J., JEULIN, D., LANG, J.-M. & CATTOIR, V. (2010) *Rothia aeria* acute bronchitis: the first reported case. *Infection* 38, 335-337

- MICKWITZ, G., SCHÜTTE, A. & WENZLAWOWICZ, M. (1993) Der Umgang mit den Tieren vor der Schlachtung und die Fleischqualität. Schweinezucht und Schweinemast Fachzeitschrift 41, 28-31
- MICKWITZ, G. V. (1980) Transport von Schweinen. In: K. BICKHARDT, W. BOLLWAHN, G. V. MICKWITZ, H. PLONAIT (Hrsg.); Klinik der Schweinekrankheiten. Verlag M. & H. Schaper, Hannover, 433-439
- MICKWITZ, G. V. & HEUKING, L. (1990) Mindestanforderungen an den Umgang mit Schlachtschweinen von der Verladung, Transport, Ausruhezeit bis zur Betäubung aus der Sicht des Tierschutzes und der Fleischqualität. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 97, 28-30
- MIGUET, J.-P., BRESSON-HADNI, S. (1989) Alveolar echinococcosis of the liver. Journal of Hepatology 8, 373-379
- MIKSITS, K. & HAHN, H. (2003) Basiswissen Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie. Springer Verlag, Berlin
- MOBERG, G. (1987) Problems in defining stress and distress in animals. Journal of the American Veterinary Medical Association 191, 1207
- MOBERG, G. (2000) Biological response to stress: implications for animal welfare. The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare 23, 1-21
- MÖHL, K., GROSE, K., HAMEDY, A., WÜSTE, T., KABELITZ, P. & LÜCKER, E. (2009) Biology of *Alaria* spp. and human exposition risk to *Alaria* mesocercariae - a review. Parasitology Research 105, 1-15
- MOINARD, C., MENDEL, M., NICOL, C. & GREEN, L. (2003) A case control study of on-farm risk factors for tail biting in pigs. Applied Animal Behaviour Science 81, 333-355
- MOLD, C., RODRIGUEZ, W., RODIC-POLIC, B. & DU CLOS, T. W. (2002) C-reactive protein mediates protection from lipopolysaccharide through interactions with FcγR. The Journal of Immunology 169, 7019-7025
- MOLNAR, T., GLAVITS, R., SZEREDI, L. (2002) Occurrence of porcine dermatitis and nephropathy syndrome in Hungary. Acta Veterinaria Hungarica 50, 5-16
- MORMEDE, P., DANTZER, R., BLUTHE, R. & CARITEZ, J. C. (1984) Differences in adaptive abilities of three breeds of Chinese pigs. Behavioural and neuroendocrine studies. Génétique, Sélection, Évolution 16, 85
- MOSS, B. W. & ROBB, J. D. (1978) The effect of preslaughter lairage on serum thyroxine and cortisol levels at slaughter, and meat quality of boars, hogs and gilts. Journal of the Science of Food and Agriculture 29, 689-696
- MOUTTOTOU, N., HATCHELL, F. M. & GREEN, L. E. (1999) Foot lesions in finishing pigs and their associations with the type of floor. The Veterinary Record 144, 629-632
- MÜCK, S. (2017) Belastung von Schweinen bei Therapie mit einem mehrmalig im Vergleich zu einem einmalig zu injizierenden Präparat. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation

MUKAMOLOVA, G., TURAPOV, O., KAZARIAN, K., TELKOV, M., KAPRELYANTS, A., KELL, D. & YOUNG, M. (2002) The rpf gene of *Micrococcus luteus* encodes an essential secreted growth factor. *Molecular Microbiology* 46, 611-621

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

MUSBAH, S. & ALASIL, N. (2013) Antibiofilm activity from novel soil bacterial species of *Paenibacillus haemolyticus* strain 139si towards new therapeutic management of chronic and recurrent tonsillitis. University of Malaya, Dissertation

NAST-KOLB, D., WAYDHAS, C., JOCHUM, M., DUSWALD, K.-H., MACHLEIDT, W., SPANNAGL, M., SCHRAMM, W., FRITZ, H. & SCHWEIBERER, L. (1992) Biochemische Faktoren als objektive Parameter zur Prognoseabschätzung beim Polytrauma. *Der Unfallchirurg* 6, 59-66

NATHUES, H., SPERGSE, J., ROSENGARTEN, R., KREIENBROCK, L. & GROÙE BEILAGE, E. (2012) Value of the clinical examination in diagnosing enzootic pneumonia in fattening pigs. *The Veterinary Journal* 193, 443-447

NEJSUM, P., PARKER, E. D., FRYDENBERG, J., BOES, J., HAQUE, R., ASTRUP, I., PRAG, J. (2005) Ascariasis is a zoonosis in Denmark. *Journal of Clinical Microbiology* 43, 1142-1148

NEWMAN, S. J. (2012) The Urinary System. In: J. F. ZACHARY, M. D. MC GAVIN (Hrsg.); *Pathologic basis of veterinary disease*. Elsevier Mosby Verlag, St. Louis, 589-659

NIEBERLE, K. & COHRS, P. (1970) Harnapparat - Nieren. In: P. CHORS (Hrsg.); *Lehrbuch der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 808-865

O'CONNOR, P., O'SHEA, E., GUINANE, C., O'SULLIVAN, O., COTTER, P., ROSS, R. F. & HILL, C. (2015) Nisin H is a new nisin variant produced by the gut-derived strain *Streptococcus hyointestinalis* DPC6484. *Applied and Environmental Microbiology* 81, 3953-3960

O'CONNELL, N. E. & BEATTIE, V. E. (1999) Influence of environmental enrichment on aggressive behaviour and dominance relationships in growing pigs. *Animal Welfare* 8, 269-279

ODENING, K. (1963) Zur Diagnostik der Mesocercarie von *Alaria alata*, eines möglichen Parasiten des Menschen in Europa, anhand experimenteller Befunde beim Affen. *Monatsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 5, 385-390

OFFER, G., KNIGHT, P., JEACOCKE, R., ALMOND, R., COUSINS, T., ELSEY, J., PARSONS, N., SHARP, A., STARR, R. & PURSLOW, P. (1989) The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Structure* 8, 17

