Tierärztliche Hochschule Hannover

Anwendung, Erprobung und Bewertung eines Kategorisierungssystems für saubere Rinder bei der Schlachtung unter besonderer Berücksichtigung der Prozesshygiene sowie stufenübergreifender Maßnahmen im pre und post harvest-Bereich

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

vorgelegt von
Veronika Maria Weber
München

Hannover 2021

Wissenschaftliche Betreuung:

Prof. Dr. Lüppo Ellerbroek

Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit

1. Gutachter: Prof. Dr. L. Ellerbroek
   Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit

2. Gutachter: PD Dr. M. Heppelmann
   Klinik für Rinder

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Mai 2021

Für alle Schlachttiere

Wissenschaftliche Veröffentlichungen

Die vorliegende Arbeit
Ausgestaltung einer Systematik zur Erhebung der Sauberkeit von Schlachtrindern unter Berücksichtigung nationaler Anforderungen
ist am 20. November 2020 vom Archiv für Lebensmittelhygiene (Journal of Food Safety and Food Quality) zur Publikation angenommen worden.

Die vorliegende Arbeit
Impact of cattle cleanliness at slaughter on the microbiological hygiene status of carcasses
ist zur Publikation vorbereitet worden.

Die Ergebnisse dieser Dissertation wurden auf folgenden Fachtagungen präsentiert:

Weber V., Ellerbroek L. (2020): Saubere Rinder – Kriterien und Bedeutung für den Schlachtprozess. In: Online-Seminar III des DVG Arbeitsgebietes „Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz“ am 10.11.2020, Deutschland.

Weber V., Ellerbroek L. (2020): Saubere Rinder – gesunde Tiere = sichere Lebensmittel
In: Online Seminar, Akademie Vet und QS-Systempartner am 05.02.2020, Deutschland.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 7

2 Literaturübersicht ... 9

2.1 Rahmenbedingungen für das Erfordernis der Sauberkeit von Schlachttieren im Codex Alimentarius ... 9

2.2 Rechtlicher Hintergrund ... 10

2.2.1 Europäisches Recht ... 10

2.2.2 Nationale Vorschriften ... 12

2.3 Nationale Ansätze in Europa zur Umsetzung der EU-Rechtsvorgaben über die Sauberkeit von Schlachttieren ... 12

2.4 Bedeutung verschmutzter Rinder für den hygienischen Schlachtprozess ... 14

2.4.1 Mikrobiologische Kriterien ... 15

2.4.2 Mikrobiologische Kriterien gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 ... 17

2.4.3 Grundlagen eines Hazard Analysis Critical Control Point Systems ... 19

2.4.4 Kontrollpunkte im Rinderschlachtprozess ... 20

2.4.5 Dekontaminationsverfahren in der Rinderschlachtung ... 24

3 Material und Methoden ... 26

3.1 Das Schlachtunternehmen und angewandte Schlachttechnik ... 26

3.2 Systematik zur Feststellung der Sauberkeit von Schlachtrindern ... 27

3.3 Ausgestaltung der Erhebung der Sauberkeitsklassen ... 31

3.3.1 Erfassung der Sauberkeitsklassen ... 31

3.3.2 Erfassung der Sauberkeitsklassen je Tierkategorie ... 32

3.3.3 Erfassung des Haltungsverfahrens und des Haltungssystems ... 32

3.3.4 Erfassung der Sauberkeitsklassen in Betrachtung des saisonalen Einflusses ... 32

3.4 Mikrobiologische Untersuchungen ... 32

3.4.1 Probenahmestellen für die Prozesshygieneproben im Rahmen der Eigenkontrollen gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 ... 33

3.4.2 Modifizierte Probenahmestellen mit einem erhöhten Risiko für das Auftreten von Haut-Schlachtkörper-Kontaminationen ... 33

3.4.3 Mikrobiologische Beprobung des Fells ... 35

3.4.4 Mikrobiologische Auswertung ... 36

3.5 Statistische Auswertung ... 37

3.5.1 Statistische Auswertung der Verteilung der Sauberkeitsklassen ... 37

3.5.2 Statistische Auswertung der Mikrobiologie je Sauberkeitsklasse ... 37

4 Manuskripte ... 39

4.1 Ausgestaltung einer Systematik zur Erhebung der Sauberkeit von Schlachtrindern unter Berücksichtigung nationaler Anforderungen ... 39

4.2 Impact of cattle cleanliness at slaughter on the microbial hygiene status of carcasses 41

5 Zusammenfassung der Ergebnisse beider Studien ... 72

6 Übergreifende Diskussion ... 79

7 Zusammenfassung 88

8 Summary 90

9 Literaturverzeichnis 92

10 Anhang 102

10.1 Abbildungsverzeichnis 102

10.2 Tabellenverzeichnis 102

10.3 Abkürzungsverzeichnis 103

11 Danksagung 107

1 Einleitung

Es ist allgemein anerkannt, dass der Verschmutzungsgrad von Rindern die hygienische Schlachtung beeinträchtigen kann (Arthur et al., 2004; Bosilevac, Nou, Osborn, Allen, & Koohmaraie, 2005; Hauge, Nafstad, Røtterud, & Nesbakken, 2012a; Serraino et al., 2012). Dies wird auch in der einschlägigen Fachliteratur, wie dem Code of Hygienic Practice for Meat des Codex Alimentarius und der EFSA Scientific Opinion beschrieben (Codex-Alimentarius, 2005; EFSA, 2013).

Hauptquellen von Verunreinigungen beim Schlachten sind Kreuzkontaminationen, die vor allem durch die initialen Fellöffnungsschnittlinien beim Enthäuten und/oder das Austreten von Magen-Darm-Inhalt beim Ausnehmen entstehen (Blagojevic, Antic, Ducic, & Buncic, 2012; Gill, 2004). Andererseits kann eine Kreuzkontamination von Schlachtkörpern unter kommerziellen Bedingungen und bei den derzeit angewandten Schlachtverfahren nicht gänzlich verhindert werden (Antic et al., 2010; Buncic, 2006; Elder et al., 2000).

Das Enthäuten von Rindern ist eine der hygienisch anspruchsvollsten Tätigkeiten des Schlachtens und kann durch Fellverschmutzungen beeinträchtigt werden. Von unhygienischem Enthäuten kann ein lebensmittelsicherheitsrelevantes Risiko der bakteriellen Kontamination und Kreuzkontamination des Fleisches ausgehen. In bestimmten Fällen führt dies auch zu einer reduzierten Haltbarkeit des Lebensmittels (Arthur et al., 2007; Codex-Alimentarius, 2005; EFSA, 2013; Ellerbroek, 2013). Als Konsequenz daraus ist rechtlich geregelt, dass Schlachttiere sauber sein müssen (Verordnung (EG) Nr. 852/2004; Verordnung (EG) Nr. 853/2004; Durchführungsverordnung (EU) 2019/627). Die möglichen Auswirkungen von Fellverschmutzungen auf die Lebensmittelsicherheit sind vielfach in der Forschung untersucht worden (Bacon et al., 2000; Bosilevac et al., 2005; Brecheisen, 2014; Eggert-Satzinger, 2016; Elder et al., 2000; Hauge et al., 2015; Reid, Small, Avery, & Buncic, 2002).

Ziel der Arbeit war die Anwendung, Erprobung und Bewertung eines Kategorisierungssystems für die Einschätzung der Sauberkeit von Rindern in einem Schlachtunternehmen mit einer wöchentlichen Kapazität von 5000 Rindern. Auf dieser Grundlage sollten unter besonderer Berücksichtigung der Prozesshygiene stufenübergreifende Maßnahmen für den pre und post harvest-Bereich abgeleitet werden.

Anhand der mikrobiologischen Ergebnisse wurde geprüft, ob mit hygienischen Maßnahmen während des Schlachtens, v.a. beim Enthäuten, das Kontaminationsrisiko bei stark verschmutzten Rindern auf ein akzeptables Maß reduziert werden kann. Damit soll ein Beitrag zur Reduktion der mikrobiellen Kontamination des Fleisches und somit zur Verbesserung der Lebensmittelhygiene und -sicherheit geleistet werden.

Die erste Studie der vorliegenden Arbeit beschreibt die praktische Erprobung, Implementierung und Bewertung einer auf den nationalen Vorgaben der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis (AVV LmH) basierenden Systematik zur Feststellung der Sauberkeit von Schlachtrindern. Neben der Klassifizierung und Feststellung der Sauberkeit von Rindern über den Zeitraum eines Jahres stand die Prüfung des saisonalen Einflusses sowie des Einflusses der Tierkategorie, des Haltungsverfahrens und -systems auf Fellverschmutzungen im Vordergrund.

Aus den Ergebnissen wird eine Empfehlung für die Umsetzung der Systematik der Kategorisierung in der Praxis abgeleitet, um den Anforderungen des EU-Rechts und der AVV LmH gerecht zu werden.

Die zweite Studie befasst sich mit dem Einfluss der Sauberkeit von Schlachtrindern auf den mikrobiellen Status des Schlachtkörpers. Bewertet wird dieser anhand der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl (GKZ), der Anzahl von Enterobacteriaceae (EBZ), der Anzahl von *Salmonella* spp. und Shiga-Toxin-produzierenden *Escherichia coli* (STEC). Dazu wurden vier mikrobiologische Probenahmestellen am Schlachtkörper ausgewählt, für die ein hohes Risiko der Kontamination während des Enthäutens besteht. Die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse dieser Probenahmestellen wurden mit den Ergebnissen der am Schlachtbetrieb entnommenen und untersuchten Prozesshygienekontrollproben gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 verglichen. Während die Ergebnisse der im Rahmen der Studie ausgewählten Probenahmestellen zur Bewertung des hygienischen Enthäutens herangezogen werden sollen, bilden die Proben des Prozesshygienemonitorings die hygienische Arbeitsweise des gesamten Schlachtprozesses ab.

2 Literaturübersicht

2.1 Rahmenbedingungen für das Erfordernis der Sauberkeit von Schlachttieren im Codex Alimentarius

Basis der Rechtsvorgaben für die Sauberkeit von Schlachttieren ist der Code Of Hygienic Practice For Meat des Codex Alimentarius (Codex-Alimentarius, 2005).

In dessen Einleitung wird das Risiko des Vektors Fleisch für lebensmittelbedingte Erkrankungen und die zunehmende Bedeutung auftretender Erkrankungsfälle durch *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Camplylobacter* spp. und *Yersinia enterocolitica* beschrieben. Für den Primärsektor werden relevante pathogene Zoonoseerreger genannt, die bereits auf dieser Stufe ihren Ursprung haben und die Fleischhygiene beeinträchtigen und gefährden können. Primärerzeuger sollen daher Kontroll- und Monitoringprogramme implementieren, um das Vorkommen von Zoonoseerreger zu limitieren. Die Gute-Hygiene-Praxis soll auf allen Stufen der Lebensmittelkette, insbesondere innerhalb der Primärproduktion, eingehalten werden, damit Tiergesundheit und -hygiene sowie Futtermittelhygiene nach HACCP-Prinzipien beherrscht werden.

Spezifisch auf die Sauberkeit von Schlachttieren geht Punkt 21 des Codex Alimentarius Code Of Hygienic Practice For Meat ein. Hier heißt es, dass Tiere nicht am Schlachthof abgeladen werden sollen, wenn der Grad der Kontamination der äußeren Oberfläche die Schlachthygiene und die zu verrichtenden Schlachtarbeiten negativ beeinträchtigen könnte und Interventionen wie Waschen oder Scheren nicht vorhanden sind.

Außerdem behandelt das Codex Alimentarius-Dokument die Kontaminationsquellen von Schlachttieren. So besagt Punkt 5.6.1, dass Verschmutzung und Kontamination mit Fäkalien während des Transports minimiert werden müssen. In den Prinzipien für Fleischhygiene von Schlachttieren unter Punkt 6.1 i wird explizit das Wort *sauber* genutzt. Tiere, die zur Schlachtung ankommen, müssen ausreichend sauber sein, um das hygienische Schlachten nicht zu beeinträchtigen. Es wird gefordert, dass der Wartestall von Schlachttieren baulich so gestaltet ist, dass Kreuzkontamination mit pathogenen Keimen minimiert und eine effiziente hygienische Schlachtung ermöglicht wird.

In der Beschreibung der ante-mortem-Inspektion in Punkt 6.3 wird darauf hingewiesen, spezielle Kontrollen oder Maßnahmen zu vollziehen, wenn Tiere nicht ausreichend sauber sind

oder eine zoonotische Erkrankung oder Beeinträchtigung der Gesundheit eines Tieres vorliegt. Eine risikobasierte ante-mortem-Inspektion soll daher laut Punkt 6.3.1 mit der HACCP Prozesskontrolle harmonieren. Erforderlich ist gleichzeitig die Sicherstellung des Informationsflusses von der Primärproduktion zum Schlachtbetrieb und zurück. Die Rückmeldung von Befunden an die Primärproduktion ist notwendig, um kontinuierliche Verbesserungen zu erreichen.

Es liegt gemäß Punkt 6.3.2 des Codes Alimentarius Dokumentes in der Verantwortung des Lebensmittelunternehmers, dass Schlachttiere ausreichend sauber ankommen. Die zuständige Behörde kann die Zulassung zur Schlachtung verweigern, wenn durch verschmutzte Tiere eine Gefährdung des Verbrauchers durch unakzeptabel hohe Kontamination ausgehen könnte.

2.2 Rechtlicher Hintergrund

Derzeit gibt es innerhalb der Europäischen Union verschiedene Ansätze zur Überprüfung, ob Lebensmittelunternehmer ihrer rechtlichen Verpflichtung nachkommen, nur saubere Tiere zur Schlachtung zuzulassen. Die EU-Kommission fordert die Mitgliedstaaten dazu auf, dieser Verpflichtung nachzukommen und konkrete Maßnahmen im Bereich der Schlachthygiene hinsichtlich der Sauberkeit von Schlachttieren zu ergreifen.

2.2.1 Europäisches Recht

Das übergeordnete Ziel der rechtlichen EU-Anforderungen ist es, bei der Gewinnung des Lebensmittels Fleisch eine Kontamination mit pathogenen Zoonoseerregern so weit wie möglich zu reduzieren.

Gemäß den EU-Verordnungen (VO) (EG) Nr. 852/2004 und (EG) Nr. 853/2004 sind alle Lebensmittelunternehmer im *pre* und *post harvest*-Bereich für die Sauberkeit von Schlachttieren verantwortlich und verpflichtet, die einschlägigen Hygienevorschriften einzuhalten (VO (EG) Nr. 852/2004, Anhang I, Nr. II, Nr. 4 c und VO (EG) Nr. 853/2004, Anhang II, Abschnitt II Nr. 2 d; Anhang III, Abschnitt I, Kapitel IV, Nr. 4).

Nach Anhang I Nr. II Nr. 4c der Verordnung (EG) Nr. 852/2004 müssen Lebensmittelunternehmer aus dem Primärsektor, die Tiere halten, geeignete Maßnahmen treffen, um die Sauberkeit von Schlachttieren so weit wie möglich sicherzustellen.

Nach Anhang II Abschnitt II Nr. 2 und Nr. 3 Buchstabe d der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 hat der Lebensmittelunternehmer auf Seiten des Schlachthofes mittels HACCP-Verfahren sicherzustellen, dass nur saubere Tiere in die Räumlichkeiten des Betriebes aufgenommen werden. Sind diese Anforderungen nicht erfüllt, so hat der Lebensmittelunternehmer den amtlichen Tierarzt darüber zu benachrichtigen und geeignete Maßnahmen zu treffen, um die Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten.

Weiter werden in Anhang III Abschnitt I Kapitel IV Nr. 4 und Nr. 10 Kriterien für die Schlachthygiene genannt. Lebensmittelunternehmer, die Schlachthöfe betreiben, müssen sicherstellen, dass lebende Tiere sauber und Schlachtkörper nicht sichtbar mit Kot kontaminiert sind.

Nach der Durchführungsverordnung (EU) 2019/627 auditieren die zuständigen Behörden die Umsetzung von HACCP-gestützten Verfahren des Lebensmittelunternehmers nach Anhang II Abschnitt II Nr. 2 der Verordnung (EG) Nr. 853/2004.

Die Überwachung, dass Lebensmittelunternehmer sicherstellen, dass Schlachttiere sauber sind (Anhang III Abschnitt I Kapitel IV Nr. 4 Verordnung (EG) Nr. 853/2004), wird in Artikel 11 Absatz 4 der Verordnung (EU) 2019/627 eindeutig beschrieben. Der amtliche Tierarzt prüft im Rahmen der Schlachttieruntersuchung, ob der Lebensmittelunternehmer dieser Verpflichtung auch nachkommt. Dazu zählt im Rahmen der Mitteilung der Ergebnisse der amtlichen Kontrollen auch die Rückmeldung von erheblichen Verschmutzungen als relevantem Untersuchungsbefund aus der Primärproduktion an den bestandsbestreuenden Tierarzt, an den Lebensmittelunternehmer des Herkunftsbetriebes selbst und an die Überwachungsbehörde des Herkunftsbetriebes (nach Kapitel III Artikel 39 Nr. 2 b, i bis iv und Anlage I Nr. 2. 2. der Verordnung (EU) 2019/627).

Neu ist nun im Vergleich zur Vorgänger-Verordnung (EG) Nr. 854/2004, dass mit Artikel 43 Absatz 2 Verordnung (EU) 2019/627 im Falle eines Verstoßes in Bezug auf die Sauberkeit der lebenden Tiere die Möglichkeit eingeräumt wird, dass Tiere im Falle eines unannehmbaren Kontaminationsrisikos für das Fleisch während der Schlachtung erst nach vorheriger Reinigung geschlachtet werden dürfen.

2.2.2 Nationale Vorschriften

Mit der Novellierung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift Lebensmittelhygiene 2019 (AVV LmH) wurden die Vorgaben der EU-Verordnung, nur saubere Tiere zur Schlachtung zuzulassen, für Deutschland übernommen. Anlage 3 der AVV LmH beschreibt eine Methode zur Überprüfung der Sauberkeit von Rindern, Schafen, Schweinen und Geflügel, die zur Schlachtung angeliefert werden. Demnach soll bei der amtlichen Überprüfung der betrieblichen HACCP-gestützten Verfahren verifiziert werden, ob Lebensmittelunternehmer, die Schlachthöfe betreiben, sicherstellen, dass möglichst nur saubere Rinder am Schlachthof angenommen werden. Die novellierte AVV LmH enthält im Gegensatz zu den drei zuvor genannten EU-Verordnungen in Anlage 3 Nr. 3 nun eine konkrete Beschreibung für ein sauberes Schlachttier. Da insbesondere Verschmutzungen von Rindern am Brustkorb in der Nähe der Linea alba, den Flanken, den Vorder- und Hintergliedmaßen sowie dem Nacken und dem Analbereich bei der Schlachtung zu fäkalen Kontaminationen des Fleisches führen können, gilt ein Rind als sauber, wenn das Fell trocken ist und sich daran keine bis wenige Verschmutzungen befinden. Dabei kann das Fell vereinzelte, locker anhängende Stroh- oder Einstreureste an den Gliedmaßen und im Bauchbereich aufweisen. Kein geprüftes Tier darf flächenmäßig umfangreiche und zusammenhängende Verschmutzungen aufweisen, etwa in Form von verklebten, trockenen oder nassen Verschmutzungen am Brustkorb, in der Nähe der Linea alba, an den Flanken, Vorder- und Hintergliedmaßen, am Nacken und im analen Bereich.

2.3 Nationale Ansätze in Europa zur Umsetzung der EU-Rechtsvorgaben über die Sauberkeit von Schlachttieren

Innerhalb der EU und in Norwegen gibt es unterschiedliche Ansätze, die Sauberkeit von Tieren bei der Schlachtung zu gewährleisten. Einige Mitgliedstaaten der EU haben Klassifizierungsschemata entwickelt und implementiert, um Tiere durch Begutachtung des Fells einem Verschmutzungsgrad zuzuordnen.

Die Zuteilung des Verschmutzungsgrades erfolgt dabei sowohl ante als auch post mortem nach dem Entblutestich.

Beispielsweise führte der Meat Hygiene Service 1997 im Vereinigten Königreich die Clean Livestock Policy (CLP) ein, nach der die Tiere ante mortem in fünf Verschmutzungsgrade einzuteilen und Maßnahmen bei stark verschmutzten Tieren vorgeschrieben sind. Demnach

sind stark verschmutzte Schlachttiere vor der Schlachtung zu säubern oder von der Schlachtung auszuschließen (FSA, 2002; McCleery, Stirling, McIvor, & Patterson, 2007).

Diesem Beispiel folgten andere europäische Länder, wie Finnland (MMM, 2004; Ridell & Korkeala, 1993), Irland (McEvoy, Doherty, Sheridan, & McGuire, 2000a), Schweden (KFC, 2008), Belgien (AFSCA, 2008) und Norwegen (Animalia, 2012).

Ähnlich der britischen CLP definiert auch das irische System fünf Fellverschmutzungsklassen für Rinder. Das System sieht vor, keine stark verschmutzten Rinder zur Schlachtung zuzulassen (Teagasc, 2005).

Das belgische System der Föderalen Agentur für Sicherheit der Nahrungsmittelkette (FASNK) wurde 2006 eingeführt. Dieses System basiert auf einem Kurvenmodell sowie einer Kombination aus Lokalisation der Verschmutzung, Grad der Verschmutzung und dem Feuchtigkeitsgrad des Felles (AFSCA, 2008). Insgesamt definiert es drei Fellverschmutzungskategorien. Stark verschmutzte Tiere werden nicht für die Schlachtung abgelehnt, jedoch hat der Schlachthofbetreiber Maßnahmen einzuleiten. Die Säuberung der Tiere, eine logistische Schlachtung und die Anwendung von Guter Hygienepraxis beim Schlachtprozess werden beschrieben (AFSCA, 2008).

Das schwedische System beruht auf einer Vier-Stufen-Einteilung, welche relevante Fellbereiche berücksichtigt (KFC, 2008). Bei stark verschmutzten Tieren drohen Sanktionen gegenüber dem Tierhalter. Der Schlachthofbetreiber hat bei stark verschmutzten Tieren weitere Maßnahmen zu ergreifen, wie die logistische Schlachtung, eine Reduktion der Bandgeschwindigkeit oder eine gezielte Untersuchung auf *E. coli* (KFC, 2008).

Auch vereinfachte Varianten des britischen Klassifizierungsschemas mit zwei bzw. drei Sauberkeitsklassen, wie der finnische Leitfaden (MMM, 2004) oder die nationale norwegische Leitlinie (Animalia, 2012), erwiesen sich als praxistauglich, um stark verschmutzte Tiere einzuteilen. In Finnland wurde 2004 vom Ministerium für Landwirtschaft und Forsten ein zweistufiger Leitfaden zur Beurteilung der Verschmutzung von Rindern veröffentlicht (MMM, 2004). Im Falle der Anlieferung stark verschmutzter Tiere erhält der Landwirt ähnlich dem schwedischen System einen Preisabzug. In Norwegen werden stark verschmutzte Tiere separat von sauberen Tieren geschlachtet. Die Feststellung des Verschmutzungsgrades erfolgt post mortem nach dem Entblutestich durch Mitarbeiter, die durch die Animalia geschult wurden. Die dreistufige Einteilung basiert auf prozentualen Angaben von sauberen bzw.

verschmutzten relevanten Fellbereichen (Animalia, 2012). Es sind Sonderregelungen für frische, feuchte Verschmutzungen vorgesehen, die nicht in die Verantwortung des Landwirtes fallen. Darüber hinaus drohen Landwirten finanzielle Sanktionen, falls Tiere nicht sauber zur Schlachtung abgegeben werden.

In Deutschland liegen außer den Untersuchungen von Brecheisen (2014), Eggert-Satzinger (2016) und Schlüter (2006) keine weiteren empirischen Arbeiten vor. Es gibt bislang keine einheitliche Systematik zum Umgang mit der Sauberkeit von Schlachttieren. Regionale Qualitätsfleisch- bzw. Herkunftsprogramme, wie z. B. QM-Milch oder Geprüfte Qualität-Bayern (BayStMLF, 2010; QM-Milch, 2020) haben die Bewertung der Sauberkeit des Fells in ihre Standards aufgenommen. Für die Milchviehhaltung existiert ein sechsstufiger Hygienescore zur Bonitierung der Sauberkeit (Pelzer, 2006). Brecheisen (2014) nutzte in seinen Untersuchungen des Verschmutzungsgrades von Schlachttieren ein Klassifizierungsschema mit drei Oberklassen und jeweils zwei Unterkategorien. Als für die Klassifizierung relevante Fellbereiche wurden besonders die Verschmutzungen, die sich oberhalb einer gedachten Linie am Tierkörper befinden, bewertet (Brecheisen, 2014). Ähnlich wie beim sogenannten Hygienescore für die Milchviehhaltung wird die Einteilung in Verschmutzungsgrade hier durch drei Ober- mit insgesamt sechs Unterklassen ergänzt.

2.4 Bedeutung verschmutzter Rinder für den hygienischen Schlachtprozess

Einige Autoren zeigten eine positive Korrelation zwischen höheren visuellen Sauberkeitsklassen und dem mikrobiellen Status der Schlachtkörper. Dies bedeutet, dass eine stärkere Kontamination des Fells einen signifikanten Einfluss hat (Hauge et al., 2012a; McEvoy, Sheridan, Blair, & McDowell, 2004; Serraino et al., 2012). Andere Studien fanden keinen konsistenten Zusammenhang zwischen den mikrobiologischen Werten von Schlachtkörpern und den verschiedenen visuellen Sauberkeitsklassen (Antic et al., 2010; Hauge et al., 2015; Van Donkersgoed, Jericho, Grogan, & Thorlakson, 1997). Kontaminierte Bereiche und mikrobiologische Ergebnisse können bei unterschiedlichen Enthäutungs- und Schlachttechnologien variieren (Antic et al., 2010; Serraino et al., 2012).

2.4.1 Mikrobiologische Kriterien

Aerobe mesophile Keimzahl

Aerobe mesophile Keime repräsentieren Bakterien, Hefen und Schimmelpilze (Krämer & Prange, 2017). Die aerobe mesophile Keimzahl wird häufig auch als „Gesamtkeimzahl“ bezeichnet.

Sie gibt Informationen über die Anzahl an lebenden Mikroorganismen im Probenmaterial und dient dazu, den mikrobiellen Status des Lebensmittels zu ermitteln (Prändl, 1988; Schmidhofer, 1988).

Eine überhöhte aerobe mesophile Keimzahl wird häufig als Hygiene- und/oder Verderbnisindikator angesehen (Fehlhaber, 1992). In der Folge überhöhter Keimzahlen kann es einzelfallabhängig je nach Lebensmittel und Keimzahl zu sensorischen Abweichungen kommen (Fehlhaber, 1992).

Enterobacteriaceae

Die Familie der Enterobacteriaceae umfasst gramnegative, fakultativ anaerobe Stäbchen.

Darunter fallen obligat pathogene Gattungen und Arten, wie *Salmonella* spp., *Shigella, Yersinia pseudotuberculosis*, aber auch fakultativ pathogene Gattungen, wie *Escherichia, Circobacter, Klebsiella*, etc., die ihr natürliches Reservoir im Darm von Tier und Mensch haben (Krämer & Prange, 2017). Basierend auf einer qualitativen Risikoanalyse der EFSA (2013) wurden als biologisch relevante Gefahren im Zusammenhang mit der Fleischuntersuchung des Rindes die Vertreter *Salmonella* spp. und Shiga-toxin produzierende *Escherichia coli* identifiziert.

Infektionen des Tieres mit diesen Erregern verlaufen meist latent oder subklinisch, sodass sie bei der Schlachttier- und Fleischuntersuchung unerkannt bleiben (EFSA, 2013).

