



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM

Fakultät Agrarwissenschaften
Institut für tropische Agrarwissenschaften
Fachgebiet für Tierhaltung und Tierzucht in den Tropen und
Subtropen (490h)

Masterthesis

Das Potenzial der teilmobilen Schlachtung von Rindern im
Herkunftsbetrieb:
Stressbelastung und Fleischqualität

The potential of semi-mobile cattle slaughtering: stress
during slaughter and meat quality

Eine On Farm Studie in Baden-Württemberg

Johannes Zeidler, Matrikelnr.: 813332

Studiengang: Organic Agriculture and Food Systems

May 2022

Erstgutachter: Prof. Dr. Mizeck Chagunda

Zweitgutachterin: Dr. Katja Schiller

„Die Größe und den moralischen Fortschritt einer Nation kann man daran messen, wie sie ihre Tiere behandelt.“ (Mahadma Gandhi)

Danksagung

Ich danke Prof. Dr. Mizeck Chagunda für die Zustimmung zur Thematik meiner Masterarbeit, die zugewandte Betreuung, sowie die stets hilfreichen und aufbauenden Worte.

Katja, ich danke Dir für die Betreuung meiner Masterarbeit und den gesunden Pragmatismus bei der Themenfindung.

Christoph, ohne Deine inspirierenden Gedanken zu Beginn wäre die Masterarbeit nicht in diese Richtung gegangen.

Andrea, Vielen Dank Dir für die Hilfe im Labor und die Organisation im Hintergrund.

Ich danke Jan Ecke für die statistische Beratung.

Sandra Kopf, vielen Dank für Deine Vernetzung in der mobilen Schlachtszene. Ohne unsere Telefonate zu Beginn hätte ich wohl lange gebraucht, um Partner für meine Studie zu finden.

Ich bedanke mich sehr herzlich bei Herrn Koneberg, Herrn Rombach und Herrn Redmann der Firma Emil Färber GmbH und Co.KG. Durch sie wurde es möglich auch im Schlachthof Proben zu nehmen.

Ich bedanke mich bei Flavio von Bio Rind und Fleisch GmbH. Danke Dir für deine Hilfe beim Finden von weiteren Betrieben, die bei meiner Studie mitmachten, sowie für Deinen Einsatz rund um die Organisation der Probennahme.

Ein herzliches Dankeschön gilt dem Uria Team und Eurem Einsatz bei der Blutprobennahme.

Herr Weisslämle, ich danke Ihnen, dass Sie so schnell und umfangreich bei der Generierung von Fleischproben agiert haben. Ohne Ihre Hilfe wäre wohl kaum eine Stichprobengröße zusammengekommen, die man statistisch auswerten kann.

Außerdem danke ich allen Landwirten, die an der Studie mitgewirkt haben und die ich am Telefon hatte. Es waren viele interessante Telefonate dabei.

Besonderer Dank gilt natürlich Dir, Max. Du warst von Anfang an dabei und motiviert etwas herauszufinden. Deine Offenheit und Begeisterung haben mir viele neue Denkanstöße in dieser Richtung ermöglicht. Es war immer interessant mit dir.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
Zusammenfassung	2
1 Einleitung	4
1.1 Forschungsziel und Forschungsfragen	4
1.2 Fleischreifung	4
1.2.1 Physiologie der Skelettmuskulatur	4
1.2.2 Der Schlachtprozess	7
1.2.3 Rigor mortis.....	11
1.2.4 Fleischreifung	13
1.3 Allgemeine Fleischqualität	14
1.4 Qualitätsabweichungen.....	17
1.5 Stress bei der Schlachtung	18
1.5.1 Stressoren bei der Schlachtung	18
1.5.2 Stress-physiologisch und in einem tiermedizinischen Kontext.....	19
1.6 Stressparameter.....	23
1.6.1 Stressparamater von der Verhaltensseite.....	23
1.6.2 Stressparameter-physiologisch.....	25
1.6.3 Creatin-Kinase.....	26
1.6.4 Freie Fettsäuren	26
1.6.5 Katecholamine.....	26
1.7 Qualitätsparameter.....	27
1.7.1 Qualitätsparameter-objektiv	28
1.7.2 End-pH-Wert.....	28
1.7.3 Farbe.....	29
1.7.4 Saftigkeit	29

1.7.5	Scherkraft - Zartheit	30
1.7.6	Qualitätsparameter-humansensorisch.....	30
1.7.7	Marmorierung.....	31
1.8	Struktur der Schlachtung in Baden-Württemberg	31
1.9	Die ökologische Fleischwirtschaft in Baden-Württemberg.....	33
1.10	Rechtslage in Deutschland	34
1.11	Staatliche Förderung der Schlachtung im Herkunftsbetrieb	37
2	Material und Methoden	39
	Akquirierung von Partnerbetrieben	39
2.1	Beschreibung landwirtschaftliche Betriebe	41
2.2	Beschreibung Schlachthöfe und Metzgereien	43
2.3	Beschreibung mobile Einheit MSE-200A	44
2.4	Probennahme	45
2.5	Probenvorbereitung	46
2.5.1	Blutproben für die Cortisolanalysen	46
2.5.2	Fleischproben für die Qualitäts-Analyse.....	47
2.6	Analyse der Stressparameter-Verhalten	50
2.7	Analyse der Stressparameter-Blut	51
2.8	Analyse der Qualitätsparameter.....	51
2.8.1	PH-Wert, Leitfähigkeit, Marmorierung und Farbmessung	51
2.8.2	Kochsaftverlust und Grillsaftverlust	53
2.8.3	Scherkraft	55
2.9	Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	57
2.10	Statistische Auswertung.....	58
2.10.1	Datenbeschreibung	58
2.10.2	Bereinigung der Rohdaten.....	59
2.10.3	Statistische Modelle und Korrelationen	59
3	Ergebnisse	64

3.1	Teilkostenrechnung der Verfahren	64
3.2	Verhaltensanalyse und Cortisol	68
3.3	Fleischqualitätsparameter	72
3.3.1	PH-Wert, Leitfähigkeit und Marmorierung	72
3.3.2	Farbmessung.....	74
3.3.3	Tausaft-, Kochsaft- und Grillsaftverlust.....	76
3.3.4	Scherkraft	78
3.4	Korrelationen	80
3.5	Explorativ	80
4	Diskussion	81
4.1	Wirtschaftlichkeit	81
4.2	Stressbelastung bei der Schlachtung.....	84
4.3	Auswirkungen des Schlachtverfahrens auf die Fleischqualität	89
4.3.1	PH-Wert, Leitfähigkeit und Marmorierung	89
4.3.2	Farbmessung.....	92
4.3.3	Tausaft-, Kochsaft- und Grillsaftverlust.....	94
4.3.4	Scherkraft	95
4.4	Korrelationen	99
4.5	Probennahme und Datengrundlage.....	100
5	Ausblick	102
6	Literaturverzeichnis.....	103
7	Anhang	118
7.1	Verhaltensbögen	118
7.2	Tabellen Statistik	125

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fleischrinder in Baden-Württemberg je nach Rasse. Anzahl Betriebe und Anzahl Mutterkühe 2020 (Rinderunion Baden-Württemberg e.V., 2020; Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2020)	40
Tabelle 2: Charakterisierung der Fleischproben. Schlachtung: Herk.betr. - Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachtung mit Kugelschuss; Rasse: CLS - Charolais (mindestens ein Elternteil Charolais), Uria - sonstige Rassen, Herde bei Uria e.V., FF - Kreuzung Fleischrind X Fleischrind, FV - Fleckvieh, Li – Limousin, FM – Kreuzung Fleischrind X Milchrind; ProduktionsV – Produktionsverfahren: Konv. – konventionell.	58
Tabelle 3: Übersicht zu den eingesetzten statistischen Modellen. Dargestellt sind die abhängigen Variablen Cortisol, pH-Wert, Leitfähigkeit (LF), L L*a*b* System (L), a L*a*b* System (A), b L*a*b* System (B), Marmorierung (Marmo), Scherkraft gekocht, Scherkraft gegrillt, Tausaftverlust (TSV), Kochsaftverlust (KSV) und Grillsaftverlust (GSV).	61
Tabelle 4: Teilkostenrechnung des Verfahrens A, der Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung.....	65
Tabelle 5: Anfütterungsdauer (min), bis die Tiere in der Fangeinrichtung fixiert werden konnten auf Betrieb A.	66
Tabelle 6: Teilkostenrechnung Verfahren B, der Schlachtung im Schlachthof mit Lebendtiertransport.	67
Tabelle 7: Korrelation nach Spearman zwischen Cortisol und den Abwehrbewegungen in der Fangeinrichtung.....	68
Tabelle 8: Cortisolkonzentration im Stichblut [ng/ml]. Unterschieden wurde zwischen drei Schlachtverfahren: SH – Schlachthof, HKB – Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung, KS – Kugelschuss.	69
Tabelle 9: Cortisolkonzentration im Stichblut [ng/ml]. Dargestellt sind jeweils der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz (>0,05) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS), sowie der Geschlechter.	70
Tabelle 10: Korrelation zwischen dem Verhaltensparameter Abwehrreaktion in der Fangeinrichtung und den Qualitätsparametern pH-Wert, Leitfähigkeit (LF) L L*a*b* System (L), a L*a*b* System (A), b L*a*b* System (B), Scherkraft	

gekocht, Scherkraft gegrillt, Kochsaftverlust und Grillsaftverlust. Die Faktorstufen der Abwehrreaktionen „nein“, „gering“ und „stark“ wurden aufsteigend mit 1, 2 und 3 codiert, um den Korrelationskoeffizienten nach Spearman mit ordinalskalierten Daten rechnen zu können. 71

Tabelle 11: pH-Wert im Gesamtdatensatz und im Teildatensatz bei einheitlicher Reifedauer von 14 Tagen.. Dargestellt sind jeweils das Minimum (Min), das Maximum (Max), der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz ($>0,05$) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS). Zusätzlich sind alle Prädiktoren mit signifikantem Einfluss auf die Zielvariable abgebildet. 73

Tabelle 12: Leitfähigkeit [mS/cm]. Dargestellt sind jeweils der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz ($>0,05$) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS)..... 74

Tabelle 13: Marmorierung. Dargestellt ist der Median der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS). 74

Tabelle 14: Einflussfaktoren auf die Helligkeit $L^*a^*b^*$ -System (L). Dargestellt sind jeweils der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz ($>0,05$) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS). 75

Tabelle 15: Signifikante Einflussfaktoren auf die Farbe ($a^*L^*a^*b^*$ System (A), $b^*L^*a^*b^*$ System (B)). Dargestellt sind jeweils der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz ($>0,05$) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS), und die Rassen Charolais (CLS), FleischrindXFleischrind (FF), FleischrindXMilchrind (FM), Fleckvieh (FV) und Limousin (Li) und Uria. Dargestellt sind zudem alle Prädiktoren mit signifikantem Einfluss auf die Farbe. 76

Tabelle 16: Signifikante Einflussfaktoren auf den Tausaftverlust [%]. Dargestellt sind jeweils der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz ($>0,05$) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS). 77

- Tabelle 17:** Signifikante Einflussfaktoren auf den Saftverlust (dargestellt sind der Kochsaft- und der Grillsaftverlust in %) mit den Mittelwerten (Mean) und der Standardabweichung (SD) der einzelnen Faktorstufen für das Schlachtverfahren: Kugelschuss (KS), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachthof (SH) und für die Rasse: Charolais (CLS), FleischrindXFleischrind (FF), FleischrindXMilchrind (FM), Fleckvieh (FV) und Limousin (Li) und Uria. Dargestellt sind zudem alle Prädiktoren mit signifikantem Einfluss auf den Saftverlust..... 77
- Tabelle 18:** Signifikante Einflussfaktoren auf den Grillsaftverlust in % der Rasse Charolais mit den Mittelwerten (Mean) und der Standardabweichung (SD) der einzelnen Faktorstufen für das Schlachtverfahren: Kugelschuss (KS), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachthof (SH). Dargestellt sind zudem alle Prädiktoren mit signifikantem Einfluss auf den Grillsaftverlust..... 78
- Tabelle 19:** Signifikante Einflussfaktoren auf die Scherkraft gekocht und gegrillt mit den Mittelwerten (Mean) und der Standardabweichung (SD) der einzelnen Faktorstufen für das Schlachtverfahren: Kugelschuss (KS), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachthof (SH). Dargestellt sind zudem alle Prädiktoren mit signifikantem Einfluss auf die Scherkraft. 79
- Tabelle 20:** Korrelation zwischen den abhängigen Variablen pH-Wert, Leitfähigkeit (LF), L L*a*b* System (L), a L*a*b* System (A), b L*a*b* System (B), Scherkraft gekocht, Scherkraft gegrillt und den unabhängigen Variablen Alter und Schlachtgewicht..... 80
- Tabelle 21:** Einordnung der Cortisolwerte aus dem Stichblut in die Literatur. Die Schlachtmethoden wurden dabei wie folgt abgekürzt: HKB - Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung, KS - Kugelschuss, SH - Schlachthof. Werte aus anderen Studien wurden z.T. in ng/ml umgerechnet. Dabei wurden nmol/L durch 2,76 geteilt um ng/ml zu erhalten (Böhm, 2021)..... 85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomische Struktur eines Skelettmuskels. (Carnes & Pins, 2020. S.3).....	5
Abbildung 2: Sarkomer, entspannt und kontrahiert. (Verändert nach: (Campbell et al., 2016)6	
Abbildung 3: Ansatz des Bolzenschussgeräts bei Rindern (Heusel, 2017).	8
Abbildung 4: Position eines zusammengebrochenen Rindes mit gebeugten Beinen nach erfolgreicher Betäubung (Gregory, 1998c).	9
Abbildung 5: Der Schlachtwert unterteilt in die Schlachtkörperqualität und die Fleischqualität (Verändert nach Augustini & Temisan, 1986).	16
Abbildung 6: Die drei Phasen von Stress (Verändert nach Moberg, 2001).....	20
Abbildung 7: MSE-200A, entwickelt von IG Schlachtung mit Achtung (J. Zeidler).....	44
Abbildung 8: Abgekoppeltes Fanggitter von vorne (J. Zeidler).	45
Abbildung 9: Abgekoppeltes Fanggitter (J. Zeidler).	45
Abbildung 10: Bereich zwischen 9. und 11. Rippe (J. Zeidler).....	48
Abbildung 11: Reifung der Proben im eigenen Kühlschrank unter ständiger Temperaturkontrolle (J. Zeidler).	50
Abbildung 12: Farbmessung mit dem Chroma Meter CR-400 der Firma Konica Minolta (j. Zeidler).	52
Abbildung 13: Kochen der Proben in Plastikbeuteln bis zu einer Kerntemperatur von 85°C (J. Zeidler).	53
Abbildung 14: Bevor die Proben gekocht gewogen werden, werden sie mit einem Papiertuch abgetupft (J. Zeidler)	54
Abbildung 15: Grillen der Fleischproben in einem Plattenkontaktgrill bis zu einer Kerntemperatur von 85°C (J. Zeidler).....	55
Abbildung 16: Gestanzte Stücke aus den gekochten Proben, bereit für die Scherkraftmessungen (J. Zeidler).	56
Abbildung 17: Scherkraftmessung anhand des Gerätes Instron 5565 und V-förmiger Warner- Bratzler-Fleischschere (J. Zeidler).	57
Abbildung 18: Boxplot der Datenverteilung aller abhängigen Variablen. Darunter Cortisol (Kort), pH-Wert, Leitfähigkeit (LF), L L*a*b* System (L), a L*a*b* System (A), b L*a*b* System (B), Marmorierung (Marmo), Scherkraft gekocht (Kraft_Koch), Scherkraft gegrillt (Kraft_Grill), Tausaftverlust (TSV), Kochsaftverlust (KSV) und Grillsaftverlust (GSV).	59

- Abbildung 19:** Boxplot der Cortisolkonzentration [ng/ml] im Stichblut. Aufgelistet nach den Schlachtverfahren Kugelschuss, Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachtung im Schlachthof (SH)..... 70
- Abbildung 20:** Korrelationen zwischen Scherkraft gekocht und gegrillt und den Saftverlusten gekocht und gegrillt. Nicht signifikante ($p \geq 0,05$) Korrelationen werden mit einem X gekennzeichnet. Blautöne zeigen positive und Rottöne negative Korrelation. . 79
- Abbildung 21:** Abgetrennter Bereich, bei dem die Fangeinrichtung der mobilen Einheit an der rechten Seite dauerhaft montiert ist. Schlachtung am 29.01.2022 (J. Zeidler). 83
- Abbildung 22:** Vergleich End-pH-Wert und Cortisolkonzentration (ng/ml), gemessen nach Auftauen der Proben. Gelistet nach den Schlachtverfahren Kugelschuss (KS), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachtung im Schlachthof (SH). 90
- Abbildung 23:** Vergleich der Scherkraft gekocht und dem Emd-pH-Wert zwischen den Schlachtverfahren Kugelschuss (KS), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachtung im Schlachthof (SH)..... 97

Abkürzungen

A	Rotton, a* L*a*b* System
Acetyl-CoA	Acetyl Coenzym A
Acetyl-CoA	Acetyl-Coenzym-A
ACTH	Adrenocorticotropisches Hormon
ADP	Adenosin-diphosphat
AFFL	Arbeitsgemeinschaft für Fleisch- und Geflügelfleischhygiene und fachspezifische Fragen von Lebensmitteln tierischer Herkunft
ATP	Adenosin-triphosphat
B	Gelbton b* L*a*b* System
CLS	Charolais
CRH	Corticotropin Releasing Hormon
DFD	Dark Firm Dry
FF	Kreuzung FleischrindXFleischrind
FM	Kreuzung FleischringXMilchrind
FV	Fleckvieh
GLMM	generalized linear mixed model
HKB	Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung
KS	Kugelschuss
L	Helligkeit, L* L*a*b* System
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
Li	Limousin
LMHV	Lebensmittelhygiene Verordnung

LMM	linear mixed model
MLA	Meat & Livestock Australia
P	Phosphat
SH	Schlachthof
Tier-LMHV	Tierische Lebensmittel Hygieneverordnung
TierSchlV	TierschutzSchlacht Verordnung
VO	Verordnung
WBSF Test	Warner-Bratzler-Shear-Force Test

Abstract

The industrialization of animal husbandry and the focus on large production volumes have led to the killing of farm animals taking place almost exclusively in what are now a few large slaughterhouses. Of the approximately 3.4 Mio cattle slaughtered in Germany in 2019, nearly 78% are slaughtered in Germany's 10 largest slaughterhouses. Local butchers and small slaughterhouses often cannot comply with the strict legal hygiene regulations. The animals must therefore be transported alive, where loading, the journey, the foreign environment, the separation from the herd and the meeting with unfamiliar animals and humans, are known to cause stress and as well have negative impacts on meat quality. Since the revision of the EU regulation 853/2004 in 2021, slaughter at the farm of origin is now considered an official slaughter method. Although research focussing on slaughtering cattle on the farm of origin using captive bolt stunning is missing, meat of cattle slaughtered via gunshot on pasture tends to be more tender and stress levels can be reduced in comparison to cattle slaughtered in the slaughterhouse. This leads to the assumption that also slaughtering cattle on the farm of origin, using captive bolt stunning, should result in higher meat quality and reduce stress prior to slaughter. For this purpose, this study examined 27 cattle from seven different farms slaughtered either on farm of origin using captive bolt stunning, via gunshot or in commercial slaughterhouses. Meat quality parameters and stress indicators were assessed to evaluate these three slaughter methods from a meat quality and an animal welfare perspective. Based on the cortisol levels in the blood of exsanguination, no significant differences in the stress levels of the different slaughter methods could be determined. Nevertheless, tendencies towards less stressed animals with slaughtered via gunshot and slaughtered on the farm of origin using captive bolt stunning compared to the slaughterhouse could be revealed. As large variances of cortisol concentrations were measured within cattle slaughtered on farm of origin, stress level seems to depend on the individual slaughtering and preparing procedure. Further research is needed to improve and give recommendations for practical implementation of this method taking different farm structures into account. Quality parameters were not unambiguous. A significant effect of the slaughter method could only be found on ultimate pH-value and redness ($a^* L^* a^* b^*$ System). Contrary to our expectations, ultimate pH-value was significantly lower in meat of cattle slaughtered on farm of origin using captive bolt stunning than in meat of cattle slaughtered via gunshot. Moreover, cattle slaughtered on farm of origin using captive bolt, had significantly redder meat than cattle slaughtered via gunshot. This contradicts the assumption that more stress leads to less red meat. However, it is consistent with the lower pH values of

meat from cattle slaughtered with bolt stunning at the farm of origin, because low pH values lead to redder meat. Exploratory results comparing only meat from commercial slaughterhouses with meat from cattle slaughtered on farm using captive bolt stunning show clearer trends. Lower ultimate pH-values, as well as trends towards more tender and juicy meat could be found in cattle slaughtered on farm. To ensure these results and to evaluate meat quality according to different slaughter methods in upcoming research, either environmental effects should be reduced, or the dataset must be larger.

Zusammenfassung

Die Industrialisierung der Tierhaltung und die Konzentration auf große Produktionsmengen haben dazu geführt, dass die Tötung von Nutztieren fast ausschließlich in wenigen großen Schlachthöfen stattfindet. Von den rund 3,4 Mio. Rindern, die 2019 in Deutschland geschlachtet werden, werden fast 78 % in den 10 größten Schlachthöfen Deutschlands geschlachtet. Lokale Metzgereien und kleine Schlachthöfe können die strengen gesetzlichen Hygienevorschriften oft nicht einhalten. Die Tiere müssen daher lebend transportiert werden, wobei das Verladen, der Transport, die ungewohnte Umgebung, die Trennung von der Herde und das Zusammentreffen mit unbekanntem Tieren und Menschen bekanntermaßen Stress verursachen. Transporte und Stress vor der Schlachtung sind nicht nur eine Frage des Tierschutzes, sondern haben auch negative Auswirkungen auf die Fleischqualität. Durch die Anpassung der EU-Verordnung 853/2004 im Jahr 2021 wurde die Schlachtung im Herkunftsbetrieb als offizielle Schlachtmethode zugelassen. Obwohl es keine Untersuchungen zur Schlachtung von Rindern im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung gibt, ist das Fleisch von Rindern, die mittels Kugelschuss auf der Weide geschlachtet werden, tendenziell zarter, und das Stresslevel kann im Vergleich zu Rindern, die im Schlachthof geschlachtet werden, reduziert werden. Dies führt zu der Annahme, dass auch die Schlachtung von Rindern im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung zu einer höheren Fleischqualität führen und den Stress vor der Schlachtung verringern könnte. Zu diesem Zweck wurden in meiner Studie 27 Rinder aus sieben verschiedenen Betrieben untersucht, die entweder im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung, mittels Kugelschuss auf der Weide, oder in einem Schlachthof geschlachtet wurden. Zur Bewertung dieser drei Schlachtmethoden aus Sicht der Fleischqualität und des Tierschutzes wurden Fleischqualitätsparameter und Stressindikatoren ermittelt. Anhand der Cortisolgehalte im Stichblut konnten keine signifikanten Unterschiede in der Stressbelastung der verschiedenen Schlachtmethoden ermittelt werden. Tendenzen, zu weniger

gestressten Tieren bei der Schlachtmethode Kugelschuss und der Schlachtmethode Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung im Vergleich zum Schlachthof konnten dennoch sichtbar gemacht werden. Große Unterschiede in den Cortisolkonzentrationen bei Rindern, die im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung geschlachtet wurden, weisen darauf hin, dass das Stresslevel innerhalb des Verfahrens variiert und von der individuellen Durchführung abhängt. Weitere Forschung wird benötigt, um dieses Verfahren zu verbessern und Empfehlungen für die praktische Anwendung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Betriebsstrukturen zu geben. Die Ergebnisse der Qualitätsparameter waren nicht eindeutig. Ein signifikanter Einfluss des Schlachtverfahrens konnte nur auf den End-pH-Wert und den Rotton (a L*a*b* System) festgestellt werden. Entgegen unseren Erwartungen war der End-pH-Wert im Fleisch von Rindern, die im Herkunftsbetrieb durch Bolzenschussbetäubung geschlachtet wurden, signifikant niedriger als im Fleisch von Rindern, die mittels Kugelschuss geschlachtet wurden. Darüber hinaus war das Fleisch von Rindern, die im Herkunftsbetrieb geschlachtet wurden, signifikant röter als das von Rindern, die mittels Kugelschuss geschlachtet wurden. Dies widerspricht der Annahme, dass mehr Stress zu weniger rotem Fleisch führt. Andererseits entspricht es den signifikant niedrigeren pH-Werten des Fleisches von Rindern, die im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung geschlachtet wurden, denn niedrige pH-Werte führen zu röterem Fleisch. Exploratorische Ergebnisse, in denen nur zwei Schlachtmethoden miteinander verglichen wurden, konnten klarere Trends zeigen. Im Vergleich zu Fleisch von Tieren aus dem Schlachthof, konnten tiefere End-pH-Werte und tendenziell zarteres und saftigeres Fleisch bei Rindern, welche im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung geschlachtet wurden, gefunden werden. Um diese Ergebnisse zu bestätigen und die Fleischqualität in Folgestudien eindeutiger je nach Schlachtverfahren zu bewerten, müssen entweder die Umwelteinflüsse reduziert werden oder die Datenmenge muss größer sein.

1 Einleitung

1.1 Forschungsziel und Forschungsfragen

Dazu sollen folgende Hypothesen überprüft werden:

1. Der Stress für die geschlachteten Tiere fällt bei einer Schlachtung im Herkunftsbetrieb geringer aus als bei einer Schlachtung im Schlachthof. Dies soll mittels Stressindikatoren im Blut, wie Cortisol und anhand bestimmter Verhaltensindikatoren ermittelt werden.
2. Die Fleischqualitätsparameter pH-Wert, Scherkraft, Kochsaftverlust und Farbe werden durch eine Schlachtung im Herkunftsbetrieb beeinflusst.
3. Die Stressindikatoren, die am Verhalten gemessen werden, korrelieren mit den physiologischen Stressparametern.
 - a. Physiologische Stressindikatoren und Verhaltensindikatoren für Stress beeinflussen die Fleischqualitätsparameter bzw. die Fleischreifung.

Für die wirtschaftliche Betrachtung des Verfahrens sollen folgende Fragen geklärt werden:

1. Wie gestaltet sich der personelle und zeitliche Mehraufwand, der mit der Schlachtung im Herkunftsbetrieb einhergeht?
2. Welche Zusatzkosten fallen für den/die Landwirt*in an?
3. Kann der monetäre Mehraufwand ausgeglichen werden?

1.2 Fleischreifung

1.2.1 Physiologie der Skelettmuskulatur

Wenn wir über Fleisch im Zusammenhang mit Nahrung sprechen, meinen wir meistens die Skelettmuskeln. Um die Prozesse der Fleischreifung und der Auswirkungen von Stress auf die Fleischreifung zu verstehen, ist es sinnvoll sich zu Beginn einmal die Physiologie des Muskels anzusehen. Quergestreifte Muskeln setzen Energie in Bewegungen um (Weiler, 2016). Bewegungen entstehen, wenn sich der Muskel zusammenzieht und diese Energie über die Sehnen zu einem bestimmten Punkt am Skelett leitet. Zusammen mit dem Bindegewebe und dem eingelagerten Fett bilden diese Muskeln das Muskelfleisch. Der Muskelbauch ist von einem Bindegewebe, dem Epimysium, umgeben. Das Epimysium trennt verschiedene Muskeln voneinander ab und bildet an seinem Ende die Sehne, das Verbindungsstück zwischen Muskel und Knochen. Innerhalb eines Muskelbauches sind verschiedene Muskelbündel durch das Perimysium voneinander abgegrenzt. Als Bindegewebe trennt es die Muskelbündel in

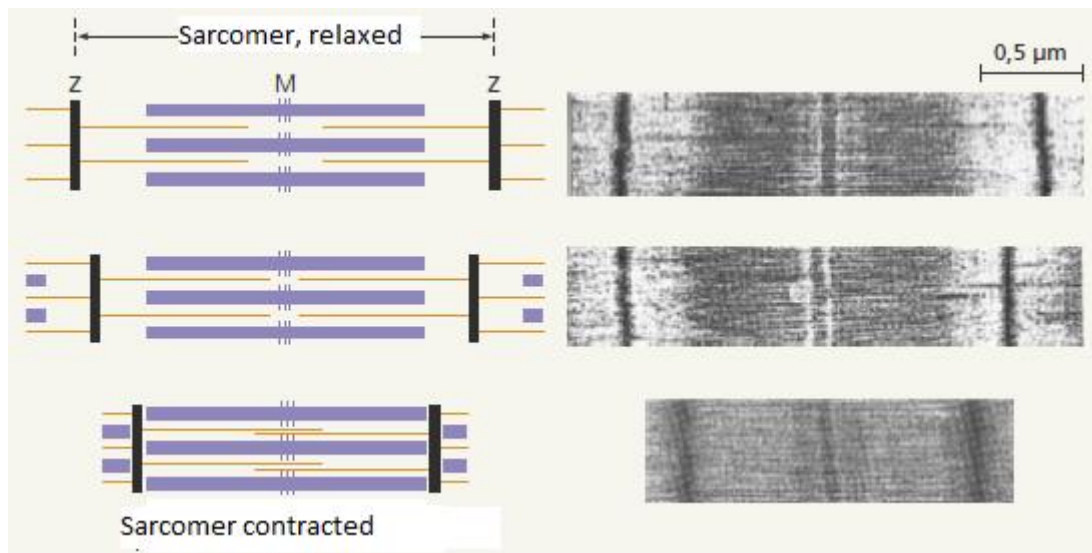


Abbildung 2: Sarkomer, entspannt und kontrahiert. (Verändert nach: (Campbell et al., 2016))

Jedes Myosinfilament bildet Querfortsätze mit Myosinköpfchen, die sich aktiv an die Aktinfilamente binden, wenn es zur Kontraktion kommt. Die Myosinköpfchen bilden eine Querbrücke mit dem Aktinfilament und kippen in Richtung der Sarkomermitte (Rüegg, 1980). Die rund 300 Myosinköpfchen auf einem Myosinfilament können sich fünfmal pro Sekunde binden und lösen und ziehen dementsprechend die Aktinfilamente in die Mitte des Sarkomers (Campbell et al., 2016). Mit diesem Konzept kann sich ein Muskel auf die Hälfte seiner Länge zusammenziehen (W. A. Müller et al., 2015). Wenn sich der Muskel entspannt, lösen sich die Myosinköpfchen vom Aktin, wodurch die Filamente locker und leicht beweglich werden. Schon ein geringes Gewicht reicht aus, um den Muskel zu strecken.

Als direkte Energiequelle nutzt der Muskel ATP. Der aerobe und anaerobe Abbau von Kohlenhydraten und Kreatinphosphat liefert dem System neues ATP und ist damit eine indirekte Energiequelle für die Muskelkontraktion (Rüegg, 1980). Beim Kontraktionsvorgang wird ATP an die Myosinköpfchen gebunden, das sich dann vom Aktinstrang löst. Die Myosin Querbrücke befindet sich in ihrer energiearmen und gleichzeitig entspannten Position. Durch Abspaltung von Phosphat (P) und Bildung von Adenosin-Diphosphat (ADP) wechselt die Myosin Querbrücke in ihren energiereichen Zustand, wodurch die gespannte Position aufgebaut wird und das Myosinköpfchen an das Aktinfilament andockt. In der Folge löst sich auch ADP von dem Myosinköpfchen, was dazu führt, dass dieses kippt und das Aktinfilament bewegt. Myosin ist nun wieder im energiearmen Zustand angekommen. Durch die Bindung eines neuen ATP Moleküls trennt sich das Myosinköpfchen vom Aktin und der Zyklus kann von Neuem beginnen (Campbell et al., 2016; W. A. Müller et al., 2015). Um diesen Zyklus am Laufen zu halten, wird das Enzym ATPase benötigt. Die ATPase spaltet ATP hydrolytisch in ADP und P.

Dieser Prozess setzt Energie frei, die in diesem Zyklus benötigt wird, um die Myosinköpfchen zu kippen und die Aktinfilamente gegen die Mitte zu bewegen (Campbell et al., 2016).

Ca^{2+} spielt eine Schlüsselrolle bei der Muskelkontraktion. Es aktiviert zum einen die ATPase und ermöglicht zum anderen die Bindung der Myosinköpfchen an das Aktinfilament. Die Konzentration, die genügend Ca^{2+} enthält, um die ATPase in ausreichendem Maße zu aktivieren, liegt bei 10^{-6} mol Ca^{2+} (W. A. Müller et al., 2015; Rüegg, 1980). Unter diesen Bedingungen können regelmäßig Querbrücken zwischen Myosin und Aktin aufgebaut werden, während die ATPase ständig Energie bereitstellt. Ohne Ca^{2+} kann Aktin keine Querbrücken mit Myosin bilden. Topomyosin, ein Faden innerhalb des Aktinfilaments, blockiert dann die Aktin Bindungsstelle und die Bildung von Querbrücken wird verhindert. Wenn Ca^{2+} vorhanden ist, gleitet Topomyosin tiefer in die Aktinfilamentstruktur, wodurch die Bindungsstellen wieder frei werden und die Bildung von Querbrücken zwischen Myosin und Aktin ermöglicht wird. Eine zirkuläre Sarkomerkontraktion ist also nur möglich, wenn genügend Energie vorhanden ist, die ATPase arbeitet und Ca^{2+} vorhanden ist (W. A. Müller et al., 2015; Rüegg, 1980). In Experimenten, in denen ein Muskel separiert und von allen Substraten und Enzymen, die nicht direkt zur kontraktile Einheit gehören, reingewaschen wurde, kann man die Funktionen und das Zusammenspiel von ATP und Ca^{2+} gut veranschaulichen. Unter geringer Gewichtseinwirkung und reiner Zugabe von ATP Lösung verlängert sich ein Muskel wieder, auch wenn er die Konstitution der Totenstarre, also des Rigors, bereits erreicht hat. Gibt man allerdings ATP und Ca^{2+} gemeinsam hinzu, dann kann man die oben beschriebene Kontraktion beobachten (Bendall, 1973).

Generell kann zwischen roten und weißen Muskelfasern unterschieden werden. Rote Muskelfasern arbeiten vor allem oxidativ, haben deshalb höhere Myoglobingehalte und geringere Glycogengehalte, als die weißen Fasern. Muskeln, die für schnelle bewegungen zuständig sind, haben im Vergleich zu z.B. Muskeln zur Stabilisierung mehr weiße glycolytische Fasern (Lefaucheur & Gerrard, 2000). Gefördert werden rote Fasern unter anderem durch restriktive Fütterung und vermehrte physische Aktivität (Lefaucheur & Gerrard, 2000; Ozutsumi & Okada, 1981)

1.2.2 Der Schlachtprozess

Seit der Patentierung von van Eelen's in vitro Fleischerzeugung mit Stammzellen und dem ersten in vitro Fleisch Burger 2013 Bhat, Kumar & Fayaz, 2015) stellt sich die Frage wie lange

Schlachten noch Teil jeder Fleischproduktion ist. Aktuell aber ist die Schlachtung Teil der Fleischproduktion und ist deshalb rechtlich stark kontrolliert. Nach der TierschutzSchlachtVO müssen geschlachtete Rinder vor der Tötung betäubt werden. Nach der Betäubung wird das Tier durch die Öffnung der großen Blutgefäße und den anschließenden Blutverlust getötet (TierSchlV, § 12 Absatz 3, 2013, BGBI).

Das Rind wird mit der Bolzenschussbetäubung betäubt. Ein Bolzen wird in das Gehirn des Rindes geschossen und bewirkt dort eine Gehirnerschütterung und Verletzungen, welche bei korrekter Ausführung zu direktem Eintreten von Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit führen. Da die Dauer dieses Zustandes von der Stärke der Verletzungen abhängt, muss das Rind innerhalb von 60 Sekunden entblutet werden. Die Betäubungswirkung hängt von der Form des Bolzens, der Eintrittsenergie und dem korrekten Ansetzpunkt des Bolzens auf den Schädel ab (Abbildung 3). Um einen korrekten Bolzenansatz gewährleisten zu können müssen die Bewegungen des Tieres entsprechend eingeschränkt werden (Holleben, Lücking & Wenzlawowicz, 2021).

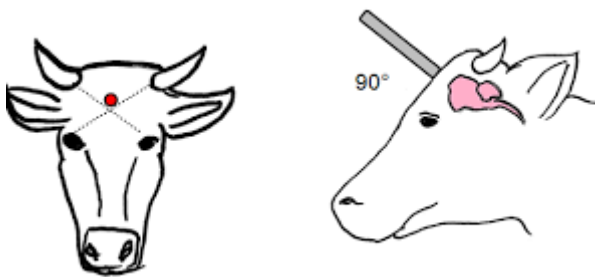


Abbildung 3: Ansatz des Bolzenschussgeräts bei Rindern (Heusel, 2017).

Die Betäubung ist ein kritischer Punkt bezüglich des Tierschutzes bei der Schlachtung. In einer Studie mit 50 Schlachthöfen für Rinder in Deutschland, Österreich und der Schweiz, konnten bei 8% der geschlachteten Rinder ein falsch angesetzter Bolzenschuss beobachtet werden. Bei 9,2% der geschlachteten Tiere war die Betäubung ungenügend, was das Tierwohl stark beeinträchtigt (Wenzlawowicz, Holleben & Eser, 2012).

Die European Food Safety Authority hat sich auf folgende Anzeichen einer erfolgreichen Betäubung geeinigt:

Ein unmittelbares Zusammenbrechen des Tieres mit einem Krampfen der Rückenmuskeln und der Muskeln der Beine, sodass das Tier mit gebeugten Beinen zusammenbricht (Abbildung 4). Nach fünf Sekunden strecken sich die Vordergliedmaßen und anschließend können Bewegungen der Gliedmaßen auftreten, was aber nicht als Anzeichen einer unzureichenden

Betäubung angesehen werden kann (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2013; Gregory, 1998c; Holleben et al., 2021). Durch das Zerstören der Hirnrinde kann ein aufrechtes Stehen nicht mehr gewährleistet werden (Holleben et al., 2021).

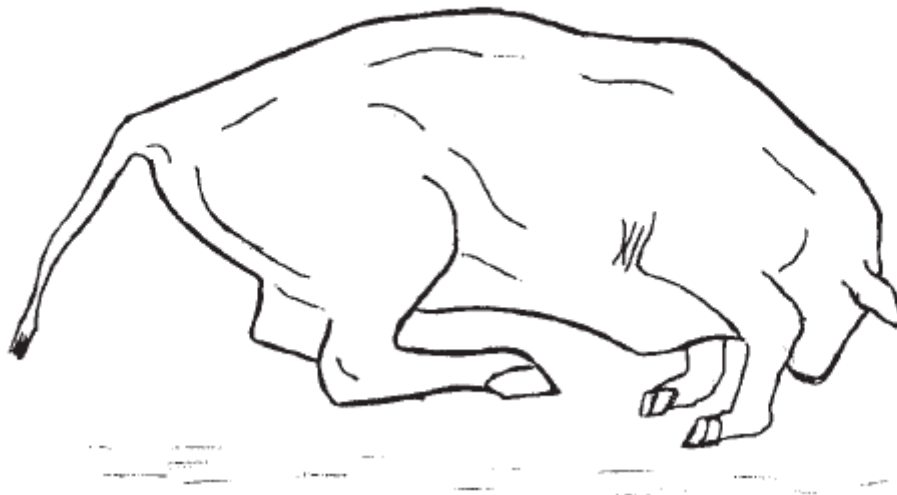


Abbildung 4: Position eines zusammengebrochenen Rindes mit gebeugten Beinen nach erfolgreicher Betäubung (Gregory, 1998c).

Nach einer kurzen Krampfphase verlieren die Muskeln ihre Spannung (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2013). Gewinnt das Tier das Bewusstsein zurück, können Aufrichtebewegungen beobachtet werden. Solche Tiere müssen erneut betäubt werden (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2013). Das Aufrichten kann vor allem am Kopf beobachtet werden (Grandin, 2002).