OHL, R. (1952) Erfolgreiche Tierzucht durch naturgemäÙe Haltung. *Deutscher Bauernverlag*, Berlin

OTTO, G., ROEHE, R., LOOFT, H., THOELKING, L. & KALM, E. (2004) Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs. *Meat Science* 68, 401-409

- PALLARÉS, F. J., HALBUR, P. G., SCHMITT, C. S., ROTH, J. A., OPRIESSNIG, T., THOMAS, P. J., KINYON, J. M., MURPHY, D., FRANK, D. E. & HOFFMANN, L. J. (2003) Comparison of experimental models for *Streptococcus suis* infection of conventional pigs. *Canadian Journal of Veterinary Research* 67, 225-228
- PALZER, A. (2006) Keimspektrum und Erregerassoziationen bei gesunden und an Pneumonie erkrankten Schweinen. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- PANDA, S. K., THAKRAL, D. & REHMAN, S. (2007) Hepatitis E virus. *Reviews in Medical Virology* 17, 151-180
- PAPSTHARD, E. (1989) Die Auswirkungen der Fußbodenbeschaffenheit auf die Hinterextremitäten des Schweines unter besonderer Berücksichtigung der Hilfsschleimbeutel und deren Entzündung. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- PARROTT, R. & MISSON, B. (1989) Changes in pig salivary cortisol in response to transport simulation, food and water deprivation, and mixing. *British Veterinary Journal* 145, 501-505
- PAULKE, T., PFUHL, R. & MAAK, S. (2001) Rohrnährstoffgehalt und sensorische Eigenschaften des M. longissimus verschiedener deutscher Schweineherkünfte. *Züchtungskunde* 83, 415-425
- PAWLOWSKI, Z., ECKERT, J., VUITTON, D. A. (2001) Echinococcosis in humans: clinical aspects, diagnosis and treatment. In: J. ECKERT, M. A. GEMELL, F.-X. MESLIN (Hrsg.); *Manual on Echinococcosis in Humans and Animals: a Public Health Problem of Global Concern*. World Organisation of Animal Health, 20-66
- PEARCE, R. A., BOLTON, D. J., SHERIDAN, J. J., MCDOWELL, D. A., BLAIR, I. S. & HARRINGTON, D. (2004) Studies to determine the critical control points in pork slaughter hazard analysis and critical control point systems. *International Journal of Food Microbiology* 90, 331-339
- PEARSON, J. C. (1956) Studies of the lifecycle and morphology of the larval stages of *Alaria arisaemoides* Augustine and Uribe (1927) and *Alaria canis* LaRue and Fallis (1936). *Canadian Journal of Zoology* 34, 295-387
- 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, H. H., NIELSEN, E., HASSING, A., ERSBØLL, A. K. & NIELSEN, J. P. (2008) Prevalence of clinical signs of disease in Danish finisher pigs. *The Veterinary Record* 162, 377-382
- PETERSON GRAWE, K., THIERFELDER, T., JORHEM, L. & OSKRASSON, A. (1997) Cadmium levels in kidneys from Swedish pigs in relation to environmental factors - Temporal and spatial trends. *Science of the Total Environment* 208, 111-122
- PFEIFFER, H., LENGERKEN, G. V. & GEBHARDT, G. (1984) Wachstum und Schlachtkörperqualität bei landwirtschaftlichen Nutztieren - Schweine. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

- PILL, K. (2014) Untersuchungen zur Verwendung von klinischen und pathologisch/anatomischen Befunden am Schlachthof für die Einschätzung der Tiergesundheit und des Tierschutzes in Schweine- und Rinderbeständen. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation
- PIÑEIRO, M., PIÑEIRO, C., CARPINTERO, R., MORALES, J., CAMPBELL, F. M., ECKERSALL, P. D., TOUSSAINT, M. J. & LAMPREAVE, F. (2007) Characterisation of the pig acute phase protein response to road transport. *The Veterinary Journal* 173, 669-674
- PLONAIT, H. & BICKHARDT, K. (2004) Lehrbuch der Schweinekrankheiten. Thieme Verlag, Stuttgart
- POTTHAST, K. & HAMM, R. (1976) Biochemie des DFD-Fleisches. *Fleischwirtschaft* 56, 978
- POZIO, E. (2000) Factors affecting the flow among domestic, synanthropic and sylvatic cycles of *Trichinella*. *Veterinary Parasitology* 93, 241-262
- POZIO, E., NÖCKLER, K., HOFFMANN, L. & VOIGT, W. P. (2000) Autochthonous and imported *Trichinella* isolates in Germany. *Veterinary Parasitology* 87, 157-161
- PRÄNDL, O. (1988) Verarbeitung des Fleisches. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- PRÄNDL, O., FISCHER, A., SCHMIDHOFER, T. & SINELL, H.-J. (1988) Fleisch: Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- PRANGE, H. (1972) Gliedmaßenkrankungen bei Mastschweinen und der Einfluss unterschiedlicher Bodenausführung auf ihre Entstehung. *Monatshefte für die Veterinärmedizin* 27, 450-457
- PRUNIER, A., MOUNIER, A. M. & HAY, M. (2005) Effects of castration, tooth resection, or tail docking on plasma metabolites and stress hormones in young pigs. *Journal of Animal Science* 83, 216-222
- RACKWITZ, R., PEES, M., ASCHENBACH, J. R. & GÄBEL, G. (2016) Wildtiere als Reservoir für Infektionserreger. In: 6. AfT-Symposium (Akademie für Tiergesundheit), 8. Leipziger Tierärztekongress, 14.01-16.01.2016, Leipzig
- RADKE, M. (1993) Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe in unserer Nahrung. *Der Förderungsdienst* 41, 64-68
- RAHKIO, M. & KORKEALA, H. (1996) Microbiological contamination of carcasses related to hygiene practice and facilities on slaughtering lines. *Acta Veterinaria Scandinavica* 37, 219-228
- RÄHSE, E. (2006) Untersuchungen zu Klauenmaßen und Klauenveränderungen bei Mastschweinen unter Beachtung der Haltungsbedingungen. Justus-Liebig-Universität Gießen, Dissertation
- REMDE, I. (2008) Untersuchungen zum Vorkommen der Zoonoseerreger *Echinococcus multilocularis* und *Trichinella* spp. beim Schwarzwild (*Sus scrofa scrofa*) im Wartburgkreis. Freie Universität Berlin, Dissertation