Shiga-toxin produzierende E. coli

Wiederkäuer gelten als wichtiges Reservoir und Hauptinfektionsquelle für EHEC beim Menschen (EFSA, 2013). Die Erregerübertragung auf den Menschen erfolgt fäkal-oral, über den Kontakt mit Fäkalien, kontaminierte Lebensmittel oder kontaminiertes Wasser. Auch der direkte Kontakt von Mensch zu Mensch kann zur Übertragung führen (RKI, 2011). Shigatoxin

bildende *Escherichia coli* (STEC), Vertreter der Familie der Enterobacteriaceae, sind bewegliche Stäbchenbakterien, welche durch das Vorhandensein charakteristischer Pathogenitätsfaktoren (u. a. stx1 und stx2) gekennzeichnet sind (RKI, 2011; Krämer & Prange, 2017). Shigatoxine werden im Darm freigesetzt und können enterotoxisch und zytotoxisch wirken (Krämer & Prange, 2017). Sie können zu wässrigen/blutigen Durchfällen bis hin zum hämolytisch-urämischen Syndrom (HUS) führen. EHEC sind diejenigen STEC, die humanpathogen sind. Es werden verschiedene Serogruppen unterschieden (Krämer & Prange, 2017; RKI, 2011). Die weltweit bedeutendsten EHEC-Serogruppen sind O157, O26, O91, O103, O145 und O104 (EFSA & ECDC, 2019; RKI, 2011) Aufgrund einer niedrigen Infektionsdosis gilt für verzehrfertige Lebensmittel eine Nulltoleranz. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland 1.877 EHEC-Erkrankungen übermittelt, davon 73 HUS Erkrankungen (RKI, 2019).

Salmonella spp.

Salmonellen sind bewegliche, gramnegative Stäbchen, die sich aerob und anaerob vermehren können, und gehören zur Familie der Enterobacteriaceae (Krämer & Prange, 2017).

Hauptreservoir von Salmonellen sind latent infizierte Tiere, meist ohne klinische Symptomatik. Der überwiegende Anteil von Salmonellen-Infektionen des Menschen ist auf kontaminierte Lebensmittel tierischen Ursprungs (Geflügel, Fleisch und Fleischprodukte, Eier) zurückzuführen (EFSA & ECDC, 2019; RKI, 2016). Während Salmonelleninfektionen im Jahr 2019 bei Legehennen aufgrund von EU-Bekämpfungsmaßnahmen rückläufig sind (BfR, 2020), werden Salmonellose häufig durch rohes Geflügel- und Schweinefleisch, sowie nicht oder nicht ausreichend erhitzte Fleischerzeugnisse ausgelöst. Aber auch Rindfleisch, kann Salmonellen übertragen (RKI, 2016). Die Salmonellose zählt beim Rind zu den anzeigepflichtigen Tierseuchen (RindSalmV), was bereits im Primärsektor zu einer Beherrschung und Reduktion beiträgt. Beim Krankheitsbild des Menschen steht das Auftreten von Durchfall im Vordergrund. Daneben sind Bauchschmerzen, Übelkeit, Erbrechen und Fieber möglich (RKI, 2016). Die in Deutschland vorwiegend vorkommenden Serovare sind *S. Enterididis* und *S. Typhimurium*. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland insgesamt 13.693 *Salmonella*-Erkrankungen gemeldet. Die Salmonellose war 2019 nach der *Campylobacter*-Enteritis die zweithäufigste meldepflichtige bakterielle gastro-intestinale Krankheit (RKI, 2019.)

2.4.2 Mikrobiologische Kriterien gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005

Hygienische Maßnahmen bei der Schlachtung zielen grundsätzlich darauf ab, die Schlachtkörper vor jeglicher Kontamination zu schützen (UECBV, 2021).

Mikrobiologische Kriterien können herangezogen werden, um zu überprüfen, ob ein Hygienekonzept korrekt umgesetzt wird (Codex-Alimentarius, 2005; EFSA, 2013).

In der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 über mikrobiologische Kriterien sind Anforderungen zur Sicherstellung der Prozess- und Lebensmittelhygiene festgelegt.

Demnach können mikrobiologische Kriterien zur Verifizierung und Validierung der guten Hygiene Praxis und der HACCP-Verfahren dienen. In der Verordnung wird zwischen Prozesshygienekriterien und Lebensmittelsicherheitskriterien unterschieden.

Die Verordnung definiert diese beiden Kriterien folgendermaßen:

- *Lebensmittelsicherheitskriterium:* ein Kriterium, mit dem die Akzeptabilität eines Erzeugnisses oder einer Partie Lebensmittel festgelegt wird und das für im Handel befindliche Erzeugnisse gilt.

- *Prozesshygienekriterium:* ein Kriterium, das die akzeptable Funktionsweise des Herstellungsprozesses angibt. Ein solches Kriterium gilt nicht für im Handel befindliche Erzeugnisse. Mit ihm wird ein Richtwert für die Kontamination festgelegt, bei dessen Überschreitung Korrekturmaßnahmen erforderlich sind, damit die Prozesshygiene in Übereinstimmung mit dem Lebensmittelrecht erhalten wird.

Nach Anhang I Kapitel 2 Nr. 2.1.1 der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 sind die aerobe mesophile Keimzahl, Enterobacteriaceae und *Salmonella* spp. als Prozesshygienekriterien für Rinderschlachtkörper nach der Zurichtung vorgegeben.

Lebensmittelunternehmer können im Rahmen ihres HACCP-Systems und ihrer darauf beruhenden Prozesshygienekontrollen über die erforderliche Probenahme- und Untersuchungshäufigkeit entscheiden. Die Auswahl der Probenahmestellen an den Schlachtkörpern sollte unter Berücksichtigung der im Betrieb angewandten Schlachttechnik erfolgen. Ziel ist es, Stellen mit dem höchsten Kontaminationsrisiko zu untersuchen (Anhang I, Kapitel 3, Nr. 3.2 Verordnung (EG) Nr. 2073/2005).

Führt die Bewertung der mikrobiologischen Probenergebnisse gemäß der in Anhang I festgelegten Kriterien der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 zu unbefriedigenden Ergebnissen, sind Maßnahmen zum Schutz der Verbrauchergesundheit vom Lebensmittelunternehmer zu ergreifen (Absatz 2 bis 4, Artikel 7, Verordnung (EG) Nr. 2073/2005).
Des Weiteren sind die Ursachen zu ermitteln. Hierzu zählen unter anderem auch Änderungen der eingesetzten HACCP gestützten Verfahren. Artikel 9 der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 schreibt vor, die mikrobiologischen Proben in Form einer Trendanalyse zu bewerten. Bewegt sich ein Trend auf unbefriedigende Ergebnisse zu, sind unverzüglich geeignete Maßnahmen zur Verhinderung mikrobiologischer Gefahren einzuleiten.
Entsprechend Anhang I Kapitel 2 der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 existieren für Schlachtkörper von Rindern lediglich Grenzwerte für die aerobe mesophile Keimzahl ($m=3{,}5\ \log_{10}$ KbE/cm^2; $M=5{,}0\ \log_{10}$ KbE/cm^2) und für Enterobacteriaceae ($m=1{,}5\ \log_{10}$ KbE/cm^2; $M=2{,}5\ \log_{10}$ KbE/cm^2). Salmonellen dürfen auf Schlachtkörpern nicht nachweisbar sein.
Diese Grenzwerte gelten für Schlachtkörper nach dem Zurichten noch vor der Kühlung.
Im Falle von unbefriedigenden Ergebnissen ist eine Verbesserung der Schlachthygiene und eine Überprüfung der Prozesskontrolle gefordert.

Als Bewertungsgrundlage werden für die aerobe mesophile Keimzahl, Enterobacteriaceae und Salmonella für Schlachtkörper folgende Definitionen vorgegeben:

- — befriedigend, sofern der tagesdurchschnittliche Log-Wert < m ist,
- — akzeptabel, sofern der tagesdurchschnittliche Log-Wert zwischen m und M liegt,
- — unbefriedigend, sofern der tagesdurchschnittliche Log-Wert > M ist.

Salmonella ssp. in Schlachtkörpern:

- — befriedigend, sofern Salmonella in höchstens c/n Proben nachgewiesen wird,
- — unbefriedigend, sofern Salmonella in mehr als c/n Proben nachgewiesen wird.

Artikel 4 Absatz 2 und Anhang I Kapitel 3 Nummer 3.2 der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 gibt spezifische Angaben zur Probenahme an Schlachtkörpern vor.

Demnach sind an Rinderschlachthöfen mindestens wöchentlich Proben zu entnehmen. Dabei ist der Probenahmetag wöchentlich zu variieren. Bei jeder Probenahme müssen fünf zufällig ausgewählte Schlachtkörper an je vier Stellen beprobt werden. Aus diesen vier Proben wird eine Poolprobe untersucht. Die destruktiven und nichtdestruktiven Probenahmeverfahren, die Auswahl der Probenahmestellen sowie die Bestimmungen über Lagerung und Beförderung von Proben werden in der dazugehörigen DIN EN ISO 17604:2015 über Mikrobiologische Kriterien der Lebensmittelkette aufgezeigt. Diese Norm dient dazu, die Probenahme von Schlachttierkörpern zur mikrobiologischen Untersuchung zu harmonisieren.

2.4.3 Grundlagen eines Hazard Analysis Critical Control Point Systems

Ziel eines Hazard Analysis Critical Control Point Systems – HACCP – ist es, sichere Lebensmittel zu produzieren, um die Gesundheit des Verbrauchers zu schützen.

Die *Allgemeinen Grundsätze der Lebensmittelhygiene* sind Bestandteil des Regelwerks des FAO/WHO Codex Alimentarius (2005) und beinhalten das HACCP-System. Dieses System dient dazu, bedeutende gesundheitliche Gefahren durch Lebensmittel zu identifizieren, zu bewerten und zu beherrschen. Gefahren können chemisch, physikalisch oder mikrobiologisch sein. Das Auftreten der Gefahr ist zu bewerten und Maßnahmen zur Vermeidung sind einzuleiten (Codex-Alimentarius, 2005). Voraussetzung für ein HACCP-System ist ein grundlegendes Hygieneprogramm mit standardisierten Betriebshygieneprozeduren (pre-SSOP und SSOP). Gemäß Artikel 5 der Verordnung (EG) Nr. 852/2004 müssen Lebensmittelunternehmer Verfahren einrichten, durchführen und aufrechterhalten, die auf den Grundsätzen der Gefahrenanalyse und der Überwachung kritischer Kontrollpunkte beruhen (Europäische Kommission, 2016/C 278/01).

Im Rahmen des HACCP-Systems müssen anhand einer Gefahrenanalyse für den Prozess Maßnahmen zur Beherrschung dieser Gefahren festgelegt werden. Die Beherrschung ist dabei über ein geeignetes Überwachungssystem unter Berücksichtigung von festgelegten Grenzwerten kontinuierlich zu überprüfen (Codex-Alimentarius, 2005). Des Weiteren müssen Lebensmittelunternehmer gemäß Anhang II Kapitel XII der Verordnung (EG) Nr. 852/2004 die einschlägigen Korrekturmaßnahmen, Präventivmaßnahmen, Monitoring- und Aufzeichnungsverfahren kennen (Codex-Alimentarius, 2005).

Folgende Grundsätze liegen einem HACCP-System immer zugrunde (Codex-Alimentarius, 2005):

1. Gefahrenanalyse
2. Identifizierung von kritischen Kontrollpunkten
3. Bestimmung der kritischen Punkte
4. Überwachungsverfahren
5. Korrekturen
6. Aufzeichnung/Dokumentation
7. Überprüfungsverfahren

Gefahren können biologisch, chemisch oder physikalischer Natur sein.
Anhand eines Entscheidungsbaums sind kritische Kontrollpunkte und Kontrollpunkte für den Prozess festzulegen. Für jede Gefahr muss das Risiko bestimmt werden. Eine Risikomatrix kann hierbei als Hilfe herangezogen werden (Swanenburg, Urlings, Snijders, Keuzenkamp, & van Knapen, 2001).

2.4.4 Kontrollpunkte im Rinderschlachtprozess

Aufgabe der Schlachthygiene ist es, unerwünschte mikrobiologische Belastungen durch eine hygienische Arbeitsweise so gering wie möglich zu halten, um ein Lebensmittel mit optimalen Produkteigenschaften zu erhalten (Eggert-Satzinger, 2016).
Die Schlachthygiene dient primär der Verhinderung der Übertragung von Mikroorganismen auf das Fleisch (Prändl, 1998).
Der Verband der europäischen Schlachtindustrie, UECBV, gab 2017 einen Leitfaden zur „Guten fachlichen Praxis“ beim Schlachtprozess heraus, der 2021 überarbeitet wurde (UECBV, 2021). Der Leitfaden fokussiert sich auf die Vermeidung und Minimierung von Kontaminationen des Frischfleisches mit Magen-Darm-/Fäkalverunreinigungen.
Er gibt Schlachthofbetreibern Hinweise, mit welchen Verfahren und welchem Equipment dies bestmöglich erreicht werden kann.
Es ist bekannt, dass in Bezug auf die derzeitig verfügbare Schlachttechnologie eine komplette Abwesenheit von Verschmutzung mit Magen-Darm-Inhalt oder Fellresten nur sehr schwer zu erreichen ist (UECBV, 2021).

Um den Grad der Beherrschung darzustellen, sind im Rahmen des HACCP-Systems, regelmäßige visuelle Kontrollen, aber auch weitere Indikatoren, wie Leistungsdaten über Pathogene im mikrobiologischen Monitoring des Schlachthofbetreibers, einzubeziehen (Codex-Alimentarius, 2005; Brecheisen, 2014). Ziel ist, Kontaminationen auf ein akzeptables Niveau, bzw. so gering wie vernünftigerweise erreichbar, „as low as reasonably achievable“, zu reduzieren (Swanenburg et al., 2001; FSIS, 1996).

Zur Vorbeugung und Beherrschung des Kontaminationsrisikos während der Schlachtung ist ein einheitliches Hygieneverfahren für die Mitarbeiterschulungen unerlässlich (UECBV, 2021).

Um die hygienische Arbeitsweise der Mitarbeiter zu monitoren, sollte ein SSOP-System implementiert sein, dass Schlachtkörper auf sichtbare Verunreinigungen überprüft.

Wird eine Kontamination festgestellt, ist diese hygienisch zu entfernen. Treten an aufeinander folgenden Schlachtkörpern gleichartige Kontaminationen auf, sollten Korrekturmaßnahmen und Ursachenanalysen eingeleitet werden. Bei negativen Trends und Überschreitungen der im innerbetrieblichen HACCP festgelegten Grenzwerte sind Präventivmaßnahmen zu definieren (Codex-Alimentarius, 2005; FSIS, 1996; UEVBC, 2021; Bolton, Doherty, & Sheridan, 2001).

Für eine hygienische Arbeitsweise sind das Arbeitsequipment und die Positionierung des Equipments ein essentieller Punkt, damit die Reinigung und Desinfektion von Messern ausreichend möglich ist. Handwasch- und Desinfektionsbecken müssen an allen Arbeitspositionen leicht zugänglich sein. Ebenso Stiefel- bzw. Schürzenduschen. Baulich soll eine Trennung zwischen unreinem und reinem Teil bestehen, auch die Luftzirkulation ist nach diesem Prinzip zu gestalten (VO (EG) Nr. 852/2004).

Enthäutung

Für alle Arbeitsschritte, insbesondere das manuelle Vorenthäuten, sollten im Rahmen des HACCP-Systems sämtliche Fellschnitte mittels der Zwei-Messer-/Zwei-Hand-Methode durchgeführt werden, sodass die Haut nach außen wegschlägt, ohne zurückzurollen. Ist dies nicht möglich ist, wird die Haut mittels Klammern oder Wachspapier vom offenliegenden Fleischkorpus ferngehalten (FSIS, 1996).

Beim automatischen Rollhautabzug ist darauf zu achten, dass ein Überschlagen der Haut am Ende des Abzugs vermieden wird (Kennedy, Giotis, & McKevitt, 2014). Weiter ist auf eine vollständige Enthäutung des Schwanzes zu achten, damit dieser nicht den enthäuteten Rücken

des Schlachtkörpers rekontaminiert (UECBV, 2021). Der Kontakt zwischen reinem Schlachtkörper und unreiner Hautaußenseite ist zu vermeiden.
In der Praxis haben sich zwei mechanische Hautabzugsverfahren etabliert. Als hygienisch gilt der Hautabzug von oben nach unten (Kennedy et al., 2014). In der Studie von Kennedy et al. (2014) konnten jedoch keine mikrobiologischen Unterschiede zwischen dem Hautabzug von oben nach unten bzw. unten nach oben festgestellt werden. Aufgrund geringerer Fettverluste findet jedoch oftmals in der Praxis der Hautabzug von oben nach unten Anwendung.

Für den gesamten Schlachtprozess der unreinen Seite kann somit zusammengefasst werden, dass Grundregeln der hygienischen Arbeitsweise zu befolgen sind, um das Kontaminationsniveau auf ein akzeptables Maß zu reduzieren (UECBV, 2021).

- Zwei-Hand- (Fellhand / Fleischhand) / Zwei-Messertechnik
- Messerwechsel mit Reinigung und Desinfektion nach mindestens jedem Tier
- Hauteröffnungsschnitte mittels Lanzenschnitttechnik
- Messerwechsel nach Felltrennschnitt
- Kein Abwaschen von Verschmutzungen des Schlachtkörpers mit Wasser, um eine Verteilung der Kontamination zu vermeiden
- Reinigung von Händen, Unterarmen, Schürzen und des Equipments nach mindestens jedem Tier
- Vermeidung von Schlachtkörper- und Schleifkontakten

Arbeitspositionen mit einem erhöhten Risiko für eine Kontamination im Rinderschlachtprozess sind neben der Enthäutung das Rodding, das Bagging, die Brustbeinöffnung und die Eviszeration (UEVBC, 2021).

Rodding

Das Rodding ist der Verschluss des Ösophagus mit einem Plastikstopfen, um den Austritt von Magen-Darm-Inhalt zu vermeiden. Dabei gibt es bereits Systeme, die nach dem Ansetzen des Stopfens mittels eines Vakuums den Ösophagus dann mit Wasser spülen (UECBV, 2021).

Der Sitz des Verschlusses am Ösophagus ist wichtig. Sitzt dieser zu hoch, kann Magen-Darm-Inhalt austreten und das Ausweiden erschweren.

Bagging

Das Bagging ist das Umschneiden des Anus mittels Ringschnitt und das Einbeuteln des Rektums, um bei der Eviszeration mögliche Kontamination mit Magen-Darm-Inhalt zu verhindern (FSIS, 1996). Dabei stülpt das Personal mit der messerfreien Hand einen Plastikbeutel auf die Hand und umfasst den Anus. Mit der messerführenden Hand schneidet es mittels Ringschnitt um den Anus das Rektum frei. Das Rektum ist nach dem Freischneiden aus der Beckenhöhle hervorzulagern, die Tüte von der Hand darüberzustülpen und durch Ziehen an der Schnur zu fixieren. Zuletzt wird das eingepackte Rektum in die Bauchhöhle zurückverlagert, um bei der Eviszeration eine Kontamination des Schlachtkörpers zu verhindern (UECBV, 2021).

Brustbeinöffnung

Bei der Brustbeinöffnung ist darauf zu achten, dass die sich im Brustkorb befindlichen Organe unverletzt bleiben (UECBV, 2021). Danach ist die Lösung der Leber vom Zwerchfell unter Schonung der Gallenblase und das gesamte Auslösen des restlichen Geschlinges sorgfältig vorzunehmen.

Eviszeration

Mittels eines Longitudinalschnitts von kaudal nach kranial entlang der Linea alba wird mit abgedeckter Messerspitze der Schlachtkörper eröffnet. Dabei ist darauf zu achten, dass keine Teile des Magen-Darm-Konvoluts angeschnitten werden. Nach Greifen des Rektums wird das Darmkonvolut vorverlagert und das Gekröse dicht an der Wirbelsäule abgetrennt. Dabei ist ein Zerreißen des Magen oder Darms durch geeignete Anpassung des Equipments zu verhindern. Kontakte zur Schlachtkörperaußenseite sind zu verhindern. Zur Erleichterung dieser Arbeit und um das Anschneiden des Magen-Darm-Pakets zu verhindern, kann ein sogenannter „Bauchspreizer“ als Hilfsmittel eingesetzt werden (UECBV, 2021).

2.4.5 Dekontaminationsverfahren in der Rinderschlachtung

Sofos et al. (1999) und Bacon et al. (2000) haben Studien über die Effektivität von verschiedenen physikalischen, thermischen und chemischen Dekontaminationsmaßnahmen in Schlachthöfen in den USA durchgeführt. Rechtlich sind in der Europäischen Union zur Dekontamination von Rinderschlachtkörper bislang nur Wasser und Milchsäure zugelassen (Artikel 3 Absatz 2 (EG) Nr. 853/2004, Verordnung (EG) Nr. 101/2013). Dekontaminationsverfahren sind eine mögliche Maßnahme, um die Lebensmittelsicherheit und Haltbarkeit von Fleisch zu erhöhen. Sie können jedoch auch während des Schlachtens entstandene Hygienefehler verschleiern (Ellerbroek, 2013). Es besteht die Gefahr, dass diese als „End-of-Pipe-Technologien“ missbraucht werden (BfR, 2012).

Trimmen

Als Trimmen bezeichnet man das mechanische Abtragen von Verunreinigungen auf dem Schlachtkörper mittels eines Messers. In der Praxis ist Trimmen mit dem Messer die am häufigsten angewandte Methode zur Entfernung sichtbarer Kontaminationen (UECBV, 2021). Dies kann zu einer Reduktion von bis zu 3 log Stufen führen (Bolton et al., 2001). Gill (2004) kann positive Effekte nur bei geschultem Personal feststellen, da bei unhygienischer Arbeitsweise auch eine Verteilung der Kontamination möglich ist. Eine sorgfältige Endkontrolle und das Messertrimming von sichtbaren Verunreinigungen sollte in der Schlachtlinie implementiert sein. Dabei ist darauf zu achten, dass genügend Licht für die Mitarbeiter zur Verfügung steht.

Dekontamination mit kaltem Wasser

Karkassen werden dabei mit kaltem (10–15°C) oder warmen Wasser (15–40°C) gewaschen, um vor allem sichtbare Verunreinigungen mit Blut oder Knochenmehl abzuspülen (Bolton et al., 2001). Das Spülen führt jedoch zu keiner Reduzierung der Bakterienanzahl auf dem Schlachtkörper (Bell, 1997; Bolton et al., 2001). Wasserspülung kann zur Verteilung bakterieller Kontamination beitragen und wird daher nicht als wirksames Dekontaminationsverfahren angesehen (Bell, 1997; McEvoy, Doherty, Sheridan, & McGuire, 1999).

Dekontamination mit heißem Wasser

Unter Druck wird heißes Wasser (75–85°C) auf die Karkasse aufgebracht (O‘Bryan, Pendleton, Ricke, & Grandall, 2018). Die Dekontamination wirkt zum einen thermisch, kann jedoch aufgrund des Drucks auch physikalisch Kontamination reduzieren (Bolton, 2001; O‘Bryan et al., 2018). Die Anwendung von Heißwasser führt nachweislich zu einer Reduktion der Oberflächenkeimzahl (Gill, Bryant, & Bedard, 1999). Der Nachteil aber ist eine Veränderung der Fleischoberfläche (Bolton et al., 2001)

Behandlung mit Dampf

Die Vakuumdampfabsaugung nutzt heißen Dampf zur Dekontaminierung von kleinen Bereichen auf dem Schlachtkörper. Der Dampf wird mit ca. 85 °C auf die Schlachtkörperoberfläche angebracht und Kontamination abgesaugt (Bolton et al., 2001).

Vakuumdampfbehandlung ist für kleine Kontaminationen gut geeignet und führt zu einer Reduzierung der Keimzahl (McEvoy et al., 2001). Vakuumdampfbehandlung eignet sich jedoch nur für kleine Verunreinigen, da großflächige Verunreinigungen visuell durch den Applikator auch verteilt werden können. Die Dampfbehandlung führt zu keiner vollständigen Abtötung von pathogenen Erregern. Um einen gewünschten Effekt zu erzielen, muss die Applikation mindestens 10 Sekunden stattfinden, was unter kommerziellen Bedingungen oftmals zeitlich nicht möglich ist (McEvoy et al., 2001). Nachteil dieser Methode ist die mögliche farbliche Veränderung der Fleischoberfläche (Bolton et al., 2001).

Organische Säuren

Die Anwendung von Milchsäure ist in den USA weit verbreitet. In der Praxis ist deren Anwendung noch kontrovers diskutiert. Chemische Dekontaminationsmittel führen nicht nur zu einer selektiven Abtötung von Krankheitserregern, sondern auch zu einer Keimreduktion bei der auf dem Fleisch natürlicherweise vorhandenen Begleitflora und können zu Sensorik-, Farb-, Aroma- und Strukturveränderungen führen (BfR, 2012). Für die Akzeptanz der Abweichungen ist die Zweckbestimmung des behandelten Fleisches entscheidend (BfR, 2012).

3 Material und Methoden

3.1 Der Schlachtbetrieb und angewandte Schlachttechnik

Für das Projekt wurde ein südbayerisches Schlachtunternehmen mit einer wöchentlichen Schlachtkapazität von 5000 Rindern ausgewählt. Der Schlachtbetrieb verfügte durch die Kooperation mit landwirtschaftlichen Erzeugergemeinschaften über stabile Lieferantenbeziehungen. Der Hauptanteil der Tiere wurde von den Erzeugergemeinschaften angeliefert.

Die stündliche Schlachtleistung des Betriebs betrug 140 Tiere pro Stunde, aufgeteilt auf zwei Betäubungslinien mit 70 Tieren pro Stunde. Nach der Entblutung wurden diese in eine Linie zusammengeführt. Das Rodding und alle Schritte der manuellen Vorenthäutung fanden auf einer Linie statt. Vor dem automatischen Hautabzug – von unten nach oben – wurde die Linie wieder auf zwei Linien aufgeteilt mit je einer Leistung von 70 Tieren pro Stunde. Nach dem Bagging und der Eviszeration wurden die Rinderkarkassen wieder zu einer einzigen Linie zusammengeführt, die mit einer Geschwindigkeit von 140 Tieren pro Stunde lief. Die durchschnittliche Tagesschlachtzahl betrug 1000 Rinder. 86 % der angelieferten Schlachtrinder stammen aus einem Umkreis von maximal 200 km. Dies entspricht einer Transportzeit von ungefähr vier Stunden. Die maximale Transportzeit der angelieferten Tiere überschritt acht Stunden nicht.

Die hygienisch kritischen Arbeitsschritte der Enthäutung umfassten das manuelle Vorenthäuten mittels Messer, wobei die Haut teilweise vom Schlachtkörper gelöst wurde, um diese dann mit einem automatischen Rollhautabzug von unten nach oben abzuziehen.

Alle initialen Fellschnitte wurden unter Anwendung der Zweimessermethode und der Lanzettenschnitttechnik durchgeführt. Die Zweimessermethode umfasste die Reinigung und Desinfektion sowie einen Messerwechsel nach jedem initialen Fellschnitt bzw. nach jedem unsauberen Arbeitsvorgang sowie die Reinigung der Hände des Personals vor dem nächsten Arbeitsschritt. Zur Zwischendesinfektion von Messer und Geräten wurde das Mittel Inspexx 210 (Ecolab) basierend auf 200 ppm Peressigsäure, Peroctansäure und anderen organischen Säuren verwendet. Zur Verhinderung von Kreuzkontamination erfolgte eine

Zwischenreinigung und -desinfektion von Händen, Armen, Schürzen und Geräten nach mindestens jedem Tier.
Vor der Eviszeration wurde der Ösophagus mittels Kuziba EPS-System verschlossen. Der Verschluss erfolgte dabei ohne vorherigen Hautschnitt. Gleichzeitig wurde der Ösophagus dabei mit Wasser gespült. Um Kontakt zwischen vorenthäuteter freier Haut und freiliegender Schlachtkörperoberfläche nach den Schritten des manuellen Vorenthäutens zu vermeiden, wurde lateral auf Schulterhöhe Wachspapier angelegt. Das Bagging fand nach dem automatischen Rollhautabzug statt. Die Grundsätze der Trockenschlachtung wurden beachtet. Die Schlachtkörper wurden zu keinem Zeitpunkt mit Wasser gewaschen, noch wurde ein anderes Dekontaminationsverfahren angewendet. Einziger Dekontaminationsschritt war das hygienische Nachtrimmen mittels Messer am Ende der Schlachtlinie vor Eintritt in den Kühltunnel. Die Karkassenhälften blieben neunzig Minuten bei einer Temperatur von -4 °C im Schockkühler. Danach wurden sie bei +2 bis +4 °C gelagert und gemäß der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 auf < 7 °C gekühlt.