Durch Beeinträchtigung des Atemzentrums im Hirnstamm kommt es zum sofortigen Aussetzen der Atmung. Bei Tieren, die das Bewusstsein wiedergewinnen, setzt eine rhythmische Atmung ein.

Auch das Aussetzen des Cornealreflexes oder des Liedreflexes der Augen bedeutet Bewusstlosigkeit (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2013). Die beiden Reflexe werden von den Nerven *Nervus trigeminus* und *Nervus facialis* gesteuert. Wenn die Reflexe ausbleiben und die Nerven im Zuge der Bolzenschussbetäubung zerstört werden, kann von einem Verlust der Funktionen des Stammhirns ausgegangen werden (Holleben et al., 2021). Zeigt das Tier einen positiven Lied- oder Cornealreflex, also schließt das Augenlid in Folge einer Berührung des Lids, der Wimpern oder der Hornhaut, muss erneut betäubt werden

(EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2013). Ein weiterer Kontrollpunkt einer erfolgreichen Betäubung an den Augen stellt eine starre weite Pupille mit weit geöffneten Augen dar. Treten allerdings schnelle spontane Augenbewegungen oder ein nach hinten Rotieren des Augapfels auf, kann davon ausgegangen werden, dass das Tier nicht bewusst- und wahrnehmungslos ist. In diesem Fall muss erneut betäubt werden (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2013; Holleben et al., 2021). Fangen die Tiere spontan an zu blinzeln, also ohne eine Einwirkung von außen, kann man von einem funktionierendem Augenerhaltungsreflex ausgehen, der auf sensorischen und motorischen Hirnnerven basiert, welche die Trockenheit des Auges wahrnehmen und entsprechend das Blinzeln initiieren (Holleben et al., 2021). Tritt dieses Blinzeln auf, muss erneut betäubt werden (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2013). Gerichtete Augenbewegungen, also in Antwort auf einen äußeren Reiz, sind klare Anzeichen für Bewusstsein und eine Aktivität in der Hirnrinde (Holleben et al., 2021). Tiere, die gerichtete Augenbewegungen zeigen, müssen erneut betäubt werden (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2013).

Tiere, welche Vokalisationen von sich geben, zeigen eine Wahrnehmungs- und Empfindungsfähigkeit (Holleben et al., 2021). Sie müssen in jedem Fall erneut betäubt werden (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2013). Allerdings müssen Geräusche, die durch z.B. das Herausströmen von Luft entstehen, hiervon abgegrenzt werden (Holleben et al., 2021). Reaktion auf Schmerzreize, wie ein Pieksen in die Nase müssen bei korrekt betäubten Tieren ausbleiben (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2013). Durch regelmäßige Kontrollen muss sichergestellt werden, dass „Tiere in der Zeit zwischen dem Ende des Betäubungsvorgangs und dem Tod keine Anzeichen von Wahrnehmung oder Empfindung aufweisen“ (Art. 5 Absatz 1 Verordnung (EG) Nr. 1099/2009).

Getötet wird das Rind anschließend bevorzugt mit dem Bruststich. Beim Schnitt durch die Kehle können die Paravertebralgefäße, welche beim Rind in den Wirbelkörpern verlaufen und das Gehirn weiterhin mit Blut versorgen nicht durchtrennt werden. Eine Anastomose sorgt beim Rind dafür, dass beim Durchtrennen der Halsschlagader Blut über die Paravertebralgefäße (*Arteria vertebralis*) weiterhin zum Gehirn gelangt. Der Bruststich wird deswegen bevorzugt, weil er den *Truncus brachiocephalicus* noch vor der erwähnten Anastomose durchtrennt und so die Blutversorgung des Gehirns unmittelbar stoppt (Gregory, 1998c; H. E. König, Ruberte & Liebich H.-G., 2015). Beim Bruststich wird zuerst mit einem Messer die Haut durchtrennt und anschließend mit einem zweiten Messer, mit einer mindestens 20-25 cm langen Klinge die

großen Blutgefäße herznah durchtrennt (Arbeitsgruppe "Tierschutz bei der Schlachtung" unter Vorsitz der Landwirtschaftskammer und Wirtschaftskammer Österreichs, 2014).

1.2.3 Rigor mortis

Im Kapitel Physiologie der Skelettmuskulatur wurde schon deutlich, dass ATP für die Trennung der Myosinköpfe vom Aktin benötigt wird. ATP spielt eine Schlüsselrolle für einen elastischen Muskel. Nach der Trennung des Fleisches von der Sauerstoffquelle durch Unterbrechung der Durchblutung wird das ATP schnell verbraucht, und es finden nur noch anaerobe Prozesse statt. Durch diesen Prozess findet eine Ansäuerung des Fleisches statt. Eine wichtige Rolle spielt dabei die anaerobe Glykolyse. ATP wird in sehr geringen Mengen resynthetisiert, während Laktat übrigbleibt. Daher sinkt der pH-Wert von 7,1 auf etwa 5,6 (Henning & Baulein U., 2007, Bendall, 1973). Der Grund der Totenstarre (Rigor mortis) ist der ATP Verlust. Direkt nach Trennung der Blutzufuhr des Muskels durch den Entbluteschnitt befindet sich allerdings noch ATP im Muskel. Deswegen setzt der Rigor nicht sofort ein. Zudem finden im toten Muskel weiterhin Prozesse statt, die ATP resynthetisieren. Daran sind die Kreatin-Kinase Reaktion, welche ATP aus ADP und P resynthetisiert, und die Milchsäuregärung beteiligt. Bei der anaeroben Milchsäuregärung entsteht neben Laktat auch H^+ , weshalb der pH-Wert im Muskel im Idealfall, wie oben beschrieben, auf 5,6 absinkt. Das Einsetzen des Rigor mortis erfolgt deutlich langsamer, wenn Sauerstoff vorhanden ist (Bendall, 1973). Um das zu verdeutlichen, sollen im Anschluss die grundsätzlichen Stoffwechselwege der ATP Bereitstellung erläutert werden. Sowohl unter aeroben als auch unter anaeroben Bedingungen läuft der erste Schritt, die Glykolyse gleichermaßen ab. Glucose oder andere Kohlenhydrate, wie das gespeicherte Muskelglykogen, werden glykolytisch gespalten und es entstehen pro Glucose Molekül zwei Moleküle Pyruvat und zwei ATP. Hier beginnen die Unterschiede zwischen anaeroben und aeroben Bedingungen. Unter aeroben, also sauerstoffreichen Bedingungen wird Pyruvat über den Citratzyklus oxidiert. Hierfür wird Pyruvat in die Mitochondrien der Zelle transportiert. Dort wird Pyruvat in einem Zwischenschritt in Acetyl Coenzym A (Acetyl-CoA) umgewandelt. Acetyl-CoA wird dann in den Citratzyklus eingeleitet. Pyruvat, welches aus drei C-Atomen besteht, wird in diesem Reaktionskomplex zu drei CO_2 -Molekülen abgebaut. ATP entsteht während der Glykolyse, sowie während des Citratzyklus, jedoch nur in geringem Maße. Die meiste Energie ist in den Enzymen NADH und $FADH_2$ gespeichert. Sie geben ihre Elektronen in die Elektronentransportkette der Atmungskette ab. In der Elektronentransportkette wirkt Sauerstoff

als finaler Elektronenakzeptor. Das heißt auch dieser Prozess ist aerob. An den Elektronentransport ist die ATP Synthase chemisch-osmotisch gekoppelt. Hier, in der inneren Mitochondrienmembran entsteht schlussendlich das ATP. Im Gegensatz dazu steht unter anaeroben Bedingungen die Milchsäuregärung. Sie schließt per Definition die Glycolyse mit ein, auch wenn diese anaerob oder aerob gleichermaßen verläuft. Im Gegensatz zur aeroben Zellatmung wird bei der Milchsäuregärung Pyruvat als Substrat genutzt und zu Laktat abgebaut. Bei diesem Vorgang wird ATP erzeugt, jedoch 12 bis 16-mal weniger als bei der aeroben Zellatmung (Bendall, 1973; Campbell et al., 2016). Diese physiologischen Unterschiede machen deutlich, warum die Glykogenmenge bei Vorhandensein von Sauerstoff länger verfügbar ist. Die längere Verfügbarkeit des Glykogens im toten Muskel und die damit einhergehende Produktion von ATP hat eine längere Elastizität des Muskels und ein späteres Eintreten des Rigor mortis zur Folge. Bei der Fleischreifung herrschen solche Bedingungen allerdings nur in den äußersten Muskelschichten, welche durch die Außenluft mit Sauerstoff versorgt werden (Bendall, 1973).

Die Zeit bis zum Eintreten des Rigor mortis variiert nicht nur je nach Glykogen- und Phosphokreatinvorrat, sondern auch je nach Temperatur. Je höher die Temperatur, desto schneller setzt der Rigor mortis ein (Bendall, 1973). Mit Erreichen des Rigor mortis treten im Muskel einige physikalische Veränderungen auf. Zuerst verändert sich die Extensibilität. Der Muskel wird aufgrund der oben beschriebenen Prozesse steif. Auch verändert sich die Textur hin zu einer härteren und trockeneren. Als eine weitere Veränderung zeigt sich eine leichte Muskelverkürzung.

Je nach ATP und Glykogengehalten des Muskels zum Zeitpunkt der Schlachtung kann es zu verschiedenen Typen des Rigor mortis kommen: Mit hohen Glykogen- und ATP Gehalten im Muskel dauert es eine gewisse Zeit, bis der tote Muskel steif wird. Die pH-Wert-Absenkung vollzieht sich dabei vollständig auf einen End-pH-Wert von 5,6. Diese Form des Rigors bezeichnet man auch als sauren Rigor. Mit niedrigen Glykogen- und ATP- Gehalten kann ATP nicht so lange nachgebildet werden und die Totenstarre setzt früher ein. Der pH-Wert kann sich nicht weit genug absenken. Diesen Rigor nennt man auch alkalischen Rigor (Bendall, 1973). Zwischen dem Glykogengehalt des toten Muskels und des Rigor pH-Wertes besteht also eine negative Korrelation.

1.2.4 Fleischreifung

Direkt nach dem Schlachten im Schlachthof wird das Fleisch untersucht und muss gekühlt werden. Fleisch darf entsprechend einer Abkühlungskurve nicht bei Temperaturen über 7°C gelagert werden, die Nebenprodukte der Schlachtung müssen auf mindestens 3°C abgekühlt werden. Das Zerlegen und Entbeinen darf während des Abkühlvorgangs stattfinden (Anhang 3, Kapitel 7 Abschnitt 1 Verordnung (EG) 853/2004).

Nach Erreichen der Totenstarre beginnt der Reifungsprozess. Die Proteolyse ist der Prozess, der die Proteinstrukturen auflöst und das Fleisch zart macht. Kathepsine und Calpaine sind spezifische proteolytische Enzyme, welche Proteinasen genannt werden und an dem Prozess der Eiweißspaltung beteiligt sind. Calpaine bewirken zusammen mit den Ca^{2+} -Ionen den Aufschluss der Myofibrillen. Um zu verhindern, dass der gesamte Muskel abgebaut wird, wirkt Calpastatin als Proteaseinhibitor und hemmt Calpain. Kathepsine hingegen spalten Aktin und Myosin hydrolytisch auf. Sie treten postmortal aus Lysosomen aus und gelangen in das Zytoplasma (Henning & Baulein U., 2007). Die Proteolyse zur Rigor Auflösung ist zudem pH-Wert abhängig und kann am besten bei pH-Werten zwischen 5,3 und 5,8 erfolgen. Dabei werden vor allem die myofibrillären Proteine α -Aktinin und Topomyosin, welche die Aktinfilamente mit der Z-Scheibe verbinden, gespalten. Dies führt zu einer Auflösung des Rigor mortis (Bendall, 1973). Diese Prozesse werden auch bei der praktischen Fleischreifung berücksichtigt. Es gibt zwei Methoden der Fleischreifung. Zum einen kann Fleisch in Folienbeuteln gereift werden. Dafür trennt man die Edelstücke nach der Kühlung auf unter 7°C aus dem Schlachtkörper oder vom Knochen, schneidet sie zu und füllt sie in einen luftundurchlässigen Plastikbeutel. Die Luft wird dem Beutel fast vollständig entzogen. Danach lagert das Fleisch bei ca. 1°C über zwei bis drei Wochen. Anaerobe Bedingungen lassen Milchsäurebakterien florieren, welche Verderbnis erregende Bakterien unterdrücken. Als Vorteil kann der geringe Lagerplatz, der benötigt wird und der geringere Verdunstungsverlust gesehen werden. Zum anderen kann Fleisch traditionell reifen (engl.: dry aging). Dabei werden ganze Rinderhälften oder Fleisch am Knochen bei ca. 1°C gereift. Die Luftfeuchtigkeit darf hier nicht zu hoch sein (Max Rubner-Institut, 2021), um ein Trocknen der äußeren Schicht zu gewährleisten. Empfohlen werden Luftfeuchtigkeitsgehalte zwischen 61% und 85% (Dashdorj, Tripathi, Cho, Kim & Hwang, 2016), besser 80% bis 85% (U.S. Meat Export Federation, 2021). Außerdem muss eine Luftzirkulation gewährleistet werden, idealerweise mit einer Geschwindigkeit von 0,5 bis 2 m/s (U.S. Meat Export Federation, 2021). Dies unterbindet bei diesem Verfahren die Vermehrung der Verderbnis erregenden Bakterien. Durch die Proteolyse

gewinnt das Fleisch an Zartheit. Calpaine und Kathepsine spalten auch unter Kühlhausbedingungen Eiweiße und sorgen damit für ein Aufbrechen der starren Muskelstrukturen und generieren Zartheit. Diese Variante der Fleischreifung hat zwar bei der Reifung einen höheren Wasser- und damit Gewichtsverlust, weist dafür aber weniger Koch- und Grillverluste auf (Max Rubner-Institut, 2021). Der Geschmack wird durch traditionelle Reifung deutlich beeinflusst. In der englischsprachigen Welt wird traditionell gereiftes Fleisch als „dry-aged beef“ (Dashdorj et al., 2016), nussig und „beefy“ (U.S. Meat Export Federation, 2021) beschrieben. Dry-aged beef hat eine Reifezeit von 14 Tagen bis zu 40 Tagen. In den meisten Fällen dauert eine Reifung 21 Tage. Damit das Endprodukt nach dem dry-aging einen guten Geschmack und eine hohe Saftigkeit aufweist, wird hierbei auf die Marmorierung, d.h. Einlagerung von intramuskulärem Fett, besonderen Wert gelegt (Dashdorj et al., 2016).

1.3 Allgemeine Fleischqualität

Im folgenden Absatz soll Qualität zuerst allgemein definiert werden um sie anschließend, bezogen auf Fleisch, einordnen zu können. Qualität im Allgemeinen stammt von dem lateinischen Wort „qualitas“, welches Beschaffenheit oder Eigenschaft bedeutet (Duden, 2021). Auf ein Produkt, wie ein „Qualitäts“- Fleisch, bezogen gestaltet sich die Definition von Qualität sehr komplex. Garvin (1984) definiert Produkt-Qualität deswegen auf fünf verschiedene Weisen: Erstens definiert er Qualität transzendent. Diese Definition ist der philosophische Ansatz und sie geht davon aus, dass Qualität gar nicht definiert werden kann, sondern erlebt werden muss. Der zweite produktbezogene Ansatz definiert Qualität als etwas direkt Messbares. Demnach steigt die Qualität zum Beispiel mit dem Gehalt eines bestimmten Inhaltsstoffes. Dies ist jedoch nur aussagekräftig, wenn alle Konsumenten diesen Inhaltsstoff gleich positiv oder negativ bewerten. Deshalb gibt es den konsumentenbezogenen Ansatz, der Qualität als etwas sehr Subjektives bezeichnet. Die Produkte, die die Bedürfnisse der einzelnen Verbraucher*innen am besten erfüllen, haben auch die höchste Qualität. Auf Seiten der Produzent*innen kann Qualität entweder anhand des Herstellungsprozesses oder wertbasierend bewertet werden. Hier spielen die Kosten und Erlöse, die das Produkt erzielen kann, eine Rolle. Produkte, die dem Kunden im Verkauf zu teuer sind, haben nach dieser Definition eine geringe Qualität, weil damit keine Gewinne zu erzielen sind. Wichtig im Kontext mit der Fleischqualität ist auch der Aspekt der Erwartung im Qualitätsbegriff. Entspricht ein Produkt nicht unseren Erwartungen, sinkt die Produktqualität. Die Haltbarkeit, der Service rund um die Beschaffung des Produkts sowie die Ästhetik des Produktes beeinflussen darüber hinaus die Produktqualität

(Garvin, 1984). Bei Nahrungsmitteln ändert sich die Qualitätsbewertung mit dem Wandel der Gesellschaft ständig. Zusätzlich zur Produktqualität ist den Verbrauchern die Prozessqualität bei Lebensmitteln wichtig (Meyer, 2003). Auf Nahrungsmittel angewandt, bezeichnet die objektive Produktqualität alle toxikologischen, ernährungsphysiologischen, verarbeitungstechnologischen und sensorischen Eigenschaften eines Produktes (Hofmann, 1992, 1995). Dennoch wählen Verbraucher*innen vor allem nach ihrer wahrgenommenen subjektiven Qualität aus. Diese hängt unter anderem mit der bestehenden Qualitätsunsicherheit zusammen, d.h. subjektive Qualität hängt stark vom Wissen des/r Konsument*in über das Produkt und den größeren Zusammenhang, in dem das Produkt eine Rolle spielt, ab (Maynes, 1976). Das Wissen über ein Produkt ist eng an die Produkteigenschaften gekoppelt. Dabei kann man zwischen Sucheigenschaften, welche vor dem Kauf in Erfahrung gebracht werden können, Erfahrungseigenschaften, welche erst nach dem Verzehr oder dem Konsum des Produkts bewertet werden können, und schließlich den Vertrauenseigenschaften eines Produktes, welche vom Konsumenten gar nicht überprüft werden können, unterscheiden (Herrmann, 2002).

Um den Qualitätsbegriff nun näher auf das Lebensmittel Fleisch anzuwenden, muss zwischen Fleischqualität und Schlachtkörperqualität unterschieden werden. Während die Schlachtkörperqualität oft rein quantitativ beurteilt wird, geht es bei der Fleischqualität um sensorische, ernährungsphysiologische, hygienische toxikologische und verarbeitungstechnologische Eigenschaften des Fleisches. Zur Fleischqualität gehören die chemische Zusammensetzung des Fleisches, die Marmorierung, die Farbe und die physikalischen und sensorischen Eigenschaften. Zu den letzten Punkten gehören die Zartheit, die Saftigkeit und der Geschmack (Augustini & Temisan, 1986)(Abbildung 5).

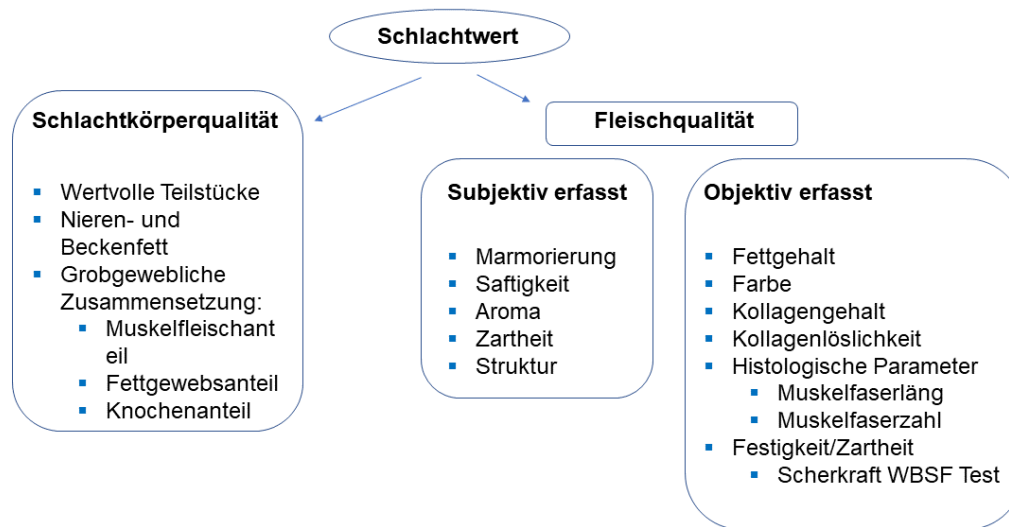


Abbildung 5: Der Schlachtwert unterteilt in die Schlachtkörperqualität und die Fleischqualität (Verändert nach Augustini & Temisan, 1986).

Die Fleischqualität und die Zusammensetzung des Schlachtkörpers, also die Schlachtkörperqualität stehen dabei in einer antagonistischen Beziehung. Durch die vermehrte Einlagerung von intramuskulärem Fett mit zunehmendem Alter steigert sich auf der einen Seite die Zartheit, das Aroma und die Saftigkeit, auf der anderen Seite hingegen nimmt der prozentuale Anteil des Fettgewebes zu. Dies hat eine Fettzunahme insbesondere im Becken- und Nierenbereich zur Folge (Augustini & Temisan, 1986). Zur Prozessqualität von Fleisch gehören alle Stufen der Fleischerzeugung. Somit zählen hierzu die Genetik der Tiere, die Haltung, die Fütterung und eben auch die Schlachtung. Dennoch trennt Hofmann klar zwischen der Produktqualität und der Wertschätzung eines Produktes (Hofmann, 1995). Während sich die Prozessqualität nach Hofmann noch direkt auf die Produktqualität auswirkt, sieht Garvin die messbare produktbezogene Definition von Qualität (Garvin, 1984) als qualitätsbestimmende Größe und definiert die subjektiven Wahrnehmungen der Konsumenten/Konsumentinnen als Wertschätzung des Produktes. Zur Wertschätzung tragen der ökologische Wert, der psychologische Wert, der politische Wert und der Sozialwert des Produktes bei. Als ökologischen Wert kann man zum Beispiel eine umweltfreundliche Herstellung, sowie wenig Veredelungsverluste usw. zählen. Wichtig im Zusammenhang mit alternativen Schlachtmethoden ist sicherlich der soziale Wert des Produktes. Hierunter fallen Punkte wie Prestige oder Tabus (Hofmann, 1992, 1995). Im weiteren Teil der Arbeit werde ich, wie von Hofmann vorgeschlagen, den Begriff der Qualität als objektive und messbare Größe

definieren und die subjektiven Empfindungen, die nicht weniger wichtig zu der ganzheitlichen Bewertung des Lebensmittels Fleisch gehören, als Wertschätzung definieren (Hofmann, 1992, 1995). Wichtig von der subjektiven Wertschätzung abzugrenzen sind hierbei die subjektiv erfassten Parameter der Fleischqualität wie Marmorierung, Zartheit, Aroma, Struktur und Saftigkeit. Da diese Parameter zwar subjektiv, aber von geschultem Personal gemessen werden und damit eingeteilt in eine Bewertungsskala messbar werden, fallen sie unter die Definition Qualität (Hofmann, 1992).

1.4 Qualitätsabweichungen

Die Qualitätsabweichung PSE wird als pale (blass), soft (weich) und exsudative (wässrig) beschrieben. Biochemische Abbauvorgänge laufen, unter anderem durch Stress induziert, im toten, ante mortem gestressten Tier schneller ab als beim ungestressten Tier. Sie führen zu einer verfrühten Absenkung des pH-Wertes (Bendall, 1973; Hofmann, 1995; Reiche et al., 2019), wodurch Muskelproteine denaturiert werden und dann Wasser weniger gut halten können (Henning & Baulein U., 2007). Myoglobin wird durch eine schnelle Absenkung des pH-Wertes ebenfalls verstärkt abgebaut, was zu einer Aufhellung des Fleisches führt. Die Weichheit resultiert aus dem durch Denaturierung bedingten geringerem Wasserhaltevermögen (Hofmann, 1995). Da die Muskulatur bei Rindern sehr gut mit Sauerstoff versorgt wird, kommt diese Problematik beim Rind selten vor (Henning & Baulein U., 2007).

Die Qualitätsabweichung DFD wird als dunkles (dark), festes (firm) und trockenes (dry) Fleisch beschrieben. Diese Merkmale werden durch einen Mangel an Glykogen im Muskel induziert (Warriss, 1990). Der pH-Wert kann infolge nicht genug absinken (Hofmann, 1995; Warriss, 1990). Bei Gill & Newton wird Fleisch mit pH-Werten über 6 als DFD Fleisch bezeichnet (Gill & Newton, 1979), während die Meat and Livestock Australia (MLA) schon bei einem pH-Wert von über 5,7 davon ausgehen, dass das Fleisch als DFD deklariert wird (MLA, 2013). Ursachen für den Glykogenmangel können durch Stress vor der Schlachtung hervorgerufen werden und damit kann Stress einen direkten Einfluss auf den pH-Wert des Fleisches und die Qualität haben. Von dem Glykogenmangel sind in diesen Situationen vermehrt die wertvollen Teilstücke wie die Rücken- und Keulenmuskulatur betroffen (Henning & Baulein U., 2007). Die dunklere Farbe des Fleisches hat dabei nichts mit einer Veränderung des Myoglobins zu tun, sondern ist auf eine höhere Durchsichtigkeit des Muskels bei höherem pH-Wert zurückzuführen. Reduziertes Myoglobin, welches eine dunkelrote Farbe hat wird dabei verstärkt sichtbar (Bendall, 1973). Durch eine ungenügende pH-Wert Absenkung und einen

Milchsäuremangel sollte das Fleisch nicht mehr zur Reifung zugelassen werden, da es für Bakterien leicht angreifbar ist. Das Fleisch ist infolgedessen nur noch als Verarbeitungsware nutzbar (Henning & Baulein U., 2007). Diese Qualitätsabweichung hat erhebliche ökonomischen Konsequenzen. In Australien werden fast 10% des Rindfleisches als DFD Fleisch gekennzeichnet, was zu monetären Verlusten von jährlich ca. 36Mio \$ führt (MLA, 2013).

1.5 Stress bei der Schlachtung

1.5.1 Stressoren bei der Schlachtung

Stressoren im Zusammenhang mit der Schlachtung von Tieren sind vielfältig. Sie beginnen oft schon auf dem landwirtschaftlichen Betrieb, wenn das Tier von der Herde separiert werden muss, um in den Transportwagen zu gelangen und setzen sich fort bis zur Mensch-Tier Interaktion am Schlachthof. Stress kann dabei physischer Natur sein. Darunter fallen die Transporte der Tiere und je nach Transportdauer auch der damit einhergehende Hunger, Durst zu hohe Temperaturen und eingeschränkte Atemluft bei vollen Transporten (Grandin, 1997; E. M. C. Terlouw et al., 2008). Generell stellt jeder Tiertransport Stress für die Tiere dar (Federation of Veterinarians of Europe, 2008). Die Ausmaße, in denen das Tier den Stressor wahrnimmt, hängen zum großen Teil von den Erfahrungen, die das Tier gemacht hat und der Genetik ab (Grandin & Shivley, 2015; Probst, Spengler Neff, Leiber, Kreuzer & Hillmann, 2012). Außerdem treten im Schlachtprozess Stressoren psychischer Natur auf. Darunter fällt das oben bereits genannte Trennen von der Herde, das Zusammenkommen mit fremden Tieren und eine fremde Umgebung an sich kann Angst und damit Stress bei den Tieren auslösen (Grandin, 1997; E. M. C. Terlouw et al., 2008). Ein wesentlicher Faktor beim Transport ist die Gestaltung des Transportwagens. Transportabteile für drei bis vier Tiere bedeuten dabei deutlich mehr Stress als Abteile, in denen die Rinder einzeln oder zu zweit transportiert werden. In der Studie von Honkavaara, Rintasalo, Ylönen & Pudas war das vor allem bei längeren Transportstrecken der Fall, wohingegen Kurzstrecken oft ohne getrennte Abteile gefahren wurden. Deswegen führten Kurzstreckentransporte zu signifikant erhöhtem Herzschlag und vermehrt nervösen Bewegungen (Honkavaara, Rintasalo, Ylönen & Pudas, 2003). Um den Stress am Schlachthof zu minimieren, wurde in der EU Folgendes festgelegt: Tiere, die länger als zwölf Stunden am Schlachthof auf die Schlachtung warten, müssen laut EU-Recht gefüttert werden und adäquat eingestreut und untergebracht sein (Anhang III zu Artikel 15 Absatz 1.3 Verordnung (EU) 1099/2009). Auch für Tiertransporte gelten zeitliche Regelungen. Diese sind

in der Tierschutztransportverordnung auf EU-Ebene geregelt. Sie dürfen in der EU höchstens acht Stunden dauern (Kapitel V Absatz 1.2 Verordnung (EG) 1/2005). Unter bestimmten Bedingungen kann die Transportzeit verlängert werden, dazu zählen unter anderem die Bereitstellung von ausreichend Tränkwasser, Futter und die Belüftung der Transporter (Kapitel VI Absatz 1-3 Verordnung (EG) 1/2005).

Im Schlachthof spielen aber nicht nur die Stressoren eine Rolle, die im Moment auf das Tier wirken, sondern auch der Stress dem die vorangegangenen Tiere ausgesetzt waren, z.B. können Rinder über den Urin Stress bei Artgenossen wahrnehmen und reagieren als Folge ängstlich (Boissy, Terlouw & Le Neindre, 1998). Stress kann demnach kommuniziert werden.

1.5.2 Stress-physiologisch und in einem tiermedizinischen Kontext

Stress in einem tiermedizinischen Kontext zu definieren, schließt eine große Variabilität mit ein, da das Phänomen Stress ein sehr diverses ist. Dennoch soll in diesem Abschnitt Stress von einer physiologischen Seite erklärt werden, um die Auswahl, der in der Studie untersuchten Stressparameter zu erklären. Man legt zugrunde, dass ein Tier deutliche Veränderungen der Physiologie oder des Verhaltens zeigt, wenn es auf eine Stresssituation reagiert. Aus psychologischen Stressoren entsteht Angst, welche als ein sehr starker Stressor angesehen werden kann (Grandin, 1997). Moberg (2001) unterteilt Stress in seinem Modell in drei Phasen ein: erstens wird ein Stressor erkannt, zweitens beginnt die biologische Antwort auf den Stressor und drittens beschreibt er die Konsequenzen der Antwort (Abbildung 6). Die Erkennung eines Stressors geschieht im Zentralnervensystem, wobei es irrelevant ist, ob die Wahrnehmung des Stressors tatsächlich eine Gefahr darstellt oder nicht. Danach folgt die biologische Antwort, die aus einer Kombination der vier verschiedenen biologischen Antworten besteht: Verhaltensanpassung, Anpassung des vegetativen Nervensystems, endokrinologische Anpassung und Einfluss auf das Immunsystem. Eine Anpassung im Verhalten könnte zum Beispiel dazu führen, dass das Tier in den Schatten läuft, nach dem der Stressor Hitze wahrgenommen wurde. Verhaltensänderungen sind jedoch in der modernen Nutztierhaltung oft nur eingeschränkt möglich, insbesondere bei Transport und Schlachtprozess, sind sie aufgrund von Platzmangel sehr beschränkt. Unter die Anpassungen des vegetativen Nervensystems fallen Änderungen des Herz-Kreislaufsystems, des Magen-Darm-Trakts, sowie des Nebennierenmarks, das die Hormone Adrenalin und Noradrenalin reguliert und ausschüttet. Endokrinologische Anpassungen beziehen sich vor allem auf Hypophysen Hormone. Hierunter fallen auch Cortison und Corticosteron. In Studien werden

vor allem diese beiden Hormone als Stressparameter genutzt. Auch auf das Immunsystem hat Stress direkte Auswirkungen.

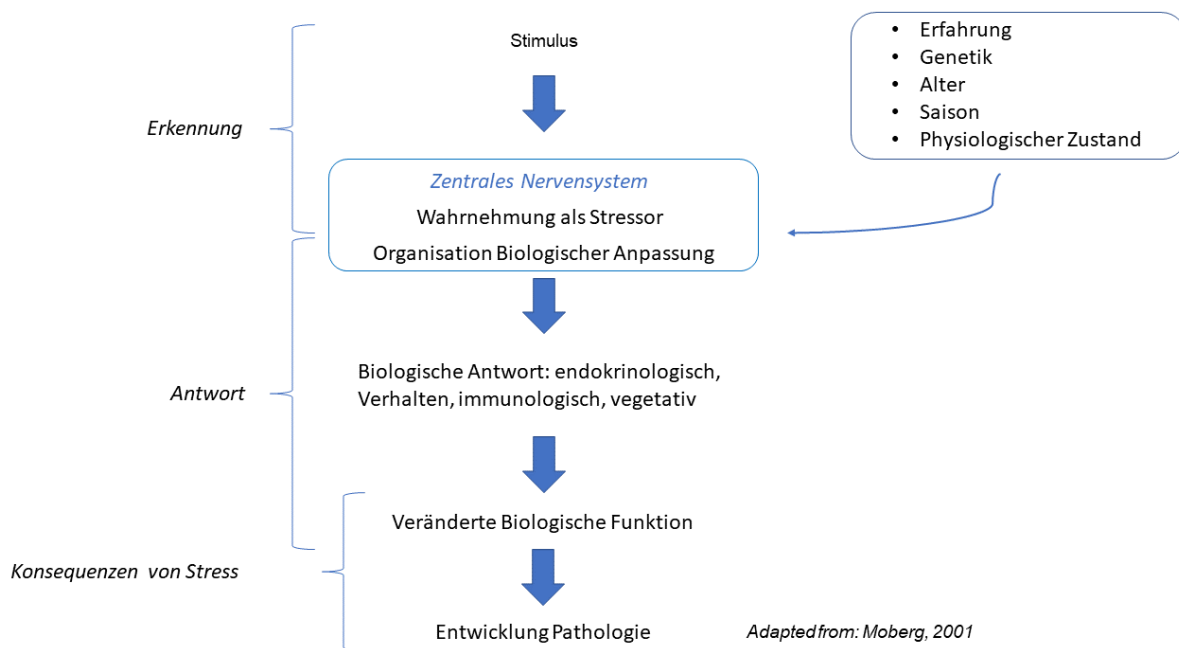


Abbildung 6: Die drei Phasen von Stress (Verändert nach Moberg, 2001)

Dennoch gestaltet sich die Messung von Stress anhand dieser vier biologischen Antworten als schwierig, da es keine allgemeine Antwort auf Stress gibt, die für alle Stressoren zutrifft. Jeder Stressor löst eine individuelle Antwort aus. Auch die Wahrnehmung von Stress wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Die Genetik, das Alter, der physiologische Zustand, die Jahreszeit und die Erfahrungen, die das Tier gemacht hat, haben Einfluss auf die Wahrnehmung von Stress und auf die darauffolgende biologische Antwort. Nichtsdestotrotz wird jede biologische Antwort auf Stress die biologischen Vorgänge so verändern, dass sie vom Normalzustand abweichen. Die verfügbaren Ressourcen werden bei Stress anders eingesetzt und Körperfunktionen wie beispielsweise das Wachstum oder die Reproduktion werden hintenangestellt. Diese Verluste der Ressourcen unter der Einwirkung von Stress werden bei Moberg als die Kosten von Stress definiert (Moberg, 2001).

Die endokrinologischen und die vegetativen oder autonomen Antworten auf Stress lassen sich als neuroendokrinologische Antworten zusammenfassen. Hierbei stellt die Antwort des vegetativen Systems eine unmittelbare und akute Antwort auf die Stresssituation dar. Mit der Messung der Hormone Adrenalin und Noradrenalin kann deshalb eine akute Stresssituation dargestellt werden. Die Aktivierung des Hypothalamus- und Hypophysensystems, das die

Ausschüttung der Corticoide bewirkt, stellt eine langsamere Stressantwort dar (Ferguson & Warner, 2008; Moberg, 2001).

Stresssituationen, sowie emotionale Belastungen können im Nebennierenmark zu einer Ausschüttung von Katecholaminen führen. Diese sind Teil des sympathischen Systems und sollen den Körper ganz allgemein an Situationen schwerer körperlicher Arbeit oder Stress anpassen. Um schwerere Arbeit bewerkstelligen zu können, führen die Katecholamine zu vermehrtem Transport von Energie und Sauerstoff zu Herz, Gehirn und Skelettmuskulatur (Bear, Connors & Paradiso, 2008; Jänig, 1980). Zudem können erhöhte Blutkonzentrationen von den Katecholaminen Adrenalin und Noradrenalin unter Stress zu erhöhtem Blutdruck, erhöhtem Herzschlag und erhöhten Konzentrationen von freien Fettsäuren führen (Shaw & Tume, 1992). Adrenalin wird dabei vorwiegend im Nebennierenmark und Noradrenalin vor allem an den sympathischen Nervenendigungen gebildet. Die zuvor beschriebenen Wirkungen der beiden Hormone bewirken sowohl eine Beeinflussung des Kohlenhydratstoffwechsels als auch eine Beeinflussung des Tonus der glatten und quergestreiften Muskulatur. Adrenalin und Noradrenalin haben eine höhere Atemtiefe zur Folge. Für den Blutzuckeranstieg ist vor allem Adrenalin verantwortlich, indem es den Glykogenabbau in der Leber verstärkt. Man spricht von einer glykogenolytischen Wirkung (Brück, 1980). Diese Reduzierung der Glykogenvorräte kann sich post mortem auf die Fleischqualität auswirken. Freie Fettsäuren im Blutplasma können wie zuvor dargestellt, auf Stress oder ein längeres Fasten der Tiere und den damit verbundenen verstärkten Abbau von Körperfett hinweisen. In diesem Zusammenhang wurde eine höhere Konzentration an freien Fettsäuren signifikant einem vermehrten Auftreten von DFD Fleisch zugeordnet (Shaw & Tume, 1992).

Cortisol unterdrückt das Immunsystem und mobilisiert im Körper vorhandene Energiereserven um den Körper auf eine „fight or flight“ Reaktion vorzubereiten (Bear et al., 2008). Cortisol und Corticosteron werden beide in der Zona fasciculata und Zona reticularis der Nebennierenrinde gebildet. Die von der Nebennierenrinde ausgeschiedenen Hormone können als Kortikoide zusammengefasst werden. Kortikoide haben zwei Hauptwirkungen auf den Stoffwechsel. Zum einen regulieren sie den Elektrolythaushalt und zum anderen beeinflussen sie den Kohlenhydratstoffwechsel.

Im Folgenden liegt der Schwerpunkt auf den Glukocorticoidwirkungen, also der Wirkung der Kortikoide auf den Kohlenhydratstoffwechsel. Cortisol, als ein Haupt-Kortikoid, fördert die Produktion von Glukose aus Aminosäuren, die Gluconeogenese. In pathologischen Fällen kann dies zu einer verminderten Eiweißproduktion führen und folglich katabol für den Organismus

sein. In Zusammenarbeit mit Noradrenalin steigert Cortisol den Blutdruck und hat einen positiven Einfluss auf die Funktion der Sinnesorgane (Brück, 1980). Kortikoide werden normalerweise in konstanten Konzentrationen im Plasma und im Gewebe gehalten. Kleine Nervenzellen, die sich im Hypothalamus befinden, produzieren Releasing-Hormone, welche die Hormonsekretion der Adenohypophyse koordinieren. Das Corticotropin Releasing Hormon (CRH), das von der Hypophyse ausgeschieden wird, wird über die Blutgefäße zur Adenohypophyse transportiert. Hier wird das Hormon Adrenocorticotropes Hormon (ACTH) freigesetzt, das unter anderem die Produktion von Cortisol in der Nebennierenrinde reguliert. Die Plasmakonzentration wirkt sich negativ auf die CRH-Produktion in der Hypophyse und gleichzeitig negativ auf die Produktion von ACTH in der Adenohypophyse aus. Stress hat einen großen Einfluss auf dieses Regulationssystem. Durch verschiedene Stressoren ist es möglich, den Kortikoidspiegel auf ein höheres Niveau zu bringen. Dies hilft, das System an verschiedene Umstände anzupassen. Stressoren wie Hitze, Kälte, akustische Reize usw. können einen Anstieg des Kortikoidspiegels auslösen und die metabolischen Anpassungen beeinflussen. Die wiederholte Einwirkung eines bestimmten Reizes verringert jedoch das Ausmaß der Kortikoid Sekretion und damit das Ausmaß der Stressreaktion (Brück, 1980).