- RENKEN, C. (2017) Seroprävalenz von *Actinobacillus pleuropneumoniae* sowie zugehöriger Serotypen und Vorkommen von Pleuritiden bei Mastschweinen aus Beständen mit klinischen Anzeichen einer Atemwegserkrankung. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- RENOU, C., CADRANEL, J., BOURLIERE, M., HALFON, P., OUZAN, D., RIFFLET, H., CARENCO, P., HARAFI, A., BERTRAND, J., BOUTROUILLE, A., MULLER, P., IGUAL, J. P., DECOPPET, A., ELOIT, M. & PAVIO, N. (2007) Possible zoonotic transmission of Hepatitis E from pet pig to its owner. *Emerging Infectious Diseases* 13, 1094-1096
- REUL, U., SCHEPERS, K. H., FESTERLING, A. & SCHMITTEN, F. (1984) Untersuchungen zum postmortalen Verlauf der Leitfähigkeit im Schweinefleisch. Bericht der Vortragstagung der Dt. Gesellschaft für Züchtungskunde und der Gesellschaft für Tierzuchtwissenschaft, 26./27.09.1984, Göttingen, 2-11
- REUTER, G. (2003) Mikrobiologie des Fleisches. Behr's Verlag, Hamburg
- REYMANN, U. (2016) Vergleichende Überprüfung des Tierschutzes in Schlachthöfen anhand rechtlicher Vorgaben und fachlicher Leitparameter. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- RICHTER, A., BOLANZ, H., GOTTSCHALK, C. & RICHTER, T. (2012) Lungenbefunde bei Schlachtschweinen. In: Tagungsband der 17. Internationalen Fachtagung zum Thema Tierschutz der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft (DVG). 12./13.03.2012, Nürtingen
- RIEGER, M. A., SUNDRUM, A. & JUNGBLUTH, T. (2005) Beurteilung der Lungengesundheit von Schweinen aus verschiedenen ökologischen Haltungssystemen mittels BAL und Lungenhistologie. Bergische Universität Wuppertal, Dissertation
- RIEHN, K., HAMEDY, A., GROBE, K., ZEITLER, L. & LÜCKER, E. (2010) A novel detection method for *Alaria alata* mesocercariae. *Parasitology Research* 107, 213-220
- RIEGER, S. (2013) Epidemiologische Untersuchungen zur Verwendung der tierärztlichen Befundung am Schlachthof als tierorientierte Tierschutzkriterien zur Beurteilung der Tiergesundheit und des Tierwohls der Tiere in Schweinemastbeständen Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation
- RKI (2005) Robert-Koch-Institut, Echinokokkose.  
[https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_Echinokokkose.html](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Echinokokkose.html). Zugriffsdatum 18.09.2018
- RKI (2012) Robert-Koch-Institut, Infektionsepidemiologie, Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2011, RKI, Berlin, 200
- RKI (2013) Robert-Koch-Institut, Trichinellose  
[https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_Trichinellose.html](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Trichinellose.html). Zugriffsdatum 19.09.2018
- RKI (2014) Robert-Koch-Institut, SurvStat@RKI2.0, <https://survstat.rki.de>. Zugriffsdatum 19.09.2018
- RKI (2018) Robert-Koch-Institut, Hepatitis B.  
<https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/H/HepatitisB/HepatitisB.html>. Zugriffsdatum 17.07.2018

- ROBERTSON, I. D., BLACKMORE, D. K., HAMPSON, D. J. & FU, Z. F. (1991) A longitudinal study of natural infection of piglets with *Streptococcus suis* types 1 and 2. *Epidemiology and Infection* 107, 119-126
- RODRIGUEZ, F., A., FERNANDEZ, A., MARTIN DE LAS MULAS, J. P., SIERRA, M. A. & JOVER, A. (1996) African swine fever: morphopathology of a viral haemorrhagic disease. *Veterinary Record* 139, 249-254
- ROEPSTORFF, A. & NANSEN, P. (1994) Epidemiology and control of helminth infections in pigs under intensive and non intensive production systems. *Veterinary Parasitology* 54, 69-85
- ROLLE, M. & MAYR, A. (2010) Salmonella. In: A. MAYR (Hrsg.); Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. Enke Verlag, Stuttgart, 462-478
- ROLLE, M., MAYR, A. & BACHMANN, P. A. (1984) Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre für Tierärzte, Biologen und Agrarwissenschaftler. Enke Verlag, Stuttgart
- ROMIG, T., BILGER, B. & MACKENSTEDT, U. (1999) Zur aktuellen Verbreitung und Epidemiologie von *Echinococcus multilocularis*. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 106, 352-375
- RÖMPP, H., FALBE, J. & REGITZ, M. (1989) Römpp's Chemielexikon. Thieme Verlag, Stuttgart
- ROSENDAL, S. & MITCHELL, W. R. (1983) Epidemiology of *Haemophilus pleuropneumoniae* infection in pigs: A survey of Ontario pork producers. *Canadian Journal of Comparative Medicine* 47, 1-5
- ROSOCHACKI, S., PIEKARZEWSKA, A., POLOSZYNOWICZ, J. & SAKOWSKI, T. (2000) The influence of restraint immobilization stress on the concentration of bioamines and cortisol in plasma of pietrain and duroc pigs. *Veterinary Journal of Medicine. Physiology, Pathology and Clinical Medicine* 47, 231-242
- ROß, A. (1998) Untersuchungen zur Freilandhaltung von Zuchtsauen in Bezug auf Arbeits- und Betriebswirtschaft, Tiergerechtigkeit und Umweltverträglichkeit im Vergleich zu anderen Haltungssystemen. Justus-Liebig-Universität Gießen, Dissertation
- ROSS, R. F. (1999) Mycoplasma diseases. In: A. D. LEMAN, B. E. STRAW, W. S. MENGLING, S. D'ALLAIRE, D. J. TAYLOR (Hrsg.); Diseases of swine. Iowa University Press, Iowa, 495-510
- ROTH, E. (1998) Spulwürmer in den Griff bekommen. *Schweinezucht und Schweinemast Fachzeitschrift* 6, 24-25
- RUDYCH, A. (2014) Umsetzung der risikoorientierten Fleischuntersuchung in kleinen Schlachtbetrieben. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation
- RUSHEN, J. (1988) Why do young unacquainted pigs fight, and how can we stop them? *Proceedings of the International Congress on Applied Ethology in Farm Animals* 382-383
- RUSZKOWSKI, J. (1922) Die postembryonale Entwicklung von *Hemistomum alatum* aufgrund experimenteller Untersuchungen. *Bulletin l'Académie Polonaise des Sciences, Série des Sciences Mathématiques, Astronomiques et Physiques* 45, 237-250