Der gesamte Schlachtprozess wurde regelmäßig im Rahmen der Eigenkontrollen der Qualitätssicherung überwacht, um Kontaminationsquellen an den Schlachtkörpern zu erkennen. Karkassen mit fäkalen Verunreinigungen durch unsauberes Arbeiten wurden markiert und mit einem Messer getrimmt. Während der SSOP (Standard Sanitation Operating Procedure)-Inspektionen wurde die Wirksamkeit der Hygienemaßnahmen überwacht. Zweimal täglich wurden dafür aufeinanderfolgende Schlachtkörper (zehn Vorder- und zehn Hinterviertel) auf visuelle Verunreinigungen hin überprüft. Wenn mehr als eine ähnliche Verunreinigung (Spuren von Verunreinigungen mit Magen-Darm-Inhalt, Hautresten, Haaren oder Kot) auftrat, wurde die Ursache sofort ermittelt und es wurden entsprechende Korrekturmaßnahmen eingeleitet. Bei negativen Trends und bei Überschreitung vorgegebener Grenzwerte wurden vorbeugende Maßnahmen festgelegt.

3.2 Systematik zur Feststellung der Sauberkeit von Schlachtrindern

Die für die Erprobung in der Praxis entwickelte Systematik zur Feststellung der Sauberkeitsklassen 0–2 von Schlachtrindern sollte die objektive Reproduzierbarkeit der Beurteilung durch den Anwender sicherstellen und den Einfluss subjektiver Wahrnehmung möglichst reduzieren. Die Systematik orientierte sich dabei an den norwegischen Vorgaben von

Animalia (Animalia, 2012), die Tiere post mortem anhand einer prozentualen Angabe von flächenmäßigen Verschmutzungen ebenfalls in drei verschiedene Sauberkeitsklassen zuordnet.

Das Einstufungsverfahren stützt sich auf drei Bewertungskriterien:

a) Art und Qualität der Verschmutzung
   Fellverunreinigungen bestehen aus Kot-, Einstreu- oder Umgebungsresten, die an Fellhaaren anhaften. Diese können sich beim Niederlegen vereinzelt, flächig, locker oder fest am Haarkleid anhängen. Fellverunreinigung sind feucht oder trocken (z. B. krustig, panzerartig, verklebt). Verschmutzungen können auch durch die Verteilung frischen flüssigen Kots im Analbereich entstehen.

b) Schlachttechnologisch relevante Fellbereiche
   Berücksichtigung fanden besonders die aus schlachttechnologischer Sicht relevanten Fellbereiche (AVV LmH, 2019), von denen bei Verschmutzung ein Kontaminationsrisiko für das Fleisch ausgehen kann. Dieses sind die initialen Fellöffnungsschnittlinien der nachfolgenden Bereiche: Hals-, Brust- und Bauchunterseite, Inguinal- und Perianalregion, Flanken, Vorder- und Hintergliedmaßen.

c) Sauberkeitsgrad
   Rinder weisen keine bis wenige Kot-, Einstreu- und/oder Umgebungsreste auf.
   Davon zu unterscheiden sind Rinder, bei denen maximal 50 % der Gesamtfellfläche Kot-, Einstreu- und/oder Umgebungsreste aufweisen, bzw. Rinder, bei denen mehr als 50 % der Gesamtfellfläche von Verunreinigungen betroffen sind.

Anhand der o.g. Bewertungskriterien a) bis c) wurden die in der AVV LmH (2019) definierten Sauberkeitsklassen (0–2) für die eigenen Untersuchungen ergänzt und wie folgt definiert:

Sauberkeitsklasse 0:
Tiere, die trocken und keine bis wenige Schmutz- und Kotreste, allenfalls mit vereinzelt locker anhängenden Stroh- oder Einstreuresten an den Gliedmaßen und im Bereich der Bauchöffnungsschnittlinie aufweisen.

Sauberkeitsklasse 1:
Tiere, die an maximal 50 % der Gesamtfellfläche trockene und/oder feuchte Schmutz- und Kotreste allenfalls mit locker anhängenden Stroh- und Einstreuresten an den Vorder- und Hintergliedmaßen zeigen und bei denen weniger als 50 % des Fellbereiches um die Bauchöffnungsmittelschnittlinie trockene und/oder feuchte Schmutz- oder Kotreste oder höchstens dünne, panzerartige, zusammenhängende Schmutz-, Kot- und Einstreureste aufweisen.

Sauberkeitsklasse 2:
Tiere, bei denen über 50 % der Gesamtfellfläche dicke, trockene und/oder nasse Schmutz- oder Kotreste aufweisen, bei denen weite Fellbereiche der Vorder- und Hintergliedmaßen, an den Flanken und am Bauch mit fest anhaftenden Einstreu-, Schmutz- und Kotresten belegt sind und bei denen mehr als 50 % des Fellbereichs um die Bauchöffnungsmittelschnittlinie flächendeckende, dicke, panzerartig verklebte, zusammenhängende Schmutz-, Kot- und Einstreureste aufweisen.

Tab. 1 Systematik zur Erfassung der Sauberkeitsklasse von Schlachtrindern

Sauberkeitsklasse	Beschreibung Einzeltierbeurteilung	Beispiel
0 = sauber und trocken	Tier ist trocken und weist keine bis wenige Schmutz- oder Kotreste am Fell allenfalls mit vereinzelten locker anhängenden Stroh- oder Einstreuresten an den Gliedmaßen und im Bereich der Bauchöffnungsschnittlinien auf.	
1 = mittelgradig verschmutzt	Tier weist an maximal 50 % der Gesamtfellfläche trockene und/oder feuchte Schmutz- oder Kotreste allenfalls mit locker anhängenden Stroh- und Einstreuresten an Vorder- und Hintergliedmaßen auf. Weniger als 50 % des Fellbereiches um die Bauchöffnungsmittelschnittlinie weisen trockene und/oder feuchte Schmutz- oder Kostreste oder höchstens dünne, panzer-artige, zusammenhängende Schmutz-, Kot- und Einstreureste, die am Fell haften, auf.	
2 = stark verschmutzt	Tier weist an über 50 % der Gesamtfell-fläche dicke trockene und/oder nasse Schmutz- oder Kotreste auf, weite Fell-bereiche der Vorder- und Hintergliedmaßen, an den Flanken und am Bauch sind mit fest anhaftenden Einstreu-, Schmutz- und Kotresten belegt. Mehr als 50 % des Fellbereichs um die Bauchöffnungsmittelschnittlinie weisen flächendeckende, dicke, panzerartig ver-klebte, zusammenhängende Schmutz-, Kot- und Einstreureste auf.	

3.3 Ausgestaltung der Erhebung der Sauberkeitsklassen

3.3.1 Erfassung der Sauberkeitsklassen

Die Erfassung der Sauberkeitsklassen erfolgte im Zeitraum von August 2018 bis Juli 2019. Um die Sauberkeitsklassen fortlaufend über die Jahreszeiten abzubilden, wurden diese zusätzlich auch im August 2019 erfasst. Alle in dieser Zeit geschlachteten Rinder wurden nach der eigens für die Studie entwickelten Systematik (Tab. 1) nach dem Auswurf aus der Betäubungsbox und vor der Entblutung von geschultem Personal einer Sauberkeitsklasse 0 bis 2 zugeordnet.

Die Schulung des für die Erfassung zuständigen Personals erfolgte über den Zeitraum einer Woche jeweils fünf Arbeitsstunden nach dem in Tab. 1 dargestellten System. Im Rahmen der Studie wurden alle geschlachteten Rinder gemeinsam mit der Autorin einer Sauberkeitsklasse zugeteilt. Dies erfolgte nach dem Auswurf des Tieres aus der Betäubungsbox vor der Entblutung.

Die Rinder wurden entsprechend der festgestellten Sauberkeitsklasse farbig in Höhe der Schulter markiert. Tiere der Sauberkeitsklasse 0 (sauber und trocken) erhielten keine Markierung. Tiere der Sauberkeitsklasse 1 (mittelgradig verschmutzt) erhielten eine grüne, Tiere der Sauberkeitsklasse 2 (stark verschmutzt) eine rote Markierung.
Die farbige Markierung je Sauberkeitsklasse diente dazu, den Mitarbeitern am Schlachtband, v.a. an den Positionen des manuellen Vorenthäutens/Enthäutens ein Warnsignal zu geben, hier besonders auf hygienische Arbeitsweise und Zwischenreinigung zu achten.

Die Einteilung in Sauberkeitsklassen sowie die Kennzeichnung wurde täglich über den gesamten Zeitraum der Studie je Betäubungsbox bei zwanzig Rindern im Rahmen einer Schattenkontrolle verifiziert. Im Rahmen der routinemäßigen elektronischen Erfassung der Ohrmarkennummer eines jeden Rindes sowie der Schlachtnummer zur Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit wurde die ermittelte Sauberkeitsklasse analog der farbigen Markierung in der Schlachtdaten-EDV hinterlegt. Die Sauberkeitsklasse (0–2) wurde am Fleisch-untersuchungsterminal angezeigt, um der zuständigen Behörde für die Fleischuntersuchung zusätzliche Information über den Schlachtkörper zu geben.

3.3.2 Erfassung der Sauberkeitsklassen je Tierkategorien

Um Unterschiede der Sauberkeit zwischen den beurteilten Rindern bewerten zu können, wurden diese einer Tierkategorie (Jungbulle, Kuh, Färse, Bulle, Ochse, Kalb, Jungrind) zugeordnet. Für die Einteilung in Tierkategorien wurde das europäische Handelsklassenschema für Schlachtkörper nach Anhang IV der Verordnung (EU) Nr. 1308/2013 angewendet.

3.3.3 Erfassung des Haltungsverfahrens und des Haltungssystems

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen Fellverschmutzungen und Haltungsverfahren feststellen zu können, wurde für alle Rinder je Tierkategorie erhoben, ob diese aus konventioneller oder ökologischer Haltung gemäß Verordnung (EU) 2018/848 stammten. Darüber hinaus wurden bei konventionellem Haltungsverfahren die Landwirte kontaktiert und bei Rückmeldung zusätzlich das Haltungssystem je Tierkategorie erfasst. Unterschieden wurde dabei zwischen Haltung auf Stroh mit oder ohne Weidegang und Vollspaltenboden.
Bei Rindern aus ökologischer Haltung wurde unter Berücksichtigung der Anforderungen des Standards vorausgesetzt, dass diese auf Einstreu gehalten werden und Freilauf gewährt wird. Deshalb wurde auf eine Abfrage verzichtet.

3.3.4 Erfassung der Sauberkeitsklassen in Betrachtung des saisonalen Einflusses

Zur Untersuchung des möglichen Einflusses jahreszeitlicher Schwankungen auf die Sauberkeit von Schlachttieren wurden die Daten aller klassifizierten Rinder für den Untersuchungszeitraum von zwölf Monaten je Monat sowie nach meteorologischen Jahreszeiten erhoben und zusammengefasst.

3.4 Mikrobiologische Untersuchungen

Im Rahmen der Eigenkontrollen gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 und der dazugehörigen DIN EN ISO 17604:2015 wurden zwischen August 2018 und Juni 2019 Prozesshygieneproben an Schlachtkörpern genommen (Abbildung 1).

Für die vertikale Beprobung im Rahmen der Eigenkontrollen gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 wurde zweimal wöchentlich an unterschiedlichen Tagen fünf Schlachtkörper zufällig ausgewählt (=10 Schlachtkörper pro Woche).

3.4.1 Probenahmestellen für die Prozesshygieneproben im Rahmen der Eigenkontrollen gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005

1. Keule, so nahe wie möglich am Darmausgang
2. Flanke am Übergang zwischen dicker und feiner Rippe
3. Unterbrust
4. Nacken

Zusätzlich wurden zwischen November 2018 und Juni 2019 mikrobiologische Proben an modifizierten Probenahmestellen entnommen, die ein erhöhtes Risiko für eine Kontamination zwischen Haut bzw. Fell und Schlachtkörper aufwiesen, insbesondere während des manuellen Vorenthäutens und des Hautabzuges.
Alle mikrobiologischen Proben wurden vertikal entnommen. Die kontinuierliche Variation der Probenahmetage war durch einen Probenahmeplan sichergestellt.
Einmal pro Woche wurden fünf Schlachtkörper je Sauberkeitsklasse an den modifizierten Probenahmestellen destruktiv beprobt (Abbildung 1).
Alle in der Studie beprobten Schlachtkörper wurden ihrer Sauberkeitsklasse zugeordnet und alle Proben auf Gesamtkeimzahl (GKZ), Enterobacteriaceae (EBZ), *Salmonella* spp. sowie Shiga-toxin-produzierende *Escherichia coli* hin untersucht.

3.4.2 Modifizierte Probenahmestellen mit einem erhöhten Risiko für das Auftreten von Haut-Schlachtkörper-Kontaminationen

Alle manuellen Schritte vor dem automatischen Hautabzug sowie Schlachtkörper am Ende der Schlachtlinie, noch vor der Trimmingposition, wurden vor der Testphase bewertet. Dabei wurde nach ähnlichen Verunreinigungen gesucht und diese auf ihre Ursache im Schlachtprozess zurückgeführt. Auf Grundlage dieser Bewertung wurden Probenahmestellen

identifiziert, die mit der im Schlachthof verwendeten Schlachttechnik zu einem erhöhten Risiko für eine Kreuzkontamination von Schlachtkörpern bei der Enthäutung und/oder an denen Arbeitsmethoden von Mitarbeitern zu einem hohen Risiko für Kontamination und Kreuzkontaminationen führten:

1. Manubrium sterni und Verbindungslinie zwischen linkem und rechtem Tuber olecrani
2. Linea alba (Initiale Bauchöffnungsmittelschnittlinie): M. rectus abdominis
3. Axillarregion beider Vordergliedmaßen: M. pectoralis descendens/transversus
4. Musculus semimembranosus (Initiale Fellöffnungsschnittlinie an den Hinterbeinen)

Die mikrobiologische Probenahme erfolgte nach DIN EN ISO 17604:2015 an den am Vortag geschlachteten Schlachtkörpern nach ca. zwölf Stunden Kühlung mit Zustimmung der Behörde. Zur Entnahme der Proben wurden ein steriler Stanzbohrer, ein Skalpell und eine Pinzette verwendet. Mit dem Stanzbohrer wurden an den in Abbildung 1 beschriebenen Entnahmestellen vier Löcher in die Oberfläche des Schlachtkörpers gestanzt. Die Proben wurden herausgeschnitten (ca. 2 mm dick). Die einzelnen Proben eines Schlachtkörpers wurden in einen nummerierten Stomacher-Beutel gelegt (vier Teilproben/Beutel). Zwischen den einzelnen Probenahmen wurden die Probennahme-Instrumente mit 70 %igem Alkohol gereinigt und desinfiziert und anschließend mit einer Flamme erhitzt. Vor dem Transport wurden die Proben bei einer Temperatur zwischen 1 °C bis 8 °C gelagert und noch am Tag der Probennahme gekühlt ins Labor transportiert. Die Salmonellen Proben wurden im Labor aus den Proben der Gesamtkeimzahl/Enterobacteriaceae gepoolt. Diese Methode ist entsprechend der Referenzmethoden nach EN/ISO 6579:2020 validiert und nach ISO/IEC 17025:2017 akkreditiert. Für die Analyse auf STEC wurden fünf Proben separat den GKZ/EBZ Proben entnommen.

Abb. 1. grau: Probenahme an Probenahmestellen gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 ; schwarz: Beprobung an modifizierten Probenahmestellen

3.4.3 Mikrobiologische Beprobung des Fells

Um einen Überblick über den mikrobiellen Gehalt des Fells verschiedener Sauberkeitsklassen zu erhalten, wurden im Dezember 2019 von je fünfundzwanzig einer Sauberkeitsklasse zugeordneten Schlachtkörpern nach dem Entbluten und vor weiteren Produktionsschritten Proben von verschmutzten Fellbereichen entnommen.

Die Proben wurden mit einem sterilen Messer aus den Bereichen der Brustöffnungsmittelschnittlinie, auf Höhe des Manubrium sterni, der Vordergliedmaßen auf Höhe des Karpalgelenks und im Bereich der Keule auf Höhe der distalen Regionen der Mm. semimembranosus et semitendinosus entnommen. Zwischen den einzelnen Probenahmen wurden die Entnahmeinstrumente mit 70 %igem Alkohol gereinigt und desinfiziert und anschließend mit einer Flamme erhitzt. Die Fellproben wurden in einen sterilen Stomacher-

Beutel gegeben und gekühlt (+1 bis +8°C) transportiert und am folgenden Tag im Labor untersucht.

3.4.4 Mikrobiologische Auswertung

Die mikrobiologische Auswertung fand in einem akkreditierten Labor statt. Die Analyse der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl erfolgte nach § 64 LFGB L00.00-88/2.2015-06; DIN EN ISO 4833-2:2013; die Analyse der Enterobacteriaceae nach § 64 LFGB L00.00-133/2.2018-03, modifiziert mit einem Spiralplater; DIN EN ISO 21528-2:2004.
Der qualitative Nachweis von *Salmonella* spp. wurde mittels Multiplex-PCR durchgeführt (Microbiologique, Inc; PB100701SAL und Microbiologique, Inc; PB100701-SALMC: 2018-09). Der qualitative Nachweis von Shigatoxin bildenden *E.coli* erfolgte ebenfalls mittels Multiplex-PCR (Microbiologique, Inc.; *E.coli* (STEC) mit IEH Intimin Test Kit Part PB100701STEC; Microbiologique, Inc.; Molecular Confirmation: *E.coli* (STEC) mit IEH Intimin PB10077010157-STECMC; Microbiologique, Inc.; *E.coli* O157 IEH Test Kit PB100701O157; Microbiologique, Inc.; Molecular Confirmation: *E.coli* O157 PB100701-O157MC: 2018-08). Die IEH-Testmethode wurde für den qualitativen Nachweis von Shigatoxin bildenden enterohämorrhagischen *E.coli* und enteroaggregativen *E.coli* sowie für die Identifizierung verschiedener Serotypen (O157:H7, O26, O45, O103, O104, O11, O121 und O145) eingesetzt. Der Nachweis sowohl von *Salmonella* spp. als auch von Shigatoxin produzierenden *E.coli* basierte auf einer simultanen Genamplifikation durch eine Multiplex-Polymerase-Kettenreaktion (PCR) mit mehreren spezifischen Primern für die DNA-Zielsequenzen. Die amplifizierten DNA-Fragmente wurden mittels Gelelektrophorese aufgetrennt und mit Hilfe des Fluoreszenzfarbstoffs (Ethidiumbromid) nachgewiesen. Im Screening positiv getestete Proben wurden mit einer weiteren Multiplex-PCR unter Verwendung von immunomagnetischen Beads bestätigt.

3.5 Statistische Auswertung

3.5.1 Statistische Auswertung der Verteilung der Sauberkeitsklassen

Um die Effekte der unabhängigen Variablen, wie Tierkategorie (EUROP Klassifizierungssystem), saisonaler Zusammenhang und Einfluss des Haltungsverfahrens und Haltungssystems zu untersuchen, wurde die statistische Auswertung der erhobenen Daten mit dem Statistikprogramm SAS®, Enterprise Guide, 7.1 durchgeführt. Zur deskriptiven Statistik wurde für die Darstellung von absoluten Häufigkeiten und Anteil (in %) Kontingenztabellen, Balken- und Kreisdiagramme herangezogen. Hierzu wurde das Programm Microsoft® Excel des Programmpaketes Microsoft® Office 365 verwendet. Zum Vergleich unabhängiger Stichproben mit qualitativen Zielgrößen wurden die Effekte der Verteilung und die Abhängigkeit der Merkmale in Kontingenztafeln dargestellt; zur Prüfung der statistischen Signifikanz innerhalb der Tiergruppen wurde aufgrund des Umfangs der Stichprobenmenge der Chi Quadrat Homogenitätstest nach Pearson durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde $p \leq 0{,}05$ festgesetzt.

3.5.2 Statistische Auswertung der Mikrobiologie je Sauberkeitsklasse

Die Daten der Sauberkeitsklassen, die während der Arbeit gesammelt wurden, wurden mit den Schlachtdatensätzen der Tiere kombiniert. Die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse wurden zusammen mit den Daten der Sauberkeitsklassen mit dem Statistikprogramm SAS®, Enterprise Guide, 7.1 ausgewertet.

Die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse wurden für die statistische Auswertung in $\log_{10}$ umgerechnet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq 0{,}05$ festgelegt. Die mikrobiologischen Ergebnisse sowie die log-umgerechneten Daten wurden mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Die Annahme auf Normalverteilung der Daten sowie der log-transferierten Daten wurde verworfen, sodass nichtparametrische Verfahren zur Anwendung kamen. Die Unterschiede in der Verteilung der mikrobiologischen Werte zwischen den Sauberkeitsklassen wurde zum einen mittels Kruksal-Wallis-Test und zum anderen

paarweise zwischen den einzelnen Sauberkeitsklassen mittels Wilcoxon-Test für zwei Stichproben getestet. Die Ergebnisse wurden in einem Boxplot dargestellt.

Für die mikrobiologischen Ergebnisse je Sauberkeitsklasse wurden Mittelwerte, die Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte und der Median berechnet. Zum Vergleich der Werte gegen den Richtwert (m) und den Grenzwert (M) der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 wurden die Werte in einer Kontingenztabelle dargestellt und mittels Chi-Quadrat Homogenitätstest nach Pearson bzw. Fisher-Test getestet.

4 Manuskripte

4.1 Ausgestaltung einer Systematik zur Erhebung der Sauberkeit von Schlachtrindern unter Berücksichtigung nationaler Anforderungen

Design of a system to determine cattle-hide cleanliness with respect to national specifications

[1]Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
[2]Vion Food Group, Deutschland
[3]Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin

Veronika Weber[1,2], Anne Hiller[2], Lüppo Ellerbroek[1,3]

Veröffentlicht in Journal of Food Safety and Food Quality

DOI 10.2376/0003-925X-71-38

Archiv für Lebensmittelhygiene 72, 38─48 (2021)

https://journal-food-safety.de

Zusammenfassung

Mit der Novellierung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift Lebensmittelhygiene 2019 (AVV LmH) wurden die Vorgaben der EU-Verordnung, nur saubere Tiere zur Schlachtung zuzulassen, übernommen. Anlage 3 der AVV LmH beschreibt eine Methode zur Überprüfung der Sauberkeit von Rindern, Schafen, Schweinen und Geflügel, die zur Schlachtung angeliefert werden. In der vorliegenden Arbeit wurde ein Umsetzungskonzept der neuen Vorgaben der AVV LmH zur Feststellung der Sauberkeit von Schlachtrindern ausgearbeitet und praktisch in einem Schlachtbetrieb mit einer wöchentlichen Kapazität von 5000 Rindern erprobt. Es umfasst die Einteilung von Schlachtrindern nach der Betäubung und vor der Entblutung in eine von drei Sauberkeitsklassen sowie die anschließende Auswertung und Rückmeldung je landwirtschaftlichem Primärerzeuger. Neben der Klassifizierung der Sauberkeit von Rindern über den Zeitraum eines Jahres stand die Prüfung des saisonalen Einflusses, der Tierkategorie und des Haltungsverfahrens und -systems auf die Sauberkeit des Felles im Vordergrund.

Fellverschmutzungen werden vor allem durch die Nutzungsrichtung des Rindes und das Betriebsmanagement beeinflusst. Milchkühe waren der Studie nach die sauberste Tierkategorie, Ochsen waren am stärksten verschmutzt. Weiter konnte gezeigt werden, dass die Sauberkeit von Rindern jahreszeitlichen Einflüssen unterliegt. In den Winter- und Sommermonaten waren die Tiere stärker verschmutzt als im Herbst und Frühling. Das Konzept erwies sich in der Praxis als gut umsetzbar und kann als Grundlage dienen, das Management auf landwirtschaftlicher Ebene zu verbessern und leistet dadurch einen Beitrag zur Beherrschung der auf Ebene der Landwirtschaft relevanten Gefahren für die Lebensmittelsicherheit.

Summary

With the amendment of the Administrative Regulation on Food Hygiene 2019 (AVV LmH), the requirements of the EU regulation to only allow clean animals for slaughter were adopted nationally. Annex 3 of the regulation describes a method for assessing the cleanliness of cattle, sheep, pigs and poultry delivered for slaughter. In the present study, a concept was developed for implementing the new regulation requirements for determining the cleanliness of slaughter cattle; it was tested in practice in a slaughterhouse with a weekly capacity of 5000 cattle. It comprises the classification of slaughter cattle after stunning but before bleeding into one of three cleanliness categories, the subsequent evaluation and feedback to the primary agricultural producer. Aside from classifying the cleanliness of cattle over the period of one year, the main focus of the present study was to examine seasonal influence, influence of the animal category and influence of the husbandry method and system on hide contamination. Hide contamination is mainly influenced by the direction of cattle use and farm management. According to the study, dairy cows were the animal category with the cleanest animals whereas oxen were the animal category with the most heavily contaminated animals. It was also shown that the cleanliness of cattle is subject to seasonal influences. In the winter and summer months the animals were more contaminated than in autumn and spring. The concept proved to be well implementable in practice and can serve as a basis for improving management at farm level, thereby contributing to the control of related food safety hazards at farm level.

Key words: Fleischhygiene, AVV-LmH, Fellverschmutzungen von Rindern, pre-harvest-Management, Lebensmittelsicherheit, HACCP

Meat hygiene, German national regulation, cattle cleanliness, farm management

4.2 Impact of cattle cleanliness at slaughter on microbial hygiene status of carcasses

[1]Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

[2]Vion Food Group, Deutschland

[3]Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin

Veronika Weber[1,2], Anne Hiller[2], Lüppo Ellerbroek[1,3]

Abstract

The primary aim of this study was to determine if there is any impact of visual cleanliness of slaughter cattle on microbial levels on the carcass as indicated by TVC, EC, *Salmonella* spp. and STEC, investigated in a slaughterhouse in Germany with a weekly capacity of 5000 cattle. Another goal was to examine whether, with strict slaughter hygiene measures, cross-contamination during dehiding of heavily soiled animals can be limited. Four microbiological sampling points on the carcass were selected for which there was a high risk of contamination during skinning. The microbiological test results from these modified sampling points were compared with the results of the process-hygiene-control samples collected and examined at the slaughterhouse in accordance with the Regulation (EC) No 2073/2005. While the results of the modified sampling points selected in the study were used to evaluate hygienic skinning, the samples of the process-hygiene-control samples represented the hygienic operation of the entire slaughter process. The slaughter of heavily soiled animals had a significant effect on TVC but not on EC levels. But there was no significant evidence that carcasses of heavily soiled animals had a higher probability of microbiological exceedances the limits set by EC 2073/2005. *Salmonella* spp. and STEC were not detectable in any of the samples tested. The results of this study allow the conclusion that, using the slaughter technologies currently available an approved in Europe, the risk for pathogen transmission in both clean and heavily soiled cattle can be managed by strict adherence to the basic rules of slaughter hygiene and a systematic monitoring and verification of the hygiene procedures used.

