

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

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

Angefertigt am Bayerischen Landesamt für Gesundheit und
Lebensmittelsicherheit, Dienststelle Oberschleißheim
(Dr. M. Bucher und Dr. U. Messelhäuser)

Auswirkung der Schlachtung unterschiedlich stark verschmutzter Rinder auf die mikrobiologische Belastung ihrer Schlachtkörper

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

von
Gregor Brecheisen
aus Schwabmünchen

München 2014

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

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

Korreferent/en: Prof. Dr. Armin M. Scholz

Tag der Promotion: 12. Juli 2014

Meinen lieben Paten
Maria und Maximilian Bildl
in Dankbarkeit

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	LITERATURÜBERSICHT.....	2
2.1	Rechtliche Hintergründe	2
2.1.1	EU-Basis-Verordnung	2
2.1.2	EU-Hygienepaket.....	2
2.1.3	Mikrobiologische Kriterien.....	3
2.2	Kontaminationen bei der Schlachtung von Rindern	5
2.2.1	Sauberkeitsbegriff.....	5
2.2.2	Fleischmikrobiota	6
2.2.2.1	Topographische Einteilung	7
2.2.2.2	Funktionelle Einteilung.....	8
2.2.2.3	Mikrobiologisch-taxonomische Einteilung.....	9
2.2.2.3.1	Aerobe mesophile Keimzahl.....	9
2.2.2.3.2	<i>Enterobacteriaceae</i>	10
2.2.2.3.3	<i>E. coli</i>	11
2.2.2.4	Kontaminationswege.....	12
2.2.2.5	Kontaminationsquellen.....	13
2.2.2.5.1	Schlachtvieh	13
2.2.2.5.2	Personal und Umgebung.....	16
2.2.2.5.3	Spezifische Kontaminationsrisiken des Rinderschlachtprozesses	17
2.2.3	Themenbezogene Hintergründe – lebensmittelassoziierte Ausbrüche.....	21
2.3	Beurteilung von Fellverschmutzungen in Europa	23
2.3.1	Großbritannien	23
2.3.2	Irland	27
2.3.3	Belgien	30
2.3.4	Finnland	32
2.3.5	Schweden	35
2.3.6	Norwegen.....	38
2.3.7	Beispiele unreglementierter Fellverschmutzungsgrade	41
2.3.8	Europäische und internationale Konzepte im direkten Kontext	43

3 MATERIAL UND METHODEN	45
3.1 Verschmutzungsklassen	45
3.1.1 Flächenregionen	46
3.1.2 Flächenmaß	47
3.1.2.1 Reinheitsaspekt	47
3.1.2.2 Feuchtigkeitsaspekt	48
3.1.3 Verschmutzungsklassen	48
3.2 Schlachtbetrieb	49
3.2.1 Betriebsspiegel	49
3.2.1.1 Schlachtablauf	50
3.2.1.1.1 Betäubungsbox.....	51
3.2.1.1.2 Bolzenschussapparat	52
3.2.1.2 Arbeitsstationen zur Studiendurchführung	52
3.3 Probetiere	55
3.3.1 Selektion und Aufstallung	55
3.3.2 Besondere Vorgehensweise bei Verschmutzungsstufe 2	55
3.3.3 Kennzeichnung und Registrierung.....	56
3.4 Bildmaterial.....	56
3.4.1 Photoausrüstung.....	56
3.4.2 Darstellung der stehenden (wachen) Probetiere	57
3.4.3 Darstellung der liegenden (betäubten) Probetiere	57
3.5 Bodenverhältnisse der Betäubungsbox	60
3.5.1 Vorbereitung des Bodens bei Elektrobetäubung	60
3.5.2 Vorbereitung des Bodens bei Bolzenschussbetäubung	60
3.6 Probenahmen	62
3.6.1 Material	62
3.6.1.1 Kratzschwämme	63
3.6.1.2 Edelstahlschablonen.....	63
3.6.2 Probenahmepositionen und -stellen	64
3.6.3 Ablauf des Probenahmeverganges.....	67
3.6.4 Kühlung und Transport	68
3.7 Bilddokumentation.....	69

3.8 Laboruntersuchungen	71
3.8.1 Labormaterial	71
3.8.2 Labormethoden	71
3.8.2.1 Probenvorbereitung	71
3.8.2.2 Beimpfung und Inkubation	72
3.8.2.2.1 Aerobe mesophile Keimzahl	72
3.8.2.2.2 <i>Enterobacteriaceae</i>	72
3.8.2.2.3 <i>E. coli</i>	73
3.8.2.3 Auszählung	73
3.9 Statistische Auswertung	75
3.9.1 Datenvorbereitung	75
3.9.2 Auswertungsmethodik	75
4 ERGEBNISSE	77
4.1 Bilddokumentation	77
4.2 Keimzählungen	83
4.2.1 Gesamtkeimzahl	83
4.2.1.1 Unterschiede nach Elektrobetäubung	84
4.2.1.2 Unterschiede in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen der Betäubungsbox	85
4.2.1.3 Unterschiede bei gleichem Reinheits- aber unterschiedlichem Feuchtigkeitsaspekt	86
4.2.1.4 Unterschiede zwischen den Überklassen	87
4.2.1.5 Unterschiede nach Bildung von GKZ-Scores	89
4.2.2 <i>Enterobacteriaceae</i>	92
4.2.2.1 Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung	92
4.2.2.2 Unterschiede der Häufigkeitsverteilung in Kombination mit Überklassen und GKZ-Scores	93
4.2.3 <i>E. coli</i>	95
4.2.3.1 Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung	95
4.2.3.2 Unterschiede der Häufigkeitsverteilung in Kombination mit Überklassen und GKZ-Scores	96
4.2.4 Absolute Ergebnisse gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005	97

4.2.5	Abschließende Betrachtung der statistischen Ergebnisse.....	97
5	DISKUSSION.....	99
5.1	Material und Methodik	99
5.1.1	Probenahmestellen und Bandpositionen	99
5.1.2	Probenahmeverfahren	100
5.1.3	Hygiene-Indikatoren.....	101
5.1.4	Bilddokumentation und Nachweisführung.....	103
5.2	Reglementierung fellverschmutzter Schlachtrinder.....	105
5.2.1	Fellverschmutzungsklassen.....	105
5.2.2	Maßnahmen.....	109
5.2.3	Europäische Konzepte im globalen Vergleich	111
5.3	Schlußfolgerungen und Empfehlungen.....	113
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	115
7	SUMMARY	118
8	LITERATURVERZEICHNIS	120
9	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	131
10	TABELLENVERZEICHNIS.....	132
11	ANHANG	133
12	DANKSAGUNG.....	141

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
acc.	(engl.) according
Aqua dest.	(lat.) destilliertes Wasser
Bs	Bolzenschussbetäubung
CD	Compact Disc
CLP	Clean Livestock Policy (Großbritannien)
cm	Zentimeter
cm ²	Quadratcentimeter
DAEC	diffus adhärente <i>E. coli</i>
DIN	Deutsches Institut für Normung
E	Elektrobetäubung
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EaggEC	enteroaggregative <i>E. coli</i>
EFSA	European Food Safety Authority
EEC	enterovirulente <i>E. coli</i>
EG	europäische Gemeinschaft
EHEC	enterohämorrhagische <i>E. coli</i>
EIEC	enteroinvasive <i>E. coli</i>
EPEC	enteropathogene <i>E. coli</i>
et al.	(lat.) und andere
ETEC	enterotoxische <i>E. coli</i>
EU	Europäische Union
Fa.	Firma
FASNK	Föderale Agentur für die Sicherheit der Nahrungsmittelkette (Belgien)
FSA	Food Standard Agency (Großbritannien)
g	Gramm
ggrd.	geringgradig
GKZ	aerobe mesophile Keimzahl (Gesamtkeimzahl)
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
HC	Hämorrhagische Colitis
HUS	Hämolytisch-urämisches Syndrom
Inc.	Incorporation
ISO	International Organization for Standardization

KbE	Kolonie-bildende Einheiten
KCF	Kött och Charkföretagen (Schwedische Branchenorganisation für Schlacht-, Zerlegungs- und Fleischwarenproduktionsbetriebe)
LFGB	Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch
LGL	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
log ₁₀	dekadischer Logarithmus/Zehnerlogarithmus
MHS	Meat Hygiene Service (Großbritannien)
Mio.	Millionen
ml	Milliliter
N	Anzahl
NTEC	nekrotoxische <i>E. coli</i>
p-Wert	Signifikanzwert
PC-Agar	Plate-Count-Agar
Pers.	Personen
REC-Agar	RAPID'- <i>E. coli</i> -2-Agar
RKI	Robert Koch Institut
S.D.	Standardabweichung
seu	(lat.) oder
spp.	Spezies
Std.	Stunden
STEC	Shigatoxin bildende <i>E. coli</i>
Stx	Shigatoxin
Swab	(engl.) Tupfer
Tab.	Tabelle
TEAGASC	Agriculture And Food Development Agency (Irland)
™	Trade Mark
TTP	Thrombotisch-Thrombozytopenische Purpura
USA	United States of America
VO	Verordnung
ViehVerkV	Viehverkehrsverordnung
VRBD-Agar	Violet-Red-Bile-Dextrose-Agar
VTEC	Verotoxin bildende <i>E. coli</i>
µl	Mikroliter
%	Prozent
§	Paragraph

1 EINLEITUNG

Fellverschmutzungen gelten als Hauptkontaminationsquellen während des Rinderschlachtprozesses. Insbesondere der Fellabzug und dessen Vorarbeiten führen zu mikrobiellen Belastungen der Schlachtkörper. In der EU wird versucht das Risiko fellbürtiger Kontaminationen durch Rechtsvorgaben HACCP-basierend zu minimieren und Oberflächenverkeimungen zu reglementieren (VO (EG) Nr. 2073/2005).

Lebensmittelunternehmer aller Produktionsstufen sind verpflichtet für die „Sauberkeit“ von Schlachttieren Sorge zu tragen, so dass von ihrem Fell oder ihrer Haut kein unvertretbares Risiko einer Fleischkontamination ausgehen kann. Hierbei kommt es zu Kontroversen, da Rinder nach Anlieferung naturgemäß nicht zweifelsfrei sauber sein können und in Deutschland keine beschriebenen Toleranzgrenzen für Fellverschmutzungen vorliegen. Zudem ist unklar, ab welchem Verschmutzungsgrad das Risiko fellbürtiger Kontaminationen unvertretbar wird.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher:

1. mit Hilfe einer neu etablierten praktikablen Probenahmemethode Zusammenhänge zwischen dem Verschmutzungsgrad von Schlachtrindern und dem Keimgehalt der Oberflächen ihrer Schlachtkörper aufzuzeigen,
2. um Vorschläge machen zu können, ob für die Bundesrepublik Deutschland ähnliche Maßregelungen getroffen werden können oder sollen, wie sie einige europäische Staaten bei der Rinderschlachtung bereits seit Jahren treffen.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Rechtliche Hintergründe

2.1.1 EU-Basis-Verordnung

Allgemeine Regelungen zur vorliegenden Thematik finden sich in Kapitel II Abschnitt 4 Artikel 14 der VO (EG) Nr. 178/2002.

Absatz 1 legt fest, dass unsichere Lebensmittel nicht in Verkehr gebracht werden dürfen. Entsprechend Absatz 2 gelten Lebensmittel als nicht sicher, wenn davon auszugehen ist, dass sie „gesundheitsschädlich sind“ oder „für den Verzehr durch den Menschen ungeeignet sind“. Bei der Entscheidungsfindung ob ein Lebensmittel für den menschlichen Verzehr als ungeeignet anzusehen ist, muss gemäß Absatz 5 berücksichtigt werden, „ob das Lebensmittel infolge einer durch Fremdstoffe oder auf andere Weise bewirkten Kontamination [...] für den Menschen inakzeptabel geworden ist.“

2.1.2 EU-Hygienepaket

Die drei EU Verordnungen (EG) Nr. 852/-, 853/- und 854/2004 werden häufig auch als „EU-Hygienepaket“ bezeichnet. Innerhalb dieser Rechtsgrundlagen befinden sich Passagen mit speziellen Forderungen über die notwendige Sauberkeit von Schlachtieren. Demnach müssen „Lebensmittelunternehmer, die Tiere halten, ernten oder jagen oder Primärerzeugnisse tierischen Ursprungs gewinnen“ angemessene Maßnahmen treffen, um „die Sauberkeit von Schlachtieren und erforderlichenfalls von Nutztieren so weit wie möglich sicherzustellen“ (Anhang I Teil A Abschnitt II Absatz 4 VO (EG) Nr. 852/2004).

Schlachthofbetreibende Lebensmittelunternehmer wiederum sind dazu verpflichtet sicherzustellen, „dass alle Tiere ..., die in den Räumlichkeiten des Schlachthofs aufgenommen werden ... sauber sind“ (Anhang II Abschnitt II Absatz 1 und Absatz 2 VO (EG) Nr. 853/2004). Im Speziellen müssen alle „Lebensmittelunternehmer die Schlachthöfe betreiben in denen als Haustiere gehaltene Huftiere geschlachtet werden“ dafür Sorge tragen, dass die Schlachttiere „sauber“ sind (Anhang III Abschnitt I Kapitel IV VO (EG) Nr. 853/2004).

Die Überprüfung der Einhaltung der genannten Regelungen obliegt den amtlichen Tierärzten(innen) vor Ort. Diese müssen verifizieren, „ob die Verpflichtung des Lebensmittelunternehmers gemäß der Verordnung (EG) Nr. 853/2004, dafür zu sorgen, dass Tiere, deren Haut oder Fell so beschaffen ist, dass ein nicht vertretbares Risiko einer Kontaminierung des Fleisches während der Schlachtung besteht, erst nach vorheriger Reinigung für den Verzehr geschlachtet werden, eingehalten wird“ (Anhang I Abschnitt II Kapitel III VO (EG) Nr. 854/2004).

2.1.3 Mikrobiologische Kriterien

Hintergrund der aufgezeigten rechtlichen Anforderungen des EU-Hygienepaketes (s. 2.1.2) sind Fälle, in denen die Kontaminierung von Schlachtkörpern und anschließende Lebensmittelvergiftungen nachweislich auf mangelnde Sauberkeit der Tiere zurückzuführen waren. Die entsprechenden Passagen zielen darauf ab, eine Kontaminierung des Fleisches während der Schlachtung zu verhindern und so zu gewährleisten, dass die im Gemeinschaftsrecht festgelegten mikrobiologischen Kriterien aus VO (EG) Nr. 2073/2005 erfüllt werden (ANONYMUS, 2009b).

Entsprechend Anhang I Kapitel 2 VO (EG) Nr. 2073/2005 existieren für Schlachtkörper von Rindern, Schafen, Ziegen und Pferden lediglich Grenzwerte (Prozesshygienekriterien) für die aerobe mesophile Keimzahl ($m = 3,5 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$; $M = 5,0 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$) und für *Enterobacteriaceae* ($m = 1,5 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$; $M = 2,5 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$). Diese Grenzwerte gelten für Schlachtkörper nach dem Zurichten noch vor Beginn der Kühlung. Im Falle unbefriedigender Ergebnisse (tagesdurchschnittlicher Log-Wert $> M$) muss die Schlachthygiene verbessert und die Prozesskontrolle überprüft werden. Salmonellen dürfen auf Schlachtkörpern nicht nachweisbar sein. Es existieren keine Grenzwerte speziell für *E. coli* auf Schlachtkörpern.

An Rinderschlachthöfen sind einmal wöchentlich, bei wechselnden Wochentagen, fünf Schlachtkörper nach dem Zufallsprinzip zu beproben. Pro Schlachtkörper müssen einmalig vier Probenahmestellen untersucht werden. Aus den jeweils vier pro Schlachtkörper gewonnenen Proben muss vor der mikrobiologischen Untersuchung eine Poolprobe gebildet werden. Probengewinnung, deren Lagerung und Transport haben entsprechend der Norm ISO 17604 destruktiv oder nichtdestruktiv zu erfolgen (Artikel 4 Absatz 2 u. Anhang I Kapitel 3 Nummer 3.2 VO (EG) Nr. 2073/2005).

Gemäß L 06.00-59 Nummer 7.2 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren (Übernahme der gleichnamigen Norm DIN ISO 17604, Ausgabe Januar 2011) nach § 64 des Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB) ist als destruktives Verfahren das Korkbohrer-Verfahren vorgesehen. Als nichtdestruktive Verfahren stehen nach Nummer 7.3 ein Nass-Trockentupfer-Verfahren, ein Probenahmeverfahren per Schwamm oder ein Gazetampon-Verfahren zur Auswahl. Die Lebensmittelunternehmer sollen die Möglichkeit haben, schnellere Untersuchungsverfahren als die Referenzmethoden zu verwenden, solange gewährleistet wird, dass diese gleichwertige Ergebnisse liefern (Absatz 24 VO (EG) Nr. 2073/2005).

Je nach Auswahl des Verfahrens sind verschiedene zu beprobende Flächen vorgeschrieben. Bei Anwendung des destruktiven Verfahrens muss die beprobte Gesamtfläche, verteilt auf vier Stellen pro Schlachtkörper, 20 cm² betragen. Wird eines der zur Auswahl stehenden nichtdestruktiven Verfahren angewandt so muss verteilt auf vier Stellen eine Gesamtfläche von 400 cm² beprobt werden. Die Auswahl der Probenahmestellen auf den Schlachttierkörpern soll unter Berücksichtigung der in den verschiedenen Anlagen verwendeten Schlachttechnik erfolgen. Ziel soll die Prüfung der Stellen mit der höchsten Verbreitung der Kontamination sein (Anhang I Kapitel 3 Nr. 3.2 VO (EG) Nr. 2073/2005).

2.2 Kontaminationen bei der Schlachtung von Rindern

2.2.1 Sauberkeitsbegriff

In Anbetracht rechtlicher Hintergründe drängt sich die Frage auf, ab wann Schlachtrinder als sauber gelten können bzw. ab wann das von Haut und Fell ausgehende Risiko einer Fleischkontamination von Lebensmittelunternehmern und amtlichen Tierärzten(innen) als nicht mehr vertretbar einzustufen ist.

Im deutschen Sprachgebrauch kann das Adjektiv „sauber“ viele Bedeutungen haben. Die zur vorliegenden Problematik geeignetsten Erklärungen könnten laut DUDEN (2013) folgende sein:

1. frei von Schmutz, Unrat, Verunreinigungen
2. keinen Schmutz verursachend
3. keine lästigen oder schädlichen Stoffe hervorbringend, mit sich bringend.

Des Weiteren existiert laut DUDEN (2013) eine Vielzahl von Synonymen. Diese reichen von objektiven, aber für lebendiges Schlachtvieh wohl kaum realisierbaren Begriffen wie z. B. „keimfrei“, „steril“ und „aseptisch“, über subjektivere Alternativen wie z. B. „rein“, „fleckelos“, „hygienisch“, „ohne Schmutz/Verunreinigungen“, bis hin zu umgangssprachlichen Umschreibungen wie z. B. „gepflegt“, „ordentlich“ oder „tipptopp“.

Nach GRÄTZ (1982) gelten Schlachttiere als sauber, wenn deren Haut und Klauen frei von Verschmutzungen mit frischen oder alten Kot-, Dung- und Schlammresten oder ähnlichen Verunreinigungen sind. Allerdings ist auch von sauberen Häuten die bakterielle Kontamination des Schlachtkörpers gegeben. Die Gefahr der Keimübertragung kann sich potenzieren, wenn das Schlachtpersonal gezwungen ist, beim Absetzen von Gliedmaßen und Enthäuten immer wieder in Dung- oder Kotbehang zu greifen.

Auch der Begriff „Kontamination“ bietet ein breites Feld möglicher Wortinterpretationen. Im EU-Hygienepaket wird der Ausdruck „Kontamination“ ganz allgemein als das Vorhandensein oder das Hereinbringen einer Gefahr definiert (Kapitel I Artikel 2 der VO (EG) Nr. 852/2004). KIERMEIER (1981) und FEHLHABER (1992a) setzten allgemein für Lebensmittel die Begriffe „Kontamination“ und „Schmutz“ gleich (s. Tab. 1). Zum „Schmutz“ zählt jede fremde Substanz im Lebensmittel, die sich

durch nicht einwandfreie Bedingungen oder Verfahren bei deren Herstellung, Lagerung oder Verteilung ergeben (KIERMEIER, 1981).

Tab. 1: Bedeutung der Begriffe „Kontamination“ und „Schmutz“

(nach KIERMEIER, 1981, FEHLHABER, 1992a)

Kontaminationen bzw. Schmutz in Lebensmitteln	
<u>anorganisch:</u>	<u>organisch:</u>
Abrieb aus Metall	Mikroorganismen
Sand	Organische Rückstände
Erde	Zersetztes Gewebe
Glas	Pflanzenfasern
Rost	Holzteilchen
Chemikalien ...	Haare u. Exkremente von Tieren
	Insekten, Insektenfragmente

Von besonderer Bedeutung für die vorliegende Arbeit sind mikrobielle Kontaminationen. Unter dem Sammelbegriff der mikrobiologischen Fleischkontamination fasst FEHLHABER (1992b) all jene Vorgänge zusammen, in deren Ergebnis es zur Anwesenheit von Mikroorganismen auf/oder in Lebensmitteln kommt.

2.2.2 Fleischmikrobiota

Der mikrobiologische Zustand des Lebensmittels Fleisch wird nach GRAU (1979) durch drei wesentliche Faktoren beeinflusst:

1. Mikrobiologischer Zustand des Tieres bei der Schlachtung
2. Übertragung von Mikroorganismen auf das Fleisch während der Schlachtung
3. Temperatur, Zeit und andere Bedingungen während Lagerung und Distribution.

Bei gesunden Tieren kann davon ausgegangen werden, dass die zur Fleischgewinnung dienenden Gewebe, insbesondere die quergestreifte Muskulatur, zum Zeitpunkt der Schlachtung weitgehend keimfrei sind. Bei parenchymatösen Organen hingegen ist fast immer mit einem normalerweise niedrigen Tiefenkeimgehalt zu rechnen (MARX et al., 1974, REUTER, 2003). In Abhängigkeit von unterschiedlichen Kontaminationswegen und -quellen kommt es in der Folge zur Ausbildung einer Fleischmikrobiota die sich unterteilen lässt.

2.2.2.1 Topographische Einteilung

Die Fleischmikrobiota lässt sich wegen der festen Fleischgewebsstruktur topographisch in mikrobielle Biotope bzw. Habitate unterteilen. Als Ursprungsbereiche können Oberflächen- und Tiefenkeimgehalt voneinander abgegrenzt werden. Die Skelettmuskulatur der Schlachttiere unterliegt während zahlreicher Reifungsstadien biochemischen und physikalischen Veränderungen. Außerdem durchläuft Fleisch verschiedene Prozessstufen der Be- und Verarbeitung. Zusätzlich zur bestehenden Keimdynamik passt sich die Fleischmikrobiota in jeder Phase von Reifung bzw. von Be- und Verarbeitung neuen Rahmenbedingungen an. Hierdurch kommt es zur Bildung standortbedingter Habitate. Dabei stellen einmalige mikrobiologische Untersuchungen nur Momentaufnahmen innerhalb eines dynamischen Systems dar (REUTER, 1984, REUTER, 2003).

Die Oberflächenmikrobiota (der Oberflächenkeimgehalt) entsteht durch Kontaminationen während der Fleischgewinnung und ist beim Schlachtprozess bisher unvermeidbar. Sie kann sich schnell entwickeln und hohe quantitative Werte erreichen. Es handelt sich um eine überwiegend aerobe Mikrobiota (REUTER, 1984, REUTER, 2003).

Die anfängliche Mikrobiota auf frisch gewonnenen Schlachtkörpern setzt sich laut REUTER (2003) aus Anteilen der originären, autochtonen Mikrobiota der Tiere, der Mikrobiota des Betriebes und der Körpermikrobiota des Personals zusammen. Zunächst herrscht hohe Artenvielfalt und es ist mit allen Vertretern ubiquitärer Mikroorganismen zu rechnen. Aufgrund der Sauerstoffspannung verbleiben nach einiger Zeit vorwiegend gramnegative und grampositive aerobe Arten. Aus der Gruppe der gramnegativen Bakterien sind dies v.a. mesophile *Enterobacteriaceae* und psychrotrophe Spezies der *Pseudomonas-Acinetobacter*-Gruppe. Bei den Grampositiven dominieren zunächst Mikrokokken, welche wiederum im weiteren Verarbeitungsverlauf von Milchsäurebakterien und der Spezies *Brochothrix thermosphacta* verdrängt werden (REUTER, 2003).

Die Tiefenmikrobiota ist in der Regel mengenmäßig gering und vermehrt sich nur langsam. Sie kann intra vitam oder während der Agonie, durch Eindringen von Mikroorganismen aus den Blut- und Lymphgefäßen in die Tiefe der physiologisch keimfreien Gewebe entstehen (REUTER, 2003).

Laut GILL (1979) muss ein Tiefenkeimgehalt in der Muskulatur schon zu Lebzeiten vorhanden gewesen sein oder aus Bakterien resultieren, die während der Schlachtung in den Blutstrom gelangt sein müssen. Dies kann bei Schlachttieren beim Entblutestich oder der inzwischen obsoleten Rückenmarkszerstörung geschehen. Erhöhte Tiefenkeimgehalte treten nach unerlaubter Schlachtung fiebriger Tiere auf (SINELL, 1988, REUTER, 2003). Auch bei stark gehetzten oder transportgeschädigten Tieren können nach der Schlachtung Tiefenkeimgehalte vorliegen. Grund hierfür ist die Überwindung der Darm-Leber-Schranke *intra vitam* (REUTER, 2003).

2.2.2.2 Funktionelle Einteilung

Grundsätzlich gelten Mikroorganismen als unerwünscht, wenn sie krankmachende Eigenschaften besitzen (pathogene oder toxinogene) oder schnell und tiefgreifend Verderb herbei führen (SINELL, 1988, REUTER, 2003). Abhängig von den individuellen Virulenzen einzelner Stämme, entfalten sie ihre Wirkungen nach Infektion, Invasion und/oder durch Toxinbildung (REUTER, 2003).

Nach SINELL (1988) gelten Keime als tolerierbar, wenn sie nur äußerst geringe Stoffwechsellätigkeit entfalten oder sich bei den bei Fleisch üblich vorherrschenden inneren und äußeren Bedingungen nicht vermehren können. REUTER (2003) führt an, dass diese Keime entweder im mikrobiologischen Geschehen des Fleisches mengenmäßig nicht dominant werden oder selbst als dominante Gruppe nichts Bedenkliches ausrichten können. Hierzu zählen grampositive und gramnegative Mikroorganismen aus der vielschichtigen Gruppe der Psychrotrophen.

Keime gelten als erwünscht, wenn sie aufgrund ihrer Stoffwechsellätungen Rohmaterialien oder Fertigerzeugnisse vorteilhaft beeinflussen und somit zur Sicherung oder Verbesserung der Qualität beitragen (SINELL, 1988). Als Qualitätsverbesserungen nennt REUTER (2003) Haltbarkeitssteigerung und Verbesserungen sensorischer Eigenschaften. Die erwünschten Keime wirken dabei gegen das Aufkommen pathogener oder toxinogener Erreger als Starter- oder Schutzkulturen. Es handelt sich überwiegend um grampositive Spezies mit kennzeichnender Milchsäurebildung. Schutzfunktionen gingen dabei von mikrobioziden Metaboliten wie z. B. Bacteriozinen aus. Weitere Beispiele sind nach KASPROWIAK et al. (1991) nicht toxische Schimmelpilze, apathogene Staphylokokken und Pediokokken.

2.2.2.3 Mikrobiologisch-taxonomische Einteilung

Als Indikator-Organismen (-Keime) werden im Bereich der Fleischhygiene Mikroorganismen bezeichnet, die auf eine nicht sachgerechte Behandlung des Fleisches hinweisen. Dabei ist in der Regel nur die Quantität der kultivierbaren Keime entscheidend. Als Indikatoren für die hygienische Bewertung von Fleisch nennt REUTER (2003):

1. Aerobe mesophile Keimzahl (Gesamtkeimzahl, GKZ)
2. *Enterobacteriaceae*
3. *E. coli*
4. *Enterokokken*
5. Sulfitreduzierende Clostridien.

Es gilt zu beachten, dass die Indikatorfunktion von Keimen nur für das dafür jeweils festgelegte Lebensmittel gilt. Beispielsweise zählen *Enterokokken* zur normalen Keimmikrobiota in Rohwurst und sind somit bei diesem Produkt als Indikatoren unbrauchbar (FEHLHABER, 1992b).

Als Index-Organismen (-Keime) definiert REUTER (2003) gesundheitlich bedenkliche Mikroorganismen, deren Anwesenheit an sich zum Ausschluss eines Produktes von der weiteren Verwendung als Lebensmittel führen müsste. Hierunter fallen z. B. Salmonellen, pathogene und toxinogene Serotypen von *E. coli*, pathogene Varianten von *Campylobacter coli* und *jejuni* und *Yersinia enterocolitica* bzw. toxinogene Varianten von *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* und *Bacillus cereus*.

In den folgenden Abschnitten werden die oben genannten Indikatoren Gesamtkeimzahl, *Enterobacteriaceae* und *E. coli* näher erläutert.

2.2.2.3.1 Aerobe mesophile Keimzahl

Die aerobe mesophile Keimzahl gilt als Gradmesser für die mikrobiologische Belastung eines Fleisch-Habitats (REUTER, 2003). Erhöhte Keimzahlen weisen auf hygienewidrige Zustände in der Lebensmittelherstellung hin. Anaerobier werden hierbei in der Regel nicht mit erfasst (FEHLHABER, 1992b). Innerhalb des EU-Hygienerichts existieren u.a. für Schlachtkörperoberflächen produktspezifische Grenzwerte (s. 2.1.3).

Sofern es sich nicht um eine erwünschte Mikrobiota handelt wird prinzipiell ein möglichst geringer Keimgehalt angestrebt. Steigende Keimzahlen erhöhen das Risiko des mikrobiellen Verderbs und die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen von pathogenen oder fakultativ pathogenen Keimen und (oder) mikrobiell-toxischen Stoffwechselprodukten (FEHLHABER, 1992b).

2.2.2.3.2 *Enterobacteriaceae*

Enterobacteriaceae weisen auf Kontaminationen aus der Umgebung der Tiere oder des Menschen hin (REUTER, 2003). Gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005 existieren Grenzwerte für die Oberflächen von Rinderschlachtkörpern (s. 2.1.3).

Die Familie der *Enterobacteriaceae* ist unterteilt in zahlreiche Gattungen und Arten (BAUMGART, 2011, EUZÉBY, 2012) und umfasst gramnegative, fakultativ anaerobe, sporenlose Stäbchenbakterien, die beweglich (peritriche Begeißelung) oder unbeweglich sein können. Die Einteilung in Gruppen, Gattungen, Arten und Typen erfolgt aufgrund ihrer Antigenstruktur und biochemischer Eigenschaften (KRÄMER, 2011). Die wichtigsten Vertreter haben ihren natürlichen Standort im Darm des Menschen und vorwiegend warmblütiger Tiere. Weitere Arten der Familie leben in der Außenwelt und sind auf Pflanzen, im Boden, in Gewässern und an ähnlichen Standorten zu finden. Unter den *Enterobacteriaceae* befinden sich harmlose Umweltkeime, saprophytär oder symbiontisch lebende Darmbakterien, aber auch hochinfektiöse, pathogene Keime (BACHMANN et al., 1984).

Neben den obligat pathogenen Gattungen und Arten *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia pestis* und *Yersinia pseudotuberculosis* existiert eine Vielzahl fakultativ pathogener Gattungen wie *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Proteus*, *Providencia*, *Edwardsiella* und *Yersinia*. Als lebensmittelassoziierte Pathogene sind neben Salmonellen und Shigellen v.a. Stämme von *Yersinia enterocolitica* und *Escherichia coli* von Bedeutung (KRÄMER, 2011). Innerhalb einiger Gattungen (z. B. *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Escherichia*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Kluyvera*, *Leleercia*, *Serratia*) existieren neben tolerierbaren Vertretern auch zahlreiche Verderbniserreger (BAUMGART, 2011).

2.2.2.3.3 *E. coli*

In Lebensmitteln und Trinkwasser gilt *E. coli* als Indikator für fäkale Verunreinigungen (BACHMANN et al., 1984, REUTER, 2003, BAUMGART, 2011, KRÄMER, 2011) und wird in VO (EG) Nr. 2073/2005 zur Festlegung mikrobiologischer Grenzwerte (z.B. für Hackfleisch) herangezogen. Derzeit existieren keine Grenzwerte für *E. coli* auf Schlachtkörperoberflächen.

E. coli zählt zur Gattung *Escherichia* der Familie *Enterobacteriaceae*. Als einziger Vertreter der gesamten Familie zeigt *E. coli* eine positive Indolreaktion (BAUMGART, 2011). Mit Ausnahme von Meerschweinchen und Chinchilla beherbergen alle warmblütigen Tiere *E. coli* als normalen kommensalischen oder saprophytischen Bewohner des Dickdarms. Der Anteil an der Gesamtdarmmikrobiota (aerob und anaerob) liegt, neben anderen Bakterienarten und Hefen, bei ein bis fünf Prozent. Die Keimzahlen liegen tierartlich verschieden zwischen $> 10^4$ bis $< 10^9$ je Gramm Darminhalt oder Kot. Mit Fäzes ausgeschiedene *E. coli* weisen in der Außenwelt eine relativ hohe Widerstandskraft auf. Besonders gilt dies für feuchtes Milieu, aber auch in eingetrocknetem Kot kann der Keim monatelang vermehrungsfähig bleiben. Colibakterien können auch als Indikatoren für die Wirksamkeit von Desinfektionsmaßnahmen genutzt werden (BACHMANN et al., 1984, SELBITZ, 2007).

Im Darm vorkommende Stämme sind in permanent vorhandene (residente) und in nur vorübergehend den Verdauungskanal besiedelnde (transiente) Stämme unterteilbar (SELBITZ, 2007). *E. coli* ist ein fakultativ pathogenes oder opportunistisches Bakterium (KRÄMER, 2011). Grundsätzlich lassen sich septikämisch verlaufende und lokale Coliinfektionen unterscheiden. Lokale Infektionen können in enterale/intestinale und extraintestinale Formen unterteilt werden (BACHMANN et al., 1984, SELBITZ, 2007).

Bestimmte Stämme sind demnach in der Lage intestinale Infektionen zu verursachen. Diese, nach REUTER (2003) zu den Index-Organismen zählenden enterovirulenten *E. coli* (EEC), können nach Virulenzfaktoren und Pathogenitätsmechanismen in sieben Gruppen unterteilt werden. Unterschieden werden EIEC (enteroinvasive *E. coli*), ETEC (enterotoxische *E. coli*), EPEC (enteropathogene *E. coli*), EaggEC (enteroaggregative *E. coli*), DAEC (diffus adhärente *E. coli*), NTEC (nekrotoxische *E. coli*) und EHEC (enterohämorrhagische *E. coli*) (SELBITZ, 2007, KRÄMER, 2011).

EHEC sind Shigatoxin bildende *E. coli* (STEC), die zu blutigen Durchfällen, Bauchkrämpfen und Erbrechen führen können. Mit Hilfe zusätzlicher Pathogenitätsfaktoren können bei Menschen u.a. HC (hämorrhagische Colitis), TTP (Thrombotisch-Thrombozytopenische Purpura) oder HUS (Hämolytisch-urämisches Syndrom) ausgelöst werden. Sie gehören verschiedenen Serogruppen an (KRÄMER, 2011). Bei oraler Aufnahme beträgt die minimale Infektionsdosis nur 10 bis 100 Keime (BÜLTE, 1996, KRAUS et al., 2004, KRÄMER, 2011). EHEC-Ausbrüche traten in den letzten Jahren weltweit verbreitet auf. Im Allgemeinen gelten Wiederkäuer, v.a. Rinder, Schafe und Ziegen als Reservoir für die meisten STEC/EHEC-Stämme (KRAUS et al., 2004, RKI, 2012). Einzeltiere in Rinderherden können stärkere Ausscheider, sog. „super-shedders“ sein, wodurch das Infektionsrisiko anderer Herdenmitglieder, anderer Farmen, der Umwelt und letztlich auch des Menschen deutlich ansteigt (CHASE-TOPPING et al., 2008, ANONYMUS, 2009a).

2.2.2.4 Kontaminationswege

Mikrobielle Fleischkontaminationen können primär oder sekundär entstehen. Als primäre Kontamination bezeichnet SINELL (1988) den Keimgehalt, der zu Lebzeiten eintritt und diejenigen Gewebe betrifft, die bei gesund geschlachteten Tieren normalerweise praktisch keimfrei sind (s. 2.2.2). FEHLHABER (1992b) bezeichnet das Resultat primärer Kontaminationen als originären Keimgehalt tierischer Produkte (u.a. Fleisch). BÜLTE (2003) spricht von endogenen, vom Tier ausgehenden Kontaminationen.

Säugetiere sind in der Lage Mikroorganismen so abzuwehren, dass diese im Wesentlichen auf ihre natürlichen Standorte (z. B. auf das Intestinum) lokalisiert bleiben. Dieses Erreger-Wirt-Gleichgewicht kann aufgrund verschiedenster prämortaler Stressfaktoren (z.B. Transportstress) gestört werden, wodurch innerhalb kurzer Zeiträume vor der Schlachtung beginnende Bakteriämien resultieren können. Dabei überschreiten intestinale Keime die Darmschranke. Da dies ohne klinisch erkennbare Veränderungen oder ohne pathologisch-anatomische Auffälligkeiten verlaufen kann, besteht das Risiko des Unerkanntbleibens. Handelt es sich dabei um Zoonoseerreger, welche im Darminhalt inapparent vorkommen können, entsteht unter Umständen eine Infektionsgefahr für den Endverbraucher (FEHLHABER, 1992b).

Von sekundären Kontaminationen spricht man, wenn die Besiedlung mit Mikroorganismen während oder nach der Schlachtung eintritt (SINELL, 1988). Die Keime können aus der belebten und der unbelebten Umwelt der Tiere stammen (BÜLTE, 2003). Die sekundäre Kontamination ist die bei weitem häufigste Form der Keimübertragung auf Lebensmittel. Sie ist eine wichtige Ursache für mikrobiellen Verderb (FEHLHABER, 1992b). Des Weiteren gelangen auch die Erreger der meisten durch Fleischverzehr übertragbaren Infektionen und Intoxikationen durch sekundäre Kontaminationen auf das Fleisch (LÜCKE et al., 2007).

Bei sekundärer Genese kann die Keimübertragung sowohl direkt als auch indirekt erfolgen. Eine indirekte Übertragung liegt vor, wenn zwischen Kontaminationsquelle und Lebensmittel mindestens eine kontaminierte Zwischenstation (Vektor) liegt. Kreuzkontaminationen sind sekundäre Kontaminationen mit meist indirekter Keimübertragung von einem Lebensmittel zum nächsten. Werden dekontaminierte Lebensmittel erneut kontaminiert spricht man von einer Rekontamination (FEHLHABER, 1992b, LÜCKE und TROEGER, 2007)

2.2.2.5 Kontaminationsquellen

Während als Ursprung primärer mikrobieller Kontaminationen nur das Schlachttier selbst (endogen) in Betracht kommt, können sekundäre Kontaminationen sehr vielfältigen Quellen entstammen. Grundsätzlich zählen hierzu alle Kontaktmedien auf und außerhalb der inneren und äußeren Oberfläche des geschlachteten Tieres. Neben innerer und äußerer Körpermikrobiota der Schlachttiere kommen als Kontaminationsquellen auch das Personal und die Umgebung der Schlachtbetriebe in Frage (SNIJDERS, 1988, FEHLHABER, 1992b, REUTER, 2003).

2.2.2.5.1 Schlachtvieh

Schlachtvieh beherbergt als Quelle sekundärer Kontaminationen zum Einen seine eigene physiologische Körpermikrobiota und zum Anderen eine auf Verschmutzungen der äußeren Körperoberfläche beruhende Keimmikrobiota. Die physiologische Körpermikrobiota befindet sich überall dort, wo unmittelbarer Kontakt zur Umwelt besteht; auf der Haut, den Schleimhäuten, im Atem- Verdauungs- und Genitaltrakt. Die auf Verschmutzungen beruhende Mikrobiota der äußeren Körperoberfläche ist abhängig von der Haltungshygiene und besteht aus Keimanteilen des Stallstaubes und –schmutzes, sowie vor allem aus Kotpartikeln. Fäkale Verunreinigungen

konzentrieren sich an typischen Stellen und sind die hauptsächliche Ursache für die Kontamination des Fleisches (SINELL, 1988, FEHLHABER, 1992b).

Besonders dicht ist die Keimbesiedlung im Magen-Darm-Kanal. Während einhöhlige Mägen säurebedingt keimarm sind, bieten die Vormägen der Wiederkäuer ausgezeichnete Verhältnisse für viele Arten von Bakterien und Infusorien. Beim überwiegenden Teil handelt es sich dabei um strikt anaerobe Gattungen, die an der Außenwelt nicht überleben und deshalb aus fleischhygienischer Sicht praktisch keine Rolle spielen. Daneben existieren auch zahlreiche Vertreter aerober Keimarten wie z. B. Laktobazillen, Strepto- und Staphylokokken, Enterobakterien (s. 2.2.2.3.2) und Hefen, welche sich auf Fleisch vermehren können (SINELL, 1988, FEHLHABER, 1992b).

Nach FEHLHABER (1992b) enthält Pansensaft pro ml über 10^9 Keime. Ausgehend vom Pansen, nehmen die Keimzahlen in Richtung Dünndarm und weiter zum Dick- und Enddarm hin zu (SINELL, 1988, FEHLHABER, 1992b). Der Keimgehalt in Jejunum und Ileum steigt laut SINELL (1988) auf 10^7 bis 10^8 je g Darminhalt an und erreicht mit 10^{10} bis 10^{12} je g die höchsten Werte im Colon. BELL (1997) wies bei frisch abgegebenem Rinderdung eine aerobe mesophile Keimzahl von ca. $6 \log_{10}$ KbE/g (*E. coli* von ca. $3,9 \log_{10}$ KbE/g) nach. Nach REUTER (2003) würde theoretisch schon 1 g Kot ausreichen um insbesondere nach zusätzlicher Verteilung durch Abbrausen der freigelegten Unterhautfläche einen durchschnittlichen Keimgehalt von $10^6/\text{cm}^2$ ($7 \log_{10}$) auf der Oberfläche eines frisch enthäuteten Rindes zu erzeugen. Ähnliches könne auch geschehen, wenn Inhalte des Verdauungstraktes nach Zusammenhangstrennungen oder aufgrund von Schlundausflüssen auf die Fleischoberfläche gelangen.

Besonders die Rinderhaut und der Klauenschmutz gelten als wichtige Quellen direkter und indirekter sekundärer Kontaminationen (HESS et al., 1970, PATTERSON et al., 1978, SINELL, 1988, REUTER, 2003). SINELL (1988) macht hauptsächlich Kotverschmutzungen dafür verantwortlich und stellt fest, dass die Keimgehalte von Kot und Klauenschmutz nahezu identisch sind.