RYAN, J. (1983) Higher chlorinated dioxins implicated in the mortality of young pigs kept on a pentachlorophenol wooden floor. *Canadian Veterinary Journal* 24, 72-75

RYBARCZYK, A., ROMANOWSKI, M., KARAMUCKI, T. & LIGOCKI, M. (2016) Auswirkung eines Bokashi-Probiotikums auf die Eigenschaften von Schweineschlachtkörpern und die Fleischqualität. *Fleischwirtschaft* 16, 54-55

SACK, E. (1988) Zur Messung der Fleischbeschaffenheit von Schweinehälften am Schlachtband. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF)* 27, Kulmbach, 837-844

SAKAKIBARA, A., BABA, K., NIWA, S., YAGI, T., WAKAYAMA, H., YOSHIDA, K., KOBAYASHI, T., YOKOI, T., HARA, K., ITOH, M. & KIMURA, E. (2002) Visceral larva migrans due to *Ascaris suum* which presented with eosinophilic pneumonia and multiple intra-hepatic lesions with severe eosinophil infiltration-outbreak in a Japanese area other than Kyushu. *Internal Medicine Journal* 41, 574-579

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

SAMBRAUS, H. (2010) *Gefährdete Nutzierrassen*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

SAMBRAUS, H. H. (1991) *Nutztierkunde*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

SANCHEZ-VAZQUEZ, M. J., MUR, J., GOMEZ-VILLAMANDOS, C. & CARRASCO, L. (2014) An update on the epidemiology and pathology of African Swine Fever. *Journal of Comparative Pathology* 7, 73-75

SANCHEZ-VAZQUEZ, M. J., NIELEN, M., GUNN, G. J. & LEWIS, F. I. (2012) National monitoring of *Ascaris suum* related liver pathologies in English abattoirs: A time-series analysis, 2005–2010. *Veterinary Parasitology* 184, 83-87

SANDER, J. (1993) Pathogenese der *Salmonella*-Infektion des Menschen. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 100, 283-285

SAVINOV, V. A. (1954) Zur Frage einiger Besonderheiten der Stadienentwicklung der Strigeata und der Rolle der verschiedenen Wirte in dieser Entwicklung. *Parasitology Research* 15, 245-306

SCHEIBL, P. (2016) *Tierschutz bei der Schlachtung*. 2. LGL Kongress Lebensmittelsicherheit, Band 8 der Schriftenreihe in Bayern, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Verbraucherschutz, 18.-19.10.2016, 47

SCHEINERT, J. (2015) *Nephropathien beim Schlachtschwein – Prävalenz und Charakterisierung*. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation

SCHEPER, J. (1972) Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch: genetische und umweltbedingte Einflüsse. *Fleischwirtschaft* 52, 203

SCHEPER, J. (1974) Merkmale der Fleischbeschaffenheit. Definitionen, Messungen, Zeitabhängigkeit und Aussage. *Fleischwirtschaft* 54, 134-138

- SCHEPER, J. (1979) PSE-und DFD-Fleisch und Stressanfälligkeit unserer Schlachttiere insbesondere der Schlachtschweine. Schlachten und Vermarkten 79, 38-43
- SCHMIDBERGER, J. (2017) Etablierung einer nationalen Datenbank für die alveoläre Echinokokkose: Detektion von Risikogebieten und Ermittlung der Prävalenz zur Evaluation der Durchseuchungslage in Deutschland. Medizinische Fakultät Ulm, Dissertation
- SCHMIDHOFER, T. (1998) Untersuchungsmethoden. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- SCHMIDT, J., KLIESCH, J. & GOERTLER, V. (1956) Lehrbuch der Schweinezucht - Züchtung, Ernährung, Haltung und Krankheiten des Schweines. Parey Verlag, Berlin
- SCHMITTEN, F., BURGSTALLER, G., HAMMER, K., MATZKE, P., MITTRACH, B. & SCHMID, W. (1989) Handbuch Schweineproduktion: Züchtung - Ernährung - Produktionstechnik - Haltungssysteme - Krankheiten - Hygiene - Vermarktung - Wirtschaftlichkeit. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- SCHMITTEN, F., SCHEPERS, K.-H. & FESTERLING, A. (1986) Ist die Leitfähigkeitsmessung praxisreif? Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG-Mitteilungen 11, 602-605
- SCHNIEDER, T. (2000) Helminthosen des Schweines. In: M. ROMMEL, J. ECKERT, E. KUTZNER, W. KÖRTLING, T. SCHNIEDER (Hrsg.); Veterinärmedizinische Parasitologie. Parey Verlag, Stuttgart, 445-483
- SCHNIEDER, T. (2003) Parasitologische Risiken - von der Tierhaltung zum Lebensmittel und Menschen. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 110, 309-348
- SCHÖN, H. (1989) Haltungssysteme Mastschweine. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL-Schrift) 335, 111-120
- SCHÖNREITER, S. (1996) Bestimmung der Kortisolkonzentration im Speichel als tierschutzrelevante Alternative zur Messung des Kortisolspiegels aus dem Blut von Saugferkeln. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- SCHULENBURG, A. V. D. & MEYER, K. (1985) Klinische Beobachtungen an Klauen von Mastschweinen bei unterschiedlichen Aufstallungsarten. Der Praktische Tierarzt 66, 999-1005
- SCHUMANN, K. I. (2009) Auswirkungen unterschiedlich ausgeprägter Managementsysteme in der Schweineproduktion auf das Auftreten postmortal erhobener Befunde. Freie Universität Berlin, Dissertation
- SCHÜTTE, A., VON WENZLAWOWICZ, M. & VON MICKWITZ, G. (1994) Tiertransport und Fleischqualität bei Schweinen. Fleischwirtschaft 74, 126-132
- SCHWÄGELE, F. (1993) Qualitätsmerkmale - Erfassung nach dem Schlachten. Fleischwirtschaft 73, 228-238
- SCHWEIGER, A., AMANN, R. W., CANDINAS, D. (2007) Human alveolar echinococcosis after fox population increase, Switzerland. Emerging Infectious Diseases 13, 878-882
- SCHWEISFURTH, K. L. (2007) Über-Lebens-Mittel. In: F.-T. GOTTWALD, D. NOWAK (Hrsg.); Nutztierhaltung und Gesundheit – Neue Chancen für die Landwirtschaft. Reihe Tierhaltung, Kassel, Band 29, 153