Keywords: Cattle cleanliness, Beef carcass contamination, Meat hygiene, Food safety, HACCP

1. Introduction

It is generally accepted that the degree of external contamination of animals is likely to compromise hygienic slaughter (Arthur et al., 2004; Bosilevac, Nou, Osborn, Allen, & Koohmaraie, 2005; Codex-Alimentarius, 2005; EFSA, 2013; Elder et al., 2000;

Hauge et al., 2015; Serraino et al., 2012; Small, Wells-Burr, & Buncic, 2005). The main sources are cross-contamination during dressing procedures, with the initial cutting lines during dehiding, and the leakage of gastrointestinal contents (Blagojevic, Antic, Ducic, & Buncic, 2012; Gill, 2004; Madden, Murray, & Gilmour, 2004; Reid, Small, Avery, & Buncic, 2002). On the other hand, carcass cross-contamination cannot be entirely prevented under commercial conditions or in currently used slaughter operations (Antic et al., 2010; Blagojevic et al., 2012; Buncic, 2006; Elder et al., 2000). In particular, the skinning process and its preparatory work can lead to microbial contamination of carcasses (Gill, 2004; Gill, McGinnis, & Bryant, 1998; Kennedy, Giotis, & McKevitt, 2014; Madden et al., 2004). Slaughtering dirty animals should therefore be specifically taken into account in a slaughterhouse's quality management system (UECBV, 2021).

According to Regulation (EC) No 852/2004, food business operators at all stages of the production chain are obliged to ensure cleanliness of animals coming to slaughter, so that no unacceptable risk of meat contamination can emanate from skinning procedures.

Controversy arises since, by nature, cattle cannot be entirely free of contamination (McCleery, Stirling, McIvor, & Patterson, 2007; Reid et al., 2002). In addition, the results from a number of studies conflict with one another and it is unclear at what level of contamination the risk of hide-carcass contamination becomes unacceptable. Some authors showed a positive correlation where having higher visual cleanliness scores (i. e. having more hide contamination) had a significant impact on the likelihood of having higher microbial levels in the resulting carcass (Bolton et al., 2011; Byrne, Bolton, Sheridan, McDowell, & Blair, 2000; Elder et al., 2000; Hauge, Nafstad, Røtterud, & Nesbakken, 2012; Serraino et al., 2012). Others found no consistent association between microbial levels in carcasses and different visual hide-cleanliness scores (Antic et al., 2010; Hauge et al., 2015; Van Donkersgoed, Jericho, Grogan, & Thorlakson, 1997). Contaminated areas and results can vary using different skinning and slaughter technologies (Antic et al., 2010; Serraino et al., 2012).

To comply with Regulation (EU) 2019/627 (formerly (EC) No 854/2004), several EU-Member states have developed various scoring strategies to measure hide cleanliness of cattle (AFSCA, 2008; Animalia, 2012; Duffy, Burgess, & Bolton, 2014; FSA, 2004; KFC, 2008; Ridell & Korkeala, 1993). These procedures are based on the approach of classifying slaughter-

cattle into different hide cleanliness categories, and if necessary, taking various measures during processing.

Contamination from cattle can adhere loosely or firmly, dry or wet. The location on the animal is important for the skinning process (Brecheisen, 2014; Ridell & Korkeala, 1993). Nevertheless, visibly clean hides are not necessarily pathogen free and still have a potential risk of cross contamination; therefore, the microbiological safety of meat is best managed by the effective implementation of control measures within a food safety management system (FSMS) and hazard analysis system in the slaughterhouse process (Hauge et al., 2015). Slaughter hygiene measures are basically aimed at protecting carcasses from visual and microbiological contamination (UECBV, 2021). As a result, microbiological criteria can also be used to verify that these FSMS are implemented correctly (Codex-Alimentarius, 2005; EFSA, 2013). Further requirements to ensure process and food hygiene are specified in Regulation (EC) No 2073/2005. Process hygiene criteria set forth by Regulation (EC) No 2073/2005 (Annex I, Chapter 2) for Total Viable Count, Enterobacteriaceae Count and *Salmonella* spp. for cattle carcasses after dressing are of the utmost importance for evaluating the hygienic slaughtering process. Yet there are no limits for Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) infections on carcasses. The selection of sampling points on the carcasses should be made while taking into account the slaughtering technique used in the plant. The aim is to test the points with the highest prevalence and/or risk of contamination (Annex I, Chapter 3, No 3.2 (EC) No 2073/2005). Time, frequency, and examples of relevant sampling points are set forth in DIN EN ISO 17604:2015.

The purpose of this study was to determine if there is an impact of the slaughter cattle's visual cleanliness on microbial levels found on the carcass after slaughtering, as indicated by Total Viable Count (TVC), Enterobacteriaceae Count (EC), *Salmonella spp.* and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC).

Based on the results, a recommendation is made as to whether, using strict measures, the risk of contamination from the hazards in question can be reduced to an acceptable level. This should contribute to a reduction in microbial contamination in meat and therefore to an improvement in food hygiene and safety.

2. Material and Methods

2.1 Slaughter line and HACCP system

The study was performed at a slaughterhouse in the southern part of Germany with an average daily slaughter capacity of 1000 cows. The hourly slaughter capacity was 140 cows. The cattle were divided between two stunning boxes, with each box containing 70 animals/hour. The animals were merged into a single line following the bleeding process. Rodding and all manual hide-removal steps were performed in a single line (140 animals/hour). Prior to the automatic, upward removal of the hide, the cattle were again divided into two lines running at a rate of 70 animals/hour. Following bagging and evisceration, the cattle were merged back together into a single line that operated at a rate of 140 animals/hour. The overall slaughtering process was monitored regularly by the quality control system's self-check procedure to detect sources of carcass contamination other than those from the dressing process. Carcasses with fecal contamination due to unclean processing were marked and trimmed by knife. During SSOP (Sanitation Standard Operating Procedure) inspections, effectiveness of the described hygienic procedures was monitored. Twice a day, consecutive carcasses (10 forequarters and 10 hindquarters) were checked for visual contamination. If there was more than one similar contamination (traces of contamination with gastrointestinal contents, hide residue or feces), the head of department was informed so that the cause could be determined immediately and appropriate corrective action taken. If trends were negative and if specified limits had been exceeded, then preventive measures were defined.

2.2. Animals and hide-cleanliness categorization

From August 2018 to June 2019, all slaughtered cattle were visually inspected and assigned to one of three cleanliness categories by trained staff. This was done immediately after stunning but before bleeding as per the written and pictorial guidelines shown in Table 1. The cattle were given a color marking on their shoulders in accordance with the assigned cleanliness categories. The identified cleanliness category was saved digitally during routine registration of each cow's ear-tag number, along with the slaughter number. This was done to ensure traceability,

analogous to the colored marking. The colored hide-marking showing the degree of contamination served to warn the workers on the slaughter line – mainly those at the manual pre-hide-removal and hide-removal positions – to pay special attention to hygienic procedures and interim cleaning of equipment. The cleanliness category information (0–2) was displayed on the meat inspection terminal to give the authority additional information about the carcass.

Table 1

System for assessing hide cleanliness of slaughter cattle

Hide cleanliness category	**Description**	
0 = clean and dry	The animal is dry and shows little or no dirt or manure contamination on the hide, at most just isolated, loosely hanging straw or bedding residue on the limbs or in the vicinity of the initial cutting lines.	
1 = moderately soiled	The animal has dry and/or damp dirt or manure contamination on a maximum of 50 % of the total hide- surface, possibly with loosely attached straw and litter contamination on the front and rear limbs. Less than 50 % of the hide-area around the abdominal initial cutting line exhibits dry and/or moist dirt or fodder contamination, or at most, thin, armour-like, coherent dirt, excrement and bedding contamination adhering to the hide.	
2 = heavily soiled	The animal has thick, dry and/or wet dirt or manure contamination on over 50 % of the overall hide-surface. Broad regions of the hide on the front and rear limbs, flanks and stomach are covered with firmly adhering litter-dirt and excrement contamination. More than 50 % of the hide-area around the abdominal initial cutting line exhibits surface-covering, thick, armour-like, glued, coherent dirt-, excrement- and bedding contamination adhering to the hide.	

2.3. Slaughtering process and hygienic performance

The hygienically critical step of removing the hide was comprised of pre-skinning by knife to partially loosen the hide from the carcass before automatic upward hide removal.
All initial cuts, especially along the abdominal midline, the genitals and extremities were performed with clean and disinfected knives, using the two-knife method for hygienic slaughtering. The two-knife method was comprised of cleaning and disinfecting; changing knives after each initial cut in the hide or after any unclean procedure; and handwashing by the personnel before moving on to the next step in the process. For interim decontamination of knives and equipment, the agent Inspexx 210 (Ecolab), – based on 200 ppm peracetic acid, peroctanoic acid and other organic acids –, was used. To prevent cross contamination, interim cleaning was performed, and hands, arms, aprons, and equipment were washed following each animal, at a minimum. Prior to evisceration and the pre-skinning steps, rodding of the esophagus was performed using the Kuziba EPS-system. This cleans the esophagus from the inside using water, without prior hide cutting or meat contact, and seals it right in front of the pylorus. To prevent direct contact with the pre-skinned hide, meat butcher-paper was used at the lateral part of both shoulders, just before upward hide removal. Bagging of the rectum was performed after the dehiding process, using a plastic bag. The principles of dry slaughtering were adhered to. At no time were the carcasses washed with water, nor was any other decontamination process used. The only step to remove contamination was trimming by knife at the end of the slaughter line prior to entering the blast chiller. The carcass-halves stayed in the blast chiller for ninety minutes at a temperature of -4 °C. After that, they were stored at +2 to +4 °C and cooled to < 7 °C as per Regulation (EC) No 853/2004.

2.4. Microbiological sampling of carcasses

During the operation's self-checks between August 2018 and June 2019 process-hygiene samples were taken in accordance with Regulation (EC) No 2073/2005 and DIN EN ISO 17604:2015 (carcass sampling for microbiological analysis, see Fig. 1). Vertical sampling of the proprietary process hygiene samples per Regulation (EC) No 2073/2005 was performed

twice a week on two different days and on at least five randomly selected carcasses (=10 carcasses per week).

2.4.1. Sampling points for the proprietary process hygiene samples according to Regulation (EC) No 2073/2005

1. Leg, as close as possible to the anus
2. Flank, at the transition between the thick and fine rib
3. Sub-chest / brisket
4. Neck

In addition, between November 2018 and June 2019, microbiological samples were taken at modified sampling points that might show an increased risk for hide-carcass-cross-contamination, especially during hide removal processing. All samples were taken vertically. A sampling plan was used to ensure that the sampling days varied continuously. Samples were taken at the same frequency on different days. Once a week, four punch samples were taken vertically and destructively from five carcasses per cleanliness category at the modified sampling points (Fig. 1).
The sampled carcasses were associated with their cleanliness category and all samples were analyzed for TVC, EC, *Salmonella* spp. and STEC.

2.4.2. Modified sampling points with an increased risk for hide-carcass contamination

All manual steps prior to hide removal, as well as carcasses at the end of the slaughter line but before the end-trimming position, were assessed before the test phase. Similar impurities were searched for and traced back to their cause in the slaughtering process. Based on this assessment, sampling points were identified that were equipped with the slaughtering technology used at the slaughterhouse, especially those with an increased risk for hide carcass cross-contamination during the dehiding process and where work methods of employees with a high risk of contamination and cross-contamination were used:

1. Manubrium sterni and connecting line between left and right tuber olecrani
2. Linea alba (abdominal middle incision line): M. rectus abdominis
3. Axillary region of the front limbs: Musculus pectoralis superficialis/transversus
4. Line between Musculus semimembranosus/Musculus semitendinosus and left or right Tuber calcanei (leg middle incision line)

Microbiological sampling was performed according to DIN EN ISO 17604:2015 using a sterile punch drill, scalpel, and forceps to take samples from carcasses that were slaughtered the previous day after approximately 12 hours of cooling, with the consent of the authority.
Using the punch drill, four holes were punched into the surface of the carcass at the sampling points described in Figure 1. The pieces were cut out (approximately 2 mm thick). The individual pieces from one carcass were placed into a numbered stomacher bag (four sub-samples/bag). Between each sampling, the sampling instruments were cleaned and disinfected with 70 % alcohol and then heated by flame. Prior to transport the samples were stored at a temperature between +1 to +8 °C and transported to the laboratory refrigerated, still on the same day the samples were taken. Salmonella samples were pooled at the laboratory from the Total Viable Count/Enterobacteriaceae Count samples. This method is appropriately validated against the reference methods according to DIN EN ISO 6579:2020 and accredited according to DIN EN ISO/ IEC 17025:2017. For the analysis for STEC, five samples were taken separately from the TVC/ EC samples.

Fig. 1. Grey: Sampling at sampling points per Regulation (EC) No 2073/2005; black: Sampling at modified sampling points

2.4.3. Microbiological hide sampling

In order to obtain an overview of the microbial content on the hide of the different cleanliness categories, samples of soiled hide areas were taken from each of twenty-five carcasses assigned to a cleanliness category after bleeding and before further production steps in December 2019. The hide samples were taken by means of a sterile knife from the areas of the mid-chest line, at the level of the manubrium sterni, the forelimb at the level of the carpal joint and in the area of the haunch at the level of the distal regions of the Mm. semimembranosus et semitendinosus. Between each sampling, the sampling instruments were cleaned and disinfected with 70 % alcohol and then heated by flame. Hide samples were placed in a sterile stomacher bag and transported refrigerated (+1 to +8 °C) and examined in the laboratory the following day.

2.5. Microbiological examination

The microbiological examination was conducted at an accredited laboratory. Analysis of the aerobic mesophilic total microbial count was carried out according to § 64 LFGB L00.00-88/2.2015-06; DIN EN ISO 4833-2:2013; the analysis of Enterobacteriaceae according to § 64 LFGB L00.00-133/2.2018-03, modified with spiral plater; DIN EN ISO 21528-2:2004.
The qualitative detection of S*almonella* spp. was performed by multiplex PCR (Microbiologique, Inc.; PB100701SAL and Microbiologique, Inc.; PB100701-SALMC: 2018-09). The qualitative detection of Shigatoxin-forming *E.coli* was also performed by means of multiplex PCR (Microbiologique, Inc.; *E.coli* (STEC) with IEH Intimin Test Kit Part PB100701STEC; Microbiologique, Inc.; Molecular Confirmation: *E.coli* (STEC) with IEH Intimin PB10077010157-STECMC; Microbiologique, Inc.; *E.coli* O157 IEH Test Kit PB100701O157; Microbiologique, Inc.; Molecular Confirmation: *E.coli* O157 PB100701-O157MC: 2018-08). The IEH test method was used for the qualitative detection of Shigatoxin-forming enterohaemorrhagic *E.coli* and enteroaggregative *E.coli* and for the identification of different serotypes (O157:H7, O26, O45, O103, O104, O11, O121 and O145). The detection of both *Salmonella* spp. and Shigatoxin-producing *E.coli* was based on simultaneous gene amplification by a multiplex polymerase chain reaction (PCR) using several specific primers for the DNA target sequences. The amplified DNA fragments were separated by gel electrophoresis and detected by means of the fluorescent dye (ethidium bromide). Samples tested positive in the screening were confirmed with another multiplex PRC using immunomagnetic beads.

2.6. Statistical analysis

The data from the cleanliness category that were collected during the work were combined with the slaughter datasets for the animals. The microbiological examination results were analyzed along with the data concerning the cleanliness categories using the statistics program SAS version 7. The microbiological examination results were converted to log 10 for statistical analysis. The significance level was set at $p < 0.05$. Both data as well as the log-transferred data were tested for normal distribution using the Shapiro Wilk test. The presumption of a normal

distribution of the data as well as the log-transferred data was rejected using the Shapiro Wilks test; therefore, nonparametric processes were expected. In order to show differences between the degrees of contamination in the distribution of microbial values, a test was performed using the Kruksal-Wallis test on the one hand, and between the individual degrees of contamination, in pairs, using the Wilcoxon two-samples test on the other hand. The results were shown in a box plot. Furthermore, the mean values, standard deviation, min and max values and median were calculated for the microbiological results for each cleanliness category. For comparison of the values against the reference point m and limit M, which are specified by Regulation (EC) No 2073/2005, the values were shown in a contingency table and tested using the Chi Square Pearson and Fisher test.

3 Results

3.1. Hide cleanliness categorization

Between August 2018 and June 2019, 198 907 cattle were assigned to a cleanliness category of 0–2 according to Table 1. 89.81 % (178 657) of the animals were assigned to category 0 (clean), 3.13 % (6 228) to 1 (moderately soiled), and 7.04 % (14 022) to category 2 (heavily soiled).

3.2. Microbiological sampling

Between August 2018 and June 2019, 465 animals were tested within the process control plan according to Regulation (EC) No 2073/2005 / DIN 17604 (Fig. 1). Between November 2018 and June 2019, another 295 animals were sampled at modified sampling locations (Fig. 1). Distribution of the assigned cleanliness category for the process hygiene sampling according to Regulation (EC) No 2073/2005 showed that 87.52 % (407/465) of the tested carcasses were assigned to cleanliness category 0; 6.88 % (32/465) to cleanliness category 1; and 5.59 % (26/465) to cleanliness category 2 (Table 2). Distribution of the assigned cleanliness category for the modified sampling locations showed that 38.64 % (114/295) of the carcasses were assigned to cleanliness category 0; 20.00 % (59/295) to cleanliness category 1; and 41.35 % (122/295) to cleanliness category 2 (Table 2).

Table 2

Distribution of cleanliness categories within the microbiological sampling

Cleanliness category	Number of animals process hygiene sampling EU 2073/2005	Number of animals modified sampling sites
0	407	114
	87.52 %	38.64 %
1	32	59
	6.86 %	20.00 %
2	26	122
	5.59 %	41.35 %
Total	465	295

A summary of all statistical result is shown in Table 3.

Table 3

Summary of statistical results

		Process Hygiene Samples according to Reg (EC) No 2073/2005									
		TVC $\log_{10}$					EC $\log_{10}$				
Cleanliness category	Number of samples	mean	min	max	Std Dev	p-value	mean	min	max	Std Dev	p-value
0^{a}	407	2.9	1.7	5.4	0.8	0.04^{ab*}	1.1	1.1	2.7	0.2	0.41^{ab}
1^{b}	32	3.3	1.7	5.1	0.9	0.33^{bc}	1.1	1.1	1.7	0.1	0.05^{bc*}
2^{c}	26	3.0	1.7	4.9	0.8	0.53^{ac}	1.2	1.1	3.1	0.4	0.02^{ac*}
Total	465	p-value ^{a,b,c} 0.12					p-value $^{a,b,c\,*}$ 0.03				

		Modified Sampling Points									
		TVC $\log_{10}$					EC $\log_{10}$				
Cleanliness category	Number of samples	mean	min	max	Std Dev	p-value	mean	min	max	Std Dev	p-value
0^{a}	114	3.8	1.6	5.3	0.8	0.51^{ab}	1.4	1.1	4.9	0.7	0.18^{ab}
1^{b}	59	3.8	1.6	5.3	0.8	0.12^{bc}	1.3	1.1	3.1	0.4	0.52^{bc}
2^{c}	122	4.0	1.6	6.0	1.0	0.01^{ac*}	1.3	1.1	3.2	0.5	0.40^{ac}
Total	295	p-value ^{a,b,c*} 0.03					p-value ^{a,b,c} 0.40				

^{abc} different letters in each table cell indicate the p-value between the cleanliness category groups.

* indicates significant differences between the groups at p-value ($p < 0.05$)

3.2.1. Results for Salmonella spp. and Shiga toxin-producing Escherichia coli (STEC) according to Regulation (EC) No 2073/2005

In none of the 465 samples was *Salmonella* spp. or Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) detectable.

3.2.2. Results for TVC process hygiene criteria according to Regulation (EC) No 2073/2005

Normal distribution was tested by Shapiro Wilk and rejected for the normal data as well as for the log 10 transferred data with $p < .0001$. Results for TVC of each cleanliness category are shown in Fig. 2. Differences of TVC within the cleanliness categories were statistically not significant (Kruksal-Wallis with $p \leq 0.1276$). The differences between category 0–1 (Wilcoxon $p < 0.0499$) were statistically significant. Differences between 0–2 (Wilcoxon $p < 0.5321$) and 1–2 (Wilcoxon $p < 0.3318$) were statistically not different.

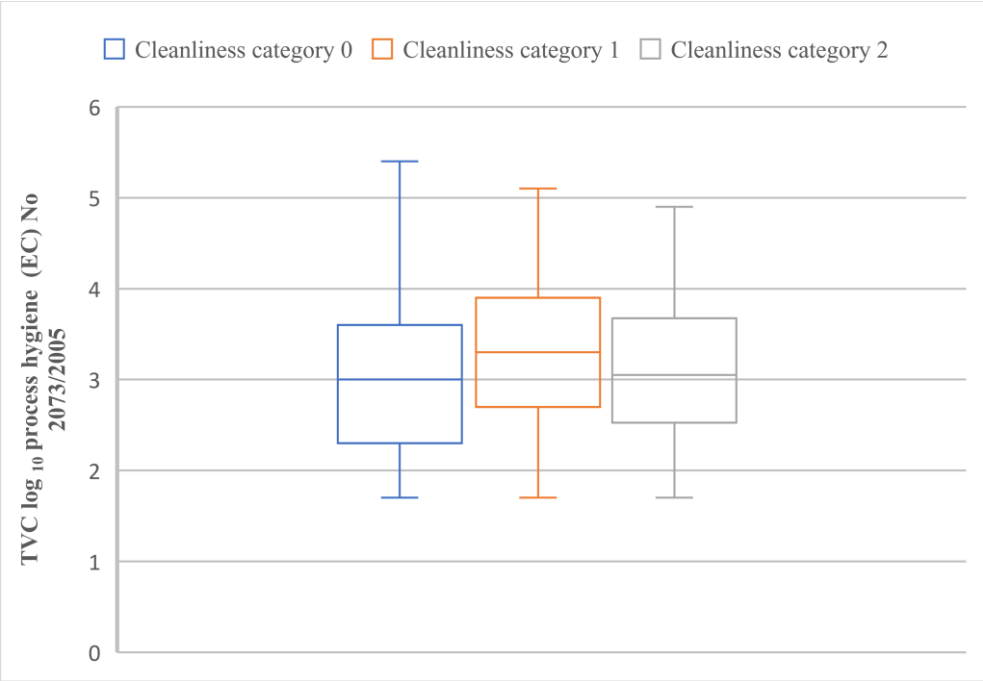

Fig. 2. Box Plot showing TVC $\log_{10}$ at process hygiene samples according to Reg. (EC) No 2073/2005

Comparison of data (Table 4) with the limit $m < 3.5$ set by Reg. (EC) No 2073/2005 was not significant between the categories (Chi square $p < 0.4600$).

Comparison of the data (Table 4) with the M limit < 5.0 set by Reg. (EC) No 2073/2005 was not significant between the categories (Fisher p ≤ 0.5525).

3.2.3. Results for EC process hygiene criteria according to Regulation (EC) No 2073/2005

Normal distribution was tested by Shapiro Wilk and rejected for the normal data as well as for the log 10 transferred data with p < .0001. Results for EC of each cleanliness category are shown in Fig. 3. Differences of EC within the cleanliness categories were statistically significant (Kruksal-Wallis with p ≤ 0.0393). The differences within category 0–1 were not significant (Wilcoxon p < 0.4189). Differences between 0–2 (Wilcoxon p < 0.0201) and 1–2 (Wilcoxon p < 0.0509) were statistically significant.

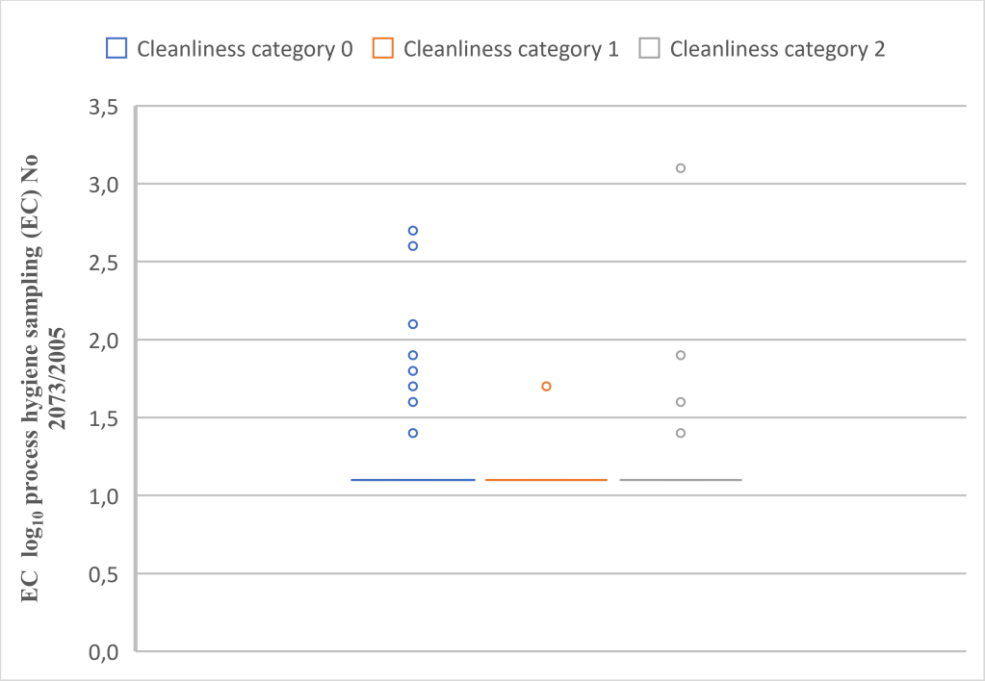

Fig. 3. Box plot showing EC $\log_{10}$ process hygiene samples according to Reg. (EC) No 2073/2005

Comparison of the data (Table 4) with the m limit < 1.5 set by Reg. (EC) No 2073/2005 showed no significant difference between the categories (Fisher p ≤ 0.1151).

Comparison of the data (Table 4) with the M limit < 2.0 set by Reg. (EC) No 2073/2005 showed no significant difference between the categories (Fisher p ≤ 0.3906).

Table 4

Contingency table used for TVC and EC sampling points according Reg. (EC) No 2073/2005 and the m and M limit

TVC Reg. (EC) No 2073/2005	**m**		**M**		
Cleanliness category	< 3.5	> 3.5	< 5.0	> 5.0	Total
0	304	103	402	5	407
	74.69 %	25.31 %	98.77 %	1.23 %	
1	21	11	31	1	32
	65.63 %	34.38 %	96.88 %	3.13 %	
2	18	8	26	0	26
	69.23 %	30.77 %	100.00 %	0.00 %	
Total	343	122	459	6	465
	73.76 %	26.24 %	98.71 %	1.29 %	

	m		**M**		
EC Reg. (EC) No 2073/2005					
Cleanliness category	< 1.5	> 1.5	< 2.0	> 2.0	Total
0	393	14	401	6	407
	96.56 %	3.44 %	98.53 %	1.47 %	87.53 %
1	31	1	32	0	32
	96.88 %	3.13 %	100.00 %	0.00 %	6.88 %
2	23	3	25	1	26
	88.46 %	11.54 %	96.15 %	3.85 %	5.59 %
Total	447	18	458	7	465
	96.13 %	3.87 %	98.49 %	1.51 %	

3.2.4. Results for Salmonella spp. and Shiga toxin-producing Escherichia coli at modified sampling points

In none of the 295 samples was *Salmonella* spp. or Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) detectable.