ANTIC et al. (2010) untersuchten per Kratzschwamm-Methode die Verteilung der Mikrobiota auf Rinderhäuten und deren Übertragbarkeit auf Fleisch. Rinderhäute (von sauber bis extrem schmutzig und nass) wiesen eine durchschnittliche aerobe

mesophile Keimzahl von ca. $6,7 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$ auf, wobei die am stärksten verschmutzten Hautstellen eine durchschnittliche GKZ von $7,1 \pm 0,7 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$ aufwiesen. Für *Enterobacteriaceae* lagen die Werte durchschnittlich bei ca. $4,3 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$. *E. coli* waren auf allen Fellen nachweisbar.

BELL (1997) ermittelte per Abklatsch auf feuchten Kotrückständen vorher gewaschener Tiere eine durchschnittliche GKZ von ca. $5,7 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$ und stellte fest, dass sich dieser Wert nicht wesentlich von den Keimzahlen in frischem Kot unterscheidet. Die zum Vergleich von saubereren Stellen vorher gewaschener Tiere ermittelten Keimzahlen waren durchschnittlich um ca. 1 log-Stufe niedriger. SMALL et al. (2005) führten ähnliche Untersuchungen durch und ermittelten für leicht verschmutzte trockene Tiere eine aerobe mesophile Keimzahl von durchschnittlich $6,57 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$.

Bei horizontalen Vergleichen der Keimzahlen für verschiedene Fellregionen ermittelten sowohl BELL (1997) (Hinterbeininnenseite, Perianalregion, Flanke, Brustmittellinie), als auch ANTIC et al. (2010) (Metacarpus, Brustmittellinie, Hüfte, Flanke, Nacken) die höchsten Keimzahlen für den Bereich der Brustmittellinie. Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen auch REID et al. (2002), als sie für Fellareale der Brustregion höhere Häufigkeiten an pathogenen *E. coli* und *Salmonella spp.* feststellten, als für Regionen im Flanken und Hinterviertelbereich. Ein weiteres Fellareal mit tendenziell hoher GKZ ist laut ANTIC et al. (2010) die Metacarpalregion. Die Differenz zu anderen Regionen (Hüfte, Flanke, Nacken, bzw. Hinterbeininnenseite und Perianalregion) betrug maximal ca. $0,7 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$. Sowohl REID et al. (2002) als auch ANTIC et al. (2010) führten die höheren Werte an Thorax und Metacarpus auf das Stehen und Liegen auf fäkal verunreinigten Böden in Ställen, Transportfahrzeugen, Warteställen und der Betäubungsbox zurück.

ANTIC et al. (2010) führten einen Versuch zum Vergleich der vertikalen Keimverteilung entlang von Rinderhaaren durch. Es wurde geprüft, ob bei visuell saubereren und trockenen Rinderhaaren Keimzahlunterschiede zwischen äußeren (1,5 cm zur Hautoberfläche) und inneren Haarabschnitten (1 mm zur Hautoberfläche) vorliegen. Für keines der drei untersuchten Keimspektren (GKZ, *Enterobacteriaceae*, *E. coli*) ergab sich ein signifikanter Unterschied. Die ermittelten Ergebnisse könne man aber keinesfalls auf höhere Verschmutzungsgrade übertragen. Zusätzlich zu den bereits

erwähnten Kontaminationsquellen des Schlachtviehs verweist REUTER (2003) auf Milch aus entzündeten Eutern, Blaseninhalte und Speichel.

2.2.2.5.2 Personal und Umgebung

Im Falle direkter sekundärer mikrobieller Fleischkontaminationen durch das Personal dient die gesamte Körpermikrobiota als Keimreservoir (Haut-, Schleimhaut- und Darmmikrobiota). Die Keimdichte der menschlichen Haut variiert nach FEHLHABER (1992b) in Abhängigkeit von der Hautregion. Je cm² beherbergt die Kopfhaut ca. 10⁶, die Stirn ca. 10⁴ und Arm- und Handflächen ca. 10² bis 10³ Keime. Sekrettröpfchen des Speichels enthalten ca. 10⁷ bis 10⁹, diejenigen der Nasenhöhle ca. 10³ bis 10⁴ Keime/ml.

Besonders die menschliche Darmmikrobiota stellt bei mangelnder Personalhygiene eine ernsthafte Kontaminationsquelle dar. Beispielsweise dokumentierten GAREIS et al. (2000) erstmals, dass Mitarbeiter fleischverarbeitender Betriebe über Monate hinweg unerkannt und klinisch symptomlos Ausscheider Verotoxin bildender *E. coli* (VTEC/STEC) sein können. Bei einem der beiden dokumentierten Fälle konnte die Infektion des betreffenden Mitarbeiters im Rahmen seiner Tätigkeit nicht sicher ausgeschlossen werden. Nachweislich kam es zur Übertragung der Keime auf Einrichtungsgegenstände des Sanitärbereichs, weshalb indirekte sekundäre Produktkontaminationen durch kontaminierte Mitarbeiter nicht sicher ausschließbar waren.

Indirekte sekundäre mikrobielle Fleischkontaminationen durch Personal entstehen in aller Regel nach vorherigem Kontakt von Händen, Arbeitskleidung und Werkzeugen mit keimreichen Kontaminationsquellen wie Tierhäuten, Darminhalten, Abszessen oder den Innenseiten von Lymphknoten (SNIJDERS et al., 1984). Der Mensch dient hierbei als Vektor, d.h. dass Art und Menge der vorhandenen Keime von der jeweiligen manuellen Tätigkeit und der Häufigkeit der durchgeführten Hygienemaßnahmen abhängen. Von besonderem Interesse sind hierbei Hände und Arme des Personals (FEHLHABER, 1992b, LÜCKE und TROEGER, 2007).

HESS und LOTT (1970) stellten fest, dass die Keimbelastung von Metzgerhänden und -unterarmen nach manueller Ausführung des Klauenabsetzens bzw. des Enthäutens, um das bis zu 1000fache ansteigen kann. Nach BELL (1997) erhöht sich die durchschnittliche GKZ (25 °C für 72 Std.) der messerführenden Hand nach Ausführung der Öffnungsschnitte (an den Hintergliedmaßen) um 90 %. Bei den

Versuchen stieg nach vorheriger Zwischenreinigung die durchschnittliche GKZ von ca. $3,73 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$ auf ca. $4,74 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$ an. Interessanterweise lag die durchschnittliche GKZ ($37 \text{ }^\circ\text{C}$ für 24 Std.) der eröffneten Hautregion mit $4,64 \text{ KbE/cm}^2$ auf beinahe gleichem Niveau.

Die Umgebungsmikrobiota befindet sich beispielsweise auf Arbeitskleidung, Messern, Sägen und anderen Gerätschaften sowie auf sämtlichen kontaminierten Oberflächen wie Fußböden, Hebevorrichtungen und Wänden etc. und in unsauberem Wasser (NEWTON et al., 1978, PATTERSON und GIBBS, 1978, SINELL, 1988). Auch Luft kann eine Rolle spielen (PATTERSON und GIBBS, 1978). In Abhängigkeit vom Staubgehalt und der Art des Staubes sind pro Kubikmeter bis zu 10^3 Keime möglich (FEHLHABER, 1992b). ROBERTS (1980) schreibt, dass der Staubbiederschlag einiger Wochen nötig wäre, um pro cm^2 gleich viele Bakterien zu übertragen wie dies aufgrund einer einzigen Fleischberührung mit einer kontaminierten Hand oder einem kontaminierten Messer der Fall ist.

2.2.2.5.3 Spezifische Kontaminationsrisiken des Rinderschlachtprozesses

Das zentrale Hygieneproblem der Rinderschlachtung besteht darin, die Haut (samt Kopf und Klauen) und den Verdauungstrakt vom Schlachtkörper zu entfernen, ohne dabei enorme direkte oder indirekte sekundäre Kontaminationen auf der Fleischoberfläche zu verursachen (ROBERTS, 1980). Der Rinderschlachtprozess kann als Trennungsvorgang verstanden werden, bei dem keimfreies Muskelgewebe von kontaminierten Oberflächen und verunreinigten Darminhalten getrennt wird (SNIJDERS, 1988). Die entscheidenden mikrobiologischen Belastungen des Fleisches erfolgen bei gesunden Tieren v.a. durch Oberflächenkontaminationen während der Schlachtung (UNTERMANN et al., 1991 zitiert nach, MOJE, 1994). Die Prozessschritte der unreinen Seite (von der Zuführung zur Betäubung bis zur Vollendung des Hautabzugs) weisen hierbei deutlich höhere Hygienrisiken auf (SNIJDERS et al., 1984, MOJE, 1994). Eine Zusammenstellung, häufig erwähnter Hygieneschwachstellen des Rinderschlachtprozesses ist in Tab. 2 ersichtlich.

Tab. 2: Hygieneschwachstellen des Rinderschlachtprozesses

(Quellen: GURDAN et al., 1989, HÄSLER et al., 1989, TROEGER, 1993, ANONYMUS, 2004a, LÜCKE und TROEGER, 2007, TROEGER, 2007)

Prozessstufe	Hygienerisiken
lebendiges Tier	Fellverschmutzung
Betäubung	Kontakt mit verschmutzten Flächen Sturz der Tiere auf schmutzige und nasse Böden
Entblutung	Verschmutzte Stichstelle Unsachgemäße oder fehlende 2-Messer-Technik
Rodding	Unsachgemäß oder fehlend
Absetzen Kopf	Unsachgemäße oder fehlende 2-Messer-Technik
Absetzen Gliedmaßenenden	Absetzen ohne Vorschneiden (fehlende 2-Messer-Technik)
Vorenthäutung manuell	Fleisch-Fell-Kontakte durch einrollende Hautaussenseite Zurückfallen bereits gelöster Hautteile (Hautinnenseite) Berührungen von Schlachtkörpern Fleischkontakt mit verunreinigten Händen, Fleischkontakt mit verunreinigten Werkzeugen, Podestkanten Anschneiden laktierender (teils entzündeter) Euter Hautschnitte mit Messerschneide nach innen anstatt aussen Unsachgemäße Zwischenreinigungen und Desinfektionen z.B. kein Messerwechsel nach Hautschnitt z.B. direkter Handwechsel Fell-Arbeitsgerät-Schlachtkörper
Verschluss Enddarm	Unsachgemäß oder fehlend
Enthäuten mechanisch	Fleisch-Fell-Kontakte nach Zurückschlagen der Haut Erhöhter Luftkeimgehalt Fixierketten/Enthäutemesser verschmutzt Unsachgemäße Zwischenreinigungen und Desinfektionen der Fixierketten, Werkzeuge
Brustbeinsägen	Verletzung Pansen
Ausweiden	Abreißen, Abschneiden Oesophagus (Fehler beim Rodding) Ausfluß Pansen- bzw. Darminhalte Spritzwasser
Spalten	Sägespäne, -reste Spritzwasser Aerosolbildung Zwischenreinigung mangelhaft

Nach GRAU (1979) entstammt der Großteil aller bakteriellen Schlachtkörperkontaminationen originär der Haut. Bereits äußerlich saubere Rinder bringen mit ihrem Fell enorme Mengen an Mikroorganismen (einschließlich potentiell pathogener) mit in die Schlachtstätten hinein. Sichtbar verunreinigte Tiere erhöhen das Hygienearisiko, da mit jedem auf dem Fell befindlichen Gramm Kot mehrere hundert Millionen Keime verschleppt werden können. Die Schlachtkörperoberflächen stark verschmutzter Rinder wiesen im Vergleich zu weniger verschmutzten Tieren Keimgehalte (GKZ) auf, die um etwa eine Zehnerpotenz höher lagen (HESSE, 1991, MOJE, 1994). Es besteht demnach eine Beziehung zwischen dem Fellverschmutzungsgrad von Schlachtrindern und dem bakteriellen Kontaminationsrisiko ihrer Schlachtkörper. Verschiedene Autoren kamen zu vergleichbaren Ergebnissen (HESSE, 1991, HAPPE, 1993, RIDELL et al., 1993, MCEVOY et al., 2000a, MCEVOY et al., 2000b, ARTHUR et al., 2004, GILL, 2004, BLAGOJEVIC et al., 2012, HAUGE et al., 2012b, SERRAINO et al., 2012).

Generell ist es schwierig, unterschiedliche Schlacht- und Versuchsprozeduren miteinander zu vergleichen. Unterschiede entstehen von Tag zu Tag, Saison zu Saison, von Schlachthof zu Schlachthof und aufgrund unterschiedlichster Probenahmestellen und Methoden usw. (INGRAM et al., 1976, ROBERTS, 1980). Die anhand verschiedenster Studien ermittelten Unterschiede zwischen optisch sauberen und stärker verschmutzten Tieren lagen aufgrund der unterschiedlichsten Versuchsanordnungen und Keimspektren sowohl oberhalb als auch unterhalb der erwähnten Zehnerpotenz. Aber auch das völlige Fehlen mikrobiologischer Unterschiede wurde von VAN DONKERSGOED et al. (1997) berichtet.

Während des Enthäutungsprozesses kann es zu einer Vielzahl von direkten und indirekten Kontakten zwischen der Fleischoberfläche und den verunreinigten Hautabschnitten kommen. Zu indirekten Keimübertragungen kommt es v.a. durch Hände und Ausrüstungsgegenstände (NOTTINGHAM et al., 1973, BELL, 1997, ANTIC et al., 2010). In industriellen Schlachtbetrieben lässt sich der Enthäutungsprozess in die manuelle Vorenthäutung und in das sich anschließende mechanische Hautabziehen untergliedern. Hierbei entstehen immer größere Areale ursprünglich „steriler“ Schlachtkörperoberfläche (TROEGER, 2007).

Als hygienisch besonders kritisch muss u.a. die „manuelle Vorenthäutung“ eingestuft

werden (TROEGER, 1993), während der ca. 20 % der gesamten Hautfläche vom Fleisch losgelöst werden, was ausgerechnet an jenen Körperstellen erfolgt, die gewöhnlich mit angetrocknetem und frischem Kot verschmutzt sind (TÄNDLER, 1974). Ausgehend von den Fesselregionen werden die Hautöffnungsschnitte entlang der Innenseiten der Hinterbeine verlängert. Anschließend wird ein medianer Längsschnitt durch die Haut der Bauchseite gelegt und abschnittsweise bis zur Halsunterseite hin verlängert. Beidseits der Schnittlinien wird die anhaftende Haut mit einfachen Messern oder Hand- bzw. Messerenthäutern, in einer Breite von 30 bis 40 cm, von den bedeckten Körperteilen (Hinterbeine, Abdomen, Flanken, Thorax, Vorderbeine, Schultern, Hals) abgelöst (PRÄNDL, 1988).

Beim mechanischen Abziehen der Haut (PRÄNDL, 1988), werden anschließend die verbliebenen ca. 80 % der Hautfläche vom Tierkörper entfernt (JERZEMBECK, 1977). Im Wesentlichen gibt es hierfür drei variierende Systeme. Laut PRÄNDL (1988) sind Systeme vorzuziehen bei denen der Hautabzug von oben nach unten (kopfwärts) erfolgt, weil auf diese Weise vergleichsweise weniger manuelle Vorarbeiten nötig sind. Allerdings kann es hierbei durch zu starken Zug zu Wirbelbrüchen, Muskelabrissen und Blutpunkten im Roastbeef kommen (JERZEMBECK, 1977, TROEGER, 2007). Durch ungeeignete Maschinen können beim Abzug Schmutzteile auf die enthäuteten Tierkörper fallen oder Fleischoberflächen beschädigt werden, so dass die Schadstellen als Eintrittspforten dienen können (JERZEMBECK, 1977).

Die Größenordnungen von Oberflächen-Gesamtkeimzahlen werden in der Literatur unterschiedlich beurteilt (HAPPE, 1993). Bei hygienisch einwandfreier Schlachtung sind auf schlachtwarmen Rinderschlachtierkörperoberflächen aerobe mesophile Keimzahlen von $3 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$ bis $4 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$ zu erwarten (MACKEY et al., 1990 zitiert nach, TROEGER, 1993, LÜCKE und TROEGER, 2007). Häufig resultieren jedoch auch nach moderner Bandschlachtung Oberflächenkeimgehalte (GKZ) von 6 bis $7 \log_{10} \text{KbE/cm}^2$ (HESSE, 1991, TROEGER, 1993). Die höchsten Keimzahlen befinden sich laut BELL (1997) auf jenen Stellen des Schlachtierkörpers, die sich zuvor direkt unterhalb der Fellöffnungsschnittlinien befanden und/oder auf direkten Kontaktstellen zwischen Haut- und Fleischoberfläche. Demnach sind v.a. Fesselregionen, Oberschenkelinnenseiten, Perianalregionen und Flanken vergleichsweise hoch mit Keimen belastet. MOJE (1994) schilderte, dass

die Kontaminationsschwerpunkte auch regelmäßig im Bereich der äußeren Flächen des Vorderviertels liegen würden. Dies sei darauf zurückzuführen, dass Berührungen der Fleischoberfläche mit der ungereinigten Hand oder dem Enthäutemesser v.a. im Bereich der Vordergliedmaßen bzw. an den Bauchunterseiten nur bei sehr sorgfältigem Arbeiten zu vermeiden seien. Auch die von MCEVOY et al. (2000a) ermittelten Keimzahlen (GKZ) der Brustmittellinien waren, bei Rindern verschiedener Fellverschmutzungsklassen, um etwa 0,81 bis 1,1 \log_{10} KbE/cm² höher als auf den Fesselregionen.

2.2.3 Themenbezogene Hintergründe – lebensmittelassoziierte Ausbrüche

Unter den gesundheitlich bedenklichen *E. coli*-Stämmen sind die enterohämorrhagischen *E. coli* aus fleischhygienischer Sicht von besonderer Bedeutung (BÜLTE, 1996). Die als Zoonose-Erreger geltenden EHEC (KRAUS et al., 2004) werden auf fäkal-oralen Wegen auf den Menschen übertragen (s. Abb. 1) (KRÄMER, 2011, RKI, 2012).

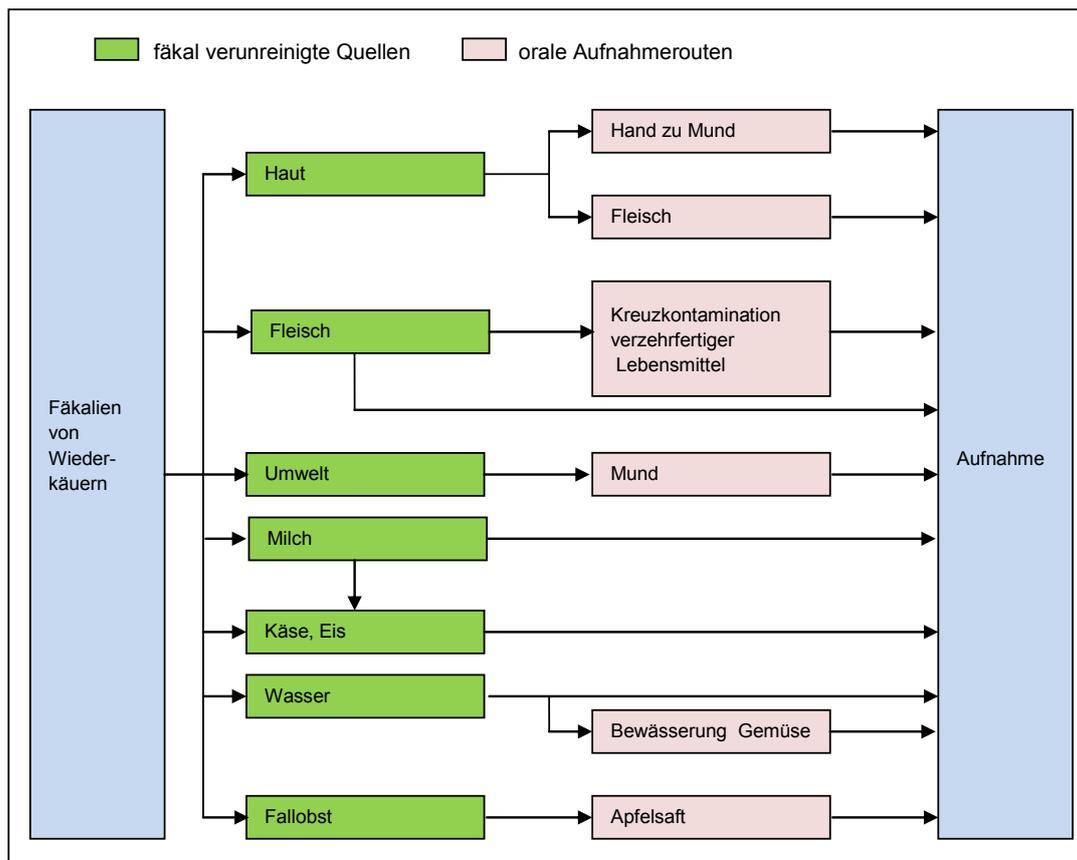


Abb. 1: Übertragung von *E. coli* O157 (nach PENNINGTON, 2010)

Ein EHEC-Ausbruch im Jahr 1993 gilt in den USA als wichtiges Ereignis. Es handelte sich um einen mehrere Staaten übergreifenden Ausbruch mit über 700 Betroffenen; vier Kinder starben. Als Infektionsvehikel wurden kontaminierte und unzureichend stark erhitzte Hamburger-Patties einer großen Fast-Food-Kette identifiziert (BELL, BP et al., 1994, GOLAN et al., 2004). Dies führte zur Sensibilisierung der Verbraucher und zu Forderungen nach höheren Lebensmittelsicherheitsstandards (GOLAN et al., 2004), wodurch es zu öffentlichkeitswirksamen Rückrufaktionen kam (PENNINGTON, 2010).

Eine entscheidende Neuerung war die Einführung des „Pathogen Reduction and Hazard Analysis and Critical Control Point“ Programms im Juli 1996. Seither sind HACCP-Programme für US-Amerikanische und Importschlachthöfe vorgeschrieben. Mittlerweile wurden und werden für die sog. Pre-Harvest-, Harvest- und Post-Harvest-Bereiche des Rindfleischproduktionsprozesses sog. Interventions zur Vermeidung bzw. zur Abtötung pathogener Keime erforscht und etabliert (s. 2.3.8) (CALLAWAY et al., 2004, MIDGLEY et al., 2006, WINKLER et al., 2009, CALLAWAY, 2010, GAO, 2012, ANONYMUS, 2013, CALLAWAY et al., 2013a, CALLAWAY et al., 2013b).

In Europa (Schottland, Lanarkshire) ereignete sich mit 496 Betroffenen (17 Tote) im Jahr 1996 ebenfalls ein schwerwiegender rindfleischassoziiertes EHEC-Ausbruch (PENNINGTON, 1998, PENNINGTON, 2009, PENNINGTON, 2010). Als direkte Konsequenz sollten neben der Klärung der epidemiologischen Umstände auch Strategien zur zukünftigen Prävention entwickelt werden. Hierfür wurde die „Pennington-Group“ gegründet. Die abschließenden Empfehlungen des „Pennington-Reports“ sahen u.a. vor, dass Farmer und Züchter ihre Schlachttiere nur in angemessen sauberem Zustand zur Schlachtung präsentieren sollen. Dies müsse durch verbindliche Verpflichtungen abgesichert werden (PENNINGTON, 1998). Bereits 1997 führten diese Empfehlungen zur Entwicklung und Implementierung der MHS Clean Livestock Policy für Rinder und Schafe (s. 2.3.1) und trieben in der Folgezeit die Einführung von HACCP-Konzepten in der Fleischwirtschaft voran (DAVIES et al., 2000, FSA, 2002, PENNINGTON, 2010).

2.3 Beurteilung von Fellverschmutzungen in Europa

Während in Deutschland außerhalb der genannten rechtlichen Hintergründe (s. 2.1) keine konkretisierenden Beschreibungen zur geforderten Fellsauberkeit von Rindern am Schlachthof vorliegen, haben andere europäische Staaten diesbezüglich Vorgehensweisen entwickelt und in Form von Leitlinien, Normen oder rechtlichen Regelungen etabliert. Diese Vorgehensweisen basieren immer auf dem Ansatz, am Schlachtbetrieb angelieferte Rinder lebend und (oder) betäubt in Verschmutzungsklassen einzuordnen und nötigenfalls (ab Überschreitung einer bestimmten Klasse) verschiedene Maßnahmen zu ergreifen.

2.3.1 Großbritannien

In Großbritannien existiert seit September 1997 die Clean Livestock Policy (CLP), die vom Meat Hygiene Service (MHS) entwickelt wurde und im Rahmen der Schlacht tieruntersuchung an den Schlachtbetrieben vor Ort durch Mitarbeiter der Food Standards Agency (FSA) überwacht wird. Zur Einführung des Systems kam es anlässlich der dramatischen fleischassoziierten Epidemie durch *E. coli* O157:H7 in Schottland im Jahre 1996 (s. 2.2.3). Ziel der Richtlinie ist es, einen einheitlichen Ansatz zur Kategorisierung von Schlachtrindern und -schafen zu gewährleisten. Dies soll dabei helfen, das Risiko von Lebensmittelvergiftungen durch fellassoziierte pathogene Bakterien aufgrund von Kontaminationen der Schlachtkörper während des Schlachtvorgangs zu minimieren.

Zusätzlich zur CLP veröffentlichte die FSA für Landwirte, Angehörige der Erfassungsketten und für Mitarbeiter von Schlachtbetrieben Informationsmaterialien (Broschüren, Poster, Merkblätter, CD). Das Informationsmaterial soll die Notwendigkeit der Regelungen durch Hintergrundinformationen belegen und praktische Ratschläge zur Realisierung akzeptabler Fellverschmutzungskategorien liefern (FSA, 2012).

Die CLP definiert für Rinder und Schafe jeweils fünf Fellverschmutzungskategorien. Jede Kategorie wird beschrieben und durch kommentierte Photographien visualisiert. Die Policy legt fest, welche Kategorien zur Schlachtung akzeptabel sind und welche Maßnahmen im Falle der Überschreitung der Akzeptanzschwelle zu ergreifen sind. Ohne weitere Maßnahmen zur Schlachtung akzeptabel sind Tiere der beiden ersten Kategorien (Category 1 – Clean and Dry, Category 2 – Slightly Dirty).

Tiere höherer Verschmutzungskategorien werden zur Schlachtung abgelehnt. Allerdings bestehen Ausnahmen. Unter besonderen Umständen dürfen auch Tiere der Kategorien drei und vier (Category 3 – Dirty, Category 4 – Very Dirty) ohne weitere Maßnahmen geschlachtet werden. Als besondere Umstände werden Tierschutz und Seuchenkontrollgründe genannt. Tiere der fünften Kategorie (Category 5 – Filthy and Wet) werden ausnahmslos zur Schlachtung abgelehnt.

Als Maßnahmen sieht die FSA optional mehrere Möglichkeiten vor:

1. Rückstellung und Aufstallung der Tiere zur Säuberung und Trocknung auf saubere Einstreu
2. Scherung zur Beseitigung kontaminierter Stellen
3. Schlachtung mit niedrigerer Bandgeschwindigkeit
oder
4. Tötung und Entsorgung.

Laut FSA werden die Kosten der Maßnahmen den Farmern in Rechnung gestellt (FSA, 2002). Die folgenden Abbildungen (Abb. 2 bis Abb. 6) zeigen die von der FSA illustrierten Verschmutzungskategorien.

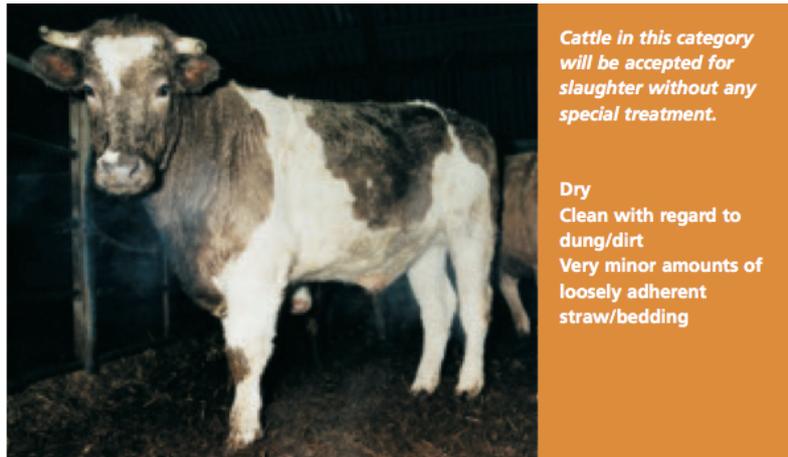


Abb. 2: Britische CLP „Category 1 – Clean and dry“ (nach FSA, 2002)

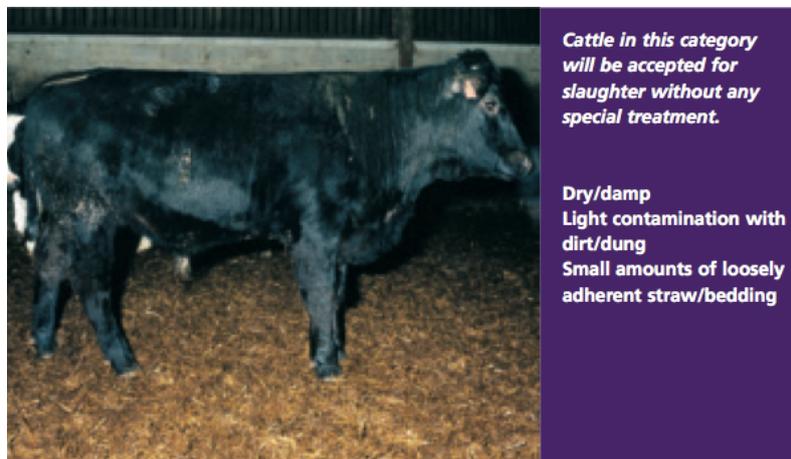


Abb. 3: Britische CLP „Category 2 – Slightly Dirty“ (nach FSA, 2002)



Abb. 4: Britische CLP „Category 3 – Dirty“ (nach FSA, 2002)

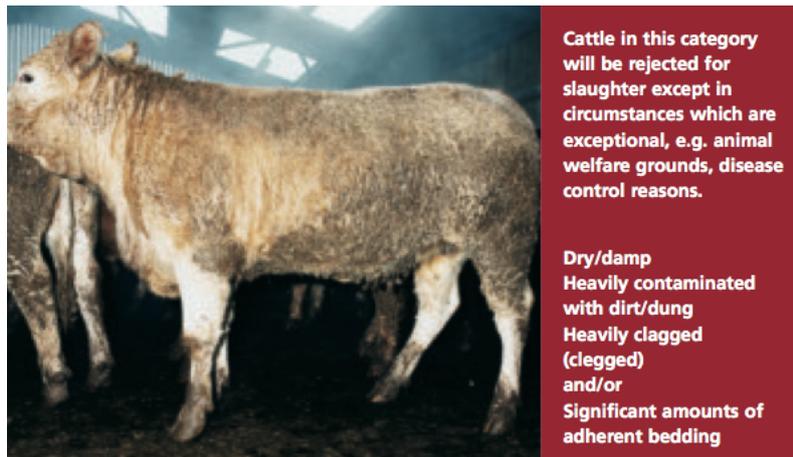


Abb. 5: Britische CLP „Category 4 – Very Dirty“ (nach FSA, 2002)



Abb. 6: Britische CLP „Category 5 – Filthy and Wet“ (nach FSA, 2002)

2.3.2 Irland

In Irland wurde 1998 die Clean Livestock Policy eingeführt. Die Überwachung vor Ort findet im Rahmen der Schlachttieruntersuchung durch Mitarbeiter des irischen Department of Agriculture and Food statt. Vor und während der Implementierung des Systems fanden Studien unter Federführung der Agriculture And Food Development Authority (TEAGASC) statt. 2005 veröffentlichte die TEAGASC einen Leitfaden über die Produktion von sauberen Rindern (TEAGASC, 2005).

Ähnlich wie die britische CLP (s. 2.3.1) definiert auch die irische Clean Livestock Policy fünf Fellverschmutzungskategorien (Livestock Cleanliness Categories). Eine Ausweitung auf andere Tierarten (vgl. Schafe in Großbritannien) findet nicht statt. Die Kategorien werden anhand einer Tabelle samt Maßnahmen (s. Tab. 3) beschrieben und durch Photographien visualisiert (s. Abb. 7).

Rinder der beiden ersten Kategorien werden ohne Einschränkungen zur Schlachtung akzeptiert; Tiere der dritten Kategorie nur dann, wenn sie in trockenem Zustand präsentiert werden.

Für Rinder der vierten und fünften Kategorie legt die irische Policy Maßnahmen fest. Bei Tieren der vierten Kategorie soll am Schlachtband während der Vorenthäutung und Enthäutung die Bandgeschwindigkeit reduziert, mehr Platz zwischen den Schlachtkörpern am Band vorgesehen und die Arbeitsplatzhygiene gesteigert werden. Des Weiteren wird erwähnt, dass eine Scherung angewendet werden kann.

Tiere der fünften Kategorie werden zur Schlachtung abgelehnt und an ihren Herkunftsort zurücktransportiert. Alternativ kann bei diesen Tieren eine Scherung vor Ort durchgeführt werden (MCEVOY et al., 2000a). Die ursprüngliche Version der irischen Richtlinie sah eine Scherung vor Ort nicht als Maßnahme bzw. als Alternative für andere Maßnahmen vor. Durch das Abscheren der Kotplatten können Tiere der fünften und vierten Kategorie nun die Standards einer akzeptablen Schlachtung ohne weitere Maßnahmen erreichen, woraufhin an den meisten Schlachthöfen Scherstationen installiert wurden (MCEVOY et al., 2000b).

Tab. 3: Irische Cleanliness Categories (nach MCEVOY et al., 2000a)

Category	Characteristics
1	<p>No evidence of adherent faecal material and limited amounts of loose straw/bedding.</p> <p>Animals in this category are accepted for slaughter.</p>
2	<p>A light covering of dried faecal material and limited amounts of loosely adherent straw/bedding.</p> <p>Animals in this category are accepted for slaughter.</p>
3	<p>A significant amount of loose straw/bedding/dirt over a large body area.</p> <p>Animals in this category are accepted for slaughter under normal conditions, when presented in dry state.</p>
4	<p>Heavy amounts of adherent dirt/faeces on fore and hind legs, underside of the abdomen and the lower surface of the ribcage.</p> <p>During dressing, line speed is reduced, additional space is allowed between carcasses and the use of workstation hygiene is increased.</p> <p>Hide clipping may also be practised before animals are permitted for slaughter.</p>
5	<p>Very heavy amounts of adherent dirt/faeces. Balling of adherent dirt/faeces may be evident on the underside of the abdomen.</p> <p>Animals are rejected for slaughter and returned to premises of origin or subjected to hide clipping.</p>

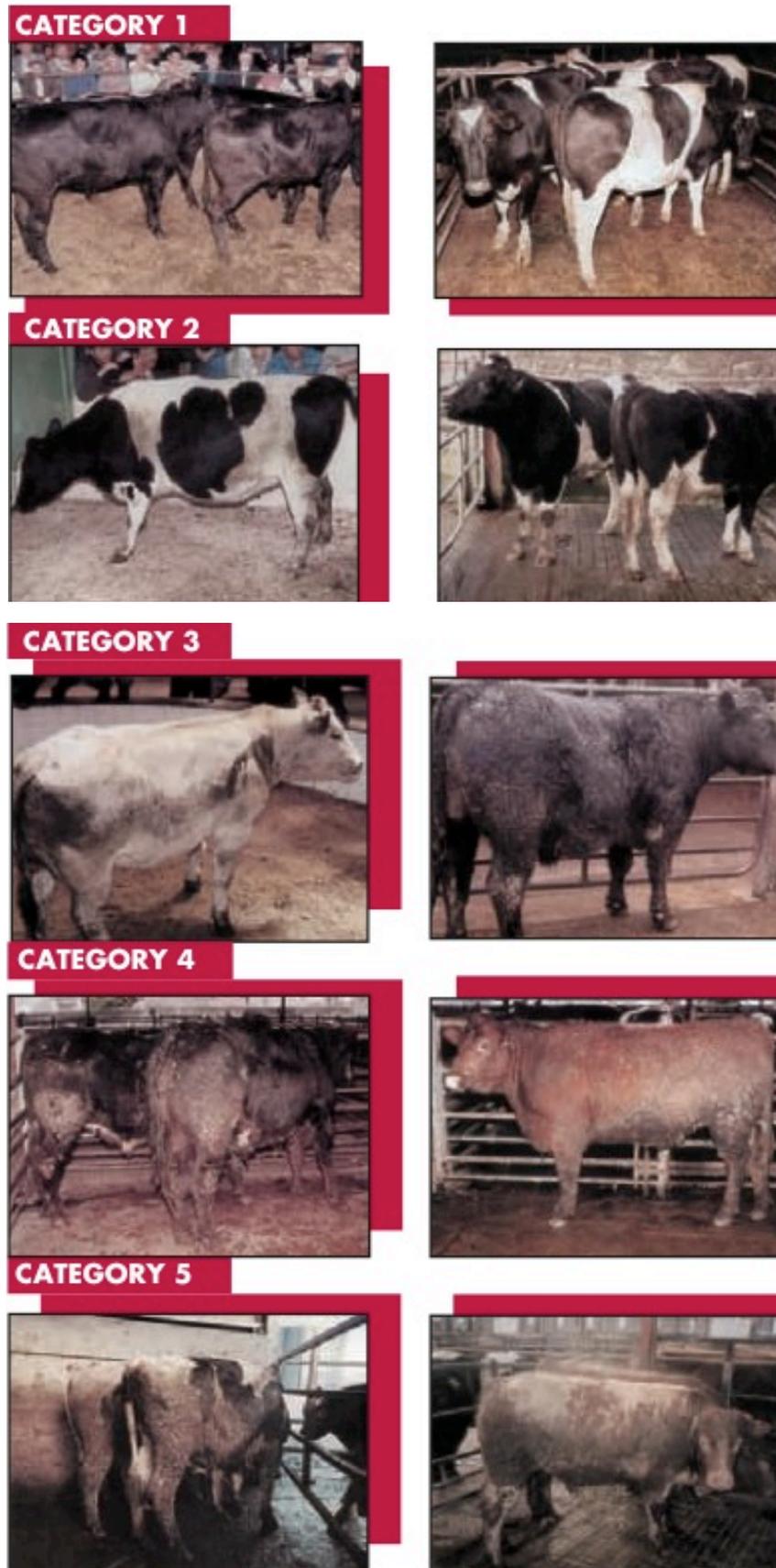


Abb. 7: Irische Clean Livestock Policy – Categories (nach TEAGASC, 2005)

2.3.3 Belgien

In Belgien wurde 2006 von der Föderalen Agentur für die Sicherheit der Nahrungsmittelkette (FASNK) eine Strategie zur Steigerung der Fellsauberkeit von Rindern entwickelt. Zur Information aller Produktionsstufen (Erzeugung, Erfassung, Schlachtung) wurde in jeder Landessprache jeweils eine Broschüre und ein Faltblatt veröffentlicht. Neben lebensmittelhygienischen und rechtlichen Hintergrundinformationen geben die Broschüren auch produktionstechnische Ratschläge zur Verbesserung von Fellsauberkeit und Fleischhygiene. Untermauert durch rechtliche Zitate des EU-Hygienepakets, wird die geteilte Verantwortung aller Produktionsstufen und der amtlichen Überwachung hervorgehoben. Die FASNK erwähnt die strategische Einbeziehung der Berufsvereinigungen aller Produktionsstufen und deren erklärte Bereitschaft ihre jeweiligen Mitglieder über die beschriebenen Sachverhalte zu informieren (HOUINS, 2006a).

Die FASNK definiert drei Fellverschmutzungskategorien für Rinder (s. Tab. 4). Tiere der ersten Kategorie (sauber und trocken bis leicht schmutzig) werden problemlos zum Schlachten angenommen. Für Rinder der zweiten Kategorie (schmutzig) sind vor der Schlachtung Maßnahmen erforderlich. Für Tiere der dritten Kategorie (sehr schmutzig) sind umfangreiche Maßnahmen nötig. Die Einteilung erfolgt anhand eines Kurvenmodells (s. Abb. 8) (Seiten- und Rückansicht eines Tiermodells) durch Kombination der drei Aspekte:

1. Bereich der Verschmutzung
2. Grad der Verschmutzung
3. Grad der Feuchtigkeit des Fells/der Haut.

Zunächst wird die Klasse durch den Bereich der Verschmutzung (s. Tab. 4) festgelegt und danach mit Hilfe des Grades der Verschmutzung bzw. des Grades der Feuchtigkeit abschließend aufgewertet, belassen oder abgewertet. Des Weiteren werden für jede Kategorie kommentierte Beispiele als Photographie dargestellt (HOUINS, 2006a, HOUINS, 2006b).

Als Maßnahmen am Schlachtbetrieb nennt die FASNK:

1. Tiersäuberung (Rasieren lebend oder post mortem, Waschen, ...)
2. Logistisches Schlachten nach Klassenzuteilung
3. Gute Hygienepraktiken bei Enthäutung und Eviszeration.

Lieferanten von Rindern der zweiten und dritten Kategorie sollen eine Mitteilung erhalten. Für Tiere der dritten Kategorie sollten Anfuhr und Annahme zum 31.12.2007 hin enden (HOUINS, 2006a).