- SCHWIND, K.-H. (2004) Umweltkontaminanten im Lebensmittel Fleisch: Wie viel und woher? Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF) 163, Kulmbach, 39-50
- SEITZ, J. (2014) Nicht-infektiöse und infektiöse Einflussfaktoren auf die Lungengesundheit und die Schlachtkörperqualität von Schweinen aus bayerischen Mastbetrieben. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- SELBITZ, H., SINELL, H. & SZIEGOLEIT, A. (1995) Das Salmonellen-Problem. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- SELBITZ, H. J. (2010) Grampositive sporenbildende Stäbchenbakterien. In: H. J. SELBITZ, U. TRUYEN, P. VALENTIN-WEIGAND (Hrsg.); Tiermedizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. Enke Verlag, Stuttgart, 109-111
- SHIMALOV, V. V. (2002) Helminth fauna of the striped field mouse (*Apodemus agrarius* Pallas, 1778) in ecosystems of Belorussian Polesie transformed as a result of reclamation. Parasitology Research 88, 1009-1010
- SHOPE, R. E. (1964) Porcine contagious pleuropneumonia. Experimental transmission, etiology and pathology. The Journal of Experimental Medicine 119, 357-368
- SIGNORET, J. P. (1969) Verhalten von Schweinen. In: E. PORZIG (Hrsg.); Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 263-330
- SIMECKA, J., DAVIS, J., DAVIDSON, M., ROSS, S., STADTLÄNDER, C. & CASSEL, G. (1992) Mycoplasma diseases of animals. In: J. MANILOFF, R. MCELHANEY, L. FINCH, J. BASEMAN (Hrsg.); Mycoplasma: molecular biology and pathogenesis. American Society for Microbiology, Washington D. C., 92-97
- SINELL, H.-J. (2004) Grundlagen für die hygienische Behandlung von Lebensmitteln. In: H.-J. SINELL (Hrsg.); Einführung in die Lebensmittelhygiene. Parey Verlag, Stuttgart, 240
- SINELL, H. J. (1992) Einführung in die Lebensmittelhygiene. Parey Verlag, Berlin
- SINGLETON, P. (1995) Einführung in die Bakteriologie. Quelle & Meyer-Verlag, Wiesbaden
- SMIDT, D., KALLWEIT, E. & LADEWIG, J. (1988) Stress, Gesundheit und Leistung beim Schwein. Tierärztliche Praxis 3, 1-10
- SMYTH, J. D. (1995) Rare, new and emerging helminth zoonoses. In: R. MULLER, J. R. BAKER, D. ROLLINSON (Hrsg.); Advances in parasitology. Elsevier Academic Press, London, 1-45
- SPESSCHA, C., STEPHAN, R., ZWEIFEL, C. (2006) Microbiological contamination of pig carcasses at different stages approved of slaughter in two European Union-abattoirs. Journal of Food Protection 69, 2568-2575
- SPITALER, M., IBEN, C. & TAUSCH, H. (2006) Dioxin residues in the edible tissue of finishing pigs after dioxin feeding. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 89, 65-71
- STAMP DAWKINS, M. (1980) Leiden und Wohlbefinden bei Tieren. Ein Beitrag zu Fragen der Tierhaltung und des Tierschutzes. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

- STATISTA (2018) Anzahl der Schweineschlachtungen in Deutschland in den Jahren 1993 – 2017.  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/459142/umfrage/schweineschlachtungen-in-deutschland/>. Zugriffsdatum 06.07.2018
- STATISTA (2018) Fleischkonsum pro Kopf in Deutschland bis 2017.  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36573/umfrage/pro-kopf-verbrauch-von-fleisch-in-deutschland-seit-2000/>. Zugriffsdatum 06.07.2018
- STEINBACH, G. & KROELL, U. (1999) Salmonelleninfektionen in Schweinebeständen - Zu ihrer Epidemiologie und Bedeutung für die Erkrankung des Menschen. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 106, 282-288
- STEINHARDT, M., PRANGE, H., OBER, G., ROTHE, M. (1977) Hämatoglobingehalt, Hämatokrit, Laktat und Glukose im Blut von Schlachtschweinen während des Tötens sowie bei Fixierung mit der Nasenschlinge. Archive experimental Veterinary Medicine 4, 477-483
- STEINHARDT, M. & TIELSCHER, H.-H. (1999) Reaktionen von am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkälbern am Ende der Milchernährungsperiode auf Transportbelastung - Säure-Basen-Status, metabolische und hormonelle Variablen und Herzschlagfrequenz. Tierärztliche Umschau 54, 610-617
- STEINPARZER, R., REISP, K., GRÜNBERGER, B., KÖFER, J., SCHMOLL, F. & SATTLER, T. (2015) Comparison of different commercial serological tests for the detection of *Toxoplasma gondii* antibodies in serum of naturally exposed pigs. Zoonoses and Public Health 62, 119-124
- STELLENS, C. (1999) Untersuchungen zur Belastung von Schlachtschweinen beim LKW-Transport und im Schlachtstierstall. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation
- STEPHENSON, L. S., POND, W. G., NESHERIM, M. C., KROOK, L. P. & CROMPTON, D. W. T. (1980) *Ascaris suum*: nutrient absorption, growth and intestinal pathology in young pigs experimentally infected with 15 day old larvae. Parasitology Research 49, 15-25
- STOLZ, W. (2003) Radioaktivität - Grundlagen - Messung - Anwendungen. Teubner Verlag, Stuttgart
- STRUTZBERG-MINDER, K. & KREIENBROCK, L. (2011) Leptospireninfektionen beim Schwein: Epidemiologie, Diagnostik und weltweites Vorkommen. Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift 124, 345-359
- SUDARIKOV, V. E. (1959) Die biologischen Besonderheiten der Trematoden der Gattung Alaria. Doklady Akademii Nauk 9, 326-332
- SWANENBURG, B., BERENDS, B., URLINGS, H., SNIJDERS, J., KNAPEN, F. (2001) Epidemiological investigations into the source of *Salmonella* contamination of pork. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 114, 356-359
- SYDLER, T., MATHIS, A. & DEPLAZES, P. (1998) *Echinococcus multilocularis* lesions in the livers of pigs kept outdoors in Switzerland. European Journal of Veterinary Pathology: official journal of the European Society of Veterinary Pathology 3, 14-16