3.2.5. Results for TVC at modified sampling points

Normal distribution was tested by Shapiro Wilk and rejected for the normal data as well as for the log 10 transferred data with $p < 0.0001$. Results for TVC of each cleanliness category are shown in Fig. 4. Differences of TVC within the cleanliness categories were statistically significant (Kruksal-Wallis with $p \leq 0.0342$). The differences between category 0–1 were not

significant (Wilcoxon p < 0.5187). Category 2 had statistically higher TVC than group 0 (Wilcoxon p < 0.0119) but was not different from category 1 (Wilcoxon p < 0.1264).

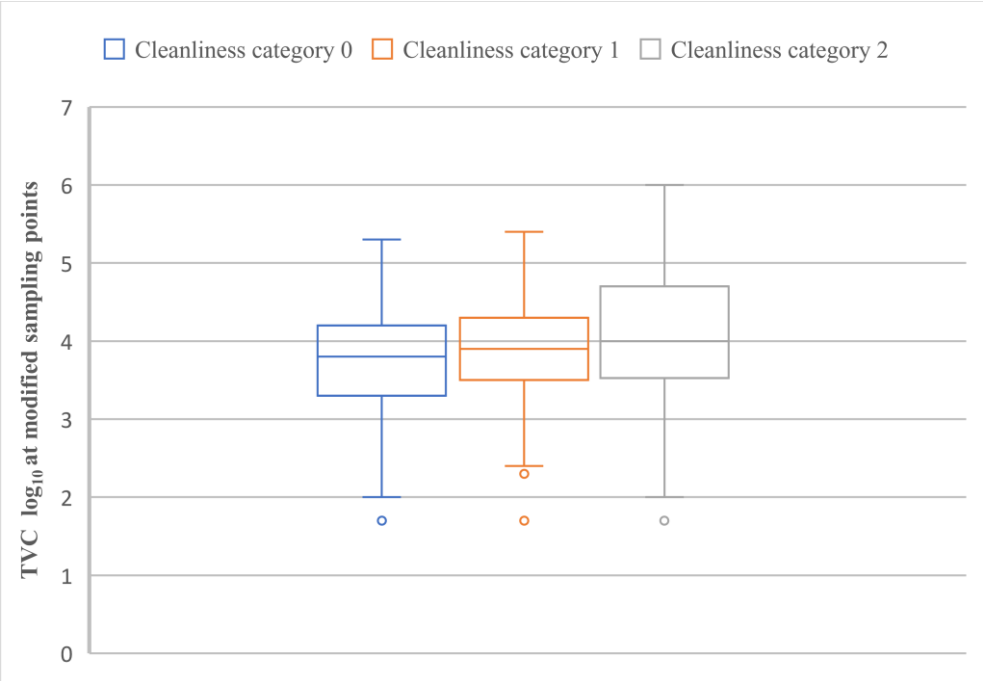

Fig. 4. Box plot showing TVC $\log_{10}$ at modified sampling points

Comparison of the data (Table 5) with the m limit < 3.5 set by the Reg. (EC) No 2073/2005 showed no significant difference between the categories (Chi square p < 0.1085).
Comparison of the data (Table 5) with the M limit < 5.0 set by Reg. (EC) No 2073/2005 showed no significant difference between the categories (Chi square p < 0.1324).

3.2.6. Results for EC at modified sampling points

Normal distribution was tested by Shapiro Wilk and rejected for the normal data as well as for the log 10 transferred data with p < .0001. Results for EC for each cleanliness category are shown in Fig. 5. Differences of EC between the cleanliness categories were statistically not significant (Kruksal-Wallis with p ≤ 0.4014). The differences between category 0–1 (Wilcoxon p < 0.1896), 0–2 (Wilcoxon p < 0.4098) and 1–2 (Wilcoxon p < 0.5283) were statistically not different.

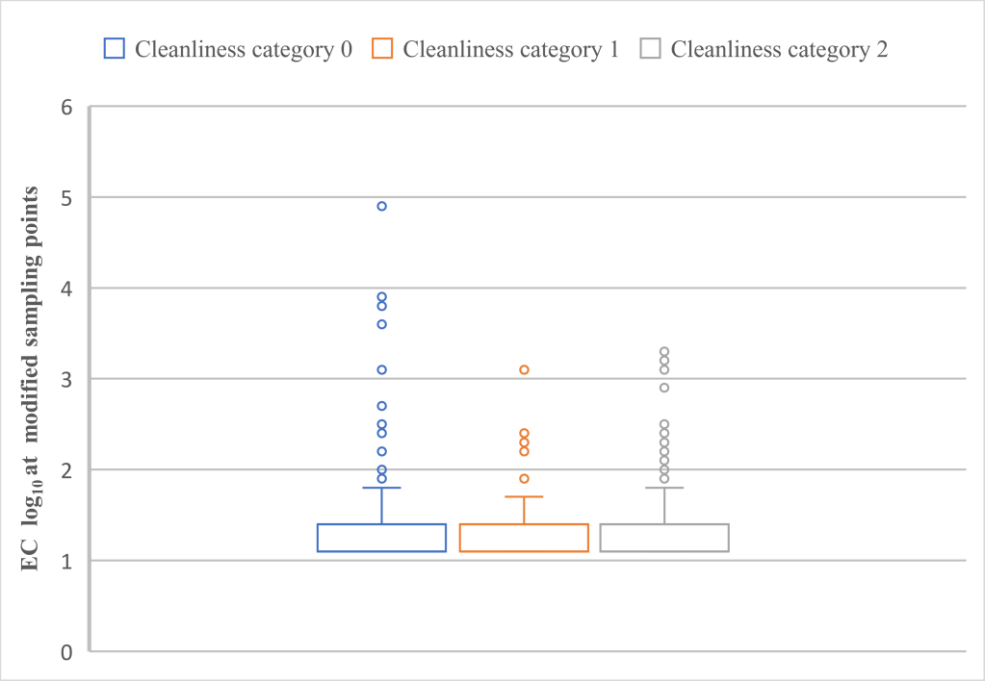

Fig. 5. Box plot showing EC $\log_{10}$ at modified sampling points

Comparison of the data (Table 5) with the m limit < 1.5 set by Reg. (EC) No 2073/2005 showed no significant difference between the categories (Chi square p < 0.80460).

Comparison of the data (Table 5) with the M limit < 2.0 set by Reg. (EC) No 2073/2005 showed no significant difference between the categories (Chi square p < 4.7730).

Table 5

Contingency table used for TVC and EC at modified sampling points and the m and M limit

TVC mod $\log_{10}$	**m**		**M**		
Cleanliness category	< 3.5	> 3.5	< 5.0	> 5.0	Total
0	40	74	105	9	114
	35.09 %	64.91 %	92.10 %	7.89 %	
1	14	45	54	5	59
	23.73 %	76.27 %	91.52 %	8.47 %	
2	29	93	103	19	122
	23.77 %	76.23 %	84.42 %	15.57 %	
Total	83	212	262	33	295
	28.12 %	71.86 %	88.81 %	11.18 %	

	m		M		
EC mod $\log_{10}$					
Cleanliness category	< 1.5	> 1.5	< 2.0	> 2.0	Total
0	86	28	99	15	114
	75.44 %	24.56 %	86.84 %	13.16 %	
1	47	12	53	6	59
	79.66 %	20.34 %	89.83 %	10.17 %	
2	95	27	105	17	122
	77.87 %	22.13 %	86.07 %	13.93 %	
Total	228	67	257	38	295
	76.94 %	22.71 %	87.11 %	12.88 %	

3.2.7. Results of microbiological hide sampling

TVC for cleanliness category 0 hide samples were 3.4 x 10^8 CFU/g; 2.2 x 10^8 CFU/g for category 1; and 7.2 x 10^8 CFU/g for category 2. EC for cleanliness category 0 was 2.9 x 10^5CFU/g; 4 x 10^5 CFU/g for category 1; and 1.3 x 10^5 CFU/g for category 2. Before enrichment of the unincubated samples of the three cleanliness categories, neither *Salmonella* spp. nor STEC could be detected in any of the three groups. After enrichment, no *Salmonella* spp. could be detected. Duplicate analysis using multiplex PCR (Microbiologique Inc. PB100701-STEC, PB100701-STECMC:2018-08) detected gene segments specific for stx1/stx2 after enrichment. Ct values of 27.6 for category 0, 31.2 for category 1 and 35.6 for category 2 were determined. Furthermore, gene segments specific for intimin and the surface proteins of serogroups O121, O111, O104, O103, and O45 could be detected after enrichment in categories 0 and 1.

4. Discussion and conclusions

4.1. Discussion

Pathogenic bacteria transferred from the hide during slaughtering can lead to foodborne illnesses in humans (EFSA, 2013). This relationship has been addressed many times in research (Blagojevic et al., 2012; Brecheisen, 2014; Buncic et al., 2014; Hauge et al., 2015;

Serraino et al., 2012; Small & Buncic, 2009) and European and national legislators have enacted standards and regulations to make processes safer to protect consumers. In the event of an infringement relating to the cleanliness of live animals intended for slaughter, Regulation (EU) 2019/627 allows slaughtering only after prior cleaning when there is an unacceptable risk of contamination to the meat during slaughter.

As generally stated, with the currently available slaughter technologies, a complete absence of fecal or hide contamination is exceedingly difficult to achieve. To determine the level of control, other inspections such as performance data on pathogens during microbiological monitoring must be taken into consideration. Regulation (EC) No 2073/2005 gives the food business operator process hygiene limits which the carcasses and products must meet.

The purpose of this study was to determine if there is any impact of visual cleanliness of slaughter cattle on microbial levels on the carcass after dehiding as indicated by TVC, EC, *Salmonella* spp. and STEC. Another goal was to examine whether, with strict slaughter hygiene measures, cross-contamination during dehiding of heavily soiled animals can be limited.

In the present study, cattle intended for slaughter were visually inspected and assigned to one of three cleanliness categories (0–2).

Process hygiene samples were taken in accordance with Regulation (EC) No 2073/2005. Additionally, modified sampling points with an increased risk for hide-carcass contamination were examined. Four modified sampling points were identified in order to comply with the requirements of Regulation (EC) No 2073/2005 and to provide a basis for comparisons with the process hygiene sampling points used by the investigated slaughterhouse. Modified sampling points were occasionally visually contaminated, especially in heavily soiled animals, during the mechanical hide removal process and/or located right below hide opening cut lines, which would significantly increase the risk of contamination (Bell, 1997; Gill, 2004).

Results of the hide cleanliness categorization over a period of one year showed that Regulation (EU) 2019/627 was met and 90 % of cattle presented for slaughter were clean. Only 3 % of the cattle were moderately soiled and 7 % were heavily soiled. The distribution of the assigned cleanliness category for the process hygiene sampling according to Regulation (EC) No 2073/2005 showed that 87.5 % (407/465) of the tested carcasses were from clean cattle.

In order to achieve the goal of this study, sampling from the modified sampling points was performed on carcasses from heavily soiled animals, in particular. The distribution of the assigned cleanliness category for the modified sampling points showed that 38.6 % (114/295) of the carcasses were assigned to cleanliness category 0, 20.0 % (59/295) to cleanliness category 1 and 41.3 % (122/295) to cleanliness category 2.

The results of the present study indicated that, with currently used slaughter techniques, a high level of food safety was already achieved.

From 465 samples taken during the self-check for process hygiene according to Regulation (EC) No 2073/2005, and another 295 samples with an increased risk for hide (0–2) carcass contamination, not a single pathogen for *Salmonella* spp. or STEC was detected in any of the three hide cleanliness categories. This result is in line with the results from the European Union one health zoonoses report 2018. Although it lists Salmonellosis as the second, and Shiga toxin-producing *Escherichia coli*/STEC infections as the third most commonly reported zoonosis in humans, there is strong evidence that outbreaks caused by consumption of bovine meat decreased and were mostly caused by eggs, cheese, milk and vegetables (EFSA & ECDC, 2019).

In the present study, results from the 465 process hygiene samples taken by the slaughterhouse according to Regulation (EC) No 2073/2005 TVC showed no significant differences between the three cleanliness categories. But in pairwise comparison, clean (0) and moderately soiled (1) were significantly different, in contrast to there being no significant differences between clean and heavily soiled (2), and moderately soiled (1) and heavily soiled (2). Yet a significant correlation measured by EC between clean (category 0) and heavily soiled (2) and moderately soiled (1) and heavily soiled (2) could be seen.

Process hygiene samples taken by the food business operator should represent the hygiene of the entire hygienic slaughtering process. Differences in TVC values can result from contamination from the gastro-intestinal tract and performance failures, wrong or improper intermediate cleaning of hands and equipment, contact surfaces, or dehiding. EC values are indicators for fecal/gastrointestinal origination from humans or animals (Krämer & Prange, 2017).

In contrast to this, significant differences for TVC between all three cleanliness groups were demonstrated for the modified sampling points which mainly focused on hide carcass

contamination to evaluate hygienic skinning. Pairwise comparison showed significant differences between clean (category 0) and heavily soiled (category 2) but no differences in pairwise comparison between moderately soiled (category 1) and heavily soiled (category 2) or clean (0) and moderately soiled (1) animals. Although the TVC results between clean (0) and heavily soiled (2) animals were significant, no significant differences for EC at the modified sampling points could be seen.

These results of the modified sampling points, that focused on hide contamination, led to the conclusion that slaughtering of heavily soiled animals had an influence on the hygiene of the resultant carcass, resulting in a higher TVC. A trend towards a higher TVC with dirtier animals can also be seen within the process hygiene sampling points representative for the overall hygienic slaughtering performance.

The differences between the results from the process control samples and the modified samples could be related to the fact that the process hygiene samples pursuant to Regulation (EC) No 2073/2005 are representative for the overall hygienic slaughtering performance (dehiding, evisceration, rodding and bagging, etc.). In contrast to this, the modified sampling points mainly respected hide-carcass contamination. Another fact is that only 5.5 % of the slaughtered animals were assigned to cleanliness category 2; therefore, the number of heavily soiled animals sampled within the process hygiene checks according to Regulation (EC) No 2073/2005 was lower than in the specific test for modified sampling points with 42.3 % heavily soiled animals.

Analogous results have been reported in similar studies investigating the effect of hide cleanliness on microbial carcass contamination (EFSA, 2013). Some found no consistent association between visual hide dirtiness (Antic et al., 2010; Hauge et al., 2015; Van Donkersgoed et al., 1997), while others did detect this (Byrne et al., 2000; Hauge et al., 2012; McEvoy et al., 2000). Some authors demonstrated a correlation between the visual cleanliness and microbial contamination of carcasses for TVC and EC (Bolton, Doherty, & Sheridan, 2001; Byrne et al., 2000; Elder et al., 2000; Serraino et al., 2012).

Hauge et al. (2015) showed that cattle with dirty hides produced carcasses and meat trimmings of the same hygienic quality as visually clean cattle. Contamination of carcasses might be high even for clean animals. Visually clean animals can result in highly contaminated carcasses with

a maximum TVC of 8.7 log_{10} and a maximum EC of 5.3 log_{10} (Hauge et al., 2015). Results in the present study were similar, with maximum scores of TVC 5.4 log_{10} (process samples); TVC 4.9 log_{10} (modified samples) and EC 2.7 log_{10} (process samples); EC 4.9 log_{10} (modified samples) for clean animals compared to TVC 4.9 log_{10} (process samples); TVC 6.0 log_{10} (modified samples) and EC 3.1 log_{10} (process samples); EC 3.2 log_{10} (modified samples) for heavily soiled animals.

It is generally accepted that there is a relationship between the dirtiness of animals and the amount of contamination transferred to the carcass during slaughter and dressing procedures. The amount of contamination transferred to the carcass during dressing procedures varies depending on the hygienic procedures (EFSA, 2013). Cross contamination is considered to be inevitable while slaughtering cattle (Gill, 2004). Barco et al. (2015) provided a systematic review of studies on Enterobacteriaceae and *E.coli* and concluded that a visual classification scheme of hide dirtiness and the application of effective treatments on carcasses can lead to a contamination level that is even better than the one from originally clean animals at the end of the slaughter line. According to Ridell & Korkeala (1993), visually dirty animals exhibit higher microbial counts in brisket and shoulder areas of resultant carcasses even when they are slaughtered with special care. Elder et al. (2000) and Gill & Jones (2000) demonstrated in their studies that E.coli O157 was correlated with cleanliness of slaughtered animals. By contrast, Arthur et al. (2011) and Gill (2004) showed that improved hygiene practices during slaughter and dressing operations can limit microbial contamination. No clear correlation has been demonstrated yet (Antic et al., 2010) and it has not been previously investigated for Germany. The present study demonstrated a trend towards a higher TVC for visually dirty cattle.

However, the results suggest that there is no significant difference between moderately soiled animals and heavily soiled animals in terms of their microbial contamination, which is in line with Hauge et al. (2012). The number of animals above m and M among all cleanliness categories was nearly the same for both sampling sites. The comparison with the limit set by Regulation (EC) No 2073/2005 showed that a high level of slaughter hygiene is achieved and that there is no significant evidence that carcasses from heavily soiled animals are more likely to exceed microbiological limits. Serraino et al. (2012) demonstrated a strong association between higher cleanliness categories and the probability that carcass TVC will be over the m limit. But the mean EC did not exceed the m limit in any category.

In the present study, higher TVC values often did not correlate with higher EC values.
Visible fecal contamination, even at the modified sampling points, did not correlate with higher EC values. Contamination resulting in a significant difference among process hygiene samples for EC values might also occur, not as a direct result of poor slaughter hygiene while slaughtering dirty animals, but from a lack of pre-washing and cleaning, factory design, or cross contamination from hands or equipment (McEvoy, Sheridan, Blair, & McDowell, 2004; Hudson, Mead, & Hinton, 1996). Serraino et al. (2012) suggests the possibility of using EC values to predict the absence of *Salmonella* spp., because a significant correlation was found between the presence of Salmonella and higher EC values.
Based on the microbiological results of the hide samples in this study, the quantitative character of the real time PCR allows one to estimate the amount of pathogens in the hide samples. The results can be interpreted to the effect that, with an increasing amount of visible dirt, i. e. a higher cleanliness category, the amount of viable STEC decreases. One possible explanation, among other factors, could be the low water activity (a_w)-value in the encrustation area. However, since no detection is possible without enrichment, a low overall amount of STEC 10^4 can be assumed in the sample material as a whole.
Since the pathogens *Salmonella* spp. and STEC are a primary source of fecal contamination in carcasses, hygienic slaughter techniques play a key role in this regard (Elder et al., 2000). Cattle meant for slaughter already contain many microorganisms in their hides, claws and gastrointestinal tracts; therefore, slaughter hygiene must prevent further transfer of microorganisms from impure animal parts to the originally sterile meat, which will result in a TVC as low as possible (Prändl, 1988). The dehiding process and the initial cuts are the main sources of carcass contamination; therefore, hide carcass contact must be avoided as much as possible (Gill et al., 1998; Madden et al., 2004). Dehiding can become more difficult when there is more dirt, e. g. initial cutting lines through thick armor, knife dulling (Gill, 2004; Corry & Mead, 1996). Uniform hygiene procedures, staff training, skilled workers, the control of contamination with gastrointestinal contents, effective cleaning and disinfection of slaughter equipment, and control of meat temperature play a crucial role (Codex-Alimentarius, 2005; UECBV, 2021). Since decontamination techniques are limited in the EU and not used commercially due to customer and consumer refusal, hygienic production in the pre- and post-harvest sector is essential. Decontamination at the end of the processing line is no replacement

for GMP and is only useful in combination with clean and impeccable production at all stages (Ellerbroek, 2000). Food business operators in the slaughter industry can no longer change anything about the delivered animal; therefore, process hygiene is always maintained at a high level, even in the case of heavily soiled animals, in order to ensure food safety. Microbiological testing on critical areas of each carcass can be used to verify the application of HACCP-based procedures in the slaughter hygiene arena. According to German law, the movement of animals that have already arrived at the slaughterhouse is only possible in exceptional cases (§ 7 ViehVerkV). There is no possibility, as for example in the UK, to send soiled animals back to the producer. For reasons of labor and animal protection, cleaning the animals before slaughter is difficult to implement.

The results of the present study suggest that, in order to determine the level of food safety control, strict adherence to the basic rules of slaughter hygiene as well as systematic monitoring and verification of reinspection procedures used in the investigated slaughterhouse, as well as other indicators, such as pathogen performance data from microbiological monitoring, were effective in reducing the amount of contamination from fecal contaminants to a level that is as low as can be reasonably achieved. Given the absence of the indicator pathogens *Salmonella* spp. and STEC, one can conclude that the risk of foodborne diseases, whether for clean or heavily soiled cattle (cleanliness categories 0–2) was under control.

It was possible to reduce to an acceptable level the risk of meat contamination from any potentially pathogenic zoonotic agents in the investigated slaughterhouse, even in the case of heavily soiled cattle, by using hygienic work methods that employ slaughter technologies that are currently available and approved in Europe. Indeed, even healthy and clean animals can be asymptomatic spreaders of pathogens that endanger human health (Corry & Mead, 1996).

4.2. Conclusion

The focus of this study was to examine the relationship between visual hide contamination and the hygiene of the resultant carcass.

The results from the process hygiene samples did not show any difference among TVC values, but they did show a significant difference in EC values among the three cleanliness categories. Carcasses from heavily soiled animals had higher EC values. This can result from other

sampling points that are representative of the entire process hygiene but not focused specifically on hide carcass contamination.

Therefore, the modified sampling points focused mainly on hide-carcass contamination. The results from the modified sampling points showed significant TVC value differences among the cleanliness groups. Slaughtering heavily soiled animals had a significant influence on higher TVC values. Nevertheless, since there are no differences in EC values, it can be concluded that heavily soiled animals can be slaughtered hygienically.

The relatively low EC values in the present study overall might suggest that TVC values are more representative as a hygiene indicator and hide is not the only source of bacterial contamination of carcasses caused by different sources (Hudson, Mead, & Hinton, 1996; Serraino et al., 2012). Additionally, neither *Salmonella* spp. nor STEC was detectable in any of the samples tested.

The results of this study allow the conclusion that, using the slaughter technologies currently available and approved in Europe, the risk for pathogen transmission in both clean and very dirty cattle can be managed by strict adherence to the basic rules of slaughter hygiene and systematic monitoring and verification of the hygiene procedures used.

References

AFSCA (2008). VADE-MECUM pour des animaux propres a l'abattoir. *Bon état des toisons pour une viande sûre*, Bruxelles. http://www.favv-afsca.be/publicationsthematiques/_documents/Vademecum_FR_26-01-2018_web.pdf. Accessed March 5, 2021.

Animalia (2012). Reine Dyr – En forutsetning for god dyrevelferd og trygg matproduksjon. https://www.animalia.no/contentassets/54325f14a28b4f818b3619a098a56efb/reine-dyr-a4-nye-trekksatser.pdf. Accessed March 5, 2021.

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), 1025–1029. doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.12.022.

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. *Journal of Food Protection, 67* (4), 658–665. doi.org/10.4315/0362-028X-67.4.65.

Arthur, T. M., Nou, X., Kalchayanand, M. N., Bosilevac, J. M., Wheeler, T., & Koohmaraie, M. (2011). Survival of Escherichia coli O157:H7 on cattle hides. *Applied and Environmental Microbiology, 77* (9), 3002–3008. doi:10.1128/AEM.02238-10.

AVV LmH (2019). *Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis of 9 November 2009.* https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_09112009_329225270006.htm**.** Accessed March 5, 2021.

Barco, L., Belluco, S., Roccato, A., Ricci, A. (2015). A systematic review of studies on Escherichia coli and Enterobacteriaceae on beef carcasses at the slaughterhouse. *International Journal of Food Microbiology, 207,* 30–39. doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.027.

Bell, R. G. (1997). Distribution and sources of microbial contamintion on beef carcasses. *Journal of Applied Microbiology, 82 (3),* 293–300.

Blagojevic, B., Antic, D., Ducic, M., & Buncic, S. (2012). Visual cleanliness scores of cattle at slaughter and microbial loads on the hides and the carcases. *Veterinary Record, 170* (22), 563. doi:10.1136/vr.100477.

Bolton, D. J., Doherty, A. M., & Sheridan, J. J. (2001). Beef HACCP: intervention and non-intervention systems. *International Journal of Food Microbiology, 66* (1), 119–129. doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00528-6.

Bolton, D. J., Monaghan, A., Byrne, B., Fanning, S., Sweeney, T., & McDowell, D. A. (2011). Incidence and survival of non-O157 verocytotoxigenic Escherichia coli in soil. *Journal of Applied Microbiology, 111* (2), 484–490. doi:10.1111/j.1365-2672.2011.05057.x.

Bosilevac, J. M., Nou, X., Osborn, M. S., Allen, D. M., & Koohmaraie, M. (2005). Development and evaluation of an on-line hide decontamination procedure for use in a commercial beef processing plant. *Journal of Food Protection, 68* (2), 265–272.

Brecheisen, G. (2014). *Auswirkung der Schlachtung unterschiedlich stark verschmutzter Rinder auf die mikrobiologische Belastung ihrer Schlachtkörper.* München, Ludwig-Maximilians-Universität, veterinärmed. Fak., Dissertation. https://edoc.ub.uni-muenchen.de/17296/1/Brecheisen_Gregor.pdf. Accessed March 5, 2021.

Buncic, S. (2006). *Integrated Food Safety and Veterinary Public Health*. Bristol, School of Veterinary Science, CABI Pub.

Buncic, S., Nychas, G.-J., Lee, M. R. F., Koutsoumanis, K., Hébraud, M., Desvaux, M., Chorianopoulos, N., Bolton, D., Blagojevic, B., & Antic, D. (2014). Microbial pathogen control in the beef chain: Recent research advances. *Meat Science, 97* (3), 288–297. doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.040.

Byrne, C. M., Bolton, D. J., Sheridan, J. J., McDowell, D. A., & Blair, I. S. (2000). The effects of preslaughter washing on the reduction of Escherichia coli O157:H7 transfer from cattle hides to carcasses during slaughter. *Letters in Applied Microbiology, 30* (2), 142–145. doi:10.1046/j.1472-765x.2000.00689.x.

Codex-Alimentarius (2005). *Code of hygienic practice for meat.* CAC/RCP 58.

Corry, J. E. L., & Mead, G. C. (1996). Decontamination of meat. In J. E. L. Corry & G. C. Mead (Eds.), *Microbial control in the meat industry* (pp. 1–12). University of Bristol Press.

Duffy, G., Burgess, C. M., & Bolton, D. J. (2014). A review of factors that affect transmission and survival of verocytotoxigenic Escherichia coli in the European farm to fork beef chain. *Meat Science, 97* (3), 375–383. doi:10.1016/j.meatsci.2014.01.009.

EC No 2073, 2005. Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2073&from=DE.20. Accessed March 5, 2021.

EC No 852, 2004. Regulation (EC) No 852/2004 of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R0852-20090420&from=de. Accessed March 5, 2021.

EC No 853, 2004. Regulation (EC) No 853/2004 of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0853&from=DE. Accessed March 5, 2021.

EC No 854, 2004. Regulation (EC) No 854/2004 of 29 April 2004 laying down specific rules for the organisation of official controls on products of animal origin intended for human *consumption.* https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0854&from=DE. Accessed March 5, 2021.

EFSA & ECDC (2019). The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA Journal 2019, 17* (12):5926. doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5926.

EFSA (2013). Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (bovine animals). *EFSA Journal, 11* (6), 3266. doi:10.2903/j.efsa.2013.3266.

Elder, R. O., Keen, J. E., Siragusa, G. R., Barkocy-Gallagher, G. A., Koohmaraie, M., & Laegreid, W. W. (2000). Correlation of enterohemorrhagic Escherichia coli O157 prevalence in feces, hides, and carcasses of beef cattle during processing. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA, 97* (7), 2999–3003. doi:10.1073/pnas.060024897.

Ellerbroek, L. (2000). Gesundes Fleisch von gesunden Tieren. *Fleischwirtschaft, 2*, 12–14.