Tab. 4: Belgische Kategorien und Maßnahmen (nach HOUINS, 2006b)

Kategorie	Beschreibung
Kategorie 1 Bereich Seitenansicht Bereich Rückansicht Maßnahmen	Sauber und trocken bis leicht schmutzig Verschmutzung reicht nicht über die grüne Linie hinaus Verschmutzung reicht nicht über die grüne Linie hinaus Problemlose Annahme zur Schlachtung
Kategorie 2 Bereich Seitenansicht Bereich Rückansicht Maßnahmen	Schmutzig Verschmutzung reicht nicht über die rote Linie hinaus Verschmutzung reicht nicht über die rote Linie hinaus Maßnahmen erforderlich ehe die Tiere geschlachtet werden
Kategorie 3 Bereich Seitenansicht Bereich Rückansicht Maßnahmen	Sehr schmutzig Verschmutzung reicht über die rote Linie hinaus Verschmutzung reicht über die rote Linie hinaus Umfangreiche Maßnahmen erforderlich, ehe die Tiere geschlachtet werden
Folgendes ist zu berücksichtigen:	Grad der Verschmutzung / Grad der Feuchtigkeit des Fells/der Haut Stärke der Verschmutzung : dünne oder dicke Schicht (Ansammlung) Verbreitung der Verschmutzung: vereinzelte Schmutzstellen oder allgemeine Vorhandensein von anhaftendem Stroh/Schmutzteilen oder nicht
Folgende Elemente sind erschwerend:	Fell/ Haut nass oder feucht und/oder großflächiger frischer (weicher) Kot

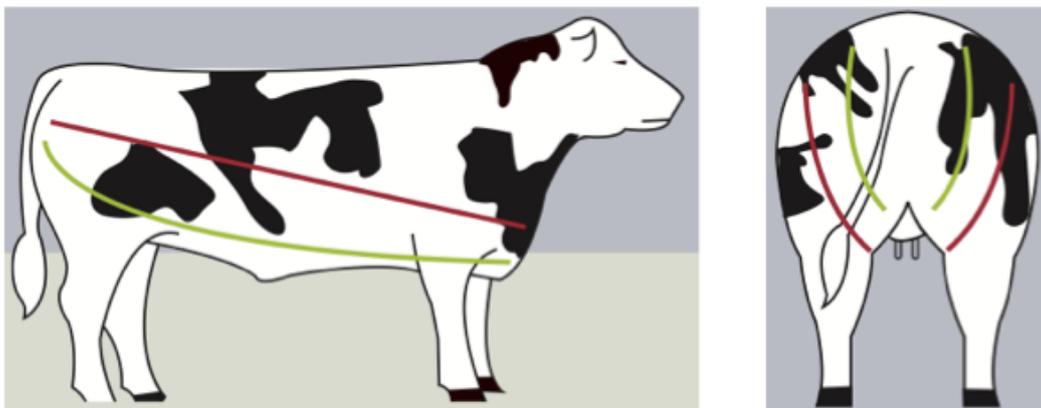


Abb. 8: Belgisches Kurvenmodell (nach HOUINS, 2006b)

2.3.4 Finnland

In Finnland bestehen bereits seit 1982 nationale Vorschriften zur Senkung der Anzahl exzessiv verschmutzter Rinder an Schlachtbetrieben. Es handelte sich hierbei um „die Vereinbarung der Empfehlung bezüglich der Lieferung verdungter Rinder an Schlachthöfe“ („Suositussopimus lantaisten nautaelgiinten toimittamisesta teurastamolle“), die vom veterinärmedizinischen Department des finnischen Ministeriums für Landwirtschaft und Forsten veröffentlicht wurde. Die darin festgelegten Regelungen wurden von Tierärzten der Fleischinspektion, Landwirten, der Fleisch- und Lederindustrie sowie vom erwähnten Ministerium entwickelt und beschlossen. Die ursprünglichen Gründe waren gleichermaßen Ökonomie (Reduzierung von Hautschäden und zusätzlicher Lohnkosten) und Tierschutz (RIDELL und KORKEALA, 1993).

2004 wurde vom finnischen Ministerium für Landwirtschaft und Forsten eine Bewertungsanleitung für Rinder (und Schafe) veröffentlicht. Wiederum wurden die Dachverbände der bereits erwähnten Interessensgruppen als Vertragsparteien mit einbezogen. Die Anleitung erklärt Bewertungskriterien, Sanktionen und Zuständigkeiten. Als Beweggründe werden die Verbesserung von Fleischhygiene bzw. Tierschutz und die Reduzierung der durch Kotaufgaben verursachten Schäden seitens der Lederindustrie aufgeführt (ANONYMUS, 2004b, WAHLROOS, 2009).

Die Bewertungsanleitung unterscheidet zwischen:

1. sauberen und wenig verschmutzten Rindern, und
2. verschmutzten Rindern.

In Tab. 5 wurden die Bewertungskriterien und die wichtigsten Maßnahmen zusammengefasst. Abb. 9 und Abb. 10 zeigen die Originalphotos der Bewertungsanleitung (ANONYMUS, 2004b).

Neben den Grundlagen zur Einstufung sind im Vertrag auch Rechte und Pflichten der Vertragsparteien untereinander und die zu ergreifenden Maßnahmen geregelt. Demnach verpflichten sich die Landwirte ihre Schlachttiere sauber zu halten und verschmutzte Rinder vor der Versendung zum Schlachthof nötigenfalls zu säubern. Im Falle einer Anlieferung verschmutzter Rinder werden 10 % des Auszahlungspreises einbehalten. Schlachtbetriebe und Erfassungsorganisationen sind dafür verantwortlich, dass sich Tiere während des Transportes bzw. am Schlachtbetrieb nicht

verschmutzen. Mitarbeiter der Schlachtbetriebe bewerten die angelieferten Rinder hinsichtlich ihrer Verschmutzung und platzieren die als verschmutzt verdächtigten Rinder nach Möglichkeit so, dass diese getrennt von den anderen Tieren geschlachtet werden können. Die endgültige Bewertung obliegt dem amtlichen Tierarzt. Verschmutzte Rinder sollen möglichst sorgfältig geschlachtet werden. Ihre Schlachtkörper sollen nicht verschmutzt werden und keine anderen Schlachtkörper verschmutzen können. Die Schlachtbetriebe verfassen monatlich Zusammenstellungen über alle zu schmutzig angelieferten und geschlachteten Rinder und legen diese dem amtlichen Tierarzt vor. Dieser informiert seinerseits die übergeordneten Behörden, welche wiederum in den Erzeugerbetrieben optional auf Vorliegen tierschutzwidriger Verhältnisse hin kontrollieren können (ANONYMUS, 2004b).

Tab. 5: Finnische Stufen und Maßnahmen (nach ANONYMUS, 2004b)

Stufe	Beschreibung / Maßnahmen
1	<p>Saubere und wenig verschmutzte Rinder</p> <p><u>Tier ist sauber an:</u> Bauch und Innenseiten der Tarsalgelenke v.a. im Bereich der Hautöffnungsschnittlinien (Innenseiten der Gliedmassen, Bauch- und Brustunterseite)</p> <p><u>Weitere mit Dung verschmutzte Stellen auf dem Tierkörper sind:</u> nicht groß nicht im Bereich der Öffnungsschnittlinien</p>
Maßnahme(n)	kein Preisabzug
2	<p>Verschmutzte Rinder</p> <p><u>Tier hat (einen) fast durchgehend mit getrocknetem Dung verschmutzte(n):</u> Bauch und Beine Dung auf den Hautöffnungsschnittlinien (Innenseiten der Gliedmassen, Bauch- und Brustunterseite)</p> <p><u>Alternativ:</u> Große zusammenhängende mit Dung verschmutzte Stelle(n) auf der Haut des Tieres</p>
Maßnahme(n)	10% Preisabzug Platzierung im Wartestall möglichst getrennt von sauberen Tieren Schlachtung getrennt von sauberen Tieren Schlachtung möglichst sorgfältig Schlachtkörper soll bei Schlachtung nicht verschmutzt werden Schlachtkörper soll andere Schlachtkörper nicht verschmutzen können



Abb. 9: Finnische Bewertungsanleitung - Stufe 1 (nach ANONYMUS, 2004b)



Abb. 10: Finnische Bewertungsanleitung – Stufe 2 (nach ANONYMUS, 2004b)

2.3.5 Schweden

In Schweden wurde nach Implementierung des EU-Hygienepakets (2006) die (neue) Norm für die Bewertung von mit Mist verunreinigten Schlachttieren („Ny norm för bedömning av gödselörorenade slaktdjur“) erarbeitet. Verantwortlich hierfür waren die schwedische Landwirtschaftsbehörde und die Branchenorganisation für schwedische Schlacht-, Zerlegungs- und Fleischwarenproduktionsbetriebe, die KCF (Kött och Charkföretagen). Die Norm sieht eine auf vier Kategorien (Kategorie 0 – saubere Tiere, Kategorie 1 – mäßig verunreinigte Tiere, Kategorie 2 – stark verunreinigte Tiere, Kategorie 3 – sehr stark verunreinigte Tiere) basierende Einteilung in Fellverschmutzungskategorien vor. Bei Anlieferung zu schmutziger Rinder werden seitens der Schlachtbetriebe Sanktionen gegenüber den Tierbesitzern erhoben. Die Schlachtbetriebe müssen ihrerseits, gestaffelt nach Fellverschmutzungskategorien, verschiedene weitere Maßnahmen ergreifen. Für die Einstufung in Fellverschmutzungskategorien wurden kritische Areale der Haut definiert (s. Tab. 6). Als relevant angesehen werden nur eingetrockneter Mist und Mistpanzer auf den kritischen Arealen. Verantwortlich für die Einstufung ist der amtliche Tierarzt.

Kräftig verunreinigte Tiere (Kategorie 2 und 3) sollen im Stall des Schlachtbetriebes bewertet und anschließend notwendige Maßnahmen seitens des Schlachtbetriebes durchgeführt werden. Bei Tieren der Kategorie 1 werden die endgültigen Entscheidungen eventuell erst in der Schlachtlinie getroffen. Die zur Einstufung definierten Kriterien und die jeweils zu ergreifenden Maßnahmen sind als Zusammenfassung in Tab. 6 ersichtlich. Abb. 11 zeigt die von der KCF veröffentlichten und kommentierten Photographien aller Klassen. Tiere der Kategorie null werden ohne weitere Maßnahmen geschlachtet. Die Anlieferung von Rindern der ersten, zweiten und dritten Kategorie wird durch Preisabzüge von 400, 600 bzw. 2000 schwedischen Kronen (derzeit gerundet € 46, € 69, bzw. € 231) sanktioniert.

Des Weiteren werden Tierbesitzer nach Anlieferung von Tieren der Kategorien eins, zwei und drei schriftlich informiert. Die Informationen sollen mit ansteigender Nachdringlichkeit erfolgen. Nach Anlieferung von Tieren der ersten Kategorie erfolgt ausschließlich eine schriftliche Mitteilung. Nach Anlieferung von Rindern der zweiten Kategorie wird zusätzlich ein Hinweis auf mangelhafte Tierhaltung beigefügt und im Falle der Anlieferung mehrerer solcher Tiere innerhalb der gleichen Lieferung das Einholen einer externen Beratung empfohlen. Nach Anlieferung von Rindern der

dritten Kategorie erhält der Erzeugerbetrieb einen Bescheid, welcher über den bestehenden Verdacht auf Verwahrlosung informiert. Des Weiteren ist ein Maßnahmenplan für den Landwirtschaftsbetrieb beigefügt. Der Lieferant erhält bis zur erfolgten Vor-Ort-Besichtigung und der erwiesenen Abarbeitung des Maßnahmenplans eine Liefersperre.

Tab. 6: Schwedische Kategorien und Maßnahmen (nach KCF, 2008)

Kategorie	Beschreibung Maßnahmen
Kategorie 0	Saubere Tiere Saubere Tiere und Tiere mit geringen Verunreinigungen, welche sich aus schlachthygienischen Gesichtspunkten ggrd. auf die kritischen Areale der Haut erstrecken
Maßnahme(n)	kein Preisabzug
Kategorie 1	Mäßig verunreinigte Tiere Deutliches Vorkommen von Mist auf den kritischen Arealen der Haut
Maßnahme(n)	Preisabzug 400 Kronen
Kategorie 2	Stark verunreinigte Tiere Kräftiges Vorkommen von Mist (und/oder Mistpanzer) auf den kritischen Arealen der Haut
Maßnahme(n)	Preisabzug 600 Kronen
Kategorie 3	Sehr stark verunreinigte Tiere Sehr kräftiges Vorkommen von Mist und/oder Mistpanzern Große Verteilung und/oder Urin-/Mistverbrennung der Haut
Maßnahme(n)	Preisabzug 2000 Kronen
	Relevant bei der Bewertung: Nur eingetrocknete(r) Mist und/oder Mistpanzer
	Kritische Areale der Haut: Mittellinie des Bauches, Unterseite des Brustkorbs, Sprunggelenke, Achillessehne, Karpalgelenke, Halsunterseite, Genitalien, Gebiet um die Austrittsöffnung des Enddarms, Milchspiegel

Es wird vorausgesetzt, dass der Schlachtbetrieb für Tiere der ersten Kategorie im Rahmen seines HACCP-Systems die hygienischen Probleme behebt. Bei Schlachtung von Rindern der zweiten Kategorie muss der Schlachtbetrieb spezielle Maßnahmen ergreifen. Genannt werden z. B. Schlachtung der Tiere am Ende des Tages und die Absenkung der Bandgeschwindigkeit. Tiere der dritten Kategorie werden als ernstzunehmendes Risiko der Schlachthygiene bewertet und deshalb am Ende des Schlachttages bei geringer Bandgeschwindigkeit geschlachtet. Des Weiteren müssen die betreffenden Schlachtkörper bakteriologisch auf präsumtive *E. coli* hin untersucht und bis zum Eintreffen der Ergebnisse aufbewahrt werden (KCF, 2008).



Kategori 0 – Rena djur

Kriterier: Rena djur och djur med lindriga föroreningar vilka i ringa utsträckning omfattar, ur slakthygienisk synvinkel, kritiska områden på huden, se ruta.

Åtgärder: Inga.

Inget avdrag.



Kategori 1 – Måttligt förorenade djur

Kriterier: Påtaglig gödsel förekomst på kritiska områden på huden, se ruta.

Åtgärder:

- De hygieniska problemen förutsätts lösas inom ramen för egenkontroll och HACCP.
- Skriftlig information (standardformulär) till djurägaren.

Avdrag 400 kronor.



Kategori 2 – Kraftigt förorenade djur

Kriterier: Kraftigt gödsel förekomst (och/eller gödselpansar) på kritiska områden på huden, se ruta.

Åtgärder:

- Särskilda åtgärder är nödvändiga i slakten, exempelvis i form av slakt sist på dagen samt anpassad (lägre) slakthastighet.
- Skriftlig information (standardformulär) till djurägaren, plus påpekande om brister i djuromsorgen.
- Rådgivningsinsats från producenttjänst eller motsvarande bör ske om det rör sig om flera djur i samma leverans.

Avdrag 600 kronor.



Kategori 3 – Mycket kraftigt förorenade djur

Kriterier: Mycket kraftigt gödsel förekomst och/eller gödselpansar. Stor utbredning och/eller urin-/gödselbränna på huden.

Åtgärder:

- Djur i denna kategori bedöms utgöra en allvarlig slakthygienisk risk varför omfattande slaktrestriktioner är nödvändiga.
- Slakt sist på dagen med låg bandhastighet.
- Bakteriologisk undersökning (svabbprovtagning) avseende presumtiva E. coli.
- Slaktkroppen kvarhålls i avvaktan på provsvar.
- Skriftlig information (standardformulär) till djurägaren.
- Djurägaren underrättas om slakteriets policy beträffande misstänkt vanvård. Åtgärdsplan enligt denna policy.
- Leveransstopp tills besiktning på gården har genomförts och åtgärdsprogram utarbetats.

Avdrag 2 000 kronor.

Abb. 11: Schwedische Norm – Kategorien und Maßnahmen (nach KCF, 2008)

2.3.6 Norwegen

In Norwegen wurde für Rinder im Jahr 2000 eine auf drei Kategorien basierende Einteilung zur Fellsauberkeit eingeführt. Tiere der Kategorie null (sauber bzw. unbedeutend verunreinigt) werden ohne weitere Maßnahmen geschlachtet, während für Rinder der ersten (leicht bzw. deutlich verunreinigt) und zweiten Kategorie (sehr schmutzig bzw. stark verunreinigt) Preisabzüge für Lieferanten und Auflagen in der weiteren Verwendung für die Lebensmittelunternehmer vorgeschrieben sind (ANIMALIA, 2012, HAUGE et al., 2012a, HAUGE et al., 2012b).

Für die Anlieferung von Rindern der ersten Kategorie wird den Lieferanten ein fester Betrag von 400 Norwegischen Kronen (gerundet derzeit € 54) vom Schlachtauszahlungspreis abgezogen. Die Anlieferung von Tieren der zweiten Kategorie wird mit einem Preisabzug von derzeit 900 (vormals 800) Norwegischen Kronen (gerundet derzeit € 122) sanktioniert (ANIMALIA, 2012, HAUGE, 2012).

Die norwegische Fleischwirtschaft führte 2007 die Richtlinie zur Sicherstellung der hygienischen Qualität der Rohwaren bei der Schlachtung von Rindern, Schafen und Schweinen („DEN NORSKE KJØTTBRANSJES RETNINGSLINJE AV 14.06.2012 FOR SIKRING AV HYGIENISK RÅVAREKVALITET VED SLAKTING AV STORFE, SAU OG GRIS (HYGIENISK RÅVAREKVALITET“)) ein und überarbeitete sie letztmalig 2012. Durch diese Richtlinie wird u.a. festgelegt, dass Rinder und Schafe am Schlachtbetrieb einen rückverfolgbaren Zahlencode für ihre Fellverschmutzungsstufe erhalten müssen. U.a. gelten auch Rinder der Klasse 2 als Risikovieh.

Tiere solcher Risikoschlachtungen können mit besonderen Technologien behandelt und damit unter Umständen wieder dem normalen Warenkreislauf zugeführt werden. Erfolgt keine Behandlung, müssen die betreffenden Schlachtkörper gekennzeichnet werden. Zerlegung und Verarbeitung müssen daraufhin räumlich und zeitlich getrennt von anderen Kategorien stattfinden. Zerlegebetriebe müssen dieses Fleisch ebenfalls kennzeichnen. Bei Verarbeitungsbetrieben darf das betreffende Fleisch nicht zur Herstellung von rohen (nicht wärmebehandelten) Fleischmassen- und Füllungsprodukten, sowie für Speckwürste verwendet werden. Norwegische Unternehmen müssen ihre Kunden über die Anwendungsbegrenzungen der Risikoklassifizierungen informieren (ANIMALIA et al., 2012).

Die Kategorisierung der Fellsauberkeit erfolgt nach Vollendung des Entblutestichs im angeschlingt hängenden Zustand. Verantwortlich für Kategorisierung und Dateneingabe sind die für den Entblutestich zuständigen Mitarbeiter. Diese müssen vor Aufnahme ihrer Tätigkeit durch die Animalia, einem unter Aufsicht des norwegischen Landwirtschaftsministeriums stehendes Forschungs- und Wissenszentrum der norwegischen Fleischwirtschaft, geschult werden. Später müssen in regelmäßigen Abständen Kurse absolviert werden. Außerdem finden Audits durch Mitarbeiter der Animalia statt. Rinder der ersten und zweiten Fellverschmutzungskategorie werden zur beweiskräftigen Rechtfertigung der Preisabzüge an den meisten norwegischen Schlachtbetrieben photographiert (HAUGE, 2012).

Die Festlegung der Fellverschmutzungskategorien erfolgt aufgrund einer prozentualen Schätzung der mit trockenem Schmutz bedeckten Flächen von Beinen und Oberschenkeln (weniger als 20 %, 20 bis 40 %, mehr als 40 %) und der thorako-abdominalen Öffnungsschnittlinie (sauber, bis 50 %, mehr als 50 %) (ANIMALIA, 2012, HAUGE et al., 2012a).

Es bestehen Sonderregelungen betreffend feuchter Verschmutzungen. Es wird davon ausgegangen, dass diese nicht in den Verantwortungsbereich der Landwirte fallen, sondern auf den Transporten oder an den Schlachtbetrieben verursacht worden sind. Rinder die aufgrund frischer Verschmutzungen in Kategorie 1 fallen würden, werden deshalb Kategorie 0 zugeordnet. Extensiv mit feuchten Fäkalien verschmutzte Rinder werden separat kategorisiert und so behandelt, als ob sie Kategorie 2 angehörig wären (HAUGE et al., 2012b).

Tab. 7 zeigt eine Zusammenfassung der norwegischen Fellsauberkeitskategorien und der jeweils zu ergreifenden Maßnahmen. Abb. 12 zeigt die zur Erklärung veröffentlichten Originalphotographien typischer Tiere der drei Kategorien.

Tab. 7: Norwegische Kategorien und Maßnahmen (nach ANIMALIA, 2012)

Kategorie	Beschreibung Maßnahmen
Kategorie 0 <u>Mit trockenem Schmutz bedeckte Fläche von:</u> Beinen und Oberschenkeln und Thorako-abdominaler Öffnungsschnittlinie Maßnahme(n)	sauber bzw. unbedeutend verunreinigt weniger als 20% sauber keine
Kategorie 1 bzw. I <u>Mit trockenem Schmutz bedeckte Fläche von:</u> Beinen und Oberschenkeln oder Thorako-abdominaler Öffnungsschnittlinie Maßnahme(n)	leicht bzw. deutlich verunreinigt 20 bis 40% bis 50% Preisabzug 400 Kronen
Kategorie 2 bzw. II <u>Mit trockenem Schmutz bedeckte Fläche von:</u> Beinen und Oberschenkeln oder Thorako-abdominaler Öffnungsschnittlinie Maßnahme(n)	sehr schmutzig bzw. stark verunreinigt mehr als 40% mehr als 50% Preisabzug 900 Kronen Einstufung als Risikoschlachtvieh

Sonderregelung:

1. Feuchter Schmutz fällt nicht in die Verantwortung des Landwirts
2. Tiere die aufgrund feuchten Schmutzes der Kategorie 1 angehören fallen in Kategorie 0
3. Extensiv mit feuchten Fäkalien verschmutzte Tiere werden separat kategorisiert und so verarbeitet, als ob sie Kategorie 2 angehören würden.

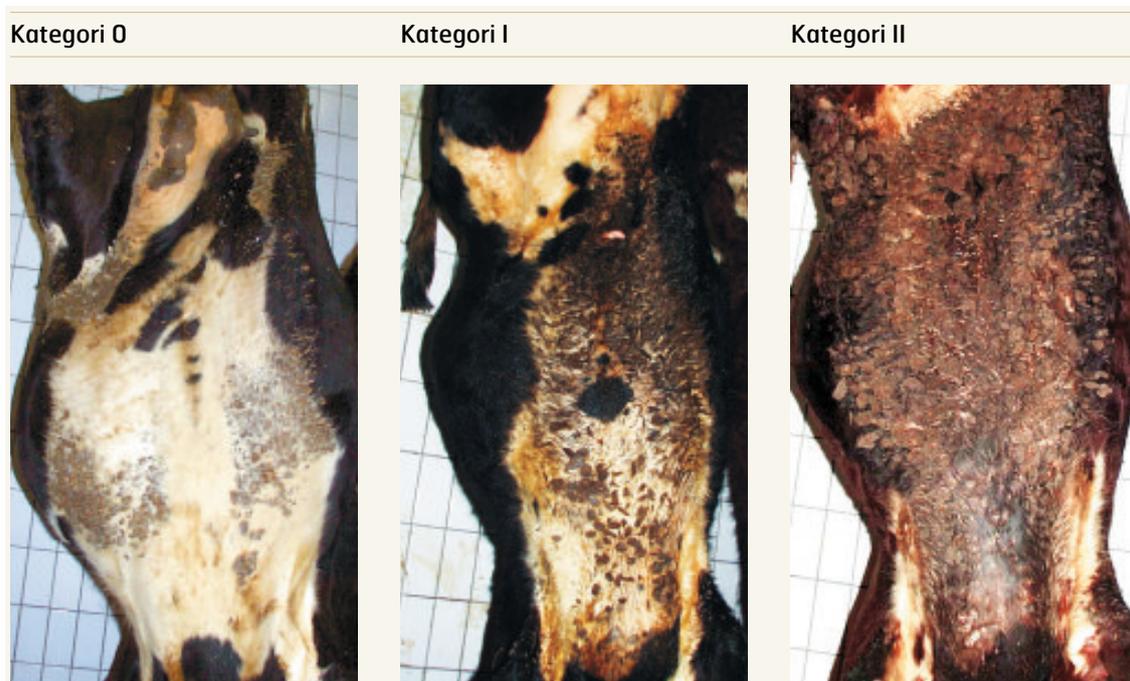


Abb. 12: Typische Tiere der drei norwegischen Fellsauberheitskategorien
 (modifiziert nach ANIMALIA, 2012)

2.3.7 Beispiele unreglementierter Fellverschmutzungsgrade

Die europäischen Reglementierungssysteme bestimmen Toleranzgrenzen für Fellverschmutzungsgrade. Tab. 8 zeigt eine Zusammenstellung der zur Schlachtung geeigneten Klassen bzw. Stufen. Die Systeme verwenden relativierende Zusatzbeschreibungen (rot dargestellt) und machen teilweise Angaben über deren Trockenheitszustand (grün).

Tab. 8: Europäische Fellverschmutzungsgrade mit Schlachteignung

Staat / Akzeptable Kategorie(n)	Beschreibung
GB / Category 1	Dry Clean with regard to dung/dirt Very minor amounts of loosely adherent straw/bedding
GB / Category 2	Dry/damp Light contamination with dirt/dung Small amounts of loosely adherent straw/bedding
IRL / Category 1	No evidence of adherent faecal material and limited amounts of loose straw/bedding.
IRL / Category 2	A light covering of dried faecal material and limited amounts of loosely adherent straw/bedding.
IRL / Category 3	A significant amount of loose straw/bedding/dirt over a large body area. Animals in this category are accepted for slaughter under normal conditions, when presented in dry state .
B / Kategorie 1 Bereich Seitenansicht: Bereich Rückansicht:	Sauber und trocken bis leicht schmutzig Verschmutzung reicht nicht über die grüne Linie hinaus Verschmutzung reicht nicht über die grüne Linie hinaus
FIN / Stufe 1	Saubere und wenig verschmutzte Rinder Tier ist sauber an: Bauch und Innenseiten der Tarsalgelenke v.a. im Bereich der Hautöffnungsschnittlinien (Innenseiten der Gliedmassen, Bauch- und Brustunterseite) Weitere mit Dung verschmutzte Stellen auf dem Tierkörper sind: nicht groß und nicht im Bereich der Öffnungsschnittlinien
S / Kategorie 0	Saubere Tiere Saubere Tiere und Tiere mit geringen Verunreinigungen, welche sich aus schlachthygienischen Gesichtspunkten ggrd. auf die kritischen Areale der Haut erstrecken Relevant bei der Bewertung: Nur eingetrocknete(r) Mist und/oder Mistpanzer Kritische Areale der Haut: Mittellinie des Bauches, Unterseite des Brustkorbs, Sprunggelenke, Achillessehne, Karpalgelenke, Halsunterseite, Karpalgelenke, Halsunterseite, Genitalien, Gebiet um die Austrittsöffnung des Enddarms, Milchspiegel
N / Kategorie 1	sauber bzw. unbedeutend verunreinigt Mit trockenem Schmutz bedeckte Fläche von: Beinen und Oberschenkeln weniger als 20% und thorako-abdominaler Öffnungsschnittlinie sauber Sonderregelung: 1. Feuchter Schmutz fällt nicht in die Verantwortung des Landwirts 2. Tiere die aufgrund feuchten Schmutzes der Kategorie 1 angehören fallen in Kategorie 0 3. Extensiv mit feuchten Fäkalien verschmutzte Tiere werden separat kategorisiert und so verarbeitet, als ob sie Kategorie 2 angehören würden.

GB = Großbritannien, IRL = Irland, B = Belgien, FIN = Finnland, S = Schweden, N = Norwegen
rot: relativierende Zusatzbeschreibungen hinsichtlich der Sauberkeit
grün: Festlegungen zur Trockenheit oder Feuchte

2.3.8 Europäische und internationale Konzepte im direkten Kontext

Während europäische Fellreglementierungssysteme hauptsächlich auf Kontaminationsvermeidung abzielen, setzen außereuropäische Fleischproduzenten (v.a. Nordamerika und Australien) das Risiko der Exposition vom Fell stammender Mikroorganismen auf Rinderschlachtkörpern als unkalkulierbar hoch voraus. Sie verfolgen daher das Ziel, die pathogenen Keime, technisierbar und belegbar, auf allen Produktionsebenen zu eliminieren (KOOHMARAIE et al., 2005).

Die etablierten Methoden und Forschungskonzepte werden aufgrund ihrer Vielfältigkeit in Ebenen und Gruppen eingeteilt (MIDGLEY und SMALL, 2006). So werden die Produktionsstufen u. a. in die Ebenen

1. „Pre-Harvest“ (Farm, Transport, Pferche),
2. „Harvest“ (Tötung) und
3. „Post-Harvest“ (Schlachtung, Zurichten, Kühlung, Verpackung, Handel)

untergliedert. Die Bekämpfungsmaßnahmen werden u.a. in die Gruppen der

1. physikalischen,
2. chemischen und
3. auf natürlichen Microbioziden basierenden

„Interventions“ untergliedert. Als Intervention wird eine Prozedur oder ein Prozess verstanden, der die Anzahl pathogener und anderer Mikroorganismen auf Schlachtkörper- oder Fleischoberflächen signifikant reduziert. Viele Staaten wie die USA haben solche Interventions-basierten-HACCP-Konzepte implementiert (MIDGLEY und SMALL, 2006) und schalten im Sinne eines Multiple-Hurdle-Konzeptes nach LEISTNER (2000) verschiedene Interventionen sequentiell hintereinander (BACON et al., 2000, KOOHMARAIE et al., 2005). Im Anhang befindet sich Tab. 25 mit international gängigen Interventionsverfahren nach MIDGLEY und SMALL (2006) mit Informationen über erzielbare Keimzahlreduktionsraten und deren Zulassungen für die USA, Australien und andere Staaten.

Für die Pre-Harvest-Ebene existieren weitere Einteilungen wie nach LEJEUNE et al. (2007), die nach Strategien zur Expositionsvermeidung (z. B. Futter- und Wasserhygiene, Umwelt, Tierdichte, ...), zum Ausschluss ruminaler Erregerbesiedlung (z. B. Futtermanagement, Probiotica, Prebiotica, Competitive Exclusion) und nach direkt antipathogenen Wirkungen (z. B. Fellwaschungen, antibiotische Futterzusatzstoffe, Bacteriophagen-Therapien und Impfungen) einteilten. Andere Autoren bildeten vergleichbare Gruppen für Haltungs- und Transportmanagement, Wasser- und Futtermanagement sowie für spezielle Behandlungen an lebenden Tieren (CALLAWAY et al., 2004, CALLAWAY, 2010, CALLAWAY et al., 2013a, CALLAWAY et al., 2013b).

3 MATERIAL UND METHODEN

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war es zu klären, ob zwischen dem visuellen Verschmutzungsgrad lebender Schlachtrinder und dem Keimgehalt der zugehörigen Schlachtkörperoberflächen ein quantifizierbarer Zusammenhang besteht.

Zunächst wurde eine Systematik zur Einteilung von lebenden Tieren in Verschmutzungsüberklassen und -klassen (s. 3.1) entwickelt. In Kooperation mit einem bayerischen Schlachthof wurden hierfür an 19 Tagen zwischen Februar und Juli 2012, insgesamt 180 Rinder getestet.

Pro Versuchstag wurden fünf bis zehn Rinder nach Verschmutzungsklassen selektiert, markiert, registriert und zur Dokumentation aus vier verschiedenen Perspektiven, stehend und betäubt liegend, digital photographiert (s. 3.4). Für jedes der 180 Tiere wurde eine Übersichtsdarstellung erstellt, digital bearbeitet und archiviert (s. 3.7). Von den am Hakenbandförderer hängenden Tieren wurden daraufhin an zwei festgelegten Probenahmepositionen pro Tier insgesamt vier Kratzschwammproben, von fest definierten Probenahmestellen der Fleischoberfläche gewonnen. Hierfür wurde ein neues, für Untersuchungen am laufenden Schlachtband geeignetes Schablonensystem zur nicht-destruktiven Probengewinnung entwickelt und erprobt.

Die Laboruntersuchungen (s. 3.8) fanden am Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) in Oberschleißheim statt. Die vier pro Tier gewonnenen Kratzschwammproben wurden jeweils gepoolt und Keimzahlbestimmungen für die mesophile aerobe Keimzahl (GKZ), *Enterobacteriaceae* und *E. coli* durchgeführt.

3.1 Verschmutzungsklassen

Vor Versuchsbeginn wurde ein System zur Einteilung von stehenden Schlachtrindern in drei Verschmutzungsüberklassen entwickelt. Für spezielle Fragestellungen wurden diese in insgesamt sechs Klassen unterteilt. Zunächst wurden hierfür Zielvorgaben formuliert.

Demnach sollte jedes angelieferte Rind durch wenige gezielte Blicke aus sicherer Entfernung einer Verschmutzungs-kategorie zuordbar sein. Die Klassen sollten sich auf fest definierte Flächenregionen, Größenmaßstäbe und Hautzustände beziehen und dadurch objektiv nachvollziehbar sein. Zur Beschreibung der Klassen sollten subjektive Begriffe vermieden werden.

Im Folgenden wurde ein Konzept zur Flächeneinteilung entwickelt. Pro Tierseite wurden zwei „Flächenregionen“ definiert und mit einem „Flächenmaß“ gekoppelt. Das „Flächenmaß“ wurde durch einen „Reinheitsaspekt“ und einen „Feuchtigkeitsaspekt“ näher beschrieben.

Für die Verschmutzungs-kategorien eins bis sechs (s. Tab. 9) sollten jeweils 20 Tiere nach Elektrobetäubung, des Weiteren für drei dieser Verschmutzungs-kategorien (eins, drei und fünf) zusätzlich jeweils 20 Tiere nach Bolzenschussbetäubung untersucht werden.

Im Vergleich zur Elektrobetäubung (120 untersuchte Rinder) ist bei Bolzenschussbetäubung kein Wasserzufluss nötig. Die Untersuchung der 60 per Bolzenschuss betäubten Rinder diente zur Klärung der Frage, ob deutlich feuchte Bodenverhältnisse des Niederbruchbereichs (aufgrund des Wasserzuflusses bei Elektrobetäubung) automatisch relevant höhere Keimgehalte auf den Schlachtkörperoberflächen hervorrufen.

3.1.1 Flächenregionen

Orientiert an den Regionen der manuellen Vorenthäutung (s. 2.2.2.5.3), wurde der Tierkörper pro Seite in ein ventrales und ein dorsales Flächenareal unterteilt. Zur Trennung der Areale wurde eine imaginäre Grenzlinie als „Grüne Linie“ definiert. Der Verlauf dieser Grenze wurde mit Hilfe anatomisch eindeutiger Regionen festgelegt und visualisiert (s. Abb. 13).

Die Grüne Linie beginnt am Hinterviertel in der Regio tuberis ischiadici auf Höhe des dorsalen Höckers des Tuber ischiadicum und zieht von dort aus an die am weitesten kranial gelegene Stelle des Articulatio femorotibialis. Von dieser Stelle in der Regio genus zieht die Linie weiter in die Regio cubiti und tangiert den Tuber olecrani von dorsal. Die Linie endet in der Regio jugularis.

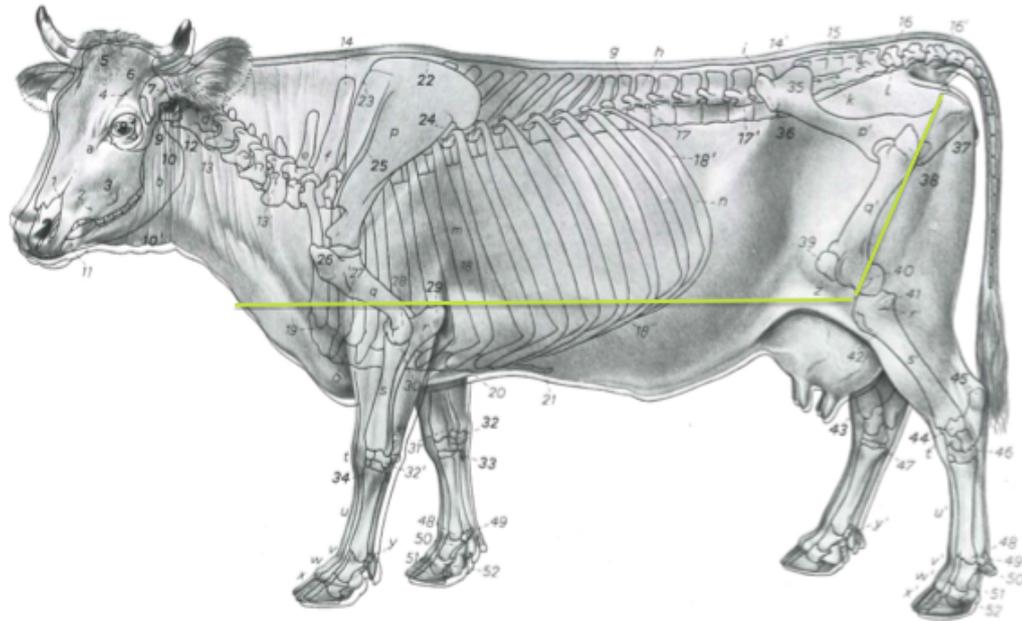


Abb. 13: Verlauf „Grünen Linie“ (modifiziert nach NICKEL et al., 2001)

3.1.2 Flächenmaß

Als nachvollziehbares Flächenmaß für den Reinheits- und Feuchtigkeitsaspekt, wurde die Abbildungsfläche (exakt gleiche Länge und Breite) des vom Deutschen Institut für Normung festgelegten Formates DIN A 4 verwendet. Zur Klasseneinteilung wurde geprüft, ob betreffende Stellen das Flächenmaß über- oder unterschritten und in welcher Flächenregion sie sich befanden (ventral oder dorsal der Grünen Linie). Das Flächenmaß galt als überschritten, wenn die betreffende Fläche „am Stück“ größer als das Abbildungsformat DIN A 4 war. Kleinere Formate wurden nicht aufaddiert. Bei Ausbreitung betreffender Stellen „ventral und dorsal“ der Grünen Linie, musste die Linie mit „brückenhaftem“ Übergang überschritten worden sein. Als „brückenhaft“ wurde eine Fläche mit mindestens der halben Breite des DIN A 4 Formates festgelegt.

3.1.2.1 Reinheitsaspekt

Der Reinheitsaspekt unterschied ausschließlich die Begriffe „sauber“ und „verunreinigt“. Als „verunreinigt“ galt eine schmutzige Stelle erst nach Überschreitung des Flächenmaßes. Eine Differenzierung von Verunreinigungsarten-, Schichtdicken etc. fand nicht statt. Entscheidend war ausschließlich die visuelle Wahrnehmbarkeit aus sicherer Entfernung.

3.1.2.2 Feuchtigkeitsaspekt

Der Feuchtigkeitsaspekt unterschied nur „trocken“ und „nass“. Als „nass“ galt eine betroffene Stelle erst nach Überschreitung des Flächenmaßes; die Nässe musste visuell wahrnehmbar sein. Wie beim Reinheitsaspekt fand keine weitere Differenzierung statt.

3.1.3 Verschmutzungsklassen

Basierend auf den Grundlagen der Flächenregionen, des Flächenmaßes und der Aspekte für Reinheit und Feuchtigkeit, wurde eine Einteilung in Klassen erstellt (s. Tab. 9). Zusätzlich wurde festgelegt, dass Regionen distal der Carpal- und Tarsalgelenke nicht bewertet werden sollten. Es wurden stets beide Tierseiten beurteilt. Bei ungleichmäßig stark verschmutzten oder nassen Tierseiten sollte die Seite mit der höheren Bewertungsziffer die endgültige Verschmutzungsklasse festlegen.

Tab. 9: Verschmutzungsklassen LGL-Versuch

Über- klasse	Klasse	Beschreibung	Präzisierung
I	1	<u>Ventral der Grünen Linie</u> Sauber bis ggrd. verunreinigt + Trocken	Verunreinigung (am Stück) kleiner DIN A 4 Nässe (am Stück) kleiner DIN A 4
	2	<u>Ventral der Grünen Linie</u> Sauber bis ggrd. verunreinigt + Nass	Verunreinigung (am Stück) kleiner DIN A 4 Nässe (am Stück) größer DIN A 4
II	3	<u>Ventral der Grünen Linie</u> Verunreinigt + Trocken	Verunreinigung (am Stück) größer DIN A 4 Nässe (am Stück) kleiner DIN A 4
	4	<u>Ventral der Grünen Linie</u> Verunreinigt + Nass	Verunreinigung (am Stück) größer DIN A 4 Nässe (am Stück) größer DIN A 4
III	5	<u>Ventral + dorsal der Grünen Linie</u> Verunreinigt* + Trocken	Verunreinigung (am Stück) größer <u>zwei</u> DIN A 4* Nässe (am Stück) kleiner DIN A 4
	6	<u>Ventral + dorsal der Grünen Linie</u> Verunreinigt* + Nass**	Verunreinigung (am Stück) größer <u>zwei</u> DIN A 4* Nässe (am Stück) größer DIN A 4

* bei zwei DIN A 4 muss Grüne Linie brückenhaft überschritten sein (größer halbe Breite DIN A 4)

** irrelevant, ob Nässe ventral oder dorsal der Grünen Linie

3.2 Schlachtbetrieb

3.2.1 Betriebsspiegel

Die praktischen Untersuchungen zur vorliegenden Studie fanden in wissenschaftlicher Kooperation mit einem bayerischen Schlachthof statt. Die Bandgeschwindigkeit des vertikalen Schlachtsystems lag ca. bei einem geschlachteten Rind in der Minute.

Die Viehanlieferung erfolgte durch Landwirte, Viehhändler, Erzeugergemeinschaften und Auftragsspediteure. Während des Versuchszeitraums wurden Tiere aus dem direkten Umland, aus anderen Bundesländern und aus EU-Nachbarstaaten angeliefert.

Im Bereich der Rampe (s. Abb. 14) verfügte der Betrieb über vier komplett überdachte Wartepferche, die nach dem Entladen zur SchlachtTieruntersuchung und zur kurzzeitigen Zwischenaufstallung dienten. Zur Überbrückung möglicher Stoß- und Wartezeiten existierten im Inneren der in zwei Abteilungen unterteilten Viehhalle weitere Pferche. Im östlichen Abteil befanden sich sechs fest installierte und mit Nippeltränken ausgestattete Pferche. Drei davon waren mit absenkbaaren Vorrichtungen zur Verhinderung des Aufspringens (Mastbullen) ausgerüstet. Östlich des Treibgangs konnten im Bedarfsfall zwei kleine Pferche durch Trennstangen kurzfristig abgesperrt werden. Im westlichen Abteil standen zwei mittelgroße Pferche und ein großer Pferch mit flutbaren Tränketrögen zur Verfügung. Die maximale Belegung der Pferchanlagen entsprach den gesetzlichen Vorgaben.

Die Bodenbeläge des Rampenbereichs und der Viehhalle bestanden aus rutschfestem Beton. Mehrmals täglich erfolgte eine gründliche Zwischenreinigung per Kaltwasserstrahl. Eine chemische Desinfektion wurde nach dem Ende jeden Schlachttag durchgeführt.

Der Zutrieb zur Schlachtung erfolgte in der östlichen Abteilung der Viehhalle über einen einreihigen Treibgang (s. Abb. 14). Die Beschickung des Ganges erfolgte entweder stirnseitig von einem Rampenpferch ausgehend oder beidseitig aus Pferchen der östlichen Viehhalle. Der Treibgang endet an der Zugangstüre zur Betäubungsbox (s. Abb. 14).

3.2.1.1 Schlachtablauf

Zur Veranschaulichung wurde der Schlachtablauf in 13 Prozessabschnitte unterteilt (s. Abb. 14). Die einzelnen Arbeitsplätze sind in Tab. 10 durch dünne waagrechte Linien voneinander abgegrenzt. Zusätzlich sind in Abb. 14 und Tab. 10 die zur Studiendurchführung belegten Arbeitsstationen (s. 3.2.1.2) gekennzeichnet und kurz beschrieben.

Nach Viehannahme, Entladung und Schlachttieruntersuchung folgte der Zutrieb zur Schlachtung. Die Betäubung erfolgte durch eine halbautomatische Elektrobetäubungsanlage (s. 3.2.1.1.1). Optional war die Durchführung einer Betäubung per Bolzenschuss (s. 3.2.1.1.2) möglich.