SZAZADOS, I. & TAKACS, J. (1980) Beurteilung der auf bakterielle Infektionen hinweisenden pathologisch-anatomischen Veränderungen bei der Fleischuntersuchung, 8. Nierenblutungen. *Fleischwirtschaft* 60, 686-687

TANABE, T., SATO, H., SATO, H., WATANABE, K., HIRANO, M., HIROSE, K., KUROKAWA, S., NAKANO, K., SAITO, H. & MAEHARA, N. (1996) Correlation between occurrence of exudative epidermitis and exfoliative toxin-producing ability of *Staphylococcus hyicus*. *Veterinary Microbiology* 48, 9-17

TAUTZ, N., TEWS, B. & MEYERS, G. (2015) The molecular biology of pestiviruses. *Advances in Virus Research* 93, 47-160

TAYLOR, D. (1999) *Actinobacillus pleuropneumoniae*. In: A. LEMAN, B. STRAW, W. MENGLING, S. D'ALLAIRE, D. TAYLOR (Hrsg.); *Diseases of swine*. Iowa University Press, Iowa, 54-59

TENTER, A. M. & FEHLHABER, K. (2002) Toxoplasmose. Eine lebensmittelübertragene Parasitose. *Bundesgesundheitsblatt* 45, 549-555

TENTER, A. M., HECKEROTH, A. R. & WEISS, L. M. (2000) *Toxoplasma gondii*: from animals to humans. *International Journal of Parasitology* 30, 1217-1258

TEO, C. G. (2009) Much meat, much malady: changing perceptions of the epidemiology of Hepatitis E. *Clinical Microbiology and Infection* 16, 24-32

THACKER, E. L. & MINION, F. C. (2012) Mycoplasmosis. In: J. ZIMMERMANN, L. KARRIKER, A. RAMIREZ, K. SCHWARTZ, G. STEVENSON (Hrsg.); *Diseases of swine*. Wiley Blackwell Verlag, Ames, 779-797

THIES, K. (2003) Tiergesundheit und seuchenhygienische Aspekte bei extensiver Schweinefreilandhaltung im Rahmen der Landschaftspflege. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation

THOMPSON, R. C. & LYMBERY, A. J. (1995) Echinococcus and hydatid disease. Centre for Agriculture and Bioscience International, Wallingford

THORNTON, K. (1990) Outdoor pig production. Farming Press Verlag, Ipswich

TIELEN, M. (1990) Gesundheitsvorsorge zur Qualitätsfleischerzeugung. *Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion* 20, 597-600

TRAMPENAU, L. & FINK-KEßLER, A. (2011) Tierwohl und Fleischqualität treffen sich. *Fleischwirtschaft* 23, 44-49

TRAUTWEIN, G. (1991) Harnorgane. In: K. DÄMMRICH, W. DROMMER, H. KÖHLER, C. MESSOW, J. POHLENZ, L.-C. SCHULZ, G. TRAUTWEIN (Hrsg.); *Pathologie der Haustiere*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 517-575

TROEGER, K. (1993a) The evaluation of hygiene risks during slaughtering. *Fleischwirtschaft* 73, 1102-1116

TROEGER, K. (1993b) Scalding and dehairing technology - Influence on the bacterial count of pig carcasses. *Fleischwirtschaft* 73, 1157-1160

- TROEGER, K. & HESSE, S. (1991) Mikrobiologischer Aspekt eines neuen Bearbeitungsverfahrens für Schweineschlachttierkörper nach dem Abflammen. In: Tagungsband der 32. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes "Lebensmittelhygiene", Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft (DVG), 24.-27.09.1991, Garmisch-Partenkirchen
- TROEGER, K. & WOLTERSDORF, W. (1986) Influence of scalding and dehairing during pig slaughtering on meat quality. *Fleischwirtschaft* 66, 893-897
- TRUSZCZYŃSKI, M. & PEJSAK, Z. (2009) *Mycoplasma suis* and porcine eperythrozoonosis, including achievements of the last years. *Medycyna Weterynaryjna* 65, 223-227
- TUOVINEN, V. K., GRÖHN, Y. & STRAW, B. E. (1994) Health classification of multisource feeder pigs - a field trial. *Preventive Veterinary Medicine* 20, 11-22
- TUOVINEN, V. K., GRÖHN, Y., STRAW, B. E. & BOYD, R. D. (1992) Feeder unit environmental factors associated with partial carcass condemnations in market swine. *Preventive Veterinary Medicine* 12, 175-195
- TVT (2015) Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e. V., Tierschutzgerechtes Schlachten von Rindern, Schweinen, Schafen und Ziegen. Merkblatt 89. <https://www.tierschutz-tvt.de/index.php?id=50>. Zugriffsdatum 25.05.2018
- ULLMANN, L. S. & LANGONI, H. (2011) Interactions between environment, wild animals and human leptospiroses. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases* 17, 119-129
- URIA, E. V. (1995) Uria - Es ist Zeit für glückliche Tiere. <http://uria.de/>. Zugriffsdatum 07.07.2018
- VALENTIN-WEIGAND, P. (2010) Grampositive Kokken. In: H. J. SELBITZ, U. TRUYEN, P. VALENTIN-WEIGAND (Hrsg.); *Tiermedizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre*. Enke Verlag, Stuttgart, 67-69
- VALLANT, A. (2010) Taschenatlas Schlachttierkörper-Pathologie bei Rind und Schwein. Enke Verlag, Stuttgart
- VAN ALSTINE, W. G. (2012) Respiratory System. In: J. ZIMMERMANN, L. A. KARRIKER, A. RAMIREZ, K. J. SCHWARTZ, G. W. STEVENSON (Hrsg.); *Diseases of Swine*. Wiley Blackwell Verlag, Ames, 348-362
- VAN DER GAAG, M. (2004) Epidemiological and economic simulation of *Salmonella* control in the pork supply chain. Wageningen Universität, Den Haag, Dissertation
- VAN PUTTEN, G. (1978) Schwein. In: H. SAMBRAUS (Hrsg.); *Nutztierethologie*. Parey Verlag, Berlin, 169-213
- VETERINÄRAMT (2016) Bakterielle Untersuchungen bei Schlachtkörpern von Rindern. Rottal-Inn, Regierung Niederbayern
- VOGT, C. (1996) Untersuchungen zur Vergleichbarkeit von Organbefunden am Schlachthof als Bewertungskriterium der Gesundheit von Schweinebeständen im Rahmen eines integrierten Qualitätssicherungssystems. Hochschule Hannover, Dissertation