EU 2019/627. Commission implementing regulation (EU) 2019/627 of 15 March 2019 laying down uniform practical arrangements for the performance of official controls on products of animal origin intended for human consumption in accordance with Regulation (EU) 2017/625 of the European Parliament and of the Council and amending Commission Regulation (EC) No 2074/2005 as regards official controls. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02019R0627-20190517&from=DE. Accessed March 5, 2021.

FSA (2004). *Clean Beef Cattle for slaughter. A guide for producers.* Food standard agency,

London. https://www.foodstandards.gov.scot/downloads/cleanbeefsaf1007.pdf. Accessed March 5, 2021.

Gill, C. O. (2004). Visible Contamination on Animals and Carcasses and the Microbiological Condition of Meat. *Journal of Food Protection, 67* (2), 413–419. doi:10.4315/0362-028X-67.2.413.

Gill, C. O., McGinnis, J. C., & Bryant, J. (1998). Microbial contamination of meat during the skinning of beef carcass hindquarters at three slaughtering plants. *International Journal of Food Microbiology, 42* (3), 175–184. doi.org/10.1016/S0168-1605(98)00074-9.

Gill, C. O., & Jones, T. (2000). Microbiological sampling of carcasses by excision or swabbing. *Journal of Food Protection, 63*, 167–173.

Hauge, S., Nafstad, O., Røtterud, O.-J., & Nesbakken, T. (2012). The hygienic impact of categorisation of cattle by hide cleanliness in the abattoir. *Food Control, 27* (1), 100–107. doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.03.004.

Hauge, S., Nesbakken, T., Moen, B., Røtterud, O.-J., Dommersnes, S., Nesteng, O., Østensvik, Ø., & Alvseike, O. (2015). The significance of clean and dirty animals for bacterial dynamics along the beef chain. *International Journal of Food Microbiology, 214*, 70–76. doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.07.026.

Hudson, W.R., Mead, G.C., & Hinton, M.H. (1996). Revalence of abbatoir hygiene assessment to microbial contamination of British carcasses. *The Veterinary Record, 139*, 587–589.

ISO (2004). DIN EN ISO 21528-2:2004 – *Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae - Part 2: Colony-count method.*

ISO (2013). DIN EN ISO 4833-2:2013 – *Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 2: Colony count at 30 degrees C by the surface plating technique*.

ISO (2015). DIN EN ISO 17604:2015 – *Microbiology of the food chain – Carcass sampling for microbiological analysis.*

ISO (2017). DIN EN ISO/ IEC 17025:2017 – *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.*

ISO (2020). DIN EN ISO 6579-1:2017 + Amd. 1:2020 – *Microbiology of the food chain – Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella – Part 1: Detection of Salmonella spp.*

Kennedy, T. G., Giotis, E. S., & McKevitt, A. I. (2014). Microbial assessment of an upward and downward dehiding technique in a commercial beef processing plant. *Meat Science, 97* (4), 486–489. doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.03.009.

KFC (2008). Ny norm för bedömning av gödselförorenade slaktdjur. Fact Sheet. http://www.jordbruksverket.se/download/18.595401461210ae2d589800032972/1370040792507/KCF-norm+f%C3%B6r+bed%C3%B6mning+av+g%C3%B6dself%C3%B6rorenade+slaktdjur+2008.pdf. Accessed March 5, 2021.

Krämer, J., & Prange, A. (2017). *Lebensmittel-Mikrobiologie* (7th ed.). Eugen Ulmer (Chapter 2).

LFGB (2020). Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch vom 1. September 2005, i.d.F. v. 19.6.2020. https://www.gesetze-im-internet.de/lfgb/LFGB.pdf. Accessed March 5, 2021.

Madden, R. H., Murray, K. A., & Gilmour, A. (2004). Determination of the Principal Points of Product Contamination during Beef Carcass Dressing Processes in Northern Ireland. *Journal of Food Protection, 67* (7), 1494–1496. doi:10.4315/0362-028X-67.7.1494.

McCleery, D. R., Stirling, J. M. E., McIvor, K., & Patterson, M. F. (2007). Effect of ante and post mortem hide clipping on the microbiological quality and safety and ultimate pH value of beef carcasses in an EC-approved abattoir. *Journal of Applied Microbiology, 104* (5), 1471–1479. doi:10.1111/j.1365-2672.2007.03670.x.

McEvoy, J. M., Doherty, A. M., Finnerty, M., Sheridan, J. J., McGuire, L., Blair, I. S., McDowell, D.A., & Harrington, D. (2000). The relationship between hide cleanliness and bacterial numbers on beef carcasses at a commercial abattoir. *Letters in Applied Microbiology, 30* (5), 390–395. doi:10.1046/j.1472-765x.2000.00739.x.

McEvoy, J.M., Sheridan, J.J., Blair, I.S., & McDowell, D.A. (2004). Microbial contamination on beef in relation to hygiene assessment based on criteria used in EU Decision 2001/471/EC. *International Journal of Food Microbiology, 92*, 217–225.

Prändl, O. (Ed.) (1988). *Gewinnung von Fleisch.* In O. Prändl, A. Fischer, T. Schmidhofer, & J. Sinell (Eds.), Fleisch-Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung (pp. 89–96). Eugen Ulmer.

Reid, C. A., Small, A., Avery, S. M., & Buncic, S. (2002). Presence of food-borne pathogens on cattle hides. *Food Control, 13* (6), 411–415. doi.org/10.1016/S0956-7135(01)00050-0.

Ridell, J., & Korkeala, H. (1993). Special treatment during slaughtering in Finland of cattle carrying an excessive load of dung; Meat hygienic aspects. *Meat Science, 35* (2), 223–228. doi.org/10.1016/0309-1740(93)90052-J.

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 Science, 90* (2), 502–506. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.08.001.

Small, A., & Buncic, S. (2009). Potential for the cross-contamination of the hides of cattle while they are held in lairage. *Veterinary Record, 164* (9), 260. doi:10.1136/vr.164.9.260.

Small, A., Wells-Burr, B., & Buncic, S. (2005). An evaluation of selected methods for the decontamination of cattle hides prior to skinning. *Meat Science, 69* (2), 263–268. doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.005.

UECBV (2021). Sharing Good Practices in Slaughter Hygiene. (Version 1, January 18th 2021; persönliche Mitteilung Ellerbroek L.).

Van Donkersgoed, J., Jericho, K. W. F., Grogan, H., & Thorlakson, B. E. N. (1997). Preslaughter Hide Status of Cattle and the Microbiology of Carcasses. *Journal of Food Protection, 60* (12), 1502–1508. doi:10.4315/0362-028X-60.12.1502.

ViehVerkV (2021). Verordnung zum Schutz gegen die Verschleppung von Tierseuchen im Viehverkehr (ViehVerkV – Viehverkehrsverordnung) vom 6. Juli 2007, i.d.F. v. 26.5.2020. https://www.gesetze-im-internet.de/viehverkv_2007/ViehVerkV.pdf. Accessed March 5, 2021.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse beider Studien

Im **ersten Teil der Arbeit** wurden die Verfahren zur Erhebung und Feststellung der Sauberkeit von Schlachtrindern erprobt und die Ergebnisse ausgewertet und bewertet.
Über den Zeitraum eines Jahres von August 2018 bis Juli 2019 wurden insgesamt 198 907 Rinder anhand der entwickelten Systematik (Tab. 1) den Sauberkeitsklassen 0 bis 2 zugeordnet. 89,81 % (178 657) der Rinder wurden in Sauberkeitsklasse 0 (sauber), 3,13 % (6228) in Sauberkeitsklasse 1 (mittelgradig verschmutzt) und 7,04 % (14 022) in Sauberkeitsklasse 2 (stark verschmutzt) eingeteilt.

Verteilung der Sauberkeitsklassen innerhalb der Tierkategorien
Von insgesamt 198 907 klassifizierten Rindern waren 41,11 % (81 789) Jungbullen, 33,56 % (66 756) Kühe, 23,82 % (47 393) Färsen, 1,07 % (2142) Bullen, 0,22 % (445) Ochsen, 0,13 % (270) Kälber und 0,05 % (112) Jungrinder.
Die Tierkategorien Jungbulle, Kuh und Färse umfassten insgesamt einen Anteil von 98,49 %.
Die Sauberkeitsklasse 0 verteilte sich dabei wie folgt: Jungbulle 89,35 % (73 080/81 789), Kuh 93,33 % (62 333/66 756) und Färse 85,89 % (40 685/47 393), Bulle 88, 93 % (1905/2142), Ochse 81,11 % (361/445), Kalb 91,11 % (246/270) und Jungrind 93,75 % (105/112).
Sauberkeitsklasse 1 wiesen 3,47 % (2842/81 789) der Jungbullen, 2,78 % (1860/66 756) der Kühe, 3,05 % (1450/47 393) der Färsen, 2,94 % (63/2142) der Bullen, 2,02 % (9/445) der Ochsen, 1,48 % (4/270) der Kälber und 0,00 % (0/112) der Jungrinder auf.
Sauberkeitsklasse 2 wurde 7,17 % (5867/81 789) der Jungbullen, 3,83 % (2563/66 756) der Kühe, 11,09 % (5258/47 393) der Färsen, 8,12 % (174/2142) der Bullen, 16,85 % (75/445) der Ochsen, 7,40 % (20/270) der Kälber und 6,25 % (7/112) der Jungrinder zugeteilt.
Die Untersuchung der Verteilung der Sauberkeitsklassen (0–2) zwischen den Tierkategorien ergab einen hoch signifikanten Unterschied ($p < .0001$).

Saisonaler Einfluss
Im Herbst 2018 (September, Oktober, November) waren 96,7 % der Tiere in Sauberkeitsklasse 0, 0,9 % in Sauberkeitsklasse 1 und 2,2 % in Sauberkeitsklasse 2 eingeteilt worden.

Im Winter 2018/2019 (Dezember, Januar, Februar) waren 79,7 % der Tiere sauber (Sauberkeitsklasse 0), 5,2 % mittelgradig verschmutzt (Sauberkeitsklasse 1) und
14,9 % stark verschmutzt (Sauberkeitsklasse 2).
Im Frühling 2019 (März, April, Mai) lag der Anteil sauberer Tiere (Sauberkeitsklasse 0) bei 93,0 %, mittelgradig verschmutzter Tiere (Sauberkeitsklasse 1) bei 2,7% und stark verschmutzter Tiere (Sauberkeitsklasse 2) bei 4,1 %.
Im Sommer 2019 waren 85,9 % der Rinder sauber (Sauberkeitsklasse 0), 4,1 % mittelgradig (Sauberkeitsklasse 1) und 9,8 % stark verschmutzt (Sauberkeitsklasse 2).
Die statistische Auswertung je Jahreszeit und Sauberkeitsklasse ergab hoch signifikante Unterschiede ($p < .0001$).
Auf Monatsebene lag im September und Oktober 2018 der Anteil sauberer Tiere (Sauberkeitsklasse 0) bei 97,86 % (15 941/16 289) bzw. 98,89 % (19 584/19 802). Von August bis Oktober 2018 zeigten sich Werte von 94 % bis 99 % für den Anteil an Tieren der Sauberkeitsklasse 0 (sauber). Von Dezember 2018 bis Februar 2019 lag der Anteil sauberer Tiere (Sauberkeitsklasse 0) bei 76 % bis 80 %.
In den Monaten Dezember 2018, Januar, Februar und Juni, Juli 2019 waren 4,63 % (669/14 439), 4,55 % (841/18 443), 6,69 % (1035/15 451), 6,06 % (815/13 433) und 4,73 % (799/16 887) der Rinder mittelgradig verschmutzt (Sauberkeitsklasse 1). Im Zeitraum von August bis November 2018 lag der Anteil von Tieren, die Sauberkeitsklasse 1 zugeteilt wurden, zwischen 0,3 % und 1,4 %. In den Monaten Dezember 2018, Januar und Februar 2019 waren 12,00 % (17 33/14 439), 15,30 % (2822/18 443) bzw. 17,12 % (2646/15 451) der Rinder stark verschmutzt (Sauberkeitsklasse 2). Im Zeitraum August bis November 2018 lag der Anteil klassifizierter Tiere in Sauberkeitsklasse 2 zwischen 1,0 % und 4,8 %.
Die statistische Auswertung je Monat und je Tierkategorie ergab hoch signifikante Unterschiede ($p < .0001$).

Untersuchung der Verteilung der Sauberkeitsklassen in Bezug auf das Tierhaltungsverfahren und das Tierhaltungssystem

Bei der Untersuchung der Verteilung der Sauberkeitsklassen in Bezug auf das Tierhaltungsverfahren wurde zwischen *ökologischer* und *konventioneller* Haltung unterschieden.

97,96 % (194 867/198 907) der geschlachteten Tiere stammten aus konventioneller Tierhaltung, 2,03 % (4040/198 907) aus ökologischer Haltung nach einem zertifizierten Standard.

Aus ökologischen Haltungsverfahren stammten 5,07 % der Jungbullen (205/4040), 73,66 % (2976/4040) der Kühe, 18,21 % (736/4040) der Färsen, 1,23 % (50/4040) der Bullen, 1,38 % (56/4040) der Ochsen, 0,39 % (16/4040) der Kälber und 0,02 % der Jungrinder (1/4040).

41,86 % (81 584/194 867) der Jungbullen, 32,73 % (63 780/194 867) der Kühe, 23,94 % (46 657/194 867) der Färsen, 1,07 % (2092/194 867) der Bullen, 0,19 % (389/ 194 867) der Ochsen, 0,15 % (296/194 867) der Kälber und 0,04 % (96/194 867) der Jungrinder wurden konventionell gehalten. 91,01 % (3677/4040) der Tiere aus ökologischer Haltung und 89,82 % (175 038/194 867) der konventionell gehaltenen Tiere wurden der Sauberkeitsklasse 0 zugeordnet. 2,97 % (120/4040) der Tiere aus ökologischer Haltung und 3,13 % (6108/194 867) der Tiere aus konventionellen Haltungsverfahren wurden der Sauberkeitsklasse 1 zugeteilt. 6,01 % (243/4040) der Tiere aus ökologischer Haltung und 7,04 % (13 721/194 867) der konventionell gehaltenen Tiere wurden der Sauberkeitsklasse 2 zugeordnet. Die Anteile beider Haltungsverfahren unterscheiden sich signifikant (p=0.0317). Die Hypothese der Unabhängigkeit der Sauberkeitsklasse vom Haltungsverfahren ist abzulehnen.

Haltungssystem

Bei der Untersuchung des Einflusses des Haltungssystems wurde zwischen Haltung auf Spaltenboden ohne Einstreu und Systemen mit Tiefstreu mit oder ohne Weidegang unterschieden. Für 107 824 (54,20 %) der insgesamt 198 907 klassifizierten Rinder wurde das Haltungssystem erfasst. Von diesen 107 824 klassifizierten Rindern stammten 18,70 % (20 171) der Rinder aus Haltung mit Einstreu mit oder ohne Weidegang. 81,29 % (87 653) der Rinder wurden regulär auf Spaltenboden ohne Einstreu und Auslauf gehalten.

In Systemen mit Tiefstreu mit oder ohne Weidegang wurden 31,56 % (6366/20 171) Jungbullen, 32,56 % (6569/20 171) Kühe, 29,16 % (5882/20 171) Färsen, 3,13 % (632/20 171) Bullen, 2,03 % (411/20 171) Ochsen, 1,09 % (220/20 171) Kälber und 0,45 % (91/20 171) Jungrinder gehalten.

20,11 % (17 633/87 653) der Jungbullen, 68,65 % (60 178/87 653) der Kühe, 9,38 % (8228/87 653) der Färsen, 1,72 % (1510/87 653) der Bullen, 0,03 % (34/87 653) der Ochsen,

0,02 % (21/87 653) der Kälber und 0,05 % (49/87 653) der Jungrinder stammten aus Systemen mit Spaltenboden. Aus einem Haltungssystem mit Einstreu mit oder ohne Weidegang stammten 86,84 % (17 517/20 171) der Rinder der Sauberkeitsklasse 0, 3,18 % (642/20 171) der Sauberkeitsklasse 1 und 9,97 % (2012/20 171) der Sauberkeitsklasse 2. 91,87 % (80 529/87 653) der Rinder der Sauberkeitsklasse 0, 2,89 % (2538/87 653) der Sauberkeitsklasse 1 und 5,24 % (4586/87 653) der Rinder aus Sauberkeitsklasse 2 wurden in Haltungssystemen ohne Einstreu auf Spaltenboden gehalten. Die Anteile beider Haltungssysteme unterscheiden sich signifikant (p=0.0001) voneinander.

Im **zweiten Teil der Arbeit** wurde der Zusammenhang zwischen dem Grad der Sauberkeitsklasse und dessen Auswirkungen auf die mikrobiologische Beschaffenheit des Schlachtkörpers untersucht. Die Sauberkeitsklassen wurden mit der Schlachtnummer und diese mit der Probennummer bei der mikrobiologischen Probenahme verknüpft.
Dafür wurden zwischen August 2018 und Juni 2019 465 Schlachtkörper im Rahmen der Prozesshygieneproben nach Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 bzw. DIN 17604:2015 untersucht.
Zusätzlich wurden zwischen November 2018 und Juni 2019 295 Tiere an modifizierten Probenahmestellen beprobt. 87,52 % (407/465) der untersuchten Schlachtkörper der gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 untersuchten Schlachtkörper des Prozesshygienemonitorings waren der Sauberkeitskasse 0 zugeordnet. 6,88 % (32/465) der Sauberkeitsklasse 1 und 5,59 % (26/465) der Sauberkeitsklasse 2. Bei den modifizierten Probenahmestellen ergab sich für die beprobten Schlachtkörper eine Verteilung von 38,64 % (114/295) in Sauberkeitsklasse 0, 20,00 % (59/295) Sauberkeitsklasse 1 und 41,35 % (122/295) Sauberkeitsklasse 2.

Ergebnisse Salmonella spp. und Shiga-Toxin produzierende Escherichia coli (STEC) gemäß der Beprobung nach Verordnung (EG) Nr. 2073/2005
Salmonella spp. und Shiga-Toxin produzierende *Escherichia coli* (STEC) waren in allen 465 Proben nicht nachweisbar.

Ergebnisse der Eigenkontrollen gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 – Gesamtkeimzahl

Die Normalverteilung wurde mit Shapiro-Wilk getestet und sowohl für die Normaldaten als auch für die $\log_{10}$ transferierten Daten mit $p < 0.0001$ abgelehnt.

Die Unterschiede der GKZ innerhalb der Sauberkeitsklassen waren statistisch nicht signifikant (Kruksal-Wallis mit $p < 0.1276$). Die Unterschiede zwischen den Klassen 0–1 (Wilcoxon $p < 0.0499$) waren statistisch signifikant. Die Unterschiede zwischen 0–2 (Wilcoxon $p < 0.5321$) und 1–2 (Wilcoxon $p < 0.3318$) waren statistisch nicht signifikant.

Der Vergleich der GKZ Ergebnisse mit dem m-Grenzwert < 3,5 der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 war zwischen den einzelnen Sauberkeitsklassen nicht signifikant (Chi-Quadrat $p < 0.4600$). Der Vergleich der Daten mit dem M-Grenzwert < 5,0 der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 war zwischen den Sauberkeitsklassen nicht signifikant (Fisher $p < 0.5525$).

Ergebnisse der Eigenkontrollen gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 – Enterobacteriaceae

Die Normalverteilung wurde mit Shapiro-Wilk getestet und sowohl für die Normaldaten als auch für die $\log_{10}$ transferierten Daten mit $p < 0.0001$ abgelehnt.

Die Unterschiede der EBZ innerhalb der Sauberkeitsklassen waren statistisch signifikant (Kruksal-Wallis mit $p < 0.0393$). Die Unterschiede innerhalb der Sauberkeitsklassen 0–1 waren nicht signifikant (Wilcoxon $p < 0.4189$). Die Unterschiede zwischen 0–2 (Wilcoxon $p < 0.0201$) und 1–2 (Wilcoxon $p < 0.0509$) waren statistisch signifikant.

Der Vergleich der Probenergebnisse mit dem m-Grenzwert < 1,5 gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 zwischen den Sauberkeitsklassen war nicht signifikant (Fisher $p < 0.1151$).

Der Vergleich der Probenergebnisse mit dem M-Grenzwert < 2,0 der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 war zwischen den Sauberkeitsklassen nicht signifikant (Fisher $p < 0.3906$).

Ergebnisse Salmonella spp. und Shiga-Toxin produzierende Escherichia coli (STEC) für die modifizierten Probenentnahmestellen

Salmonella spp. und Shiga-Toxin produzierende *Escherichia coli* (STEC) waren in allen 295 Proben nicht nachweisbar.

Ergebnisse der modifizierten Probenentnahmestellen – Gesamtkeimzahl

Die Normalverteilung wurde mittels Shapiro-Wilk getestet und sowohl für die normalen Daten als auch für die $\log_{10}$ übertragenen Daten mit $p < 0.0001$ abgelehnt.

Die Unterschiede der Verteilung der GKZ innerhalb der Sauberkeitsklassen waren statistisch signifikant (Kruksal-Wallis mit $p < 0.0342$). Die Unterschiede zwischen den Sauberkeitsklassen 0–1 waren nicht signifikant (Wilcoxon $p < 0.5187$). Klasse 2 hatte statistisch höhere GKZ-Werte als Klasse 0 (Wilcoxon $p < 0.0119$), unterschied sich aber nicht von Klasse 1 (Wilcoxon $p < 0.1264$).

Der Vergleich des Datensatzes mit dem m-Grenzwert < 3,5 der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 war zwischen den Sauberkeitsklassen nicht signifikant (Chi-Quadrat $p < 0.1085$). Der Vergleich des Datensatzes mit dem M-Grenzwert < 5,0 der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 war zwischen den Sauberkeitsklassen nicht signifikant (Chi-Quadrat $p < 0.1324$).

Ergebnisse der modifizierten Probenentnahmestellen – Enterobacteriaceae

Die Normalverteilung wurde mittels Shapiro-Wilk getestet und sowohl für die normalen Daten als auch für die $\log_{10}$ übertragenen Daten mit $p < 0.0001$ abgelehnt.

Die Unterschiede der Verteilung der EBZ innerhalb der Sauberkeitsklassen waren statistisch nicht signifikant (Kruksal-Wallis mit $p < 0.4014$). Die Unterschiede zwischen den Sauberkeitsklassen 0–1 (Wilcoxon $p < 0.1896$), 0–2 (Wilcoxon $p < 0.4098$) und den Klassen 1–2 (Wilcoxon $p < 0.5283$) waren nicht signifikant.

Der Vergleich des Datensatzes mit dem m-Grenzwert < 1,5 der Reg. (EG) Nr. 2073/2005 war zwischen den Sauberkeitsklassen nicht signifikant (Chi-Quadrat $p < 0.80460$).

Der Vergleich des Datensatzes durch den M-Grenzwert < 2,0 der Reg. (EG) Nr. 2073/2005 war zwischen den Sauberkeitsklassen nicht signifikant (Chi-Quadrat $p < 4.7730$).

Ergebnisse der mikrobiologischen Beprobung des Fells

Die GKZ-Werte der Fellbeprobung von Tieren der Sauberkeitsklasse 0 betrugen $3{,}4 \times 10^8$ KBE/g, $2{,}2 \times 10^8$ KBE/g für Sauberkeitsklasse 1 und $7{,}2 \times 10^8$ KBE/g für Sauberkeitsklasse 2. Die EBZ-Werte lagen für Sauberkeitsklasse 0 bei $2{,}9 \times 10^5$ KBE/g, bei 4×10^5 KBE/g für Sauberkeitsklasse 1 und bei $1{,}3 \times 10^5$ KBE/g für Sauberkeitsklasse 2. Vor einer Anreicherung

der Proben je Sauberkeitsklasse konnten in allen drei Gruppen weder *Salmonella* spp. noch STEC nachgewiesen werden. Ebenso konnte nach der Anreicherung keine *Salmonella* spp. nachgewiesen werden. Nach Anreicherung konnten durch eine Duplikatanalyse mittels Multiplex-PCR (Microbiologique Inc. PB100701- STEC, PB100701-STECMC:2018-08) Genabschnitte, die für stx1/stx2 spezifisch sind, nachgewiesen werden. Dabei wurden Ct-Werte von 27,6 für Sauberkeitsklasse 0, 31,2 für Sauberkeitsklasse 1 und 35,6 für Sauberkeitsklasse 2 ermittelt. Des Weiteren konnte nach Anreicherung in den Proben der Sauberkeitsklassen 0 und 1 Gensegmente, die spezifisch für Intimin und für die Oberflächenproteine der Serogruppen O121, O111, O104, O103 und O45 sind, detektiert werden.

6 Übergreifende Diskussion

Diese Arbeit zeigt, dass die auf den Grundlagen der AVV LmH basierende Systematik zur Feststellung der Sauberkeit von Schlachtrindern in der Praxis umsetzbar ist.

Durch die Umsetzung wird die Möglichkeit eröffnet, unter besonderer Berücksichtigung der Prozesshygiene sowohl für den pre, wie auch den post harvest-Bereich stufenübergreifende Maßnahmen abzuleiten. Damit kann ein Beitrag zur Beherrschung der auf Ebene der Landwirtschaft relevanten Gefahren für die Lebensmittelsicherheit, sowie von mikrobiellen Kontaminationen des Fleisches geleistet werden. Darüber hinaus legt diese Arbeit dar, dass starke Fellverschmutzungen signifikant mit der Höhe der Gesamtkeimzahl des Schlachtkörpers korrelieren. Durch eine hygienische Arbeitsweise, vor allem während des Enthäutens, kann die mikrobielle Kontamination von Schlachtkörpern dennoch auf ein akzeptables Maß reduziert werden. Damit wird das Risiko einer Übertragung von ggf. vorhandenen lebensmittelrelevanten Pathogenen verhindert.

Bislang gab es in Deutschland im Vergleich zu anderen EU-Mitgliedsstaaten keine systematische Umsetzung der EU-Anforderungen der Verordnung (EG) Nr. 852/2004 und der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 über saubere Schlachttiere in die Praxis. Die Neufassung der AVV LmH aus dem Jahr 2019 definiert erstmals saubere Schlachttiere und gibt eine Systematik zur Überprüfung vor. Alle beteiligten Lebensmittelunternehmer, d.h. der landwirtschaftliche Herkunftsbetrieb, der Transporteur und der Schlachthof sind für die Sauberkeit der Tiere verantwortlich.

Diese Studie erprobte eine Kategorisierungssystematik zur Bewertung der Sauberkeit von Rindern nach der Betäubung und vor der Entblutung der Tiere. Anhand der erhobenen Sauberkeitsklassen wurde untersucht, inwieweit sich saisonale Einflüsse, Haltungsverfahren und Haltungssystem auf die Sauberkeit von Rindern auswirken.

Um den hygienischen Einfluss von Verschmutzungen des Fells während des Enthäutens bewerten zu können, wurden vier mikrobiologische Probenahmestellen am Schlachtkörper ausgewählt, für die ein hohes Kontaminationsrisiko während des Enthäutens bestand. Die Ergebnisse der Proben dieser in Anlehnung an die Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 modifizierten Probenahmestellen wurden mit den Ergebnissen des Prozesshygienemonitorings des Schlachtbetriebes verglichen.

Über einen Zeitraum von zwölf Monaten wurden insgesamt 198 907 Rinder einer Sauberkeitsklasse zugeteilt. Insgesamt waren 89,8 % der beurteilten Tiere bei der Abgabe zur Schlachtung sauber (Sauberkeitsklasse 0) und erfüllten damit die Anforderungen der Verordnung (EG) Nr. 853/2004.