Beide Systeme, sowohl das sympathische vegetative als auch das Hypophysen-Hypothalamussystem, führen bei Stress zu ähnlichen Reaktionen. Katecholamine und Kortikoide haben beide katabole Effekte und beschleunigen den Herz-Kreislauf, um Energie bereitzustellen. Währenddessen hemmen sie andere Körperfunktionen, z.B. die Reproduktion und das Immunsystem (Burdick, Randel, Carroll & Welsh, 2011). Wenn Stress kurzzeitig auftritt und die biologischen Kosten der Stresssituation schnell wieder aufgefüllt werden können oder sogar durch die Reserven gedeckt werden, dann definiert Moberg (2001) das als nicht gefährdenden Stress. Beansprucht eine Stresssituation oder chronischer Stress Körperressourcen dahingehend, dass sie nicht allein von den Reserven zur Verfügung gestellt werden können, dann steht die biologische Antwort auf Stress im Ressourcenkonflikt mit anderen biologischen Funktionen. Das Wachstum wäre zum Beispiel beeinflusst, wenn die Energie an anderer Stelle gebraucht würde. Auch die Fruchtbarkeit nimmt ab, wenn ihrer Funktion wichtige Reserven fehlen. Stress der Ressourcen über die Reserven hinaus beansprucht und damit andere biologische Funktionen negativ beeinflusst wird auch als „Distress“ bezeichnet (Moberg, 2001).

Stress kann auch den Effekt der Stress induzierten Analgesie haben. Opioid Rezeptoren im Gehirn werden aktiviert und können die Schmerzweiterleitung unterbrechen. Natürlicherweise

dient dieser Effekt Tieren bei einem Kampf oder allgemein in einer Stresssituation den Schmerz zu ignorieren und sich auf die Abwehr oder das Flüchten zu konzentrieren. (Gregory, 1998a).

Adrenalin und Noradrenalin wären gute Parameter vor allem, um akuten Stress zu messen. Sie sind allerdings nur sehr kurze Zeit nachweisbar. Die Halbwertszeit von Noradrenalin im Blut beträgt zwei Minuten, während die von Cortisol ca. 20 Minuten entspricht. Das bedeutet, dass Noradrenalin zum Beispiel direkt nach der Stresseinwirkung gemessen werden müsste, was in der Praxis oft unmöglich ist. Deswegen werden häufiger die Kortikoid Hormone als Stressindikatoren genutzt. Bei Rindern ist Cortisol das am häufigsten vorkommende Kortikosteroid, daher werden hier Cortisolmessungen vermehrt zur Stressindikation benutzt (Barrasso et al., 2020; Bozzo et al., 2018; Bristow & Holmes, 2007; Chulayo, Bradley & Muchenje, 2016; Grandin, 1997; Gregory, 1998a; Möstl & Palme, 2002; Shaw & Tume, 1992; Tume & Shaw, 1992).

1.6 Stressparameter

Grandin empfiehlt Stress immer einmal von der Verhaltensseite und gleichzeitig von der physiologischen Seite zu messen (Grandin, 1997). Die meisten hier aufgeführten Parameter beleuchten die physiologischen Anpassungen auf einen Stressor, da diese oft leichter messbar sind. Man unterscheidet zwischen invasiven und nicht invasiven Messmethoden. Invasive Messmethoden, die Stressparameter messen, wurden in der Wissenschaft häufig benutzt, haben aber den Nachteil, dass sie durch ihre direkte Einwirkung auf das Tier selbst Stress auslösen können und deshalb die Ergebnisse beeinflussen können. Nicht invasive Messmethoden für Stress erlangen folglich immer mehr an Bedeutung (McManus et al., 2016).

1.6.1 Stressparameter von der Verhaltensseite

1.6.1.1 Lautäußerungen

In dem von Grandin in amerikanischen Schlachthöfen eingeführten „welfare auditing program“ und das von vielen Restaurantketten genutzt wird um einen Standard zu setzen, ist eines der fünf Bewertungskriterien für Stress die Lautäußerung der Tiere in der Betäubungsbox (Grandin, 2012). In einer weiteren Studie stellte Grandin (1998) heraus, dass 98,2% der Lautäußerungen in Schlachthöfen direkt nach aversiven, also unangenehmen und evtl. schmerzvollen Reizen auftraten. Lautäußerungen können demnach als Stressindikatoren und Indikatoren für

beeinträchtigt Tierwohl genutzt werden. Eine Studie in Holland mit 141 Holstein-Friesian Milchkühen konnte eine tiefere Frequenz bei Lautäußerungen dem Liege- und Wiederkauverhalten zuordnen, während eine höhere Frequenz eher anderen Verhalten zugeordnet wurde. Zu den anderen Verhalten gehörte unter anderem Stress assoziiertes Verhalten (Meen et al., 2015).

1.6.1.2 Analyse der Mimik

Emotionen an der Mimik abzulesen ist in der Forschung und psychologischen Praxis mit Menschen ein wichtiger Bestandteil. Auch dem Emotionskomplex Angst konnten bestimmte Gesichtszüge zugeordnet werden (Alam & Dobson, 1986). In der Forschung mit Tieren, sowie in der Produktionspraxis wird die Mimik als Merkmal für das Tierwohl immer wichtiger. Bestimmte Gesichtszüge können zum Beispiel Schmerz zugeordnet werden (B. R. Müller, Soriano, Bellio & Molento, 2019).

1.6.1.3 Abkoten

Auch das Abkoten kann als Stressparameter genutzt werden. Normalerweise wird ein ungewolltes Abkoten durch die Kontraktion der beiden Schließmuskeln *M. sphincter ani internus* und *M. sphincter ani externus* verhindert. *Musculus sphincter ani internus* wird dabei parasympathisch innerviert, was bedeutet, dass er nicht willkürlich gesteuert werden kann. Füllt sich das Rectum mit Darminhalt und wird dementsprechend die Rectumwand gedehnt, führt das zu einer automatischen Erschlaffung des inneren Schließmuskels. Der äußere Schließmuskel ist demgegenüber willkürlich innerviert und stellt auch bei gefülltem Rectum die Kontinenz sicher (Jänig, 1980). In Stresssituationen kann es allerdings schnell zu Durchfall und vermehrtem Abkoten kommen (Ferrier, 2008; Gregory, 1998a). Zudem erhöhen verschiedene Stressmediatoren die Permeabilität der Darmschleimwand, wodurch es zu einem flüssigeren Stuhlgang und zu Durchfall kommt (Ferrier, 2008). Ein Zusammenhang einer stressvollen Situation und vermehrtem Abkoten konnte in einer Studie mit Milchkühen nachgewiesen werden. Kühe, die mit dem Stressor einer ungewohnten Umgebung ausgesetzt wurden, koteten signifikant öfter ab als Kühe, die in ihrem gewohnten Umfeld verblieben. Ein vermehrtes Abkoten kann eine akute Stresssituation anzeigen (Rushen, Munksgaard, Marnet & DePassillé, 2001).

1.6.2 Stressparameter-physiologisch

Die physiologischen Stressparameter werden in dieser Studie aus Blutproben analysiert. Diese Blutproben werden während der Schlachtung beim Entbluteschnitt genommen, um diese eigentlich invasive Methode der Stressparametererhebung nicht zu einem zusätzlichen Stressor für die Tiere zu machen (McManus et al., 2016) und damit die Ergebnisse zu verfälschen. In der vorliegenden Studie werden nur Cortisolkonzentrationen aus dem Blutplasma untersucht, die anderen lediglich theoretisch beleuchtet, um Zusammenhänge darzustellen.

1.6.2.1 Cortisol

Cortisol wird als Kortikosteroid als eine Antwort auf Stress durch Aktivierung des Hypothalamus-Hypophysensystems im Nebennierenmark gebildet und mit dem Blut transportiert. Wie bereits beschrieben können die Cortisol Gehalte im Blut als Stressparameter genutzt werden. Stress geht mit erhöhten Cortisolwerten einher und kann z.B. bei längeren Transportstrecken vermehrt gemessen werden (Chulayo et al., 2016). Dennoch sollte beachtet werden, dass Cortisolwerte stark schwanken, je nach Tier, Geschlecht, Rasse und auch der Jahres- und Tageszeit (Engert, Weiler, Pfaffinger, Stefanski & Schmucker, 2019; Jorquera-Chavez, Fuentes, Dunshea, Jongman & Warner, 2019). Auch erreicht das Cortisol im Blut den Peak erst zehn bis 20 Minuten nach dem Einfluss des Stressors (Grandin, 1980, 1997).

Nimmt ein Tier einen Stressor wiederholt nicht als negativ wahr, reduziert sich die individuelle biologische Stressantwort, was sich in geringeren Cortisolwerten ausdrückt (Alam & Dobson, 1986; Brück, 1980). Mit erhöhten Cortisolwerten gehen auch höhere Glucosewerte im Plasma einher, da Cortisol den Glykogenabbau aus der Leber stimuliert und gleichzeitig eine Aufnahme von Glucose durch das Fettgewebe verhindert. Glucose soll ganz der Energiegewinnung bereit stehen um eine adäquate Reaktion auf den Stressor zu ermöglichen (Reiche et al., 2019).

1.6.2.2 Laktat

Laktat entsteht, wenn Energie gebraucht wird aber der Sauerstoff für einen vollständigen Abbau von Glucose zu CO₂ über den Citratzyklus fehlt. Dann wird Glucose über die Milchsäuregärung nur bis zum Laktat abgebaut. Erhöhte Laktatwerte im Blut weisen demnach auf eine anaerobe Muskelaktivität hin (Campbell et al., 2016). Wird also in einer akuten Stresssituation vermehrt Adrenalin und Noradrenalin ausgeschüttet, kommt es zu vermehrtem Abbau von Glykogen zur Energiebereitstellung und in der darauffolgenden Milchsäuregärung zur Entstehung von Laktat.

Laktat kann deshalb als Indikator für eine sympathische Stressreaktion des Körpers genutzt werden (Shaw & Tume, 1992; Warner, Ferguson, Cottrell & Knee, 2007). Rinder, die vor der Schlachtung vermehrt Stress ausgesetzt waren, zeigten signifikant höhere Laktatwerte im Plasma als Rinder, welche keinen zusätzlichen Stressoren ausgesetzt waren (Warner et al., 2007).

1.6.3 Creatin-Kinase

Das Enzym Kreatinkinase ist normalerweise in hohen Konzentrationen nur im Muskel zu finden (Warriss, Brown, Adams & Corlett, 1994). Dort ist es für die Energie-Homöostase zuständig. Wird im Muskel mehr ATP benötigt, steigt die Kreatinkinase Konzentration an (Jorquera-Chavez et al., 2019). Unter Stress und vor allem durch physische Anstrengung, unter anderem während des Transportes, kann das Enzym Kreatinkinase ins Blut gelangen (Warriss et al., 1994). Erhöhte Konzentrationen im Blut deuten demnach auf Muskelbeschädigungen und oder Stress hin (Gregory, 1998a; Jorquera-Chavez et al., 2019).

1.6.4 Freie Fettsäuren

Freie Fettsäuren können auf zwei verschiedene Situationen hinweisen: erstens auf eine Hungersituation (Gregory, 1998a) und zweitens auf akuten Stress (Shaw & Tume, 1992). Ist ein Tier ausgehungert und die Glukosewerte des Blutes reduzieren sich, dann wird zur Energiegewinnung Fettgewebe abgebaut. Freie Fettsäuren erreichen dann das Blutsystem (Gregory, 1998a). Indirekt spielt auch Cortisol eine Rolle. Es wirkt im Zusammenspiel mit Adrenalin und Noradrenalin bei der Mobilisation von freien Fettsäuren mit (Shaw & Tume, 1992). Wird also bei einer adrenergen Stressreaktion Adrenalin oder Noradrenalin freigesetzt kommt es zu erhöhten Konzentrationen an freien Fettsäuren im Blutplasma, weil beide Hormone die Lipolyse verstärken (Gregory, 1998a).

1.6.5 Katecholamine

Zu den Katecholaminen gehören die Hormone Adrenalin und Noradrenalin. Sie werden durch die Aktivierung des Sympathikus ausgeschüttet und bereiten den Körper auf eine schnelle Stressantwort vor. Sie könnten deshalb vor allem als Indikatoren für eine akute Stressantwort genutzt werden. Allerdings sind sie nur sehr kurz im Blut nachweisbar. Das bedeutet, dass

Katecholamine direkt nach der Stresseinwirkung gemessen werden müssten, was in der Praxis oft unmöglich ist (Gregory, 1998a). Ihre physiologischen Effekte können aber als Stressindikatoren dienen. Der erhöhte Herzschlag, ausgelöst durch Adrenalin, könnte als direkter Effekt des sympathischen vegetativen Nervensystems auf eine Stresssituation hinweisen (Gregory, 1998a; C. Terlouw, 2015). Da durch Katecholamine eine schnelle Antwort auf Stress ermöglicht werden soll, sorgt Adrenalin unter anderem dafür, dass der Blutzuckerspiegel unter Glykogenabbau im Muskel zunimmt um eine genügende Energiebereitstellung zu ermöglichen (Brück, 1980; Gregory, 1998a). Noradrenalin hat im Muskel keinen glykogenolytischen Effekt. Experimentell können die Glykogenreserven eines Tieres durch subkutane Injektion von Adrenalin erschöpft werden. Dabei wird Glykogen bereits im lebenden Muskel zum Teil anaerob unter Laktatbildung abgebaut. Damit hat Adrenalin direkte Auswirkung auf die Fleischreifung, indem es die Glykogenreserven im Muskel komplett erschöpfen und die ATP Gehalte im Muskel stark erhöhen kann. Durch diese Kombination aus einem hohen ATP Gehalt und geringen Glykogengehalten im toten Muskel kommt es zu einer früheren Rigor Bildung und zu einer unzureichenden Absenkung des pH-Wertes. Diese alkalische Form des Rigor mortis kann vermehrt zu DFD-Fleisch führen (Bendall, 1973; Warriss, 1990).

1.7 Qualitätsparameter

Wie bereits beschrieben kann Stress über verschiedene physiologische Reaktionen die Glykogenreserven des Körpers erschöpfen und damit ein Absinken des pH-Wertes verringern (Friedrich et al., 2014; Moberg, 2001; O'Neill, Webb, Frylinck & Strydom, 2006; Warner et al., 2007). Hauptsächlich aus diesem Grund hat Stress einen großen Effekt auf die Essqualität des Fleisches (MLA, 2013). Stress kann Effekte auf die Zartheit, den Geschmack, die Saftigkeit, die Farbe, sowie auf die Haltbarkeit des Fleisches haben (Bendall, 1973; Henning & Baulein U., 2007; Warner et al., 2007). Auch die Scherkraft, ein objektiver Parameter für die Zartheit, und kann durch Stress beeinflusst werden (Friedrich et al., 2014; Warner et al., 2007). Im folgenden Absatz werden die in der vorliegenden Studie untersuchten objektiven Qualitätsparameter genauer beleuchtet. Humansensorische Qualitätsparameter sollen zum Ende des Abschnitts kurz aufgezeigt werden, sind aber nicht untersucht worden

1.7.1 Qualitätsparameter-objektiv

1.7.2 End-pH-Wert

Beim lebenden Tier beträgt der pH-Wert im Muskel 7,1 und kann bei optimaler Reifung bis zu einem pH-Wert von 5,6 absinken. Muskelglykogen wird post-mortem zu Milchsäure umgesetzt und sorgt für eine Absenkung des pH-Wertes. Werden die Glykogenspeicher im Muskel vor dem Schlachten durch Stresssituationen oder lange Hungerphasen dezimiert, dann kann eine pH-Wertabsenkung nicht vollständig stattfinden. Bei Rindern wird der End-pH-Wert nach 24 bis 48 Stunden erreicht (Weglarz, 2010). Stressoren im Zusammenhang mit der Schlachtung können über eine Aktivierung des Sympathikus und eine damit einhergehende Ausschüttung von Katecholaminen den Abbau von Muskelglykogen bewirken und damit zu einem höheren End-pH-Wert führen (Moberg, 2001; O'Neill et al., 2006). Der End pH-Wert des Fleisches hat direkte Auswirkungen auf die sensorische Fleischqualität (Weglarz, 2010). Fleisch mit End-pH-Werten von 5,4 bis 5,6 können als einwandfrei angesehen. Bei pH-Werten zwischen 5,8 und 6 kann man Veränderungen der Farbe wahrnehmen und das Fleisch verdirbt schneller. Bei pH-Werten von über 6 bezeichnet man das Fleisch als DFD-Fleisch (Weglarz, 2010). In Australien wird Fleisch bereits ab einem pH-Wert von über 5,7 als DFD-Fleisch definiert (MLA, 2013). Generell verdirbt Fleisch mit hohen End pH-Werten schneller und hat eine kürzere Haltbarkeit (Gill & Newton, 1979; Henning & Baulein U., 2007; Viljoen, 2000). *Pseudomonas* and *Coliforme Bakterien* waren zu signifikant höheren Mengen in Fleisch mit pH-Werten über 5,8 zu finden (Viljoen, 2000). Dennoch ist der Verderb des Fleisches dabei nicht allein vom pH-Wert abhängig, sondern auch von den Glucosegehalten, denn es gibt Fäulnisbakterien, die durch pH-Werte von 5,5 bis 7 nicht inhibiert werden. Ist noch ausreichend Glucose vorhanden wird zuerst die Glucose von den Mikroorganismen verbraucht und danach werden Aminosäuren angegriffen. Erst beim Abbau von Aminosäuren entstehen Fäulnisgerüche (Gill & Newton, 1979).

Bestand die Stresssituation direkt vor der Schlachtung, geht die erhöhte Stoffwechselaktivität im Muskel nach dem Tod weiter und kann zu einem schnelleren Absinken des pH-Wertes führen. Dieses Phänomen ist vor allem bei Schweinen bekannt und resultiert in hellem, weichem und wässrigem Fleisch (PSE). Im Gegensatz zu einem normalen pH-Wertabfall, werden bei der zu diesem Zeitpunkt noch höherer Temperatur Proteinstrukturen abgebaut. Dies beeinflusst den Genusswert des Fleisches negativ beeinflusst (C. Terlouw, 2015).

1.7.3 Farbe

Die Farbe von Fleisch ist mit eines der wichtigsten Kaufkriterien für die Konsumenten und Konsumentinnen und wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Die Pigmentkonzentration, der intramuskuläre Fettanteil, die Fettoxidation und die Struktur des Muskels beeinflussen die Farbe des Fleisches. Außerdem haben der finale pH-Wert und die pH-Verlaufskurve zusammen mit der Temperatur einen Einfluss auf die Farbe (C. Terlouw, 2015). Aber auch die Rasse und prämortale Stresssituationen haben einen Einfluss (Augustini & Temisan, 1986; Lensink, Fernandez, Cozzi, Florand & Veissier, 2001; C. Terlouw, 2005; E. M. C. Terlouw et al., 2008; C. Terlouw, 2015). Beim Vergleichen von Fleischfarbe im Hinblick auf die Stressbelastung muss darauf geachtet werden, dass ältere Tiere generell dunklere Fleischfarben haben (Boccard et al., 1979; MLA, 2013), da der Myoglobingehalt mit dem Alter zunimmt (Augustini & Temisan, 1986). Außerdem haben Geschlecht und die Ernährung der Tiere einen Einfluss (Augustini & Temisan, 1986). Da für die Rotfärbung des Fleisches hauptsächlich das Myoglobin verantwortlich ist, zielen verschiedene Verpackungsmethoden unter anderem auf chemische Veränderung des Myoglobins und damit der Farbe ab (Mancini & Hunt, 2005).

1.7.4 Saftigkeit

Die Saftigkeit hat einen großen Einfluss auf die generelle Konsumentenakzeptanz und den Genuss von Fleisch (Aaslyng et al., 2007). Die wahrgenommene Saftigkeit korreliert oft mit dem Kochsaftverlust. Fleisch mit höherem Kochsaftverlust wird dabei als weniger saftig wahrgenommen. Stress vor der Schlachtung führt zu weniger saftigem Fleisch (Reiche et al., 2019; Warner et al., 2007). Die Saftigkeit wird unter anderem vom intramuskulären Fettanteil beeinflusst (Augustini & Temisan, 1986). Auch prämortaler Stress hat einen Einfluss auf die Saftigkeit. Schnellere pH-Wert Absenkung und ein niedriger End-pH-Wert führen, unter anderem in Kombination mit höheren Prä-Rigor Temperaturen, vermehrt zu denaturierten Proteinen (Warner, Kauffman & Greaser, 1997), und zu denaturierten Myosinköpfchen sind von der Denaturierung betroffen. In Folge entsteht mehr extrazelluläres Wasser und die Myofibrillen ziehen sich stärker zusammen, was wiederum auch zu mehr Kochsaftverlusten und zu weniger saftigem Fleisch führt (Warner et al., 2007).

1.7.5 Scherkraft - Zartheit

Fleisch direkt nach der Schlachtung ist normalerweise sehr zart. Die Zartheit hängt, bevor der Rigor eintritt, vor allem vom Bindegewebsanteil und dem intramuskulären Fettanteil ab. Tritt der Rigor mortis ein, wird das Fleisch hart und zäh. Die Zartheit wird dann erst wieder mit der Auflösung des Rigors gewonnen (Gregory, 1998b). Mit zunehmendem Alter der Tiere nimmt die Scherkraft des Fleisches zu und die Zartheit ab. Ursachen sind eine Vergrößerung der Muskelfasern und eine zunehmende Quervernetzung des Bindegewebes, die zu einer geringeren Löslichkeit des Bindegewebes führt. Demgegenüber führt eine erhöhte intramuskuläre Fetteinlagerung mit zunehmendem Alter zu einer erhöhten Zartheit. (Augustini & Temisan, 1986). Das Bindegewebe beeinflusst die Scherkraft auf zwei Weisen. Zum einen hat der Bindegewebsanteil Einfluss und zum anderen wirkt sich die Löslichkeit des Bindegewebes auf die Scherkraft aus. Der Löslichkeit des Bindegewebes wird dabei ein größerer Einfluss auf die Zartheit als dem Anteil des Bindegewebes zugeschrieben. Die Löslichkeit des Bindegewebes nimmt mit zunehmendem Alter ab und wird von dem Verhältnis von älterem Kollagen zu neu gebildetem Kollagen beeinflusst. Älteres Kollagen weist dabei mehr Moleküle und mehr Quervernetzungen auf, weswegen die Löslichkeit abnimmt. Kollagen wird unter Hitzeeinwirkung löslich. Abhängig ist die Auflösung hierbei von der Höhe der Temperatur und der Dauer der Erhitzung (Boccard et al., 1979). Weibliche Tiere haben dabei oft zarteres Fleisch als männliche Tiere gleichen Entwicklungsstadiums. Gemessen werden konnte dieser Unterschied sowohl mit dem WBSF-Test und humansensorisch (Velik, Steinwigger, Frickh, Ibi & Kolbe Römer, 2008). Chronischer Stress kann entweder zur Muskelhypertrophie führen und damit den Anteil an Muskelfleisch im Vergleich zu Bindegewebe erhöhen. Unter diesen Bedingungen würde sich die Zartheit erhöhen. Führt der Stress aber zu einer katabolen Stoffwechselsituation, dann wird das Verhältnis von Myofibrillen zu Bindegewebe in Richtung Bindegewebe verschoben, was wiederum zu einer geringeren Zartheit führt (Augustini & Temisan, 1986). Akuter Stress vor der Schlachtung wirkt sich negativ auf die Zartheit und damit die Konsumentenattraktivität aus (Warner et al., 2007). Generell kann eine negative Korrelation zwischen der objektiv gemessenen Scherkraft und der humansensorisch erfassten Zartheit erkannt werden (Pollard et al., 2002; Velik et al., 2008).

1.7.6 Qualitätsparameter-humansensorisch

Humansensorische Qualitätsparameter können entweder von ungeschultem Personal (Friedrich et al., 2014; Warner et al., 2007) oder von geschultem Personal (Pollard et al., 2002)

durchgeführt werden. Wichtige Parameter sind dabei die Zartheit, die Farbe, die Saftigkeit, der Geschmack und der allgemeine Gefallen. In Australien wird anhand dieser Parameter ein Gesamtwert errechnet, bei dem die Zartheit am meisten Gewicht erhält. Danach folgen in absteigender Wichtigkeit der allgemeine Gefallen, die Farbe und zum Schluss die Saftigkeit (MLA, 2013). Beurteilt man die Essqualität von Fleisch ist es wichtig zu bedenken, dass nach Überschreiten eines bestimmten Mastendgewichtes eine negative Korrelation zwischen der Essqualität und der Schlachtkörperqualität besteht. Das liegt vor allem daran, dass mit zunehmendem Alter der intramuskuläre Fettanteil steigt, der die Essqualität positiv beeinflusst, aber auch der gesamte Fettanteil zu Ungunsten des Fleischanteils steigt (Augustini & Temisan, 1986). In der vorliegenden Studie werden nur die objektiven Qualitätsparameter analysiert. Da es bei diesen aber, wie im Kapitel „Qualitätsparameter – objektiv“ starke Korrelationen gibt, kann man so zu einem Teil die Qualität des Fleisches abbilden. Der Geschmack, welcher unter anderem vom intramuskulären Fettanteil beeinflusst wird und der Geruch werden in dieser Studie deswegen nicht untersucht (Augustini & Temisan, 1986). Rückstellproben der Fleischstücke, welche in dieser Studie gebraucht wurden, sind an der Universität Hohenheim vorhanden und können für eine spätere humansensorische Qualitätsanalyse benutzt werden.

1.7.7 Marmorierung

Unter der Marmorierung versteht man den Anteil des intramuskulären Fettes. Dieses Fett wird im Fleisch als letztes angesetzt, aber auch als erstes verbraucht. Deshalb müssen Tiere, um einen hohen Marmorierungsgrad zu erreichen sehr gut ernährt werden. Das intramuskuläre Fett verteilt sich ungleich im Körper. In der Nackenregion wird mehr intramuskuläres Fett gebildet als im hinteren Bereich des Tieres. Hunger oder Stress vor der Schlachtung können die Marmorierung schnell negativ beeinflussen (MLA, 2013). Augustini & Termisan (1986) betonen, dass die Fütterung einen stärkeren Einfluss auf die Marmorierung hat als das Alter der Tiere. Dennoch nimmt die Fetteinlagerung generell mit zunehmendem Alter zu. Intramuskuläre Fetteinlagerungen wirken sich außerdem positiv auf den Geschmack und die Saftigkeit aus (Augustini & Temisan, 1986).

1.8 Struktur der Schlachtung in Baden-Württemberg

Schon in den 1990er Jahren wurden die Auswirkungen der Zentralisierung der Schlachthöfe zu immer weniger und größeren Schlachthöfen in Europa aufgezeigt. Die längeren Transporte und

die verschiedenen Stressoren wie das Zusammenbringen von Tieren verschiedener Herkünfte, in Schlachthöfen führten auch damals zu höheren Cortisolspiegeln, einer höheren Körpertemperatur und schnellerem Herzschlag und hatte damit Einfluss auf die Fleischqualität (Warriss, 1990). Generell ist jeder Tiertransport als ein Stressfaktor anzusehen (Federation of Veterinarians of Europe, 2008). Grandin führte eine fünf Punkte Auditierung zur Kontrolle des Tierwohls auf amerikanischen Schlachthöfen ein (T. Grandin, 2012). Seit 1999 beteiligen sich daran Restaurant-Ketten wie McDonalds und Wendy's. Seit 2005 werden diese Prüfungen von externen Prüfern durchgeführt. Es wird dabei überprüft, ob Tiere im Schlachthof stürzen, wie oft elektrische Treibhilfen benutzt werden, ob eine Lautäußerung der Tiere in der Betäubungsbox dokumentiert wurde, ob das Betäuben beim ersten Versuch erfolgreich durchgeführt wurde und ob die Tiere innerhalb einer Stunde nach Betäubung bewusstlos bleiben (Grandin, 2012)

In Deutschland wurden im Jahr 2020 3.274.000 Rinder in Schlachthöfen geschlachtet. Deutschland schlachtet demzufolge nach Frankreich die meisten Rinder in der Europäischen Union (Eurostat, 2021). Deutschland zählte im Jahr 2020 knapp 1500 zugelassene Schlachtbetriebe. Die meisten davon hatten 20-49 Mitarbeiter. Seit 2018 ist außerdem ein leichter Aufwärtstrend der Anzahl von Schlachthöfen dieser Größenkategorie zu beobachten (Statista, 2021). Nach Bayern gibt es in Baden-Württemberg die meisten Betriebe im Fleischerhandwerk in Deutschland. Am wenigsten Betriebe im Fleischerhandwerk gibt es in Mecklenburg-Vorpommern (noch weniger gibt es in allen drei Stadtstaaten). Baden-Württemberg weist damit eine kleinteilige Struktur im Bereich Fleischverarbeitung auf (Deutscher Fleischer-Verband, 2020). 843 Betriebe haben in Baden-Württemberg aktuell (Februar 2022) eine EU-Zulassung für das Schlachten von als Haustieren gehaltenen Huftieren (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2021). Einen rückläufigen Trend der Schlachtstrukturen kann man sowohl auf Seiten der großen Schlachtbetriebe (>20GVE/Woche) und der kleinen Schlachtbetriebe (<20GVE/Woche) erkennen. Von Mitte 2017 bis Mitte 2021 sind 9,8% der großen und 7,3% der kleinen Schlachtbetriebe, welche auch Rinder schlachten, verschwunden. Auch wenn der prozentuale Anteil an verlorenen großen Schlachtunternehmen größer ist, so ist die absolute Zahl der verlorenen kleinen Betriebe mit 63 deutlich größer als die geschlossenen 5 auf Seiten der großen Schlachtbetriebe. Mitte 2021 waren es in Baden-Württemberg 803 kleine und 46 große Schlachtbetriebe, die als Haustiere gehaltene Huftiere schlachten durften (Hauk, 2021). Trotz dieser absoluten zahlenmäßigen Mehrheit der kleinen Schlachtbetriebe, tragen Schlachtbetriebe, welche mehr als 150 Rinder in der Woche schlachten, zu 79% der Gesamtschlachtungen in Baden-Württemberg bei (Hauk,

2020). Diese Entwicklung unterstreicht trotz der im Landesvergleich kleinteiligeren Strukturen in Baden-Württemberg den Strukturwandel und das Schwinden von kleinen Schlachtunternehmen. Als maßgebliche Treiber diesen Wandels, sieht das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz nicht nur abnehmende Viehzahlen, sondern auch den Fachkräftemangel sowie die steigenden Ansprüche der Verbraucher*innen im Zusammenhang mit dem Tierschutz bei der Schlachtung (Hauk, 2021).

Auf landwirtschaftlicher Seite geht auch an Baden-Württemberg der Trend zu immer größeren Betrieben nicht vorbei. Hatte ein landwirtschaftlicher Betrieb 2001 noch eine durchschnittliche Betriebsgröße von 20,4 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche, sind es im Jahr 2020 36 ha (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2021b). Dies ist aber verglichen mit dem Bundesdurchschnitt im Jahr 2020 von 63 ha auch im landwirtschaftlichen Sektor eher kleinstrukturiert. In Deutschland werden 9,6% der landwirtschaftlich genutzten Fläche ökologisch bewirtschaftet (Statistisches Bundesamt, 2021).

Im Zuge des europäischen Green Deals will Europa 2050 der erste klimaneutrale Kontinent sein (Landesregierung Baden-Württemberg, 2021). Bis 2030 sollen die Emissionen in der EU um 55% gegenüber 1990 verringert werden. Der Green Deal dient dabei als Konzept, das die Grundlage für einen „transformativen Wandel unserer Wirtschaft, Gesellschaft und Industrie“ (Europäische Kommission, 2021) in eine nachhaltige Richtung, solidarisch mit zukünftigen Generationen, zu lenken. Nachhaltige Lebensmittel und eine Kreislaufwirtschaft sind dabei wichtige Punkte für die Landwirtschaft (Europäische Kommission, 2021). Als ein Unterziel der nachhaltigen Lebensmittelproduktion ist eine Revision der bisherigen Gesetze bezüglich Tierschutz, Tiertransport und Schlachtung festgehalten (Europäische Kommission, 2020). Baden-Württemberg sieht sich als Wegbereiter der Anpassung der Gesetzeslage zur Schlachtung im Herkunftsbetrieb, die am 9. September 2021 in Kraft trat und will die Schlachtung im Herkunftsbetrieb weiter unterstützen (Landesregierung Baden-Württemberg, 2021).

1.9 Die ökologische Fleischwirtschaft in Baden-Württemberg

Die ökologische Landwirtschaft befindet sich in einem anhaltenden Aufwärtstrend. Seit 2003 hat sich die Fläche unter ökologischer Bewirtschaftung in Baden-Württemberg mehr als verdoppelt. Im Jahr 2020 wurden 173.656 ha landwirtschaftliche Nutzfläche ökologisch bewirtschaftet. Das entspricht 12,3% der landwirtschaftlichen Nutzfläche. 2003 waren es

dagegen nur 5,5%. 11,7% der Viehhaltenden Betriebe wirtschafteten ökologisch (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2021a).

1.10 Rechtslage in Deutschland

Grundsätzlich gelten in der EU zwei Arten von EU-Gesetzen: Verordnungen und Richtlinien. Verordnungen gelten dabei unverzüglich in allen Mitgliedsstaaten, während Richtlinien ein Ziel festlegen und erst noch in nationales Recht umgewandelt werden müssen (Europäische Union, NaN; Europäisches Parlament - Verbindungsbüro Deutschland, 2021). Beschlüsse auf EU-Ebene sind direkt für die EU-Länder oder einzelne Unternehmen bindend, an die sie gerichtet sind. Empfehlungen sind nicht verbindlich, genauso wie Stellungnahmen der Kommission, des Rates und des Parlaments. Letztere dienen der Erarbeitung von Rechtsvorschriften also von EU-Richtlinien und Verordnungen (Europäische Union, NaN). EU-Richtlinien werden in nationale Verordnungen überführt und vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz erlassen, wobei der Bundesrat zustimmen muss. In Deutschland werden also Gesetze vom Parlament beschlossen. Diese sind den Verordnungen übergeordnet, geben aber keine konkreten Durchführungshinweise. Dafür werden Gesetze von den zuständigen Verwaltungsorganen, wie im Beispiel oben vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, in nationale Verordnungen umgewandelt. Diese sind bindend und geben konkrete Anweisungen. EU-Recht steht dabei über dem nationalen Recht. Das bedeutet, wenn sich EU-Recht und nationales Recht widersprechen, muss das nationale Recht angepasst werden (Toyka-Seid & Schneider, 2021). In Bezug auf eine Schlachtung im Herkunftsbetrieb bildet die Verordnung (EG) Nr. 187/2002 die Basis für folgende Verordnungen und schafft allgemeine Grundsätze im Lebensmittelrecht und der Lebensmittelsicherheit. Die Verordnung (EG) Nr. 852/2004 des europäischen Parlaments und des Rates stellt das Werk zur hygienischen Herstellung aller Lebensmittel dar. Hier geht es darum die Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten. Die Spezifikationen zur hygienischen Herstellung tierischer Lebensmittel sind in der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 festgeschrieben. Die Verordnung (EG) Nr. 854/2004 legt die Verfahrensvorschriften für die Überwachung der tierischen Lebensmittel fest. In der Verordnung (EG) Nr. 882/2004 sind Bestimmungen zu Tiergesundheit und Tierschutz zu finden. Tiergesundheit und Tierschutz werden hier als wichtig für die Sicherheit und Qualität von Lebensmitteln eingestuft. Spezifischer wird es bei der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 vom 24. September 2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung. Tiere sollen hier bei Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Tötung von

„jedem vermeidbaren Schmerz, Stress und Leiden verschont“ werden (Art. 3 Absatz 1 Verordnung (EG) Nr. 1099/2009). Die Tötung der Tiere ist nur nach vorheriger Betäubung vorzunehmen (Art. 4 Absatz 1 Verordnung (EG) Nr. 1099/2009). Bei ausgewachsenen Wiederkäuern soll mit einem penetrierenden Bolzenschuss eine irreversible Schädigung des Gehirns gewährleistet sein (Anhang 1 Nr.1 Verordnung (EG) Nr. 1099/2009).

Anforderungen an den Schlachthof werden in der TierschutzSchlacht Verordnung gestellt. Der Boden muss im gesamten Aufenthaltsbereich der Tiere trittsicher gestaltet sein (§ 6 Absatz 2 TierSchlV, BGB), „Treibgänge [müssen so angelegt sein,] dass das selbständige Vorwärtsgen der Tiere gefördert wird“ (§ 6 Absatz 3 TierSchlV, BGB) und Rinder dürfen auf dem Weg zur Betäubung höchstens eine Steigung von 7 Grad überwinden (§ 6 Absatz 4 TierSchlV, BGB). Des Weiteren müssen die Kopfbewegungen von Rindern so verhindert und ruhiggestellt werden, dass „das Gerät [zur Betäubung] ohne Schwierigkeiten, genau und so lange wie nötig angesetzt und bedient werden kann“ sein (§ 11 Absatz 1 TierSchlV). Außerdem müssen Tiere durch die Betäubung „wahrnehmungs- und empfindungslos“ (§ 12 Absatz 1 TierSchlV) gemacht werden und in diesem Zustand bis zur Tötung verbleiben (§ 12 Absatz 1 TierSchlV). Als Betäubung sind „jedes bewusst eingesetzte Verfahren, das ein Tier ohne Schmerzen in eine Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit versetzt, einschließlich jedes Verfahrens, das zum sofortigen Tod führt“ (Art. 2 Abschnitt f Verordnung (EG) 1099/2009). Nach dem Schlachten und der Fleischuntersuchung muss das Fleisch außerdem einer Abkühlungskurve folgend auf 7 °C abgekühlt werden, darf aber während der Abkühlung zerlegt und entbeint werden (Anhang 3 Kapitel 7 Abschnitt1 Verordnung (EG) 853/2004).