Nach Ausschub aus der Betäubungsbox (90 °-Drehung der Tiere aus der Niederbruchposition in die rechte Seitenlage) auf einen Plattenbandförderer erfolgte der Entblutungsschnitt (im Bereich der Regio jugularis sinister) und das Entbluten (per Blutabsaugegerät durch einen Stich per Hohlmesser in Richtung Herzbasis).

Nach dem Entbluten kippten die Tiere in Rückenlage auf einen Plattenbandschragen und wurden am Röhrbein der linken Hintergliedmaße per Fesselkette angeschlossen und auf einen Fesselkettenförderer in Vertikallage aufgezogen. Anschließend erfolgte die manuelle Ohrmarkeneingabe. Direkt im Anschluss fand das Vorlösen des Kopfes, rostral der Ohren statt. Derselbe Bandarbeiter setzte daraufhin einen transversalen Vorschnitt durch die Karpalgelenksbeugen. Der folgende Mitarbeiter führte das Vorlösen und das Rodding des Ösophagus aus. Am nächsten Arbeitsplatz folgten das Vorabsetzen des Kopfes und das Absetzen der Vorderbeine distal der Karpalgelenke. Eine Station weiter wurde der Kopf endgültig abgesetzt und bearbeitet.

Anschließend wurde zwischen Perinealregion und Fersenbein des rechten Hinterviertels ein Öffnungsschnitt gesetzt, das distale Schwanzdrittel abgesetzt und das rechte Sprunggelenk freipräpariert.

Der folgende Arbeiter setzte das rechte Hinterbein distal des Tarsalgelenks per Schneidezange ab, nummerierte die vorgeschnittene Haut per Zwickmarke, hängte das rechte Hinterbein am Fersensehnenstrang am Hakenbandförderer auf und befreite das linke Bein von der Fesselkette.

Einen Podestplatz weiter folgten der Öffnungsschnitt an der linken Gliedmaße zwischen Perinealregion und Fersenbein, die Entnahme des zugehörigen Beuge-sehnenapparates und das Freipräparieren der linken Tarsalregion. Nach dem Absetzen des linken Hinterbeins distal des Tarsalgelenks erfolgte das Anhängen auf den Hakenbandförderer. Nach kranio-ventraler Umschneidung der Euterhaut wurde das Euter samt Euterhaut vom nächsten Bandarbeiter abgesetzt und der Öffnungsschnitt median bis etwa auf Höhe der Sternummitte erweitert und mit der Vorenthäutung von Keulen und Abdomen begonnen. Anschließend führten zwei Arbeiter die Vorenthäutung von Keulen, Abdomen und Thorax per Messer und Elektromesser aus und verlängerten den medianen Öffnungsschnitt weiter nach kranial bis auf Höhe der Buggelenksebene. Der nächste Bandarbeiter verlängerte den Öffnungsschnitt per Elektromesser bis zum Entbluteschnitt (Regio jugularis sinister) und führte die Vorenthäutung von Thorax, Schultern und Vordergliedmaßen aus.

Auf Höhe des mechanischen Rollenthäuters wurden die Vorderbeine und die vorgelöste Haut angekettet, und das Fell von unten nach oben abgezogen. Der Arbeiter des Bagging-Podestes setzte den restlichen Schwanz ab und hakte ihn an. Daraufhin umschnitt er den Enddarm und vollzog das Bagging. Alle restlichen Arbeitsschritte fanden im Anschluss an die Probengewinnung statt und sind anhand Abb. 14 und Tab. 10 beschrieben.

3.2.1.1.1 Betäubungsbox

Die Betäubung der Rinder erfolgte mit Hilfe einer halbautomatischen Elektrobetäubungsanlage (s. Abb. 14). Die Anlage gehört zur Baureihe „Beef Stun Box GA Ser No 2212“ von Jarvis Engineering Technologies (N.Z.) Ltd. Nach dem Zutrieb wurden die Tiere am Hals durch zwei wasserumspülte und pneumatisch angetriebene laterale Halsrahmenelemente fixiert. Anschließend wurde der Kopf durch eine horizontal verlaufende und von ventral her aufsteigende Platte angehoben und das Flotzmaul gegen eine wasserumspülte vertikale Plattenelektrode (Kopfelektrode) aus Edelstahl gepresst. Gleichzeitig wurde ein wasserumspülter, longitudinal verlaufender Thoraxbügel (Herzelektrode), von ventro-lateral kommend angelegt. Nach sicherer Fixierung erfolgte schließlich die Betäubung.

Nach dem Niederbruch lagerten die Tiere in Karpal- und Tarsalbeugehaltung und individuell unterschiedlich zusätzlich auf thorakalen, abdominalen, uberalen,

femorale und crurale Arealen auf dem Boden der Betäubungsbox. Der Boden der Betäubungsbox war mit einer weichen Gummimatte ausgestattet. Der Wasserabfluss sollte seitlich aufgrund einer leichten Neigung und mit Hilfe von Bohrlöchern durch Gummimatte und Edelstahlbodenplatte hindurch erfolgen.

Nach Öffnung der rechten Boxenwand erfolgte der Ausschub des Tieres. Die betäubten Rinder kippten dabei durch Anheben des Thoraxbügels von ihrer aufrechten Niederbruchsposition um 90 ° in die rechte Seitenlage und rutschten auf einen etwas niedriger gelegenen Plattenbandförderer.

3.2.1.1.2 Bolzenschussapparat

Alternativ zur Elektrobetäubung bestand die Möglichkeit die fixierten Tiere in der Elektrobetäubungsbox per Bolzenschuss zu betäuben. Im Notfall standen dem Bandpersonal im Bereich des Plattenbandförderers zur Nachbetäubung Bolzenschussapparate vom Typ „KS-Apparat“ (Fa. Karl Schermer GmbH & Co. KG, Ettlingen, Deutschland) mit Schussbolzen-Rückholssystem zur Verfügung.

Für die unterschiedlichen Tierkategorien war Munition verschiedener Ladungsstärken vorrätig. Im Rahmen dieser Studie wurden 60 Tiere per Bolzenschuss betäubt (s. 3 und 3.5.2). Hierfür wurde die vom Gerätehersteller vertriebene gelbe Munition mittlerer Ladungsstärke des Kalibers 6,8/15 verwendet.

3.2.1.2 Arbeitsstationen zur Studiendurchführung

Während der Studiendurchführung wurden an der Rampe, in der Viehhalle und am Schlachtband Arbeitsstationen zur Tierselektion, zur digitalen Bilderstellung und zur Gewinnung von Kratzschwammtupfern belegt. In Abb. 14 sind diese als Arbeitsstationen I bis VI gekennzeichnet; in Tab. 10 befindet sich eine stichpunktartige Beschreibung der Vorgänge. Ausführliche Beschreibungen der durchgeführten Tätigkeiten erfolgen in den Abschnitten 3.3.1, 3.3.3, 3.4.2, 3.4.3 und 3.6.2.

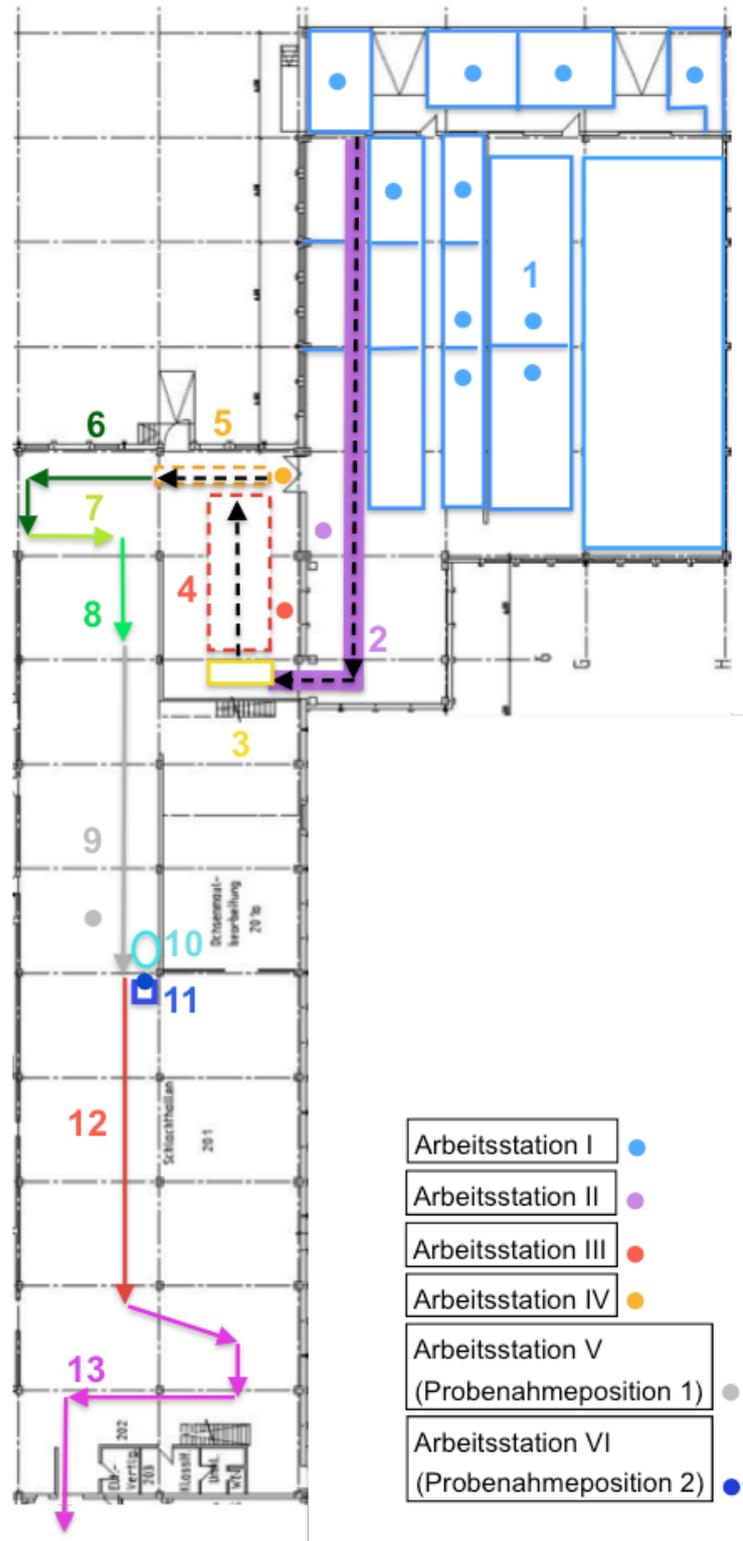


Abb. 14: Prozessabschnitte Schlachtung u. Arbeitsstationen Versuch
(modifiziert nach Bauplan)

(Prozessabschnitte Schlachtung: arabische Ziffern und farbige Markierungen
Arbeitsstationen bei Studiendurchführung: farbige Punkte, Beschreibung s. Tab. 10)

Tab. 10: Übersicht über die Arbeitsbereiche am Schlachthof; vgl. Abb. 14

Ab-schnitt Nr.	Bereich	Tätigkeiten des Schlachthofpersonals im jeweiligen Prozeßabschnitt	Ar-beits-station	Tätigkeiten an den Arbeitsstationen zur Studiendurchführung
1	Rampe	Viehannahme / Entladen / Schlachtieruntersuchung	I	Selektion Kennzeichnung Bilder Perspektive 1+2 Registrieren / Aufstallen
	Pferche Pferche Viehhalle	kurze Zwischenaufstallung Aufstallen		
2	Einreihiger Treibgang	Zutrieb zur Betäubung	II	Notieren Reihenfolge
3	Betäubungsbox	Betäubung		
4	Plattenbandförderer	Entbluteschnitt (Regio jugularis sinister) Entblutestich per Hohlmesser in Richtung Herzbasis	III	Bilder Perspektive 3
5	Plattenbandschragen	Anschlingen linkes Hinterbein und Aufzug auf Fesselkettenbandförderer / Ohrmarkeneingabe	IV	Bilder Perspektive 4
6	Fesselkettenförderer	Vorlösen Kopf rostral der Ohren Freipräparieren Haut Karpalgelenksbeugen (transversal)		
		Vorlösen und Rodding Ösophagus Absetzen Kopf (hängt noch an Haut) Absetzen Vorderbeine (distal Carpalgelenk)		
7	Fesselkettenförderer	Absetzen und Enthäuten Kopf Öffnungsschnitt Haut rechtes Hinterviertel zwischen Perinealregion und Fersenbein		
		Absetzen distales Schwanzdrittel Freipräparieren proximal bis distal rechtes Sprunggelenk		
8	Fesselkettenförderer	Absetzen rechtes Hinterbein (distal Tarsalgelenk) Nummerierung Haut per Zwickmarke Anhängen rechtes Hinterbein am Fersensehnenstrang auf Hakenbandförderer Abschlingen linkes Hinterbein		
	Hakenbandförderer	Öffnungsschnitt Haut linkes Hinterviertel zwischen Perinealregion und Fersenbein Freipräparation Haut linkes Hinterbein Absetzen linkes Hinterbein (distal Tarsalgelenk) Umhängen linkes Hinterbein am Fersensehnenstrang auf Hakenbandförderer		
9	Hakenbandförderer	Umschneidung der Euterhaut kranio-ventral Öffnungsschnitt Haut median von kranial Euter bis Sternum Absetzen Euter (samt Haut) Vorenthäuten Keulen und Abdomen		
		Vorenthäuten Keulen und Abdomen und Thorax Vorenthäuten Keulen und Abdomen		
		Öffnungsschnitt Haut median von Sternum bis Höhe Buggelenkebene Erweiterung des medianen Hautöffnungsschnitts hin zum Entbluteschnitt		
		Vorenthäuten Thorax, Schultern, Vorderbeine		
10	Rollenthäuter	Anketten Vorderbeine und Haut Rollenthäutung (maschinell) von unten		
11	Bagging-Podest		VI	Probenahmeposition 2 Probenahmestellen 3 u. 4
		Absetzen und Anhängen Schwanz Umschneidung Enddarm Bagging Enddarm		
12	Hakenbandförderer	Anhängen eingetüteter Ohrmarke Aufsägen der Brust Eviszeration Entnahme Brustorgane Hälftensägen Rückenmarksentfernung Amtliche Fleischuntersuchung Trimmen		
		Stempeln		
		Wiegen		
		Klassifizieren		
		Kühlen		

3.3 Probetiere

Aus Gründen der Arbeitssicherheit wurden ausschließlich weibliche Tiere selektiert. Bei den insgesamt 180 Tieren der gesamten Studie, handelte es sich in 165 Fällen um Milchkühe. Die restlichen 15 Tiere waren Färsen. Die Rinder gehörten den Rassen Brown Swiss (70 Tiere), Fleckvieh (64 Tiere) und Holstein Friesian (41 Tiere) an; fünf Rinder stammten aus Kreuzungen der Rassen Holstein Friesian mit Fleckvieh.

3.3.1 Selektion und Aufstallung

Die Selektion der Tiere erfolgte vor oder während des Entladens an der Rampe. Anlieferungsbedingt standen nicht immer die gleichen und nicht immer gleich viele Pferche für die weiteren Arbeiten zur Verfügung. Das Platzangebot schwankte zwischen einem und drei zur Verfügung gestellten Pferchen. An Versuchstagen mit hohem Platzangebot wurden die Tiere in einem ersten Pferch markiert und registriert, in einem zweiten Pferch einzeln stehend photographiert und in einem letzten Pferch bis zur Schlachtung aufgestallt. An Tagen mit geringem Platzangebot erfolgten alle Arbeiten in einem einzigen Pferch. Die verwendeten Pferche sind in Abb. 14 (Arbeitsstation I) markiert.

Generell wurde versucht, pro Probenahmetag nur Tiere einer Verschmutzungs Klasse zu selektieren. An einigen Tagen wurden Tiere verschiedener Verschmutzungs Klassen miteinander selektiert. An solchen Tagen wurden zur Begrenzung von Schmierkontaminationen ausschließlich Tiere der „trockenen“ Klassen 1 und 3 oder 3 und 5 miteinander gemischt.

3.3.2 Besondere Vorgehensweise bei Verschmutzungs Klasse 2

Rinder der Verschmutzungs Klasse 2 (s. Tab. 9) wurden vergleichsweise selten angeliefert. Die Bildung von Versuchsgruppen akzeptabler Tierzahlen pro Versuchstag war nicht möglich. Die alternative Bildung von Mischgruppen mit Rindern anderer Verschmutzungs Klassen hätte, speziell bei Tieren der Verschmutzungs Klasse 2, ein unakzeptables Verfälschungspotential beinhaltet. Deshalb wurden Rinder der Verschmutzungs Klassen 1 und 3 selektiert, angehalftert und per Wasserstrahl gereinigt bis sämtliche Schmutzauflagerungen verschwunden waren und das Reinigungswasser klar abfloss.

3.3.3 Kennzeichnung und Registrierung

Jedem der selektierten Probetiere wurde im Selektionspferch unverzüglich eine fortlaufende Nummer zugeordnet. Die entsprechende(n) Ziffer(n) wurden den Rindern beidseitig im dorso-lateralen Beckenbereich und/oder dorso-lateral im Bereich der kaudalen Brustrippen, mit blauem (5 Tiere mit rotem) Viehzeichenspray (Fa. Raidex GmbH, Dettingen/Erms, Deutschland) aufgesprüht (z. B. s. Abb. 15). An insgesamt 19 Probenahmetagen wurden die fortlaufenden Nummern 1 bis 180 vergeben.

Auf einer Registrierliste wurden sofort nach der Kennzeichnung die fortlaufende Tiernummer und die Ohrmarkennummer eingetragen. Nach Fertigstellung der Digitalaufnahmen (s. 3.4) wurden die Bildnummern notiert und den fortlaufenden Tiernummern zugeordnet. In den Selektions- und Wartepferchen kam es zur Durchmischung der selektierten Tiere. Folglich wurde die endgültige Schlachtreihenfolge immer erst notiert, wenn sich alle Tiere der Selektionsgruppe hintereinander im einreihigen Zutrieb zur Betäubungsbox befanden (s. Abb. 14).

3.4 Bildmaterial

Von jedem Probetier wurden Digitalaufnahmen aus vier Perspektiven erstellt. Die Schlachtrinder wurden im stehenden (wachen) und im betäubten Zustand photographiert. Zusätzlich wurde der Boden der Betäubungsbox vor Eintritt des jeweils ersten Probetieres eines Probenahmetages und nach Ausschub des letzten Tieres der Probenahmegruppe photographiert. Zur Absicherung guter Bildqualitäten wurden aus jeder Perspektive mehrere Aufnahmen erstellt und nur die jeweils besten Aufnahmen zur Bilddokumentation (s. 3.7) verwendet.

3.4.1 Photoausrüstung

Alle Aufnahmen wurden mit einer Digitalcamera der Baureihe Canon PowerShot G12 (Fa. Canon Inc., Tokyo, Japan) erstellt. Zur Kompensation wechselnder Lichtverhältnisse diente ein Aufsatzblitz der Baureihe Canon Speedlite 430EX II (Fa. Canon Inc., Tokyo, Japan).

3.4.2 Darstellung der stehenden (wachen) Probetiere

Nach erfolgter Kennzeichnung, wurde jedes selektierte Rind zunächst von zwei Perspektiven aus photographiert. Ziel war die Darstellung von rechter und linker Seitenfläche mindestens ab Höhe Carpal- bzw. Tarsalgelenk; außerdem sollten rechtes und linkes Hinterviertel, sowie ventro-thorakale und ventro-abdominale Fell- und Hautareale beidseitig dargestellt werden.

Zum Erreichen dieser Vorgaben wurden die Aufnahmen aus rechter (Perspektive 1) und linker (Perspektive 2) hinterer Untersicht (Froschperspektive) geschossen (s. Abb. 15 u. Abb. 16).

3.4.3 Darstellung der liegenden (betäubten) Probetiere

Nach Ausschub aus der Betäubungsbox wurde jedes Tier von zwei weiteren Perspektiven aus photographiert. Beide Aufnahmen sollten das Rind von kaudo-ventral zeigen. Ziel war die Darstellung der Fell- und Hautareale im Bereich der ventralen Mittellinie (einschließlich des Euters) zwischen Regio sternalis und Pudendum femininum.

Die erste Aufnahme (Perspektive 3) zeigte das Tier in rechter Seitenlage auf dem Plattenbandförderer (s. Abb. 17). Die zweite Aufnahme (Perspektive 4) stellte das Rind kurze Zeit später in Rückenlage auf dem Plattenbandschragen dar (s. Abb. 18).



Abb. 15: Perspektive 1 - Hintere Untersicht von rechts



Abb. 16: Perspektive 2 - Hintere Untersicht von links



Abb. 17: Perspektive 3 - Kaudoventralaufnahme in Seitenlage



Abb. 18: Perspektive 4 - Kaudoventralaufnahme in Rückenlage

3.5 Bodenverhältnisse der Betäubungsbox

Zur Erzielung der optimalen Leitungsfähigkeit zwischen Elektroden und Tierkörper fand während der Elektrobetäubung ein kontinuierlicher Wasserzufluss in den Bereichen des Flotzmauls, des Halsrahmens und der sternal gelegenen Brustelektrode statt. Als Folge resultierten entlang der in Elektrodennähe gelegenen Fellareale nasse Stellen auf den Tierkörpern. Allerdings waren die Stellen kleiner als das unter 3.1.2 beschriebene Flächenmaß. Im Bodenbereich der Elektrobetäubungsanlage kam es zur Anstauung des abfließenden Wassers. In Abhängigkeit von den tierindividuell variierenden Niederbruchpositionen (s. 3.2.1.1.1) wurden verschiedene Fellareale durchnässt. Diese nassen Stellen überstiegen häufig das Flächenmaß (s. 3.1.2) und hatten somit Einfluss auf die unter 3.1.3 erläuterten Klassen 1, 3 und 5.

Die Verschmutzungsklassen 1, 3 und 5 basierten u.a. auf dem Feuchtigkeitsmaß „trocken“. Deshalb wurden für diese Klassen, zusätzlich zu den unter üblichen Bedingungen der Elektrobetäubung getesteten Tieren, drei weitere Testgruppen mit abgetrockneten Bodenverhältnissen und Betäubung per Bolzenschuss geschlachtet.

3.5.1 Vorbereitung des Bodens bei Elektrobetäubung

Von den 180 Probetieren wurden 120 unter Wasserzufluss elektrobetäubt. Von jeder der sechs Verschmutzungsklassen wurden 20 Tiere, mit Ausnahme der Klassen 3 (19 Tiere) und 5 (21 Tiere), auf diese Weise behandelt. Zur Simulation der am Testbetrieb üblichen Bedingungen wurde vor dem jeweils ersten Rind einer Testgruppe der Boden vom Schlachthofpersonal per Kaltwasserstrahl gereinigt. Nach der Reinigung blieben immer Residuen klaren Wassers am Boden zurück (s. Abb. 19).

3.5.2 Vorbereitung des Bodens bei Bolzenschussbetäubung

Für die Verschmutzungsklassen 1, 3 und 5 wurden zusätzlich 60 Testtiere (20 Tiere pro Klasse) bei trockenen Bodenverhältnissen und per Bolzenschuss betäubt. Bei dieser Betäubungsmethode war kein Wasserzufluss nötig, wodurch das Verfälschungsrisiko durch Wasseransammlung im Niederbruchsbereich minimiert werden sollte. Zu diesem Zweck wurde vor dem ersten Tier der Testgruppe einmalig ein Kaltwasserstrahl zur Bodenreinigung angewandt. Die Wasserresiduen dieser Reinigung wurden mit handelsüblichen Handtrocknungstüchern aufgesaugt und der Bodenbelag abgetrocknet (s. Abb. 20).



Abb. 19: Boden direkt nach Reinigung per Kaltwasserstrahl



Abb. 20: Boden nach manueller Trocknung

3.6 Probenahmen

Die Probenahmen fanden am laufenden Schlachtband statt, wobei sämtliche Bandparameter exakt den Bedingungen eines betriebstypischen Schlachttages entsprachen. Die Gruppe der pro Versuchstag selektierten Tiere wurde immer als geschlossene Einheit geschlachtet. Die Gruppengröße schwankte aufgrund wechselnder Anlieferungszahlen und -qualitäten, zwischen fünf und zehn Tieren pro Versuchstag.

Zur Probengewinnung wurde ein nicht-destruktives Verfahren angewandt. Pro Schlachtkörper wurden vier Probenahmestellen (s. 3.6.2) von jeweils 100 cm² beprobt, die entweder in Bereichen direkt unterhalb von Öffnungsschnittlinien oder in Regionen intensiver manueller Vorenthäutungsarbeiten lagen. Für die Probenahmen waren zwei Personen nötig. Jede(r) Probenehmer(in) belegte am Schlachtband eine festgelegte Probenahmeposition (s. Abb. 14).

3.6.1 Material

Die Probengewinnung erfolgte unter Zuhilfenahme industriell hergestellter, steriler Kratzschwämme. Um für jede Probenahmestelle exakt eine Fläche von 100 cm² beproben zu können, wurden die Schwämme durch speziell für diese Studie entwickelte lebensmittelechte Edelstahlschablonen gezogen (s. Abb. 23, Abb. 25, Abb. 27, Abb. 29). Durch das Anlegen der Edelstahlschablonen an anatomisch definierte Strukturen (s. 3.6.2), wurde die immer gleiche und exakte Positionierung der Schwämme erreicht. Zur Zwischendesinfektion der Schablonen wurden 70 %iger Alkohol (aus Pumpsprühflaschen) und industriesterile Einmaltücher verwendet. Sämtliches Probenahmematerial befand sich in verschließbaren Kunststoffboxen. Jeder Probenehmer hatte zwei dieser Boxen am Probenahmeplatz. In der jeweils größeren Kunststoffbox waren nebeneinander in fortlaufender Reihenfolge, pro Tier zwei Kratzschwämme untergebracht. In der jeweils kleineren Box befanden sich die Edelstahlschablone, Einmaltücher, Alkohol und Einmalhandschuhe (s. Abb. 21).



Abb. 21: Kunststoffboxen und Probenahmematerial

3.6.1.1 Kratzschwämme

Zur vorliegenden Studie wurden ausschließlich Kratzschwämme der mit 10 ml Neutralisations-Puffer angefeuchteten Variante SSL10NB der Produkt Reihe 3M™ (Fa. 3M, St. Paul, USA) verwendet. Diese Schwämme hatten eine Breite von 38 mm und waren insgesamt 76 mm lang. Auf halber Länge waren sie mittig umgeschlagen. Jeder Schwamm befand sich zunächst samt Kunststoffgriff, in einem verschweißten und per Draht wieder verschließbaren Kunststoffbeutel. Der Kunststoffgriff hatte auf Höhe des unteren Schwammrandes eine Sollbruchstelle. Hierdurch wurde es möglich, den angefassten Griff nach erfolgter Beprobung zu werfen und somit allein den Kratzschwamm zurück in den Beutel zu geben.

3.6.1.2 Edelstahlschablonen

Beide Edelstahlschablonen wurden speziell so konstruiert, dass bei vorgegebener Kratzschwammbreite eine Fläche von exakt 100 cm² resultierte. Hierdurch ergab sich eine innere Schablonenlänge von 264 mm. Eine Konstruktionszeichnung befindet sich im Anhang (s. Abb. 47).

3.6.2 Probenahmepositionen und -stellen

Probenahmeposition 1 (Standplatz des ersten Probenehmers am Band) befand sich zwischen dem letzten Arbeitsplatz der manuellen Vorenthäutung und dem mechanischen Hautabzug (s. Abb. 14). Probenehmer 1 stand ebenerdig und konnte die kraniale Hälfte des am Hakenbandförderer hängenden Tieres von ventral und lateral gut erreichen. An Probenahmeposition 1 wurden die Probenahmestellen 1 und 2 beprobt.

Probenahmestelle 1 befand sich auf Höhe des Manubrium sterni. Anlegestelle der Schablone war der Kreuzungspunkt der gedachten Linie oberhalb des Manubrium sterni und der Verbindungslinie zwischen linkem und rechtem Tuber olecrani (s. Abb. 23 u. Abb. 23).

Probenahmestelle 2 lag auf Höhe des Caput longum des Musculus triceps brachii dexter. Anlegestelle der Schablone war die Region proximal des Tuber olecrani dexter (s. Abb. 25 u. Abb. 25).



Abb. 22: Probenahmestelle 1 anatomisch

(Rot: Strukturen s. Text

Blau: Stelle der Schablone)



Abb. 23: Probenahmestelle 1 mit Schablone und Tupfer

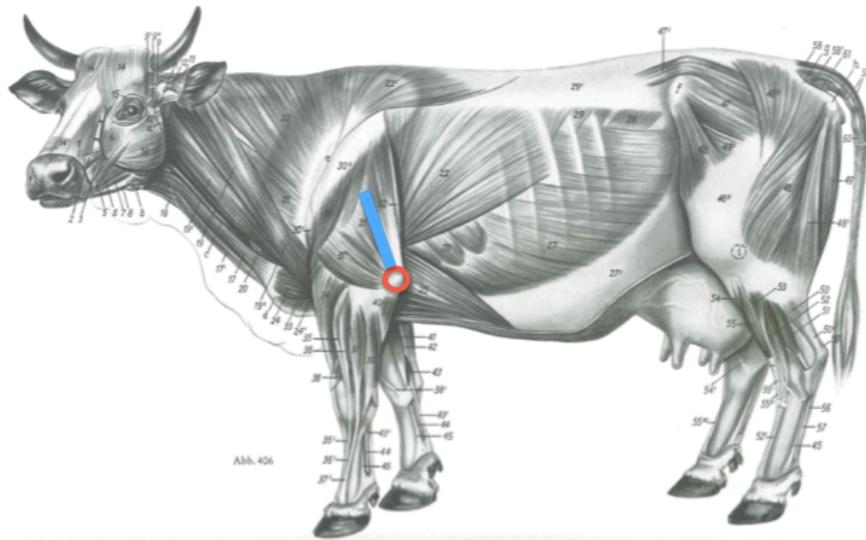


Abb. 24: Probenahmestelle 2 anatomisch (modifiziert nach NICKEL et al., 2001)

(Rot: Strukturen s. Text / Blau: Anlegestelle Schablone)



Abb. 25: Probenahmestelle 2 mit Schablone und Tupfer

Probenahmeposition 2 lag zwischen dem mechanischen Hautabzug und dem Bagging-Podest (s. Abb. 14). Probenehmer 2 stand erhöht mit auf dem Podest und konnte die kaudale Hälfte des hängenden Tieres von kaudo-dorsal gut erreichen. An Probenahmeposition 2 wurden die Probenahmestellen 3 und 4 beprobt.

Probenahmestelle 3 lag auf der rechten Hintergliedmaße auf Höhe der distalen Regionen der Mm. semimembranosus et semitendinosus. Die Anlegestelle der Schablone befand sich auf dem Kreuzungspunkt zweier gedachter Linien. Die erste Linie war die Verbindungslinie zwischen der Region der Fersenbeinkappe und der Grenzlinie zwischen den beiden genannten Muskeln. Die zweite Linie war die Verbindungslinie zwischen den distal noch erkennbaren Anteilen des M. semitendinosus und der Portio caudalis musculi bicipitis femoris. (s. Abb. 27 u. Abb. 27). Probenahmestelle 4 lag auf Höhe des rechten und linken Musculus semimembranosus. Anlegestelle der Schablone war die gedachte waagerechte Linie 5 cm distal des Pudendum femininum (s. Abb. 29 u. Abb. 29).

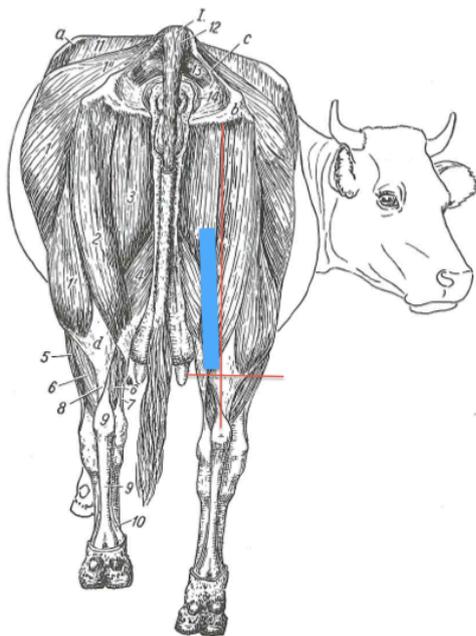


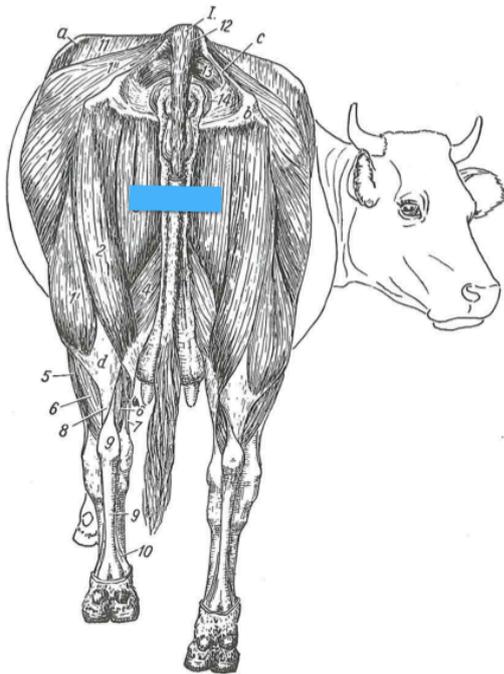
Abb. 26: Probenahmestelle 3 anatomisch (modifiziert nach NICKEL et al., 2001)

(Rot: Strukturen s. Text)

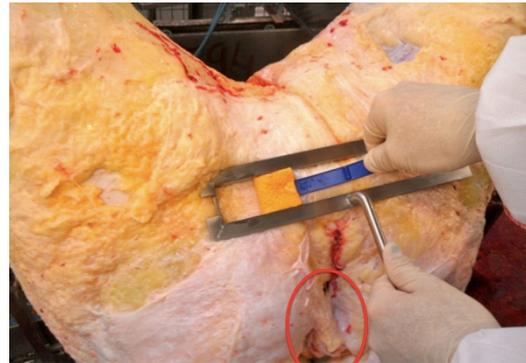
Blau: Stelle Schablone)



Abb. 27: Probenahmestelle 3 mit Schablone und Tupfer



**Abb. 28: Probenahmestelle 4
anatomisch (modifiziert
nach NICKEL et al., 2001)**
(Blau: Stelle Schablone)



**Abb. 29: Probenahmestelle 4 mit
Schablone und Tupper**
(Rote: Stelle des
späteren Bagging-Kanals)

3.6.3 Ablauf des Probenahmeprovorgangs

Je Probenahmestelle wurde der Kratzschwamm vorderseitig und rückseitig einmal durch die angelegte Schablone gezogen. Zwischen zwei aufeinander folgenden Probetieren erfolgte eine Zwischendesinfektion der Schablone durch Aufsprühen von 70 %igem Alkohol, der nach einer Einwirkungszeit von ca. 10-15 Sekunden mit industriesterilen Einmaltüchern abgetrocknet wurde.

Aufgrund der engen Intervalle zwischen den im 60-Sekunden-Takt aufeinander folgenden Schlachtkörpern wurden die Kratzschwammbeutel an verschiebbaren Kunststoffleisten hängend (mit Doppelklebeband) in den Probeboxen gelagert (s. Abb. 30). Leisten und Beutel waren fortlaufend nummeriert. Kurz vor Betreten der Schlachthalle wurden die Beutel eröffnet, halbseitig eingeschlagen und der Einschlag mit Doppelklebeband fixiert. Dadurch befanden sich die Kunststoffgriffe der Schwämme außerhalb der Beutel. Die Griffe waren somit schnell griffbereit, ohne dafür das sterile Beutelinere berühren zu müssen. Nach Beendigung der Probenahme wurden die auswärtig liegenden Griffe sofort nach dem Verlassen der

Schlachthalle an ihrer Sollbruchstelle abgebrochen und die Beutel mit Hilfe der vorgesehenen Drahtverschlüsse verschlossen.

An fünf Probenahmetagen wurde zusätzlich getestet, ob die beschriebene Vor-eröffnung der Beutel zu verfälschenden Keimbelastungen der Kratzschwämme führt. Hierfür wurden pro Tag vier zusätzliche Beutel (zwei pro Box) auf die beschriebene Weise vorbereitet und mit in die Schlachthalle genommen. An beiden Probenahme-positionen wurden die Kratzschwämme in den eröffneten Beuteln belassen. Im Labor wurden die zusätzlichen Schwämme der unter 3.8.2.2 beschriebenen Methode zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl unterzogen. Sämtliche Proben lagen hierbei unterhalb der Nachweisgrenze und zeigten kein Wachstum von Kolonien.

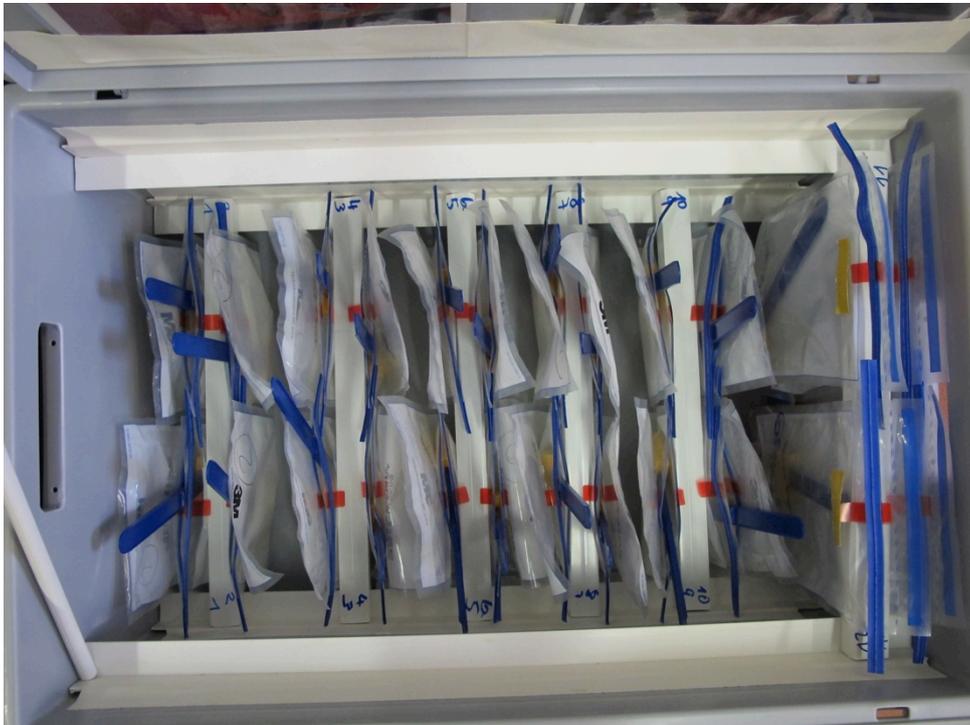


Abb. 30: Kratzschwämme 2-reihig aufgehängt in eröffneten Beuteln

3.6.4 Kühlung und Transport

Die Ansätze der Keimzählungen erfolgten immer am Tag der Probenahme. Die Entfernung zwischen Probenahmebetrieb und Labor betrug knapp 80 km und wurde per PKW in durchschnittlich 75 Minuten zurückgelegt. Nach Verlassen der Schlachthalle wurden die Proben in eine mit vier Kühlakkus ausgelegte Kompressor-Kühl- und Gefrierbox vom Typ Cool Freeze CF-35 (Fa. Dometic WAECO International GmbH, Emsdetten, Deutschland) umgelagert und auf +4 °C heruntergekühlt.

3.7 Bilddokumentation

Archivierung und Aufarbeitung des Bildmaterials (s. 3.4) fanden mit Hilfe der Programme iPhoto´11 Version 9.2 (626) und Vorschau Version 5.5.2 (719.25) (Fa. Apple inc., Cupertino, USA) statt. Von jedem Probetier wurden durchschnittlich 11 Aufnahmen gespeichert. Zusätzlich wurden Vorher-Nachher-Aufnahmen des Bodens der Betäubungsbox erstellt und archiviert.

Von jedem der selektierten Rinder wurde eine Übersichtsdarstellung mit vier Aufnahmen erstellt (s. Abb. 31). Diese Darstellung zeigt in immer gleicher Anordnung die vier Zielperspektiven. In jede der 180 Darstellungen wurde die Grüne Linie in drei der vier Perspektiven eingearbeitet.

Zur Hervorhebung nasser und verunreinigter Stellen wurden die Bilder der Übersichtsdarstellungen unter Verwendung der Maximaleinstellungen von iPhoto (100 von 100 Skalierungspunkten) für Kontrast, Definition und Schärfe und einer Temperatureinstellung von ca. -10 Skalierungspunkten abgebildet.

Zur Veranschaulichung befindet sich im Ergebnisteil der vorliegenden Arbeit ein repräsentatives Beispiel einer Übersichtsdarstellung für jede der sechs Verschmutzungsclassen (s. 4.1). Das restliche Bildmaterial wurde beim Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit in Oberschleißheim archiviert.



Abb. 31: Übersichtsdarstellung z. B. Kuh Nr. 67 (Verschmutzungsstufe 3)

3.8 Laboruntersuchungen

Ziel der Laboruntersuchungen war es für jedes Probetier, für die drei Hygiene-Indikatoren Gesamtkeimzahl, *Enterobacteriaceae* und *E. coli*, eine Keimzählung pro Quadratcentimeter Beprobungsfläche durchzuführen. Die Probenansätze erfolgten jeweils am späten Nachmittag des Probenahmetages.

3.8.1 Labormaterial

Die verwendeten Materialien entsprachen den Vorgaben der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB. Die Nährmedien und deren Zusammensetzung sind im Anhang in Tab. 18 zusammengefasst. Tab. 19 u. Tab. 20 zeigen die Zusammensetzung der Verdünnungsflüssigkeit und die verwendeten Gebrauchsmaterialien. Sämtliche Verbrauchsmaterialien sind in Tab. 21 ersichtlich.

3.8.2 Labormethoden

Die Labormethodik wurde im Folgenden in die Teilbereiche Probenvorbereitung, Beimpfung, Inkubation und Auszählung gegliedert.

3.8.2.1 Probenvorbereitung

Zunächst wurden die nummerierten (Schlachtreihenfolge) Kratzschwammbeutel sortiert und mit den laufenden Tiernummern der Registrierungsliste abgeglichen. Danach wurde für jedes beprobte Tier eine Poolprobe erzeugt. Jede Poolprobe entsprach der Beprobungsfläche von 400 cm². Zu diesem Zweck wurden die vier pro Tier gewonnenen Kratzschwämme aus den verschlossenen Kratzschwammbeuteln heraus in je einen, mit der laufenden Tiernummer beschrifteten, sterilen Kunststoffbeutel mit Bagfilter (Stomacherbeutel) gekippt.

Für jede Poolprobe wurde zunächst eine Erstverdünnung hergestellt. Hierfür wurden den Stomacherbeuteln 40 ml Verdünnungsflüssigkeit zugesetzt. Anschließend wurde jeder Beutel für 120 Sek. per Laborhomogenisator (IUL Masticator, IUL Instruments, Königswinter, Deutschland) mit 800 bis 1000 Arbeitstakten homogenisiert. Für den weiteren Analysegang dienten die so erzeugten Homogenisate als erste Dezimalverdünnung (Verdünnungsstufe 1:10).