VOGT, M. (1997) Schwerpunkt Schwein. Deutsche Landrasse. [www.g-e-h.de](http://www.g-e-h.de).  
Zugriffsdatum 07.07.2018

VOLK, B., BIEDERMANN, G., KUHN, M. & JATSCHKE, C. (2004) Einfluss der genetischen Herkunft auf die Mast- und Schlachtleistung, die Fleisch- und Fettqualität sowie das Fettsäuremuster der Phospholipide von Mastschweinen. *Archiv für Tierzucht*, 455-462

VON ALTROCK, A., SCHUTTE, A. & HILDEBRANDT, G. (2000) Results of the German investigation on the EU project "Salmonella in Pork (Salin pork)". *Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 113, 191-201

VON ALTROCK, A., SCHÜTTE, A. & HILDEBRANDT, G. (1999) Untersuchungsergebnisse aus Deutschland zu dem EU-Projekt "Salmonella in Pork" - 2. Mitteilung: Untersuchungen am Schlachthof. *Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 112, 225-233

VON ENGELHARDT, W., BREVES, G., DIENER, M. & GÄBEL, G. (2015) *Physiologie der Haustiere*. Thieme Verlag, Stuttgart

WALDMANN, K. H. & PLONAIT, H. (2004) Erkrankungen der Verdauungsorgane und des Abdomens. In: K. H. WALDMANN, M. WENDT (Hrsg.); *Lehrbuch der Schweinekrankheiten*. Parey Verlag, Stuttgart, 98-101

WALKER, P. K. & BILKEI, G. (2006) Tail-biting in outdoor pig production. *The Veterinary Journal* 171, 367-369

WALLGREN, P. & LINDAHL, E. (1995) The influence of tail biting on performance of fattening pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica* 37, 453-460

WANG, Y., QU, L., UTHE, J. J., BEARSON, S. M., KUCHAR, D., LUNNEY, J. K., COUTURE, O. P., NETTLETON, D., DEKKERS, J. C. & TUGGLE, C. K. (2007) Global transcriptional response of porcine mesenteric lymph nodes to *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *Genomics* 90, 72-84

WARRIS, P. (1992) Animal welfare. Handling animals before slaughter and the consequences for welfare and product quality. *Meat Focus International* 7, 26-20

WARRIS, P. (1987) The effect of time and conditions of transport and lairage on pig meat quality. In: P. WARRIS (Hrsg.); *Evaluation and control of meat quality in pigs*. Springer Verlag, Stuttgart, 245-264

WARRISS, P. D., DUDLEY, C. P. & BROWN, S. N. (1982) Reduciton of carcass yield in transported pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 34, 351-356

WEBER, R., FALKE, A., FRIEDLI, K., GYGAX, L. & WECHSLER, B. (2017) Auswirkungen auf die Klauen- und Gliedmaßengesundheit, das Liegeverhalten und die Verschmutzung. *Agroscope* 2017, 189

WECHSLER, B., SCHMID, H. & MOSER, H. (1991) *Der Stolba-Familienstall für Hausschweine*. Birkhäuser Verlag, Basel

WEIß, C. (2015) Stress-und Schmerzbelastung des Schweines bei Entnahme eines Tracheobronchialabstriches im Vergleich zum Nasentupfer und der Fixierung in der Oberkieferschlinge. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation

- WEISS, E. (2007) Niere. In: E. DAHME, E. WEISS (Hrsg.); Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. Enke Verlag, Stuttgart, 173-196
- WEIß, J. (2013) Ökonomische Konsequenzen von mehr Tierwohl. Schweinehaltung vor neuen Herausforderungen. In: Tagungsband der Landtechnisch-bauliche Jahrestagung, 10.12.2013, Ergolding
- WEISSENBACHER-LANG, C., VOGLMAYR, T., WAXENECKER, F., HOFSTETTER, U., WEISSENBÖCK, H., HOELZLE, K., HOELZLE, L., WELLE, M., OGRIS, M. & BRUNS, G. (2012) Porcine ear necrosis syndrome: a preliminary investigation of putative infectious agents in piglets and mycotoxins in feed. *The Veterinary Journal* 194, 392-397
- WEISSTANNER, T. (1969) Nachweis von *Toxoplasma gondii* in der Zwerchfellmuskulatur des Schweines. *Pathologia et Microbiologia* 33, 44-56
- WENK, P. & RENZ, R. (2003) Parasitologie. Biologie der Humanparasiten. Thieme Verlag, Stuttgart
- WERRES, C. (2010) Entwicklung eines ELISA zum Nachweis von Hepatitis E Antikörpern aus Serum und Fleischsaft des Schweines. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation
- WESOLY, R. (2015) Exogenous influences on skatole formation in the pig. Universität Hohenheim, Dissertation
- WESTPHAL, K. (2002) Praktische Beispiele für die Qualitätsprüfung an Fleisch und Fleischerzeugnissen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. [https://www.smul.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/278\\_vortrag5westphal.pdf](https://www.smul.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/278_vortrag5westphal.pdf). Zugriffsdatum 05.03.2018
- WHO (2017) Global Hepatitis Report 2017, Geneva: World Health Organisation. <http://www.who.int/hepatitis/publications/global-hepatitis-report2017/en/>. Zugriffsdatum 19.09.2018
- WIEDMANN, R. (2012) Schweinehaltung in der Schweiz. Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg (LSZ), Kompetenzzentrum für Schweineproduktion in Baden-Württemberg, Artikelserie 2. <https://www.google.com/search?q=WIEDMANN%2C+R.+%282012%29+Schweinehaltung+in+der+Schweiz.+LSZ+Boxber2&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b>. Zugriffsdatum 08.08.2018
- WILLEBERG, P., GERBOLA, M.-A., PETERSEN, B. K. & ANDERSEN, J. (1984) The Danish pig health scheme: nation-wide computer-based abattoir surveillance and follow-up at the herd level. *Preventive Veterinary Medicine* 3, 79-91
- WIMMERS, K., PONSUKSILI, S., KRUTMUANG, P., GYMNIICH, S., SCHELLANDER, K. & PETERSEN, B. (2002) Evaluierung der Nutzungsmöglichkeiten verschiedener Blutparameter zur retrospektiven Diagnose von Stress beim Schwein. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes „Umweltverträgliche und standortgerechte Landwirtschaft“ (USL), 94