In Anlage 1 zu § 12 Absatz 3 und 10 TierSchlV Punkt 2 wird der Kugelschuss als Tötungsmethode aufgeführt und für Rinder die „ganzjährig im Freien gehalten werden“ nach jeweiliger Zulassung der zuständigen Behörde genehmigt. Zwischen der Betäubung und dem Entbluteschnitt dürfen bei Rindern maximal 60 Sekunden liegen (Anlage 2 zu § 12 Absatz 6 TierSchlV). Bisher galt beim Kugelschuss die maximale Transportzeit nach der Tötung von einer Stunde, wenn das Fleisch zum menschlichen Verzehr genutzt werden soll (§12 Abschnitt 2 Tier-LMHV). Diese Ausnahmeregelung von §12 Abschnitt 2 Tier-LMHV wurden am 9. September von Kapitel VI a des Anhangs III Abschnitt I der Verordnung (EG) 853/2004 überlagert und ist damit nicht mehr gültig. Eine Schlachtung im Herkunftsbetrieb ist nun EU weit einheitlich geregelt. Die erste Nation, die eine offizielle rechtliche Regelung der Schlachtung im Herkunftsbetrieb erließ, war die Schweiz (Meili, 2020). In Deutschland waren

Schlachtungen im Herkunftsbetrieb bis zur neuen EU-VO nur als Ausnahmen geregelt (§12 Abschnitt 2 Tier-LMHV)

Die Rechtslage für die Ausnahmeregelungen zur Tötung mittels Kugelschuss bei ganzjährig im Freien gehaltenen Rindern ändert sich mit der Änderung der EU-Verordnung (EG) 853/2004 im September 2021. Da EU Recht über nationalem Recht steht (Toyka-Seid & Schneider, 2021), überlagert die neue EU-VO die deutsche Tier-LMHV. Alle Schlachtungen im Herkunftsbetrieb, unabhängig ob mit dem Kugelschuss oder dem Bolzenschuss betäubt wird, bedürfen künftig einer mobilen Einheit und die Transportzeit von Entbluteschnitt bis zur Ankunft im stationären Schlachthof darf ungekühlt zwei Stunden dauern (Ibrahim, 2021). Bisherige unbefristete Genehmigungen der Schlachtung von Rindern im Herkunftsbetrieb mittels Kugelschuss auf Grundlage der Tier LMHV sind mit der überlagernden EU-VO nicht mehr gültig und müssen beruhend auf dem neuen Rechtsrahmen neu beantragt werden. Besteht eine Genehmigung auf Grundlage des §12 Absatz 3 TierSchlV zur Tötung mittels Kugelschuss, so bleibt diese bestehen, kann aber weiterhin nur für Rinder, die ganzjährig im Freien gehalten werden, beantragt werden (Ibrahim, 2021). Wird eine Schlachtung also teilmobil im Herkunftsbetrieb durchgeführt, so wird die mobile Schlachteinheit als Teil des Schlachthofes definiert und kann unter der Zulassungsnummer des Schlachthofes geführt werden. Dabei gibt es drei mögliche verschiedene Szenarien. Erstens kann das Tier außerhalb der mobilen Einheit betäubt und entblutet werden. In diesem Fall wird die mobile Einheit nur für den Transport benötigt. Zweitens kann ein Betäuben außerhalb stattfinden und ein Entbluten und der Transport erfolgt mittels mobiler Einheit. Drittens können alle Schritte innerhalb der mobilen Einheit durchgeführt werden. Dadurch gelten auch für die mobile Einheit alle rechtlichen Vorschriften, die für einen Schlachthof gelten. Das bedeutet, dass Tiere in einem teilmobilen System vor der Tötung betäubt werden müssen (Art. 4 Absatz 1 Verordnung (EG) Nr. 1099/2009). Bis zur Veröffentlichung des Kapitels VI a des Anhang III Abschnitt I der Verordnung (EG) 853/2004 vom 9. September 2021 durften die Tiere die mobile Einheit nur lebend erreichen (AFFL-Umlaufbeschluss, 2017-VI). Nach wie vor muss eine Genehmigung des Verfahrens eingeholt werden. Dafür ist das für den landwirtschaftlichen Betrieb zuständige Veterinäramt zuständig. Eine Genehmigung ist dabei unabhängig von der Haltungsform. Das bedeutet ob Tiere ganzjährig im Freien gehalten werden oder nicht, spielt für die Genehmigung keine Rolle. Eine schriftliche Vereinbarung zwischen Tierhalter und Schlachthofbetreiber, die die Verantwortlichkeiten im Zusammenhang mit der Schlachtung regelt, muss für die Genehmigung vorhanden sein. Einer Erlaubnis von Systemen, bei denen das Tier außerhalb der mobilen Einheit entblutet wird, steht bei sachgemäßem Auffangen des Blutes nichts im Wege.

Dieses Blut darf nicht für den menschlichen Verzehr gebraucht werden. Die Fleischuntersuchung findet bei der Schlachtung im Herkunftsbetrieb gewöhnlich im stationären Schlachthof statt und bedarf keiner gesonderten Anmeldung. Die Transportzeit der geschlachteten Tiere bis zum Erreichen des stationären Schlachthofes darf eine Zeit von zwei Stunden nicht überschreiten. Dies löst das alte Zeitlimit von einer Stunde ab. Bei längeren Transporten muss das Tier ausgenommen und gekühlt werden (Anhang III, Kapitel 6a Verordnung (EG) 853/2004). Es besteht die Pflicht, den Schlachttermin drei Tage vor der Schlachtung bei der zuständigen Veterinärbehörde anzumelden. Außerdem muss ein/e amtliche/r Tierarzt*in bei der Schlachtung anwesend sein, um die Gesundheitsbescheinigung für die Anlieferung am Schlachthof zu gewährleisten (Fachbereich Veterinärwesen und Lebensmittelüberwachung, 2021).

1.11 Staatliche Förderung der Schlachtung im Herkunftsbetrieb

Im Land Baden-Württemberg wurde das Förderprogramm für mobile Schlachteinheiten unter dem Namen „Förderung Schlachtung nach Tierwohlkriterien“ (Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, 2021a) im Februar 2021 veröffentlicht. Neben Neu- und Umbaumaßnahmen in regionalen Schlachthöfen oder der Anschaffung eines Kamerasystems kann auch der Erwerb einer mobilen Schlachteinheit gefördert werden. Um eine Förderung erhalten zu können, muss eine Mindestinvestitionssumme der förderfähigen Ausgaben von 10.000 Euro erreicht werden. Wird eine Förderung genehmigt, beträgt die Zuwendung 40% der Ausgaben in Form von Zuschüssen. Empfänger der Fördergelder können dabei erstens Unternehmen der Verarbeitung und Vermarktung von Fleisch sein, wenn sie nicht gleichzeitig in der landwirtschaftlichen Produktion tätig sind. Zweitens können Erzeugerzusammenschlüsse die Fördergelder empfangen (Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, 2021a). Wichtig herauszustellen ist, dass keine Erzeugerbetriebe gefördert werden dürfen, sondern nur Betriebe in der Verarbeitung (Reinhard, M. (RP Stuttgart), persönl. Mitteilung, 04.11.2021). Unternehmen, die mehr als 250 Mitarbeiter*innen beschäftigen oder einen Jahresumsatz von 50 Mio. Euro überschreiten, sowie einzelne Erzeugerbetriebe sind von der Förderung ausgeschlossen. Voraussetzungen für eine Förderung ist, dass die Investitionen den festgelegten besonderen Tierwohlkriterien entsprechen. Diese sind in der Anlage der Verwaltungsvorschrift zur „Förderung Schlachtung nach Tierwohlkriterien“ (Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, 2021a) genau

festgelegt. Eine zugelassene mobile oder teilmobile Schlachteinheit entspricht diesen Kriterien, wenn sie über passende Ruhigstellungseinrichtungen verfügt. Auch muss ein Konzept vorgelegt werden, das unter anderem den zeitlichen Rahmen vorgibt. Bestehende Unternehmen müssen im Investitionskonzept einen Wirtschaftlichkeitsnachweis darlegen. Unternehmen, die neu bauen oder eine mobile Einheit neu anschaffen müssen den „Bezug und [den] Absatz der Schlachttiere [, mögliche] Kooperationen in der Schlachtung [, die] Einbindung in Qualitätsregelungen und spezifische Vermarktungs- und Absatzkonzepte“ (Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, 2021a, S.4) genau beleuchtet. (Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, 2021a). Seit das Förderprogramm Anfang 2021 auf den Weg gebracht wurde, sind beim Regierungspräsidium Freiburg sind bisher nur drei Anträge zur Förderung der mobilen Einheit eingegangen. Das Förderprogramm wurde aber auch erst Anfang 2021 auf den Weg gebracht (Stand Oktober 2021) (Butze, M. (RP Freiburg), persönl. Mitteilung, 21.10.21). Beim Regierungspräsidium Stuttgart sind zwar einige Anträge eingegangen, aber bisher wurde noch keine mobile Schlachteinheit abschließend gefördert (Reinhard, M. (RP Stuttgart), persönl. Mitteilung, 04.11.2021).

Für Erzeugerbetriebe gibt es die Möglichkeit über die einzelbetriebliche Förderung im Rahmen der Diversifizierung landwirtschaftlicher Unternehmen Fördergelder zu beantragen. Hierbei können 25% der Investitionssumme gefördert werden. Die Mindestinvestitionssumme liegt bei 20.000 Euro, maximal werden 200.000 Euro als Zuschuss gewährt. Eine mobile Schlachteinheit fällt dabei unter die „Investitionen in Einrichtung oder Modernisierung von Gebäuden einschließlich technischer Einrichtungen zur Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftsnaher Produkte“ (Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, 2021b, Kapitel 12)

2 Material und Methoden

Um die Stressauswirkung der verschiedenen Schlachtmethoden Kugelschuss, Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung und Schlachtung im Schlachthof, sowie die daraus resultierenden Änderungen der Fleischqualität miteinander zu vergleichen, wurden Betriebe gesucht, welche ähnliche Strukturen aufwiesen aber unterschiedlich schlachteten. Um Stressparameter zu beurteilen, wurde sich mit Landwirten und Landwirtinnen, Metzgereien und Schlachthöfen abgesprochen, um bei den jeweiligen Schlachtungen dabei sein zu können. Dies ermöglichte die Aufnahme der Verhaltensmerkmale und die Blutprobennahme. Um die Fleischqualität zu untersuchen, wurde Fleisch von den auf Stress untersuchten Tieren über Metzgereien, Schlachthöfe, Zerlegebetriebe und Lebensmitteleinzelhandelsketten bezogen. Die genaue Vorgehensweise und detaillierte Beschreibungen der Laboranalysen etc. folgen in diesem Kapitel.

Akquirierung von Partnerbetrieben

Da die Masterarbeit innerhalb des Wertkalb-Projekts durchgeführt wurde, konnte auf ein großes Netzwerk von Partner*innen aus Produktion, Verarbeitung, Vermarktung und Beratung zurückgegriffen werden. Um aber konkret Partner*innen zu finden, die die Tiere zur Probennahme zur Verfügung stellten und konkret mit mir kooperierten, bedurfte es einiger Telefonate. Über die Partner im Netzwerk des WertKalb-Projektes konnten Kontakte zu den praktizierenden Landwirten hergestellt werden. Aufgrund sehr heterogener Betriebsstrukturen wurde die Suche den Gegebenheiten eines Betriebes angepasst, der die meisten Probeniere liefern konnte. Dieser Betrieb hält Charolais Tiere nach EU-Bio Richtlinien und schlachtet alle Tiere nach Bolzenschussbetäubung im Herkunftsbetrieb. Um in der Folge eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Betrieben zu ermöglichen, wurden Betriebe gesucht mit ähnlichen Gegebenheiten gesucht. Dementsprechend wurden bevorzugt Tiere der Rasse Charolais, die unter Bio-Richtlinien gehalten wurde, beprobt. Eine Partner Metzgerei war zum Zeitpunkt der Probennahme noch mit dem Bau einer mobilen Einheit beschäftigt, dennoch sehr interessiert an dieser Forschungsarbeit. In dieser Metzgerei wird mittels mobiler Einheit im Herkunftsbetrieb und mit Lebendtierannahme geschlachtet. Für zukünftige Studien wäre das eine interessante Anlaufstelle. Die Schwierigkeiten des Timings und der Rassewahl wurden zunehmend deutlich. Nach einem Telefonat mit Herr Dr. Schmidt von der Rinderunion Baden-Württemberg konnten neue Kontakte zu Charolais Betrieben hergestellt werden. Darüber hinaus wurden die allgemeinen Rasseverteilungen in Baden-Württemberg deutlich und die damit einhergehende Schwierigkeit, Bio Charolais Betriebe zu akquirieren. In Tabelle 1

wird deutlich, dass unter den Mutterkuhbetrieben die Rasse Limousin und Angus den größten Anteil ausmachen. Erst an dritter Stelle steht die Rasse Charolais. Aus Gesprächen mit Dr. Schmidt (Rinderunion Baden-Württemberg) ging hervor, dass diese Rasse jedoch vor allem bei den konventionellen Betrieben im Einsatz ist. Bei den Bio Betrieben seien Charolais Rinder seltener vertreten

Tabelle 1: Fleischrinder in Baden-Württemberg je nach Rasse. Anzahl Betriebe und Anzahl Mutterkühe 2020 (Rinderunion Baden-Württemberg e.V., 2020; Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2020)

Fleischrinder in Baden-Württemberg Anzahl Betriebe und Mutterkühe 2020

Rasse	Zucht betriebe	Haltungs betriebe	Gesamt	Herdbuch kühe	Kühe gesamt in HIT gemeldet
Limousin	39	78	117	828	5.587
Angus	31	90	121	677	4.661
Charolais	12	31	43	373	1.899
Galloway	46	11	57	342	1.619
Highland	68	5	73	314	2.037
Fleckvieh Fleisch	15	12	27	281	678
Zwergzebu	21	3	24	161	820
übrige Rassen	88	7	95	494	2.248
Kreuzungen					39.969
Gesamt	321	237	558	3.470	59.518

Während den Telefonaten wurde klar, dass nicht nur die Rassebeschränkung, sondern leider auch der Zeitpunkt zur Probennahme nicht optimal war. Viele Betriebe lassen in den Monaten vor Weihnachten, also in den Monaten von Oktober bis Mitte Dezember, vermehrt schlachten, um die Tiere für Weihnachten zu vermarkten. In den Monaten Januar und Februar ist bei vielen Betrieben Schlachtpause. In zukünftigen Studien rate ich deshalb dazu, mit den Vorbereitungen bis Oktober fertig zu werden und dann die Monate Oktober, November und Dezember zur Probennahme zu nutzen. Nachdem durch Telefonate mit Landwirt*innen, Schlachthöfen und Metzgereien in Baden-Württemberg keine Bio Charolais Tiere, die bis Ende Februar 2022 geschlachtet werden sollten, mehr gefunden werden konnten, wurde die Suche ausgeweitet. Über den deutschen Charolais Verband und die Bio Rind RLP konnten weitere Tiere zur Probennahme in Rheinland-Pfalz und Hessen gefunden werden. Nach uniinterner Rücksprache vom 27.01.2022 wurde klar, dass die Proben, welche bis Ende Februar akquiriert werden können, für eine statistische Auswertung nicht reichen. Deswegen wurde eine weitere Woche

telefonisch und persönlich versucht Fleischproben zu generieren, sodass die Fleischqualitätsanalysen auf einer statistisch auswertbaren Stichprobe beruhen. Hier konnte die Lebensmitteleinzelhandelskette Hieber weiterhelfen. Über Hieber konnten Fleischproben von Tieren aus konventioneller Schlachtung und von Tieren, welche im Herkunftsbetrieb geschlachtet wurden, bezogen werden.

2.1 Beschreibung landwirtschaftliche Betriebe

Betrieb A liegt auf der Schwäbischen Alb, wirtschaftet nach EU-Bio Richtlinien. Es werden rund 160 ha Grünland bewirtschaftet und ca. 200 Tiere gehalten. Dementsprechend gestaltet sich die Fütterung der Tiere rein grünlandbasiert ohne den Zukauf betriebsfremder Futtermittel. Von Anfang Mai bis Ende November sind die Tiere auf der Weide und zur Herbstabkalbung kommen sie in den Stall. Hier werden sie mit Heu und Silage gefüttert. Hauptsächlich findet sich die Rasse Charolais auf dem Betrieb. Außerdem werden auf dem Betrieb Limousin, Piemonteser-Kreuzungen und ein paar Wagyu Tiere gehalten. Das angestrebte Schlachtgewicht für Färsen liegt bei 380 bis 400 kg. Vermarktet wird das Fleisch über die kooperierende Metzgerei und eine „Beef-Box“, in der anteilig alle Stücke eines Rindes enthalten sind. Auf diesem Betrieb wird nur noch im Herkunftsbetrieb mit der mobilen Einheit MSE-200A von „Schlachtung mit Achtung“ geschlachtet. Hierfür wird das Tier ein bis zwei Tage vorher zusammen mit einem anderen Tier in einen separaten Bereich gebracht. Ab dem nächsten Morgen wird es nicht mehr gefüttert, damit es für die Schlachtung, die meist mittags stattfindet, mit Futter leichter in die Fangeinrichtung der MSE-200A zu locken ist. Zur benötigten Zeit für die Schlachtung wird hier mit einer halben Stunde zusätzlicher Arbeit gerechnet.

Betrieb B liegt im südlichen Schwarzwald auf einer Höhe von 750 bis 950 üNN und einer jährlichen Gesamtniederschlagsmenge von ca. 1100 mm. Der Betrieb wirtschaftet nach Naturland Richtlinien und hält 60 Tiere hauptsächlich der Rasse Charolais. Die Tiere sind von Mai bis Anfang November ausschließlich auf der Weide und werden im Winter im Stall mit Heu und Silage gefüttert. In der Endmast wird vor allem Silage verfüttert. Das angestrebte Schlachtgewicht liegt bei 320 bis 350 kg und wird bei weiblichen Tieren bei einem Alter von ca. 24 Monaten und bei männlichen Tieren bei einem Alter von ca. 18 Monaten erreicht. Die Tiere haben durch Wanderwege um die Weiden und durch Besuche von Freunden und Kollegen des Bauern im Stall zum Teil auch Kontakt zu fremden Menschen.

Betrieb C liegt am Fuße der Schwäbischen Alb und hält seine Rinder ganzjährig im Freien. Die Rinder leben in einem einzigen Herdenverband ohne Trennung in verschiedene Gruppen. Produziert wird nach EU-Öko Richtlinien.

Betrieb K liegt in Rheinland-Pfalz und bewirtschaftet 170 ha auf 250 mÜNN, wovon ca. ein Drittel Grünland, ein Drittel Ackerland und ein Drittel Landschaftspflegeflächen sind. Im Jahresdurchschnitt fallen dort 750 mm Regen. Im Betrieb werden 40 Mutterkühe der Rasse Charolais gehalten und nach Bioland Richtlinien gefüttert. Dabei wird in der Fütterung eine Endmast gesondert durchgeführt, wobei Klee-Grassilage und Futtergetreide die Futtermischung bestimmen. Bei den Färsen dauert die Endmast zwei bis fünf Monate und bei den Bullen ca. 8 Monate. Angestrebt wird bei den Färsen ein Schlachtgewicht von 300 kg nach 25 bis 26 Monaten und bei den Bullen von 400 kg bei 18 bis 24 Monaten. Von Anfang April bis Anfang November sind die Tiere auf der Weide. Die Tiere von diesem Hof werden bei einem lokalen Schlachthof geschlachtet. Der Landwirt transportiert die Tiere ca. 45 Minuten mit dem Weideanhänger, den die Tiere kennen und positiv mit einer neuen Weide verbinden. Für das Verladen plant der Landwirt ca. eine Stunde Zeit ein. Es werden immer zwei bis drei Tiere zusammen transportiert und bei Ankunft am Schlachthof auch zusammen, aber getrennt von anderen Tieren, in eine separate Einheit gestellt. Um die Bio-Charge morgens als Erstes schlachten zu können, werden die Tiere am Vorabend angeliefert und dann am nächsten Morgen um ca. 6:00 Uhr geschlachtet. Der Betriebsleiter würde lieber einen Betriebsschlachtraum installieren, als eine mobile Schlachtung durchzuführen, um zu vermeiden, dass Tiere bei der Schlachtung zusehen.

Unter X sind Betriebe zusammengefasst, welche im südlichen Schwarzwald produzieren. Diese konventionellen Betriebe stellen meist kleine Familienbetriebe, oft im Nebenerwerb, dar. Die Rinderhaltung wird hier, auch aufgrund der Höhenlage und des Reliefs, vermehrt extensiv betrieben. Die Tiere dieser Betriebe wurden im Herkunftsbetrieb mit der mobilen Einheit MSE-200A von „Schlachtung mit Achtung“ geschlachtet.

Unter GE sind Betriebe der Erzeugergemeinschaft Gersbach und Wiesental zusammengefasst. Auch hier finden sich konventionelle Betriebe, die aufgrund der Höhenlage und Topografie extensiv und oft im Nebenerwerb geführt werden.

CLX Betriebe sind Betriebe in Frankreich, die über die Marke „Charoluxe“ in Deutschland vertrieben werden. Vermarktet werden Jungbullen unter 24 Monaten mit einem angestrebten Mindestschlachtgewicht von 360 kg. Sie haben mindestens einen Charolais Elternteil und

werden ausschließlich in Frankreich gezüchtet und geschlachtet. Die Betriebe halten durchschnittlich 56 Mutterkühe. Bis zu einem Alter von ca. 9 Monaten werden die Jungbullen mit den Muttertieren auf der Weide gehalten, wobei die Endmast in halboffenen Ställen auf Stroh stattfindet. Dabei kommt mindestens 60% des Futters aus regionaler Erzeugung.

2.2 Beschreibung Schlachthöfe und Metzgereien

Schlachthof WH ist ein reiner Schlachthof und liefert die Tiere in Hälften weiter in einen Zerlegebetrieb. Von dort aus kommen die Einzelteile dann in die jeweiligen Filialen. Blutproben konnten direkt vor Ort genommen werden, während die Fleischproben vom Zerlegebetrieb bezogen werden konnten.

Die Fleischproben, welche von dem Lebensmitteleinzelhändler Hieber bereitgestellt wurden, durchlaufen den folgenden Reifeprozess: Der Montag ist meist der Schlachttag für die Tiere. Am darauffolgenden Mittwoch oder Donnerstag werden die Hälften zerlegt und erst am Freitag wird das Fleisch entbeint und eingeschweißt und reift demzufolge im Vakuumbbeutel. Ca. eine Woche später gelangt das Fleisch in die Filialen von Hieber, wo es nach einer Reifezeit von zwei Wochen verkaufsfertig vorliegt. Für die vorliegende Forschungsarbeit, wurde versucht, das Fleisch dementsprechend direkt nach der Anlieferung von Hieber zu beziehen, um den Vakuumreifezeitraum von zwei Wochen möglichst einzuhalten. Die Proben unter dem Schlachthofkürzel H stammen dementsprechend von unterschiedlichen Schlachthöfen. Schlachthof WH ist hier auch vertreten.

Schlachthof S ist ein Schlachthof in Rheinland-Pfalz. Proben konnten hier bei dem örtlichen Zerlegebetrieb bezogen werden.

Metzgerei AS ist eine Metzgerei auf der Schwäbischen Alb, welche unter anderem Rinder schlachtet. Die Rinder die hier zerlegt und verarbeitet werden, werden in den meisten Fällen im Herkunftsbetrieb geschlachtet und tot zur Metzgerei transportiert. Die Weiterverarbeitung zu den konsumfertigen Waren findet in derselben Metzgerei statt. Die entnommenen Proben werden in einem Vakuumbbeutel bei einem Grad gereift.

In Schlachtbetrieb U werden die eigenen Tiere nach Weideschuss verarbeitet.

Über Hieber konnten zusätzlich Proben von Tieren, welche im Herkunftsbetrieb geschlachtet wurden, bezogen werden. Schlachthof SmA verarbeitet unter anderem Tiere, welche im Herkunftsbetrieb geschlachtet werden. Die Tiere werden in diesem Schlachthof eine Woche am

Knochen gereift, anschließend zerlegt und vakuumverpackt. Im Vakuum erfolgt die weitere Reifung.

2.3 Beschreibung mobile Einheit MSE-200A

Alle teilnehmenden Betriebe, die die Schlachtung im Herkunftsbetrieb praktizieren, benutzen die MSE-200A der Firma MST Mobile Schlachttechnik GbR, die von der IG Schlachtung mit Achtung entwickelt wurde (Abbildung 7).



Abbildung 7: MSE-200A, entwickelt von IG Schlachtung mit Achtung (J. Zeidler)

Bei dem Modell handelt es sich um die Variante einer mobilen Einheit, bei der das Betäuben, das Entbluten und anschließend der Transport in der mobilen Einheit stattfindet. Für das Betäuben wird der Kopf des Tieres automatisch fixiert und auch für das anschließende Entbluten ist das Tier automatisch in einer Position fixiert, die einen einfachen Bruststich erlaubt. Das Fanggitter kann ab- und angekoppelt werden. Somit ist es möglich das Fanggitter

im Voraus auf dem Betrieb zu installieren, sodass sich die Tiere an die Fangeinrichtung gewöhnen können (Abbildung 8 und 9).



Abbildung 9: Abgekoppeltes Fanggitter (J. Zeidler).



Abbildung 8: Abgekoppeltes Fanggitter von vorne (J. Zeidler).

Für die Schlachtung wird die Fangeinrichtung angekoppelt und verbleibt zur Fixierung der Tiere während des Transports in der Box. Erst nach Ausladen des Tieres ist die Fangeinrichtung wieder frei. Zusätzlich befindet sich eine integrierte Hygieneeinheit in der mobilen Einheit. Der Schlachtkörper wird automatisch in der mobilen Einheit fixiert, was einer automatischen Ladungssicherung entspricht. Das Markenzeichen dieser mobilen Einheit ist die angebotene Transparenz einer jeden Schlachtung. Jede Schlachtung wird anhand einer fest integrierten Kamera aufgezeichnet und kann anhand der Ohrmarkennummer aufgerufen und rückverfolgt werden (IG Schlachtung mit Achtung, 2021).

2.4 Probennahme

Die Probennahme konnte durch Kooperation mit vielen zuverlässigen Partnern ermöglicht werden. Der Probennahmezeitraum dauerte von Anfang Dezember 2021 bis Mitte März 2022. Um Proben zu generieren, wurde mit verschiedenen Verbänden und Erzeugergemeinschaften kooperiert. Darunter fallen die Erzeugergemeinschaft Bio Schwarzwald Weiderind, die

Initiative Schlachtung mit Achtung, der Verband deutscher Charolais Züchter, die Lebensmitteleinzelhandelskette Hieber, der Firma Emil Färber GmbH & Co. KG, die Metzgerei Balzer, die Bio Rind und Fleisch GmbH und die teilnehmenden Landwirt*innen.

Für die Generierung der Blutproben kooperierte mit uns der Schlachthof Färber Waldshut, das Uria Team und die Metzgerei Balzer in Dotternhausen. Dabei wurden bei allen Schlachtungen, bei denen ich anwesend war, Blutproben aus dem Stichblut generiert. Das Uria Team nahm selbst Blutproben bei der Schlachtung, welche mir dann anschließend zur Untersuchung zur Verfügung standen.

Um die Fleischproben zu generieren konnte Fleisch bei der Zerlegung von Färber in Emmendingen, vom Uria Team und der Metzgerei Balzer bezogen werden. Zudem konnte durch die Organisation von Bio Rind und Fleisch GmbH Fleisch von der Firma Quint in Kenn mit einbezogen werden. Ein großer Teil der Fleischproben konnten gebündelt durch Hieber gesammelt werden. Hierunter fielen Fleischproben von Tieren, die im Herkunftsbetrieb geschlachtet wurden und im Schlachthof in Wies zerlegt wurden, Proben von Tieren der Erzeugergemeinschaft Gersbach und Wiesental, welche im Schlachthof Färber in Waldshut geschlachtet wurden, sowie Proben von Tieren der Marke „Charoluxe“, welche in Frankreich geschlachtet wurden.

2.5 Probenvorbereitung

2.5.1 Blutproben für die Cortisolanalysen

Während der Schlachtung werden, direkt bei der Entblutung, je Tier zwei Proberöhrchen Li-Heparin (10 ml) und drei EDTA-Proberöhrchen (5 ml) direkt mit Stichblut gefüllt, geschwenkt und in einer Kühlbox für den Transport gelagert. Dies verhindert ein Koagulieren des Blutes. Außerdem werden zwei 14 ml große Proberöhrchen ohne jegliche Koagulanzen mit Stichblut gefüllt. Alle Proben werden in einer Kühlbox transportiert, anschließend werden je zwei Li-Heparin- und zwei EDTA-Proberöhrchen zentrifugiert, um Blutplasma zu erhalten. Die zwei Proberöhrchen ohne Koagulanzen werden zentrifugiert, um Blutserum zu erhalten. Gearbeitet wird mit einer SERVOspin PLUS Tischzentrifuge bei einer relativen Zentrifugalkraft von 2000g über 15 min. Im Anschluss wird das Plasma und das Serum abpipettiert und in Eppendorf Reaktionsgefäßen bei -20°C tiefgefroren. Eine EDTA-Proberöhre wird als Reserve eingefroren.

2.5.2 Fleischproben für die Qualitäts-Analyse

Da das Probenmaterial aus unterschiedlichen Schlachthöfen und Metzgereien kommt, ist eine komplette Vereinheitlichung des Reifeprozesses nicht möglich. Proben wurden vom langen Rückenmuskel (*Musculus longissimus dorsi*) zwischen der neunten und der elften Rippe genommen (Abbildung 10).



Abbildung 10: Bereich zwischen 9. und 11. Rippe (J. Zeidler)

In Metzgerei AS kühlen die Viertel im Winter ca. 12 Stunden im Schlachthaus aus und kommen dann ins Kühlhaus, wo sie noch 24 Stunden bei 1°C am Viertel bleiben und erst anschließend entbeint werden. Im Sommer kommen die Viertel direkt ins Kühlhaus und kühlen 24 Stunden

bei 1°C bevor sie zerlegt werden. Das Stück zur Analyse wird während der Zerlegung nach 24 Stunden Kühlhausreifung herausgeschnitten und reift weitere zwei Wochen im Vakuumbbeutel bei 1°C. Anschließend wird das Probenmaterial bis zu den Laboranalysen bei -20°C tiefgefroren.

Bei Schlachthof WH reift das Fleisch vier Tage am Knochen, bevor das Tier entbeint und zerlegt wird. Die Zerlegung findet in einem separaten Zerlegebetrieb statt. Bei diesem wird die Probe im Vakuumbbeutel abgeholt und für weitere 10 Tage im Kühlschrank entsprechend gereift. Anschließend wurden auch diese Proben bis zur folgenden Analyse bei - 20°C tiefgefroren. Es wird streng darauf geachtet, dass bei allen Proben eine Reifezeit von genau 14 Tagen vom Tag der Schlachtung bis zum Zeitpunkt des Tiefgefrierens eingehalten werden. Dennoch konnte dies nicht bei allen Proben erreicht werden. Einzelne markierte Proben konnten erst nach längerer Reifezeit in den jeweiligen Filialen des Lebensmitteleinzelhandels (LEH) eingesammelt werden. Dennoch war das Reifeverfahren das Gleiche. Auch hier wurde im Vakuumbbeutel gereift. Bei Schlachthof SmA werden die Tiere eine Woche am Knochen gereift, erst anschließend entbeint und weiter im Vakuum gereift.

Generell wurde versucht alle Proben unabhängig vom Reifealter zum Zeitpunkt des Einsammelns im eigenen Kühlschrank bei einem Grad zwei Wochen reifen zu lassen (Abbildung 11).



Abbildung 11: Reifung der Proben im eigenen Kühlschrank unter ständiger Temperaturkontrolle (J. Zeidler).

Der pH-Wert wird wo möglich nach einer Stunde und nach 24 Stunden gemessen. Entweder kommen die Daten von den Schlachthöfen und Metzgereien und werden mittels kalibrierter pH-Wert-Messgeräte ermittelt, oder sie werden selbst gemessen. Dazu wird zwischen 9. und 11. Rippe ein kleiner Schnitt in den Muskel gelegt um mit dem pH-Meter in den Muskel zu gelangen. Gearbeitet wird mit dem „pH-Star“ der Firma Matthäus GmbH und Co. KG. Messungen werden nach vorheriger Kalibrierung in einer pH 4,6 und einer pH 7 Lösung durchgeführt.

2.6 Analyse der Stressparameter-Verhalten

Anhand eines vorgefertigten Verhaltensbogens (Anhang: Tabelle A1 und A2) werden Verhaltensparameter schriftlich aufgezeichnet. Dies wurde bei allen Tieren durchgeführt, bei denen es möglich war, die Schlachtung zu begleiten. Dies war bei zwei Tieren im Schlachthof und fünf Tieren bei einer Schlachtung im Herkunftsbetrieb der Fall. Von den fünf genannten Schlachtungen im Herkunftsbetrieb von Betrieb A, wurden drei Schlachtungen mit der Kamera aufgenommen, um die Reaktion der anderen Tiere zu beurteilen. Um die Forschungsfrage der

Reaktion der anderen Tiere anzugehen, müssten hier aber noch viel weitergehende und langfristige Aufnahmen gemacht werden. Von Betrieb U konnten zusätzlich vier Blutproben generiert werden, die allerdings nicht direkt am Tag der Schlachtung zentrifugiert und eingefroren werden konnten.

2.7 Analyse der Stressparameter-Blut

Das eingefrorene Blutplasma und -serum wird aufgetaut und anschließend mittels Radioimmunoassay im Doppelansatz analysiert. Als Extraktionsmittel wurde Ethylacetat verwendet. Analysiert wurden Cortisolkonzentrationen in Plasma von EDTA und Heparin, sowie im Serum. Zur weiteren Auswertung wurden allerdings nur die Daten der Heparin-Plasma Analyse verwendet. Diese wiesen eine Wiederfindungsrate von 91,46% auf.

2.8 Analyse der Qualitätsparameter

Da die Proben zu unterschiedlichen Zeitpunkten genommen wurden, wurden die Proben eingefroren, um den Reifeprozess zu stoppen. Vor der Laborarbeit wurden die Proben über 48 Stunden bei 4°C aufgetaut. Dabei wurde das Fleisch gefroren, sowie aufgetaut und mit einem Papiertuch abgetupft gewogen, um den Tausaftverlust zu ermitteln. Anschließend wurden die Proben so zugeschnitten, dass der *Musculus longissimus dorsi* bearbeitet werden konnte. Aus dem langen Rückenmuskel wurden darauffolgend, quer zum Faserverlauf, kleine Steaks in einer Breite von ca. 2 cm geschnitten. An diesen wurden die anschließenden Untersuchungen durchgeführt.

2.8.1 PH-Wert, Leitfähigkeit, Marmorierung und Farbmessung

PH-Wert, Leitfähigkeit und die Farbmessung fanden am rohen, aufgetauten Fleisch statt, bevor die Proben für weitere Messungen entweder gekocht oder gegrillt wurden. Der pH-Wert wurde mittels des Einhand-pH-Wertmessgerät pH-Star der Firma Matthäus erfasst. Nach jeweils vorheriger Kalibrierung wurden die Messungen durchgeführt. Auch die Leitfähigkeit wurde mit einem Gerät der Firma Matthäus in mS/cm gemessen. Zum Einsatz kam das Leitfähigkeitsmessgerät LF-Star. An allen Proben wurde die Leitfähigkeit und der pH-Wert nach einem Auftauen von 48 Stunden bei 4°C am *Musculus longissimus dorsi* gemessen. Je Tier wurden jeweils vier Wiederholungen gemessen. Die Marmorierung wurde pro Tier anhand

eines zwölfstufigen Scores der Japan Meat Grading Association visuell bestimmt. Fleisch der Kategorie zwölf weist dabei die höchste Marmorierung auf. Die Farbmessungen wurden anhand des $L^*a^*b^*$ Farbraums bestimmt. Die L^* -Achse steht senkrecht zu den beiden anderen Achsen und stellt die Helligkeit dar, wobei der Wert 0 Schwarz entspricht und die Helligkeit von dort aus mit zunehmenden Werten zunimmt. Die a^* -Achse reicht von Grün (negative Werte) nach Rot (positive Werte). Je höher der Betrag der Werte, desto intensiver ist die Farbe. Die b^* -Achse verbindet Blau (negative Werte) mit Gelb (positive Werte). Auch hier stellen höhere Beträge der Werte intensivere Farben dar. Zur praktischen Messung der Farbe wurde das Gerät Chroma Meter CR-400 der Firma Konica Minolta eingesetzt (Abbildung12).



Abbildung 12: Farbmessung mit dem Chroma Meter CR-400 der Firma Konica Minolta (j. Zeidler).

2.8.2 Kochsaftverlust und Grillsaftverlust

Um den Kochsaftverlust zu bestimmen, wurden die ca. 2 cm dicken Probenstücke roh gewogen und anschließend in Plastik-Gefrierbeutel gepackt, um in diesen gekocht zu werden. Jeweils 4 Proben wurden zusammen gekocht. Bei kochendem Wasser wurden die Proben bis zu einer Kerntemperatur von 85°C gekocht (Abbildung 13).



Abbildung 13: Kochen der Proben in Plastikbeuteln bis zu einer Kerntemperatur von 85°C (J. Zeidler).

Gemessen wurde die Kerntemperatur jeweils in dem Dicksten der Probenstücke einer Charge. Nach dem Kochen und einer Abkühlzeit von ca. 10 Minuten wurden die Proben aus dem Plastikbeutel genommen, mit einem Papiertuch abgetupft und anschließend rückgewogen (Abbildung 14).



Abbildung 14: Bevor die Proben gekocht gewogen werden, werden sie mit einem Papiertuch abgetupft (J. Zeidler)

Um den Grillsaftverlust zu bestimmen wurden die Fleischproben jeweils roh gewogen und anschließend mit einem Plattenkontaktgrill bis zu einer Kerntemperatur von 85°C gegrillt. Auch hier wurde die Kerntemperatur jeweils am dicksten der Stücke gemessen (Abbildung 15).

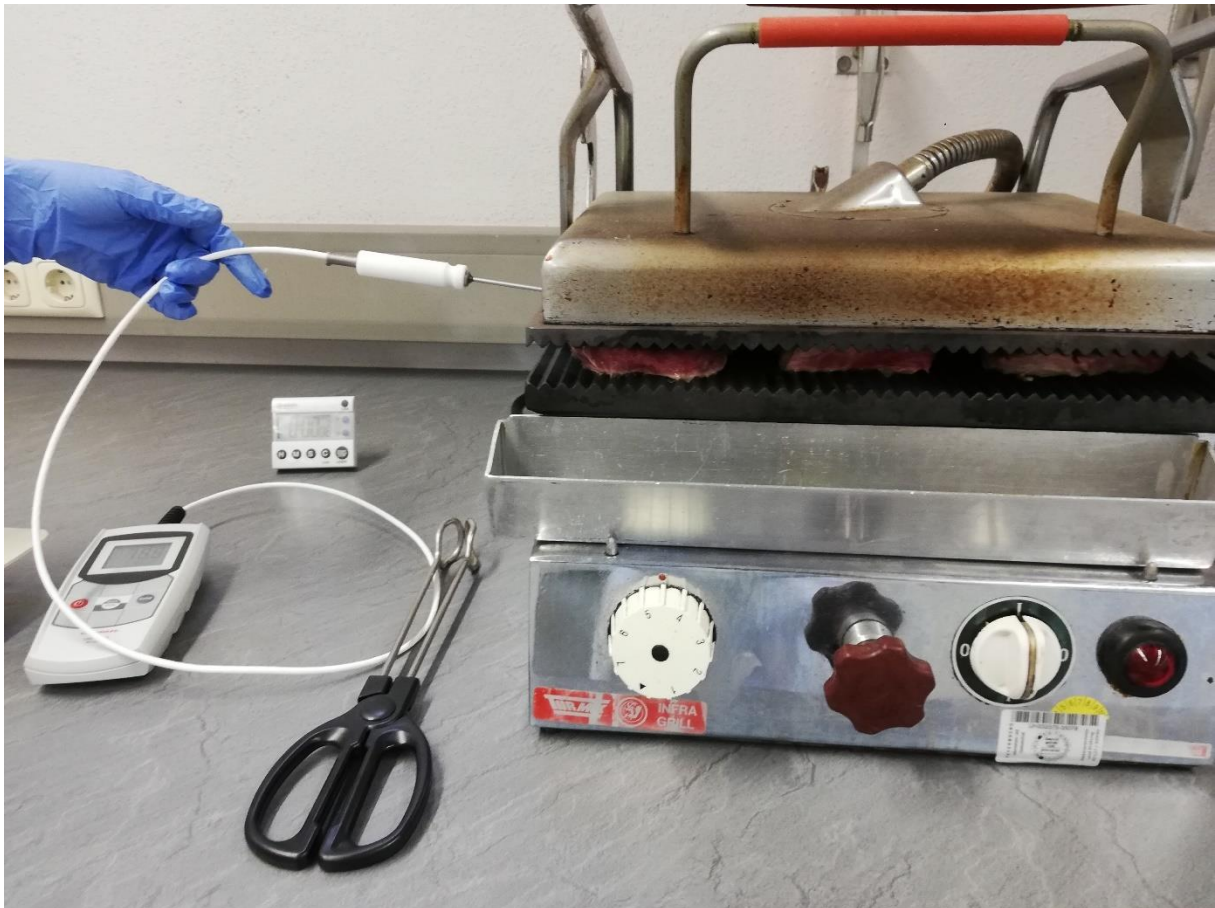


Abbildung 15: Grillen der Fleischproben in einem Plattenkontaktgrill bis zu einer Kerntemperatur von 85°C (J. Zeidler).