Betrachtet man die Ergebnisse der Sauberkeitsklassen von Rindern aus konventioneller und ökologischer Haltung so zeigt sich, dass sich diese hoch signifikant voneinander unterscheiden. Der Anteil sauberer Rinder war bei ökologischer Haltung höher als bei konventionell gehaltenen Tieren. Im Vergleich dazu ergaben andere Studien (Hauge et al., 2012b; McEvoy et al., 2000b), dass extensiv gehaltene Rinder mit ganzjährigem Zugang zu Freiland stärker verschmutzt waren als konventionell gehaltene Rinder.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen lassen sich vermutlich auf die Rahmenbedingungen des Ökolandbaus für die Rinderhaltung zurückführen. Im Ökolandbau ist den Tieren ständig Zugang ins Freie zu gewähren. Bei schlechter Witterung darf darauf verzichtet werden. Tieren in ökologischer Haltung ist zudem mehr Platz zu gewähren. Unabhängig vom Haltungsverfahren und Haltungssystem ist laut Lowman et al. (1997) die Belegdichte ausschlaggebend für die Sauberkeit des Fells. Des Weiteren war der überwiegende Anteil der Tiere aus ökologischer Haltung Milchkühe. Milchkühe waren in der Studie die sauberste Tierkategorie. In der Milchviehhaltung ist die Sauberkeit von Tieren bedeutend für die Milchhygiene (Wolter & Kloppert, 2008).

Fellverschmutzungen können durch allgemeine Faktoren des jeweiligen Haltungssystems begünstig werden. Überbelegung, zu wenig frisches Einstreu bzw. keine trockenen Liegebereiche bei Tiefstreuhaltung, ungeeignete und/oder feuchte Liegebereiche, aber auch mangelnde Lüftung zur Vermeidung von hoher Luftfeuchtigkeit bzw. Kondensation können Fellverschmutzungen begünstigen (Hauge et al., 2012b; Hughes, 2001; Lowman et al., 1997). Weitere Faktoren, wie der Gesundheitszustand, das Betriebsmanagement, die Art und Gestaltung der Fütterungsration können die Sauberkeit des Fells mit beeinflussen (Lowman et al., 1997). Cook (2002) stellte fest, dass mangelnde Tiergesundheit ebenfalls ein Risikofaktor für stärker verschmutzte Tiere sein kann.

Vergleicht man die Verteilung der Sauberkeitsklassen zwischen Haltungssystemen mit Spaltenboden und Strohhaltung mit oder ohne Zugang zu Weide, zeigt sich, dass sich die Sauberkeit des Felles der Rinder signifikant unterscheidet.

Auf Spaltenboden gehaltene Rinder waren im Vergleich zu auf Stroh mit oder ohne Weidegang gehaltenen Tieren sauberer.

68,6 % der Tiere aus Haltungen mit Spaltenboden waren Milchkühe, die wie oben bereits genannt, die sauberste Tierkategorie in der vorliegenden Studie waren. Hauge (2012b) dagegen stellte eine geringere Wahrscheinlichkeit für verschmutzte Rinder in Betrieben, die Einstreumaterial verwenden, im Vergleich zur Haltung auf reinen Beton- oder Spaltenböden fest. Um Verunreinigungen der Tiere bei Haltung auf Stroh zu vermeiden, stellt dieses System hohe Anforderungen an das Betriebsmanagement und fordert regelmäßig ausreichende Mengen an frischem Einstreumaterial (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, 2018; Schrader, 2007; Tuyttens, 2005).

Verschmutzungen des Fells von Rindern können prinzipiell im Haltungsbetrieb, während des Transportes oder später am Schlachtbetrieb entstehen. Zum einen zeigten Beobachtungen der Autorin im Vorfeld der Studie, dass sich Rinder während kurzer Transporte nur selten im Fahrzeug ablegen und sich somit auch selten beim Ablegen an relevanten Fellbereichen kontaminieren. Zum anderen legen sich Rinder bei einer üblichen Aufenthaltszeit von zwei Stunden selten im Schlachtbetrieb ab. Daher ist anzunehmen, dass die Phase des Transportes und des Ruhens am Schlachtbetrieb als Primärursache für starke Fellverschmutzungen unwahrscheinlich ist.

Die Sauberkeit von Schlachttieren wird maßgeblich von der Haltung der Tiere beeinflusst.

Welches Haltungssystem für die jeweilige Tierkategorie eingesetzt wird, ist in der Regel abhängig davon, ob das Rind als Masttier oder für die Milchgewinnung gehalten wird.

In der vorliegenden Studie waren Kühe die sauberste Tierkategorie. Auch in der Studie von Hauge (2012b) waren Kühe die sauberste Tierkategorie. Zurückführen lässt sich dies auf die überwiegende Haltung der Kühe in Laufställen mit Vollspaltenböden und Liegeboxen (Hauke et al., 2019) sowie auf die Bedeutung der Sauberkeit für die Milchhygiene.

Jungbullen und Bullen hatten den zweithöchsten Anteil sauberer Tiere. Fütterung und Haltungsverfahren sind bei der intensiven Rindermast weitgehend standardisiert. In der Regel erfolgt die Haltung in Deutschland in Gruppenbuchten mit sechs bis acht Tieren auf Vollspaltenboden. Es gibt aber auch zunehmend Haltungen mit sogenannten Tretmistställen, in denen eine mit Stroh eingestreute Liegefläche mit einer planbefestigten Fressfläche kombiniert wird (v. Davier et al., 2019). Tiefboxen mit Strohmatratze gelten als besonders tierfreundlich

(Lutz, 2000). Die Ergebnisse der eigenen Studie unterscheiden sich von den Ergebnissen der Studie von Hauge et al. (2012b), in der Bullen am stärksten verschmutzt waren.

Die Tierkategorie mit dem zweit höchsten Anteil an Tieren in Sauberkeitsklasse 2 waren Färsen. Färsenmast wird vor allem extensiv oder aber mit Haltung auf Stroh betrieben. Managementfaktoren, wie zu wenig frisches Einstreu und zu wenig trockene Liegeflächen, können zu starken Fellverschmutzung führen. Auch in der Studie von Hauge et al. (2012b) waren Färsen die am zweit stärksten verschmutzte Tierkategorie. Ochsen waren die Tierkategorie mit dem höchsten Anteil stark verschmutzter Tiere. Ochsen werden wie Färsen vor allem extensiv gehalten und saisonal, v.a. im Herbst und Winter geschlachtet, weshalb auch saisonale Einflüsse hier zu stärkerer Fellverschmutzung führen können.

Betrachtet man die Sauberkeit der Schlachtrinder über die einzelnen Monate, so besteht ein hoch signifikanter Unterschied in der Verteilung der Sauberkeitsklassen zwischen den Monaten und Jahreszeiten. Witterungseinflüsse haben einen Einfluss auf die Sauberkeit der Rinder.

Im Herbst 2018 waren die Rinder (mit 96,7 % der Tiere in der Sauberkeitsklasse 0) am saubersten. Durch das noch kurze Haarkleid ist das Fell meist sauber und trocken. Auch aus der irischen Studie von Fallon und Lenehan (2002) geht hervor, dass die saubersten Tiere im Herbst feststellbar waren.

Im Winter waren die Tiere am stärksten verschmutzt. Der Anteil an sauberen Tieren beträgt in dieser Jahreszeit nur 79,7 %. Aufgrund des längeren und dichteren Haarkleids bei kalten Temperaturen können Verschmutzungen besser im Fell anhaften. Nach Sofos et al. (1999) wirkt sich die Felllänge entscheidend auf die Verschmutzung der Tiere aus. In einer norwegischen Studie wurden ebenfalls die am stärksten verschmutzten Rinder im Winter festgestellt (Hauge et al., 2012b). Durch Witterungseinflüsse und die dadurch bedingte Ausbildung von längerem und dichterem Fell kann Schmutz besser am Fell anhaften. Der Frühling ist nach dem Herbst die Jahreszeit mit dem zweit größten Anteil sauberer Tiere, 93,0 %. Warme Temperaturen und der Fellwechsel führen zu weniger Fellverschmutzungen. Dies ist ebenfalls identisch mit den Ergebnissen der irischen Studie von Fallon und Lenehan (2002). Anders als erwartet, ist der Sommer (85,9 %, Sauberkeitsklasse 0) nach dem Winter (79,7 %, Sauberkeitsklasse 0) die Jahreszeit mit dem geringsten Anteil an sauberen Tieren. Da die Luftfeuchtigkeit (Hauge et al., 2012b; Hughes, 2001) einen großen Einfluss auf die Sauberkeit der Tiere haben kann, ist anzunehmen, dass die höhere Anzahl stark verschmutzter Tiere durch

wechselnde Witterungsverhältnisse, teils hohe Luftfeuchtigkeit und starke Hitze bei zu geringer Luftumwälzung in den Stallungen bedingt ist. Ebenso kann sich im Sommer die vermehrte Fütterung von frischem Gras bzw. feuchter Silage auf die Konsistenz des Kotes und auf die Sauberkeit des Felles auswirken (Hughes, 2001).
Es empfiehlt sich im Bereich der Schlachtung „stark verschmutzte“ Tiere (Sauberkeitsklasse 2) als sogenannten Kontrollpunkt im Sinne des HACCP-Konzeptes zu bewerten und im Falle von Abweichungen Maßnahmen zu definieren. Als problematisch anzusehen ist aus tierschutzrechtlichen Aspekten eine Säuberung des Felles im Schlachtbetrieb und das Zurückstellen von Rinder bis zur Felltrocknung ante mortem (AMPC, 2013; Sheridan, 1998). Beim Waschen oder Scheren des Tierkörpers post mortem besteht ein Kontaminationsrisiko für die Umgebung und ggf. das Fleisch (Buncic, 2006; FSA, 2002; Upmann, Paulsen, James, & Smulders, 2000). Dekontaminationsverfahren auf Ebene des Schlachthofes sind kein Ersatz für hygienische Maßnahmen in der Primärproduktion, sodass auf allen Stufen im pre als auch im post harvest Bereich die Hygiene eingehalten werden muss, um sichere Lebensmittel herzustellen (Ellerbroek, 2000; Corry & Mead, 1996).

Der zweite Teil der Studie befasste sich mit dem Einfluss der Sauberkeit von Schlachtrindern auf den mikrobiellen Status des Schlachtkörpers. Hierfür wurde die Sauberkeitsklasse jedes Rindes mit der entsprechenden Schlachtnummer verknüpft.
Bewertet wurde der mikrobielle Status anhand der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl (GKZ), der Anzahl von Enterobacteriaceae (EBZ), der Anzahl von *Salmonella* spp. und Shiga-Toxin produzierenden *Escherichia coli* (STEC). Während die Ergebnisse der im Rahmen der Studie ausgewählten Probenahmestellen zur Bewertung des hygienischen Enthäutens herangezogen wurden, bildeten die Proben des Prozesshygienemonitorings die hygienische Arbeitsweise des gesamten Schlachtprozesses ab.
Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigten, dass bei den derzeit angewandten Schlachttechniken bereits ein hohes Niveau an Lebensmittelsicherheit erreicht wird.
Bei den im Rahmen der Eigenkontrollen gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 entnommenen und untersuchten 465 Proben, sowie den 295 Proben zur Bewertung des Enthäutungsprozesses waren *Salmonella* spp. und STEC nicht nachweisbar.

Zwischen den Sauberkeitsklassen und der Höhe der Gesamtkeimzahl bestand bei den insgesamt 465 entnommenen Proben gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 kein signifikanter Unterschied. Im paarweisen Vergleich der Sauberkeitsklassen waren jedoch Klasse 0 und 1 signifikant voneinander verschieden. Im Gegensatz dazu zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen sauberen (0) und stark verschmutzten (2) sowie mittelgradig verschmutzten (1) und stark verschmutzten (2) Tieren.

Bei der Anzahl von Enterobacteriaceae hingegen lag ein signifikanter Unterschied zwischen sauberen (0) und stark verschmutzten (2) sowie mittelgradig verschmutzten (1) und stark verschmutzten (2) Rindern vor.

Betrachtet man die Ergebnisse der modifizierten Probenahmestellen zur Bewertung der hygienischen Arbeitsweise während des Enthäutens, so bestand bei den insgesamt 295 untersuchten Proben ein signifikanter Unterschied zwischen der Höhe der Gesamtkeimzahl und allen drei Sauberkeitsklassen. Der paarweise Vergleich ergab signifikante Unterschiede zwischen sauberen (0) und stark verschmutzten (2), aber keine Unterschiede zwischen mittelgradig verschmutzten (1) und stark verschmutzten (2) und sauberen (0) und mittelgradig verschmutzten (1) Tieren.

Zwischen den Sauberkeitsklassen und der Anzahl nachgewiesener Enterobacteriaceae war hingegen kein signifikanter Unterschied feststellbar.

Die Unterschiede zwischen den mikrobiologischen Ergebnissen der Proben des Prozesshygienemonitorings und der modifizierten Probenahmestellen können darauf zurückgeführt werden, dass das Monitoring gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 im Wesentlichen auf eine Bewertung der hygienischen Arbeitsweise des gesamten Schlachtprozesses abzielt, wohingegen die im Rahmen dieser Studie modifizierten Probenahmestellen vor allem eine Beurteilung der Kontamination der Schlachtkörper während des Enthäutens ermöglichen. Hinzu kommt, dass lediglich 5,5 % der geschlachteten und gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 beprobten Rinder stark verschmutzt (Sauberkeitsklasse 2) waren, während der Anteil stark verschmutzter Rinder bei der modifizierten Probenahme 41,3 % betrug.

Zu ähnlichen Ergebnisse kamen Studien, in denen die Auswirkung der Sauberkeit des Fells auf die mikrobielle Kontamination des Schlachtkörpers untersucht wurde (EFSA, 2013). So zeigte sich bei einigen Arbeiten eine Korrelation zwischen der visuellen Sauberkeit des Fells von Rindern und der Höhe der Gesamtkeimzahl und der Anzahl an Enterobacteriaceae

(Bolton et al., 2001; Byrne et al., 2000; Elder et al., 2000; Serraino et al., 2012). Andere Studien ergaben jedoch keinen konsistenten Zusammenhang zwischen der Sauberkeit von Tierhäuten und dem mikrobiellen Status von Schlachtkörpern (Hauge et al., 2012a; Van Donkersgoed et al., 1997). Hauge et al. (2015) zeigt, dass Rinder mit verschmutzten Häuten Schlachtkörper mit der gleichen hygienischen Qualität produzierten wie optisch saubere Rinder.

Vergleicht man die Ergebnisse der Proben des Prozesshygienemonitorings und der modifizierten Probenahmestellen hinsichtlich der von der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 zur Beurteilung vorgegeben Grenz- bzw. Richtwerten, so zeigt sich insgesamt, dass ein hohes Niveau der Schlachthygiene gegeben war. Schlachtkörper von sehr stark verschmutzten Rindern wiesen keine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit für mikrobiologische Überschreitungen auf. Im Gegensatz dazu zeigten die Ergebnisse von Serraino et al. (2012), dass die Anzahl der Gesamtkeime auf Schlachtkörpern verschmutzter Rinder mit hoher Wahrscheinlichkeit über dem m-Wert liegen. Der mittlere EBZ-Wert überschritt jedoch in keiner Sauberkeitsklasse den m-Grenzwert.

Basierend auf den mikrobiologischen Ergebnissen der Fellproben der vorliegenden Studie erlaubt der quantitative Charakter der Real-Time-PCR die Abschätzung der Menge an Pathogenen in den Hautproben. Daraus abgeleitet können die Ergebnisse dahingehend interpretiert werden, dass mit steigendem optischen Verschmutzungsgrad, also einer höheren Sauberkeitsklasse, die Menge an lebensfähigen STEC abnimmt. Eine mögliche Erklärung könnte neben anderen Faktoren der niedrige a_w-Wert im Bereich der Verkrustung sein.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass der überwiegende Anteil (90 %) zur Schlachtung abgegebener Rinder sauber war. Somit waren die Anforderungen des EU-Rechts, sowie der AVV LmH erfüllt. Dennoch deuten die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen darauf hin, dass Schlachtkörper stark verschmutzter Rinder nach dem Enthäuten höhere Gesamtkeimzahlwerte aufweisen.

Um den Anteil stark verschmutzter Rinder weiter zu reduzieren, ist es erforderlich die Sauberkeit der Tiere am Schlachtbetrieb möglichst objektiv zu erfassen und für jeden landwirtschaftlichen Primärerzeuger über einen definierten Zeitraum auszuwerten.

Da der Primärerzeuger als Tierhalter gemäß Verordnung (EG) Nr. 852/2004 die Sauberkeit von Schlachttieren so weit wie möglich sicherzustellen hat, sollten die erhobenen

Sauberkeitsklassen zur Bewusstseinsschaffung an den landwirtschaftlichen Primärerzeuger und/oder Lieferanten zurückgemeldet werden. Wird ein festzulegender Grenzwert überschritten, sind seitens des Tierhalters Maßnahmen einzuleiten. Informationsblätter können zusätzlich Hinweise mit Maßnahmenvorschlägen zur Verbesserung auf landwirtschaftlicher Ebene geben, ähnlich dem Producer Guides des FSA (Lowman et al., 1997).

Für den Schlachtbetrieb als Lebensmittelunternehmer empfiehlt es sich, die Schlachtung „stark verschmutzter“ Rinder (Sauberkeitsklasse 2) als sogenannten Kontrollpunkt im Sinne des HACCP-Konzeptes festzulegen. Maßnahmen, die auf der Stufe des Schlachthofes getroffen werden können, sind eine Vorselektion und ggf. logistische Schlachtung, reduzierte Bandgeschwindigkeit, sowie erhöhte Sorgfalt beim Vorenthäuten und Enthäuten, leere Bandplätze oder forcierte Kontrollen, um Schlachtkörper vor Kontamination zu schützen.

Als problematisch anzusehen ist aus tierschutzrechtlichen Aspekten eine Säuberung des Felles im Schlachtbetrieb und das Zurückstellen von Rinder bis zur Trocknung des Fells ante mortem (AMPC, 2013; Sheridan, 1998). Beim Waschen oder Scheren des Tierkörpers post mortem besteht ein Kontaminationsrisiko für die Umgebung und ggf. das Fleisch (Buncic, 2006; FSA, 2004; Upmann et al., 2000). Dekontaminationsverfahren auf Ebene des Schlachthofes sind kein Ersatz für hygienische Maßnahmen in der Primärproduktion, sodass auf allen Stufen im pre als auch im post harvest Bereich die Hygiene einzuhalten ist, um sichere Lebensmittel herzustellen (Ellerbroek, 2000; Corry & Mead, 1996).

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass die strikte Einhaltung der Grundregeln der Schlachthygiene und eine systematische Überwachung und Verifizierung der angewandten Hygieneverfahren unter Einbeziehung von mikrobiologischen Leistungsdaten wirksam sind.

Da weder *Salmonella* spp. noch STEC nachweisbar waren, erlauben die Ergebnisse dieser Studie abzuleiten, dass das Risiko für die Kontamination mit Pathogenen sowohl bei sauberen als auch bei stark verschmutzten Rindern beherrscht werden kann.

Es lässt sich daher schlussfolgern, dass das Risiko einer Kontamination des Fleisches mit möglichen pathogenen Zoonoseerregern selbst bei stark verschmutzten Rindern durch hygienische Arbeitsmethoden unter Verwendung der derzeit in Europa verfügbaren und zugelassenen Schlachttechnologien auf ein akzeptables Niveau reduziert werden kann.

Die Arbeit liefert weitere Ansatzunkte für Forschungsfragen in Bezug auf technische und/oder organisatorische Maßnahmen in Hinblick auf die Weiterentwicklung der Hygiene bei der

Schlachtung von Rindern. Neben der Sicherstellung der Lebensmittelsicherheit bei der Schlachtung ist die Verbesserung der Tiergesundheit- und Tierhygiene auf der Stufe der Primärproduktion von wesentlicher Bedeutung. Dabei sollte der beschriebene Ansatz der Feststellung der Sauberkeit von Schlachtrindern und die Rückmeldung der bewerteten Daten an den Primärproduzenten fortgeführt werden, damit dieser auch auf landwirtschaftlicher Ebene gezielt wirksame Maßnahmen ergreifen kann.

7 Zusammenfassung

Veronika Maria Weber

Anwendung, Erprobung und Bewertung eines Kategorisierungssystems für saubere Rinder bei der Schlachtung unter besonderer Berücksichtigung der Prozesshygiene sowie stufenübergreifender Maßnahmen im pre und post harvest- Bereich

Ziel dieser Arbeit war die Anwendung, Erprobung und Bewertung eines Kategorisierungssystems für die Feststellung der Sauberkeit von Schlachtrindern. Darauf basierend sollte unter besonderer Berücksichtigung der Prozesshygiene stufenübergreifende Maßnahmen für den pre und post harvest-Bereich abgeleitet werden. Anhand von mikrobiologischen Proben wurde geprüft, ob mit hygienischen Maßnahmen während des Enthäutens das Kontaminationsrisiko bei stark verschmutzten Rindern auf ein akzeptables Maß reduziert werden kann.

Mit der Novellierung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift Lebensmittelhygiene 2019 (AVV LmH) wurden die Vorgaben der EU-Verordnung, nur saubere Tiere zur Schlachtung zuzulassen, übernommen. Anlage 3 der AVV LmH beschreibt eine Methode zur Überprüfung der Sauberkeit von Rindern, Schafen, Schweinen und Geflügel, die zur Schlachtung angeliefert werden. In der vorliegenden Arbeit wurde ein Umsetzungskonzept der neuen Vorgaben der AVV LmH zur Feststellung der Sauberkeit von Schlachtrindern ausgearbeitet und praktisch in einem Schlachtbetrieb mit einer wöchentlichen Kapazität von 5000 Rindern erprobt. Es umfasst die Einteilung von Schlachtrindern nach der Betäubung und vor der Entblutung in eine von drei Sauberkeitsklassen sowie die anschließende Auswertung und Rückmeldung je landwirtschaftlichem Primärerzeuger. Neben der Klassifizierung der Sauberkeit von Rindern über den Zeitraum eines Jahres stand die Prüfung des saisonalen Einflusses, der Tierkategorie und des Haltungsverfahrens und -systems auf die Sauberkeit des Felles im Vordergrund. Diese Arbeit zeigt, dass die rechtlichen Anforderungen nach sauberen Schlachttieren gut umgesetzt wurden, da 90 % der Schlachtrinder sauber waren. Fellverschmutzungen werden vor allem durch die Nutzungsrichtung des Rindes und das Betriebsmanagement beeinflusst. Milchkühe waren der Studie nach die sauberste Tierkategorie, Ochsen waren am stärksten verschmutzt. Weiter konnte gezeigt werden, dass die Sauberkeit von Rindern jahreszeitlichen Einflüssen unterliegt.

In den Winter- und Sommermonaten waren die Tiere mehr verschmutzt als im Herbst und Frühling. Das Konzept erwies sich in der Praxis als umsetzbar und kann als Grundlage dienen, das Hygienemanagement auf landwirtschaftlicher Ebene zu verbessern.

Der Einfluss der Sauberkeit von Schlachtrindern auf den mikrobiellen Status des Schlachtkörpers wurde anhand der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl (GKZ), der Anzahl von Enterobacteriaceae (EBZ), der Anzahl von *Salmonella* spp. und Shiga-Toxin produzierenden *Escherichia coli* (STEC) untersucht. Dazu wurden vier mikrobiologische Probenahmestellen am Schlachtkörper ausgewählt, für die ein hohes Risiko der Kontamination während des Enthäutens besteht. Die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse dieser Probenahmestellen wurden mit den Ergebnissen der an dem Schlachtbetrieb entnommenen und untersuchten Prozesshygienekontrollproben gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 verglichen. Während die Ergebnisse der im Rahmen der Studie ausgewählten Probenahmestellen zur Bewertung des hygienischen Enthäutens herangezogen wurden, bildeten die Proben des Prozesshygienemonitorings die hygienische Arbeitsweise des gesamten Schlachtprozesses ab. *Salmonella* spp. und STEC waren in keiner der untersuchten Proben nachweisbar. Die Schlachtung stark verschmutzter Tiere hat einen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Gesamtkeimzahl, jedoch nicht auf die der Enterobacteriaceae. Es gab keinerlei Hinweise dafür, dass Schlachtkörper sehr schmutziger Tieren eine höhere Wahrscheinlichkeit für mikrobiologische Überschreitungen aufweisen. Die Ergebnisse dieser Studie erlauben die Schlussfolgerung, dass unter Verwendung der derzeit in Europa verfügbaren und zugelassenen Schlachttechnologien sowohl bei sauberen als auch bei stark verschmutzten Rindern das Risiko für die Übertragung von Pathogenen durch eine strikte Einhaltung der Grundregeln der Schlachthygiene und eine systematische Überwachung und Verifizierung der angewandten Hygieneverfahren beherrscht werden kann.

8 Summary

Veronika Maria Weber

Application, testing and evaluation of a categorization system for cleanliness evaluation of cattle with special consideration of process hygiene as well as measures in the pre- and post-harvest area

The aim of this study was the application, testing and evaluation of a categorization system for determining the cleanliness of slaughter cattle. Based on this, measures for the pre- and post-harvest area were to be derived with special consideration of process hygiene. Microbiological samples were used to test whether hygienic measures during skinning can reduce the risk of contamination in heavily soiled cattle to an acceptable level.

With the amendment of the Administrative Regulation on Food Hygiene 2019 (AVV LmH), the requirements of the EU regulation to only allow clean animals for slaughter were adopted nationally. Annex 3 of the regulation describes a method for assessing the cleanliness of cattle, sheep, pigs and poultry delivered for slaughter. In the present study, a plan was developed for implementing the new regulation requirements for determining the cleanliness of slaughter cattle; it was tested in practice in a slaughterhouse with a weekly capacity of 5000 cattle. It comprises the classification of slaughter cattle after stunning but before bleeding into one of three cleanliness categories, and subsequent evaluation and feedback to the primary agricultural producer. Aside from classifying the cleanliness of cattle over the period of one year, the main focus of the present study was to examine seasonal influence, influence of the animal category and influence of the husbandry method and system on hide contamination. Hide contamination is mainly influenced by the farming system. According to the study, dairy cows were the animal category with the cleanest animals whereas oxen were the animal category with the most heavily contaminated animals. It is also shown that the cleanliness of cattle is subject to seasonal influences. In the winter and summer months the animals were more contaminated than in autumn and spring. The system proved to be implementable in practice and can serve as a basis for improving management at farm level, thereby contributing to the control of related food safety hazards at farm level.

The influence of the cleanliness of slaughter cattle on the microbial status of the carcass was investigated using Total Viable Count (TVC), Enterobacteriaceae Count (EC), *Salmonella* spp. and Shiga toxin-producing *Escherichia Coli* (STEC). For this purpose, four microbiological sampling sites on the carcass were selected for which there was a high risk of contamination during skinning. The microbiological test results from these sampling sites were compared with the results of the process hygiene control samples collected and examined at the slaughterhouse in accordance with Regulation (EC) No. 2073/2005. While the results of the sampling points selected in the study were used to evaluate hygienic skinning, the process hygiene monitoring samples represented the hygienic operation of the entire slaughter process.

Salmonella spp. and STEC were not detectable in any of the samples tested. Slaughter of heavily soiled animals had a significant effect on the Total Viable Count, but not on Enterobacteriaceae Count. There was no evidence that carcasses of heavily soiled animals had a higher probability of microbiological exceedances.

The results of this study allow the conclusion that, when using the slaughter technologies currently available and approved in Europe, the risk for pathogen transmission in both clean and very dirty cattle can be managed by strict adherence to the basic rules of slaughter hygiene and systematic monitoring and verification of the hygiene procedures used.

9 Literaturverzeichnis

AFSCA (2008): Vade-Mecum, pour des animaux propres a l'abattoir. *Bon état des toisons pour une viande sûre,* Bruxelles. http://www.afsca.be/publicationsthematiques/_documents/Vademecum_FR_26-01-2018_web.pdf. Letzter Zugriff 05.03.2021.