Zur Herstellung der zweiten und dritten Dezimalverdünnung (Verdünnungsstufen 1:100 und 1:1000), wurde jeweils 1 ml des Homogenisates in ein Reagenzgefäß mit

9 ml vorgelegter Verdünnungsflüssigkeit pipettiert. Anschließend wurde der Inhalt des verschlossenen Reagenzgefäßes mit Hilfe eines Reagenzglas-Mischgerätes durch dreimaliges Aufsetzen für 3 bis 5 Sekunden vermischt.

Zur Kontrolle der Verfahrenssterilität wurde eine zusätzliche Kontrollverdünnung nach beschriebener Vorgehensweise, jedoch ohne den Zusatz von Kratzschwämmen hergestellt und anschließend zur Beimpfung verwendet. Alle Verdünnungen wurden nach Beendigung der Probenvorbereitung im Kühlschrank bei 5 °C gelagert und später zur Beimpfung jeweils einzeln entnommen.

3.8.2.2 Beimpfung und Inkubation

Die Beimpfung der Nährböden erfolgte mit Hilfe eines Spiralplaters vom Typ Eddy Jet (Fa. IUL Instruments GmbH, Königswinter, Deutschland). Für jeden der drei Zielparameter wurde ein Doppelansatz der ersten und der dritten Dezimalverdünnung ausspiralisiert. Pro Agarplatte wurde ein Probevolumen von 50 µl ausspiralisiert.

Von den Kontrollverdünnungen (ohne Kratzschwamm) wurde für jeden der drei Zielparameter ein Einfachansatz angelegt. Zur Prüfung der Agarsterilitäten wurde pro Zielmikrobiota und Probetag jeweils eine unbeimpfte Agarplatte inkubiert. Zur Antrocknung des Inoculums wurden die fertig beimpften Ansätze bis zur Inkubation, bei Raumtemperatur und mit dem Deckel nach oben stehend, gelagert.

3.8.2.2.1 Aerobe mesophile Keimzahl

Zur Ermittlung der Keimzahl wurden Plate-Count-Agar-Platten verwendet. Die Inkubation erfolgte aerob für 72 Std. bei 30 °C im Brutschrank. Als zählbar gelten bei diesem Agar alle sichtbaren Kolonien.

3.8.2.2.2 *Enterobacteriaceae*

Die Ansätze zur Keimzählung der *Enterobacteriaceae* wurden auf Agar-Platten mit Violet-Red-Bile-Dextrose-Agar angelegt. Die Ansätze wurden anaerob für 48 Std. bei 30 °C im Brutschrank inkubiert. Zur Erzeugung anaerober Bedingungen dienten Anaerobiertöpfe und Anaerobier-Systeme. Die Einhaltung der anaeroben Bedingungen wurde mit Hilfe von Teststreifen kontrolliert. Typische *Enterobacteriaceae*-Kolonien sind bei diesem Agar rosarot mit trübem Hof.

3.8.2.2.3 *E. coli*

Für die Ansätze zur Keimzählung der *E. coli* wurden chromogene Agar-Platten mit RAPID'*E. coli* 2 Agar (Bio-Rad Laboratories Inc.; Hercules, USA) verwendet. Die Inkubation erfolgte aerob für 24 Std. bei 44 °C im Brutschrank. Typische Kolonien sollen bei diesem Nährboden blau-lila gefärbt erscheinen.

3.8.2.3 Auszählung

Die Auszählung und Berechnung erfolgte mittels Koloniezählgerät vom Typ Flash & Go (Fa. IUL Instruments GmbH, Königswinter, Deutschland) immer zusammen für alle Ansätze eines Probenahmetages. Die Auszählung erfolgte nach den angegebenen Inkubationszeiten. Bei Bedarf wurden die fertig bebrüteten Ansätze bis zur Auszählung bei +5 °C zwischengelagert.

Vor Beginn jeder Auszählung wurden zur Absicherung der Ergebnisse hinsichtlich der Verfahrensterilität (Sterilität von Verdünnungsflüssigkeit und Agarplatten) die Kontroll- und Leerplatten visuell auf Wachstum von Kolonien überprüft. Alle Kontroll- und Leerplatten waren bei den Kontrollen frei von Kolonien.

Nach visueller Prüfung wurde entschieden, ob und welcher der beiden Doppelansätze einer Probe (erste oder dritte Dezimalverdünnung) gescannt wird. Ansätze der dritten Dezimalverdünnung wurden gescannt, wenn wenigstens auf einer Agar-Platte des Doppelansatzes mindestens fünf typische Kolonie-bildende Einheiten auszählbar waren. In diesem Fall wurden die Doppelansätze der ersten Dezimalverdünnung nicht gescannt. War die Anzahl geringer, so wurden die Doppelansätze der ersten Dezimalverdünnung gescannt, ausgezählt und zur Berechnung der KbE/ml herangezogen.

Der Ablauf der vollständigen Untersuchung ist in Abb. 32 in Kurzform dargestellt.

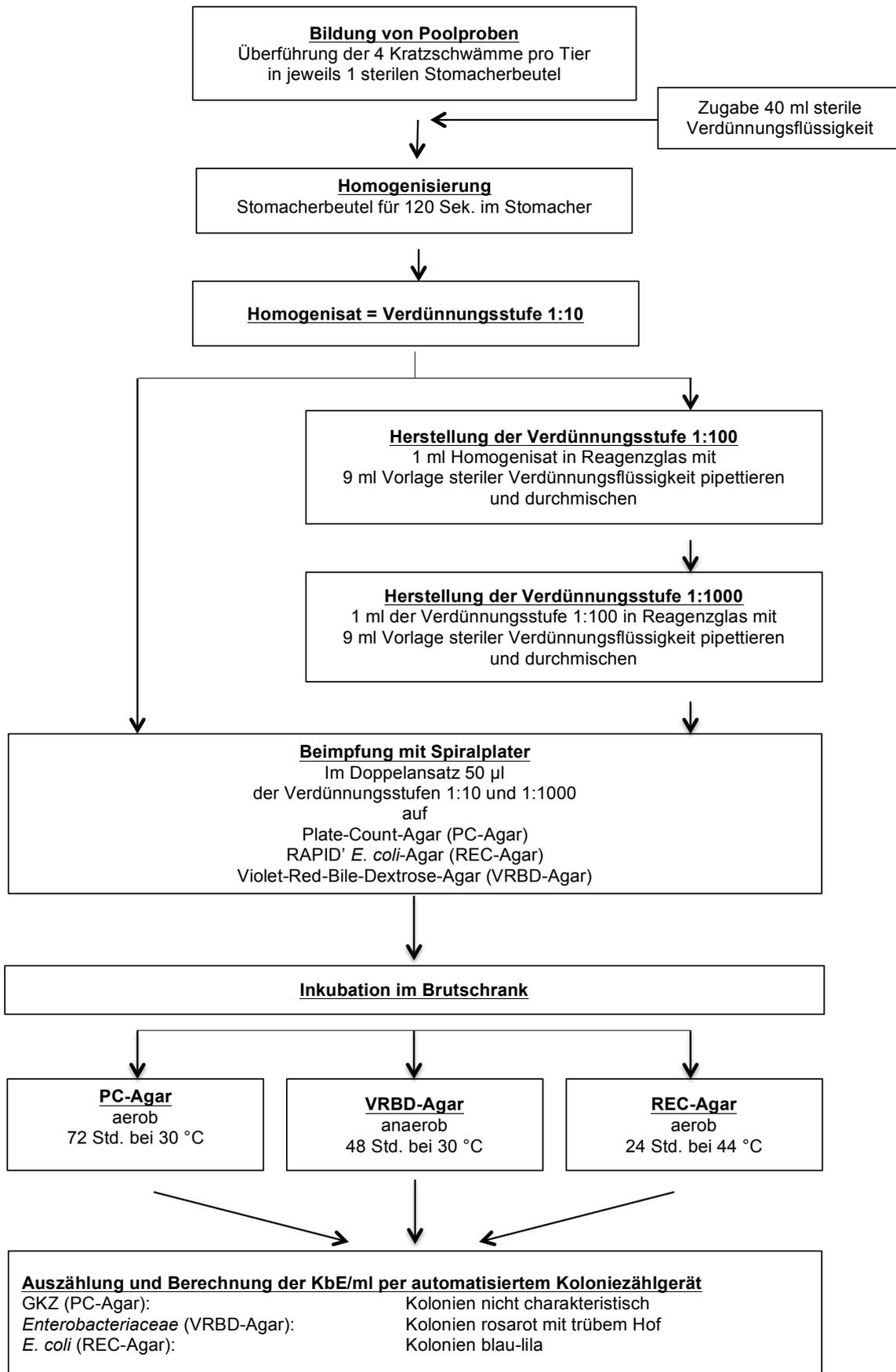


Abb. 32: Laboruntersuchungen schematisch

3.9 Statistische Auswertung

3.9.1 Datenvorbereitung

Die Auszählergebnisse der drei Zielparameter (GKZ, *E. coli*, *Enterobacteriaceae*) und die zusätzlich erfassten bzw. definierten Informationen wurden anhand von Excel-Tabellen für die weiteren Auswertungen vorbereitet. Die Ergebnisse wurden von der Maßeinheit der Auszählung in KbE/cm² umgerechnet und anschließend je nach Tabellenzweck, zur besseren Vergleichbarkeit zusätzlich mit den Werten verschiedener Literaturquellen in log₁₀ KbE cm⁻² umgewandelt.

In Tab. 22, Tab. 23 und Tab. 24 wurden die Ergebnisse getrennt nach Verschmutzungsklassen und zusätzlich unterteilt nach Betäubungsmethoden dargestellt. Jede der drei Tabellen ist unterteilt in drei Untertabellen (a, b, c) und stellt die Daten von jeweils einer von insgesamt drei Überklassen (s. 4.2.1.4) dar.

3.9.2 Auswertungsmethodik

Die im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Daten wurden zu einem Datensatz in elektronischer Form zusammengefasst und mit dem Statistikprogramm SPSS Version 20.0 ausgewertet. Zur deskriptiven Auswertung werden Kreuztabellen, Boxplots und Kreisdiagramme herangezogen.

Bei den folgenden statistischen Untersuchungen wird hinsichtlich der GKZ-Werte ein Unterschied von 0,5 log₁₀ KbE cm⁻², wie in der Fachliteratur üblich, als mikrobiologisch relevant angesehen.

Zur Prüfung auf statistische Signifikanz wurden mehrere, sowohl parametrische: t-Test (BORTZ et al., 2008a), einfaktorielle Varianzanalyse (RASCH et al., 2010a), als auch nichtparametrische: Chi-Quadrat-Test (BORTZ et al., 2008c), Fishers Exakter Test (BORTZ et al., 2008b), U-Test nach Raatz (BORTZ et al., 2008d) Testverfahren verwendet. Dabei wird bei multiplen Gruppenvergleichen ein globales Signifikanzniveau von 5 % festgelegt. Um eine Alphafehler-Kumulierung zu vermeiden wird die sogenannte Bonferroni-Korrektur (SHAFFER, 1995) berücksichtigt.

Die Verteilung aller erhobenen logarithmierten GKZ-Einheiten ist in Abb. 33, mit einer vergleichenden Normalverteilungskurve, abgebildet.

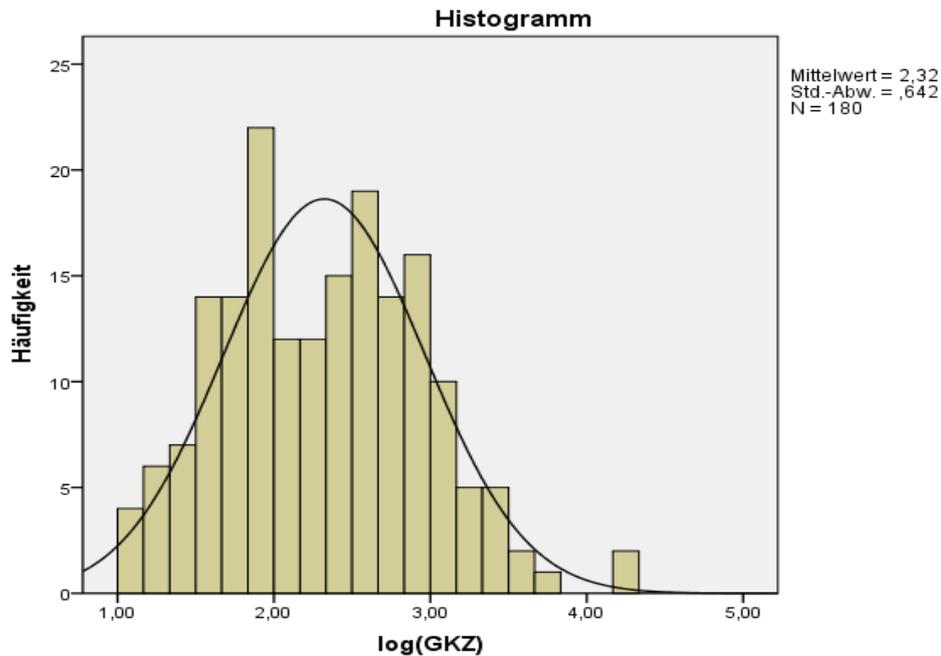


Abb. 33: Normalverteilungskurve aller erhobenen logarithmierten GKZ-Einheiten

Die Werte sind mehr oder weniger symmetrisch um den Mittelwert 2,32 verteilt. Mit dem Shapiro-Wilk Test (YAZICI et al., 2007) kann die Hypothese normalverteilter Werte nicht verworfen werden (p-Wert: 0,063). Selbst wenn man nicht von normalverteilten Daten ausgeht, ist die Symmetrie für die Verwendung der parametrischen Methoden wie ANOVA bzw. t-Tests hinreichend. Eine nähere Beschreibung der insgesamt 180 in die statistischen Untersuchungen eingehenden Werte des Datenkollektives, der betrachteten Klassifizierungen und der jeweiligen Gruppengrößen erfolgt in Abschnitt 4.2.1.

4 ERGEBNISSE

4.1 Bilddokumentation

Die folgenden Abbildungen zeigen und erklären repräsentative Beispiele von Übersichtsdarstellungen (s. 3.7) der Verschmutzungsklassen 1 bis 6 (s. 3.1). Die zugehörigen Daten sind anhand der Tabellen 22 bis 24 im Anhang ersichtlich.



Abb. 34: Beispiel Verschmutzungsklasse 1 (Tier Nr. 11)

Vor der Betäubung weder ventral noch dorsal der Grünen Linie Verunreinigungen bzw. nasse Stellen, die das Flächenmaß (s. 3.1.2) übersteigen.



Abb. 35: Beispiel Verschmutzungsstufe 2 (Tier Nr. 91)

Das Tier wurde vor der Betäubung per Kaltwasserstrahl gewaschen (s.3.3.2). Vor der Betäubung ventral und dorsal der Grünen Linie keine sichtbaren Verunreinigungen mit überschrittenem Flächenmaß (s. 3.1.2); Flächenmaß hinsichtlich nasser Stellen ventral beidseits überschritten (Feuchtigkeitsaspekt (s. 3.1.2.2) „nass“).

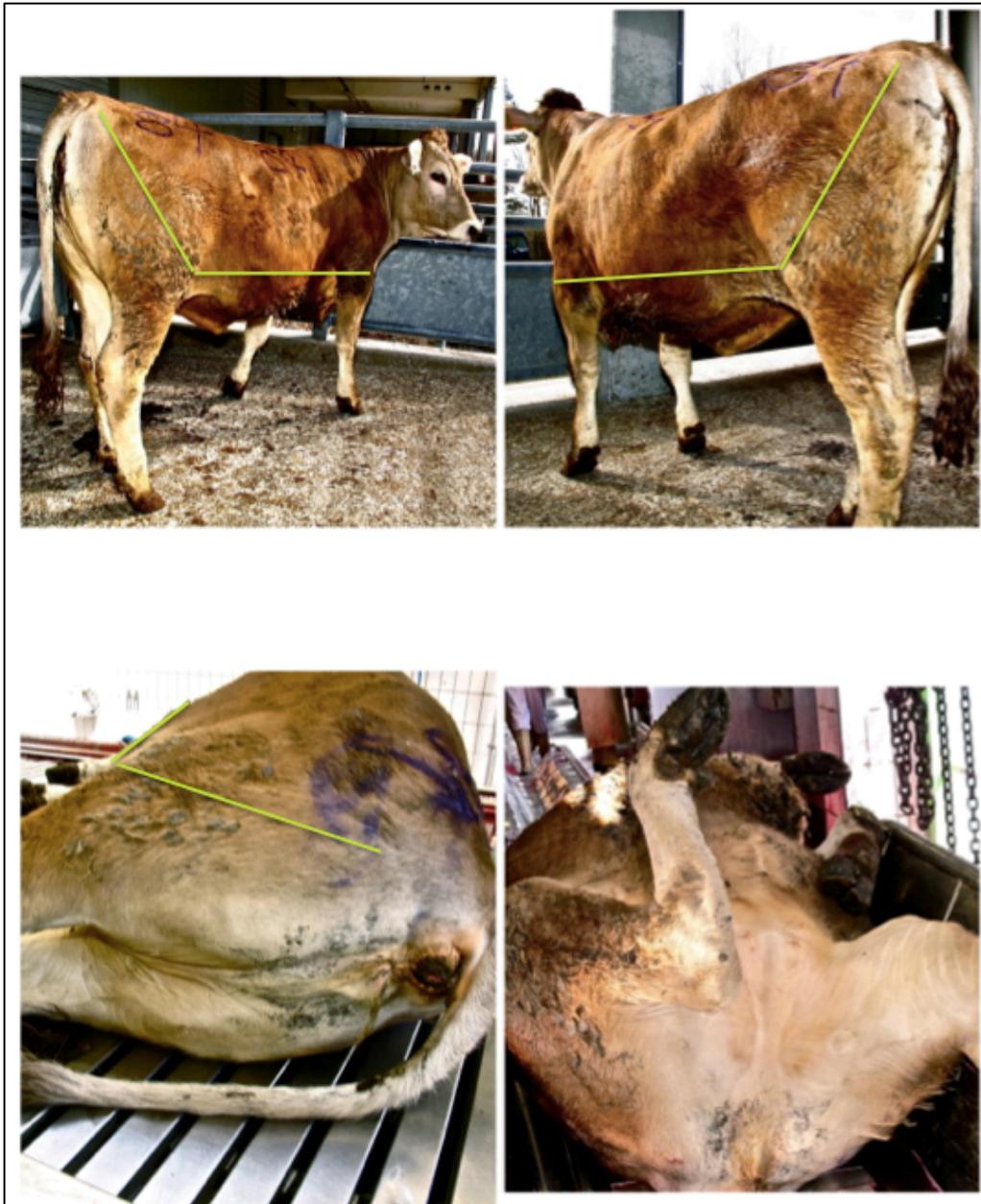


Abb. 36: Beispiel Verschmutzungsstufe 3 (Tier Nr. 84)

Vor der Betäubung ventral der Grünen Linie beidseitig Verunreinigungen mit Überschreitung des Flächenmaßes (s. 3.1.2), jedoch keine, bzw. keine Überschreitungen bezüglich der nassen Stellen (Feuchtigkeitsaspekt (s. 3.1.2.2) „trocken“).



Abb. 37: Verschmutzungsstufe 4 (Tier Nr. 24)

Vor der Betäubung ventral der Grünen Linie beidseitig Verunreinigungen mit Überschreitung des Flächenmaßes (s. 3.1.2); links zusätzlich nasse Stellen mit Überschreitung des Flächenmaßes (Feuchtigkeitsaspekt (s. 3.1.2.2) „nass“).



Abb. 38: Verschmutzungsstufe 5 (Tier Nr. 50)

Vor der Betäubung beidseitig ventral und dorsal der Grünen Linie Verunreinigungen mit Überschreitung des Flächenmaßes (s. 3.1.2); dabei brückenhafte Überschreitung (s. 3.1.3) der Grünen Linie. Vor der Betäubung beidseits ventral und dorsal der Grünen Linie keine nassen Stellen sichtbar (Feuchtigkeitsaspekt (s. 3.1.2.2) „trocken“).



Abb. 39: Verschmutzungsstufe 6 (Tier Nr. 1)

Vor der Betäubung beidseitig ventral und dorsal der Grünen Linie Verunreinigungen und nasse Stellen, jeweils mit Überschreitung des Flächenmaßes (s. 3.1.2). Verunreinigungen überschreiten die Grüne Linie beidseits brückenhaft (s. 3.1).

4.2 Keimzählungen

4.2.1 Gesamtkeimzahl

Für die unter 3, 3.5.1 und 3.5.2 beschriebenen Verschmutzungsklassen, wurden die Gesamtkeimzahlen bestimmt. Eine übersichtliche Darstellung aller Verschmutzungsklassen inklusive der Zusatzunterteilungen in elektrobetäubte bzw. per Bolzenschuss betäubte Tiere samt der jeweiligen Gruppengrößen und der beschreibenden Statistiken sind in Tab. 11 ersichtlich.

Tab. 11: Beschreibende Statistik aller Klassen und Betäubungsmethoden

Über-Klassen	Verschmutzungs-klasse Betäubungsmethode	N	Mittelwert in $\log_{10} \text{ cm}^{-2}$	S.D.	Median	Minimum	Maximum
I	1E	20	1,85	$\pm 0,45$	1,83	1,07	2,72
	1BS	20	2,24	$\pm 0,52$	2,24	1,43	3,63
	2E	20	2,23	$\pm 0,69$	2,07	1,29	4,23
II	3E	19	2,33	$\pm 0,68$	2,37	1,17	3,35
	3Bs	20	2,53	$\pm 0,51$	2,64	1,60	3,31
	4E	20	2,18	$\pm 0,78$	2,30	1,04	3,79
III	5E	21	2,50	$\pm 0,70$	2,81	1,21	3,60
	5Bs	20	2,43	$\pm 0,48$	2,47	1,55	3,49
	6E	20	2,59	$\pm 0,66$	2,58	1,49	4,26

N: Anzahl

S.D.: Standardabweichung

1E: Verschmutzungs-klasse 1 mit Elektrobetäubung

1Bs: Verschmutzungs-klasse 1 mit Bolzenschussbetäubung

2E: Verschmutzungs-klasse 2 mit Elektrobetäubung

3E: Verschmutzungs-klasse 3 mit Elektrobetäubung

3Bs: Verschmutzungs-klasse 3 mit Bolzenschussbetäubung

4E: Verschmutzungs-klasse 4 mit Elektrobetäubung

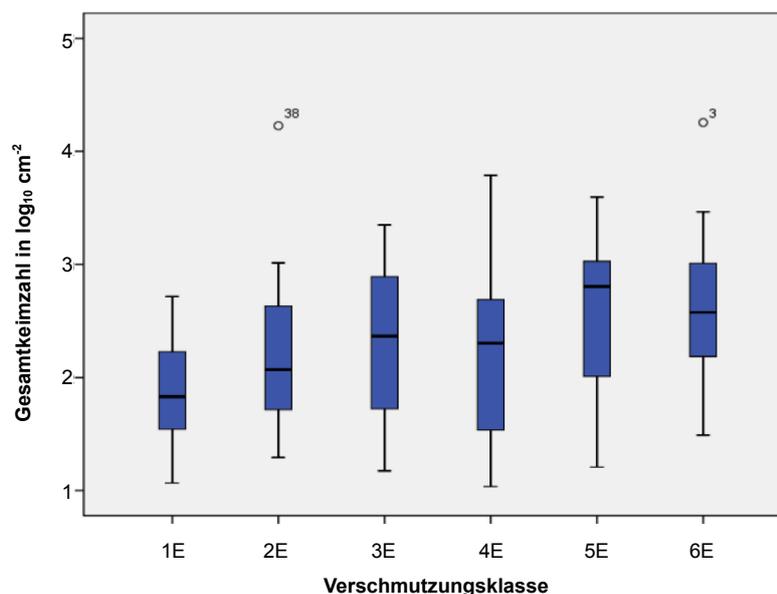
5E: Verschmutzungs-klasse 5 mit Elektrobetäubung

5Bs: Verschmutzungs-klasse 5 mit Bolzenschussbetäubung

6E: Verschmutzungs-klasse 6 mit Elektrobetäubung

4.2.1.1 Unterschiede nach Elektrobetäubung

Insgesamt wurden 120 Tiere der sechs elektrobetäubten Verschmutzungsklassen untersucht. Berücksichtigt wurden die in Tab. 11 und Abb. 40 dargestellten Werte der Verschmutzungsklassen 1E, 2E, 3E, 4E, 5E und 6E. Im Folgenden sollte untersucht werden, ob zwischen den einzelnen Verschmutzungsklassen relevante und signifikante Unterschiede bestehen. Hierfür wurde zunächst eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt, mittels derer die einzelnen Gruppenmittelwerte analysiert wurden. Die Nullhypothese (es bestehen keine Mittelwertunterschiede in der Grundgesamtheit) konnte mit der Irrtumswahrscheinlichkeit von 1,3 Prozent ($p = 0,013$) verworfen werden. Zur Aufklärung statistisch signifikanter paarweiser Mittelwertunterschiede wurden Post-hoc-Tests (RASCH et al., 2010b) verwendet. Es ergaben sich lediglich relevante und signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen 1E und 5E ($0,646 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$, $p = 0,037$ nach Bonferroni bzw. $p = 0,017$ nach Tamhane) und 1E und 6E ($0,732 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$, $p = 0,011$ nach Bonferroni bzw. $p = 0,004$ nach Tamhane).

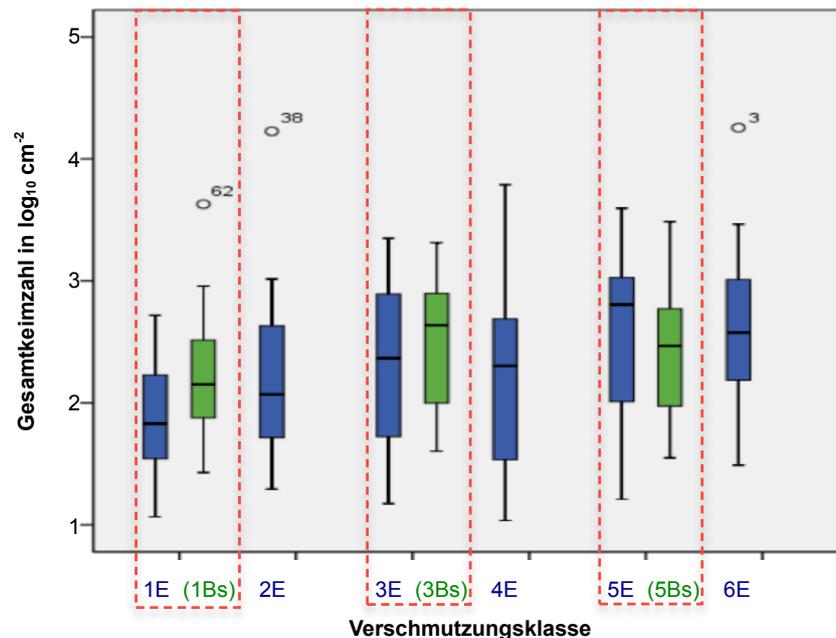


- 1E: Verschmutzungsklasse 1 mit Elektrobetäubung
- 2E: Verschmutzungsklasse 2 mit Elektrobetäubung
- 3E: Verschmutzungsklasse 3 mit Elektrobetäubung
- 4E: Verschmutzungsklasse 4 mit Elektrobetäubung
- 5E: Verschmutzungsklasse 5 mit Elektrobetäubung
- 6E: Verschmutzungsklasse 6 mit Elektrobetäubung

Abb. 40: Boxplot-Diagramm für Mittelwerte des Parameters GKZ für die nach Elektrobetäubung untersuchten Verschmutzungsklassen

4.2.1.2 Unterschiede in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen der Betäubungsbox

Zur Untersuchung auf mögliche Auswirkungen unterschiedlicher Bodenverhältnisse der Betäubungsbox (s. 3.5), wurden insgesamt 120 Rinder der Verschmutzungs-klassen 1, 3 und 5 verglichen (1E gegen 1Bs, 3E gegen 3 Bs und 5E gegen 5Bs). Betrachtet wurden die in Tab. 11 und Abb. 41 dargestellten Werte.



- 1E: Verschmutzungsstufe 1 mit Elektrobetäubung
- (1Bs: Verschmutzungsstufe 1 mit Bolzenschussbetäubung)
- 2E: Verschmutzungsstufe 2 mit Elektrobetäubung
- 3E: Verschmutzungsstufe 3 mit Elektrobetäubung
- (3Bs: Verschmutzungsstufe 3 mit Bolzenschussbetäubung)
- 4E: Verschmutzungsstufe 4 mit Elektrobetäubung
- 5E: Verschmutzungsstufe 5 mit Elektrobetäubung
- (5Bs: Verschmutzungsstufe 5 mit Bolzenschussbetäubung)
- 6E: Verschmutzungsstufe 6 mit Elektrobetäubung

Abb. 41: Boxplot-Diagramm für Mittelwerte des Parameters GKZ für die Unterschiede innerhalb der Verschmutzungsstufen 1, 3 und 5 in Abhängigkeit von der Betäubungsmethode.

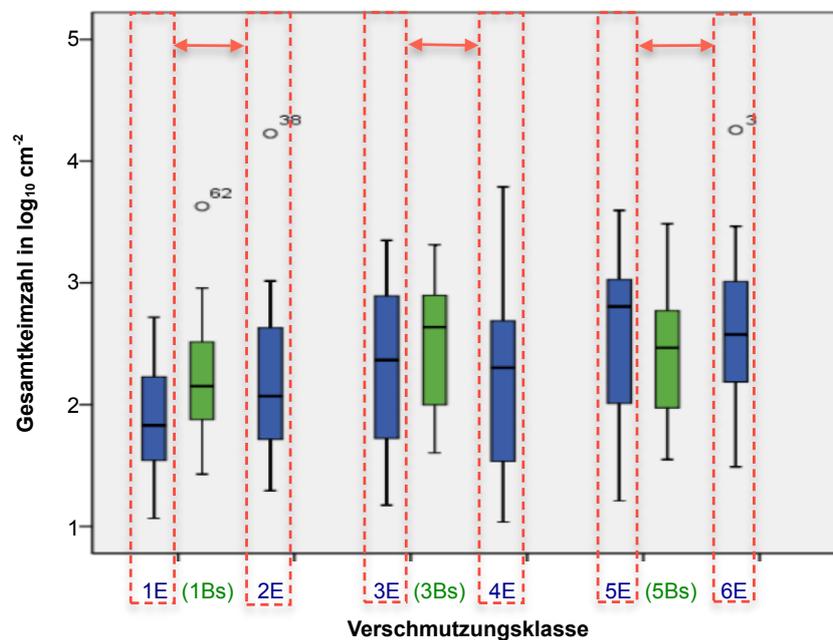
(Bodenverhältnisse der Betäubungsbox nass vs. trocken. Die roten gestrichelten Kästen umschließen die miteinander verglichenen Tiere.)

Paarweise t-Tests (s. 3.9.2) ergaben lediglich für die Verschmutzungsstufe 1 (1E gegen 1Bs) einen statistisch signifikanten Mittelwertunterschied (p -Wert = 0,016). Die Mittelwertdifferenzen betragen für Klasse 1 (1E gegen 1Bs) $0,388 \log_{10} \text{cm}^{-2}$, für

Klasse 3 (3E gegen 3Bs) $0,197 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$, für Klasse 5 (5E gegen 5Bs) $0,067 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$ und waren somit in keinem der betrachteten Fälle mikrobiologisch relevant.

4.2.1.3 Unterschiede bei gleichem Reinheits- aber unterschiedlichem Feuchtigkeitsaspekt

Zur Klärung des Einflusses unterschiedlicher Feuchtigkeitsaspekte (s. 3.1.2.2) bei gleicher Flächenregion (s. 3.1.1) und gleichem Reinheitsaspekt (s. 3.1.2.1) wurden 120 Tiere der Verschmutzungsklassen 1, 2, 3, 4, 5 und 6 (1E gegen 2E, 3E gegen 4E und 5E gegen 6E) verglichen. Betrachtet wurden die in Tab. 11 und Abb. 42 dargestellten Werte.



- 1E: Verschmutzungsklasse 1 mit Elektrobetäubung
- (1Bs: Verschmutzungsklasse 1 mit Bolzenschussbetäubung)
- 2E: Verschmutzungsklasse 2 mit Elektrobetäubung
- 3E: Verschmutzungsklasse 3 mit Elektrobetäubung
- (3Bs: Verschmutzungsklasse 3 mit Bolzenschussbetäubung)
- 4E: Verschmutzungsklasse 4 mit Elektrobetäubung
- 5E: Verschmutzungsklasse 5 mit Elektrobetäubung
- (5Bs: Verschmutzungsklasse 5 mit Bolzenschussbetäubung)
- 6E: Verschmutzungsklasse 6 mit Elektrobetäubung

Abb. 42: Boxplot-Diagramm für Mittelwerte des Parameters GKZ

(Unterschiede zwischen benachbarten Verschmutzungsklassen mit unterschiedlichem Feuchtigkeitsaspekt nach Elektrobetäubung. Die roten Doppelpfeile und gestrichelten Linien kennzeichnen die miteinander verglichenen Tiere.)

In keinem der betrachteten Fälle lagen mikrobiologisch relevante Mittelwertdifferenzen vor. Für Klasse 1E gegen 2E lag die Mittelwertdifferenz bei $0,379 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$, für 3E gegen 4E bei $0,155 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$ und für 5E gegen 6E bei $0,086 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$. Paarweise t-Tests (s. 3.9.2) ergaben zudem für keine der genannten Mittelwertdifferenzen statistische Signifikanz.

4.2.1.4 Unterschiede zwischen den Überklassen

Die Überklassen I (1E + 1Bs + 2E), II (3E + 3Bs + 4E) und III (5E + 5Bs + 6E) wurden analysiert. Insgesamt wurden 180 Tiere der Überklassen I, II und III betrachtet (s. Tab. 12 und Abb. 43).

Tab. 12: Beschreibende Statistik Überklassen

Überklasse (Verschmutzungsklassen)	N	Mittelwert in $\log_{10} \text{ cm}^{-2}$	S.D.	Median	Minimum	Maximum
I (1E+1Bs+2E)	60	2,11	$\pm 0,58$	2,00	1,07	4,23
II (3E+3Bs+4E)	59	2,35	$\pm 0,67$	2,49	1,04	3,79
III (5E+5Bs+6E)	61	2,51	$\pm 0,62$	2,51	1,21	4,26

N: Anzahl

S.D.: Standardabweichung

I: Überklasse I

1E: Verschmutzungsklasse 1 mit Elektrobetäubung (N = 20)

1Bs: Verschmutzungsklasse 1 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

2E: Verschmutzungsklasse 2 mit Elektrobetäubung (N = 20)

II: Überklasse II

3E: Verschmutzungsklasse 3 mit Elektrobetäubung (N = 19)

3Bs: Verschmutzungsklasse 3 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

4E: Verschmutzungsklasse 4 mit Elektrobetäubung (N = 20)

III: Überklasse III

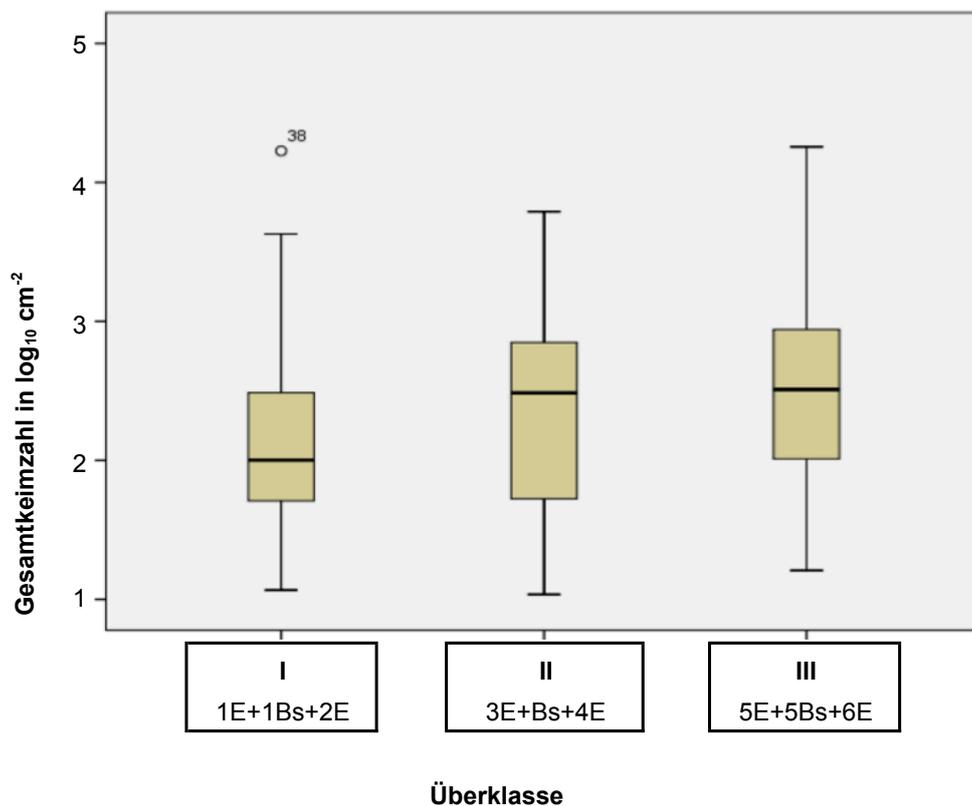
5E: Verschmutzungsklasse 5 mit Elektrobetäubung (N = 21)

5Bs: Verschmutzungsklasse 5 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

6E: Verschmutzungsklasse 6 mit Elektrobetäubung (N = 20)

Im Folgenden sollte untersucht werden, ob zwischen den einzelnen Überklassen mikrobiologisch relevante und statistisch signifikante Unterschiede bestehen. Hierfür wurde wiederum (vgl. 4.2.1.1) zunächst eine einfaktorielle Varianzanalyse (s. 3.9.2) durchgeführt. Die Nullhypothese (es bestehen keine Mittelwertunterschiede in der Grundgesamtheit) konnte mit der Irrtumswahrscheinlichkeit 0,3 Prozent ($p = 0,003$) verworfen werden.

Zur Aufklärung bedeutender paarweiser Mittelwertunterschiede wurden Post-hoc-Tests verwendet (Bonferroni, Tamhane), wobei lediglich zwischen Überklasse I und Überklasse III ein statistisch signifikanter Unterschied (p -Wert = 0,02 nach Bonferroni bzw. nach 0,01 Tamhane) festgestellt werden konnte. Allerdings lagen weder für Überklasse I gegen II ($0,238 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$), noch für Überklasse I gegen III ($0,396 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$) und Überklasse II gegen III ($0,158 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$) mikrobiologisch relevante Unterschiede vor.



N: Anzahl

I: Überklasse I (N = 60)

1E: Verschmutzungsstufe 1 mit Elektrobetäubung (N = 20)

1Bs: Verschmutzungsstufe 1 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

2E: Verschmutzungsstufe 2 mit Elektrobetäubung (N = 20)

II: Überklasse II (N = 59)

3E: Verschmutzungsstufe 3 mit Elektrobetäubung (N = 19)

3Bs: Verschmutzungsstufe 3 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

4E: Verschmutzungsstufe 4 mit Elektrobetäubung (N = 20)

III: Überklasse III (N = 61)

5E: Verschmutzungsstufe 5 mit Elektrobetäubung (N = 21)

5Bs: Verschmutzungsstufe 5 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

6E: Verschmutzungsstufe 6 mit Elektrobetäubung (N = 20)

Abb. 43: Boxplot-Diagramm für Mittelwerte des Parameters GKZ für die Unterschiede zwischen benachbarten Überklassen

4.2.1.5 Unterschiede nach Bildung von GKZ-Scores

Aufgrund der empirischen Ergebnisse der hohen Streuungen der mittleren GKZ innerhalb der verglichenen Verschmutzungsklassen und Überklassen wurden für eine geeignete Differenzierung drei GKZ-Scores gebildet. Hierfür wurden alle 180 Tiere nach aufsteigender GKZ sortiert und in drei Gruppen (GKZ-Scores) unterteilt. Die ausgezählten Gesamtkeimzahlen lagen zwischen 1,04 und 4,26 $\log_{10} \text{ cm}^{-2}$. Jeder GKZ-Score sollte mindestens den doppelten Wert der mikrobiologischen Relevanz (0,5 \log_{10} -Stufen) umfassen. Zu GKZ-Score 1 („niedrigere“ Keimzahlen) wurden alle Tiere mit einer GKZ von 0 bis $\leq 2 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$ zusammengefasst. Zu GKZ-Score 2 („mittlere Keimzahlen“) wurden alle Tiere mit einer GKZ von 2 bis $\leq 3 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$ und zu GKZ-Score 3 („höhere“ Keimzahlen) alle Rinder mit einer GKZ $> 3 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$ zusammengefasst. Im Folgenden wurden die GKZ-Scores mit den Überklassen (s. 4.2.1.4) kombiniert; eine anschauliche Darstellung der Häufigkeiten befindet sich in Tab. 13.

Tab. 13: Kreuztabelle Kombination GKZ-Scores mit Überklassen

	Überklasse(n) der Verschmutzungsklasse(n)							
	I (1E+1Bs+2E)	%	II (3E+3Bs+4E)	%	III (5E+5Bs+6E)	%	Gesamt (I+II+III)	%
GKZ-Score 1	30	50,00	22	37,29	15	24,59	67	37,22
GKZ-Score 2	27	45,00	29	49,15	32	52,46	88	48,89
GKZ-Score 3	3	5,00	8	13,56	14	22,95	25	13,89
Gesamt	60		59		61		180	

1E: Verschmutzungsklasse 1 per Elektrobetäubung

1Bs: Verschmutzungsklasse 1 per Bolzenschussbetäubung

2E: Verschmutzungsklasse 2 per Elektrobetäubung

3E: Verschmutzungsklasse 3 per Elektrobetäubung

3Bs: Verschmutzungsklasse 3 per Bolzenschussbetäubung

4E: Verschmutzungsklasse 4 per Elektrobetäubung

5E: Verschmutzungsklasse 5 per Elektrobetäubung

5Bs: Verschmutzungsklasse 5 per Bolzenschussbetäubung

6E: Verschmutzungsklasse 6 per Elektrobetäubung

GKZ-Score 1 = $0-2 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$

GKZ-Score 2 = $2-3 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$

GKZ-Score 3 = $> 3 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$

Zur Prüfung möglicher Abhängigkeiten zwischen GKZ-Scores und Überklassen, wurde anhand der absoluten Häufigkeiten in Tab. 13 ein Exakter Test nach Fisher (s. 3.9.2) durchgeführt. Die Nullhypothese (es besteht keine Abhängigkeit zwischen GKZ-Scores und den Überklassen I bis III) kann mit einem p-Wert von 0,012 abgelehnt werden.