Es konnten jeweils sechs Proben gemeinsam gegrillt werden. Auch nach dem Grillen wurden die Proben ca. 10 Minuten bei Raumtemperatur abgekühlt, anschließend mit einem Papiertuch abgetupft und rückgewogen.

2.8.3 Scherkraft

Die Scherkraftmessung wurde nach dem Kochen und Grillen durchgeführt. Dazu wurden die Proben nach dem Kochen und Grillen in passende Stücke gestanzt (Abbildung 16), mit Klarsichtfolie abgedeckt und über Nacht bei 4°C aufbewahrt. Nach 30 Minuten Aufwärmen bei Zimmertemperatur wurde die Scherkraft an jeweils vier Wiederholungen pro Tier gekocht und gegrillt gemessen.



Abbildung 16: Gestanzte Stücke aus den gekochten Proben, bereit für die Scherkraftmessungen (J. Zeidler).

Gemessen wurde bei Raumtemperatur am *Musculus longissimus dorsi* bei einer Breite der Probenstücke von ca. 2 cm. Zur Scherkraftmessung kam das Gerät Instron 5565 der Firma Instron zum Einsatz (Abbildung 17). Dabei wurde in Richtung der Hauptmuskelfaser bei einer Geschwindigkeit der V-förmigen Warner-Bratzler-Fleischschere von 200mm/min gemessen. Die Daten wurden in Newton ausgegeben und später in kg umgerechnet.



Abbildung 17: Scherkraftmessung anhand des Gerätes Instron 5565 und V-förmiger Warner-Bratzler-Fleischschere (J. Zeidler).

2.9 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse wurde anhand einer Teilkostenrechnung der Verfahren Schlachtung im Herkunftsbetrieb und Schlachtung im Schlachthof mit Lebendtiertransport durchgeführt. Plakativ wurde das Verfahren Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Daten von Betrieb A, K und Schlachthof/Metzgerei AS berechnet. Als Preise pro kg Schlachtgewicht wurde der Durchschnitt der Preise für Bio Rinder der R-Kategorie der EUROP Klassifizierung der Bundesrepublik Deutschland aus der Kalenderwoche 51 des Jahres 2021 herangezogen., da die meisten Proben, welche EUROP klassifiziert wurden der Kategorie R2 entsprachen. Anschließend wurde ein Durchschnittspreis aus dem Preis für Bio-Jungbullen und Bio-Färsen errechnet. Dieser dient als Rechnungsgrundlage der vorliegenden Teilkostenrechnung. Für die Transportkosten wurden wie oben 50 km Fahrdistanz als Rechnungsgrundlage genutzt und davon ausgegangen, dass der/ die Landwirt*in die Tiere selbst dorthin transportiert. Bei einer für die meisten Viehanhänger geltenden Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h würden für die reine Fahrtzeit 37,5 min benötigt. In der anschließenden Rechnung wird eine Stunde Zeit für

den Transport zu Grunde gelegt, um eine Durchschnittsgeschwindigkeit und das Verladen mit zu berücksichtigen.

2.10 Statistische Auswertung

2.10.1 Datenbeschreibung

In Tabelle 2 wird die Datengrundlage für die Fleischqualitätsuntersuchung beschrieben. Insgesamt 27 Tiere von sieben unterschiedlichen landwirtschaftlichen Betrieben wurden in der Studie untersucht. Blutproben konnten nur bei 11 Tieren genommen werden (siehe Ergebnisse Stressanalyse). Das Alter der Tiere schwankte zwischen 12 und 30 Monaten, mit einem Mittelwert von 22 Monaten.

Tabelle 2: Charakterisierung der Fleischproben. Schlachtung: Herk.betr. - Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachtung mit Kugelschuss; Rasse: CLS - Charolais (mindestens ein Elternteil Charolais), Uria - sonstige Rassen, Herde bei Uria e.V., FF - Kreuzung Fleischrind X Fleischrind, FV - Fleckvieh, Li - Limousin, FM - Kreuzung Fleischrind X Milchrind; ProduktionsV - Produktionsverfahren: Konv. - konventionell.

Fleischproben Charakterisierung

Gesamt									
Anzahl Tiere	27								
Schlachtung									
	Schlachthof	HKB	Kugelschuss						
Anzahl Tiere	14	9	4						
Betrieb									
	A	B	C	K	X	GE	CLX		
Anzahl Tiere	5	2	4	3	4	7	2		
Geschlecht									
	M	W							
Anzahl Tiere	15	12							
Rasse									
	C	Uria	FF	FV	Li	FM			
Anzahl Tiere	12	4	3	4	1	3			
Produktionsverfahren									
	Konventionell	Bio							
Anzahl Tiere	13	14							
Reifedauer									
	14 Tage	14-21 Tage	> 21 Tage						
Anzahl Tiere	15	5	7						

2.10.2 Bereinigung der Rohdaten

Zu Beginn wurden die Rohdaten für die statistische Auswertung bereinigt. Betreffend der Verhaltensmerkmale war der Datensatz lückenhaft, weshalb die Bereinigung vor allem Verhaltensindikatoren betraf. Zu Beginn wurden die Gesamtdaten in einem Boxplot betrachtet und zwei Ausreißer definiert (Abbildung 18) und entfernt. Diese sind in der folgenden Abbildung als X kenntlich gemacht. Genauer beleuchtet wird das in der Diskussion zur Stressanalyse.

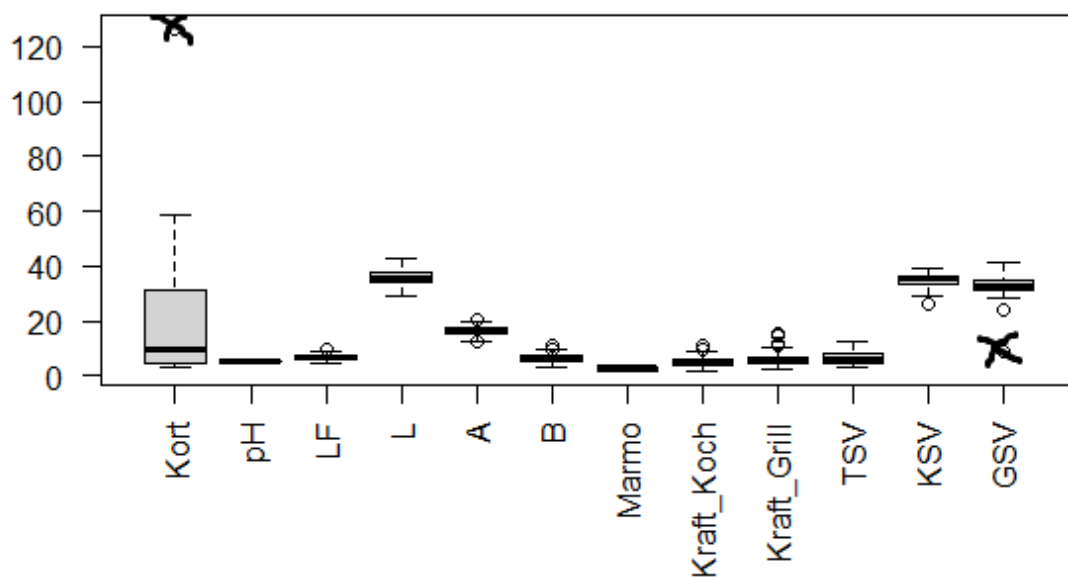


Abbildung 18: Boxplot der Datenverteilung aller abhängigen Variablen. Darunter Cortisol (Kort), pH-Wert, Leitfähigkeit (LF), L L*a*b* System (L), a L*a*b* System (A), b L*a*b* System (B), Marmorierung (Marmo), Scherkraft gekocht (Kraft_Koch), Scherkraft gegrillt (Kraft_Grill), Tausaftverlust (TSV), Kochsaftverlust (KSV) und Grillsaftverlust (GSV).

2.10.3 Statistische Modelle und Korrelationen

Um die Ergebnisse auszuwerten, wurden gemischte lineare Modelle (linear mixed models, LMM) benutzt. Ein LMM kann mathematisch in folgender Gleichung dargestellt werden:

$$\text{Formel 1: } Y = X\beta + Zv + \varepsilon$$

Dabei stellt Y den Vektor der Zielvariablen dar, β alle fixen Effekte mit deren Design Matrix X , v alle zufälligen Effekte mit deren Design Matrix Z und ε den Vektor der Residuen (Bingham & Fry, 2010).

Benutzt man ein generalisiertes gemischtes lineares Modell (generalized linear mixed model, GLMM), kann der lineare Prädiktor η ,

$$\text{Formel 2: } \eta = X\beta + Zv$$

durch eine Link Funktion an den Vektor der Zielvariablen gebunden werden, auch wenn die Residuen nicht normalverteilt sind. In der vorliegenden Studie wurde beim Aufstellen des statistischen Modells des Rottens, a L*a*b* System, eine Inverse Link Funktion verwendet, da die Residuen einer Gammaverteilung entsprachen. Dies entspricht dann $1/\eta$ (Kachmann, 2000).

$$\text{Formel 3: } Y = (1 / (\eta)) + \varepsilon$$

In der vorliegenden Studie wurden statistische Modelle einerseits mit dem gesamten Datensatz berechnet und zusätzlich mit Teildatensätzen für die Rasse Charolais und einheitlicher Reifedauer. Alle statistischen Analysen wurden mit der Software R in der Version 4.1.2 durchgeführt. Zur Berechnung der statistischen Modelle wurde die Funktion *glmer* aus dem *lme4* package genutzt. Nach dem Aufstellen der statistischen Modelle wurden die Voraussetzungen geprüft. Homoskedastizität der Residuen wurde visuell anhand eines Scatterplots beurteilt. Bei allen statistischen Modellen kann von Homoskedastizität ausgegangen werden, da die Residuen gleichmäßig um die Regressionsgerade streuten. Um die Normalverteilung der Residuen zu prüfen, wurden die Histogramme und QQ Plots der Residuen visuell untersucht. Normalverteilte Histogramme glichen einer Gaußschen Normalverteilungskurve, während die Residuen normalverteilter QQ Plots annähernd auf einer Geraden lagen. Zusätzlich wurden die Residuen mit dem Shapiro-Wilk Test auf Normalverteilung getestet. Da die vorhandene Stichprobe vergleichsweise klein war, wurde die Normalverteilung im Zweifelsfall nicht strikt anhand es Shapiro-Wilk Tests, sondern visuell beurteilt. War eine Normalverteilung nicht gegeben, wurde die Link-Funktion in den statistischen Modellen angepasst. Zur Übersicht, welche statistischen Modelle für welche abhängigen Variablen oder Zielvariablen genutzt wurden, dient Tabelle 3.

Korrelationen wurden entweder nach Pearson berechnet. Die berechneten Daten waren metrisch skaliert und entsprachen einer Normalverteilung. Die Normalverteilung der Daten wurde visuell anhand des Histogramms beurteilt. Für ordinal skalierte Daten wurde die Korrelation nach Spearman berechnet.

Tabelle 3: Übersicht zu den eingesetzten statistischen Modellen. Dargestellt sind die abhängigen Variablen Cortisol, pH-Wert, Leitfähigkeit (LF), L L*a*b* System (L), a L*a*b* System (A), b L*a*b* System (B), Marmorierung (Marmo), Scherkraft gekocht, Scherkraft gegrillt, Tausaftverlust (TSV), Kochsaftverlust (KSV) und Grillsaftverlust (GSV).

Übersicht der eingesetzten statistischen Modelle

abhängige Variable	Normalverteilung der Residuen	Homoskedastizität	Modell	family	Link-Funktion
Cortisol	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
pH-Wert	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
LF	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
L	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
A	nein	ja	glmer	Gamma	Inverse (1/ η)
B	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
Scherkraft gekocht	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
Scherkraft gegrillt	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
TSV	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
KSV	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
GSV	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
Teildatensatz der Rasse Charolais					
Scherkraft gekocht	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
Scherkraft gegrillt	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
TSV	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
KSV	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
GSV	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
Teildatensatz bei 14 Tage Reifezeit					
pH-Wert	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
Scherkraft gekocht	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
Scherkraft gegrillt	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
TSV	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
KSV	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity
GSV	ja	ja	glmer	Gaussian	Identity

In R wurden die statistischen Modelle für Analysen in der Gesamtstichprobe wie folgt aufgestellt:

```
glmerY <- glmer(Y ~ fixer Effekti + (1|zufälliger Effektj), family = Gamma() oder Gaussian(),  
data = Y)
```

Die Zielvariable Y wurde dabei in Abhängigkeit von den fixen Effekten Schlachtverfahren, Rasse, Geschlecht, Alter, Schlachtgewicht und Reifedauer modelliert. Das Produktionsverfahren (ob Bio oder Konventionell) wurde in den statistischen Modellen nicht berücksichtigt, da die vorliegenden konventionellen Proben aus sehr kleinstrukturierten und extensiv wirtschaftenden Betrieben kamen, bei denen die Haltungsform und die Fütterung denen im Bio Anbau stark ähnelten. Das einzelne Rind (RindID) wurde als zufälliger Effekt definiert. Da viele Betriebe eine einzelne Rasse hielten, kam es zu Multikollinearität bei den Prädiktoren Rasse und Betrieb. Deshalb wurde der Betriebseffekt als zufälliger Effekt modelliert. Da es zum Cortisol und zum Tausaftverlust nur jeweils einen Wert zu jedem einzelnen Tier gibt, wurde die RindID aus dem statistischen Modell herausgenommen und lediglich der Betrieb als zufälliger Effekt modelliert. Mit dem *family* Argument wurde die passende Link Funktion spezifiziert.

Statistische Modelle aus dem Teildatensatz Charolais, wurde modelliert nach:

```
glmerCLSY <- glmer(Y fixer Effekti + (1|zufälliger Effektj), data = CLSY).
```

Als fixe Effekte wurden das Schlachtverfahren, das Geschlecht, das Alter, das Schlachtgewicht und die Reifedauer modelliert. Die RindID und der Betrieb wurden als zufällige Effekte definiert.

Modelle aus dem Subset der Stichprobe, bei der die Reifezeit exakt 14 Tage entsprach, hatten folgende Programmierung in R:

```
glmerReifY <- glmer(Y ~ fixer Effekti + (1|zufälliger Effektj), data = ReifY)
```

In Abhängigkeit von Y wurden hierbei das Schlachtverfahren, das Geschlecht, das Alter und das Schlachtgewicht als fixe Effekte modelliert. Die RindID und der Betrieb wurden als zufällige Effekte modelliert.

Signifikanzen wurden anhand der p-Werte beurteilt, welche mit der „Wald“ Methode durch die *tab_model* Funktion aus dem *sjPlot* package, berechnet wurden.

Um die Korrelationen zwischen den abhängigen Variablen zu berechnen, wurde die Funktion *cor* und *cor.mtest* aus dem *stats* package genutzt. Die Korrelation wurde mit der „Pearson“ Methode berechnet. Bei ordinalskalierten Daten wurde nach der „Spearman“ Methode gerechnet. Dies wird in den Ergebnissen separat kenntlich gemacht.

3 Ergebnisse

3.1 Teilkostenrechnung der Verfahren

Um eine Teilkostenrechnung des Verfahrens Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung zu berechnen, wurde davon ausgegangen, dass jeweils ein Rind pro Schlachtvorgang geschlachtet wird. In Tabelle 4 sind die Leistungen und die variablen Kosten aufgeführt und miteinander verrechnet, sodass der Deckungsbeitrag ermittelt wurde. Für eine Schlachtung mit Lebendtiertransport wurde das gleiche durchgeführt, sodass die beiden miteinander verglichen werden konnten.

Tabelle 4: Teilkostenrechnung des Verfahrens A, der Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung.

Bestimmung der Deckungsbeiträge			
Verfahren A - Schlachtung mit mobiler Einheit Beispiel Betrieb A EU Bio			
Leistungen			
	Typ	Leistung	Erklärung
	Schlachtgewicht in kg	336,56	Durchschnittliches Schlachtgewicht in Deutschland 2020 - Statistisches Bundesamt (2021)
	Preis/kg	5,50 €	Preis Betrieb A (ohne MWST)
Summe Leistungen		1.851,08 €	
Variable Kosten			
	Typ	Kosten	Erklärung
	Vorbereitung 30 min	- 6,85 €	Zeitangaben von Betrieb A verrechnet mit Brutto Stundenlohn LuF in BW 2019: 13,70€ - Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2020)
	Schlachtprozess 30 min	- 6,85 €	Zeitangaben von Betrieb A verrechnet mit Brutto Stundenlohn LuF in BW 2019: 13,70€ - Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2020)
	Lebend beschau und Fleisch beschau	- 45,78 €	22,89 € je angefangene viertel Stunde (im Beispiel Betrieb A wurden pro Tier meistens 2x 15 min abgerechnet) - Landratsamt Zollernalbkreis (2017)
	SmA-Pauschale	- 120,00 €	Betrieb A
	Km Pauschale 1€/km	- 50,00 €	Bei 50 km
	SmA Pauschale	- 25,00 €	Betrieb A
Summe Variable Kosten		- 254,48 €	
Deckungsbeitrag			
Summe Leistungen		1.851,08 €	
Summe Variable Kosten		- 254,48 €	
Deckungsbeitrag		1.596,60 €	

Um die Abbruchquote bewerten zu können, wurden bei den einzelnen Schlachtungen im Herkunftsbetrieb jeweils die Zeit von Beginn der Futtervorlage in der Fangeinrichtung bis zur erfolgreichen Fixierung des zu schlachtenden Tieres ermittelt (Tabelle 5). Im Durchschnitt der erfolgreichen Schlachtungen waren dies 6 Minuten. Am 15.01.2022 und am 24.01.2022 wurde die Schlachtung nach 35 Minuten bzw. 210 Minuten nach Beginn des Anfütterns abgebrochen.

Tabelle 5: Anfütterungsdauer (min), bis die Tiere in der Fangeinrichtung fixiert werden konnten auf Betrieb A.

Lockdauer, bis das Tier in der Fangeinrichtung fixiert werden konnte						
RindID	Datum	Uhrzeit	Dauer in min	Schlachtung	S_Erfahrung	Video
3	15.12.2021	11:48	7	ja	NA	nein
4	15.01.2022	21:00	35	nein	NA	nein
5	24.01.2022	12:10	210	nein	NA	nein
6	25.01.2022	07:47	15	ja	nein	nein
7	29.01.2022	09:42	2	ja	ja	ja
8	05.02.2022	09:25	5	ja	nein	ja
10	19.02.2022	09:32	1	ja	nein	ja
Mittelwert bei Schlachtung			6			
Mittelwert bei Abbruch			122,5			

Die Schlachterfahrung beschreibt ob die Tiere, welche „Spalier“ standen und zuvor bereits eine Schlachtung als „Spalier-Tiere“ miterlebt haben. In der Spalte Video ist festgehalten, ob es ein Video zu den Reaktionen der „Spalier-Tiere“ gibt.

In Tabelle 6 ist die Teilkostenrechnung für das Verfahren der Schlachtung im Schlachthof mit Lebendtiertransport gerechnet.

Tabelle 6: Teilkostenrechnung Verfahren B, der Schlachtung im Schlachthof mit Lebendtiertransport.

Bestimmung der Deckungsbeiträge			
Verfahren B - Schlachtung im Schlachthof Zollernalbkreis			
Leistungen			
	Typ	Leistungen	Erklärung
	Schlachtgewicht in kg	336,56	Durchschnittliches Schlachtgewicht in Deutschland 2020 - Statistisches Bundesamt (2021)
	Preis/kg	4,91 €	durchschnittlicher Preis / kg Schlachtgewicht für Bio Rinder in KW 51 2021 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft - BMEL (2022)
Summe Leistungen		1.652,51 €	
Variable Kosten			
	Typ	Kosten	Erklärung
	Verladen 20 min	- 4,57 €	Brutto Stundenlohn LuF in BW 2019: 13,70€ - Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2020)
	Transport	- 13,70 €	1 h Zeit Zeitangaben von Betrieb A verrechnet mit Brutto Stundenlohn LuF in BW 2019: 13,70€ - Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2020). Sprit und Instandhaltungskosten nicht berücksichtigt.
	Fleischbeschau Schlachthof bei 200-500 GV/Mnt	- 22,74 €	Landratsamt Zollernalbkreis (2017)
Summe Variable Kosten		- 41,01 €	
Deckungsbeitrag			
Summe Leistungen		1.652,51 €	
Summe Variable Kosten		- 41,01 €	
Deckungsbeitrag		1.611,50 €	

Mit einem Deckungsbeitrag von 1.611,50 €, wies das Verfahren Schlachtung im Schlachthof einen um 14,90 € höheren Deckungsbeitrag auf als eine Schlachtung im Herkunftsbetrieb. Mit einer Summe von 254,48 € hatte die Schlachtung im Herkunftsbetrieb höhere variable Kosten als die Schlachtung im Schlachthof (41,01 €). Den größten Teil machte dabei die SmA-Pauschale aus.

3.2 Verhaltensanalyse und Cortisol

Keine der einbezogenen Prädiktoren hatte einen signifikanten Einfluss auf die Zielvariable Cortisol. Auch die drei verschiedenen Schachtverfahren hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Cortisolkonzentration im Stichblut (Anhang: Tabelle A3).

In Tabelle 8 werden die einzelnen Cortisolkonzentrationen in ng/ml aus dem Stichblut aufgeführt. Die Uhrzeit der Schlachtung und damit der Blut-Probennahme sind ergänzt. Auch die Zeit in Minuten, die die Tiere vor der Betäubung durch den Bolzenschuss in der Fangeinrichtung verbrachten, ist aufgeführt. Diese schwankte stark. Während der Zeit, in der die Tiere in der Fangeinrichtung fixiert waren, konnten zum Teil Abwehrbewegungen aufgezeichnet werden. Die Abwehrbewegungen wurden anhand einer vierstufigen Skala (nein, gering, mittel, stark) klassifiziert. Starke Schwankungen können vor allem innerhalb der Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung beobachtet werden. Einheitlicher und deutlich geringer fielen die Konzentrationen bei dem Kugelschussverfahren aus. Um die Aufzeichnung der Verhaltensparameter einzuordnen und auch für Folgestudien zu bewerten, wurde zwischen den Cortisolwerten und den Abwehrbewegungen in der Fangeinrichtung eine Korrelation bestimmt. Aufgrund der Ordinalskalierung des Merkmals Abwehrbewegungen in der Fangeinrichtung, wurde eine Korrelation zwischen Cortisol und den Abwehrbewegungen nach der Spearman Methode ermittelt (Tabelle 7). Es kann nicht von Signifikanz ausgegangen werden ($p = 0.7177$).

Tabelle 7: Korrelation nach Spearman zwischen Cortisol und den Abwehrbewegungen in der Fangeinrichtung.

Korrelation (berechnet nach Spearman)	
	Cortisol
Abwehrbewegungen in der Box	0,22

Die vier Blutproben von dem Kugelschussverfahren konnten nicht am Tag der Probennahme zentrifugiert und eingefroren werden, wie alle anderen Proben, sondern bis zu vier Tage später. Dies muss bei der Interpretation berücksichtigt werden. In der vorliegenden Studie wurden vor allem Charolais Tiere beprobt ($n=7$, mindestens ein Elternteil gehört der Rasse Charolais an). Die anderen 4 Tiere gehörten der Uria Herde an ($n=4$). Das Alter der Tiere schwankt zwischen 12 und 25 Monaten, mit den meisten Tieren in einem Alter von 20 bis 25 Monaten ($n=9$). Die Geschlechter sind gemischt verteilt zwischen männlichen ($n=4$) und weiblichen ($n=7$) Tieren. Tier 8 wurde als Ausreißer definiert und bei der linearen Regression nicht berücksichtigt.

Tabelle 8: Cortisolkonzentration im Stichblut [ng/ml]. Unterschieden wurde zwischen drei Schlachtverfahren: SH – Schlachthof, HKB – Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung, KS – Kugelschuss.

TierID	SchlachtV*	Datum	Uhrzeit	Cortisol	Aufenthalt in Fangeinrichtung in min	Vokalisation in Fangeinrichtung (Anzahl)	Abwehrbewegungen in Fangeinrichtung
1	SH	09.12.2021	06:00	18,79	NA	4	stark
2	SH	09.12.2021	06:05	41,69	NA	0	NA
3	HKB	15.12.2021	11:48	4,06	36	0	keine
6	HKB	15.01.2022	07:47	20,99	2,5	0	gering
7	HKB	29.01.2022	09:42	9,46	1	0	keine
8	HKB	05.02.2022	09:25	126,28	20	0	mittel
10	HKB	19.02.2022	09:32	58,44	1	0	keine
9	KS	05.02.2022	NA	5,95	0	NA	NA
15	KS	12.02.2022	NA	5,15	0	NA	NA
16	KS	12.02.2022	NA	3,75	0	NA	NA
20	KS	26.02.2022	NA	2,95	0	NA	NA

Markiert wurde der Wert, welcher in den Berechnungen der statistischen Modelle als Ausreißer nicht berücksichtigt wurde.

In einem Boxplot (Abbildung 19) und in Tabelle 9 sind die Mittelwerte der drei Schlachtverfahren miteinander vergleichend aufgestellt. Das Kugelschussverfahren zeigte dabei die geringsten Cortisolkonzentrationen. Eine Schlachtung im Schlachthof hatte die höchsten Cortisolkonzentrationen zur Folge und eine Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung lag mit ihren Werten dazwischen.

Cortisolkonzentration nach Schlachtverfahren

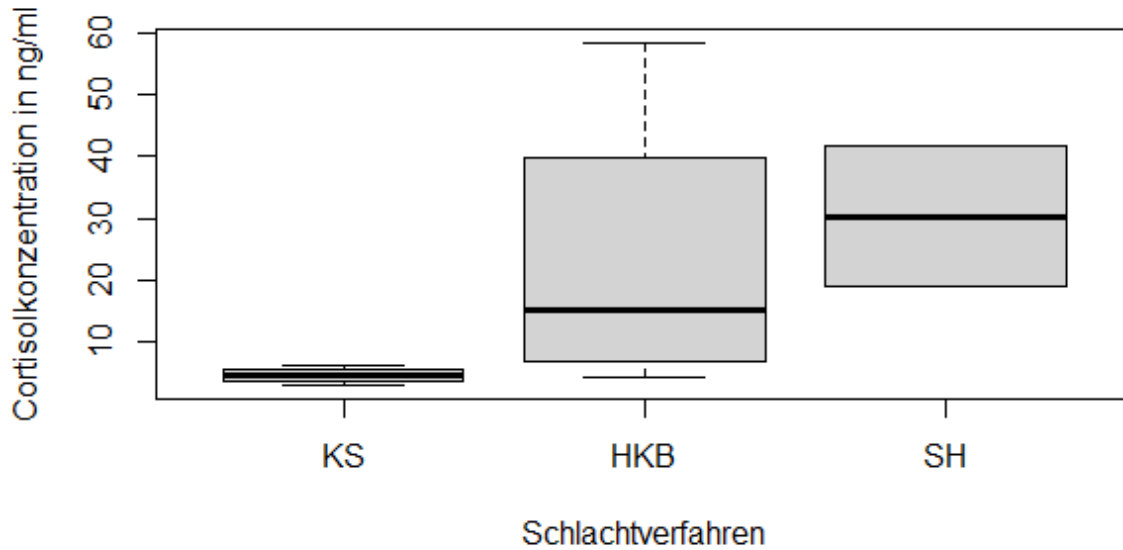


Abbildung 19: Boxplot der Cortisolkonzentration [ng/ml] im Stichblut. Aufgelistet nach den Schlachtverfahren Kugelschuss, Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachtung im Schlachthof (SH).

Tabelle 9: Cortisolkonzentration im Stichblut [ng/ml]. Dargestellt sind jeweils der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz ($>0,05$) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS), sowie der Geschlechter.

		n	Mean	SD	Signifikanz
Schlachtverfahren	KS	4	4,45	1,35	
	HKB	4	23,24	24,51	
	SH	2	30,24	16,19	
Geschlecht	M	4	17,89	17,05	
	W	6	16,61	21,59	
Gesamt		10	17,12	18,87	

Signifikante Korrelation wird angezeigt mit * für $p < 0,05$, ** für $p < 0,01$ und *** für $p < 0,001$.

Mit einem Mittelwert von 4,45 ng/ml wies das Schlachtverfahren die geringsten Cortisolwerte auf. Das Schlachtverfahren Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung lag zwischen den beiden anderen, zeigte aber die größte Variation bei einer Standardabweichung von 24,51.

Von den verschiedenen Verhaltensparametern (Anhang Tabelle A1 und A2) stellte sich die Aufzeichnung der Vokalisation der Tiere und die Dokumentation der Abwehrbewegungen in der Fangeinrichtung als am besten durchführbar dar. Keines der Tiere, welches im

Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung geschlachtet wurde, zeigte eine Vokalisation. Dahingegen konnten bei einem Tier aus Schlachthof Schlachtung vier Vokalisationen während dem Aufenthalt in der Betäubungsbox gezählt werden. Die Abwehrreaktionen in der Fangeinrichtung wurden anhand des „Spearman“ Rang Korrelationskoeffizienten bestimmt. Dabei wurden die Faktorstufen der Abwehrreaktion „nein“ < „gering“ < „stark“ in der aufgeschriebenen Reihenfolge mit den Nummern 1, 2, 3 codiert, sodass eine Korrelation berechnet werden konnte. Da das Verhalten bei nur insgesamt sechs Tieren erfasst werden konnte, sind diese Korrelationen mit Vorsicht zu interpretieren. Zwischen den Abwehrbewegungen konnte eine signifikant positive Korrelation in der Heftigkeit der Abwehrbewegung und dem End-pH-Wert gefunden werden. Zudem korreliert die Scherkraft gekocht und gegrillt signifikant negativ mit zunehmender Heftigkeit der Abwehrreaktionen (Tabelle 10).

Tabelle 10: Korrelation zwischen dem Verhaltensparameter Abwehrreaktion in der Fangeinrichtung und den Qualitätsparametern pH-Wert, Leitfähigkeit (LF) L L*a*b* System (L), a L*a*b* System (A), b L*a*b* System (B), Scherkraft gekocht, Scherkraft gegrillt, Kochsaftverlust und Grillsaftverlust. Die Faktorstufen der Abwehrreaktionen „nein“, „gering“ und „stark“ wurden aufsteigend mit 1, 2 und 3 codiert, um den Korrelationskoeffizienten nach Spearman mit ordinalskalierten Daten rechnen zu können.

Korrelation Verhalten - Qualitätsparameter			
	Abwehrverhalten Fangeinrichtung		
	Korrelation	p	Signifikanz
pH-Wert	0,65	<0,001	**
LF	-0,08	0,701	
L	-0,59	0,002	**
A	-0,01	0,972	
B	-0,4	0,049	*
Scherkraft gekocht	-0,45	0,026	*
Scherkraft gegrillt	-0,6	0,004	**
Kochsaftverlust	-0,39	0,209	
Grillsaftverlust	0,03	0,926	

*Signifikante Korrelation wird angezeigt mit * für $p < 0,05$*

*** für $p < 0,01$ und *** für $p < 0,001$.*

3.3 Fleischqualitätsparameter

3.3.1 PH-Wert, Leitfähigkeit und Marmorierung

Im Anhang in Tabelle A 4 werden alle signifikanten Einflussprädiktoren auf den pH-Wert nach dem Auftauen der Proben dargestellt.

Das Schlachtverfahren der Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) hatte einen um 0,23 signifikant tieferen pH-Wert als die Referenzschlachtmethode Kugelschuss. Die pH-Werte aus dem Schlachthof unterschieden sich nicht signifikant von den beiden anderen Schlachtmethoden. Auch die Reifedauer hatte einen signifikanten Einfluss auf den pH-Wert (Tabelle 11). Mit steigender Reifedauer nahm der pH-Wert zu. In Tabelle 11 sind zur Veranschaulichung die Mittelwerte und die Standardabweichung der verschiedenen Schlachtmethoden aufgezeigt. Unterschiede zwischen den Rassen waren nicht signifikant. Das Minimum der pH-Werte war 5,29 auf Betrieb A, bei der Rasse Charolais mit der Schlachtmethode Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung. Das Maximum von 5,98 wurde bei der Kugelschussmethode gemessen. Auch bei einheitlicher Reifedauer von 14 Tagen, konnte bei Tieren, die im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung geschlachtet wurden, ein signifikant tieferer pH-Wert, als bei Tieren, die mit dem Kugelschuss geschlachtet wurden, festgestellt werden (Tabelle 11, Anhang: Tabelle A 5).

Tabelle 11: pH-Wert im Gesamtdatensatz und im Teildatensatz bei einheitlicher Reifedauer von 14 Tagen.. Dargestellt sind jeweils das Minimum (Min), das Maximum (Max), der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz (>0,05) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS). Zusätzlich sind alle Prädiktoren mit signifikantem Einfluss auf die Zielvariable abgebildet.

		pH					
Prädiktor		n	Min	Max	Mean	SD	Signifikanz
Schlachtverfahren	KS	16	5,38	5,98	5,69 ^a	0,18	
	HKB	36	5,29	5,89	5,56 ^b	0,18	*
	SH	56	5,38	5,89	5,62 ^{ab}	0,14	
Reifezeit							***
	Gesamt	108	5,29	5,98	5,61	0,16	
pH bei einheitlicher Reifezeit (14 Tage)							
Prädiktor		n	Min	Max	Mean	SD	
Schlachtverfahren	KS	16	5,38	5,98	5,69 ^a	0,18	
	HKB	20	5,29	5,89	5,45 ^b	0,14	*
	SH	24	5,43	5,80	5,63 ^{ab}	0,12	
	Gesamt	60	5,29	5,98	5,59	0,17	

Signifikante Korrelation wird angezeigt mit * für $p < 0,05$ ** für $p < 0,01$ und *** für $p < 0,001$. Mittelwerte, die denselben Buchstaben teilen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Zwischen der Reifedauer und dem pH-Wert konnte mit der Korrelationsanalyse nach „Pearson“ eine signifikant positive Korrelation von 0,353 *** (***) bei $p < 0,001$) ermittelt werden. Der Mittelwert der genau 14 Tage gereiften Fleischstücke ($n = 60$) betrug 5,59 und jener der länger gereiften Fleischstücke ($n = 48$) 5,64.

Zur Leitfähigkeit konnten keine signifikanten Einflüsse aus dem Modell gefunden werden. Die Mittelwerte lagen zwischen 6,44 bei einer Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung und 7,31 bei einer Schlachtung mittels Kugelschuss (Tabelle 12).

Tabelle 12: Leitfähigkeit [mS/cm]. Dargestellt sind jeweils der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz (>0,05) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS).

		Leitfähigkeit in [mS/cm]			
		n	Mean	SD	Signifikanz
Schlachtverfahren	KS	14	7,31	1,27	
	HKB	36	6,44	0,84	
	SH	56	6,80	1,03	
	Gesamt	106	6,75	1,03	

Signifikante Effekte werden angezeigt mit * für $p < 0,05$ ** für $p < 0,01$ und *** für $p < 0,001$.

Die Marmorierung der Fleischstücke variierte auf der zwölfstufigen Skala der Japan Meat Grading Association von zwei bis vier, wobei die Klasse drei am häufigsten vorkam. Die Marmorierung der Tiere, welche mit dem Kugelschussverfahren geschlachtet wurden, war mit einem Median von 2,5 am geringsten, während die Marmorierung der beiden anderen Schlachtverfahren mit einem Median von drei Punkten höher ausfiel (Tabelle 13).

Tabelle 13: Marmorierung. Dargestellt ist der Median der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS).

		Marmorierung	
		n	Median
Schlachtverfahren	KS	16	2,50
	HKB	36	3,00
	SH	56	3,00
	Gesamt	108	3,00

3.3.2 Farbmessung

Bei der Analyse der Farbmessungen konnten allein auf den Wert der Rot-Grün Achse, a L*a*b*-System (A), signifikante Einflussfaktoren gefunden werden (Anhang: Tabelle A 6). Bei der Helligkeit konnten keine signifikanten Unterschiede dargestellt werden (Tabelle 14). Mit einem Wert von 35,92 war das Fleisch aus dem Schlachthof etwas dunkler als das aus dem Schlachthof und dem Herkunftsbetrieb.

Tabelle 14: Einflussfaktoren auf die Helligkeit L L*a*b*-System (L). Dargestellt sind jeweils der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz (>0,05) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS).

		L			
		n	Mean	SD	Signifikanz
Schlachtverfahren					
fahren	KS	16	36,31	4,24	
	HKB	36	36,12	2,69	
	SH	56	35,69	2,52	
	Gesamt	108	35,92	2,87	

*Signifikante Effekte werden angezeigt mit * für $p < 0,05$ ** für $p < 0,01$ und *** für $p < 0,001$.*

Das Alter zeigte einen signifikanten Einfluss auf a L*a*b* System. Mit zunehmendem Alter nimmt die Röte des Fleisches zu. Bei den Schlachtverfahren unterscheidet sich die Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) signifikant von der Basisvariablen, dem Kugelschussverfahren. Die Werte auf der Rot-Grün-Achse, a L*a*b*-System, sind hier signifikant höher als bei einer Schlachtung durch den Kugelschuss (Tabelle 15). In Tabelle 15 werden die Mittelwerte und die Standardabweichung der einzelnen Schlachtmethoden auf der Rot-Grün- (a L*a*b* System (A)) und der Blau-Gelb-Achse (b L*a*b* System (B)) dargestellt.

Tabelle 15: Signifikante Einflussfaktoren auf die Farbe (a L*a*b* System (A), b L*a*b* System (B)). Dargestellt sind jeweils der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz (>0,05) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS), und die Rassen Charolais (CLS), FleischrindXFleischrind (FF), FleischrindXMilchrind (FM), Fleckvieh (FV) und Limousin (Li) und Uria. Dargestellt sind zudem alle Prädiktoren mit signifikantem Einfluss auf die Farbe.

Farbe L*A*B* Farbspektrum

		A			B			
		n	Mean	SD	Signifikanz	Mean	SD	Signifikanz
Schlachtverfahren	KS	16	14,98 ^a	1,57	*	6,08	1,58	
	HKB	36	17,02 ^b	1,02		6,78	1,27	
	SH	56	16,54 ^{ab}	1,39		6,34	1,44	
	Gesamt	108	16,47	1,47		6,45	1,42	
Rasse	CLS	48	16,66	1,46		6,69	1,45	
	FF	12	16,97	0,80		6,15	0,78	
	FM	12	16,35	1,04		6,22	1,40	
	FV	16	16,96	1,27		6,64	1,66	
	Li	4	17,02	0,46		5,91	0,79	
	Uria	16	14,98	1,47		6,45	1,42	
	Gesamt	108	16,47	1,47		6,45	1,46	
Alter				**				

Signifikante Effekte werden angezeigt mit * für $p < 0,05$ ** für $p < 0,01$ und *** für $p < 0,001$. Mittelwerte, die denselben Buchstaben teilen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

3.3.3 Tausaft-, Kochsaft- und Grillsaftverlust

Innerhalb der Saftigkeitsanalyse konnten nur bei dem Grillsaftverlust signifikante Einflüsse der Prädiktoren ermittelt werden, wobei einzig die Reifedauer einen signifikanten Einfluss zeigte (Anhang: Tabelle A 7, Tabelle 17). Mit zunehmender Reifedauer nahmen die Grillsaftverluste signifikant ab. Beim Vergleich der Schlachtmethoden konnten bei dem Kugelschussverfahren deskriptiv die niedrigsten Saftverluste gemessen werden. Mit 5,22% Tausaft-, 31,96% Kochsaft- und 31,19% Grillsaftverlust lag das Verfahren unter den Mittelwerten der anderen Schlachtverfahren (Tabelle 16 und 17).