AMPC (2013). Fact Sheet, *Pre Slaughter Cattle Cleaning (Washing)*. Australian meat processor corporation (Hrsg.). https://www.ampc.com.au_uploads_cgblog_id244_Pre-Slaughter-Cattle-Cleaning-(Washing).pdf. Letzter Zugriff 13.05.2020.

Animalia (2012). Reine Dyr – En Forutsetning for God Dyrevelferd Og Trygg Matproduksjon. https://www.animalia.no/contentassets/54325f14a28b4f818b3619a098a56efb/reine-dyr-a4-nye-trekksatser.pdf. Letzter Zugriff 05.03.2021.

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), 1025–1029. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.12.022.

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), 658–665. https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.4.65.

Arthur, T. M., Brichta-Harhay, J. M., Guerini, D. M., Kalchayanand, M. N., Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., & Koohmaraie, M. (2007). Transportation and Lairage Environment Effects on Prevalence, Numbers, and Diversity of Escherichia Coli O157:H7 on Hides and Carcasses of Beef Cattle at Processing. *J Food Prot* 70 (2): 280–286.

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): 1080–1086.

BayStMLF (2010). Geprüfte Qualität Bayern: Qualitäts- und Prüfbestimmungen für Rindfleisch vom 15.02.2002 i.d.F. v. 01.08.2010. https://www.gq-bayern.de/wp-content/uploads/Öffentlicher-Bereich/Ueber-GQ-Bayern/Qualitaets-und-Pruefbestimmungen/Tierisch/Rinder-und-Rindfleisch/gqualitaet_rind.pdf. Letzter Zugriff 04.05.2020.

Bell, R. G. (1997). Distribution and sources of microbial contamintion on beef carcasses. *Appl Environ Microbiol, 82 (3),* 293–300.

BfR, (2012). Bericht zum 12. BfR-Forum Verbraucherschutz vom 4. und 5. Juni 2012. Standortbestimmung und Perspektiven: Verbesserungen der Fleischhygiene durch Dekontamination? https://www.bfr.bund.de/cm/343/standortbestimmung-und-perspektiven-verbesserungen-der-fleischhygiene-durch-dekontamination.pdf. Letzter Zugriff 10.03.2021.

BfR, (2020). Salmonellen-Bekämpfungsprogramm – Ergebnisse für das Jahr 2019: Salmonella Enteritidis und Salmonella Typhimurium bei Legehennen rückläufig. *Stellungnahme Nr. 34/2020* des BfR vom 28. Juli 2020 https://www.bfr.bund.de/cm/343/salmonellen-bekaempfungsprogramm-ergebnisse-fuer-2019.pdf.

Blagojevic, B., Antic, D., Ducic, M., & Buncic, S. (2012). Visual cleanliness scores of cattle at slaughter and microbial loads on the hides and the carcases. *Vet Rec,* 170 (22), 563. doi:10.1136/vr.100477.

Bolton, D. J., Doherty, A. M., & Sheridan, J. J. (2001). Beef HACCP: intervention and non-intervention systems. *Int J Food Microbiol, 66* (1), 119–129. https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00528-6.

Bosilevac, J.M., Nou, X., Osborn, M.S., Allen, D.M., & Koohmaraie, M. (2005). Development and evaluation of an on-line hide decontamination procedure for use in a commercial beef processing plant. *J Food Prot* 68 (2): 265–272.

Brecheisen, G. (2014). Auswirkung der Schlachtung unterschiedlich stark verschmutzter Rinder auf die mikrobiologische Belastung ihrer Schlachtkörper. München, Ludwig-Maximilians-Universität, veterinärmed. Fak., Diss. https://edoc.ub.uni-muenchen.de/17296/1/Brecheisen_Gregor.pdf. Letzter Zugriff 15.03.2021.

Buncic, S. (2006). Integrated food safety and veterinary public health. Bristol: School of Veterinary Science University of Bristol, CABI Pub.

Byrne, C. M., Bolton, D. J., Sheridan, J. J., McDowell, D. A., & Blair, I. S. (2000). The effects of preslaughter washing on the reduction of Escherichia coli O157:H7 transfer from cattle hides to carcasses during slaughter. *Lett Appl Microbiol, 30* (2), 142–145. doi:10.1046/j.1472-765x.2000.00689.x.

Codex-Alimentarius (2005). Code of Hygienic Practice for Meat. CAC/RCP 58.

Cook, N.B. (2002). The influence of barn design on dairy cow hygiene, lameness and udder health. In: Proc. of the 35 th ann. conv. american association of bovine practicioners. Madison, WI: 97–103.

Corry, J. E. L., & Mead, G. C. (1996). Decontamination of meat. In J. E. L. Corry & G. C. Mead (Eds.), *Microbial control in the meat industry* (pp.1–12). University of Bristol Press.

Davier, Z. von, Schütte, J., & Efken, J. (2019). Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Mastrinder. Thünen-Institut, Braunschweig. https://www.thuenen.de/media/tithemenfelder/Nutztierhaltung_und_Aquakultur/Haltungsverfahren_in_Deutschland/Rindermast/Steckbrief_Mastrinder_2019.pdf. Letzter Zugriff 14.04.2020.

Donkersgoed, J. van, Jericho, K. W. F., Grogan, H., & Thorlakson, B. E. N. (1997). Preslaughter Hide Status of Cattle and the Microbiology of Carcasses. *J Food Prot, 60* (12), 1502–1508. doi:10.4315/0362-028X-60.12.1502.

EFSA (2013). Scientific opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (bovine animals). *The EFSA Journal 11* (6): 3266.

EFSA & ECDC (2019). The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *The EFSA Journal 17 (12):5926*. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5926.

Eggert-Satzinger, C. (2016). Kategorisierung von Schlachtrindern nach Verschmutzungsgraden analog der britischen "Clean Livestock Policy" im Rahmen der amtlichen Schlachttieruntersuchung. Leipzig, Universität Leipzig, veterinärmed. Fak., Diss. https://ul.qucosa.de/api/qucosa%3A15444/attachment/ATT-0/. Letzter Zugriff 01.08.2020.

Elder, R. O., Keen, J. E., Siragusa, G. R., Barkocy-Gallagher, G. A., Koohmaraie, M., & Laegreid, W.W. (2000). Correlation of enterohemorrhagic escherichia coli O157 prevalence in feces, hides, and carcasses of beef cattle during processing. *Proc Natl Acad Sci USA 97* (7): 2999–3003.

Ellerbroek, L. (2000). Gesundes Fleisch von gesunden Tieren. *Fleischwirtschaft 2*: 12–14.

Ellerbroek, L. (2013). Möglichkeiten und Grenzen der Lebensmittelketten-Verantwortung bei der Bekämpfung von Zoonosen. *Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung 2*: 46–49.

Fallon, R. J., & Lenehan, J. J. (2002). Factors affecting the cleanliness of cattle housed in buildings with concrete slatted floors. *End of Project Reports, Teagasc*. https://tstor.teagasc.ie/bitstream/handle/11019/1367/eopr4791.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Letzter Zugriff 03.04.2020.

Fehlhaber, K. (1992). Ursachen von Gesundheitsschädigungen durch Lebensmittel (2.1

Mikroorganismen). In K. Fehlhaber, & P. Janetschke (Hrsg.), *Veterinärmedizinische Lebensmittelhygiene* (pp. 24–82). 1. Aufl. Gustav Fischer Verlag Jena – Stuttgart, Jena.

FSA (2002). Red Meat Safety & Clean Livestock. Food Standard Agency, London. https://www.foodstandards.gov.scot/downloads/Red_meat_safety_and_clean_livestock.pdf. Letzter Zugriff 14.04.2020.

FSA (2004). Clean beef cattle for slaughter. A guide for producers. Food Standard Agency, London. https://www.foodstandards.gov.scot/downloads/cleanbeefsaf1007.pdf. Letzter Zugriff 01.02.2020.

FSIS (1996). Pathogen Reduction; Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) Systems. Departement of Agriculture. *Federal Register, 61 (144).* https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1996-07-25/pdf/96-17837.pdf. Letzter Zugriff 03.03.2021.

Gill, C. O., Bryant J., & Bedard, D. (1999). The effects of hot water pasteurization treatments on the appearances and microbiological conditions of beef carcass sides. *Food Microbiol, 16,* 281–289.

Gill, C. O. (2004). Visible Contamination on Animals and Carcasses and the Microbiological Condition of Meat. *J Food Prot, 67* (2), 413–419. doi:10.4315/0362-028X-67.2.413.

Hauge, S., Nafstad, O., Røtterud, O.-J., & Nesbakken, T. (2012a). The hygienic impact of categorisation of cattle by hide cleanliness in the abattoir. *Food Control, 27* (1): 100−107.

Hauge, S., Kielland, C., Ringdal, G., Skjerve, E., & Nafstad, O. (2012b). Factors associated with cattle cleanliness on norwegian dairy farms. *J Dairy Sci, 95* (5): 2485−2496.

Hauge, S., Nesbakken, T., Moen, B., Røtterud, O., Dommersnes, S., Nesteng, O., Østensvik, Ø., & Alvseike, O. (2015): The significance of clean and dirty animals for bacterial dynamics along the beef chain. *Int J Food Microbiol,* 214: 70−76.

Hauke, T., Lena, S., Tomke, L., Raphaela, E., & Heiko, H. (2019). Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe. Thünen-Institut, Braunschweig. https://www.thuenen.de/media/tithemenfelder/Nutztierhaltung_und_Aquakultur/Haltungsverfahren_in_Deutschland/Milchviehhaltung/Steckbrief_Milchkuehe2019.pdf. Letzter Zugriff 04.04.2020.

Hughes, J. (2001). A system for assessing cow cleanliness. *In Practice,* 23 (9): 517−524.

Kennedy, T. G., Giotis, E. S., & McKevitt, A. I. (2014). Microbial assessment of an upward and downward dehiding technique in a commercial beef processing plant. *Meat Sci, 97* (4), 486–489.

KFC (2008). Ny norm för dedömning av gödselförorenade slaktdjur. Fact Sheet. http://www.jordbruksverket.se/download/18.595401461210ae2d589800032972/1370040792507/KCFnorm+f%C3%B6r+bed%C3%B6mning+av+g%C3%B6dself%C3%B6rorenade+slaktdjur+2008.pdf. Letzter Zugriff 13.05.2020.

Krämer, J., & Prange, A. (2017). *Lebensmittel-Mikrobiologie* (7th ed.). Eugen Ulmer (Chapter 2).

Lowman, B., Synge, B., & Caldow, G. (1997). Producing clean slaughter cattle. Technical Note. Scottish Agricultural College, Edinburgh.

Lutz, B. (2000). Kuhkomfort als Voraussetzung für höhere Leistungen. In Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein (Hrsg.), Management von Hochleistungskühen, Grünlandwirtschaft und Milchproduktion, Biologische Wirtschaftsweise. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Irdning, 2000: 27–30.

McCleery, D. R., Stirling, J. M. E., Mcivor, K., & Patterson, M. F. (2007). Effect of ante- and post mortem hide clipping on the microbiological quality and safety and ultimate ph value of beef carcasses in an ec-approved abattoir. *J Appl Microbiol, 104* (5): 1471–1479.

McEvoy, J. M., Doherty, A. M., Sheridan, J. J., & McGuire, L. (1999). Baseline study of the microflora of beef carcasses in a commercial abattoir. *Irish Journal of Agricultural and Food Research (Abstract), 38* (1), 157.

McEvoy, J. M., Doherty, A. M., Sheridan, J. J., & McGuire, L. (2000a). Contamination of beef carcasses during hide removal and use of a test bacterial decontamination system on beef hide. The National Food Centre Research Report No. 25. Teagasc, Dublin. https://t-stor.teagasc.ie/handle/11019/110. Letzter Zugriff 11.03.2020.

McEvoy, J. M., Doherty, A. M., Finnerty, M., Sheridan, J. J., McGuire, L., Blair, I. S., Mcdowell, D. A., & Harrington, D. (2000b). The relationship between hide cleanliness and bacterial numbers on beef carcasses at a commercial abattoir. *Letters in Appl Microbiol, 30* (5): 390–395.

McEvoy, J. M., Doherty, A. M., Sheridan, J. J., Blair, I.S., & McDowell, D. A. (2001). Use of steam condensing at subatmospheric pressures to reduce Escherichia coli O157:H7 numbers on bovine hide. *J Food Prot, 64*, 1655–1660.

McEvoy, J. M., Sheridan, J. J., Blair, I. S., & McDowell, D. A. (2004). Microbial contamination on beef in relation to hygiene assessment based on criteria used in EU Decision 2001/471/EC. *Int J Food Microbiol, 92*, 217–225.

MMM (2004). Työryhmämuistio Ehdotus lantaisten eläinten käsittelyn suositussopimukseksi**,** Helsinki. (Memorandum der MMM Arbeitsgruppe) https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160467/trm%202004_2_Ehdotus%20lantaisten%20eläinten%20käsittelyn%20suositussopimukseksi.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Letzter Zugriff 14.03.2021.

Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2018). Tierschutzleitlinie für die Mastrinderhaltung, Tierschutzplan Niedersachsen, Hannover.

O' Bryan C. A., Pendleton S. J., Ricke S. C., & Grandall P. G. (2018) Chapter II – Interventions to reduce Shiga Toxin-producing Escherichia coli on beef carcasses at slaughter. *Food and Feed Safety Systems and Analysis,* 195–212. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811835-1.00011-7.

Pelzer, A. (2006). Das Tier im Blick-Milchkühe; Hilfen zur systematischen Erfassung von Verhalten und Erscheinungsmerkmalen bei Milchkühen im Milchviehstall. DLG-Merkblatt 381. https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_381.pdf. Letzter Zugriff 18.5.2020.

Prändl, O. (1988). *Gewinnung von Fleisch.* In O. Prändl, A. Fischer, T. Schmidhofer, & J. Sinell (Hrsg.), Fleisch-Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung (S. 89–96). Eugen Ulmer.

QM-Milch, e.V. (2020). Bundeseinheitlicher Standard zur Milcherzeugung. https://www.qm-milch.de/standarddokumente. Letzter Zugriff 03.08.2020.

Reid, C. A., Small, A., Avery, S. M., & Buncic, S. (2002). Presence of food-borne pathogens on cattle hides. *Food Control, 13* (6): 411–415.

Ridell, J., & Korkeala, H. (1993). Special treatment during slaughtering in Finland of cattle carrying an excessive load of dung; meat hygienic apects. *Meat Sci, 35* (2): 223–228.

RKI, (2011). *RKI-Ratgeber EHEC* vom 01.06.2011. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_EHEC.html;jsessionid=B6DA0D86F5A3A66F82F520D5DD70FCE6.internet111. Letzter Zugriff 10.03.2021.

RKI, (2016). *RKI-Ratgeber Salmonellose* vom 1.4.2016. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Salmonellose.html. Letzter Zugriff 10.03.2021.

RKI, (2019). *Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2019,* Berlin 2020.

DOI: 10.25646/6948. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Jahrbuch/Jahrbuch_2019.pdf?__blob=publicationFile. Letzter Zugriff 10.03.2021.

Schlüter, A. S. (2006). Die amtliche Fleischuntersuchung der Tierart Rind in Deutschland: Retrospektiven, Status quo und Perspektiven. München, Ludwig-Maximilians-Universität, veterinärmed. Fak., Diss. https://edoc.ub.uni-muenchen.de/5067/1/Schlueter_Aline_S.pdf. Letzter Zugriff 07.07.2020.

Schmidhofer, T. (1988). Untersuchungsmethoden. In O. Prändl, A. Fischer, T. Schmidhofer, & H.-J. Sinell (Hrsg.), *Handbuch der Lebensmitteltechnologie Fleisch – Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung* (pp. 670–753). Ulmer Verlag, Stuttgart.

Schrader, L. (2007). Verhalten und Tierhaltung: Rinderzucht und Rindfleischerzeugung – Empfehlungen für die Praxis. *FAL Agricultural Research 313* (Sonderheft): 100–107.

Sheridan, J. J. (1998). Sources of contamination during slaughter and measures for control. *J Food Safety, 18* (4): 321–339.

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), 502–506. doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.08.001.

Sofos, J., Kochevar, S. L., Bellinger, G. R., Buege, D. R., Hancock, D. D., Ingham, S. C., Morgan, J. B., Reagan, J. O., & Smith, G. C. (1999). Sources and extend of microbiological contamination of beef carcasses in seven united states slaughtering plants. *J Food Prot, 62*: 104–5.

Swanenburg, M., Urlings, H. A., Snijders, J. M., Keuzenkamp, D. A., & van Knapen, F. (2001). Salmonella in slaughter pigs: Prevalence, serotypes and critical control points duringslaughter in two slaughterhouses. *Int J Food Microbiol, 70*, 243–254.

Teagasc (2005). Producing clean cattle – a guide for farmers. Teagasc Food Assurance Programme. https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2005/ProducingCleanCattle.pdf. Letzter Zugriff 18.03.2020.

Tuyttens, F. A. M. (2005). The importance of straw for pig and cattle welfare: a review. *Appl Anim Behav Sci, 92* (3): 261–282.

UECBV (2021). Sharing Good Practices in Slaughter Hygiene. (Version 1, January 18th 2021; persönliche Mitteilung Ellerbroek L.).

Upmann, M., Paulsen, P., James, S., & Smulders, F. (2000). The microbiology of refrigerated meat. *Fleischwirtschaft International, 3*: 38–45.

Wolter, W., & Kloppert, B. (2008). Einflüsse des Liegeboxenmanagements auf das Mastitisgeschehen. Proc. der 9. Jahrestagung Futterkamp, Blekendorf, 20–26. http://docplayer.org/22449580-Einfluss-des-liegeflaechenmanagements-auf-die-eutergesundheit-baerbel-kloppert-wilfried-wolter-rp-giessen-dez-51-2.html. Letzter Zugriff 19.04.2020.

Rechtsvorschriften und Regelwerke

Verordnung (EG) Nr. 852/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Lebensmittelhygiene.
http://data.europa.eu/eli/reg/2004/852/2009-04-20. Letzter Zugriff 21.04.2020.

Verordnung (EG) Nr. 853/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs (i.d.F. v. 27/07/2019).
http://data.europa.eu/eli/reg/2004/853/2017-11-21. Letzter Zugriff 21.04.2020.

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 (i.d.F. v. 14/12/2019).
http://data.europa.eu/eli/reg/2004/854/oj. Letzter Zugriff 21.04.2020.

Verordnung (EG) 2073/2005 der Europäischen Kommission vom 15. November 2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel (i.d.F. v. 08/03/2020).
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2073&from=DE.20. Letzter Zugriff 10.03.2021.

Verordnung (EU) Nr. 101/2013 der Europäischen Kommission vom 4. Februar 2013 über die Verwendung von Milchsäure zur Verringerung mikrobiologischer Oberflächenverunreinigungen von Rinderschlachtkörpern (i.d.F. v. 04/02/2013).
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0101.
Letzter Zugriff 09.03.2021.

Verordnung (EU) Nr. 1308/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über eine gemeinsame Marktorganisation für landwirtschaftliche Erzeugnisse und zur Aufhebung der Verordnungen (EWG) Nr. 922/72, (EWG) Nr. 234/79, (EG) Nr. 1037/2001 und (EG) Nr. 1234/2007 (i.d.F. v. 01/01/2019).
http://data.europa.eu/eli/reg/2013/1308/oj. Letzter Zugriff 21.04.2020.

Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018

über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates (i.d.F. v. 14/06/2018). http://data.europa.eu/eli/reg/2018/848/oj. Letzter Zugriff 21.04.2020.

Durchführungsverordnung (EU) 2019/627 der Europäischen Kommission vom 15. März 2019 zur Festlegung einheitlicher praktischer Modalitäten für die Durchführung der amtlichen Kontrollen in Bezug auf für den menschlichen Verzehr bestimmte Erzeugnisse tierischen Ursprungs gemäß der Verordnung (EU) 2017/625 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2074/2005 der Kommission in Bezug auf amtliche Kontrollen (i.d.F. v. 17/05/2019). http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2019/627/oj. Letzter Zugriff 21.04.2020.

Europäische Kommission (2016) Bekanntmachung zur Umsetzung von Managementsystemen für Lebensmittelsicherheit unter Berücksichtigung von PRPs und auf die HACCP-Grundsätze gestützten Verfahren einschließlich Vereinfachung und Flexibilisierung bei der Umsetzung in bestimmten Lebensmittelunternehmen 2016/C 278/0. https://www.bfr.bund.de/cm/343/standortbestimmung-und-perspektiven-verbesserungen-der-fleischhygiene-durch-dekontamination.pdf. Letzter Zugriff 10.02.2021.

Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs und zum Verfahren zur Überprüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis (AVV Lebensmittelhygiene – AVV LmH) vom 9. November 2009. Zuletzt geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 17.07.2019. http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_09112009_329225270006.html. Letzter Zugriff 21.04.2020.

Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch – LFGB) vom 1. September 2005 (i.d.F. v. 19/06/2020). https://www.gesetze-im-internet.de/lfgb/LFGB.pdf. Letzter Zugriff 10.03.2021.

Rinder-Salmonellose-Verordnung (RindSalmV) vom 14. November 1991 (i.d.F. v. 27/04/2014). https://www.gesetze-im-internet.de/rindsalmv/BJNR000070972.html. Letzter Zugriff 14.03.2021.

DIN EN ISO 4833-2:2013 – Mikrobiologie der Lebensmittelkette – Horizontales Verfahren für die Zählung von Mikroorganismen – Teil 2: Koloniezählung bei 30 °C mittels Oberflächenverfahren.

DIN EN ISO 21528-2:2004 – Mikrobiologie von Lebensmitteln und Futtermitteln – Horizontales Verfahren zum Nachweis und zur Zählung von Enterobacteriaceae – Teil 2: Koloniezähltechnik.

DIN EN ISO 17604:2015 – Mikrobiologie der Lebensmittelkette – Probenahme von Schlachttierkörpern zur mikrobiologischen Untersuchung.

DIN EN ISO/ IEC 17025:2017 – Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.

DIN EN ISO 6579-1:2017 + Amd. 1:2020 – Mikrobiologie der Lebensmittelkette – Horizontales Verfahren zum Nachweis, zur Zählung und zur Serotypisierung von Salmonellen – Teil 1: Nachweis von Salmonella spp.

10 Anhang

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Probenahmestellen gemäß Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 und modifizierten Probenahmestellen 35

10.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Systematik zur Erfassung der Sauberkeitsklasse von Schlachtrindern 30

10.3 Abkürzungsverzeichnis

§	Paragraph
%	Prozent
°C	Grad Celsius
<	kleiner als
≤	kleiner gleich
Abb.	Abbildung
AFSCA	Agence fédérale pour la sécurité de la chaine alimentaire
AMPC	Australian Meat Processor Corporation
Anh.	Anhang
AVV LmH	Allgemeine Verwaltungsvorschrift Lebensmittelhygiene
BayStMLF	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
bzw.	beziehungsweise
CLP	Clean Livestock Policy
cm^2	Quadratzentimeter
DIN	Deutsches Institut für Normung
DNA	deoxyribonucleic acid/Desoxyribonukleinsäure
E.coli	Escherichia coli
EBZ	Enterobacteriaceae Zahl
ECDC	European Center for Disease Control
ECV	Elektronische Datenverarbeitung
EFSA	European Food Safety Authority

EG	Europäische Gemeinschaft
ELISA	Enzyme Linked Immnoabsorbent Assay
EN	Europäische Norm
et al.	et alii
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agricultural Organization
FASNK	Förderale Agentur für Sicherheit der Nahrungsmittelkette
Fig.	Figure
FSA	Food Standard Agency
FSIS	Food Safety and Inspection Service
FSMS	Food Safety Management System
GKZ	Gesamtkeimzahl
GMP	Good Manufacturing Practice
GQ-Bayern	Geprüfte Qualität Bayern e.V.
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
HUS	hämolytisch-urämisches Syndrom
IEC	International Electrotechnical Commission
IEH	*E.coli* O157, Stc-producing *E.coli* (STEC) with Intimin and *Salmonella* Test System
Inc.	Incorporation
ISO	International Organization for Standardization
KFC	Kött & Chark Företagen (Swedish Meat Industry Association)
km	Kilometer

LFGB	Lebensmittel- und Futtermittel Gesetzbuch
log	Logarithmus
M	Grenzwert
m	Richtwert
M.	Musculus
mm	Millimeter
MMM	Ministry of Agriculture and Forestry Finland
No	Number
Nr.	Nummer
pp.	pages
p	statistische Wahrscheinlichkeit
PCR	Polymerase Chain Reaction
ppm	parts per milion
QM-Milch	Qualitätsmanagement Milch
QS	Qualität und Sicherheit
RinderSalmV	Rindersalmonellose-Verordnung
RKI	Robert Koch Institut
S. spp.	*Salmonella*
spp.	Subspezies
SSOP	Standard Sanitation Operating Procedure
STEC	Shiga-Toxin produzierende *Escherichia coli*
Stx	Shiga-Toxin
Tab.	Table, Tabelle

Teagasc	Agriculture and Food DevelopementAuthority
UECBV	Union Européenne du Commerce du Bétail et des Métiers de la Viande (European Livestock and Meat Trade Union)
u. a.	unter anderem
v. a.	vor allem
ViehverkV	Viehverkehrsverordnung
VO	Verordnung
WHO	World Health Organization

11 Danksagung

Mein Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. Lüppo Ellerbroek für die Unterstützung bei der Formulierung und Umgrenzung dieses praxisnahen Themas, für seine fachliche Betreuung sowie die Möglichkeiten zu Teilnahme an und Einblicken in Fachrunden und zu Vorträgen.

Für die finanzielle Förderung dieser Arbeit möchte ich mich bei der Vion Food Group bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Anne Hiller (Vion GmbH) für die Unterstützung und Hinweise bei der Anfertigung dieser Arbeit, aber auch für die gute und wertvolle Zusammenarbeit im Berufsalltag und ihre fachliche Begleitung in der Arbeitswelt. Danke vor allem für die Freiräume zur Verwirklichung meiner eigenen Ideen. Ich bin sehr dankbar, dass ich von Dir lernen darf.

Weiter möchte ich mich auch bei Herrn Jürgen Schmidt (Vion Beef B.V.) ganz herzlich bedanken für die erhebliche Erweiterung meiner Kenntnisse insbesondere im Qualitätsmanagement durch seine fordernde und fördernde Begleitung.

Der Vion Waldkraiburg GmbH danke ich für die Möglichkeit der praktischen Durchführung dieser Arbeit am Standort und die uneingeschränkte Unterstützung bei der praktischen Umsetzung und Implementierung derselben in die Betriebspraxis. Vielen Dank den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Vion Waldkaiburg GmbH.

Herrn Dr. Karl Rohn (Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung, Tierärztliche Hochschule Hannover) möchte ich für die freundliche und kompetente Beratung bei der statistischen Auswertung bedanken. Meine Statistik- und SAS-Kenntnisse sind dadurch sehr erweitert worden.

Von ganzem Herzen danke ich meiner Mutter, Frau Dr. Margit Weber, für jegliche Unterstützung und ihren Rat in allen Lebenslagen. Danke für den Rückhalt und alles, was mir ermöglicht wurde und wird.

Versicherung an Eides statt

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die Dissertation „Anwendung, Erprobung und Bewertung eines Kategorisierungssystems für saubere Rinder bei der Schlachtung unter besonderer Berücksichtigung der Prozesshygiene sowie stufenübergreifender Maßnahmen im pre und post harvest-Bereich“ selbstständig verfasst habe.

Ich habe keine entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder anderer Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar entgeltliche Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Ich habe die Dissertation an folgenden Institutionen angefertigt:
Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit

Die Dissertation wurde bisher nicht für eine Prüfung oder Promotion oder für einen ähnlichen Zweck zur Beurteilung eingereicht.

Ich erkläre, über die Bedeutung der Versicherung an Eides statt informiert worden zu sein. Mir wurde der Inhalt der folgenden Vorschriften des Strafgesetzbuches bekannt gegeben: § 156 StGb − Falsche Versicherung an Eides statt.