Die konkreten Abhängigkeitsmuster sind in Abb. 45, Abb. 46 und Abb. 46 veranschaulicht.

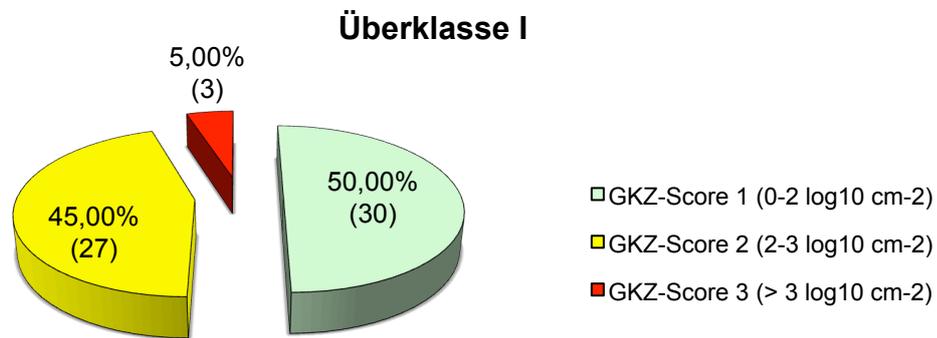


Abb. 44: Kombination der Überklasse I mit GKZ-Scores

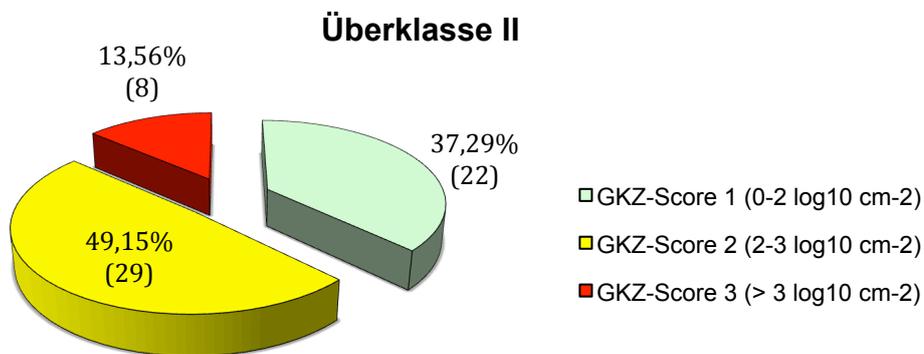


Abb. 45: Kombination der Überklasse II mit GKZ-Scores

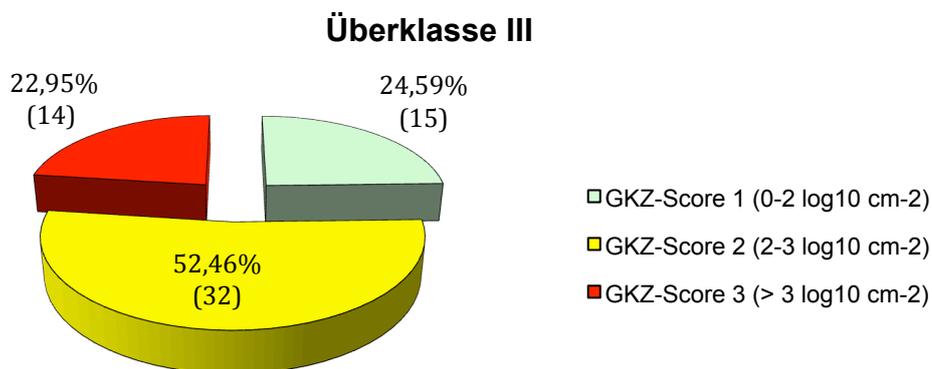


Abb. 46: Kombination der Überklasse III mit GKZ-Scores

Allgemein ist feststellbar, dass der Anteil keimärmerer Tiere (GKZ-Score 1) mit höherer Überklasse abnimmt. Der Anteil von Rindern mit mittelgradigen Keimgehalten (GKZ-Score 2) steigt mit der Überklasse leicht an. Der Anteil an Tieren mit höheren Keimgehalten (GKZ-Score 3) steigt mit der Überklasse deutlich an.

Zur statistischen Überprüfung der genannten Zusammenhänge wurde der U-Test nach Raatz (s. 3.9.2) verwendet. Damit konnte gezeigt werden, dass Überklasse I im Vergleich zu Überklasse II einen statistisch signifikant ($p = 0,044$; bei einseitiger Fragestellung) geringeren Anteil an Tieren mit höheren Keimgehalten hat. Gleiches gilt bei Vergleich der Überklassen II zu III ($p = 0,041$; bei einseitiger Fragestellung) und bei Überklasse I zu Überklasse III ($p = 0,000$).

4.2.2 *Enterobacteriaceae*

4.2.2.1 Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung

Für die unter 3, 3.5.1 und 3.5.2 beschriebenen Verschmutzungsklassen wurden wie unter 3.8.2.2.2 beschrieben die Anzahl der *Enterobacteriaceae* bestimmt. Von insgesamt 180 Tieren ergaben sich nur für 49 Tiere positive Nachweise oberhalb der Nachweisgrenze. Für die restlichen 131 Tiere war kein Wachstum von *Enterobacteriaceae* nachweisbar. Aufgrund der zu geringen Fallzahlen innerhalb der jeweiligen Verschmutzungsklassen war eine auf Mittelwertvergleiche basierende statistische Auswertung analog zu den vorigen Abschnitten nicht durchführbar. Daher wurden lediglich die Häufigkeitsverteilungen gemäß Tab. 14 untersucht.

Tab. 14: Kreuztabelle positive *Enterobacteriaceae* und Verschmutzungsklassen

<i>Enterobacteriaceae</i> 0 = nein / 1 = ja	Verschmutzungsklasse(n)						Gesamt
	1 (1E+1Bs)	2E	3 (3E+3Bs)	4E	5 (5E+5Bs)	6E	
nein	26	18	31	13	31	12	131
ja	14	2	8	7	10	8	49
Gesamt	40	20	39	20	41	20	180

N: Anzahl

1E: Verschmutzungsklasse 1 mit Elektrobetäubung (N = 20)

1Bs: Verschmutzungsklasse 1 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

2E: Verschmutzungsklasse 2 mit Elektrobetäubung (N = 20)

3E: Verschmutzungsklasse 3 mit Elektrobetäubung (N = 19)

3Bs: Verschmutzungsklasse 3 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

4E: Verschmutzungsklasse 4 mit Elektrobetäubung (N = 20)

5E: Verschmutzungsklasse 5 mit Elektrobetäubung (N = 21)

5Bs: Verschmutzungsklasse 5 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

6E: Verschmutzungsklasse 6 mit Elektrobetäubung (N = 20)

Zu erwarten wäre, dass mit ansteigender Verschmutzungsklasse die Anzahl positiver Tiere (ja) zunimmt. Auf den ersten Blick ist ein solcher Zusammenhang jedoch nicht erkennbar. Auch ein Exakter Test nach Fisher (s. 3.9.2) zeigte keine statistisch signifikanten Abhängigkeiten. Dies gilt sowohl für die unter Tab. 14 gewählte Gruppierung der Verschmutzungsklassen (Zusammenfassung E und Bs für die Verschmutzungsklassen 1, 3 und 5), als auch für eine nach Elektrobetäubung und Bolzenschussbetäubung weiter untergliederte Gruppierung für die Verschmutzungsklassen 1, 3 und 5. Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede waren bei bloßer

Berücksichtigung der Verschmutzungsklassen 1 gegen 2E, 3 gegen 4E und 5 gegen 6E feststellbar. Auch bei Betrachtung der Überklassen I (1E+1Bs+2), II (3E+3Bs+4) und III (5E+5Bs+6) analog zu 4.2.1.4 konnten keine statistisch signifikanten Abhängigkeiten in der Häufigkeitsverteilung festgestellt werden.

4.2.2.2 Unterschiede der Häufigkeitsverteilung in Kombination mit Überklassen und GKZ-Scores

Da sich nach Einführung von GKZ-Scores (vgl. 4.2.1.5) in Kombination mit den Überklassen I, II und III statistisch signifikante Unterschiede in den Häufigkeitsverteilungen zeigten, wurden in der folgenden Betrachtung die selben Klassifizierungen verwendet. Hierfür wurden alle 180 Tiere nach aufsteigender Gesamtkeimzahl sortiert und in drei Gruppen (GKZ-Scores) unterteilt; allerdings wurden nur die Tiere mit positivem Nachweis für *Enterobacteriaceae* berücksichtigt. Eine Darstellung der Häufigkeiten befindet sich in Tab. 15.

Tab. 15: Kreuztabelle positive *Enterobacteriaceae*, GKZ-Scores und Überklassen

	Anzahl ins- gesamt	%	Anzahl positiver <i>Entero- bacteriaceae</i>	%	Überklassen		
					I (1E+1Bs+2E)	II (3E+3Bs+4E)	III (5E+5Bs+6E)
GKZ-Score 1	67	37,22%	8	16,33%	5	0	3
GKZ-Score 2	88	48,89%	32	65,31%	11	11	10
GKZ-Score 3	25	13,89%	9	18,37%	0	4	5
Gesamt	180	100,00%	49	100,00%	16	15	18

N: Anzahl

- 1E: Verschmutzungsklasse 1 mit Elektrobetäubung (N = 20)
- 1Bs: Verschmutzungsklasse 1 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)
- 2E: Verschmutzungsklasse 2 mit Elektrobetäubung (N = 20)
- 3E: Verschmutzungsklasse 3 mit Elektrobetäubung (N = 19)
- 3Bs: Verschmutzungsklasse 3 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)
- 4E: Verschmutzungsklasse 4 mit Elektrobetäubung (N = 20)
- 5E: Verschmutzungsklasse 5 mit Elektrobetäubung (N = 21)
- 5Bs: Verschmutzungsklasse 5 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)
- 6E: Verschmutzungsklasse 6 mit Elektrobetäubung (N = 20)

GKZ-Score 1 = 0-2 log₁₀ cm²

GKZ-Score 2 = 2-3 log₁₀ cm²

GKZ-Score 3 = > 3 log₁₀ cm²

Zur Prüfung möglicher Abhängigkeiten zwischen GKZ-Scores und Überklassen wurde anhand der absoluten Häufigkeiten in Tab. 15 ein Exakter Test nach Fisher (s. 3.9.2) durchgeführt. Die Nullhypothese (es besteht keine Abhängigkeit zwischen GKZ-Scores und den Überklassen I bis III) kann mit einem p-Wert von 0,025

abgelehnt werden. Wie unter 4.2.1.5 soll hier, jedoch in Bezug auf die begrenzte Grundgesamtheit an Tieren mit positiven Ergebnissen für *Enterobacteriaceae* festgestellt werden, ob der Anteil keimärmerer Tiere (GKZ-Score) mit höherer Überklasse ebenfalls abnimmt.

Zur statistischen Überprüfung der genannten Zusammenhänge wurde ebenfalls der U-Test nach Raatz (s. 3.9.2) verwendet. Damit konnte gezeigt werden, dass Überklasse I im Vergleich zu Überklasse II einen statistisch signifikant ($p = 0,001$; bei einseitiger Fragestellung) geringeren Anteil an Tieren mit höheren Keimgehalten hat. Gleiches gilt für den Vergleich I zu III ($p = 0,027$; bei einseitiger Fragestellung). Für den entsprechenden Vergleich der Überklasse II zu III ist keine statistische Signifikanz feststellbar ($p = 0,262$; bei einseitiger Fragestellung).

4.2.3 *E. coli*

4.2.3.1 Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung

Für die unter 3, 3.5.1 und 3.5.2 beschriebenen Verschmutzungsklassen, wurden wie unter 3.8.2.2.3 beschrieben die Anzahl der *E. coli* bestimmt. Von insgesamt 180 Tieren ergaben sich nur für 34 Tiere positive Nachweise oberhalb der Nachweisgrenze. Für die restlichen 146 Tiere war kein Wachstum von *E. coli* nachweisbar. Aufgrund der wiederum (vgl. 4.2.2.1) zu geringen Fallzahlen innerhalb der jeweiligen Verschmutzungsklassen war eine auf Mittelwertvergleiche basierende statistische Auswertung analog zu den vorigen Abschnitten ebenfalls nicht durchführbar. Daher wurden lediglich die Häufigkeitsverteilungen gemäß Tab. 16 untersucht.

Tab. 16: Kreuztabelle positive *E. coli* und Verschmutzungsklassen

<i>E. coli</i>	Verschmutzungsklasse(n)						Gesamt
	1 (1E+1Bs)	2E	3 (3E+3Bs)	4E	5 (5E+5Bs)	6E	
0 = nein / 1 = ja							
nein	32	15	32	17	36	14	146
ja	8	5	7	3	5	6	34
Gesamt	40	20	39	20	41	20	180

N: Anzahl

1E: Verschmutzungsklasse 1 mit Elektrobetäubung (N = 20)

1Bs: Verschmutzungsklasse 1 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

2E: Verschmutzungsklasse 2 mit Elektrobetäubung (N = 20)

3E: Verschmutzungsklasse 3 mit Elektrobetäubung (N = 19)

3Bs: Verschmutzungsklasse 3 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

4E: Verschmutzungsklasse 4 mit Elektrobetäubung (N = 20)

5E: Verschmutzungsklasse 5 mit Elektrobetäubung (N = 21)

5Bs: Verschmutzungsklasse 5 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)

6E: Verschmutzungsklasse 6 mit Elektrobetäubung (N = 20)

Zu erwarten wäre ebenfalls wie bei den *Enterobacteriaceae*, dass mit ansteigender Verschmutzungsklasse die Anzahl positiver Tiere (ja) zunimmt. Auf den ersten Blick ist ein solcher Zusammenhang jedoch wieder nicht erkennbar. Der Exakte Test nach Fisher zeigte keine statistisch signifikanten Abhängigkeiten.

4.2.3.2 Unterschiede der Häufigkeitsverteilung in Kombination mit Überklassen und GKZ-Scores

Wie zuvor für die Enterobacteriaceae (s. 4.2.2.2) wurde bei *E. coli* eine analoge Vorgehensweise gewählt. Wiederum wurden nur die Tiere mit positivem Nachweis, hier für *E. coli* berücksichtigt. Eine Darstellung der Häufigkeiten findet sich in Tab. 17.

Tab. 17: Kreuztabelle positive *E. coli*, GKZ-Scores und Überklassen

	Anzahl ins- gesamt	%	Anzahl positiver <i>E. coli</i>	%	Überklassen		
					I (1E+1Bs+2E)	II (3E+3Bs+4E)	III (5E+5Bs+6E)
GKZ-Score 1	67	37,22%	5	14,71%	4	1	0
GKZ-Score 2	88	48,89%	20	58,82%	9	4	7
GKZ-Score 3	25	13,89%	9	26,47%	0	5	4
Gesamt	180	100,00%	34	100,00%	13	10	11

N: Anzahl

- 1E: Verschmutzungsstufe 1 mit Elektrobetäubung (N = 20)
- 1Bs: Verschmutzungsstufe 1 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)
- 2E: Verschmutzungsstufe 2 mit Elektrobetäubung (N = 20)
- 3E: Verschmutzungsstufe 3 mit Elektrobetäubung (N = 19)
- 3Bs: Verschmutzungsstufe 3 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)
- 4E: Verschmutzungsstufe 4 mit Elektrobetäubung (N = 20)
- 5E: Verschmutzungsstufe 5 mit Elektrobetäubung (N = 21)
- 5Bs: Verschmutzungsstufe 5 mit Bolzenschussbetäubung (N = 20)
- 6E: Verschmutzungsstufe 6 mit Elektrobetäubung (N = 20)

GKZ-Score 1 = $0-2 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$

GKZ-Score 2 = $2-3 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$

GKZ-Score 3 = $> 3 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$

Zur Prüfung möglicher Abhängigkeiten zwischen GKZ-Scores und Überklassen, wurde anhand der absoluten Häufigkeiten in Tab. 17 ebenfalls ein Exakter Test nach Fisher durchgeführt. Die Nullhypothese (es besteht keine Abhängigkeit zwischen GKZ-Scores und den Überklassen I bis III) kann mit einem p-Wert von 0,013 abgelehnt werden. Wie unter 4.2.1.5 und 4.2.2.2 soll hier in Bezug auf die begrenzte Grundgesamtheit an Tieren mit positiven Ergebnissen für *E. coli* festgestellt werden, ob der Anteil keimärmerer Tiere (GKZ-Score) mit höherer Überklasse ebenfalls abnimmt.

Zur statistischen Überprüfung der genannten Zusammenhänge wurde erneut der U-Test nach Raatz (s. 3.9.2) verwendet. Damit konnte gezeigt werden, dass Überklasse I im Vergleich zu Überklasse II einen statistisch signifikant ($p = 0,006$; bei einseitiger Fragestellung) geringeren Anteil an Tieren mit höheren Keimgehalten hat. Gleiches gilt für den Vergleich I zu III ($p = 0,002$; bei einseitiger Fragestellung). Für

den entsprechenden Vergleich der Überklasse II zu III ist keine statistische Signifikanz feststellbar ($p = 0,374$; bei einseitiger Fragestellung).

4.2.4 Absolute Ergebnisse gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005

Von insgesamt 180 untersuchten Schlachttierkörpern konnten in nur 8 Fällen eine Grenzwertüberschreitung von „m“ nachgewiesen werden. In keinem Fall wurde die Überschreitung von „M“ festgestellt.

In fünf von 180 Fällen (2,77 %) wurde hierbei der Grenzwert der aeroben mesophilen Keimzahl $m = 3,5 \log_{10} \text{ KbE/cm}^2$ überschritten. Hiervon zählten zwei Schlachttierkörper zu Überklasse I, ein Schlachttierkörper zur Überklasse II und zwei Schlachttierkörper zur Überklasse III.

In drei von 49 Fällen (6,12 %) in denen Enterobacteriaceae nachgewiesen wurde lag eine Überschreitung des Grenzwertes $m = 1,5 \log_{10} \text{ KbE/cm}^2$ vor. Jede der drei Überklassen war vertreten.

4.2.5 Abschließende Betrachtung der statistischen Ergebnisse

Zunächst wurden die sechs Verschmutzungsklassen (s. 3.1) auf Unterschiede hinsichtlich der GKZ untersucht (s. 4.2.1). Bei Betrachtung der elektrobetäubten Klassen war ein schwach positiver Zusammenhang zwischen Verschmutzungs-klassen und GKZ feststellbar (s. 4.2.1.1). Mikrobiologisch relevante und statistisch signifikante Unterschiede lagen hierbei zwischen der niedrigsten (1E) und den beiden höchsten (5E und 6E) Verschmutzungsklassen vor.

Bei Betrachtung der unterschiedlichen Bodenverhältnisse (nass gegen trocken) (s. 3.5) lagen innerhalb der Verschmutzungsklassen keine mikrobiologisch relevanten Unterschiede vor (s. 4.2.1.2). Neben der Bodenfeuchtigkeit scheint auch die Feuchtigkeit am Tier mikrobiologisch nicht relevant zu sein (4.2.1.3). Die Unterschiede zwischen den gebildeten Überklassen I bis III (4.2.1.4) waren mikrobiologisch ebenfalls nicht relevant, wenngleich die Mittelwerte sichtlich mit der Überklasse anstiegen.

Letzteres konnte jedoch nicht einwandfrei durch statistische Signifikanz belegt werden. Dies lag mitunter an den hohen Streuungen der GKZ in den gebildeten Klassen. Im Anschluss wurden für die statistische Analyse drei ordinale Scores hinsichtlich der GKZ festgelegt (Scores 1 bis 3 mit aufsteigender GKZ) (s. 4.2.1.5).

Aus der Kombination der Überklassen mit den GKZ-Scores wurde klar ersichtlich, dass der Anteil an Tieren mit höhergradigerer Verkeimung mit ansteigender Überklasse zunimmt, wohingegen der Anteil keimärmerer Tiere entsprechend abnimmt.

Sowohl für *Enterobacteriaceae* (s. 4.2.2), als auch speziell für *E. coli* (s. 4.2.3) lagen die Ergebnisse der Keimzählungen bei mehr als zwei Drittel der Tiere unterhalb der Nachweisgrenze, weshalb eine auf Mittelwertsvergleiche basierende statistische Auswertung nicht durchführbar war. Stattdessen wurden jeweils nur die positiven oberhalb der Nachweisgrenze liegenden Tiere verwendet, um den Zusammenhang der Kombination aus Überklassen und GKZ-Scores nochmals zu prüfen. Mit den jeweils reduzierten Grundgesamtheiten konnte dieser Zusammenhang annähernd bestätigt werden (s. 4.2.2.2 u. 4.2.3.2). Sowohl bei den Stichproben mit positiven *Enterobacteriaceae* als auch *E. coli* war lediglich zwischen den Überklassen II und III kein statistisch signifikanter Zusammenhang feststellbar. Dies könnte bei beiden Stichproben mit zu geringen Fallzahlen zusammenhängen. Denkbar ist auch ein fehlender oder zu schwacher Zusammenhang zwischen diesen Überklassen.

Insgesamt könnten die beschriebenen Zusammenhänge als starkes Indiz dafür angesehen werden, dass mit ansteigenden visuellen Verschmutzungsgraden die betrachteten Keimzahlen ansteigen. Hierdurch könnte die Verwendung von Verschmutzungsklassen eine wissenschaftliche Rechtfertigung erfahren. Einschränkung zu diesen Ergebnissen darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass das Kriterium der mikrobiologischen Relevanz bei den mit GKZ-Scores in Zusammenhang stehenden Tests nicht berücksichtigt werden konnte.

5 DISKUSSION

5.1 Material und Methodik

Bei der Planung des praktischen Teils stellte sich zunächst die Frage, mit welcher Methodik die Probengewinnungen erfolgen und welche Hygiene-Indikatoren betrachtet werden sollten. Wie bereits erwähnt, ist es generell schwierig unterschiedliche Schlacht- und Versuchsprozeduren miteinander zu vergleichen (INGRAM und ROBERTS, 1976, ROBERTS, 1980). Im Folgenden werden die Beweggründe der angewandten Methodik erläutert sowie gewonnene Erkenntnisse geschildert und diskutiert.

5.1.1 Probenahmestellen und Bandpositionen

Für die vorliegende Arbeit wurde die Anzahl der Probenahmestellen auf vier festgelegt, um den geltenden Anforderungen gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005 zu entsprechen und damit eine breite Basis für spätere Vergleiche zu schaffen. Bei Vergleichsstudien zur Verifizierung bestehender Fellklassifizierungssysteme (RIDELL und KORKEALA, 1993, MCEVOY et al., 2000a, BLAGOJEVIC et al., 2012, HAUGE et al., 2012b, SERRAINO et al., 2012) war die Anzahl der beprobten Stellen absolut heterogen. Die Zahl der Probennahmestellen variierte zwischen einer (BLAGOJEVIC et al., 2012) und insgesamt fünf pro beprobter Einheit (MCEVOY et al., 2000a). RIDELL und KORKEALA (1993) testeten zwei, HAUGE et al. (2012b) drei und SERRAINO et al. (2012) insgesamt vier Stellen.

Bei der Festlegung der vier Probenahmestellen (s. 3.6.2) wurde, basierend auf Literaturquellen (s. 2.2.2.5.3) sowie auf betriebstypischen Arbeitsabläufen und Schnittfolgen (s. 3.2.1.1) versucht, Areale auszuwählen die vergleichsweise hohen Kontaminationsrisiken ausgesetzt sind. Die gängigen Vorschläge für Probenahmestellen auf Rinderschlachtkörpern gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 bzw. der zugrunde gelegten Norm DIN ISO 17604, wurden bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt. Leider befand sich keine der 15 vorgeschlagenen Stellen direkt unterhalb von Fellöffnungsschnittlinien, wodurch nach BELL (1997) das Risiko einer Kontamination beträchtlich gesteigert werden würde.

Die Probenahmestellen 1 (Brustmittellinie), 3 (kaudaler Oberschenkel) und 4 (Perianalregion) lagen direkt unterhalb solcher Linien. Das Areal von Probenahmestelle 1 wurde von MCEVOY et al. (2000a) und GILL et al. (1995) als Region mit vergleichsweise hohen Kontaminationen (GKZ) beschrieben, ebenso wie von BELL (1997) und GILL et al. (1995) das Areal von Probenahmestelle 4. Eigene Beobachtungen zeigten, dass die Region von Probenahmestelle 4, besonders bei stark verschmutzten Tieren, während des mechanischen Hautabzugsvorganges (von unten nach oben) gelegentlich visuell sichtbar kontaminiert wurde. Probenahmestelle 2 (Schulter) wurde nach MOJE (1994) ausgewählt der schilderte, dass Kontaminationsschwerpunkte regelmäßig im Bereich der äußeren Flächen des Vorderviertels liegen. Diese Stellen unterliegen intensiven manuellen Vorenthäutungsarbeiten, was während der Prozessanalysen im Vorfeld der Versuchsphase bestätigt werden konnte.

Weder in der dargelegten Literatur, noch in den Vorgaben der DIN ISO 17604 werden präzise und dreidimensional nachvollziehbare Angaben über die beprobten bzw. zu beprobenden Schlachtkörperareale (Hüfte, Fessel, Brust, etc.) gemacht. Aufgrund der mangelhaften Nachvollziehbarkeit dieser Angaben wurden in der eigenen großangelegten Reihenuntersuchung reproduzierbare und präzise Angaben benutzt. Des Weiteren sollten durch diese Festlegungen Fehlerquellen und Abweichungen minimiert werden, was zur anatomischen und bildhaften Beschreibung der vier Probenahmestellen führte.

5.1.2 Probenahmeverfahren

Maßgabe war die Verwendung eines nicht-destruktiven Verfahrens, das die praktischen Anforderungen gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005 an ein schnelleres Untersuchungsverfahren technisch erfüllen kann. Zwar gelten destruktive Verfahren als präziser (PEPPERELL et al., 2005) als nicht-destruktive, allerdings können sie unpraktisch sein und den Wert von Schlachtkörpern negativ beeinträchtigen (GILL et al., 2010). Wie bei den Probenahmestellen, weisen die fünf Referenzstudien auch bei den Probenahmeverfahren Heterogenitäten auf, weil destruktive (RIDELL und KORKEALA, 1993) und unterschiedliche nicht-destruktive Probenahmeverfahren angewendet wurden.

Die selbst entwickelte Methode bietet den Vorteil, dass die Schwämme nicht angefasst werden müssen, wodurch zeit- und materialaufwändige Handschuhwechsel entfallen und das Risiko von Kreuzkontaminationen minimiert werden kann. Aufhängung und Voreröffnung der Schwammbeutel ermöglichen es, die Edelstahlschablone während der gesamten Zeit einer Reihenuntersuchung in der „Schablonehand“ zu halten. Die Sterilisation der Schablone kann mit der „Schwammführhand“ ausgeführt werden, wodurch die Arbeitsabläufe schnell und einfach waren.

Die Methode wurde daher im Sinne eines technischen Praktikabilitätstests durchgeführt. Dazu gehörte auch die Modifikation der Schablonenform, denn die Konstruktion einer rechteckigen anstatt quadratischen Schablone ermöglichte den zügigen Durchzug des Schwammtupfers, ohne dabei einzelne kleine Stellen nicht oder gar öfters als vorgesehen zu überziehen. Die längliche Schablone bietet außerdem eine gute Nivellierbasis für das Anlegen an die beschriebenen Probenahmestellen (s. 3.6.2). Es ist zwar möglich, dass durch zu leichten (wechselnden) Druck Schlachtkörper ineffizient beprobt werden (GILL und BADONI, 2010) könnten, aber die Biegsamkeit der Schwammstiele ermöglichte konstante Anpressdrücke.

Das getestete Probenahmeverfahren erwies sich technisch als praxistaugliche Alternative. Durch die präzise Beschreibung sämtlicher Abläufe wäre die Entwicklung eines Standards möglich. Im Vorfeld einer Etablierung müssten weitere Modifikationen und Optimierungen gemacht werden, beispielsweise die erzielbaren Recovery-Raten bei direkten Vergleichsstudien validiert werden. Bei entsprechend günstigen Ergebnissen könnte das Verfahren die Anforderungen an eine schnellere Referenzmethode gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005 erfüllen.

5.1.3 Hygiene-Indikatoren

Von den betrachteten Hygiene-Indikatoren (GKZ, *Enterobacteriaceae* und *E. coli*) hatte die aerobe mesophile Keimzahl die höchste Aussagekraft. Jeder der 180 beprobten Schlachtkörper lag oberhalb der Nachweisgrenze; die Daten waren normalverteilt (s. 3.9.2). Im Gegensatz hierzu wurden *Enterobacteriaceae* bei 49 (27,22 %) bzw. *E. coli* bei 34 (18,88 %) Schlachtkörpern nachgewiesen.

In vorliegender Studie basieren die wichtigsten Erkenntnisse auf den Ergebnissen der aeroben mesophilen Keimzahlen, ebenso wie bei den fünf Referenzstudien (RIDELL und KORKEALA, 1993, MCEVOY et al., 2000a, BLAGOJEVIC et al., 2012,

HAUGE et al., 2012b, SERRAINO et al., 2012). Im Vergleich wurden *Enterobacteriaceae* nur von BLAGOJEVIC et al. (2012) und SERRAINO et al. (2012) ermittelt. *E. coli* wurden nur von SERRAINO et al. (2012) und HAUGE et al. (2012b) untersucht. Vergleichbare Zahlenangaben beschrieben nur HAUGE et al. (2012b) bei denen direkt nach dem Hautabzug 49 % der Tiere positive *E. coli*-Nachweise zeigten. SERRAINO et al. (2012) schilderten, dass die Keimzahlen für *E. coli* und *Enterobacteriaceae* u.a. nicht normalverteilt waren und Heteroskedastizität aufgewiesen hätten. Aufgrund der geringen Fallzahlen der eigenen Untersuchungen konnten diese Indikatoren nicht mit auf Mittelwertvergleich basierenden statistischen Auswertungen betrachtet werden, was sie als alleinige Indikatoren für die Bewertung ansteigender Verschmutzungsgrade unbrauchbar macht.

Ähnliche Zusammenhänge zwischen GKZ und *Enterobacteriaceae* wie bei vorliegender Arbeit schilderten PEARCE et al. (2005). Bei direkten Vergleichen eines Excisions-Verfahrens mit zwei Schwamm-Verfahren (Cellulose Acetat und Polyurethan) stellten die Autoren an drei Tierarten (Rind, Schwein, Lamm) für *Enterobacteriaceae* vergleichbare Nachweisraten fest. Bei 360 Einzelproben lag die Anzahl positiver Nachweise bei der Excisions-Methode bei nur 57/360 (15,3 %), bei Verwendung des Cellulose-Acetat-Schwammes bei 127/360 (35,27 %). Den höchsten Wert erreichte ein Polyurethan-Schwamm mit 170/360 (47,22 %) positiven Nachweisen.

Bezogen auf *Enterobacteriaceae* stellen Schwamm-Verfahren demnach gute Beprobungsverfahren dar, was daran liegen könnte, dass unregelmäßig auf Schlachtkörpern verteilte Bakterien wie *Enterobacteriaceae* durch nicht-destruktive Verfahren, aufgrund der höheren Beprobungsflächen, mit höherer Wahrscheinlichkeit aufgenommen werden können (GILL et al., 2000, PEARCE und BOLTON, 2005).

Bezogen auf die aerobe mesophile Keimzahl sind Schwamm-Verfahren den Excisions-Verfahren allerdings unterlegen und weisen hohe Variabilitäten auf (SEAGER et al., 2010), was die hohen Streuungen der eigenen Ergebnisse erklären könnte (normalverteilt; Mittelwert $2,32 \log_{10} \text{KbE cm}^{-2}$; S.D. $\pm 0,642$). SEAGER et al. (2010) verglichen ein Excision-Verfahren auf Rinderschlachtkörpern mit einem Schwamm-Verfahren. Sie stellten fest, dass die Schwamm-Technik in der Lage war 33,7 % bis 39,9 % der Keime zu mobilisieren. Die Autoren führten die hohen Stand-

ardabweichungen darauf zurück, dass bei Verwendung nicht-destruktiver Schwamm-Verfahren verschiedene Faktoren zusätzlich einwirken können wie z. B. variierende Anpressdrücke, Schwamm-porenverstopfungen, Oberflächenverfettungen und verminderte Keimabgaben des Schwammmaterials bei der Analyse.

Betrachtet man die eigenen Ergebnisse in Bezug auf VO (EG) Nr. 2073/2005 wurden insgesamt gleichmäßig, über alle Überklassen verteilt, nur acht Überschreitungen des Grenzwertes *m* (5 GKZ und 3 *Enterobacteriaceae*) festgestellt. Im Gegensatz dazu wiesen SERRAINO et al. (2012) weitaus häufiger Überschreitungen in den höheren Verschmutzungsklassen nach (GKZ 80 % und *Enterobacteriaceae* 46,6 %).

5.1.4 Bilddokumentation und Nachweisführung

Für die Nachweisführung der Fellverschmutzungsklassen wurden photographische Bilddokumentationen angefertigt. Dies erfolgte sowohl *intra vitam* am stehenden als auch *intra mortem* am liegenden Tier aus jeweils zwei unterschiedlichen Perspektiven.

Die Perspektiven 1 und 2 der stehenden Probetiere (s. 3.4.2) lieferten den besten Überblick. Der erforderliche Zeit- und Personalaufwand für Markierung, Vereinzelung und Positionierung war allerdings hoch und das Betreten des Gefahrenbereichs meist erforderlich. Die häufig nervösen Rinder versuchten sehr oft den Photographen frontal im Auge behalten zu können. Für die angestrebten Ansichten (linke und rechte hintere Untersicht) mussten die Rinder deshalb meistens durch zusätzliche Personen innerhalb des Gefahrenbereichs abgelenkt oder umgetrieben werden.

Die Perspektiven 3 und 4 der betäubten Rinder (s. 3.4.3) konnten risikofrei und unter geringem Zeitaufwand durch Einzelpersonen angefertigt werden. Mit Ausnahme der rechten Seitenfläche, lieferten diese Aufnahmen einen guten Überblick über relevante Fellareale und könnten als Nachweisperspektiven Verwendung finden. In Abzug gebracht werden müssten Neukontaminationen, welche zwischen der Viehabladung und dem Liegen der Tiere im betäubten Zustand erfolgen können.

Bezüglich der Nachweisführung beschreitet Norwegen einen Sonderweg (s. 2.3.6). Zu stark verschmutzte Rinder werden an den meisten Schlachtbetrieben fotografiert (HAUGE, 2012). Besonders in Anbetracht möglicher Sanktionen sollte auch ein deutsches Reglementierungssystem den Klassifizierenden, ebenso wie denkbaren Gegenparteien und den Schlachtbetrieben, eine Möglichkeit zur Rechtfertigung einräumen.

Eigene Erfahrungen (s. 3.4) zeigten, dass standardisierte Bildperspektiven die Nachvollziehbarkeit von Klassifizierungsentscheidungen im Nachhinein wesentlich steigern können (Nachweisführung). Allerdings stellt sich hierbei die Frage, zu welchem Zeitpunkt die Klassifizierung stattfinden kann bzw. sollte, im Gegensatz zu den vermeintlich umständlichen Intra-vitam-Bildaufnahmen. Bei den EU-internen Reglementierungssystemen (s. 2.3) erfolgt die Einteilung in Klassen oder Stufen ausschließlich an lebenden Rindern (ANONYMUS, 2004b, TEAGASC, 2005, HOUINS, 2006a, KCF, 2008, FSA, 2012).

Als einziger Staat führt Norwegen (s. 2.3.6) die Klassifizierungen post mortem durch (HAUGE, 2012). Vorteilhaft dabei ist die Ausschaltung möglicher Gefahrenpotentiale. Des Weiteren ist die Vermeidung logistisch bedingter Verzögerungen aus Sicht des Tierschutzes von Vorteil. Nachteilig ist, dass jeglicher Schmutz zunächst unselektiert Eintritt in den Schlachtprozess erhält. Allerdings gelten in Norwegen nicht die EU-Verordnungen (s. 2.1), was eine direkte Übernahme dieser Vorgehensweise in ein deutsches System ausschließt. Insgesamt gesehen könnte eine Kombination aus Klassifizierung intra vitam mit einer photographischen Nachweisführung intra mortem eine geeignete Lösung darstellen.

5.2 Reglementierung fellverschmutzter Schlachtrinder

Alle betrachteten europäischen Fellreglementierungssysteme (s. 2.3) basieren auf Zuordnung von Schlachtrindern in visuelle Fellverschmutzungsgrade (Kategorien oder Stufen). Sämtliche Konzepte weisen Parallelen auf. Bei genauer Betrachtung fällt auf, dass Beurteilungskriterien und Anzahl der Kategorien bzw. Stufen heterogen sind. Weitere Unterschiede bestehen v.a. hinsichtlich Klassifizierungszeitpunkt, Klassifizierungspersonal und zu ergreifender Maßnahmen. Um Kernaussagen über ein mögliches deutsches Fellklassifizierungssystem tätigen zu können, sollen im Folgenden Plausibilität und Nachvollziehbarkeit der genannten Unterschiede diskutiert und mit den Erkenntnissen des praktischen Teils der vorliegenden Arbeit verglichen werden.

5.2.1 Fellverschmutzungsklassen

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen zeigen, dass sich maximal drei der sechs getesteten Verschmutzungsklassen voneinander plausibel abgrenzen lassen; nämlich die Überklassen I bis III (s. 4.2.1.5). Dies zeigt sich insbesondere aufgrund der eigenen Untersuchungen, da eine höhere Anzahl an Klassen eine mikrobiologisch relevante Abgrenzung (bei einem Relevanzbereich von $0,5 \log_{10} \text{ KbE cm}^{-2}$) voneinander sichtlich erschwert. Eine vergleichbare Anzahl an Fellverschmutzungsklassen verwenden auch Belgien und Norwegen (3 Klassen) und Finnland (2 Klassen), während in Großbritannien und Irland fünf und in Schweden vier Klassen zur Einstufung verwendet werden.

Das finnische System basiert bereits seit 1982 auf einem 2stufigen System. Die Plausibilität wurde von RIDELL und KORKEALA (1993) durch Keimzählungen (GKZ) bestätigt. Der Keimzahlunterschied zwischen den als „exzessiv verdungt“ bezeichneten Schlachtrindern der Stufe 2 und den als „normal“ benannten Tieren der Stufe 1 lag bei durchschnittlich $0,7 \log_{10} \text{ KbE cm}^{-2}$, womit auch unter den Prämissen der vorliegenden Arbeit (s. 3.9.2) mikrobiologische Relevanz vorlag. Die finnischen Ergebnisse unterstützen somit die eigene These von maximal zwei bis drei Verschmutzungsklassen.

Von HAUGE et al. (2012b) wurde die Plausibilität der drei norwegischen Fellverschmutzungsklassen nachträglich bewiesen. Es konnte gezeigt werden, dass zwischen sauberen Tieren der Kategorie 0 und schmutzigen Rindern ein signi-

fikanter Unterschied ($p < 0,001$) vorlag. Als schmutzige Rinder fassten die Autoren Tiere der Klassen 1 und 2 zusammen. Der nachweisbare Unterschied lag bei umgerechnet $0,66 \log_{10} \text{ KbE cm}^{-2}$ und war somit mikrobiologisch relevant.

Nach Angaben der FSA (2002) basierte die Festlegung der fünf Kategorien der britischen Clean Livestock Policy zwar auf einer Studie, jedoch handelte es sich um Untersuchungen an insgesamt 100 Schafen nach HADLEY et al. (1997). Dies stellt in Bezug auf Rinder einen erheblichen Plausibilitätsmangel dar. Eine italienische Studie nach SERRAINO et al. (2012) testete die Plausibilität der britischen Kriterien. Eine Keimzahlbestimmung (GKZ) zeigte signifikant und relevant ($p < 0,01$) linear ansteigende Werte zwischen den Kategorien 1 bis 5. Hiervon abweichend zeigten BLAGOJEVIC et al. (2012) in ihrer Plausibilitätsüberprüfung der britischen Kategorien, dass zwei Hauptkategorien ausreichen würden; nämlich eine für sehr schmutzige Rinder der FSA-Kategorien 4 und 5 und eine weitere für weniger verschmutzte Tiere der Kategorien 1 bis 3. Nur zwischen diesen beiden Hauptkategorien konnten die serbischen Autoren signifikante Keimzahlunterschiede (GKZ und *Enterobacteriaceae*) auf Fell- und Schlachtkörperoberflächen nachweisen. Dies bestätigt wiederum die Sinnhaftigkeit von maximal 2 bis 3 Fellverschmutzungsklassen.

In Irland wurde vor Implementierung des Reglementierungssystems eine Studie an Rindern in Auftrag gegeben. Dabei wurden nur drei der fünf irischen Kategorien (2, 3 und 5) direkten Vergleichen unterzogen. Bezogen auf die durchschnittliche GKZ von fünf nicht-destruktiv beprobten Probenahmestellen pro Rinderkarkasse stellte sich heraus, dass nur zwischen den Kategorien 2 und 5 ein signifikanter ($p < 0,05$) Unterschied vorlag. Allerdings war dieser nicht relevant ($0,36 \log_{10} \text{ KbE cm}^{-2}$). Bei weiteren Versuchen an Schlachtkörpern der Klasse 4 wurden anstatt fünf nur zwei Probenahmestellen beprobt. Die ermittelten Keimzahlen lagen über denen der als stärker verschmutzt geltenden Klasse 5 (MCEVOY et al., 2000a). In Anbetracht dieser Ergebnisse hätten auch die irischen Autoren maximal die Abgrenzung von drei Fellverschmutzungsklassen empfehlen sollen. Die Plausibilität eines fünfstufigen Fellklassifizierungssystems für Rinder wurde in Irland damit nicht bewiesen.

Es wurde eine Eigenkonzeption möglicher Fellverschmutzungsklassen wie unter 3.1 gezeigt entwickelt, da die betrachteten Konzepte neben unterschiedlichen Plausi-

bilitäten auch Diskrepanzen bezüglich der minimal geforderten Fellsauberkeit(en), sowie deskriptive Mängel aufwiesen. Diese deskriptiven Mängel bestehen v.a. darin, dass häufig subjektive Beschreibungen für die unterschiedlichen Verschmutzungsgrade verwendet werden (z. B. „very minor amount“, „a significant amount of ...“ oder „Heavy amounts of ...“(FSA, 2002)). Zudem fehlt bei einigen Systemen eine präzise Angabe der Stellen, auf denen sich Schmutz oder Feuchtigkeit nicht befinden sollen.

Eine Vorlage bei der Eigenentwicklung von Fellverschmutzungsklassen stellte das belgische Kurven-Modell (s. 2.3.3) dar. Beim eigenen Modell wurden markante anatomische Strukturen als Peilpunkte für die imaginäre grüne Linie (s. 3.1.1) festgelegt, im Gegensatz zu den variableren Kurven des belgischen Systems. Das norwegische Prozentualsystem, konnte leider nicht übernommen werden, weil die Tiere in Norwegen erst nach dem Entbluten (angeschlingt und hängend) beurteilt werden, was nach Vorgaben der EU-Rechtsgrundlagen (s. 2.1) einen zu späten Zeitpunkt für deren Beurteilung darstellt.