Tabelle 16: Signifikante Einflussfaktoren auf den Tausaftverlust [%]. Dargestellt sind jeweils der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (SD) und eine mögliche Signifikanz ($>0,05$) der drei Schlachtverfahren Schlachthof (SH), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Kugelschuss (KS).

		Tausaftverlust [%]			
		n	Mean	SD	Signifikanz
Schlachtverfahren	KS	3	5,22	1,90	
	HKB	9	6,38	1,62	
	SH	13	6,94	2,44	
	Gesamt	25	6,53	2,12	

Signifikante Effekte werden angezeigt mit * für $p < 0,05$ ** für $p < 0,01$ und *** für $p < 0,001$. Mittelwerte, die denselben Buchstaben teilen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Bei der Untersuchung des Teildatensatzes der Rasse Charolais, zeigte das Schlachtgewicht einen signifikanten Einfluss. Der positive Estimate von 0,08 zeigt an, dass die Grillsaftverluste mit steigendem Alter zunahm (Anhang: Tabelle A 8). Im Teildatensatz der Fleischstücke, welche genau 14 Tage Reifezeit hatten, stiegen mit zunehmendem Alter und zunehmendem Schlachtgewicht signifikant die Grillsaftverluste (Tabelle 18).

Tabelle 17: Signifikante Einflussfaktoren auf den Saftverlust (dargestellt sind der Kochsaft- und der Grillsaftverlust in %) mit den Mittelwerten (Mean) und der Standardabweichung (SD) der einzelnen Faktorstufen für das Schlachtverfahren: Kugelschuss (KS), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachthof (SH) und für die Rasse: Charolais (CLS), FleischrindXFleischrind (FF), FleischrindXMilchrind (FM), Fleckvieh (FV) und Limousin (Li) und Uria. Dargestellt sind zudem alle Prädiktoren mit signifikantem Einfluss auf den Saftverlust.

		Saftverlust [%]						
		Kochsaftverlust			Grillsaftverlust			
		n	Mean	SD	Signifikanz	Mean	SD	Signifikanz
Schlachtverfahren	KS	7	31,96	4,48		31,19	3,36	
	HKB	18	34,17	2,07		33,90	3,88	
	SH	28	35,34	2,01		33,27	3,16	
	Gesamt	53	34,70	2,66		33,21	3,48	
Rasse	CLS	24	34,61	2,34		33,10	3,01	
	FF	6	36,44	0,52		37,53	2,46	
	FM	6	35,80	0,96		31,86	4,40	
	FV	8	35,15	2,16		33,77	2,85	
	Li	2	35,21	1,46		30,46	1,23	
	Uria	7	31,96	4,48		31,19	3,36	
	Gesamt	53	34,70	2,66		33,21	3,48	
Reifung								*

Signifikante Effekte werden angezeigt mit * für $p < 0,05$ ** für $p < 0,01$ und *** für $p < 0,001$.

Tabelle 18: Signifikante Einflussfaktoren auf den Grillsaftverlust in % der Rasse Charolais mit den Mittelwerten (Mean) und der Standardabweichung (SD) der einzelnen Faktorstufen für das Schlachtverfahren: Kugelschuss (KS), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachthof (SH). Dargestellt sind zudem alle Prädiktoren mit signifikantem Einfluss auf den Grillsaftverlust.

Grillsaftverlust [%] bei 14 Tage Reifezeit					
		n	Mean	SD	Signifikanz
Schlachtverfahren	KS	7	31,19	3,36	
	HKB	10	31,38	2,86	
	SH	12	33,46	2,40	
	Gesamt	29	32,20	2,91	
Schlachtgewicht					**
Alter					**

*Signifikante Effekte werden angezeigt mit * für $p < 0,05$ ** für $p < 0,01$*

*und *** für $p < 0,001$.*

3.3.4 Scherkraft

Für die Scherkraftanalysen (Tabelle 19) konnten bei den Proben, die gegrillt wurden, jeweils signifikante Einflüsse von Alter und Schlachtgewicht gezeigt werden. Mit steigendem Alter nahm die Scherkraft signifikant zu und mit steigendem Schlachtgewicht signifikant ab. Die unterschiedlichen Rassen zeigten keinen signifikanten Einfluss auf die Scherkraft. Der negative Estimate bei FleischrindXMilchrind deutet aber darauf hin, dass es bei diesen Kreuzungstieren Tendenzen zu einer geringeren Scherkraft im Vergleich zur Rasse Charolais geben könnte. Deutlicher war die Tendenz zu zarterem Fleisch bei weiblichen Tieren im Vergleich zu männlichen (Anhang: Tabelle A 9).

Zwischen den verschiedenen Schlachtmethoden waren die Tendenzen bei der Zartheit nicht eindeutig. Gekocht, wurden Tendenzen zu zarterem Fleisch aus Schlachtung HKB und Schlachtung im Schlachthof im Vergleich zum Kugelschuss deutlich (Anhang: Tabelle A 9). Diese Tendenzen konnten auch deskriptiv beschrieben werden (Tabelle 19). Bei der Scherkraft, welche am gegrillten Fleisch gemessen wurde, konnten die gleichen Tendenzen nur deskriptiv (Tabelle 19) nicht aber im Modell (Tabelle A 9) bestätigt werden.

Tabelle 19: Signifikante Einflussfaktoren auf die Scherkraft gekocht und gegrillt mit den Mittelwerten (Mean) und der Standardabweichung (SD) der einzelnen Faktorstufen für das Schlachtverfahren: Kugelschuss (KS), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachthof (SH). Dargestellt sind zudem alle Prädiktoren mit signifikantem Einfluss auf die Scherkraft.

		Scherkraft gekocht in kg				Scherkraft gegrillt in kg		
		n	Mean	SD	Signifikanz	Mean	SD	Signifikanz
Schlachtverfahren	KS	16	6,40	2,25		6,35	2,23	
	HKB	36	4,67	4,67		5,55	1,62	
	SH	55	4,99	4,994		5,94	2,73	
Alter					*			*
Schlachtgewicht					***			*
Gesamt		108	5,08	1,71		5,87	2,33	

Signifikante Korrelation wird angezeigt mit * für $p < 0,05$ ** für $p < 0,01$ und *** für $p < 0,001$.

Negative Korrelationen konnten zwischen der Scherkraft und den Saftverlusten gefunden werden. Diese waren allerdings nicht signifikant und sind deshalb mit einem X in der folgenden Abbildung versehen. Positive, signifikante Korrelationen bestanden zwischen den beiden Scherkraftmessungen und zwischen dem Grill- und Kochsaftverlust (Abbildung 20).

Korrelationen zwischen Scherkraft und Saftverlust

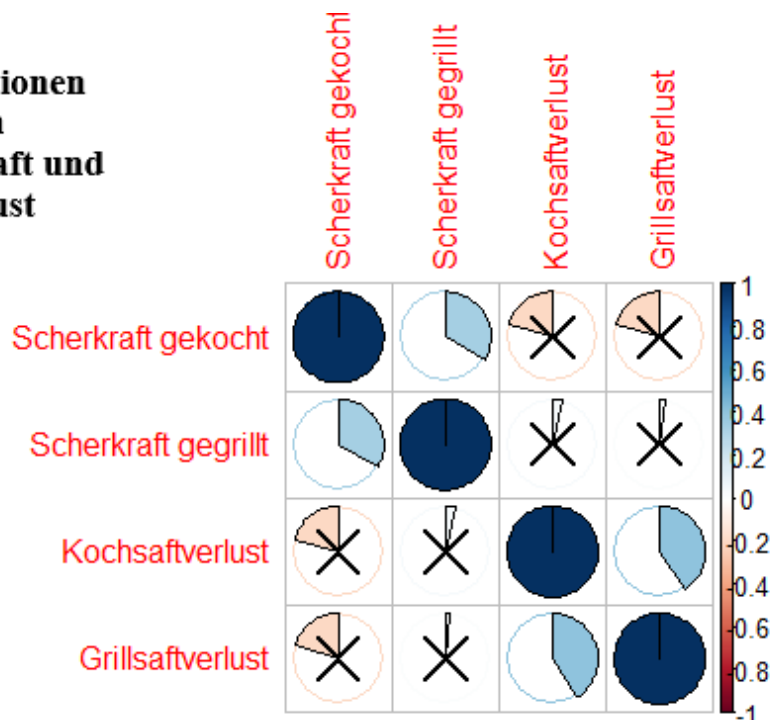


Abbildung 20: Korrelationen zwischen Scherkraft gekocht und gegrillt und den Saftverlusten gekocht und gegrillt. Nicht signifikante ($p \geq 0,05$) Korrelationen werden mit einem X gekennzeichnet. Blautöne zeigen positive und Rottöne negative Korrelation.

3.4 Korrelationen

Um die Korrelationen der numerischen Parameter des Datensatzes zu bestimmen, wurde der Pearson'sche Korrelationskoeffizient berechnet und in Tabelle 20 aufgelistet. Signifikante Korrelationen sind dabei mit Sternchen kenntlich gemacht.

Tabelle 20: Korrelation zwischen den abhängigen Variablen pH-Wert, Leitfähigkeit (LF), L L*a*b* System (L), a L*a*b* System (A), b L*a*b* System (B), Scherkraft gekocht, Scherkraft gegrillt und den unabhängigen Variablen Alter und Schlachtgewicht.

	Alter	Schlachtgewicht	pH-Wert	L	A	B	Scherkraft gekocht	Scherkraft gegrillt
Alter	1							
Schlachtgewicht	0,386***	1						
pH-Wert	0,059	0,075	1					
L	-0,228*	-0,075	-0,226*	1				
A	0,349***	0,319***	-0,017	-0,283*	1			
B	0,024	0,068	-0,102	0,49***	0,404***	1		
Scherkraft gekocht	-0,041	-0,449***	0,124	-0,161	-0,093	-0,107	1	
Scherkraft gegrillt	0,112	-0,248*	0,009	-0,101	0,03	-0,002	0,312***	1

*Signifikante Korrelation wird angezeigt mit * für $p < 0,05$ ** für $p < 0,01$ und *** für $p < 0,001$.*

3.5 Explorativ

Aufgrund der uneindeutigen Ergebnisse wurde in einem explorativen Ansatz allein die Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung mit der Schlachtung im Schlachthof verglichen. Statistisch wurden generalisierte gemischte Modelle berechnet, wie sie schon oben in Kapitel 2.10.3 beschrieben wurden. Die Zielvariable Y wurde dabei in Abhängigkeit von den fixen Effekten Schlachtverfahren, Rasse, Geschlecht, Alter, Schlachtgewicht und Reifedauer und den zufälligen Effekten RindID und Betrieb modelliert. Da alle Residuen der statistischen Modelle des reduzierten Datensatzes der Normalverteilung entsprachen, wurde keine Linkfunktion benötigt. In diesem reduzierten Vergleich fallen die Trends einheitlicher aus. Der pH-Wert war signifikant niedriger bei einer Schlachtung im Herkunftsbetrieb. Dies bestätigt den bereits in der Gesamtanalyse erkannten Trend. Darüber hinaus konnten Trends zu geringerer Scherkraft und geringeren Saftverlusten bei Fleisch von Tieren, die im Herkunftsbetrieb geschlachtet wurden, bestätigt werden. Die explorativen Ergebnisse stützen die Vermutungen, durch die Schlachtmethode die Fleischqualität verbessern zu können. Zukünftige Studien könnten diesen Trend bestätigen.

4 Diskussion

4.1 Wirtschaftlichkeit

Der Unterschied der Deckungsbeiträge pro Tier fiel mit einer Differenz von 14,90€ gering aus. Bei den Kosten fielen vor allem die SmA-Pauschale und die Kosten für die Lebendbeschau ins Gewicht. Diese führten zu höheren variablen Kosten im Verfahren der Schlachtung im Herkunftsbetrieb. Auf der Preisseite stellte sich der Unterschied zwischen den verglichenen Verfahren als gering heraus. Ein um 59ct teurerer Kilopreis für ein Bio-Tier aus Schlachtung im Herkunftsbetrieb war die Grundlage der vorliegenden Berechnung. Die Mehrzahlungsbereitschaft auf Konsumentenseite sollte untersucht werden und in den Preisbildungsprozess eingebunden werden. Da in Deutschland der Kaufgrund Nummer eins für Bio-Produkte das gesteigerte Tierwohl ist, besteht durchaus Potenzial der Preissteigerung. 96% der Befragten gaben die artgerechte Tierhaltung als Grund für den Kauf von Bio-Produkten an (BMEL, 2021).

Ein weiterer wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit mobiler Einheit, war die Abbruchquote der Schlachtungen. Wird eine Schlachtung abgebrochen, bleiben die Kosten für die mobile Einheit gleich. Auch die Tierarztkosten mussten übernommen werden. Innerhalb der Schlachtungen auf dem Herkunftsbetrieb auf Betrieb A, kam es zu einer Abbruchquote von 29%. Am 15.1.2022 und am 24.01.2022 wurden Schlachtungen abgebrochen. Für die Schlachtung am 15.01.2022 wurde die Vorbereitung, einschließlich der Gewöhnungsphase der Tiere an die Fangeinrichtung, etwas vernachlässigt. Dadurch entstanden folgende Unterschiede zu vorherigen Schlachtungen: Das Tier war allein in der separaten Box, an der auch die Fangeinrichtung zum Schlachten installiert war. Das Tier wurde noch kurz vor der Schlachtung gefüttert. Außerdem wurde abends geschlachtet, so musste der Stall zu einer Tageszeit beleuchtet werden, zu der normalerweise kein Licht im Stall brannte. Auch am 24.01.2022 kam es zum Abbruch der Schlachtung. Zwar waren diesmal zwei Tiere seit dem Vorabend in dem separaten Abteil, dennoch ließ sich keines der beiden Tiere in die Fangeinrichtung locken. Am Tag der Schlachtung wurden zwei Tiere zusätzlich in das Abteil mit der Fangeinrichtung der mobilen Einheit gebracht, aber auch diese ließen sich nicht in die Fangeinrichtung locken. Die hohe Abbruchquote von 29% muss vor dem Hintergrund interpretiert werden, dass für den Betrieb selbst das Schlachtverfahren neu war und dieser erst zwei Monate vor meiner Probennahme mit der Schlachtung im Herkunftsbetrieb begann. Nicht nur Abbruchquote, sondern auch die Zutriebs- oder

Anfütterungszeit hatte einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens und sollte unbedingt in den Optimierungsfokus einbezogen werden.

Deshalb sollen folgende Punkte festgehalten werden, die in diesem Betrieb den reibungslosen Ablauf einer Schlachtung ermöglichen:

- Mindestens einen, besser zwei Tage vor der Schlachtung sollte das Rind mit zwei weiteren Rindern in das separate Abteil gebracht werden, um sich daran zu gewöhnen. In dieser Zeit sollte auch in der Schlachtfangeinrichtung gefüttert werden, damit das Tier mit der Fangeinrichtung eine Futterverknüpfung herstellt.
- Die Fangeinrichtung sollte ständig in dem separaten Abteil installiert sein, wenn sich Tiere zur Gewöhnung darin befinden.
- Tiere sollten nicht allein einem abgetrennten Bereich gebracht werden, in dem die Fangeinrichtung platziert ist.
- Eine Fütterungszeit sollte ausgesetzt werden, damit das Tier Hunger hat und schnell in die Fangeinrichtung gelockt werden kann.
- Zum Zweck des Anfütterns kann eine Gewöhnung der Tiere an ein bestimmtes Futter- und Lockmittel, wie z.B. Kraftfutter hilfreich sein.

Im Verlauf der Probennahme stellte sich heraus, dass Tiere, welche bereits bei einer Schlachtung als „Spalier-Tiere“ dabei waren, bei der nächsten Schlachtung deutlich vorsichtiger waren. So konnten z.B. die zwei „Spalier-Tiere“ vom 25.01.2022 bei der Schlachtung am 29.01.2022 nicht in das Fanggitter gelockt werden, während ein drittes Rind ohne vorherige Schlachterfahrung erfolgreich in die Fangeinrichtung gelockt werden konnte und anschließend geschlachtet wurde (Abbildung 21).



Abbildung 21: Abgetrennter Bereich, bei dem die Fangeinrichtung der mobilen Einheit an der rechten Seite dauerhaft montiert ist. Schlachtung am 29.01.2022 (J. Zeidler).

Das dritte Tier von rechts in Abbildung 21 konnte am 29.01.2022 geschlachtet werden, während die beiden anderen Tiere mit „Spalier“ Erfahrung nicht in die Fangeinrichtung gelockt werden konnten. Es muss also überlegt werden, wie man die Tiere im Fangabteil organisiert. Interessant wäre es herauszufinden, wie lange sich die „Spalier-Tiere“ die Erfahrung einer Schlachtung merken, und ob die Erfahrung durch Futtervorlage z.B. nach Fangen des zu schlachtenden Tieres, aber noch vor Betäubung des Tieres, zu einer Abmilderung der Erfahrung führt. Diese Fragestellung bezieht sich in ihrer Relevanz nicht nur auf die Wirtschaftlichkeit, sondern auch auf das Tierwohl.

In Zusammenhang mit den abnehmenden Zahlen der Schlachtunternehmen (Hauk, 2021), kann nicht nur die Wirtschaftlichkeit des innovativen Schlachtverfahrens, sondern auch dessen praktische Umsetzbarkeit als Herausforderung angesehen werden. Allerdings könnte die Schlachtung im Herkunftsbetrieb auch Teil der Lösung des Problems der abnehmenden Schlachtunternehmen sein. Als maßgebliche Treiber für abnehmende Zahlen an Schlachtbetrieben, sieht das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz nicht nur abnehmende Viehzahlen, sondern auch den Fachkräftemangel

sowie die steigenden Ansprüche der Verbraucher*innen im Zusammenhang mit dem Tierschutz bei der Schlachtung (Hauk, 2021). In diesem Zusammenhang kann die Schlachtung im Herkunftsbetrieb als Alleinstellungsmerkmal für kleine Schlachtbetriebe dienen und eine Chance für kleinere Schlachtbetriebe bieten. So braucht es auf der einen Seite kleine Schlachtunternehmen, um durch räumliche Nähe von den landwirtschaftlichen Betrieben zu den Schlachtbetrieben eine Schlachtung im Herkunftsbetrieb mittels mobiler Einheit zu ermöglichen. Andererseits kann wie bereits erläutert die Schlachtung im Herkunftsbetrieb als Alleinstellungsmerkmal im Tierschutz, die Konkurrenzkraft kleiner Schlachtunternehmen stärken.

4.2 Stressbelastung bei der Schlachtung

Anhand der Cortisolgehalte im Stichblut konnten keine signifikanten Unterschiede in der Stressbelastung der verschiedenen Schlachtmethoden ermittelt werden. Erhöhte Cortisolwerte im Plasma können als Indikatoren für Stress verwendet werden (Barrasso et al., 2020; Bozzo et al., 2018; Bristow & Holmes, 2007; Chulayo et al., 2016; Grandin, 1997; Gregory, 1998a; Möstl & Palme, 2002; Shaw & Tume, 1992; Tume & Shaw, 1992). Tendenzen, zu weniger gestressten Tieren bei der Schlachtmethode Kugelschuss und der Schlachtmethode Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung im Vergleich zum Schlachthof konnten dennoch sichtbar gemacht werden. Die Cortisolwerte der vorliegenden Studie müssen mit Vorsicht interpretiert werden, da bei einer kleinen Stichprobe (n=10) starke Umwelteinwirkungen bestanden. Mithilfe eines Power Tests für mixed models (pwr.f2.test) wurde die Stichprobengröße errechnet, welche nötig wäre, um das gleiche Modell mit einer Power von 80% aufzustellen (Im Gegensatz zu 62%). Lässt man das Signifikanzniveau bei 0,05, bräuhete man mindestens 14 Tiere. Erhöht man das Signifikanzniveau auf 0,01, bräuhete man mindesten 25 Tiere. Die in Kapitel 3.2: Verhaltensanalyse und Cortisol beschriebenen unterschiedlichen Tageszeiten der Blutprobennahme stellten einen dieser Umwelteinflüsse dar. Tageszeitlich schwanken Cortisolwerte im Plasma natürlicherweise und erreichen gegen Morgen ca. 7:00 ihren Zenit (Engert et al., 2019). Auch in der Studie von Lacerda, Kowarski & Migeon wurden die Höchstwerte morgens zwischen 5:00 und 10:00 gemessen (Lacerda, Kowarski & Migeon, 1973). Dadurch könnten die Daten aus dem Schlachthof höher ausgefallen sein, als sie es am frühen Abend gewesen wären.

Auch die Genetik hat einen Einfluss auf die Cortisolkonzentrationen. Tiere die auf ein sehr zahmes Temperament gezüchtet wurden, reagieren weniger heftig auf externe Stressoren

(Grandin, 1997). Signifikante Unterschiede im Temperament können zwischen verschiedenen Rassen gezeigt werden. Bei Hoppe, Brandt, Erhardt & Gauly wurden Rassen anhand unterschiedlicher Temperament-Punktzahlen geordnet. Dabei wurden die Rassen Charolais und Limousin als weniger zahm im Vergleich zu den Rassen Hereford und Deutsch-Angus eingeordnet. Die Rasse Deutsch-Simmental wurde dazwischen angesiedelt (Hoppe, Brandt, König, Erhardt & Gauly, 2010). In der vorliegenden Studie wurden vor allem Charolais Tiere beprobt (n=7, mindestens ein Elternteil gehört der Rasse Charolais an). Die anderen vier Tiere gehörten der Uria Herde an (n=4). So kann der Rasse Unterschied zumindest bei dem Vergleich von Schlachtung im Schlachthof zu Schlachtung im Herkunftsbetrieb weitgehend ausgeschlossen werden, da diese Tiere alle der Rasse Charolais angehörten.

Auch zwischen den Geschlechtern werden in der Literatur Unterschiede in den mittleren Cortisolwerten im Plasma dokumentiert. Weibliche Tiere weisen dabei höhere Cortisolkonzentrationen auf als männliche (Henricks, Cooper, Spitzer & Grimes, 1984; Probst et al., 2014). Die Geschlechter waren in meiner Studie gemischt zwischen männlichen (n=4) und weiblichen (n=7) verteilt, wobei die Gruppe der Tiere, welche im Herkunftsbetrieb geschlachtet wurden aus rein weiblichen Tieren besteht, während die Gruppe der Tiere, die im Schlachthof nach Lebendtiertransport geschlachtet wurden aus rein männlichen Tieren bestand. Das könnte zu einer Überschätzung des Stresses der Tiere aus Herkunftsbetriebsschlachtung im Vergleich zum Schlachthof geführt haben. Trotz großer Variabilität habe ich versucht die Daten in die Literatur einzuordnen. Dies wurde in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Einordnung der Cortisolwerte aus dem Stichblut in die Literatur. Die Schlachtmethoden wurden dabei wie folgt abgekürzt: HKB - Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung, KS - Kugelschuss, SH - Schlachthof. Werte aus anderen Studien wurden z.T. in ng/ml umgerechnet. Dabei wurden nmol/L durch 2,76 geteilt um ng/ml zu erhalten (Böhm, 2021).

Einordnung der Cortisolwerte in Werte aus der Literatur					
Cortisol (ng/ml)	Schlacht methode	Bemerkung	Rasse	Geschlecht	Studie
4,45	KS	n=4	Uria	Mix	eigene Studie
15	SH	ruhige Forschungsschlachteinheit	Mix	Mix	Tume & Shaw, 1992
15,84	SH	mit Betäubung	Charolais	Männlich	Barrasso et al. 2020
16,27	SH	mit Betäubung	Mix	Mix	Shaw & Tume, 1990

23,24	HKB	n= 4 (ohne Ausreißer)	Charolais	Weiblich	eigene Studie
30,24	SH	n=2	Charolais	Männlich	eigene Studie
32	SH	200 - 400 km Transport	Mix	Mix	Chulayo et al. 2016
32,17	SH	ohne Betäubung	Charolais	Männlich	Barrasso et al. 2020
34,53	SH	<200 km Transport	Mix	Mix	Chulayo et al. 2016
35,8	SH	1 Betäubung	Mix	Mix	Chulayo et al. 2016
38,61	SH	400 - 800 km Transport	Mix	Mix	Chulayo et al. 2016
39,62	SH	>1 Betäubung	Mix	Mix	Chulayo et al. 2016
43,85	HKB	n=5 (Ausreißer mit drin)	Charolais	Weiblich	eigene Studie
44	SH	konventionelle Schlachteinheit	Mix	Mix	Tume & Shaw, 1992
45,08	SH	mit Betäubung	Charolais	Männlich	Bozzo et al. 2018
68,7	SH	ohne Betäubung	Charolais	Männlich	Bozzo et al. 2018
>70	beliebig	Trennlinie: Alles darüber kann als extremer Stress eingestuft werden. Hier ist entweder das Handling sehr rau oder das Equipement unpassend.			Grandin, T., 1997
72,2	SH	häufiger Gebrauch von elektrischen Triebhilfen	Mix	Mix	Probst et.al., 2014

Wie erwartet wies das Kugelschussverfahren mit 4,45 ng/ml die niedrigsten Cortisolwerte auf. Allerdings wurde die Aussagekraft dieser niedrigen Werte dadurch geschmälert, dass die vier Blutproben erst nach max. vier Tagen zentrifugiert und eingefroren wurden. In dieser Zeit kann es zu Cortisolverlusten durch Metabolisation gekommen sein. Ohne den Ausreißer wiesen die

Cortisolwerte des Schlachtverfahrens Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung geringere Werte (23, 24 ng/ml), als die Tiere aus dem Schlachthof auf. Mit dem als Ausreißer definierten Wert von 126,28 ng/ml hatte die Schlachtung im Herkunftsbetrieb höhere Mittelwerte als das Schlachtverfahren Schlachthof. Insgesamt befinden sich alle Mittelwerte der getesteten Schlachtverfahren unterhalb der Trennlinie, ab der Grandin ihre Einstufung zu extremem Stress ziehen würde (T. Grandin, 1997).

Da bei der Schlachtung im Herkunftsbetrieb Vorbereitungsarbeit der/s Landwirt*in/s nötig ist, kann das System je nach Landwirt*in stark variieren. Die große Variation in den Cortisolkonzentrationen dieser Schlachtvariante (4,06 – 126,8 ng/ml, Standardabweichung = 24,51 ng/ml im bereinigten Datensatz) bestätigen die Heterogenität der Stressauswirkung des Verfahrens. Das Handling der Rinderhalter*in im Betrieb und das Gewöhnen der Tiere an die Fangeinrichtung, kann zur Minderung von Stress beitragen und hat damit einen erheblichen Einfluss auf die Reaktion der Rinder und deren Cortisolkonzentration. Wie im Einleitungskapitel Stress beschrieben, hat die Erfahrung einen großen Einfluss auf das Wahrnehmen von Stress und damit auch auf die darauffolgenden biologischen Stress-Antworten (Moberg, 2001; Probst et al., 2012). Empfehlungen für die Praxis könnten aus Untersuchungen zu verschiedenen Gewöhnungsstrategien an die Fangeinrichtungen in Zusammenhang mit den Cortisolwerten abgeleitet werden.

Im folgenden Absatz wurden die gemessenen Werte aus dem Schlachtverfahren HKB einzeln analysiert. Bei den fünf Tieren des Schlachtverfahrens HKB konnte man zwei sehr hohe Cortisolwerte beobachten (vgl. Tabelle 8 in Kapitel 3.2 Verhaltensanalyse und Cortisol). Tier 10 zeigte mit 58,44 ng/ml höhere Werte als der Durchschnitt des Schlachtverfahrens HKB. Verglichen mit den anderen 4 Tieren dieser Schlachtmethode, wurde Tier 10 vor dem Schlachttag länger genüchert. Dies könnte erhöhte Cortisolwerte beeinflusst haben. Vor allem Tier 8 zeigte mit 126,28 ng/ml eine Cortisolkonzentration über Grandin's vorgeschlagenem Grenzwert. Wie aus Tabelle 8 in Kapitel 3.2 Verhaltensanalyse und Cortisol hervorgeht, musste das Tier 20 min in der Fangeinrichtung ausharren, bevor die Betäubung durchgeführt wurde. Dieser Wert wurde, wie bereits beschrieben, als Ausreißer definiert und aus den Analysen gestrichen. Anhand des Verhaltensbogens konnten hier Zittern, weitgestellte Pupillen, Abwehrreaktionen und ein Ausrutschen in der Fangeinrichtung beobachtet werden. Es entstand also starker Stress für das Tier durch eine verzögerte Betäubung. Der Grund der Verzögerung war eine Wartezeit auf den Tierarzt, welcher die Lebendtierkontrolle durchführte. In der EU besteht die Pflicht, dass ein amtlicher Tierarzt bei jeder Schlachtung anwesend ist (Fachbereich

Veterinärwesen und Lebensmittelüberwachung, 2021). Auch wenn dieses Tier ein Einzeltier in der Auswertung darstellte, sollte die Aufsichtspflicht bei der Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung durch einen amtlichen Tierarzt aus Tierschutz-Gründen auf rechtlicher Ebene überdacht werden. Durch Videoüberwachung jeder Schlachtung, wie es bei der MSE-200A der Firma MST Mobile Schlachttechnik GbR der Fall ist, könnte die Qualitätskontrolle trotzdem erhalten bleiben. Eine vorbildliche Orientierungshilfe bietet dabei die rechtliche Lage in der Schweiz: Seit Juli 2020 ist hier die Schlachtung im Herkunftsbetrieb rechtlich geregelt und das „Betäuben und das Entbluten des Schlachtviehs [muss] stichprobenweise, mindestens aber einmal jährlich pro Betrieb, von einer amtlichen Tierärztin oder einem amtlichen Tierarzt überwacht werden“ (Kap. 3, Abschn. 2a, Art. 9a Abs. 4 in der Verordnung über das Schlachten und die Fleischkontrolle des Bundesrates in der Schweiz).

Bei den Verhaltensanalysen der vorliegenden Studie konnten die Vokalisation und die Abwehrbewegungen in der Fangeinrichtung als Stressindikatoren der Verhaltensseite genutzt werden. Unter erhöhten Cortisolkonzentrationen im Plasma wurde in Bristow & Holmes (2007) bei Kühen ein starker statistischer Trend zu vermehrter Vokalisation gezeigt. Da nur bei einem einzigen Tier (aus der Schlachtmethode Schlachthof) Vokalisation notiert werden konnte, fehlt hier die Datengrundlage zur Berechnung von Korrelationen. Die Abwehrbewegungen in der Fangeinrichtung nahmen mit zunehmender Cortisolkonzentration im Stichblut zu (Korrelation nach Spearman, Tabelle 7 in Kapitel 3.2 Stressbelastung und Cortisol). Trotz fehlender Signifikanz zeigte dieser positive Trend, dass die Abwehrbewegungen in der Fangeinrichtung als Stressindikator genutzt werden könnten. Die Korrelationen der Abwehrbewegungen mit den verschiedenen Qualitätsparametern ergab ein nicht immer passendes Bild und wird in der Diskussion zu den Korrelationen genauer beleuchtet. Zusätzlich zu Verhaltensanalysen und Cortisolmessungen, sollten Adrenalin und freie Fettsäuren im Blut gemessen werden. Dadurch können laut Gregory kurzfristige Stresssituationen direkt vor dem Schlachten besser sichtbar gemacht werden (Gregory, 1998a), als mit Cortisol. Grund ist die bereits erwähnte Verzögerungszeit in den Cortisolkonzentrationen im Blut (Grandin, 1997). Auch Laktat und Kreatinkinasewerte können als gute Stressparameter für kurzfristigen Stress eingesetzt werden. Cortisol konnte besser länger zurückliegende Stressoren, sowie den vorausgehenden Transport anzeigen (Warriss et al., 1994). Zudem könnten Heat-Shock-Proteine als Stress Indikatoren verwendet werden. Heat-Shock-Proteine kommen in Stresssituationen vermehrt zum Einsatz und sorgen für ein Aufrechterhalten der Funktionsfähigkeit der Zellen indem sie gegen den Zellabbau, also die Apoptose arbeiten (Beere & Green, 2001; Kregel, 2002). Die Messung von

kurzfristigen, sowie langfristigen Stressindikatoren würde eine Differenzierung von verschiedenen Stressoren möglich machen.

Für zukünftige Analysen sollte der Fokus der Stressanalyse nicht nur auf das geschlachtete Tier gelegt werden, sondern auch die Tiere miteinbeziehen, welche die Schlachtung miterleben. Wie in Kapitel 4.1 zur Diskussion der Wirtschaftlichkeit des Schlachtverfahrens bereits erwähnt, wirken sich Schlachterfahrungen der Rinder auf ihr Verhalten bei der nächsten Schlachtung aus. Dass dies nicht nur die Zeit des Verfahrens und damit die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen kann, sondern auch tierethische Aspekte mit sich bringt, steht außer Frage. In einer Studie von Sheriff, Krebs & Boonstra wurden weibliche Hasen täglich ein bis zwei Minuten mit einem Hund konfrontiert, um Stress durch Raubtiere zu imitieren. Der Raubtierdruck sollte nicht letal sein. Dabei konnten sich bei den durch einen Hund gestressten Hasen deutlich höhere Cortisolwerte im Kot bestimmen lassen. Dies hatte auch zur Folge, dass der Nachwuchs der gestressten Häsinnen kleiner und leichter war (Sheriff, Krebs & Boonstra, 2009). Weitere Studien belegen den Rückgang der Geburtenrate nach Einführung eines Raubtiers in das System. In den folgenden zwei Studien handelt es sich um die Einführung des Wolfs zu Hirschpopulationen im Yellowstone Nationalpark (Creel, Winnie & Christianson, 2009; Zager, White & Pauley, 2005). In der Studie von Creel et al. (2009) wurde als Grund für den Rückgang der Geburtenrate eher ein verändertes Äsungsverhalten im Beisein von Raubtieren als eine Raubtier induzierte Stressphysiologie vermutet. Die Schlachtung stellt bestimmt keinen so starken Stressor dar, wie der Hund oder der Wolf, aber dennoch wurde eine Veränderung des Verhaltens der Tiere wahrgenommen und dem sollte nachgegangen werden. Aus praktischer Sichtweise wäre es sinnvoll zu wissen, wie lange die Rinder die Erfahrung im Kopf behalten und demzufolge abgeneigt auf die Fangeinrichtung der mobilen Schlachteinheit reagieren und ab wann man die „Spalier-Tiere“ wieder zur Schlachtung einplanen kann. Stress der „Spalier-Tiere“ könnte nicht-invasiv über das Verhalten (Grandin, 2012) oder und über die Konzentration von Cortisol und Cortisolmetaboliten aus dem Kot (Chen, Yao, Yang, Fan & Xiang, 2017; Möstl & Palme, 2002) dokumentiert werden.

4.3 Auswirkungen des Schlachtverfahrens auf die Fleischqualität

4.3.1 PH-Wert, Leitfähigkeit und Marmorierung

Es wurde ein signifikanter Einfluss des Schlachtverfahrens auf das Qualitätskriterium End-pH-Wert gefunden. Die Ergebnisse sind allerdings nicht gänzlich in Einstimmung mit der

Literatur, wie im folgenden Absatz erläutert werden soll. Im Gegensatz zu den Ergebnissen anderer Studien (Bendall, 1973; D'Souza, Leury, Dunshea & Warner, 1998; Muchenje, Dzama, Chimonyo, Raats & Strydom, 2008; O'Neill et al., 2006; E. M. C. Terlouw et al., 2008; Warriss, 1984; Warriss et al., 1994) konnte meine Studie den Zusammenhang zwischen Stress und erhöhten End-pH-Werten durch stressinduzierten Glykogenabbau nur teilweise bestätigen. Bewertet man das Schlachtverfahren Kugelschuss als das stressärmste, wie im vorherigen Kapitel erläutert, und die Schlachtung HKB zwischen Kugelschuss und Schlachthof, dann müssten die pH-Werte in derselben Reihenfolge zunehmen. Allerdings war das nur im Vergleich zwischen HKB und Schlachthof der Fall, während das Kugelschussverfahren die höchsten pH-Werte aufwies (Abbildung 22). Warner et al. (2007) dagegen fanden in ihrer Studie auch keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den finalen pH-Werten im Muskel und der zusätzlichen Stressaussetzung der Tiere vor dem Schlachten.

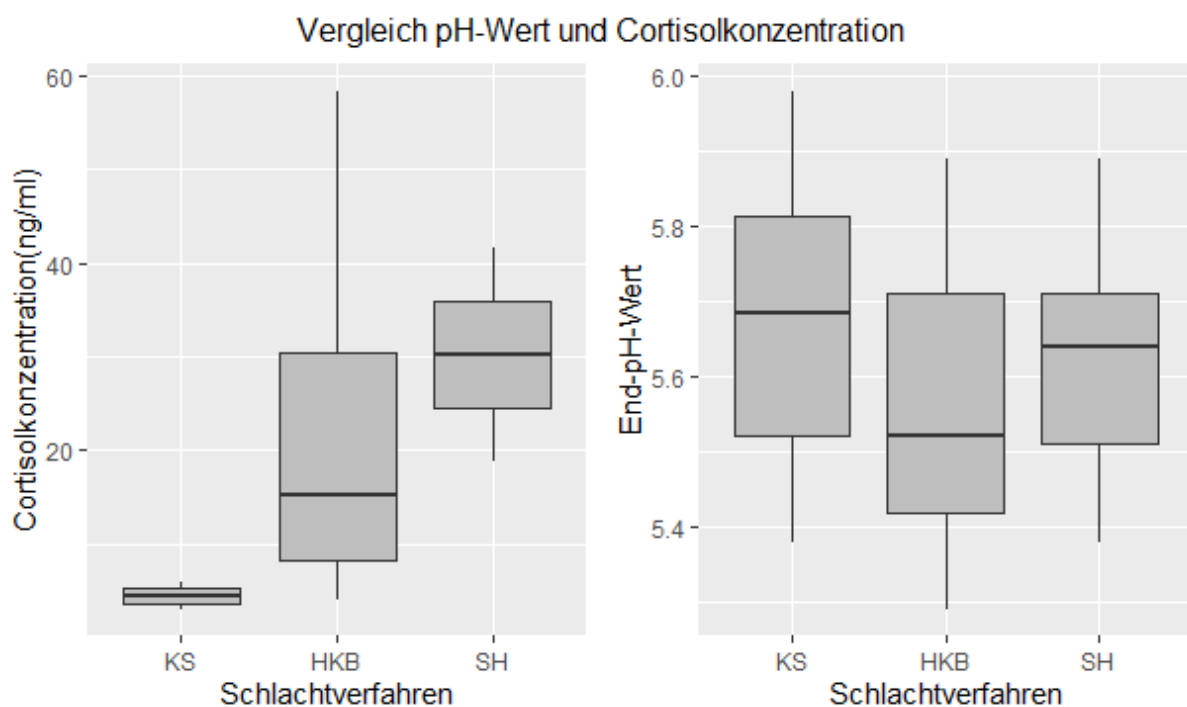


Abbildung 22: Vergleich End-pH-Wert und Cortisolkonzentration (ng/ml), gemessen nach Auftauen der Proben. Gelistet nach den Schlachtverfahren Kugelschuss (KS), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachtung im Schlachthof (SH).