- WINKELS, L. (2013) Untersuchungen zum Nachweis von Mesozerkarien des Duncker'schen Muskelegels (*Alaria alata*) im Rahmen der amtlichen Fleischuntersuchung. Karl-Marx-Universität Leipzig, Dissertation
- WITTMANN, M., GERDEMANN, M. M., SCHEEDER, M. R. L., HANNEKEN, H., JANECKE, D. & KREUZER, M. (1995) Zusammenhänge zwischen tierärztlichen Befunden und Schlachtkörper- bzw. Fleischqualität beim Schwein. Fleischwirtschaft 75, 492-495
- WÓJCIK, A. R., FRANCKIEWICZ-GRYGON, B. & ZBIKOWSKA, E. (2001) Wildschwein kann den Duncker'schen Muskelegel enthalten. Wiad Parzytol 47, 423-426
- WOLTERS DORF, W. (1994) Aufstallung vor dem Schlachten. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF) 1, Kulmbach, 339-339
- WOLTERS DORF, W. (1995) Das Prinzip der Kondensationsbrühung. Fleischwirtschaft 75, 1077-1081
- WULLINGER, E. (2016) Hofnahe Schlachtung aus der Sicht eines für Fleischhygiene zuständigen amtlichen Tierarztes. Tagung Hofnahe Schlachtung, 22.11.2016. Hüttenberg. <https://tierschutz.hessen.de/hofnahe-schlachtung>. Zugriffsdatum 03.05.2018
- ZAHN, A. (2014) Beweidung mit Schweinen. In: B. BURKART-AICHER (Hrsg.); Online-Handbuch Beweidung im Naturschutz. Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen, 55-58
- ZECHEL, P., BUCHER, M. & STOLLE, A. (2006) Praktische Umsetzung des EU-Hygienepaketes in selbst schlachtenden Metzgereien ab 2006. Archiv für Lebensmittelhygiene 57, 37-42
- ZHENG, D. M. & BONDE, M. (2006) Associations between the proportion of *Salmonella* seropositive slaughter pigs and the presence of herd level risk factors for introduction and transmission of *Salmonella* in 34 Danish organic, outdoor and indoor finishing-pig farms. Livestock Science 106, 189-199
- ZIMMERMANN, W. & PLONAIT, H. (1997) Erkrankungen des Atmungsapparates. In: H. PLONAIT, K. BICKHARDT (Hrsg.); Lehrbuch der Schweinekrankheiten. Parey Verlag, Berlin, 111-149
- ZRENNER, K. M. & HAFFNER, R. (1999) Lehrbuch für Fleischkontrolleure. Enke Verlag, Stuttgart
- ZWEIFEL, C., SPESCHA, C. & STEPHAN, R. (2007) Process stages in pig slaughter: influence on the microbiological contamination of carcasses in two abattoirs. Archiv für Lebensmittelhygiene 58, 7-12

## 12 Danksagung

Ein besonderes Dankeschön gilt Herrn Professor Dr. Dr. habil. Manfred Gareis, Inhaber des Lehrstuhls für Lebensmittelsicherheit des Veterinärwissenschaftlichen Departments der Ludwig-Maximilians-Universität München, für die Bereitstellung dieses Themas und das Vertrauen auf meine Selbstständigkeit.

Ein großes Dankeschön auch an meine Betreuer, Frau PD Dr. habil. Karin Schwaiger und Herrn Dr. Sebastian Ulrich, für Ihre Unterstützung und Ihr Vertrauen. Ebenso danke ich Frau Dr. Brigitte Sperner für Ihre guten Ratschläge und Ihre hilfreichen Korrekturen, Herrn PD Dr. Sven Reese gilt ebenso ein großes Dankeschön für seine Hilfe.

Vielen herzlichen Dank an Herrn Hans Lindner, dem das Tierwohl sehr am Herzen liegt und der mir als Doktorandin das nötige Vertrauen für die wissenschaftliche Begleitung seines Projekts entgegengebracht hat. Ein großes Dankeschön auch für die finanzielle Unterstützung durch die Hans-Lindner-Stiftung.

Vielen herzlichen Dank an Patrick Ossiander und Josef Straubinger, für Ihre Unterstützung und für das entgegengebrachte Vertrauen. Danke auch an das Team vor Ort, die Metzger und Landwirte, die mir immer behilflich waren. Dank Ihnen war die Probenahme immer mit Freude verbunden.

Ein riesiges Dankeschön an meine Kollegen am Lehrstuhl, besonders Philippa Wagner und Florian Kaltner, für Ihre Gespräche, Unterstützung und die gemeinsame Zeit. Vielen lieben Dank auch an die technischen Assistenten, speziell Hanna Dietz, Barbara Fritz, Sebastian Schlef, Julia Mühmel und Verena Hohenester, die mir bei benötigter Hilfe immer gerne zur Hand gingen. Vielen Dank an alle für diese schöne Zeit.

Das größte Dankeschön gilt meiner ganzen Familie. Hier möchte ich persönlich meine Eltern Theresia und Edgar Wullinger, meinen Ehemann Sebastian Reber und meine Schwestern Lisa Schwarz und Pia Wullinger nennen, die mir über die Jahre immer zur Seite standen und auf mich vertraut haben. Danke für jegliche Unterstützung und den Glauben an mich.