Sowohl die EU-Gesetzgebung als auch die Klasseneinteilungen der betrachteten Systeme basieren auf dem Sauberkeitsbegriff. Die weitreichenden Interpretationsmöglichkeiten der Begriffe „sauber“ und „Sauberkeit“ (s. 2.2.1) zeigen unklare Definitionsgrenzen auf. Man könnte dies mit der Variationsbreite unseres Wortes „Schnee“ für einen Isländer vergleichen. Es könnte sein, dass der englische Begriff „clean“ der europäischen Gesetzestexte des EU-Hygienepaketes für Briten und Iren eine selbstverständliche Größe darstellte.

Die europäischen Fellklassifizierungssysteme stellen durch die Festlegung ihrer Klassen oder Stufen Mindestanforderungen an die Fellsauberkeit für eine unreglementierte Schlachtung. Vergleicht man die schriftlich und bildlich formulierten Mindestanforderungen der europäischen Systeme miteinander, fällt auf, dass keines der Vergleichskonzepte den maximal akzeptablen Fellverschmutzungsgrad ausschließlich mit dem Begriff „sauber“ definiert; auch Großbritannien nicht. Im Vergleich zu den anderen Systemen stellt Großbritannien an die als ausreichend sauber festgelegten Verschmutzungsgrade (engl. Categories 1 und 2) höhere Anforderungen. Zur Beschreibung der zur Schlachtung zulässigen Fellverschmutzungsgrade der Tiere verwenden alle europäischen Konzepte relativierende Zusatz-

beschreibungen für den originär geforderten Begriff „sauber“ (s. Tab. 8).

Zusätzlich zur Klärung des Sauberkeitsbegriffs (Reinheitsaspekt), wurden bei den eigenen Untersuchungen auch die Auswirkungen von Nässe (Feuchtigkeitsaspekt) hinsichtlich der Oberflächenverkeimung von Schlachtkörpern untersucht. Während einige Systeme Feuchtigkeit als Verschlechterung einstufen, werden in Schweden und Norwegen aus sanktionsrelevanten Gründen nur eingetrocknete und somit definitiv nicht transport- und aufstellungsbedingte Fellverschmutzungen gewertet. Diese Ungleichheit führte zur Beschreibung der Klassen 2, 4 und 6 (s. 3.1.2.2) der vorliegenden Arbeit. Der Feuchtigkeitsaspekt stellte sich als mikrobiologisch irrelevant dar (s. 4.2.1.3). Die Gründe könnten vielfältig sein. Eine mögliche Ursache könnte in der generell hohen Streuung der Ergebnisse begründet sein. Des Weiteren könnte die unvermeidbare Kontamination der Niederbruchsstelle durch Urin- und Kotabsatz (auch bei gereinigter, abgetrockneter Betäubungsbox) eine zusätzliche Feuchtigkeitsquelle geschaffen haben.

Nach HAUGE et al. (2012b) stellt feuchter Schmutz ein vermeintlich zusätzliches Risiko dar. Ein gangbarer Weg bei der Konzeption eines deutschen Fellklassifizierungssystems könnte deshalb darin bestehen, entgegen eigener Ergebnisse, Tiere der Klasse 4 vorsorglich der Überklasse III zuzuordnen.

Alle europäischen Konzepte nehmen somit Abstand von dem, was mit strengen Maßstäben als sauber oder frei von Kontaminationen anzusehen ist und ziehen die Grenze des Akzeptablen subjektiv risikoorientiert. Ein Lösungsansatz für unser deutsches Interpretationsproblem könnte darin bestehen, die Worte „sauber“ und „Sauberkeit“ der strittigen Passagen des EU-Hygienepaketes durch Attribute wie „ausreichend(e)“ zu ergänzen. Diese Begriffe sind ebenfalls subjektiv, jedoch könnte die Kopplung an eine Leitlinie mit Fellklassifizierungssystem Abhilfe schaffen. In diesem Fall wäre zu klären, welcher Verschmutzungsgrad risikoorientiert als Grenzwert Verwendung finden sollte.

Aus Vernunftsgründen sollte diese Entscheidung davon abhängen, welcher Verschmutzungsgrad aus Sicht der Schlachtbetriebe für eine hygienische Schlachtung *lege artis* ist. In Finnland, Belgien und Schweden wurden zur Festlegung der Konzepte Branchenvertreter aller Produktionsstufen sowie der verantwortlichen Ministerien mit einbezogen. Betrachtet man den Querschnitt aller

Konzepte, so liegen die Überklasse III (Verschmutzungsklassen 5 und 6) der vorliegenden Studie deutlich oberhalb einer akzeptablen Grenze. Tiere der Überklasse I (Verschmutzungsklassen 1 und 2) und die trockenen Tiere der Überklasse II (Verschmutzungsklasse 3) könnten unter Umständen dem entsprechen, was unsere europäischen Nachbarn als „ausreichend sauber“ betrachten. Im Falle eines Konzeptes mit nur zwei Überklassen müssten die Verschmutzungsklassen 3 und 4 der Überklasse II derart aufgeteilt werden, dass die trockenen Tiere (Klasse 3) der Überklasse I zugeordnet werden und im Gegenzug die nassen Tiere (Klasse 4) der Überklasse III.

5.2.2 Maßnahmen

Die europäischen Reglementierungssysteme sehen an den Schlachtbetrieben bei Überschreitung unterschiedlich hoch angesetzter Fellverschmutzungsgrade, teilweise optional und gestaffelt, an lebenden Tieren oder bei der Bearbeitung der resultierenden Schlachtkörper, die Durchführung direkter Maßnahmen vor (s. 2.3). Zusätzlich beschreiben die meisten Systeme die Verhängung finanzieller und/oder veterinärrechtlicher Sanktionen, gegen landwirtschaftliche Erzeugerbetriebe.

Die vermeintlich Einfachste der zitierten Direktmaßnahmen, der umgehende Rücktransport (zu stark) verschmutzter Rinder an deren Herkunftsort, wird in Irland (s. 2.3.2) als Option beschrieben (MCEVOY et al., 2000a). Vergleichbare Maßnahmen würden in Deutschland v.a. mit den strengen Regelungen des Tierseuchenrechtes kollidieren (§7 ViehVerkV). Ebenso stellt die in Großbritannien optionale, aber ethisch sehr fragwürdige Ultima Ratio „Tötung und Entsorgung“ (FSA, 2002) keine sinnvolle Option für ein deutsches System dar.

Die Konzepte an den Schlachtbetrieben der betrachteten EU-Staaten bestehen v.a. darin, lebende Rinder einer Reinigung oder Trocknung zu unterziehen. Zusätzlich oder anstatt dessen, sollen die Tiere logistisch geschlachtet (schmutzige Tiere getrennt von saubereren oder am Ende des Schlachttages) und die hygienische Sorgfalt des Schlachtprozesses gesteigert werden. Die Steigerung der Sorgfalt soll v.a. durch reduzierte Schlachtbandgeschwindigkeiten und weitere Bandabstände zwischen den Karkassen der sauberen und der reglementierten Rinder erreicht werden. Schweden sieht darüber hinaus bakteriologische Untersuchungen für sehr stark verunreinigte Rinder (schwedische Kategorie 3) vor (s. 2.3.5).

Scherungen von Rindern sind sowohl am Schlachtbetrieb als auch im Herkunftsbetrieb beschrieben (MCEVOY et al., 2000a, MCEVOY et al., 2000b, FSA, 2002, TEAGASC, 2005, HOUINS, 2006b), werden allerdings kontrovers diskutiert. SMALL et al. (2005) stellten fest, dass Scherungen im direkten Vorfeld zur Schlachtung keine Keimzahlreduktion bedingen. Das Scheren schnitt von allen getesteten Reinigungsmaßnahmen am schlechtesten ab. Im Durchschnitt stiegen die Gesamtkeimzahlen sogar geringgradig signifikant ($p < 0,001$) an. Als mögliche Ursachen wurden Scherstaubentwicklungen und Haarrückstände auf den Probenahmematerialien (Kratzschwämme) genannt. Kontroversen existieren auch aufgrund hoher Verletzungsrisiken, denen sich Scherer aussetzen haben (LOWMAN et al., 1997, LINDSAY et al., 2004, MIDGLEY und SMALL, 2006).

Während das Waschen lebender Rinder an Schlachthöfen und Farmen weltweit, z. B. in Australien, bei der Schlachthygiene eine Rolle spielt (MLA, 2011, AMPC, 2013), nennt nur das belgische Reglementierungssystem diese Option (HOUINS, 2006a). LOWMAN et al. (1997) sprachen sich gegen das Waschen lebender Schlachtrinder an schottischen Schlachtbetrieben aus und führten an, dass die Tiere hernach zwar sauberer aussähen, es aber lediglich, insbesondere bei fehlender Abtrocknung, zur Verteilung der Mikroorganismen auf dem gesamten Tierkörper käme. Ohne den Zusatz chemischer Wasch- und Desinfektionsmittel müssen die Keimreduktionsraten nach Fellwaschungen als gering angesehen werden (MIES et al., 2004). Die Autoren testeten sogar die Eignung chlor- und säurehaltiger Biozide in ansteigenden Konzentrationen. Sie stellten fest, dass die zur effektiven Keimvernichtung nötigen Konzentrationen wahrscheinlich aus Sicht des Tierschutzes zu hoch sind.

Die Maßnahme eines logistisch koordinierten Schlachtablaufes wurde von HAUGE et al. (2012b) getestet. Die Autoren kamen zum Schluss, dass ein gesteigertes Kontaminationsrisiko bei Schlachtung gemischter Kontaminationsklassen besteht. Dem widersprechende Ergebnisse zeigten MCEVOY et al. (2000a), allerdings unter Einschränkungen, da in ihrer Studie kein hygienischer Vorteil einer logistischen Schlachtung bestand.

Die europäischen Fellreglementierungssysteme weisen für den Umgang mit reglementierten lebenden Schlachtrindern letztendlich konzeptionelle Schwächen auf. Tierschutz, Arbeitssicherheit und schlachthygienischer Nutzen müssen in Anbetracht vorliegender Erkenntnisse in Frage gestellt werden. Bei der Konzeption eines deutschen Fellklassifizierungssystems müsste sogar abgewogen werden, ob für reglementierte lebende Schlachtrinder, in Ermangelung plausibler Alternativen, überhaupt Maßnahmen als direkt einzufordernde Konsequenzen vorgesehen werden sollten.

Ziel eines deutschen Fellreglementierungssystems sollte aus genannten Gründen sein, die Anlieferung zu stark verschmutzter Rinder an Schlachthöfe zu unterbinden oder auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Maßnahmen an lebenden Rindern, ob und welcher Art auch immer, könnten dadurch auf ein Minimum beschränkt bleiben. Dieser Ansatz würde wahrscheinlich ein monetäres und/oder veterinärrechtliches Sanktionssystem, sowie Informationskampagnen für alle beteiligten Produktionsstufen nahe legen. Alle betrachteten europäischen Konzepte zielen genau auf diese Strategie ab und basieren auf mit Sanktionssystemen gekoppelten Informations- und Beratungskampagnen (TEAGASC, 2005, HOUINS, 2006b, KCF, 2008, WAHLROOS, 2009, ANIMALIA, 2012, FSA, 2012).

Die bei Bearbeitung der Schlachtkörper reglementierter Rinder zu vollziehenden Maßnahmen sollten bei Konzeption eines deutschen Systems nicht detailliert geregelt werden, sondern auf HACCP-Konzepte verwiesen werden. Im Gegenzug könnte der erreichte Hygienestandard durch Keimzählungen, wie dies das schwedische System für Tiere des höchsten Verschmutzungsgrades (Kategorie 3) vorsieht (s. 2.3.5), speziell von Gruppen reglementierter Rinder amtlicherseits obligatorisch oder stichprobenweise verifiziert werden.

5.2.3 Europäische Konzepte im globalen Vergleich

Während europäische Fellreglementierungssysteme fast ausschließlich auf Kontaminationsvermeidung abzielen, setzen bedeutende außereuropäische Fleischproduzenten (v.a. Nordamerika und Australien) das Risiko der Exposition fellbürtiger Mikroorganismen auf Rinderschlachtkörpern als unkalkulierbar hoch voraus und verfolgen das Ziel die pathogenen Keime (v.a. *E. coli* O157:H7), vorzugsweise

technisierbar und belegbar, auf allen Produktionsebenen zu eliminieren (KOOHMARAIE et al., 2005).

Die beschriebenen europäischen Fellklassifizierungssysteme der vorliegenden Arbeit wären als Pre-Harvest-Verfahren (s. 2.3.8) einzuordnen. Während sich verschiedene Autoren dafür aussprechen Pre-Harvest-Verfahren ergänzend als erste Hürden multisequentieller Systeme anzuwenden und weiter zu erforschen (CALLAWAY, 2010, NASTASIJEVIC, 2011 zitiert nach , CALLAWAY et al., 2013b), sehen andere Autoren (KOOHMARAIE et al., 2005) multisequentielle Post-Harvest-Verfahren aufgrund der erreichbaren Keimreduktionsraten (ca. 1 bis 4 log-Stufen) als ultimatives Mittel der Wahl. Pre-Harvest-Verfahren seien demnach uneffizient und unwirtschaftlich. KOOHMARAIE et al. (2005) sprachen sich sogar dafür aus, *E. coli* O157:H7 durch eine abschließende Bestrahlung ganzer Schlachtkörperhälften sinngemäß keimfrei zu machen, da bei diesem Verfahren bis zu 4-log-Stufen abgetötet werden können.

Wie aus diesen Beispielen ersichtlich wird, werden international mittlerweile drastische Maßnahmen verwendet. Auch in Europa wurde, basierend auf einem EFSA-Gutachten (EFSA, 2011), am 24. Februar 2013 Rindfleischdekontamination durch Anwendung von 2 bis 5 %igen Milchsäurelösungen auf Schlachtkörpern sowie Hälften und Vierteln erlaubt (VO (EU) Nr. 101/2013). Dekontaminationsverfahren sind eine mögliche Maßnahme, um die Lebensmittelsicherheit und Haltbarkeit von Fleisch und Fleischerzeugnissen zu erhöhen. Allerdings sind sie in der Lage, Hygienefehler zu verschleiern und könnten als „End-of-Pipe-Technologien“ missbraucht werden (BFR, 2012). Die neue EU-Verordnung entbindet Lebensmittelunternehmer ausdrücklich nicht von den Regelungen des Hygienepaketes bzw. der VO (EG) Nr. 2073/2005. Sie regelt auch, dass Stichproben zur Bewertung der mikrobiologischen Kriterien vor der Anwendung von Milchsäurelösungen zu gewinnen sind. Ein System zur Reglementierung der Fellsauberkeit könnte einen wertvollen Beitrag zur Erfüllung dieser Maßgaben leisten. Im internationalen Kontext wurde und wird hierüber allerdings nur in Europa diskutiert.

5.3 Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Abschließend lassen sich folgende Aspekte zusammenfassen:

1. Die Begriffe „sauber“ und „Sauberkeit“ der fraglichen Passagen sollten bei möglichen Neufassungen des EU-Hygienepakets schärfer definiert und durch Attribute wie „ausreichend(e)“ ergänzt werden. Als Maßstab dessen was ausreichend ist, wäre eine Kopplung an eine Leitlinie mit Fellklassifizierungssystem sowie ein direkter Verweis auf die mikrobiologischen Kriterien (VO (EG) Nr. 2073/2005) hilfreich.
2. Zwischen visuell ansteigenden Fellverschmutzungsgraden lebender Rinder und der Oberflächenverkeimung ihrer Schlachtkörper existieren statistisch signifikante Zusammenhänge und teilweise relevante Unterschiede.
3. Für ein mögliches deutsches Fellklassifizierungssystem wäre die Verwendung von maximal drei ansteigenden Fellverschmutzungsklassen vertretbar.
4. Unter den verwendeten Indikatoren wies die aerobe mesophile Keimzahl (GKZ) die höchste Aussagekraft zur Verifizierung fellbürtig ansteigender Oberflächenverkeimungen auf, wohingegen sich *E. coli* und *Enterobacteriaceae* lediglich in Kombination mit Bestimmung der GKZ eignen.
5. Das neu entwickelte Probenahmeverfahren (s. 3.6) eignet sich technisch um nicht-destruktiv an laufenden Schlachtbändern Proben zu gewinnen. Über die Genauigkeit des Verfahrens kann basierend auf vorliegenden Ergebnissen keine Aussage gemacht werden. Für die Aufnahme als schnellere Referenzmethode gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005 müssten weitere Validierungen erfolgen.

6. Das Anliefern nicht ausreichend sauberer Schlachtrinder sollte für Erzeuger wirtschaftlich unrentabel werden, da Scherungen und Waschungen lebendiger Rinder am Schlachthof als riskant in der Ausführung, wenig effizient hinsichtlich Keimreduktion und als tierschützerisch bedenklich angesehen werden müssen.
7. Ein deutsches Reglementierungssystem könnte im Sinne eines Multi-Hurdle-Konzeptes zwar eine erste Hürde darstellen aber nicht als Garant gegen rindfleischassoziierte Ausbrüche angesehen werden.
8. Die Bilddokumentation der vorliegenden Arbeit stellt eine mögliche Grundlage für die Einteilung der Tiere in Klassen dar. Die verwendeten Perspektiven (s. 3.4.3) könnten als Grundlage beweiskräftiger Nachweisführungen dienen. Die Perspektiven 3 und 4 (Intra-mortem-Aufnahmen) sollten hierbei den Vorzug erhalten.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Rinderschlachtung stellen Fellverschmutzungen eine hauptsächliche Quelle für mikrobiologische Schlachtkörperoberflächenkontaminationen dar. Den potentiell gesundheitsgefährdenden Risiken für Endverbraucher begegnet die EU durch Rechtsvorgaben (EU-Hygienepaket). Diese sehen vor, dass nur „saubere“ Rinder geschlachtet werden dürfen, von deren Fell oder Haut kein unvertretbares Risiko durch Fleischkontaminationen ausgehen darf.

Lebensmittelunternehmer aller Produktionsstufen haben hierfür Sorge zu tragen. Amtliche Tierärzte(innen) müssen vor Ort an Schlachtbetrieben die Einhaltung der gesetzlichen Regelungen verifizieren. Problematisch ist, dass der Sauberkeitsbegriff unscharf definiert ist, was die Einschätzung von Risiken erschwert. Verschiedene europäische Staaten haben deshalb ergänzende Richtlinien mit maximal zulässigen Fellverschmutzungsgraden und Maßnahmen bei Überschreitung implementiert.

Ziel der eigenen Untersuchungen war es die Zusammenhänge zwischen Fellverschmutzungsgrad und Oberflächenkeimgehalt resultierender Rinderschlachtkörper aufzuzeigen, um Vorschläge machen zu können, ob und wie für Deutschland ähnliche Maßregelungen getroffen werden können. Ein weiteres Ziel war die Entwicklung und Erprobung einer für an laufenden Schlachtbändern praktikablen nicht-destruktiven Probenahmemethode in Anlehnung an VO (EG) Nr. 2073/2005.

Es wurde ein ansteigendes Fellklassifizierungssystem für Schlachtrinder mit sechs Verschmutzungsklassen und drei Verschmutzungsüberklassen entwickelt, wobei höhere Klassen einen höheren Verschmutzungsgrad darstellen. Insgesamt wurden 180 weibliche Rinder lebend klassifiziert, digital aus vier Perspektiven fotografiert (zwei stehend, zwei betäubt liegend) und versuchstägig in einer Gruppe gleicher oder sehr ähnlicher Verschmutzungsklassen geschlachtet und beprobt. Das entwickelte Probenahmeverfahren basiert auf der Verwendung gestielter Schwamm-tupfer, die zweimalig (vorder- und rückseitig) über vier exakt definierte Stellen des frisch enthäuteten Schlachtkörpers, durch eine längliche 100 cm² große Schablone hindurch gezogen werden. Die vier pro Tier gewonnenen Einzelproben wurden gepoolt und auf die Hygiene-Indikatoren aerobe mesophile Keimzahl (GKZ), sowie auf *Enterobacteriaceae* und *Escherichia (E.) coli* untersucht.

Nach statistischer Auswertung der Daten entsprach die Verteilung aller erhobenen logarithmierten GKZ-Einheiten einer Normalverteilungskurve. Anhand der ermittelten Keimzahlen wurden drei ordinale GKZ-Scores (Score 1: 0 bis $\leq 2 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$, Score 2: 2 bis $\leq 3 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$ und Score 3: $> 3 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$) festgelegt und der Zusammenhang mit den drei Fellverschmutzungsüberklassen geprüft.

Der Anteil an Schlachtkörpern mit höheren Keimgehalten (GKZ-Score 3) stieg mit der Verschmutzungsüberklasse deutlich an. Daneben war feststellbar, dass mit dem Anstieg der Verschmutzungsüberklasse der Anteil der in GKZ-Score 1 eingeteilten Schlachtkörper abnimmt. Es konnte gezeigt werden, dass niedrigere Überklassen im Vergleich zu höheren Überklassen einen statistisch signifikant geringeren Anteil an Tieren mit höheren Keimgehalten hatten.

Für *Enterobacteriaceae* und *E. coli* wurden nur bei circa einem Drittel der Schlachtkörper Nachweise erzielt. Mit diesen reduzierten Grundgesamtheiten konnte analog zu den Resultaten der Gesamtkeimzahlen ein Zusammenhang zwischen Anstieg der Verschmutzungsüberklasse und Häufigkeit des Nachweises von *Enterobacteriaceae* und *E. coli* bestätigt werden. Lediglich zwischen den Überklassen II und III war hier kein statistisch signifikanter Zusammenhang feststellbar.

Zusammenfassend können die beschriebenen Zusammenhänge als starkes Indiz dafür angesehen werden, dass mit ansteigenden visuellen Verschmutzungsgraden die ermittelten Keimzahlen ansteigen. Im Falle der Entwicklung eines Reglementierungssystems nicht sauberer Schlachtrinder erscheint die Verwendung von maximal drei ansteigenden Fellverschmutzungsklassen vertretbar.

Die Begriffe „sauber“ und „Sauberkeit“ der entsprechenden Passagen des EU-Hygienepakets sollten schärfer definiert und durch Attribute wie „ausreichend(e)“ ergänzt werden. Als Maßstab dessen was ausreichend ist, wäre die Kopplung an eine Leitlinie zum Einsatz eines Fellklassifizierungssystems sowie ein direkter Verweis auf die mikrobiologischen Kriterien aus VO (EG) Nr. 2073/2005 hilfreich. Die verwendeten Perspektiven könnten zur Nachweisführung eingesetzt werden, wobei die Aufnahmen liegender Tiere nach der Betäubung den Vorzug erhalten sollten.

Das neu entwickelte Probenahmeverfahren eignet sich technisch um an laufenden Schlachtbändern Proben zu gewinnen. Über die Genauigkeit des Verfahrens kann basierend auf vorliegenden Ergebnissen keine Aussage gemacht werden. Für die Aufnahme als schnellere Referenzmethode gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005 müssten weitere Validierungen erfolgen.

7 SUMMARY

Hide contamination represents a main source of microbiological contamination of carcass surface. In order to reduce the potential health risks for the consumer the EU implemented measures in the context of the regulations no. 852/-, 853/- and 854/2004. These imply that only clean cattle are suitable for slaughter in order to eliminate the risk of meat contamination via hide or skin. Food business operators are responsible for ensuring that the requirements are met. One problem is, that the meaning of cleanliness is not defined clearly enough. Therefore some European states implemented regulations for the grading of hide cleanliness.

The main objective of the own analysis was to point out the correlation between the level of hide contamination and the total bacteria count of the surfaces of the carcasses. Therefore an ascending hide cleanliness classification system for beef cattle was developed which is based on two vertical hide regions, an area measure as well as aspects of cleanliness and humidity based on three major-classes for hide-cleanliness. In total 180 female bovine cattle were classified by their hide, digitally photographed from four perspectives (two standing and two stunned) as well as slaughtered and examined in a group of equal or very similar level of contamination on test days.

The sampling technique was based on stalked sponge swabs, which were pulled over four exactly defined locations of the freshly flayed carcass twice (front and back side) through a self-developed oblong template measuring 100 cm². The four incremental samples per animal were pooled and tested for the hygiene indicators aerobic colony count as well as for *Enterobacteriaceae* count and *Escherichia coli* count.

Analyzing the data set statistically all logarithmized aerobic colony counts were normally distributed. Three ordinal scores for aerobic colony count were defined (Score 1: $0 \text{ bis } \leq 2 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$, Score 2: $2 \text{ bis } \leq 3 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$ and Score 3: $> 3 \log_{10} \text{ cm}^{-2}$) and tested in conjunction with the three major classes of hide contamination. The general finding was that the amount of animals with low total bacteria count (Score 1) decreased with higher major class. The amount of cattle with moderate

bacteria content (Score 2) increased slightly with the major class. The amount of animals with high total bacteria count (Score 3) increased substantially with the major class. It could be shown that major-class-I included a statistically significant lower amount of animals with high total bacteria count compared to major-class-II. The same held for the comparison of major-class-II and -III as well as of major-class-I and -III. *E. coli* and *Enterobacteriaceae* could be evidenced only on about a third of the carcasses and thus be analyzed in combination with the major-classes and the three Scores. Applying the reduced population respectively the same correlation could be confirmed approximately.

Overall the described correlations can be taken as indication that the considered colony counts rise with an increasing visual level of contamination. In case of development and implementation of a regulation system in Germany the application of a maximum of three ascending classes of hide contamination appears to be justifiable. Furthermore the terms „clean“ and „cleanliness“ should be complemented with attributes as „sufficient(ly)“.

8 LITERATURVERZEICHNIS

AMPC Australian meat processor corporation. (2013) Pre-slaughter cattle cleaning (washing). <http://www.ampc.com.au/site/assets/media/Factsheets/Livestock-Animal-Health-Welfare-Transport-Biosecurity/13.10-Pre-slaughter-cattle-cleaning.pdf>. Letzter Zugriff: 30.12.2013.

ANIMALIA. (2012) REINE DYR – en forutsetning for god dyrevelferd og trygg matproduksjon. http://www.animalia.no/upload/Filer_fra_gammel_losning/Filer_til_nedlasting/Animaliabrosjyrer/Reine_dyr_A4_nye_trekksatser.pdf. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

ANIMALIA; KLF; NORTURA. (2012) DEN NORSKE KJØTTBRANSJES RETNINGSLINJE AV 14.06.2012 FOR SIKRING AV HYGIENISK RÅVAREKVALITET VED SLAKTING AV STORFE, SAU OG GRIS (HYGIENISK RÅVAREKVALITET). http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fkjottbransjen.no%2Fcontent%2Fdownload%2F28384%2F560844%2Ffile%2FHygienisk_r%C3%A5varekvalitet_20121108.pdf&ei=NDgTU7WXLMTQtQbSwYcGCA&usg=AFQjCNFx_ABdLR9ldM1kPfbx1fW3NRYNyQ&bvm=bv.62286460,d.Yms. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

ANONYMUS. (2004a) Baden-Württembergische Leitlinie für eine gute Hygiene-Praxis in Schlacht-, Zerlegungs- und Fleischverarbeitungsbetrieben (Version 1 Stand 09.11.2004). <http://www.mlr.baden-wuerttemberg.de/mlr/bse/Leitlinien03-05-04.pdf>. Letzter Zugriff: 02.03.2013.

ANONYMUS. (2004b) ELÄINTEN LANTAISUUDEN ARVOSTELUOHJE (Bewertungsanleitung für verschmutzte Tiere). (Persönliche Mitteilung).

ANONYMUS. (2009a) Enterohemorrhagic *Escherichia coli* Infections. http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/e_coli.pdf. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

ANONYMUS. (2009b) Leitfaden für die Durchführung einzelner Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs. http://ec.europa.eu/food/food/biosafety/hygienelegislation/guidance_doc_853-2004_de.pdf. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

ANONYMUS. (2013) Production Best Practices (PBP) to Aid in the Control of Foodborne Pathogens in Groups of Cattle. http://www.bifsc.org/CMDocs/BIFSCO/BestPractices/Production_Best_Practices.pdf. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

ANTIC, D.; BLAGOJEVIC, B.; DUCIC, M.; NASTASIJEVIC, I.; MITROVIC, R.; BUNCIC, S. (2010) Distribution of microflora on cattle hides and its transmission to meat via direct contact. Food Control 21(7): 1025-29.

ARTHUR, T. M.; BOSILEVAC, J. M.; NOU, X.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L.; KENT, M. P.; JARONI, D.; PAULING, B.; ALLEN, D. M.; KOOHMARAIE, M. (2004)

Escherichia coli O157 prevalence and enumeration of aerobic bacteria, *Enterobacteriaceae*, and *Escherichia coli* O157 at various steps in commercial beef processing plants. J Food Prot 67(4): 658-65.

BACHMANN, A.; GEDEK, B.; MAHNEL, H.; MAYR, A.; SCHELS, H. (1984) Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. In: Rolle/Mayr, (Hrsg.). 5. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

BACON, R. T.; BELK, K. E.; SOFOS, J. N.; CLAYTON, R. P.; REAGAN, J. O.; SMITH, G. C. (2000) Microbial populations on animal hides and beef carcasses at different stages of slaughter in plants employing multiple-sequential interventions for decontamination. J Food Prot 63(8): 1080-6.

BAUMGART, J. (2011) Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln. Behr's Verlag, Hamburg.

BELL, R. G. (1997) Distribution and sources of microbial contamination on beef carcasses. J Appl Microbiol 82(3): 292-300.

BELL, B. P.; GOLDOFT, M.; GRIFFIN, P. M.; DAVIS, M. A.; GORDON, D. C.; TARR, P. I.; BARTLESON, C. A.; LEWIS, J. H.; BARRETT, T. J.; WELLS, J. G.; ET AL. (1994) A multistate outbreak of *Escherichia coli* O157:H7-associated bloody diarrhea and hemolytic uremic syndrome from hamburgers. The Washington experience. JAMA 272(17): 1349-53.

BFR. (2012) Standortbestimmung und Perspektiven: Verbesserungen der Fleischhygiene durch Dekontamination? <http://www.bfr.bund.de/cm/343/standortbestimmung-und-perspektiven-verbesserungen-der-fleischhygiene-durch-dekontamination.pdf>. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

BLAGOJEVIC, B.; ANTIC, D.; DUCIC, M.; BUNCIC, S. (2012) Visual cleanliness scores of cattle at slaughter and microbial loads on the hides and the carcasses. Vet Rec 170(22): 563.

BORTZ, J.; LIENERT, G. A. (2008a) Beurteilung von Verlaufskurven. In: Bortz J., Lienert G. A., (Hrsg.): Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung. 3. Aufl., Springer Medizin Verlag Heidelberg, 217 - 22.

BORTZ, J.; LIENERT, G. A. (2008b) Der Fisher-Yates-Test. In: Bortz J., Lienert G. A., (Hrsg.): Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung. 3. Aufl., Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 84 - 88.

BORTZ, J.; LIENERT, G. A. (2008c) Der Mehrfelder-Chi-Quadrat-Test (Goodness-of-fit-Test). Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung. 3. Aufl., Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 76 - 82.

BORTZ, J.; LIENERT, G. A.; BOEHNKE, K. (2008d) Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. 3. Aufl., Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 206 - 08.

BÜLTE, M. (1996) Pathogene und toxinogene Mikroorganismen - Zoonose-Erreger. In: Weber, H, (Hrsg.): Mikrobiologie der Lebensmittel Fleisch und Fleischerzeugnisse. 1. Aufl.,

Behr's Verlag GmbH & Co., Hamburg, 221-43.

BÜLTE, M. (2003) Pathogene und toxinogene Mikroorganismen - Zoonose-Erreger. In: Weber, H, (Hrsg.): Mikrobiologie der Lebensmittel (Fleisch - Fisch - Feinkost). 1. Aufl., B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG, Hamburg, Deutschland, 223 - 48.

CALLAWAY, T. R. (2010) Pre-Harvest Control of *E. coli* O157:H7. [http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/Pre-Harvest Control of E. coli% Literature Review.pdf](http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/Pre-Harvest%20Control%20of%20E.coli%20Literature%20Review.pdf). Letzter Zugriff: 02.03.2014.

CALLAWAY, T. R.; ANDERSON, R. C.; EDRINGTON, T. S.; GENOVESE, K. J.; BISCHOFF, K. M.; POOLE, T. L.; JUNG, Y. S.; HARVEY, R. B.; NISBET, D. J. (2004) What are we doing about *Escherichia coli* O157:H7 in cattle? http://www.animal-science.org/content/82/13_suppl/E93.full.pdf+html. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

CALLAWAY, T. R.; EDRINGTON, T. S.; LONERAGAN, G. H.; CARR, M. A.; NISBET, D. J. (2013a) REVIEW Current and near-market intervention strategies for reducing Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* (STEC) shedding in cattle. <http://afabjournal.com/wp-content/uploads/AFAB-103-120.pdf>. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

CALLAWAY, T. R.; EDRINGTON, T. S.; LONERAGAN, G. H.; CARR, M. A.; NISBET, D. J. (2013b) REVIEW Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* (STEC) Ecology in Cattle and Management Based Options for Reducing Fecal Shedding. <http://afabjournal.com/wp-content/uploads/39-Callaway.pdf>. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

CHASE-TOPPING, M.; GALLY, D.; LOW, C.; MATTHEWS, L.; WOOLHOUSE, M. (2008) Super-shedding and the link between human infection and livestock carriage of *Escherichia coli* O157. *Nat Rev Microbiol* 6(12): 904-12.

DAVIES, M. H.; HADLEY, P. J.; STOSIC, P. J.; WEBSTER, S. D. (2000) Production factors that influence the hygienic condition of finished beef cattle. *Vet Rec* 146(7): 179-83.

DUDEN. (2013) sauber. <http://www.duden.de/rechtschreibung/sauber>. Letzter Zugriff: 28.05.2013.

EFSA. (2011) Scientific Opinion on the evaluation of the safety and efficacy of lactic acid for the removal of microbial surface contamination of beef carcasses, cuts and trimmings. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2317.pdf>. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

EUZÉBY, J. P. (2012) List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature. <http://www.bacterio.cict.fr/classifgenerafamilies.html> - [Enterobacteriaceae](#). Letzter Zugriff: 30.12.12.

FEHLHABER, K. (1992a) Lebensmittelverderb. In: Fehlh Haber K., Janetschke P., (Hrsg.): Veterinärmedizinische Lebensmittelhygiene. 1. . Aufl., Gustav Fischer Verlag Jena - Stuttgart, Jena, 126-33.

FEHLHABER, K. (1992b) Ursachen von Gesundheitsschädigungen durch Lebensmittel (2.1. Mikroorganismen). In: Fehlh Haber K., Janetschke P., (Hrsg.): Veterinärmedizinische

Lebensmittelhygiene. 1. Aufl., Gustav Fischer Verlag Jena - Stuttgart, Jena, 24 - 82.

FSA. (2002) Red Meat Safety & Clean Livestock. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/publication/redmeatsafety.pdf>. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

FSA. (2012) Clean livestock guidance. <http://www.food.gov.uk/business-industry/farmingfood/cleancattleandmeatsafety/> - .UKzmvW. Letzter Zugriff: 22.11.2012.

GAO United States Government Accountability Office. (2012) Preslaughter Interventions Could Reduce *E. coli* in Cattle. <http://www.gao.gov/assets/590/589160.pdf>. Letzter Zugriff: 02.03.2013.

GAREIS, M.; R., P.; BREY, N.; STEINBRÜCK, H. (2000) Nachweis Verotoxin-bildender *E. coli* (VTEC) bei gesunden Mitarbeitern eines Fleisch verarbeitenden Betriebes. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch- Gesundheitsschutz 43: 781-87.

GILL, C. O. (1979) A review: intrinsic bacteria in meat. J Appl Bacteriol 47(3): 367-78.

GILL, C. O. (2004) Visible contamination on animals and carcasses and the microbiological condition of meat. J Food Prot 67(2): 413-9.

GILL, C. O.; BADONI, M. (2010) Effects of experience with swabbing procedures on the numbers of bacteria recovered from carcasses by swabbing with sponges. J Food Prot 73(4): 747-51.

GILL, C. O.; JONES, T. (2000) Microbiological sampling of carcasses by excision or swabbing. J Food Prot 63(2): 167-73.

GILL, C. O.; MCGINNIS, J. C.; BADONI, M. (1995) Assessment of the Hygienic Characteristics of a Beef Carcass Dressing Process. J Food Prot 59(2): 136-40.

GOLAN, E.; ROBERTS, T.; SALAY, E.; CASWELL, J.; OLLINGER, M.; MOORE, D. United States Department of Agriculture (USDA). (2004) Food Safety Innovation in the United States. <http://www.ers.usda.gov/media/494174/aer831.pdf>. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

GRÄTZ. (1982) Sauberkeit der Schlachttiere. Fleischwirtschaft 62(9): 1046-48.

GRAU, F. (1979) Fresh Meats: Bacterial Association. Archiv für Lebensmittelhygiene 30: 87-92.

GURDAN, P.; ERNST, R. (1989) Gute Herstellungspraxis im Schlachthof. Swiss vet 1990(7): 15-18.

HADLEY, P. J.; HOLDER, J. S.; HINTON, M. H. (1997) Effects of fleece soiling and skinning method on the microbiology of sheep carcasses. Vet Rec 140(22): 570-4.

HAPPE, B. (1993) Hygienestatus von Rinderschlachtierkörpern nach Vorenthäutung auf einem Schragenförderband im Vergleich zur vertikalen Bandschlachtung. Freie Universität Berlin, Berlin 1993.

HÄSLER, S.; LAUFFER, M.; SCHLEISS, M. (1989) Hygiene beim Schlachten. Swiss food 1989(11(10)): 21-27.

HAUGE, S. J. (2012) (Persönliche Mitteilung).

HAUGE, S. J.; KIELLAND, C.; RINGDAL, G.; SKJERVE, E.; NAFSTAD, O. (2012a) Factors associated with cattle cleanliness on Norwegian dairy farms. Journal of Dairy Science 95(5): 2485-96.

HAUGE, S. J.; NAFSTAD, O.; RØTTERUD, O.-J.; NESBAKKEN, T. (2012b) The hygienic impact of categorisation of cattle by hide cleanliness in the abattoir. Food Control 27(1): 100-07.

HESS, E.; LOTT, G. (1970) Kontamination des Fleisches während und nach der Schlachtung. Fleischwirtschaft 50: 47-50.

HESSE, S. (1991) Mikrobiologische Prozeßkontrolle am Rinderschlachtband unter besonderer Berücksichtigung technologisch bedingter Hygieneschwachstellen. [Dissertation]. Freie Universität Berlin.

HOUINS, G. (2006a) Guter Zustand des Fells für sicheres Fleisch. http://www.favv-afsca.be/themenbezogenenveroeffentlichungen/_documents/2007-02-12-_Broschure.pdf. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

HOUINS, G. (2006b) Kategorien von Tieren. http://www.favv-afsca.be/themenbezogenenveroeffentlichungen/_documents/2007-02-12_Faltblatt.pdf. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

INGRAM, M.; ROBERTS, T. A. (1976) The microbiology of the red meat carcass and the slaughterhouse. R Soc Health J 96(6): 270-6.

JERZEMBECK, R. (1977) Probleme der Hygiene und Technik der mechanischen Enthäutung von Rindern. SVZ schlachten und vermarkten 1977(3): 73-108.

KASPROWIAK, R.; HECHELMANN, H. (1991) Schwachstellen der Hygiene in Schlacht-, Zerlege- und Verarbeitungsbetrieben. Fleischwirtschaft 71(5): 514-28.

KCF. (2008) Ny norm för bedömning av gödselörorenade gödselörorenade slaktdjur. http://www.jordbruksverket.se/download/18.595401461210ae2d589800032972/KCF_norm%2Bf%C3%B6r%2Bbed%C3%B6mning%2Bav%2Bg%C3%B6dsel%C3%B6rorenade%2Bslaktdjur%2B2008.pdf. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

KIERMEIER, F. (1981) Zum Vorkommen von Schmutz in Lebensmitteln. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung 173(2): 121-26.

KOOHMARAIE, M.; ARTHUR, T. M.; BOSILEVAC, J. M.; GUERINI, M.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L. (2005) Post-harvest interventions to reduce/eliminate pathogens in beef. *Meat Sci* 71(1): 79-91.

KRÄMER, J. (2011) *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 6. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

KRAUS, H.; WEBER, A.; APPEL, M.; ENDERS, B.; V. GRAEVENITZ, A.; ISENBERG, H. D.; SCHIEFER, H. G.; SLENCZKA, W.; ZAHNER, H. (2004) *Zoonosen*. 3. Aufl., Deutscher Ärzte-Verlag Köln.

LEISTNER, L. (2000) Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *Int J Food Microbiol* 55(1-3): 181-6.

LEJEUNE, J. T.; WETZEL, A. N. (2007) Preharvest control of *Escherichia coli* O157 in cattle. *J Anim Sci* 85(13 Suppl): E73-80.

LINDSAY, S.; SELVARAJ, S.; MACDONALD, J. W.; GODDEN, D. J. (2004) Injuries to Scottish farmers while tagging and clipping cattle: a cross-sectional survey. *Occup Med (Lond)* 54(2): 86-91.

LOWMAN, B. G.; SYNGE, B.; CALDOW, G. (1997) TN468: Producing Clean Slaughter Cattle.

[http://www.sruc.ac.uk/downloads/file/1346/tn468_producing_clean_slaughter_cattle:](http://www.sruc.ac.uk/downloads/file/1346/tn468_producing_clean_slaughter_cattle)
Letzter Zugriff: 06.01.2014.

LÜCKE, F.-K.; TROEGER, K. (2007) Mikrobiologische Risiken. In: Branscheid, W, Honikel, KO, von Lengerken, G, Troeger, K, (Hrsg.): *Qualität von Fleisch und Fleischwaren - Band 2*. Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, Deutschland, 553 - 633.

MACKEY, B. M.; ROBERTS, T. (1990) Hazard analysis and critical control points programmes in relation to slaughter hygiene. *Proc World Assoc Vet Food Hygienists*.

MARX, M.; REUTER, G. (1974) Erhebungen über Häufigkeit und Bewertung des sogenannten unspezifischen Keimgehalts bei der amtlichen Bakteriologischen Untersuchung. *Archiv für Lebensmittelhygiene* 25: 49-53.

MCEVOY, J. M.; DOHERTY, A. M.; FINNERTY, M.; SHERIDAN, J. J.; MCGUIRE, L.; BLAIR, I. S.; MCDOWELL, D. A.; HARRINGTON, D. (2000a) The relationship between hide cleanliness and bacterial numbers on beef carcasses at a commercial abattoir. *Lett Appl Microbiol* 30(5): 390-5.

MCEVOY, J. M.; DOHERTY, A. M.; SHERIDAN, J. J.; MCGUIRE, L. (2000b) Contamination of Beef Carcasses during Hide Removal and use of a Test Bacterial Decontamination System on Beef Hide. <http://www.teagasc.ie/research/reports/foodprocessing/4577/eopr-4577.pdf>.
Letzter Zugriff: 02.03.2014.