Für die Interpretation der weiteren Ergebnisse der Qualitätsparameter muss dies beachtet werden, da die geringere pH-Wert Absenkung in Zusammenhang mit erhöhtem Stress in der Literatur als ein Hauptgrund für die negative Beeinflussung der Fleischqualität durch Stress gesehen wird (Bendall, 1973; Weglarz, 2010). Die Werte der aktuellen Studie lagen im Vergleich zu anderen Studien im Mittelfeld und lagen mit einem durchschnittlichen pH-Wert

von 5,62 deutlich unterhalb von 5,8, ab dem mit Qualitätseinbußen zu rechnen wäre (Weglarz, 2010). In einer südafrikanischen Studie von Chulayo et al. (2016) wurden Werte zwischen 5,73 und 5,88 gemessen. Diese wurden unter gewöhnlichen Schlachtbedingungen erfasst. Warner et al. (2007) dagegen, maßen Werte zwischen 5,38 und 5,46 unter ähnlichen Bedingungen in Australien. 13 Messungen waren in der vorliegenden Studie größer als 5,8. Das entspricht 12% des gesamten Datensatzes. Einen pH-Wert über 5,7 wiesen sogar 34,3% des gesamten Datensatzes auf. Laut Meat & Livestock Australia, MLA (2013), kommen pH-Werte über 5,7 in Australien jährlich zu 10% vor und werden dort bereits als Qualitätsabweichung DFD definiert. Die unerwartet höheren pH-Werte der Kugelschussmethode könnten durch eine Faktorüberlagerung im Experiment zustande gekommen sein. Alle Tiere, die mit der Kugelschussmethode geschlachtet wurden, gehörten einem Betrieb und derselben Rasse an. Die „Uria“ Rasse kam bei keinem anderen Schlachtverfahren vor. Betriebsindividuelle Fütterungs- und Haltungsunterschiede könnten zu niedrigeren Glykogenvorräten geführt haben, wodurch der pH-Wert nicht so tief absinken konnte (Apaoblaza et al., 2020). Wie in Kapitel 3.3.1 dargestellt, hatte das Schlachtverfahren auch bei einheitlicher Reifedauer einen signifikanten Einfluss auf den pH-Wert. Aus dem Material- und Methodenteil geht hervor, dass das Fleisch von unterschiedlichen Metzgereien und Schlachthöfen bezogen wurde und so die Reifung nicht gänzlich einheitlich gestaltet werden konnte. Auch wenn alle Proben im Vakuumbbeutel reiften, könnte es in den verschiedenen Metzgereien unterschiedliche Reifebedingungen gegeben haben. Da die Bedingungen erst im eigenen Kühlschrank überwacht werden konnten, blieben eventuelle Unterschiede in den Reifebedingungen zwischen den Metzgereien unentdeckt. Im statistischen Modell wurde dies mit dem zufälligen Faktor des Betriebs berücksichtigt. Gründe für die niedrigeren pH-Werte der Tiere aus dem Schlachthof könnten Folgende sein: Warris nannte als Hauptgrund für ein zu geringes Absinken des pH-Wertes post mortem, den verstärkten Glykogenabbau durch vermehrte Aktivität und vermehrtes Dominanzverhalten (Warris, 1984). Da die Tiere aus der Schlachthofvariante am Vorabend angeliefert wurden und direkt am frühen Morgen geschlachtet wurden, war die Aktivität in der Nacht vermutlich gering und so wurden Glykogenreserven vor dem Schlachten nicht durch vermehrte Aktivität erschöpft. Außerdem ging das Schlachthofpersonal sehr schonend mit den Tieren um. Stress wurde bestmöglich vermieden und Tiere wurden nur mit leichter Paddelberührung in die Betäubungseinrichtung getrieben. Die Zeit im Wartestall kann aber nicht immer zu einer Erholung nach dem Transport beitragen (van de Water, Verjans & Geers, 2003). Zwei am Projekt beteiligte Metzgereien stellten nach Umstellung auf Schlachtung HKB eine zunehmende Haltbarkeit der Erzeugnisse fest (M. Sauter, persönl. Mitteilung, 15.12.2021; M.

Zimmermann, persönl. Mitteilung, 06.12.2021). Durch den großen Einfluss des pH-Wertes auf die Haltbarkeit (Gill & Newton, 1979; Henning & Baulein U., 2007; Viljoen, 2000), konnten diese Beobachtungen in der vorliegenden Studie dahingehend bestätigt werden, dass das Schlachtverfahren einen signifikanten Einfluss auf den pH-Wert und damit auf die Haltbarkeit hatte und die Schlachtmethode HKB Tendenzen zu niedrigeren End-pH-Werten zeigte als die Schlachtung im Schlachthof.

Ein erhöhter pH-Wert kann die Qualität negativ beeinflussen. So hängen vor allem die Farbe, die Wasserhaltefähigkeit und die Zartheit mit dem pH-Wert zusammen (Chulayo et al., 2016; Frimpong, Gebresenbet, Bobobee, Aklaku & Hamdu, 2014). Anhand von Pearson'schen Korrelationskoeffizienten konnte in dem vorliegenden Datensatz nur zwischen der Helligkeit und dem pH-Wert eine signifikant negative Korrelation (-0,226*) bestätigt werden. Zwischen dem pH-Wert, a L*a*b*-System, der b L*a*b*-System, der Scherkraft und der Wasserhaltefähigkeit, konnten keine signifikanten Korrelationen beobachtet werden. Vor dem Hintergrund der pH-Werte im normalen Bereich in der vorliegenden Studie, überrascht es nicht, nur eine einzige pH-Wert abhängige Korrelation nachweisen zu können.

In einer Folgestudie wäre es wichtig, nicht nur den End-pH-Wert zu messen, sondern, beginnend nach dem Schlachten, eine pH-Wert-Absenkungskurve aufzunehmen. Hiermit könnten dann nicht nur die Veränderungen, die Stress mittelfristig auf die Glykogenreserven hat kenntlich gemacht werden (Chulayo et al., 2016; Muchenje et al., 2008; E. M. C. Terlouw et al., 2008), sondern auch akute Stresssituationen, direkt vor dem Schlachten, die zu einer schnelleren pH-Wert-Absenkung führen (Hofmann, 1995; Reiche et al., 2019). Eine erhöhte Stoffwechselaktivität, einhergehend mit erhöhten Körpertemperaturen, können die pH-Wert-Absenkung post mortem beschleunigen (Bendall, 1973).

4.3.2 Farbmessung

Die Fleischfarbe ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal, da Konsumenten vor dem Kauf vor allem anhand der Farbe entscheiden (Mancini & Hunt, 2005). In der vorliegenden Studie konnten Tendenzen bei der Helligkeit entsprechend der Erwartungen aus der Literatur bestätigt werden. Diese Tendenzen zeigten einen nicht signifikanten Trend zu hellerem Fleisch aus Kugelschussschlachtung und Schlachtung HKB. Die Tendenz bestätigte den Zusammenhang von vermehrtem Stress zu dunklerem Fleisch (Grandin, 1980; Pighin et al., 2013; C. Terlouw, 2015; van de Water et al., 2003; Viljoen, 2000). In der Helligkeit wurden weitere Tendenzen

im Rassenvergleich gefunden. Die Rasse Charolais wies im Vergleich zu allen übrigen Rassen helleres Fleisch auf. Helleres Fleisch der Rasse Charolais wurde auch im Vergleich zur Rasse Simmental bestätigt (Chambaz, Scheeder, Kreuzer & Dufey, 2003). Auch durch Fütterungsunterschiede entstehen Unterschiede in der Helligkeit. Laut einem Review über 35 wissenschaftliche Studien, haben extensiver gefütterte Rinder dunkleres Fleisch als Rinder, die intensiv gefüttert werden (Priolo, Micol & Agabriel, 2001). In der vorliegenden Studie konnten Einflüsse durch unterschiedliche Fütterung nicht ausgeschlossen werden, da die Tiere von sieben verschiedenen Betrieben stammten, wurden aber als unbeträchtlich eingestuft, da es sich bei allen Betrieben entweder um Bio-Betriebe oder extensive Betriebe aus Bergregionen handelte. Genaue Fütterungsunterschiede wurden aber nicht erfasst. Fütterungsbedingte Unterschiede auf die Blau-Gelb-Achse (b L*a*b* System) werden vor allem im Sommer erwartet, wenn der erhöhte Gehalt an Carotin im grünen Weidefutter im Vergleich zur Konservatfütterung im Stall, zu gelberem Fett führt (Stangl, Schwarz & Roth, 2014)

Signifikante Einflüsse konnten einzig auf den Rotton (a* L*a*b* System) erkannt werden. Dabei hatten das Schlachtverfahren und das Alter einen signifikanten Einfluss. Dennoch ist gerade bei diesem Modell die power (Conditional R²) mit 0,5% sehr gering. Die signifikant kräftigere rote Farbe der Schlachtung im Herkunftsbetrieb verglichen mit der Referenzschlachtungsmethode Kugelschuss, standen, ähnlich zu den Ergebnissen des pH-Wertes, im Widerspruch zur Literatur, in der vermehrter Stress zu weniger roter Farbe führte (Lensink et al., 2001). Die vorliegenden Ergebnissen bestätigten, dass niedrigere pH-Werte eine kräftige rote Farbe verstärken (Lensink et al., 2001). Erklärungen für diese unerwarteten Ergebnisse könnten in der Struktur der Betriebe liegen. Dabei spielt nicht nur die Fütterung, sondern auch die Bewegung der Tiere eine Rolle (Vestergaard, Oksbjerg & Henckel, 2000). In einer japanischen Studie konnte der Effekt der physischen Aktivität von Rindern auf Bergweiden auf die Pigmentierung gezeigt werden. Rinder, welche auf Bergweiden weideten, zeigten signifikant mehr rote Muskelfasern (Ozutsumi & Okada, 1981). Dieser Erklärungsansatz könnte in der vorliegenden Studie eine Rolle spielen. Aus der Gruppe des Schlachtverfahrens HKB, stammten 44% der Daten von Tieren aus dem südlichen Schwarzwald mit steilen Hängen (Betriebe X), bei denen von erhöhter physischer Belastung der Muskeln ausgegangen werden kann. In der Gruppe des Schlachtverfahrens Schlachthof, waren 64% der Proben aus dem südlichen Schwarzwald (Betriebe B und GE). Die Tiere aus der Gruppe des Schlachtverfahrens Kugelschuss, stammten ausschließlich vom Fuße der Schwäbischen Alb (Betrieb C). Die Topografie ist hier deutlich flacher. Dadurch könnte man das signifikant röttere Fleisch der Tiere des Schlachtverfahrens HKB und die nicht signifikante Tendenz zu röterem Fleisch der Tiere

des Schlachtverfahrens Schlachthof (positive Estimates), im Vergleich zu dem Kugelschuss Verfahren, erklären.

Außerdem wurde das Fleisch mit zunehmendem Alter signifikant röter ($p = 0,003$). Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Werten aus der Literatur. Durch einen steigenden Pigmentgehalt mit zunehmendem Alter erschien das Fleisch älterer Tiere röter (Boccard et al., 1979). Zudem konnte die Tendenz beim Geschlecht mit der Literatur bestätigt werden. Ein Estimate von 1,87 des Geschlechts Weiblich im Vergleich zum männlichen Geschlecht in der vorliegenden Studie, deutete darauf hin, dass das Fleisch von männlichen Tieren dunkler war. Das wurde in den Ergebnissen von Chulayo et al. (2016) bestätigt.

4.3.3 Tausaft-, Kochsaft- und Grillsaftverlust

Da die Saftigkeit einen großen Einfluss auf die Konsumentenakzeptanz und den Genuss von Fleisch hat (Aaslyng et al., 2007), und wahrgenommene Saftigkeit mit dem Kochsaftverlust korreliert ist, zählen die Saftverlustparameter zu den wichtigen Qualitätsparametern von Fleisch. Fleisch mit höherem Kochsaftverlust wird dabei als weniger saftig wahrgenommen (Reiche et al., 2019; Warner et al., 2007).

Wie auch bei Friedrich et al. (2014), konnte in der vorliegenden Studie kein signifikanter Einfluss der Schlachtverfahren auf die Wasserhaltekapazität, gemessen in den Saftverlusten, gefunden werden. Eine Tendenz konnte aber dennoch erkannt werden: Tiere, die mit dem Kugelschuss geschlachtet wurden, zeigten Tendenzen zu geringeren Tau-, Koch- und Grillsaftverlusten im Vergleich zu den beiden anderen Schlachtmethoden. Darauf deuten die positiven Estimates der Schlachtverfahren HKB und Schlachthof im Vergleich zur Referenzschlachtmethode Kugelschuss hin (Anhang: Tabelle A 7). Auch ein deskriptiver Mittelwertvergleich (Tabelle 16 und 17 in Kapitel 3.3.3), lässt diese Tendenz erkennen. Betrachtet man diese Tendenzen in Zusammenhang mit den Cortisolwerten der Schlachtmethoden und den dort erkannten Tendenzen, konnte die Tendenz bestätigt werden, dass weniger Stress bei der Schlachtung zu saftigerem Fleisch führt. Demgegenüber konnte ein solcher Zusammenhang in anderen Studien signifikant hergestellt werden. Stress vor der Schlachtung führte dort zu weniger saftigem Fleisch (Reiche et al., 2019; Warner et al., 2007). Vergleicht man in einem nächsten Schritt die Mittelwerte der Saftverluste der verschiedenen Rassen, so lässt sich ein ähnlicher Trend wiederfinden. Die Rasse Uria zeigte nicht signifikant geringere Saftverluste als die übrigen Rassen (Tabelle 16 und 17, Kapitel 3.3.3). Unter dem

Schlachtverfahren Kugelschuss war Uria die einzige Rasse. Wenn also das Kugelschussverfahren geringere Saftverluste zeigte, dann war es zu erwarten, dass die Rasse Uria im Rassenvergleich auch niedriger abschneidet.

Allein die Reifedauer wirkte sich signifikant auf den Grillsaftverlust auf. Der negative Estimate (Anhang: Tabelle A 7) deutet daraufhin, dass der Grillsaftverlust mit zunehmender Reifedauer abnimmt. Auch für den Kochsaft- und Tausaftverlust konnte dieser negative Zusammenhang als Tendenz gezeigt werden. Geringere Saftverluste nach längerer Reifezeit können auch in der Literatur bestätigt werden (Marino et al., 2014). Durch eine intensive Reifung lösen sich Muskelstrukturen und intramuskuläres Collagen. Dadurch steigt die intramuskuläre Kapazität Wasser aufzunehmen und zu halten.

Die hohen Prozentwerte an Saftverlusten der vorliegenden Studie werden wohl in diesem Ausmaß nicht auf dem Teller wiederzufinden sein. Wird Fleisch eingefroren, so wie es in der Studie der Fall war, verändert sich die Wasserhaltekapazität. Eiskristalle, die beim Einfrieren entstehen, können die Zellstruktur des Fleisches zerstören (Rahelić, Puač & Gawwad, 1985) und damit zu geringerer Wasserhaltekapazität führen (Lagerstedt, Enfält, Johansson & Lundström, 2008). Fleisch, welches vor dem Zubereiten nicht eingefroren wurde, sollte geringere Saftverluste aufweisen.

4.3.4 Scherkraft

Fleischqualität hängt aus Konsumentensicht zu einem großen Teil von dessen Zartheit ab, wobei zarteres Fleisch präferiert wird (Dransfield, 1998). So wird die Zartheit z.B. als wichtigstes Kriterium im australischen Bewertungssystem für Fleischqualität bewertet (MLA, 2013). Um die Zartheit von Fleisch abzubilden eignet sich die Scherkraft, da generell eine negative Korrelation zwischen der objektiv gemessenen Scherkraft und der humansensorisch erfassten Zartheit vorliegt (Pollard et al., 2002; Velik et al., 2008).

In der vorliegenden Studie konnten signifikante Einflüsse auf die Zartheit nur beim Alter der Tiere und dem Schlachtgewicht gefunden werden. Erwartet wurde vor allem ein Einfluss der Schlachtverfahren auf die Zartheit, denn eine erhöhte Scherkraft konnte in mehreren Studien im Zusammenhang mit Stresssituationen vor dem Schlachten gemessen werden (Chulayo et al., 2016; Friedrich et al., 2014; Warner et al., 2007). Außerdem zeigte Gruber et al. (2010) eine erhöhte Scherkraft bei Tieren, bei denen Stressindikatoren signifikant erhöht beobachtet wurden. Unter die Stressindikatoren fielen dabei die Herzfrequenz, die Laktatgehalte im Plasma

und ein Verhaltensscore. In der vorliegenden Studie fehlten signifikante Zusammenhänge in diese Richtung. Positive Estimates in der Scherkraft, gemessen an gegrilltem Fleisch, (Anhang: Tabelle A 9) deuten an, dass Fleisch aus dem Kugelschussverfahren, welches anhand der Cortisolwerte zu beurteilen tendenziell als das stressärmste Schlachtverfahren einzustufen ist, zarter war als jenes aus dem Schlachthof und aus dem Herkunftsbetrieb. Die Tendenzen könnten den Einfluss von Stress beim Schlachten auf die Zartheit des Fleisches bestätigen. Die deskriptive Statistik zeigte hier jedoch eine entgegengesetzte Richtung als die statistischen Modelle. Dies gibt einen Hinweis auf nicht erfasste Störfaktoren oder eine ungleiche Stichprobe. Bei der Scherkraft, gemessen an gekochtem Fleisch, gingen die Tendenzen der statistischen Modelle allerdings in die entgegengesetzte Richtung (Anhang: Tabelle A 9). Hier hatte das Kugelschussverfahren tendenziell das am wenigsten zarte Fleisch. Auch deskriptiv konnte dieser Trend gezeichnet werden (Tabelle 19 in Kapitel 3.3.4)

Der deskriptive Trend zu weniger zartem Fleisch bei der Kugelschussmethode in meiner Studie lässt sich anhand der pH-Werte erklären, denn die postmortale Proteolyse findet pH-Wert abhängig statt (Bendall, 1973). In Abbildung 23 sollen deshalb pH-Wert und Zartheit vergleichend dargestellt werden.

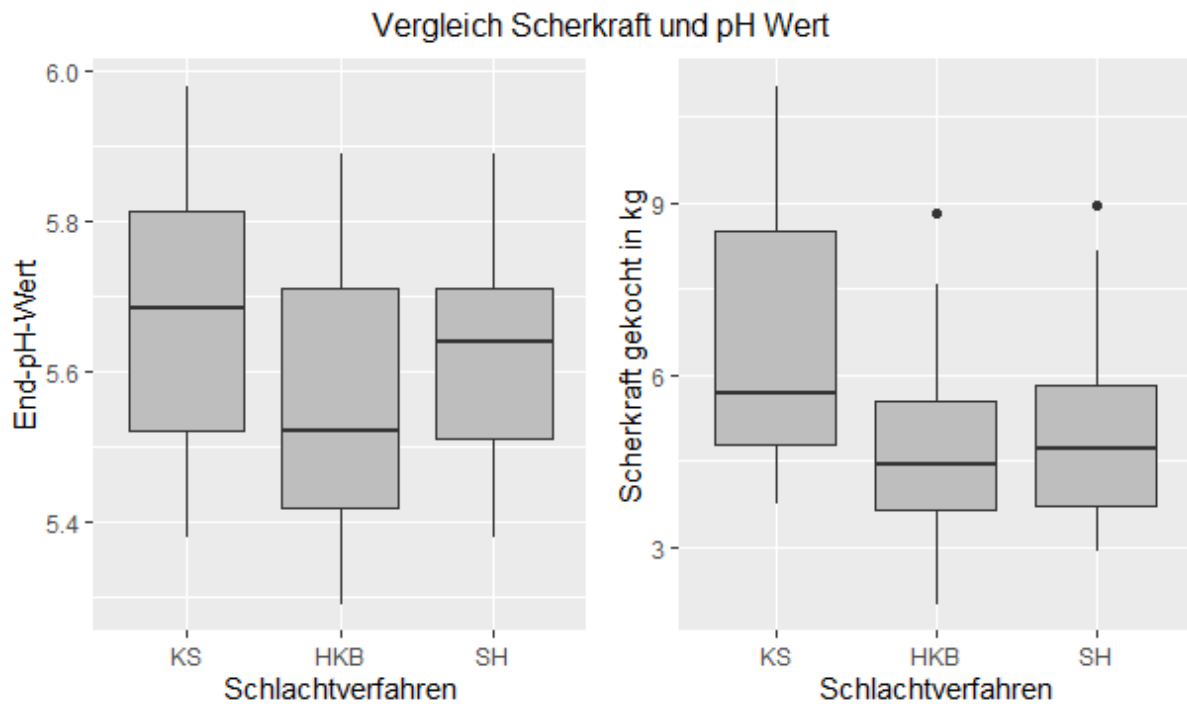


Abbildung 23: Vergleich der Scherkraft gekocht und dem End-pH-Wert zwischen den Schlachtverfahren Kugelschuss (KS), Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung (HKB) und Schlachtung im Schlachthof (SH).

Bei der Fleischreifung wird die Zartheit vor allem durch die postmortale Proteolyse durch die körpereigene Calpaine und Kathepsine generiert. Während Calpaine dabei Ca^{2+} abhängig sind und schon zu Beginn der Fleischreifung bei neutralen pH-Werten arbeiten, sind Kathepsine pH anhängig und werden mit zunehmend sauren Bedingungen aus den Lysosomen freigegeben (Dutson, 1983). Dies erklärt die steigende Zartheit mit abnehmenden End-pH-Werten unter normalen pH-Bedingungen ($\text{pH} < 6$) in meiner Studie. Demgegenüber konnten mehrere Studien zarteres Fleisch bei den höchsten End-pH-Werten finden ($\text{pH} > 6,2/6,3$) (Silva, Patarata & Martins, 1999; YU & LEE, 1986). Grund dafür sind die Ca^{2+} abhängigen Proteasen, die Calpaine, welche ihre pH-Optima im neutralen Bereich haben (Dutson, 1983). In meiner Studie traten solche hohen pH-Werte nicht auf. Mit Durchschnittswerten unter 5,7 bei allen Schlachtmethoden, waren die Werte im normalen pH-Bereich und pH-Gruppen wie in den beiden zitierten Studien konnten nicht gebildet werden. Für die pH abhängigen Unterschiede in meiner Studie könnten demnach vor allem die Kathepsine verantwortlich sein. Eine geringere Zartheit des Fleisches der Tiere aus einer Schlachtung mittels Kugelschuss könnte zudem durch eine geringere Marmorierung mitverursacht worden sein (Augustini & Termisan, 1986). Die Marmorierung der Tiere, welche mit dem Kugelschussverfahren geschlachtet wurden, war mit einem Median von 2,5 geringer als bei den beiden anderen Schlachtverfahren, welche mit einem Median von 3 Punkten höher ausfiel.

Weiterhin war ein Einfluss der Reifedauer erwartet worden (Smith et al., 2008), aber auch hier konnte kein signifikanter Einfluss auf die Zartheit gefunden werden. Dennoch konnte eine leichte Tendenz zu zarterem Fleisch bei längerer Reifedauer erkannt werden. Eine weitere in der Literatur bestätigte Tendenz konnte bei dem Einfluss des Geschlechts erkannt werden. Weibliche Tiere hatten geringere Scherkraftwerte nach dem Grillen als männliche (Velik, 2008). Dieser Effekt zeigte sich in der vorliegenden Studie nicht signifikant, sondern nur als Tendenz.

Signifikant nahm die Scherkraft, gemessen an gegrilltem Fleisch, mit zunehmendem Alter zu. Auch bei der Scherkraft gekocht konnten diese Tendenzen gezeigt werden. Dies konnte auch durch die Literatur bestätigt werden (Augustini & Temisan, 1986; Boccard et al., 1979) und wird unter anderem durch mit dem Alter zunehmende Bindegewebsanteile sowie deren Quervernetzung erklärt (Augustini & Temisan, 1986; Boccard et al., 1979; MLA, 2013). Der Effekt, den das Bindegewebe auf die Scherkraft hat, nimmt ab einer Koch- oder Grilltemperatur von 50°C mit zunehmender Koch- und Grilltemperatur ab. Bindegewebe wird hier bereits teilweise denaturiert und zieht sich zusammen (Lewis & Purslow, 1989). Um den Einfluss der verschiedenen Bindegewebsanteile zu minimieren, sollten Tiere nicht vorrangig mit dem gleichen Alter, sondern mit ähnlicher physiologischer Reife geschlachtet werden. Diese hängt vom Alter, der Genetik aber auch der Fütterungsintensität ab. Z.B könnten Tiere mit demselben intramuskulären Fettanteil geschlachtet und verglichen werden (Chambaz et al., 2003; Velik, 2008). In Australien wurde eine Kombination aus Alter und Verknöcherung benutzt, um die physiologische Reife zu ermitteln. Eine Verknöcherung geht einher mit einer zunehmenden Quervernetzung des Bindegewebes (MLA, 2013).

Eine leicht abnehmende Scherkraft mit zunehmendem Schlachtgewicht könnte sich durch eine höhere Mastintensität erklären. Bei höherer Mastintensität steigern sich die intramuskulären Fetteinlagerungen, welche sich zu einem gewissen Teil auf die Scherkraft auswirken (Augustini & Temisan, 1986). Um dieser These nachzugehen, wurde die Korrelation zwischen dem Schlachtgewicht und der Marmorierung berechnet. Eine positive Korrelation von 0,13 bestätigte diese Tendenz, wenn auch nicht signifikant. Im Vergleich zu extensiver Fütterung und erhöhter Bewegung der Tiere, wiesen Tiere aus intensiveren Systemen einen größeren Anteil an weißen Muskelfasern auf (Lefaucheur & Gerrard, 2000; Ozutsumi & Okada, 1981). Da weiße Muskelfasern ein höheres Verhältnis von Calpain zu Calpastatin aufweisen als Rote, können vermehrt weiße Fasern zu einer schnelleren Reifung post mortem führen (Lefaucheur & Gerrard, 2000). Unterschiede in der Scherkraft der vorliegenden Studie auf unterschiedliche

Mastintensitäten zurückzuführen, erscheint möglich, weil die Fütterung der einzelnen Betriebe nicht detailliert erfasst wurde und somit Unterschiede unentdeckt blieben. Mit der Auswahl der Betriebe (entweder mindestens nach EU-Bio-Richtlinien oder extensive Bergbetriebe) wurde versucht diesen Faktor zu minimieren.

Vergleicht man die Scherkraft mit den Koch- und Grillsaftverlusten, so konnte eine nicht signifikante, negative Korrelation (berechnet nach Pearson) gezeigt werden. Zwischen der Scherkraft gekocht und dem Kochsaftverlust beträgt sie -0,21 und zum Grillsaftverlust -0,20. In Abbildung 20, Kapitel 3.3.4 sind die Korrelationen zwischen der Scherkraft und dem Koch- und Grillsaft graphisch dargestellt. Die eben beschriebenen Korrelationen sind mit einem X gekennzeichnet, da sie nicht signifikant waren. Demgegenüber wurde bei Silva et al. (1999) eine signifikant positive Korrelation zwischen dem Kochsaftverlust und der Scherkraft berechnet.

Fleisch, welches vor dem Konsumieren nicht eingefroren wurde, ist oft weniger zart als vorher eingefrorenes. Eiskristalle, die beim Einfrieren entstehen, können die Zellstruktur des Fleisches angreifen (Rahelić et al., 1985) und damit die Scherkraft von gefrorenem Fleisch herabsetzen (Lagerstedt et al., 2008).

4.4 Korrelationen

Um die Frage zu beantworten, ob verhaltensbiologische Stressparameter mit den Cortisolkonzentrationen korrelieren und ob sich ein zunehmend gestresstes Verhalten der Tiere während der Schlachtung negativ auf die Fleischqualität auswirkt, wurden Korrelationen berechnet, welche ich im folgenden Absatz interpretieren werde.

Wie in Kapitel 3.2 bereits beschrieben, bestand eine positive Korrelation zwischen den Abwehrbewegungen in der Fangeinrichtung und den Cortisolkonzentrationen. Aufgrund der geringen Datengrundlage konnte dieser Trend nicht signifikant bestätigt werden. Abwehrbewegungen wurden in ihrer Tendenz aber als Stressindikatoren eingestuft. Zwischen den Abwehrbewegungen in der Fangeinrichtung und den Qualitätsparametern, waren die Ergebnisse nicht eindeutig. Während eine signifikante Korrelation von zunehmenden Abwehrbewegungen und einem höheren End-pH-Wert noch mit zunehmendem Stress bei der Schlachtung und deren Auswirkungen auf den Glykogenspeicher der Tiere begründet werden kann (Bendall, 1973; D'Souza et al., 1998; Muchenje et al., 2008; O'Neill et al., 2006; E. M. C. Terlouw et al., 2008; Warriss, 1984; Warriss et al., 1994), fällt die Begründung der

Korrelationen zur Schwerkraft schwer. Zunehmende Abwehrbewegungen korrelieren hier signifikant mit abnehmenden Werten bei der Scherkraft, was zarteres Fleisch von stärker gestressten Tieren bedeuten würde. Da eine Korrelation aber nicht zwingend eine Kausalität impliziert, sollten die Ergebnisse der Modelle Vorrang haben.

4.5 Probennahme und Datengrundlage

Um in einer Folgestudie die Fragestellung nach der Fleischqualität und der Stressbelastung bei Rindern in Zusammenhang mit der Schlachtung im Herkunftsbetrieb weiter zu betrachten, kann einiges aus der Herangehensweise dieser Studie gelernt und einige Veränderungen vorgenommen werden. Generell sollte für die Probennahme ein anderer Zeitraum gewählt werden. Nach Weihnachten legten viele Mutterkuhhalter eine Schlachtpause ein. Damit zog sich der Probennahme Zeitraum der aktuellen Studie in die Länge. Entweder könnte man von Herbst bis Weihnachten oder wieder ab März mit zunehmenden Schlachtungen rechnen. Zudem hat die Corona Pandemie dazu geführt, dass Termine, vor allem in Schlachthöfen, zur Blutentnahme spontan abgesagt wurden. Mit dem in dieser Studie aufgebauten Netzwerk und einer längeren Probennahmezeit zu einem anderen Zeitpunkt, könnten mit einem gleichen Verfahren zuverlässig Proben genommen werden.

Bei kürzeren Probennahmezeiträumen würde sich ein Trennen der Fleischuntersuchung und der Blut- und Verhaltensuntersuchung anbieten. Fleischproben könnten deutlich einfacher gebündelt über den Handel, Erzeugergemeinschaften oder Vermarktungsgemeinschaften gesammelt werden und müssten nicht bei jeder/m Landwirt*in gesondert organisiert werden und den Blutuntersuchungen zugeordnet werden. In einer gesonderten Studie zu dem Verhalten und Blutuntersuchungen könnte deutlich einfacher mit Schlachthöfen zusammengearbeitet werden, wenn nicht pro Termin jeweils nur zwei bis drei Tiere in die Untersuchung mit einfließen würden. Gebündelte Schlachthofbesuche könnten eine Vielzahl an Blutproben und Verhaltensaufzeichnungen generieren. Auch hier könnte das bestehende Netzwerk als Grundlage dienen. Dies würde zudem viele Fahrten sparen und zu einer größeren Effektivität führen.

Aufgrund der geringen Datenmenge könnte es in der vorliegenden Studie zu Überlagerungen von Effekten gekommen sein, was es deutlich erschwerte Rückschlüsse auf ein bestimmtes Schlachtverfahren zulässt. Besonders der Unterschied zwischen der deskriptiven Statistik und der schließenden Statistik bei der Zielvariable Scherkraft, gemessen an gegrilltem Fleisch,

machte dies deutlich. Kritisch anzumerken ist vor allem, dass das Verfahren Kugelschuss nur von Tieren einer einzigen Rasse, aus einem einzigen Betrieb repräsentiert wurde. Weil das Schlachtverfahren also nicht unabhängig von dem Betrieb und der Rasse ist, kann es zu Simpson's Paradoxon gekommen sein, wobei die ausgewählte Stichprobe durch Interaktionseffekte nicht die Gesamtstichprobe widerspiegeln kann (Blyth, 1972). Um dieses Problem zu vermeiden und einen fundierten Vergleich der drei Schlachtmethoden aufstellen zu können, würde ich für eine Folgestudie entweder versuchen die Umwelteinflüsse so klein wie möglich zu halten oder eine größere Vielfalt abzubilden und in jedem Fall die Datenmenge erhöhen. Bei ersterer Variante wäre es erstrebenswert, nur Tiere eines landwirtschaftlichen Betriebes in Zusammenarbeit mit einer einzigen Metzgerei zu untersuchen, wie es bei Friedrich et al. (2014) der Fall war. In beiden Fällen müssten die postmortalen Einflüsse und Umweltbedingungen stark standardisiert und kontrolliert werden um prä-mortale Einflüsse auf die Fleischqualität fundiert untersuchen zu können. Dabei ist vor allem die Rigor Temperatur wichtig (Ferguson & Warner, 2008). Zusätzlich könnte man sich auf ein Geschlecht oder eine Rasse beschränken. Dies wurde bei der vorliegenden Studie zwar angestrebt, konnte aber aufgrund bereits erläuterten Gründe nicht realisiert werden. Gründe dafür sind die kleineren Strukturen in Süddeutschland. Zudem ist das Thema Schlachtung oft emotional, weshalb Betriebe entweder von dem einen oder dem anderen Verfahren überzeugt sind. In der zweiten Variante könnten durch breit gestreute Umwelteinflüsse Multikollinearität verhindert werden

5 Ausblick

In meiner Studie zur teilmobilen Schlachtung von Rindern im Herkunftsbetrieb, konnten die drei Schlachtmethoden Kugelschuss, Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung und Schlachtung im Schlachthof entsprechend ihrer Stressbelastung anhand von Cortisolkonzentrationen im Stichblut bewertet werden. Die Schlachtmethode Kugelschuss zeigte einen Trend zu der geringsten Stressbelastung, während die Schlachtung im Schlachthof tendenziell als am stressigsten für die Tiere einzustufen war. Die Ergebnisse der Qualitätsparameter waren nicht eindeutig. Signifikante Auswirkungen der Schlachtmethode konnten nur bei einzelnen Qualitätsparametern gefunden werden. Die Schlachtmethode Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung wies die niedrigsten End-pH-Werte auf. Entgegen unseren Erwartungen war der pH-Wert bei dem als am stressärmsten eingestuften Schlachtverfahren Kugelschuss am höchsten. Gegensätzlich dazu zeigte das Kugelschussverfahren Trends zu hellerem und saftigerem Fleisch. Diese Ergebnisse könnten auf Qualitätsabweichungen in der Fleischqualität hinweisen, die zwar durch Stress vor der Schlachtung induziert, aber nicht primär durch unterschiedliche End-pH-Werte ausgelöst werden. Die Ergebnisse aus dem explorativen Vergleich zwischen einer Schlachtung im Herkunftsbetrieb und einer Schlachtung im Schlachthof zeigten einen einheitlicheren Trend. Signifikant niedrigere End-pH-Werte, einhergehend mit einem Trend zu zarterem Fleisch mit tendenziell geringeren Saftverlusten bei einer Schlachtung im Herkunftsbetrieb, könnte die Vermutung, dass die Fleischqualität durch eine Schlachtung im Herkunftsbetrieb positiv beeinflusst wird, bestätigen. Durch die großen Umwelteinflüsse in der vorliegenden Studie lassen sich die Ergebnisse dennoch nicht eindeutig interpretieren und vor allem die Rückschlüsse auf den Einfluss der Schlachtverfahren könnten in zukünftigen Studien durch größere Stichprobenzahlen und geringere Umweltvariation eindeutiger ausfallen. Die hohe Varianz an Cortisolwerten im Schlachtverfahren Schlachtung im Herkunftsbetrieb zeigte eine große Varianz in der Stressbelastung und konnte in der vorliegenden Studie mit Managementunterschieden begründet werden. Hier sollte die zukünftige Forschung ansetzen, um das große Potenzial der Stressreduzierung der Schlachtung im Herkunftsbetrieb auszuschöpfen. Dies sollte in praktischen Anwendungsempfehlungen, die sich vor allem auf die Gewöhnungsphase der Rinder konzentrieren, umgesetzt werden. Hohe Schlachtabbruchquoten untermauern diesen zukünftigen Forschungsbedarf auch von einer betriebsökonomischen Sichtweise. Zudem sollten zukünftige Forschungsansätze nicht nur das geschlachtete Rind im Fokus haben, sondern zunehmend die Tiere berücksichtigen, welche die Schlachtung ihrer Artgenossen miterleben.

6 Literaturverzeichnis

- Aaslyng, M. D., Oksama, M., Olsen, E. V., Bejerholm, C., Baltzer, M., Andersen, G. et al. (2007). The impact of sensory quality of pork on consumer preference. *Meat Science*, 76(1), 61–73. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.014>
- Alam, M. G. & Dobson, H. (1986). Effect of various veterinary procedures on plasma concentrations of cortisol, luteinising hormone and prostaglandin F2 alpha metabolite in the cow. *Veterinary Record*, 118(1), 7–10. <https://doi.org/10.1136/vr.118.1.7>
- Apaoblaza, A., Gerrard, S. D., Matarneh, S. K., Wicks, J. C., Kirkpatrick, L., England, E. M. et al. (2020). Muscle from grass- and grain-fed cattle differs energetically. *Meat Science*, 161, 107996. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107996>
- Arbeitsgruppe "Tierschutz bei der Schlachtung" unter Vorsitz der Landwirtschaftskammer und Wirtschaftskammer Österreichs. (2014). *Leitfaden für bewährte Verfahrensweisen betreffend Tierschutz bei der Schlachtung. Leitfaden für bewährte Verfahrensweisen gemäß Artikel 13 der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009* (Bundesministerium für Gesundheit, Hrsg.). Bundesministerium für Gesundheit.
- Augustini, C. & Temisan, V. (1986). Einfluss verschiedener Faktoren auf die Schlachtkörperzusammensetzung und die Fleischqualität bei Jungbullen. *Fleischwirtschaft*, (66), 1273–1280.
- Barrasso, R., Bonerba, E., Ceci, E., Roma, R., Alò, A., Mottola, A. et al. (2020). Evaluation of the animal welfare during religious slaughtering. *Italian Journal of Food Safety*, 9(1), 8387. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2020.8387>
- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (2008). Neurovegetative und modulatorische Systeme. In M. F. Bear, B. W. Connors & M. A. Paradiso (Hrsg.), *Neurowissenschaften. Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie* (3. Aufl., [Übers. der 3. amerikan. Aufl., 1. dt. Ausg.], S. 537–568). Heidelberg: Spektrum Akad. Verl.
- Beere, H. & Green, D. (2001). Stress management – heat shock protein-70 and the regulation of apoptosis. *Trends in Cell Biology*, 11(1), 6–10. [https://doi.org/10.1016/S0962-8924\(00\)01874-2](https://doi.org/10.1016/S0962-8924(00)01874-2)
- Bendall, J. R. (1973). Postmortem changes in muscle. In G. H. Bourne (Hrsg.), *The Structure and Function of Muscle (Second Edition)* (S. 243–309). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-119102-3.50012-4>
- Bhat, Z. F., Kumar, S. & Fayaz, H. (2015). In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 241–248. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60887-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60887-X)

- Bingham, N. H. & Fry, J. M. (2010). *Regression. Linear models in statistics* (Springer undergraduate mathematics series). London, Heidelberg: Springer.
- Blyth, C. R. (1972). On Simpson's Paradox and the Sure-Thing Principle. *Journal of the American Statistical Association*, 364–366.
- Boccard, R. L., Naudé, R. T., Cronje, D. E., Smit, M. C., Venter, H. J. & Rossouw, E. J. (1979). The influence of age, sex and breed of cattle on their muscle characteristics. *Meat Science*, 3(4), 261–280. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(79\)90003-2](https://doi.org/10.1016/0309-1740(79)90003-2)
- Böhm, B. (2021). Nebennierenrindenhormone. In C. Niederau, B. O. Böhm & M. P. Aymanns (Hrsg.), *Klinikleitfaden Labordiagnostik* (Klinikleitfaden, 7. Auflage, S. 313–331). München: Elsevier.
- Boissy, A., Terlouw, C. & Le Neindre, P. (1998). Presence of Cues from Stressed Conspecifics Increases Reactivity to Aversive Events in Cattle: Evidence for the Existence of Alarm Substances in Urine. *Physiology & Behavior*, 63(4), 489–495. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(97\)00466-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(97)00466-6)
- Bozzo, G., Barrasso, R., Marchetti, P., Roma, R., Samoilis, G., Tantillo, G. et al. (2018). Analysis of Stress Indicators for Evaluation of Animal Welfare and Meat Quality in Traditional and Jewish Slaughtering. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 8(4), 43. <https://doi.org/10.3390/ani8040043>
- Bristow, D. J. & Holmes, D. S. (2007). Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. *Physiology & Behavior*, 90(4), 626–628. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.11.015>
- Brück, K. (1980). Funktionen des endokrinen Systems. In R. F. Schmidt & G. Thews (Hrsg.), *Physiologie des Menschen* (Zwanzigste, neu bearbeitete Auflage, S. 719–750). Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Hrsg.). (2021, 20. Dezember). *Liste der EU zugelassenen Betriebe - Suchergebnis*. Zugriff am 20.12.2021. Verfügbar unter: https://apps2.bvl.bund.de/bltu/app/process/bvl-btl_p_veroeffentlichung?execution=e6s2
- Burdick, N. C., Randel, R. D., Carroll, J. A. & Welsh, T. H. (2011). Interactions between Temperament, Stress, and Immune Function in Cattle. *International Journal of Zoology*, 2011, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2011/373197>
- Butze, M. (21.10.21). *Finanzierung der mobilen Einheit zur Schlachtung im Herkunftsbetrieb* (Mail).
- Campbell, N. A., Reece, J. B. & Urry, L. A. (2016). *Biologie* (10., aktualisierte Auflage). Hallbergmoos, Germany: Pearson.