MIDGLEY, J.; SMALL, A. *Meat & Livestock Australia*. (2006) Review of new and emerging technologies for red meat safety. http://www.meatupdate.csiro.au/new/Review_of_new

[and emerging technologies for red meat safety.pdf](#): Letzter Zugriff: 02.03.2014.

MIES, P. D.; COVINGTON, B. R.; HARRIS, K. B.; LUCIA, L. M.; ACUFF, G. R.; SAVELL, J. W. (2004) Decontamination of cattle hides prior to slaughter using washes with and without antimicrobial agents. *J Food Prot* 67(3): 579-82.

MLA Meat & Livestock Australia (MLA). (2011) Implementing a framework for water and energy resource monitoring and efficiency in feedlots. <http://www.mla.com.au/CustomControls/PaymentGateway/ViewFile.aspx?CS/iG0Qq8t7HEK8R1TCByVCCfxeNhcU9d9vgJs4XluSykKYWMpEps3oe726FinPM3EYMKKAfsht7d1Tnt3BqiA==>: Letzter Zugriff: 30.12.2013.

MOJE, M. (1994) Technik und Hygiene beim Schlachten von Rindern. Institut für Technologie der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach, Kulmbach.

NASTASIJEVIC, I. (2011) STEC O157 in the beef chain - risk assessment and management. In: Hemming, D, (Hrsg.): *Animal Science Reviews 2011*. CAB International.

NEWTON, K. G.; HARRISON, J. C.; WAUTERS, A. M. (1978) Sources of psychrotrophic bacteria on meat at the abattoir. *J Appl Bacteriol* 45(1): 75-82.

NICKEL, R.; SCHUMMER, A.; SEIFERLE, E. (2001) Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I - Bewegungsapparat. 7. Aufl., Parey Verlag, Berlin und Hamburg.

NOTTINGHAM, P. M.; PENNEY, N.; HARRISON, J. C. (1973) Microbiology of beef processing - I. Beef dressing hygiene. *New Zealand journal of agricultural research* 17: 79-83.

PATTERSON, J. T.; GIBBS, P. A. (1978) Sources and properties of some organisms isolated in two abattoirs. *Meat Sci* 2(4): 263-73.

PEARCE, R. A.; BOLTON, D. J. (2005) Excision vs sponge swabbing - a comparison of methods for the microbiological sampling of beef, pork and lamb carcasses. *J Appl Microbiol* 98(4): 896-900.

PENNINGTON, H. (1998) Factors involved in recent outbreaks of *Escherichia coli* O157:H7 in Scotland and recommendations for its control. *Journal of Food Safety* 18(4): 383-91.

PENNINGTON, H. Queen's Printer and Controller of HMSO. (2009) The Public Inquiry into the September 2005 Outbreak of *E. coli* O157 in South Wales. <http://wales.gov.uk/ecolidocs/3008707/reporten.pdf?lang=en>: Letzter Zugriff: 02.03.2014.

PENNINGTON, H. (2010) *Escherichia coli* O157. *Lancet* 376(9750): 1428-35.

PEPPERELL, R.; REID, C. A.; SOLANO, S. N.; HUTCHISON, M. L.; WALTERS, L. D.; JOHNSTON, A. M.; BUNCIC, S. (2005) Experimental comparison of excision and swabbing microbiological sampling methods for carcasses. *J Food Prot* 68(10): 2163-8.

PRÄNDL, O. (1988) Schlachten von Tieren, ausgenommen Geflügel In: Prändl, O, Fischer, A, Schmidhofer, T, Sinell, H-J, (Hrsg.): Fleisch (Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung). 1. Aufl., Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, Deutschland, 28-172.

RASCH, B.; FRIESE, M.; HOFMANN, W.; NAUMANN, E. (2010a) 5 Einfaktorielle Varianzanalyse. Quantitative Methoden, Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler, Band 2. Heidelberg Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1 - 44.

RASCH, B.; FRIESE, M.; HOFMANN, W.; NAUMANN, E. (2010b) 5.4 Post-Hoc-Analysen. Quantitative Methoden, Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler, Band 2. Heidelberg Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 45.

REID, C. A.; SMALL, A.; AVERY, S. M.; BUNCIC, S. (2002) Presence of food-borne pathogens on cattle hides. Food Control 13(6-7): 411-15.

REUTER, G. (1984) Die Problematik mikrobiologischer Normen bei Fleisch. Archiv für Lebensmittelhygiene 35(1): 106-09.

REUTER, G. (2003) Mikrobiologie des Fleisches. In: Weber, H, (Hrsg.): Mikrobiologie der Lebensmittel (Fleisch - Fisch - Feinkost). 1. Aufl., B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG, Hamburg, Deutschland, 1 - 111.

RIDELL, J.; KORKEALA, H. (1993) Special treatment during slaughtering in Finland of cattle carrying an excessive load of dung; Meat hygienic aspects. Meat Sci 35(2): 223-8.

RKI. (2012) Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2011. http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Jahrbuch/Jahrbuch_2011.pdf?__blob=publicationFile. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

ROBERTS, T. A. (1980) Contamination of meat. The effects of slaughter practices on the bacteriology of the red meat carcass. R Soc Health J 100(1): 3-9.

SEAGER, T.; TAMPLIN, M. L.; LORIMER, M.; JENSON, I.; SUMNER, J. (2010) How effective is sponge sampling for removing bacteria from beef carcasses. Food Protection Trends 2010(30/506/51): 336-39.

SELBITZ, H.-J. (2007) Bakterielle Krankheiten der Tiere. In: Mayr, A, (Hrsg.): Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. 8. Aufl., Enke Verlag, Stuttgart, 393-557.

SERRAINO, A.; BARDASI, L.; RIU, R.; PIZZAMIGLIO, V.; LIUZZO, G.; GALLETTI, G.; GIACOMETTI, F.; Merialdi, G. (2012) Visual evaluation of cattle cleanliness and correlation to carcass microbial contamination during slaughtering. Meat Sci 90(2): 502-6.

SHAFFER, J. P. (1995) Multiple Hypothesis Testing. Annual Review of Psychology 46: 561-84.

SINELL, H.-J. (1988) Mikrobiologie des Fleisches In: Prändl, O, Fischer, A, Schmidhofer, T, Sinell, H-J, (Hrsg.): Fleisch (Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung). 1.

Aufl., Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, Deutschland, 173 - 97.

SMALL, A.; WELLS-BURR, B.; BUNCIC, S. (2005) An evaluation of selected methods for the decontamination of cattle hides prior to skinning. *Meat Sci* 69(2): 263-8.

SNIJDERS, J. (1988) Good Manufacturing Practices an Schlachtlinien. *Fleischwirtschaft* 68 (6): 709-17.

SNIJDERS, J.; GERATS, G. E.; VAN LOGTESTIJN, J. G. (1984) Good Manufacturing Practices During Slaughtering. *Archiv für Lebensmittelhygiene* 35, 97-120: 99-103.

TÄNDLER, K. (1974) Beobachtungen auf der IFFA 74: Bewährtes und Neues. *DIE FLEISCHWIRTSCHAFT* 54(9): 1434-35.

TEAGASC. (2005) Producing Clean Cattle <http://www.teagasc.ie/publications/2005/855/ProducingCleanCattle.pdf>. Letzter Zugriff: 02.03.2014.

TROEGER, K. (1993) Gewichtung von Hygienierisiken im Schlachtprozeß. *Fleischwirtschaft* 71: 1102-16.

TROEGER, K. (2007) Fleischgewinnung und -behandlung. In: Branscheid, W, Honikel, KO, von Lengerken, G, Troeger, K, (Hrsg.): *Qualität von Fleisch und Fleischwaren - Band 1*. 2. Aufl., Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, Deutschland, 405-505.

UNTERMANN, F.; MITAUTOREN. (1991) Erfahrungen mit Oberflächenkeimzahlbestimmungen an Schlachttierkörpern. Arbeitstagung "Lebensmittelhygiene" der DVG.

VAN DONKERSGOED, J.; JERICHO, K. W. F.; GROGAN, H.; THORLAKSON, B. (1997) Preslaughter Hide Status of Cattle and the Microbiology of Carcasses. *J Food Prot* 60(12): 1502-08.

WAHLROOS, T. (2009) NAUTOJEN LANTAISUUDEN TORJUNNAN OHJEISTUS (Die Vorschrift zur Bekämpfung von Kuhdung - Projektarbeit). http://www.jamk.fi/Global/Hankeet/Maitoa_jauhelihaa/Materiaalit/23640_NAUTOJEN_LANTAISUUDEN_TORJUNNAN_OHJEISTUS_8.12.09.pdf. Letzter Zugriff: 01.03.2014.

WINKLER, D.; HARRIS, K. (2009) Reference Document: Antimicrobial Interventions for Beef. http://www.haccpalliance.org/sub/Antimicrobial_Interventions_for_Beef.pdf. Letzter Zugriff: 30.09.2013.

YAZICI, B.; YOLACAN, S. (2007) A comparison of various tests of normality. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 77(2): 175-84.

Gesetze und Normen:

Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren; Bekanntmachung nach § 64 Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB); in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Juli 2009 (BGBl. S. 2205), das durch die Verordnung vom 3. August 2009 (BGBl. I S. 2630) geändert worden ist.

Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 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. EG Nr. L 31 vom 01. Februar 2002, S. 1), zuletzt geändert durch Anh. Nr. 5.9 ÄndVO (EG) 596/2009 vom 18. 6. 2009 (ABl. Nr. L 188 S. 14).

Verordnung (EG) Nr. 852/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April über Lebensmittelhygiene. (ABl. EG Nr. L 139 vom 30. April 2004, S. 1), zuletzt geändert durch Anh. Nr. 6.7. ÄndVO (EG) 219/2009 vom 11. 3. 2009 (ABl. Nr. L 87 S. 109).

Verordnung (EG) Nr. 853/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs. (ABl. EG Nr. L 226 vom 25. Juni 2004, S. 22), Zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO (EU) 786/2013 vom 16. 8. 2013 (ABl. Nr. L 220 S. 14).

Verordnung (EG) Nr. 854/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs. (ABl. EG Nr. L 226 vom 25. Juni 2004, S. 83), zuletzt geändert durch Art. 1 Abs. 1 ÄndVO (EU) 517/2013 vom 13. 5. 2013 (ABl. Nr. L 158 S. 1).

Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 der Kommission vom 15. November 2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel. (ABl. EG Nr. L 338, 22.12.2005, S. 1), zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO (EU) 1019/2013 vom 23. 10. 2013 (ABl. Nr. L 282 S. 46).

Verordnung zum Schutz gegen die Verschleppung von Tierseuchen im Viehverkehr (Viehverkehrsverordnung – ViehVerkV)¹⁾ Vom 3. März 2010 (BGBl. I Nr. 9 vom 8.3.2010, S. 204) geändert durch Artikel 15 der VO vom 13 Dezember 2011 (BGBl. I v. 21. Dezember 2011, S: 2720) geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044)

Verordnung (EU) Nr. 101/2013 der Kommission vom 4. Februar 2013 über die Verwendung von Milchsäure zur Verringerung mikrobiologischer Oberflächenverunreinigungen von Rinderschlachtkörpern.

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Übertragung von <i>E. coli</i> O157 (nach PENNINGTON, 2010).....	21
Abb. 2: Britische CLP „Category 1 – Clean and dry“ (nach FSA, 2002).....	25
Abb. 3: Britische CLP „Category 2 – Slightly Dirty“ (nach FSA, 2002).....	25
Abb. 4: Britische CLP „Category 3 – Dirty“ (nach FSA, 2002).....	25
Abb. 5: Britische CLP „Category 4 – Very Dirty“ (nach FSA, 2002).....	26
Abb. 6: Britische CLP „Category 5 – Filthy and Wet“ (nach FSA, 2002).....	26
Abb. 7: Irische Clean Livestock Policy – Categories (nach TEAGASC, 2005).....	29
Abb. 8: Belgisches Kurvenmodell (nach HOUINS, 2006b).....	31
Abb. 9: Finnische Bewertungsanleitung - Stufe 1 (nach ANONYMUS, 2004b).....	34
Abb. 10: Finnische Bewertungsanleitung – Stufe 2 (nach ANONYMUS, 2004b).....	34
Abb. 11: Schwedische Norm – Kategorien und Maßnahmen (nach KCF, 2008).....	37
Abb. 12: Typische Tiere der drei norwegischen Fellsauberheitskategorien.....	40
Abb. 13: Verlauf „Grünen Linie“ (modifiziert nach NICKEL et al., 2001).....	47
Abb. 14: Prozessabschnitte Schlachtung u. Arbeitsstationen Versuch.....	53
Abb. 15: Perspektive 1 - Hintere Untersicht von rechts.....	58
Abb. 16: Perspektive 2 - Hintere Untersicht von links.....	58
Abb. 17: Perspektive 3 - Kaudoventralaufnahme in Seitenlage.....	59
Abb. 18: Perspektive 4 - Kaudoventralaufnahme in Rückenlage.....	59
Abb. 19: Boden direkt nach Reinigung per Kaltwasserstrahl.....	61
Abb. 20: Boden nach manueller Trocknung.....	61
Abb. 21: Kunststoffboxen und Probenahmematerial.....	63
Abb. 22: Probenahmestelle 1 anatomisch.....	64
Abb. 23: Probenahmestelle 1 mit Schablone und Tupfer.....	64
Abb. 24: Probenahmestelle 2 anatomisch (modifiziert nach NICKEL et al., 2001).....	65
Abb. 25: Probenahmestelle 2 mit Schablone und Tupfer.....	65
Abb. 26: Probenahmestelle 3 anatomisch (modifiziert nach NICKEL et al., 2001).....	66
Abb. 27: Probenahmestelle 3 mit Schablone und Tupfer.....	66
Abb. 28: Probenahmestelle 4 anatomisch (modifiziert nach NICKEL et al., 2001).....	67
Abb. 29: Probenahmestelle 4 mit Schablone und Tupfer.....	67
Abb. 30: Kratzschwämme 2-reihig aufgehängt in eröffneten Beuteln.....	68
Abb. 31: Übersichtsdarstellung z. B. Kuh Nr. 67 (Verschmutzungsstufe 3).....	70
Abb. 32: Laboruntersuchungen schematisch.....	74
Abb. 33: Normalverteilungskurve aller erhobenen logarithmierten GKZ-Einheiten.....	76
Abb. 34: Beispiel Verschmutzungsstufe 1 (Tier Nr. 11).....	77
Abb. 35: Beispiel Verschmutzungsstufe 2 (Tier Nr. 91).....	78
Abb. 36: Beispiel Verschmutzungsstufe 3 (Tier Nr. 84).....	79
Abb. 37: Verschmutzungsstufe 4 (Tier Nr. 24).....	80
Abb. 38: Verschmutzungsstufe 5 (Tier Nr. 50).....	81
Abb. 39: Verschmutzungsstufe 6 (Tier Nr. 1).....	82
Abb. 40: Boxplot-Diagramm für Mittelwerte des Parameters GKZ für die nach Elektrobetäubung untersuchten Verschmutzungsstufen.....	84
Abb. 41: Boxplot-Diagramm für Mittelwerte des Parameters GKZ für die Unterschiede innerhalb der Verschmutzungsstufen 1, 3 und 5 in Abhängigkeit von der Betäubungsmethode.....	85
Abb. 42: Boxplot-Diagramm für Mittelwerte des Parameters GKZ.....	86
Abb. 43: Boxplot-Diagramm für Mittelwerte des Parameters GKZ für die Unterschiede zwischen benachbarten Überstufen.....	88
Abb. 44: Kombination der Überstufe I mit GKZ-Scores.....	90
Abb. 45: Kombination der Überstufe II mit GKZ-Scores.....	90
Abb. 46: Kombination der Überstufe III mit GKZ-Scores.....	90
Abb. 47: Edelstahlschablone LGL (nach Brecheisen, Stenzel-Kaiser und Krüger).....	133

10 TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Bedeutung der Begriffe „Kontamination“ und „Schmutz“	6
Tab. 2: Hygieneschwachstellen des Rinderschlachtprozesses	18
Tab. 3: Irische Cleanliness Categories (nach MCEVOY et al., 2000a)	28
Tab. 4: Belgische Kategorien und Maßnahmen (nach HOUINS, 2006b)	31
Tab. 5: Finnische Stufen und Maßnahmen (nach ANONYMUS, 2004b).....	33
Tab. 6: Schwedische Kategorien und Maßnahmen (nach KCF, 2008)	36
Tab. 7: Norwegische Kategorien und Maßnahmen (nach ANIMALIA, 2012)	40
Tab. 8: Europäische Fellverschmutzungsgrade mit Schlachteignung	42
Tab. 9: Verschmutzungsklassen LGL-Versuch.....	48
Tab. 10: Übersicht über die Arbeitsbereiche am Schlachthof; vgl. Abb. 14.....	54
Tab. 11: Beschreibende Statistik aller Klassen und Betäubungsmethoden	83
Tab. 12: Beschreibende Statistik Überklassen	87
Tab. 13: Kreuztabelle Kombination GKZ-Scores mit Überklassen	89
Tab. 14: Kreuztabelle positive <i>Enterobacteriaceae</i> und Verschmutzungsklassen	92
Tab. 15: Kreuztabelle positive <i>Enterobacteriaceae</i> , GKZ-Scores und Überklassen	93
Tab. 16: Kreuztabelle positive <i>E. coli</i> und Verschmutzungsklassen.....	95
Tab. 17: Kreuztabelle positive <i>E. coli</i> , GKZ-Scores und Überklassen.....	96
Tab. 18: Nährmedien	134
Tab. 19: Zusammensetzung Verdünnungsflüssigkeit.....	134
Tab. 20: Gebrauchsmaterialien.....	135
Tab. 21: Verbrauchsmaterialien.....	136
Tab. 22 (a, b, c): Ergebnisse getrennt nach Verschmutzungsklassen und unterteilt nach Betäubungsmethoden - Überklasse I.....	137
Tab. 23 (a, b, c): Ergebnisse getrennt nach Verschmutzungsklassen und unterteilt nach Betäubungsmethoden - Überklasse II.....	138
Tab. 24 (a, b, c): Ergebnisse getrennt nach Verschmutzungsklassen und unterteilt nach Betäubungsmethoden - Überklasse III.....	139
Tab. 25: Approved food safety technologies for red meat supply chain (modifiziert nach MIDGLEY und SMALL, 2006).....	140

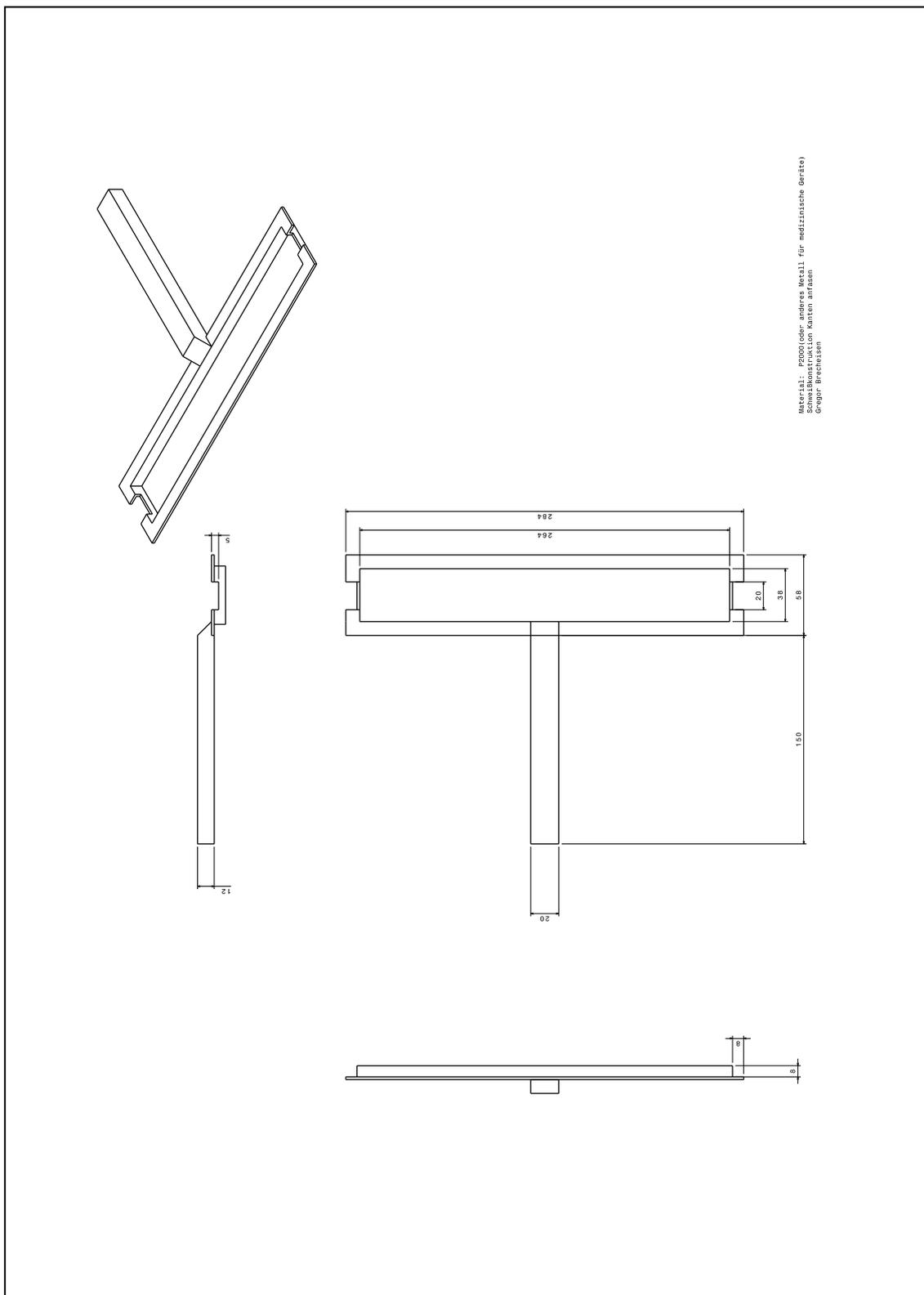
11 ANHANG

Abb. 47: Edelstahlschablone LGL (nach Brecheisen, Stenzel-Kaiser und Krüger)

Tab. 18: Nährmedien

Nährboden (Synonyme)	Hersteller Nummer Zusätze	Mengen
PC-Agar (Caseinpepton-Glucose-Hefeextrakt-Agar) (Plate-Count-Agar)	Fa. Merck KGaA, Darmstadt, D 105463 Aqua dest.	23,5 g Ad 1000 ml
REC-Agar (Rapid <i>E.coli</i> 2 Agar)	Fa. Bio-Rad Laboratories Inc., Hercules, USA 3564024 Aqua dest.	37 g Ad 1000 ml
VRBD-Agar (Kristallviolett-Neutralrot-Galle-Glucose- Agar nach MOSSEL) (Crystal-violet neutral-red bile dextrose agar acc. To MOSSEL)	Fa. Merck KGaA, Darmstadt, D 110275 Aqua dest.	39,95 g Ad 1000 ml

Tab. 19: Zusammensetzung Verdünnungsflüssigkeit

Komponente	Hersteller Nummer	Mengen
Agar Agar	Fa. Merck KGaA, Darmstadt, D 101614	0,4 g
Aqua dest.		Ad 1000 ml
Natriumchlorid	Fa. Merck KGaA, Darmstadt, D 106404	8,5 g
Pepton aus Casein (pankreatisch)	Fa. Merck KGaA, Darmstadt, D 107213	1 g

Tab. 20: Gebrauchsmaterialien

Gerät (Typ-Bezeichnung)	Hersteller
Aufsatzblitz (Speedlite 430EX II)	Fa. Canon INC., Tokio, J
Anaerobiertöpfe: 2,5 l 3,5 l 7,5 l	Fa. Merck KGaA, Darmstadt, D Fa. Oxoid Limited, Basingstoke, UK Fa. BD (Becton, Dickinson and Company), Franklin Lakes, USA
Brutschränke	Fa. Memmert GmbH + Co. KG, Schwabach, D
Digitalcamera (PowerShot G12)	Fa. Canon INC., Tokio, J
Edelstahlschablonen	Fa. Haßler Metallbau, Burghaslach, D
Koloniezählgerät (Flash & Go)	Fa. IUL Instruments GmbH, Königswinter, D
Kühlakkus	Fa. unbekannt
Kühlbox (CF-35)	Fa. Dometic WAECO International GmbH, Emsdetten, D
Kühlschränke (Liebherr gastro line)	Fa. Liebherr-International AG, Bulle, CH
Laborhomogenisator (IUL Masticator)	Fa. IUL Instruments GmbH, Königswinter, D
Pipettierautomat (Sequentia®)	Fa. Kiestra Lab Automation BV, Drachten, NL
Pumpsprühflaschen	unbekannt
Reagenzglas-Mischgerät (VF 2)	Fa. IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, D
Reagenzglas-Mischgerät (Vortex Mixer)	Fa. neoLab Migge Laborbedarf-Vertriebs GmbH, Heidelberg, D
Spiralplater (EDDY Jet)	Fa. IUL Instruments GmbH, Königswinter, D

Tab. 21: Verbrauchsmaterialien

Bezeichnung (Typ-Bezeichnung)	Hersteller Nummer
Teststreifen (Anaerotest®)	Fa. Merck KGaA, Darmstadt, D 115112
Gaserzeugende Systeme (AnaeroGen™ 2,5l und 3,5l)	Fa. Oxoid Limited, Basingstoke, UK AN0025A und AN0035A
Doppelklebeband	verschiedene
Einmalhandschuhe (Gentle Skin®)	Meditrade 1221
Einmaltücher	verschiedene
Ethanol 70% (vergällt)	Fa. Bernd Kraft GmbH, Duisburg, D
Einmalprobenbecher	Fa. IUL Instruments GmbH, Königswinter, D
Einweg-Mikro-Spritzen	Fa. IUL Instruments GmbH, Königswinter, D
Handtrocknungstücher	verschiedene
Kratzschwämme (Sponge-Stick)	3M, St. Paul, USA SSL 10 NB
Reagenzgefäße	unbekannt
Stomacherbeutel	Fa. InterScience, Saint Nom, F
Viehzeichenspray	RAIDEX GmbH, Dettingen/Erms, D

Tab. 22 (a, b, c): Ergebnisse getrennt nach Verschmutzungsklassen und unterteilt nach Betäubungsmethoden - Überklasse I

a) Klasse 1, Elektrobetäubung

Tier lfd. Nr.	Datum	Klasse	Betäubungs- box 0 = Elektro 1 = Schuss	GKZ in log ₁₀ KbE cm ⁻²	Entero- bacteriaceae in log ₁₀ KbE cm ⁻²	E. coli in log ₁₀ KbE cm ⁻²
11	23.02.12	1	0	1,74		-0,59
12	23.02.12	1	0	2,61	2,06	2,20
13	23.02.12	1	0	1,88	-0,12	-0,29
14	23.02.12	1	0	1,35		
16	23.02.12	1	0	1,33	0,11	0,01
17	23.02.12	1	0	1,99	-0,59	
18	23.02.12	1	0	1,19		
19	23.02.12	1	0	1,76		
15	23.02.12	1	0	1,65		
20	23.02.12	1	0	2,27		-0,59
111	19.04.12	1	0	1,85		
112	19.04.12	1	0	2,23		
113	19.04.12	1	0	1,07		
114	19.04.12	1	0	2,01		-0,59
115	19.04.12	1	0	2,23		
116	19.04.12	1	0	2,26	-0,28	
117	19.04.12	1	0	1,68		
118	19.04.12	1	0	1,43		
119	19.04.12	1	0	1,81		
120	19.04.12	1	0	2,72		0,11

rot gekennzeichnet: Werte größer m gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005

b) Klasse 1, Bolzenschussbetäubung

Tier lfd. Nr.	Datum	Klasse	Betäubungs- box 0 = Elektro 1 = Schuss	GKZ in log ₁₀ KbE cm ⁻²	Entero- bacteriaceae in log ₁₀ KbE cm ⁻²	E. coli in log ₁₀ KbE cm ⁻²
62	27.03.12	1	1	3,63		
63	27.03.12	1	1	1,73		
64	27.03.12	1	1	2,95	0,40	0,11
66	27.03.12	1	1	1,43		
67	27.03.12	1	1	2,48	-0,60	
68	27.03.12	1	1	2,58	-0,30	
72	04.04.12	1	1	1,69		
74	04.04.12	1	1	2,13		
77	04.04.12	1	1	1,65		
78	04.04.12	1	1	2,23		
151	14.06.12	1	1	2,14		
152	14.06.12	1	1	2,16		
153	14.06.12	1	1	2,13	0,61	
154	14.06.12	1	1	1,97	0,18	0,10
155	14.06.12	1	1	2,44	0,10	
156	14.06.12	1	1	1,91		-0,60
157	14.06.12	1	1	2,24	-0,30	
158	14.06.12	1	1	2,96	-0,60	
159	14.06.12	1	1	2,55		
160	14.06.12	1	1	1,85	-0,30	

rot gekennzeichnet: Werte größer m gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005

c) Klasse 2, Elektrobetäubung

Tier lfd. Nr.	Datum	Klasse	Betäubungs- box 0 = Elektro 1 = Schuss	GKZ in log ₁₀ KbE cm ⁻²	Entero- bacteriaceae in log ₁₀ KbE cm ⁻²	E. coli in log ₁₀ KbE cm ⁻²
31	01.03.12	2	0	2,49		
32	01.03.12	2	0	1,85		
33	01.03.12	2	0	3,01		
34	01.03.12	2	0	1,29		
35	01.03.12	2	0	1,45		
36	01.03.12	2	0	2,71		
37	01.03.12	2	0	2,64	0,41	
38	01.03.12	2	0	4,23		
39	01.03.12	2	0	2,83		-0,59
40	01.03.12	2	0	2,62	-0,11	-0,59
91	12.04.12	2	0	1,79		
92	12.04.12	2	0	1,88		
93	12.04.12	2	0	1,77		-0,60
94	12.04.12	2	0	2,62		0,00
95	12.04.12	2	0	2,26		-0,30
96	12.04.12	2	0	1,65		
97	12.04.12	2	0	1,63		
98	12.04.12	2	0	1,66		
99	12.04.12	2	0	2,41		
100	12.04.12	2	0	1,87		

rot gekennzeichnet: Werte größer m gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005

Tab. 23 (a, b, c): Ergebnisse getrennt nach Verschmutzungsklassen und unterteilt nach Betäubungsmethoden - Überklasse II

a) Klasse 3, Elektrobetäubung

Tier lfd. Nr.	Datum	Klasse	Betäubungs- box 0 = Elektro 1 = Schuss	GKZ in log ₁₀ KbE cm ⁻²	Entero- bacteriaceae in log ₁₀ KbE cm ⁻²	E. coli in log ₁₀ KbE cm ⁻²
41	06.03.12	3	0	2,88		
42	06.03.12	3	0	1,58		
43	06.03.12	3	0	1,17		
47	06.03.12	3	0	1,70		
48	20.03.12	3	0	1,59		
49	20.03.12	3	0	1,59		
52	20.03.12	3	0	1,75		
60	22.03.12	3	0	3,29	0,69	-0,59
46	06.03.12	3	0	3,24	1,98	1,89
58	22.03.12	3	0	3,35	1,05	
133	22.05.12	3	0	2,91	0,31	0,31
139	22.05.12	3	0	1,80		-0,30
141	12.06.12	3	0	2,70	-0,60	
142	12.06.12	3	0	1,97		-0,60
145	12.06.12	3	0	2,37	-0,60	-0,60
146	12.06.12	3	0	2,21		-0,60
147	12.06.12	3	0	2,61		
149	12.06.12	3	0	2,92		
150	12.06.12	3	0	2,72		-0,30

rot gekennzeichnet: Werte größer m gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005

b) Klasse 3, Bolzenschussbetäubung

Tier lfd. Nr.	Datum	Klasse	Betäubungs- box 0 = Elektro 1 = Schuss	GKZ in log ₁₀ KbE cm ⁻²	Entero- bacteriaceae in log ₁₀ KbE cm ⁻²	E. coli in log ₁₀ KbE cm ⁻²
61	27.03.12	3	1	2,75		
65	27.03.12	3	1	3,27		-0,59
69	27.03.12	3	1	1,60		
70	27.03.12	3	1	1,93		
73	04.04.12	3	1	2,96		
79	04.04.12	3	1	2,66		
80	04.04.12	3	1	2,88		
84	10.04.12	3	1	2,91		
85	10.04.12	3	1	2,61		
88	10.04.12	3	1	2,49		
165	25.06.12	3	1	2,02	-0,57	
170	25.06.12	3	1	3,06		-0,27
172	27.06.12	3	1	2,55	-0,60	
173	27.06.12	3	1	1,66		
174	27.06.12	3	1	2,42		-0,60
176	27.06.12	3	1	2,73		
177	27.06.12	3	1	2,85		
178	27.06.12	3	1	1,98		
179	27.06.12	3	1	3,31		
180	27.06.12	3	1	1,96		

rot gekennzeichnet: Werte größer m gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005

c) Klasse 4, Elektrobetäubung

Tier lfd. Nr.	Datum	Klasse	Betäubungs- box 0 = Elektro 1 = Schuss	GKZ in log ₁₀ KbE cm ⁻²	Entero- bacteriaceae in log ₁₀ KbE cm ⁻²	E. coli in log ₁₀ KbE cm ⁻²
21	28.02.12	4	0	1,70		
23	28.02.12	4	0	3,79	-0,29	-0,29
24	28.02.12	4	0	2,73	-0,59	
25	28.02.12	4	0	3,48		
26	28.02.12	4	0	1,60		
28	28.02.12	4	0	1,99		
29	28.02.12	4	0	2,19		
30	28.02.12	4	0	1,47		
22	28.02.12	4	0	1,41		
27	28.02.12	4	0	2,84	-0,59	
101	17.04.12	4	0	1,06		
102	17.04.12	4	0	2,53		
103	17.04.12	4	0	2,83		
104	17.04.12	4	0	1,15		
105	17.04.12	4	0	1,67		
106	17.04.12	4	0	2,41	0,02	
107	17.04.12	4	0	1,04		
108	17.04.12	4	0	2,41	0,68	1,01
109	17.04.12	4	0	2,62	-0,10	-0,59
110	17.04.12	4	0	2,64	-0,11	

rot gekennzeichnet: Werte größer m gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005

Tab. 24 (a, b, c): Ergebnisse getrennt nach Verschmutzungsklassen und unterteilt nach Betäubungsmethoden - Überklasse III

a) Klasse 5, Elektrobetäubung

Tier lfd. Nr.	Datum	Klasse	Betäubungs- box 0 = Elektro 1 = Schuss	GKZ in log ₁₀ KbE cm ⁻²	Entero- bacteriaceae in log ₁₀ KbE cm ⁻²	<i>E. coli</i> in log ₁₀ KbE cm ⁻²
44	06.03.12	5	0	3,02		
45	06.03.12	5	0	3,10		
50	20.03.12	5	0	2,16	-0,59	
51	20.03.12	5	0	1,93		
53	20.03.12	5	0	2,81	-0,59	
54	20.03.12	5	0	1,32		
55	20.03.12	5	0	2,09		
56	22.03.12	5	0	2,94		
57	22.03.12	5	0	2,93		
59	22.03.12	5	0	1,21		
131	22.05.12	5	0	2,87	-0,12	0,00
132	22.05.12	5	0	3,04		
134	22.05.12	5	0	1,58		
135	22.05.12	5	0	2,01		-0,60
136	22.05.12	5	0	1,98	-0,12	
137	22.05.12	5	0	3,03		
138	22.05.12	5	0	3,45		
140	22.05.12	5	0	3,60	0,40	0,00
143	12.05.12	5	0	3,20	-0,60	
144	12.05.12	5	0	2,15	0,18	-0,60
148	12.05.12	5	0	2,08		

rot gekennzeichnet: Werte größer m gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005

b) Klasse 5, Bolzenschussbetäubung

Tier lfd. Nr.	Datum	Klasse	Betäubungs- box 0 = Elektro 1 = Schuss	GKZ in log ₁₀ KbE cm ⁻²	Entero- bacteriaceae in log ₁₀ KbE cm ⁻²	<i>E. coli</i> in log ₁₀ KbE cm ⁻²
71	04.04.12	5	1	1,96		
75	04.04.12	5	1	2,84		
76	04.04.12	5	1	1,55		
81	10.04.12	5	1	2,52		
82	10.04.12	5	1	2,41	0,00	-0,60
83	10.04.12	5	1	1,99		
86	10.04.12	5	1	3,49	-0,29	0,18
87	10.04.12	5	1	1,94		
89	10.04.12	5	1	2,49		
90	10.04.12	5	1	2,45		
161	25.06.12	5	1	3,12		
162	25.06.12	5	1	1,86		
163	25.06.12	5	1	2,38		
164	25.06.12	5	1	2,81		
166	25.06.12	5	1	2,73	-0,57	
167	25.06.12	5	1	2,54		
168	25.06.12	5	1	2,83		
169	25.06.12	5	1	2,51		
171	27.06.12	5	1	1,79		
175	27.06.12	5	1	2,45		

c) Klasse 6, Elektrobetäubung

Tier lfd. Nr.	Datum	Klasse	Betäubungs- box 0 = Elektro 1 = Schuss	GKZ in log ₁₀ KbE cm ⁻²	Entero- bacteriaceae in log ₁₀ KbE cm ⁻²	<i>E. coli</i> in log ₁₀ KbE cm ⁻²
1	16.02.12	6	0	1,89		
4	16.02.12	6	0	2,48		
5	16.02.12	6	0	2,57		-0,59
6	16.02.12	6	0	2,95		
9	16.02.12	6	0	2,32	-0,29	
2	16.02.12	6	0	2,07		
3	16.02.12	6	0	4,26		
8	16.02.12	6	0	2,92	-0,59	
7	16.02.12	6	0	2,75	-0,59	
10	16.02.12	6	0	2,30		-0,59
121	08.05.12	6	0	1,56		
122	08.05.12	6	0	1,85	0,01	
123	08.05.12	6	0	2,31		
124	08.05.12	6	0	2,58	1,76	1,80
125	08.05.12	6	0	1,49	-0,59	
126	08.05.12	6	0	3,07		
127	08.05.12	6	0	3,07		
128	08.05.12	6	0	3,46	0,45	0,49
129	08.05.12	6	0	3,14	0,49	-0,59
130	08.05.12	6	0	2,66		-0,59

rot gekennzeichnet: Werte größer m gemäß VO (EG) Nr. 2073/2005

**Tab. 25: Approved food safety technologies for red meat supply chain
(modifiziert nach MIDGLEY und SMALL, 2006)**

Red meat supply chain	Food safety technology	Microbial Efficacy (log reduction)*	Regulatory Approval or acceptance [#]			
			USA	EU	Australia	Other
On-farm	Diet modification		Yes	Yes	Yes	
Slaughter – Before hide removal	Clipping or shearing		Yes	Yes	Yes	Most Countries
	Chemical dehairing		Site by site	No	No	
	Chemical hide wash		Yes	No	Yes	
	Plain water hide wash		Yes	Yes	Yes	Most countries
Slaughter – After hide removal	Acid wash (organic acid, peroxyacids etc)	1-3	Yes	No	Yes	
	Hot water/steam pasteurisation	1-3	Yes	Yes	Yes	Most countries
	Irradiation (E-beam)	Up to 4 logs	Yes	No	No	
	Electrolysed water	1.5-3	Yes	No	No	Japan
	TSP	0.7-1.5	Yes	No	No	
	Rinse and Chill	0.2-2	Yes	No	Yes	Imminent for Japan, Korea
	UV/ozone	1-2	Yes	No	Yes	
	Activated lactoferrin		Yes	No	No	Japan, Korea
Chilling	ASC	Up to 4 logs	Yes	No	Yes	
	Organic acid spray	Up to 3 logs	Yes	No	Yes	
	UV/Ozone	Up to 2 logs	Yes	No	Yes	
	ASC	Up to 4 logs	Yes	No	Yes	
Packaging and retail	Natural antimicrobials					
	Nisin	Up to 3.5 logs	Yes	No	No	
	Oil extracts		Yes	Yes	Yes	
	Irradiation	Up to 4 logs	Yes	No	No	
	HPP	Up to 5 logs	Yes	Yes	Yes	
	Activated lactoferrin		Yes	No	No	
	Carbon Dioxide		Yes	Yes	Yes	

* where known

Specific approvals may be required for individual operations eg. Use of a substance may be approved if equivalence is demonstrated, or approved as a processing aid.

ASC = Acidified Sodium Chlorite

HPP = High (hydrostatic) Pressure Processing

TSP = Trisodium Phosphate

12 DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Dr. habil Manfred Gareis für die Möglichkeit diese Dissertation unter seiner Anleitung zu erstellen und Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Erwin Märtlbauer für die vorübergehende kommissarische Annahme des Promotionsvorhabens.

Des Weiteren möchte ich mich bei einer Reihe von Mitarbeitern und ehemaligen Mitarbeitern des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit Oberschleißheim bedanken. Allen voran bei Herrn Dr. Michael Bucher, unter dessen fachlicher und organisatorischer Leitung das vorliegende Projekt entstand, sowie bei Herrn Dr. Albert Rampp für das entgegengebrachte Vertrauen. Des Weiteren bei Frau Dr. Susanne Thiel und bei Frau Dr. Ute Messelhäuser, für die fachliche Anleitung, die Zuarbeit und das unermüdliche Korrigieren von Entwürfen. Vielen Dank auch an Frau Vet. Ing. und VMTA Krystyna Woryna für die wertvollen Anleitungen während der Laborarbeiten, Herrn Dipl. Ing. (FH) und Metzgermeister Stephan Stenzel-Kaiser für die Mitkonstruktion der Probenahmetechnik und allen weiteren ehemaligen Kolleginnen und Kollegen, die mich während der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Bei Herrn Prof. Dr. Eberhard Munz, bei Frau Dr. Nathalie Drees, Herrn Dr. Jens Leps und Herrn Dr. Albert Röhm jun. bedanke ich mich ganz besonders für das Korrekturlesen und die mir geschenkten wertvollen Stunden und Tage.

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. Sven Reese für die Erstellung des statistischen Konzeptes und die hervorragende Betreuung während der Datenauswertung. An dieser Stelle möchte ich auch meinem guten Freund Herrn Diplom-Volkswirt David Hillmann danken, der mir bei der Interpretation der statistischen Daten zur Seite stand.

Herzlich danken möchte ich allen Verantwortlichen des Versuchsbetriebes und dessen Muttergesellschaft, für die wissenschaftliche Kooperation, das Vertrauen und die Bereitstellung von Ressourcen. Mein Dank gilt in diesem Zusammenhang auch Herrn Tierarzt Harald Kyri, der mir seit 20 Jahren ein Freund ist und mich immer unterstützt hat.

Dankend erwähnen möchte ich noch Herrn Henry Krüger für die fachmännische Anfertigung der Konstruktionszeichnung (Probenahmeschablone) und bei Herrn Adrian Hambeck für die Übersetzung norwegischer Texte. Für die Übersetzung finnischer bzw. schwedischer Texte gilt mein Dank Frau Rebecca Erdelen bzw. Frau Casandra Puschl.

Abschließend möchte ich mich bei meiner ganzen Familie, insbesondere bei meiner Frau Margarete bedanken.