- Chambaz, A., Scheeder, M., Kreuzer, M. & Dufey, P.-A. [P.-A.]. (2003). Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Science*, 63(4), 491–500. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00109-2)
- Chen, H., Yao, H., Yang, W., Fan, P. & Xiang, Z. (2017). Assessing the utility of urinary and fecal cortisol as an indicator of stress in golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*). *PeerJ*, 5, e3648. <https://doi.org/10.7717/peerj.3648>
- Chulayo, A. Y., Bradley, G. & Muchenje, V. (2016). Effects of transport distance, lairage time and stunning efficiency on cortisol, glucose, HSPA1A and how they relate with meat quality in cattle. *Meat Science*, 117, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.001>
- Creel, S., Winnie, J. A. & Christianson, D. (2009). Glucocorticoid stress hormones and the effect of predation risk on elk reproduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(30), 12388–12393. <https://doi.org/10.1073/pnas.0902235106>
- Dashdorj, D., Tripathi, V. K., Cho, S., Kim, Y. & Hwang, I. (2016). Dry aging of beef; Review. *Journal of Animal Science and Technology*, 58(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0101-9>
- Dransfield, E. (1998). The value of beef tenderness to the consumer. *Choice*, (24), 22. Verfügbar unter: https://digicomst.ie/wp-content/uploads/2020/05/1998_11_26.pdf
- D'Souza, D. N., Leury, B. J., Dunshea, F. R. [F. R.] & Warner, R. D. [R. D.]. (1998). Effect of on-farm and pre-slaughter handling of pigs on meat quality. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49(6), 1021. <https://doi.org/10.1071/a98010>
- Duden. (2021, 13. Oktober). *Qualität*. Zugriff am 13.10.2021. Verfügbar unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Qualitaet>
- Dutson, T. R. (1983). Relationship of pH and temperature to disruption of specific muscle proteins and activity of lysosomal proteases. *Journal of Food Biochemistry*, 7(4), 223–245. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.1983.tb00800.x>
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare. (2013). Scientific Opinion on monitoring procedures at slaughterhouses for bovines. *EFSA Journal*, 11(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3460>
- Engert, L. C., Weiler, U., Pfaffinger, B., Stefanski, V. & Schmucker, S. S. (2019). Photoperiodic Effects on Diurnal Rhythms in Cell Numbers of Peripheral Leukocytes in Domestic Pigs. *Frontiers in Immunology*, 10, 393. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.00393>

- Europäische Kommission. (2020). *Farm to Fork Strategy. For a fair, healthy and environmentally-friendly food system* (Europäische Union, Hrsg.). Zugriff am 10.11.2021. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf
- Europäische Kommission. (2021, 14. Juli). *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Fit für "55": Auf dem Weg zur Klimaneutralität - Umsetzung des EU-Klimaziels für 2030* (Europäische Kommission, Hrsg.). Brüssel. Zugriff am 10.11.2021. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=DE>
- Europäische Union. (NaN). *Verordnungen, Richtlinien und sonstige Rechtsakte | Europäische Union*. Zugriff am 14.10.2021. Verfügbar unter: https://europa.eu/european-union/law/legal-acts_de
- Europäisches Parlament - Verbindungsbüro Deutschland. (2021, 7. Oktober). *Die Gesetzgebungsverfahren*. Zugriff am 07.10.2021. Verfügbar unter: <https://www.europarl.europa.eu/germany/de/europ%C3%A4isches-parlament/gesetzgebungsverfahren>
- Fachbereich Veterinärwesen und Lebensmittelüberwachung. (2021, September). *Schlachten im Herkunftsbetrieb. Informationen für Antragsteller und interessierte Kreise* (Landratsamt Breisgau Hochschwarzwald, Hrsg.).
- Federation of Veterinarians of Europe. (2008). The welfare of animals during transportation. *FVE*, (08). Zugriff am 13.11.2021. Verfügbar unter: https://www.fve.org/cms/wp-content/uploads/fve_08_016_transport.pdf
- Ferguson, D. M. & Warner, R. D. [R. D.]. (2008). Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80(1), 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.004>
- Ferrier, L. (2008). Significance of increased human colonic permeability in response to corticotrophin-releasing hormone (CRH). *Gut*, 57(1), 7–9. <https://doi.org/10.1136/gut.2007.129841>
- Friedrich, M. S., Schiffer, K. J., Retz, S., Stehling, C., Seuß-Baum, I. & Hensel, O. (2014). The Effect of On-Farm Slaughter via Gunshot and Conventional Slaughter on Sensory and Objective Measures of Beef Quality Parameters. *Journal of Food Research*, 4(2), 27. <https://doi.org/10.5539/jfr.v4n2p27>

- Frimpong, S., Gebresenbet, G., Bobobee, E., Aklaku, E. & Hamdu, I. (2014). Effect of Transportation and Pre-Slaughter Handling on Welfare and Meat Quality of Cattle: Case Study of Kumasi Abattoir, Ghana. *Veterinary Sciences*, 1(3), 174–191. <https://doi.org/10.3390/vetsci1030174>
- Garvin, D. A. (1984). *What does product quality really mean*. Verfügbar unter: http://oqrm.org/english/what_does_product_quality_really_means.pdf
- Gill, C. O. & Newton, K. G. (1979). Spoilage of vacuum-packaged dark, firm, dry meat at chill temperatures. *Applied and Environmental Microbiology*, 37(3), 362–364. <https://doi.org/10.1128/aem.37.3.362-364.1979>
- Grandin, T. (1980). The Effect of Stress on Livestock and Meat Quality Prior to and During Slaughter. *Agribusiness Collection*. Verfügbar unter: https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/acwp_faafp/20
- Grandin, T. (1997). Assessment of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science*, 75(1), 249–257. <https://doi.org/10.2527/1997.751249x>
- Grandin, T. (1998). Solving livestock problems in slaughter plants. In N. G. Gregory (Hrsg.), *Animal welfare and meat science* (S. 42–63).
- Grandin, T. (2002). Return-to-sensibility problems after penetrating captive bolt stunning of cattle in commercial beef slaughter plants. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 221(9), 1258–1261. <https://doi.org/10.2460/javma.2002.221.1258>
- Grandin, T. (2012). Developing measures to audit welfare of cattle and pigs at slaughter. *Animal Welfare*, 21(3), 351–356. <https://doi.org/10.7120/09627286.21.3.351>
- Grandin, T. & Shivley, C. (2015). How Farm Animals React and Perceive Stressful Situations Such As Handling, Restraint, and Transport. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 5(4), 1233–1251. <https://doi.org/10.3390/ani5040409>
- Gregory, N. G. (1998a). Physiology of stress, distress, Stunning and slaughter. In N. G. Gregory (Hrsg.), *Animal welfare and meat science* (S. 64–92).
- Gregory, N. G. (1998b). Post-mortem muscle metabolism and meat quality. In N. G. Gregory (Hrsg.), *Animal welfare and meat science* (S. 108–122).
- Gregory, N. G. (1998c). Stunning and slaughter. In N. G. Gregory (Hrsg.), *Animal welfare and meat science* (S. 223–240).
- Gruber, S. L., Tatum, J. D., Engle, T. E., Chapman, P. L., Belk, K. E. & Smith, G. C. (2010). Relationships of behavioral and physiological symptoms of preslaughter stress to beef longissimus muscle tenderness. *Journal of Animal Science*, 88(3), 1148–1159. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2183>

- Hauk, P. (2020, 3. August). *Drucksache 16/8597 Schlachthöfe in Baden-Württemberg und ihre Struktur* (Landtag von Baden-Württemberg, Hrsg.). Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. Zugriff am 24.02.2022. Verfügbar unter: https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/8000/16_8597_D.pdf
- Hauk, P. (2021, 25. Juni). *Drucksache 17/337 Situation der regionalen Schlachtbetriebe in Baden-Württemberg* (Landtag von Baden-Württemberg, Hrsg.). Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. Zugriff am 24.02.2022. Verfügbar unter: https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP17/Drucksachen/0000/17_0337_D.pdf
- Henning, M. & Baulein U. (2007). Physiologische Grundlagen des Wachstums und der Fleischqualität. In W. Brade & G. Flachowsky (Hrsg.), *Rinderzucht und Rindfleischerzeugung. Empfehlungen für die Praxis* (Landbauforschung Völkenrode Sonderheft, Bd. 313, S. 5–21). Braunschweig: Bundesforschungsanst. für Landwirtschaft (FAL).
- Henricks, D. M., Cooper, J. W., Spitzer, J. C. & Grimes, L. W. (1984). Sex differences in plasma cortisol and growth in the bovine. *Journal of Animal Science*, 59(2), 376–383. <https://doi.org/10.2527/jas1984.592376x>
- Herrmann, R. (2002). *Nahrungsmittelqualität aus der Sicht der Verbraucher und Implikationen für Pflanzenproduktion und Politik* (Institut für Agrarpolitik und Marktforschung, Hrsg.). Verfügbar unter: <https://core.ac.uk/download/pdf/56347784.pdf>
- Heusel, S. (2017). *Fortbildungsveranstaltung Notschlachtung. Überprüfung von penetrierenden Bolzenschussapparaten* (Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Hrsg.).
- Hofmann, K. (1992). Bedeutung des Qualitätsbegriffs bei Fleisch und Fleischerzeugnissen in Wissenschaft und Praxis. In Bundesanstalt für Fleischforschung (Hrsg.), *Qualitätssicherung im Fleischbereich. Kulmbacher Reihe 11* (S. 19–47).
- Hofmann, K. (1995). Der Qualitätsbegriff bei Fleisch-Inhalt und Anwendung. In Bundesanstalt für Fleischforschung (Hrsg.), *Fleisch, Gesundheit, Tierschutz Umwelt. Kulmbacher Reihe 14* (S. 169–193).
- Holleben, K. von, Lücking, A. & Wenzlawowicz, M. von (2021). "ES hat gezuckt!" - Bewertung der Effektivität der Bolzenschussbetäubung beim Rind und mögliche Ursachen ungenügender Betäubungseffektivität. In Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V. (Hrsg.), 26. *Internationale DVG-Fachtagung zum Thema Tierschutz. Schwerpunktthema*

- 24/7 - Zur Verantwortung im Umgang mit Tieren (S. 165–183). Verlag der DVG Service GmbH. Zugriff am 30.11.2021. Verfügbar unter: https://www.bsi-schwarzenbek.de/Dokumente/163a_Es%20hat%20gezuckt%202021.pdf
- Honkavaara, M., Rintasalo, E., Ylönen, J. & Pudas, T. (2003). Meat quality and transport stress of cattle. *DTW. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 110(3), 125–128.
- Hoppe, S., Brandt, H. R., König, S., Erhardt, G. & Gauly, M. (2010). Temperament traits of beef calves measured under field conditions and their relationships to performance. *Journal of Animal Science*, 88(6), 1982–1989. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1557>
- Ibrahim, V. (2021). Neue EU-Regelung zur "Schlachtung im Herkunftsbetrieb". Kapitel VIa des Anhang III der Verordnung (EG) 853/2004. *Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung*, (8), 256–260.
- IG Schlachtung mit Achtung. (2021, 6. Dezember). *Die mobile Schlachteinheit MSE-200A*. Zugriff am 06.12.2021. Verfügbar unter: <https://www.schlachtung-mit-achtung.de/home/mobile-schlachteinheit-mse/>
- Jänig, W. (1980). Das vegetative Nervensystem. In R. F. Schmidt & G. Thews (Hrsg.), *Physiologie des Menschen* (Zwanzigste, neu bearbeitete Auflage, S. 119–156). Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.
- Jorquera-Chavez, M., Fuentes, S., Dunshea, F. R. [Frank R.], Jongman, E. C. & Warner, R. D. [Robyn D.]. (2019). Computer vision and remote sensing to assess physiological responses of cattle to pre-slaughter stress, and its impact on beef quality: A review. *Meat Science*, 156, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.007>
- Kachmann, S. (2000). An introduction to generalized linear mixed models. In *Proceedings of a Symposium at the Organizational Meeting for a NCR Coordinating Committee on "Implementation Strategies for National Beef Cattle Evaluation"* (S. 59–73). Zugriff am 19.04.2022. Verfügbar unter: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.524.3493&rep=rep1&type=pdf>
- König, H. E. [H. E.], Ruberte, J. & Liebich H.-G. (2015). Organe des Herz-Kreislauf-Systems (System cardiovasculare). In H. E. König & H.-G. Liebich (Hrsg.), *Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis ; mit 1166 Abbildungen, davon 1063 in Farbe und 103 Reproduktionen bildgebender Verfahren, sowie 53 Tabellen ; + Vet-Anatomie online: die Bilddatenbank mit 1000 ergänzenden Abbildungen und Texten* (6., überarbeitete und erweiterte Auflage, S. 447–476). Stuttgart: Schattauer.

- Kregel, K. C. (2002). Heat shock proteins: modifying factors in physiological stress responses and acquired thermotolerance. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 92(5), 2177–2186. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01267.2001>
- Lacerda, L. de, Kowarski, A. & Migeon, C. J. (1973). Integrated concentration of plasma cortisol in normal subjects. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 36(2), 227–238. <https://doi.org/10.1210/jcem-36-2-227>
- Lagerstedt, A., Enfält, L., Johansson, L. & Lundström, K. (2008). Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef M. longissimus dorsi. *Meat Science*, 80(2), 457–461. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.01.009>
- Landesregierung Baden-Württemberg. (2021, 2. November). *Regionaler Green Deal in der Landwirtschaft*. Zugriff am 02.11.2021. Verfügbar unter: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/regionaler-green-deal-in-der-landwirtschaft-1/>
- Lefaucheur, L. & Gerrard, D. (2000). Muscle fiber plasticity in farm mammals. *Journal of Animal Science*, 77(E-Suppl), 1. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77E-Suppl1b>
- Lensink, B. J., Fernandez, X., Cozzi, G., Florand, L. & Veissier, I. (2001). The influence of farmers' behavior on calves' reactions to transport and quality of veal meat. *Journal of Animal Science*, 79(3), 642–652. <https://doi.org/10.2527/2001.793642x>
- Lewis, G. J. & Purslow, P. P. (1989). The strength and stiffness of perimysial connective tissue isolated from cooked beef muscle. *Meat Science*, 26(4), 255–269. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(89\)90011-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(89)90011-9)
- Liebich H.-G., Forstenpointner, G., Pérez W. & König, H. E. [H. E.] (2015). Einführung und allgemeine Anatomie. In H. E. König & H.-G. Liebich (Hrsg.), *Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis ; mit 1166 Abbildungen, davon 1063 in Farbe und 103 Reproduktionen bildgebender Verfahren, sowie 53 Tabellen ; + Vet-Anatomie online: die Bilddatenbank mit 1000 ergänzenden Abbildungen und Texten* (6., überarbeitete und erweiterte Auflage, S. 1–51). Stuttgart: Schattauer.
- Mancini, R. A. & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1), 100–121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>
- Marino, R., Albenzio, M., Della Malva, A., Caroprese, M., Santillo, A. & Sevi, A. (2014). Changes in meat quality traits and sarcoplasmic proteins during aging in three different cattle breeds. *Meat Science*, 98(2), 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.024>

- Max Rubner-Institut. (2021, 2. November). *Rindfleischreifung* | Max Rubner-Institut. Zugriff am 02.11.2021. Verfügbar unter: <https://www.mri.bund.de/de/institute/sicherheit-und-qualitaet-bei-fleisch/forschungsprojekte/rindfleischreifung/>
- Maynes, E. S. (1976). The concept and measurement of product quality. *Household production and consumption*. Verfügbar unter: <https://www.nber.org/system/files/chapters/c3970/c3970.pdf>
- McManus, C., Tanure, C. B., Peripolli, V., Seixas, L., Fischer, V., Gabbi, A. M. et al. (2016). Infrared thermography in animal production: An overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.01.027>
- Meen, G. H., Schellekens, M. A., Slegers, M., Leenders, N., van Erp-van der Kooij, E. & Noldus, L. (2015). Sound analysis in dairy cattle vocalisation as a potential welfare monitor. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 111–115. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.08.028>
- Meili, E. (2020). Weide- und Hofschlachtung. kein Lebendtiertransport, kein Stress für die Tiere. *Kultur und Politik - Zeitschrift für ökologische, soziale und wirtschaftliche Zusammenhänge*, (3), 24.
- Meyer, R. (2003). Qualität, Regionalität und Verbraucherinformation bei Nahrungsmitteln : Entwicklungstendenzen von Nahrungsmittelangebot und -nachfrage und ihre Folgen. *TAB-Brief*, (24), 13. Verfügbar unter: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000102943>
- Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. (2021, 25. Februar). *Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz für die Förderung von regionalen Schlachthöfen bei Investitionen in eine Schlachtung nach Tierwohlkriterien. VwV Förderung Schlachtung nach Tierwohl-Kriterien* (Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Hrsg.). Zugriff am 03.11.2021. Verfügbar unter: https://foerderung.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E535468550/MLR.LEL/PB5Documents/mlr/Foerderungswegweiser/Markt_Sch_Tierwohlkr/ext/2021-02-25_-_VwV_Foerderung_Schlachtung_nach_Tierwohl-Kriterien.pdf
- Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. (2021, 18. März). *Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz zur einzelbetrieblichen Förderung landwirtschaftlicher Unternehmen. VwV einzelbetriebliche Förderung* (Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Hrsg.). Zugriff am 05.11.2021. Verfügbar unter:

- <https://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/bwa/page/bsbawueprod.psm1?doc.hl=1&doc.id=VVBW-VVBW000035288&documentnumber=1&numberofresults=55&doctyp=vvbw&showdoccase=1&doc.part=X¶mfromHL=true#VVBW-VVBW000035288>
- MLA. (2013). *Meat standards Australia beef information kit* (Meat & Livestock Australia, Hrsg.). Zugriff am 09.11.2021. Verfügbar unter: <https://futurebeef.com.au/wp-content/uploads/Meat-Standards-Australia-beef-information-kit.pdf>
- Moberg, G. P. (2001). Biological Response to Stress: Implications for Animal Welfare. In G. P. Moberg & J. A. Mench (Eds.), *The biology of animal stress. Basic principles and implications for animal welfare* (S. 1–23). Wallingford: CABI Publ.
- Möstl, E. & Palme, R. (2002). Hormones as indicators of stress. *Domestic Animal Endocrinology*, 23(1-2), 67–74. [https://doi.org/10.1016/S0739-7240\(02\)00146-7](https://doi.org/10.1016/S0739-7240(02)00146-7)
- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Raats, J. G. & Strydom, P. E. (2008). Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa. *Meat Science*, 79(1), 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.026>
- Müller, B. R., Soriano, V. S., Bellio, J. C. B. & Molento, C. F. M. (2019). Facial expression of pain in Nellore and crossbred beef cattle. *Journal of Veterinary Behavior*, 34, 60–65. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2019.07.007>
- Müller, W. A., Frings, S. & Möhrlen, F. (2015). *Tier- und Humanphysiologie. Eine Einführung* (Lehrbuch, 5., überarb. und aktualisierte Aufl.). Berlin: Springer Spektrum.
- O'Neill, H. A., Webb, E. C., Frylinck, L. & Strydom, P. (2006). The stress responsiveness of three different beef breed types and the effect on ultimate pH and meat colour. In D. Troy (Ed.), *52nd International Congress of Meat Science and Technology. Harnessing and exploiting global opportunities* (S. 1401–1409). Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Ozutsumi, K. & Okada, M. (1981). The Effects of Mountainous Grazing on Type and Cross-sectional Area of Muscle Fiber in Holstein Steers. *Nihon Chikusan Gakkaiho*, 52(10), 741–748. <https://doi.org/10.2508/chikusan.52.741>
- Pighin, D. G., Davies, P., Grigioni, G., Pazos, A. A., Ceconi, I., Mendez, D. et al. (2013). Effect of slaughter handling conditions and animal temperament on bovine meat quality markers. *Archivos de Zootecnia*, (62), 399–409. Verfügbar unter: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49528719008.pdf>

- Pollard, J., Littlejohn, R., Asher, G., Pearse, A., Stevenson-Barry, J., McGregor, S. et al. (2002). A comparison of biochemical and meat quality variables in red deer (*Cervus elaphus*) following either slaughter at pasture or killing at a deer slaughter plant. *Meat Science*, *60*(1), 85–94. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00110-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00110-3)
- Priolo, A., Micol, D. & Agabriel, J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*, *50*(3), 185–200. <https://doi.org/10.1051/animres:2001125>
- Probst, J. K., Spengler Neff, A., Hillmann, E., Kreuzer, M., Koch-Mathis, M. & Leiber, F. (2014). Relationship between stress-related exsanguination blood variables, vocalisation, and stressors imposed on cattle between lairage and stunning box under conventional abattoir conditions. *Livestock Science*, *164*, 154–158. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.03.013>
- Probst, J. K., Spengler Neff, A., Leiber, F., Kreuzer, M. & Hillmann, E. (2012). Gentle touching in early life reduces avoidance distance and slaughter stress in beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, *139*(1-2), 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.03.002>
- Rahelić, S., Puač, S. & Gawwad, A. H. (1985). Structure of beef Longissimus dorsi muscle frozen at various temperatures: Part 1—histological changes in muscle frozen at –10, –22, –33, –78, –115 and –196°C. *Meat Science*, *14*(2), 63–72. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(85\)90082-8](https://doi.org/10.1016/0309-1740(85)90082-8)
- Reiche, A.-M., Oberson, J.-L., Silacci, P., Messadène-Chelali, J., Hess, H. D., Dohme-Meier, F. et al. (2019). Pre-slaughter stress and horn status influence physiology and meat quality of young bulls. *Meat Science*, *158*, 107892. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107892>
- Reinhard, M. (04.11.2021). *Finanzierung der mobilen Einheit zur Schlachtung im Herkunftsbetrieb* (Mail).
- Rinderunion Baden-Württemberg e.V. (2020, September). *Informationen der Rinderunion Baden-Württemberg e.V. RBW Aktuell* (Rinderunion Baden-Württemberg e.V., Hrsg.). Herbertingen: Rinderunion Baden-Württemberg e.V. Zugriff am 22.11.2021. Verfügbar unter: <https://www.rind-bw.de/de/aktuelles/kataloge/rbw-aktuell-09/2020/1161k109.html>
- Rüegg, J. C. (1980). Muskel. In R. F. Schmidt & G. Thews (Hrsg.), *Physiologie des Menschen* (Zwanzigste, neu bearbeitete Auflage, S. 34–53). Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.

- Rushen, J., Munksgaard, L., Marnet, P. & DePassillé, A. (2001). Human contact and the effects of acute stress on cows at milking. *Applied Animal Behaviour Science*, 73(1), 1–14. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(01\)00105-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00105-8)
- Sauter, M. (15.12.2021). *Machbarkeit Schlachtung im Herkunftsbetrieb* (mündlich).
- Shaw, F. D. & Tume, R. K. (1992). The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents—A review of recent work. *Meat Science*, 32(3), 311–329. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(92\)90095-1](https://doi.org/10.1016/0309-1740(92)90095-1)
- Sheriff, M. J., Krebs, C. J. & Boonstra, R. (2009). The sensitive hare: sublethal effects of predator stress on reproduction in snowshoe hares. *The Journal of Animal Ecology*, 78(6), 1249–1258. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01552.x>
- Silva, J. A., Patarata, L. & Martins, C. (1999). Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science*, 52(4), 453–459. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00029-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00029-7)
- Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Harris, K. B., Miller, R. K., Griffin, D. B. et al. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Science*, 79(4), 631–639. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.028>
- Stangl, G. I., Schwarz, F. J. & Roth, F. X. (2014). *Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis* (14., aktualisierte Aufl.). Frankfurt am Main: DLG-Verl.
- Statista. (2021, 18. Oktober). *Betriebe in der Fleischverarbeitung in Deutschland nach Größenklassen 2020* | Statista. Zugriff am 18.10.2021. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/459373/umfrage/betriebe-in-der-fleischverarbeitung-in-deutschland-nach-groessenklassen/>
- Statistisches Bundesamt. (2021). *Pressemitteilung Nr. 028 Strukturwandel in der Landwirtschaft hält an*. Wiesbaden. Zugriff am 02.11.2021. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/01/PD21_028_412.html
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Hrsg.). (2020). *Rinderbestände und Rinderhaltung in Baden-Württemberg im November 2020. Auswertung des Herkunfts- und Informationssystems Tier (HIT) für die Rinderbestände zum 3. November 2020*. Zugriff am 22.11.2021. Verfügbar unter: https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/342020001.pdf
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2021a). *Betriebe und Flächen ökologischer wirtschaftender Betriebe*. Zugriff am 02.11.2021. Verfügbar unter: <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Agrarstruktur/Betriebe-Oekl.jsp>

- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2021b). *Entwicklung der Betriebsgrößenstruktur*. Zugriff am 02.11.2021. Verfügbar unter: <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Agrarstruktur/Betriebe-LFGK.jsp>
- Terlouw, C. (2005). Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience. *Livestock Production Science*, 94(1-2), 125–135. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.032>
- Terlouw, C. (2015). Stress Reactivity, Stress at Slaughter and Meat Quality. In D. Hopkins & W. Przybylski (Eds.), *Meat Quality. Genetic and Environmental Factors* (Chemical and Functional Properties of Food Components Ser, S. 199–212). Boca Raton: CRC Press.
- Terlouw, E. M. C., Arnould, C., Auperin, B., Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Deiss, V. et al. (2008). Pre-slaughter conditions, animal stress and welfare: current status and possible future research. *Animal*, 2(10), 1501–1517. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002723>
- Toyka-Seid, C. & Schneider, G. (Bundezentrale für politische Bildung, Hrsg.). (2021). *Verordnung / Rechtsverordnung*. Zugriff am 14.10.2021. Verfügbar unter: <https://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/das-junge-politik-lexikon/321319/verordnung-rechtsverordnung>
- Tume, R. K. & Shaw, F. D. (1992). Beta-endorphin and cortisol concentrations in plasma of blood samples collected during exsanguination of cattle. *Meat Science*, 31(2), 211–217. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(92\)90040-b](https://doi.org/10.1016/0309-1740(92)90040-b)
- U.S. Meat Export Federation. (2021, 2. November). *Guidelines for U.S. Dry-Aged Beef for International Markets : U.S. Meat Export Federation*. Zugriff am 02.11.2021. Verfügbar unter: <https://www.usmef.org/guidelines-for-u-s-dry-aged-beef-for-international-markets/>
- Van de Water, G., Verjans, F. & Geers, R. (2003). The effect of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves; pH and colour profiles of veal. *Livestock Production Science*, 82(2-3), 171–179. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(03\)00010-1](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(03)00010-1)
- Velik, M. (2008). Fleischqualität beim Rind - Merkmale und Einflussfaktoren. In Lehr- und Forschungszentrum Landwirtschaft Raumberg gumpenstein (Hrsg.), *Fleischqualität beim Rind-Merkmale und Einflussfaktoren* (S. 115–119). Zugriff am 11.11.2021. Verfügbar unter: https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/Tagungen/Viehwirtschaftstagung/Viehwirtschaftstagung_2008/1v_2008_tagungsband_gesamt.pdf#page=119
- Velik, M., Steinwidder, A., Frickh, J. J., Ibi, G. & Kolbe Römer, A. (2008). *Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf Schlachtleistung und Fleischqualität von*

- Jungrindern aus der Mutterkuhhaltung*. Verfügbar unter: https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/fodok/2008/fodok_1_5453_zueku5-08_378-388-velik.pdf
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N. & Henckel, P. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*, 54(2), 177–185. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00097-2](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00097-2)
- Viljoen, H. F. (2000). *Meat Quality of Dark-Cutting Cattle*. Masterarbeit. University of Pretoria, Pretoria.
- Warner, R. D. [R. D.], Ferguson, D. M., Cottrell, J. J. & Knee, B. W. (2007). Acute stress induced by the preslaughter use of electric prodders causes tougher beef meat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(7), 782. <https://doi.org/10.1071/EA05155>
- Warner, R. D. [R. D.], Kauffman, R. G. & Greaser, M. L. (1997). Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. *Meat Science*, 45(3), 339–352. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(96\)00116-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(96)00116-7)
- Warriss, P. D. (1984). The behaviour and blood profile of bulls which produce dark cutting meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(8), 863–868. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740350808>
- Warriss, P. D. (1990). The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*, 28(1-2), 171–186. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90052-F](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90052-F)
- Warriss, P. D., Brown, S. N., Adams, S. & Corlett, I. K. (1994). Relationships between subjective and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs. *Meat Science*, 38(2), 329–340. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90121-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90121-X)
- Weglarz, A. (2010). Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season. *Chzech Journal of Animal Science*, (55), 584-556. Zugriff am 20.10.2021. Verfügbar unter: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-78651258914&origin=inward>
- Wenzlawowicz, M. von, Holleben, K. von & Eser, E. (2012). Identifying reasons for stun failures in slaughterhouses for cattle and pigs: a field study. *Animal Welfare*, 21(1), 51–60. <https://doi.org/10.7120/096272812X13353700593527>
- YU, L. P. & LEE, Y. B. (1986). Effects of Postmortem pH and Temperature Muscle Structure and Meat Tenderness. *Journal of Food Science*, 51(3), 774–780. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb13931.x>

Zager, P., White, C. & Pauley, C. (2005). *Elk ecology - Factors influencing elk calf recruitment. Project W-160-R-32, Subproject 31*. Boise, Idaho (USA): Idaho Department of Fish and Game. Zugriff am 24.03.2022. Verfügbar unter: <https://collaboration.idfg.idaho.gov/wildlifetechnicalreports/w-160-r-33-31%20completion.pdf>

Zimmermann, M. (06.12.2021). *Fleischqualität* (Telefonat).

7 Anhang

7.1 Verhaltensbögen

Tabelle A 1: Verhaltensbogen zur Schlachtung im Herkunftsbetrieb.

Verhaltensbogen zur Schlachtung	
Allgemein	
Nr	
Tier ID	
Schlacht Nr.:	
Datum	
Betrieb	
Schlachtstätte	
Rasse	
Alter	
Geschlecht	
Lahmheit/ Krankheit	
Temperament	
Hornstatus	genetisch:
Rang in der Herde	
Schlachtung Generell	
Fleisch	Schlachtgewicht
	pH-Wert 1h
	pH-Wert 24h
	Fleisch abholen: wann/Wo
Reifung	
	Temperaturkontrolle

	Eigefroren am:		
	Schlachtung Herkunftsbetrieb	im	
	Gestaltung Fangbereich		
	Tier separiert seit		
	Ankunft ME		
	Schlachterfahrung, Standen Tiere zuvor Spalier?	Schlacht tier	Spalier tiere
	Reaktion Tiere auf ME		
Zutrieb	Beginn Zutrieb		Eintritt Betäubungsbox
	Zittern?		Zittern?
	weit geöffnete Augen/ Pupillen?		weit geöffnete Augen/ Pupillen?
	Schnauben?		Schnauben?
	Atemfrequenz		Atemfrequenz
	Rennen/Fluchtreaktion?		Rennen/ Fluchtreaktion?
	"Freeze"		"Freeze"
	Ausrutschen?		Ausrutschen?
	Abkoten?		Abkoten?
	Vokalisation		Vokalisation
	Schlagen/Treten/Schwanz quetschen		Abwehrbewegungen im Fanggitter
	Treibhilfe: Art, Intensität, Häufigkeit		Fressen nach Fangen?
	Vokalisation		
Batübung	Betäubung Uhrzeit		
	Vokalisation nach 1. Bolzenschuss		
	Abwehrbewegungen		
	Atmung?		
	Cornealreflex?		

	Fehlbetäubungen		
	Korrekte Position Betäubung vgl. Bild		Hair position whorl
	Auffälligkeiten Tiere	andere	
Entbluten	Entblutestich Uhrzeit		
	Entbluten Schwallartig?		
Klein Labor	Zentrifugation Uhrzeit		
	Einfrieren Uhrzeit		
hier abtrennen			
Infos für Landwirte/ Metzger			
Bitte Fleisch, 2 kg/Tier (9. - 11. Rippe, langer Rückenmuskel) in zwei Vakuumbbeutel (je ca. 1 kg)			
Rechnung bitte an:		Universität Hohenheim Fachgebiet Tierhaltung und Tierzucht in den Tropen und Subtropen (490h) Garbenstraße 17 70599 Stuttgart	
Kontakt bei Fragen:		Johannes Zeidler: Johannes.Zeidler@uni-hohenheim.de 015770410299	

Tabelle A 2: Verhaltensbogen zur Schlachtung im Schlachthof.

Verhaltensbogen zur Schlachtung	
Allgemein	
Nr	
Schlacht Nr.:	
Tier ID	

	Datum	
	Betrieb	
	Schlachtstätte	
	Rasse	
	Alter	
	Geschlecht	
	Lahmheit/ Krankheit	
	Hornstatus	genetisch:
	Temperament	
	Rang in der Herde	
	Schlachtung Generell	
Fleisch	Schlachtgewicht	
	Lebendgewicht	
	pH-Wert 1h	
	pH-Wert 24h	
	€/kg Fleisch für Uni	
	Fleisch abholen: wann/Wo	
	Reifung	
	Temperaturkontrolle	
	Eigefroren am:	
	Bei Schlachtung mit Lebendtransport:	
Transport	Verladedauer	
	Abfahrt Transporter	
	Welche Tiere werden transportiert	
	Gestaltung Transporter	
	Ankunft Schlachthof	

Zutrieb	Beginn Zutrieb	Betäubungsbox Uhrzeit		
	Zittern?	Zittern?		
	weit geöffnete Augen/ Pupillen?	weit geöffnete Augen/ Pupillen?		
	Schnauben?	Schnauben?		
	Atemfrequenz	Atemfrequenz		
	Rennen/Fluchtreaktion?	Rennen/ Fluchtreaktion?		
	"Freeze"	"Freeze"		
	Ausrutschen?	Ausrutschen?		
	Abkoten?	Abkoten?		
	Vokalisation	Vokalisation		
	Schlagen/Treten/Schwanz quetschen	Abwehrbewegungen im Fanggitter		
	Treibhilfe: Art, Intensität, Häufigkeit			
Betäubung	Betäubung Uhrzeit			
	Atmung?			
	Cornealreflex?			
	Vokalisation nach 1. Bolzenschuss			
	Abwehrbewegungen			
	Fehlbetäubungen			
	Korrekte Position Betäubung vgl. Bild	Hair position whorl		
	Auffälligkeiten Tiere andere			
Entbluten	Entblutestich Uhrzeit			

Entbluten Schwallartig?

Klein Labor	Zentrifugation Uhrzeit	
	Einfrieren Uhrzeit	

hier abtrennen	
Infos für Landwirte/ Metzger	
Bitte Fleisch in zwei Vakuumbbeutel (je ca. 1 kg)	
Rechnung bitte an:	Universität Hohenheim Fachgebiet Tierhaltung und Tierzüchtung in den Tropen und Subtropen (490h) Garbenstraße 17 70599 Stuttgart
Kontakt bei Fragen:	Johannes Zeidler: Johannes.Zeidler@uni-hohenheim.de 015770410299

7.2 Tabellen Statistik

Tabelle A 3: Einflussfaktoren auf die Zielvariable Cortisol im Stichblut. Dargestellt sind die Prädiktoren Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung und Schlachtung im Schlachthof im Vergleich zur Schlachtung mit Kugelschuss, das Geschlecht, das Alter und das Schlachtgewicht, sowie deren Estimate, Standardfehler (SE) und die Signifikanz der Prädiktoren (p).

Cortisolkonzentration im Stichblut

<i>Prädiktoren</i>	Cortisol		
	<i>Estimates</i>	<i>SE</i>	<i>p</i>
(Intercept)	-85.60	60.51	0.293
Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung	-24.50	31.11	0.513
Schlachthof	-33.81	34.59	0.431
Geschlecht Weiblich	85.32	44.01	0.192
Alter	-7.48	3.56	0.171
Schlachtgewicht	0.85	0.39	0.161
Zufällige Effekte			
σ^2	232.80		
τ_{00} Betrieb	127.79		
ICC	0.35		
N Betrieb	3		
Beobachtungen	10		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.412 / 0.620		

Tabelle A 4: Einflussfaktoren auf die Zielvariable pH-Wert. Dargestellt sind die Prädiktoren Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung und Schlachtung im Schlachthof im Vergleich zur Schlachtung mit Kugelschuss, die Rassen FleischrindXFleischrind, FleischrindXMilchrind, Fleckvieh und Limousin zur Referenz der Rasse Charolais, das Geschlecht, das Alter und das Schlachtgewicht, sowie deren Estimate, Standardfehler (SE) und die Signifikanz der Prädiktoren (p).

pH-Wert nach Auftauen der Proben

<i>Prädiktoren</i>	pH-Wert		
	<i>Estimates</i>	<i>SE</i>	<i>p</i>
(Intercept)	5.48	0.19	<0.001
Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung	-0.23	0.10	0.027
Schlachthof	-0.03	0.09	0.712
FleischrindXFleischrind	0.08	0.15	0.583
FleischrindXMilchrind	-0.11	0.09	0.222
Fleckvieh	-0.02	0.11	0.865
Limousin	0.02	0.16	0.922
Geschlecht Weiblich	-0.02	0.14	0.899
Alter	0.01	0.01	0.361
Schlachtgewicht	-0.00	0.00	0.320
Reifedauer	0.02	0.01	0.037
Zufällige Effekte			
σ^2	0.01		
τ_{00} RindID	0.01		
τ_{00} Betrieb	0.00		
N RindID	27		
N Betrieb	7		
Beobachtungen	108		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.517 / NA		

Tabelle A 5: Einflussfaktoren auf die Zielvariable pH-Wert bei dem Teildatensatz mit einheitlicher Reifedauer von 14 Tagen. Dargestellt sind die Prädiktoren Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung und Schlachtung im Schlachthof im Vergleich zur Schlachtung mit Kugelschuss, das Geschlecht, das Alter und das Schlachtgewicht, sowie deren Estimate, Standardfehler (SE) und die Signifikanz der Prädiktoren (p).

pH-Wert nach Auftauen der Proben, Reifedauer 14 Tage

<i>Prädiktoren</i>	pH-Wert		
	<i>Estimates</i>	<i>SE</i>	<i>p</i>
(Intercept)	5.49	0.28	< 0.001
Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung	-0.31	0.13	0.021
Schlachthof	-0.06	0.11	0.565
Geschlecht Weiblich	0.08	0.19	0.669
Alter	0.01	0.01	0.329
Schlachtgewicht	-0.00	0.00	0.825
Random Effects			
σ^2	0.01		
τ_{00} RindID	0.01		
τ_{00} Betrieb	0.00		
N_{RindID}	15		
N_{Betrieb}	5		
Beobachtungen	60		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.572 / NA		

Tabelle A 622: Einflussfaktoren auf die Zielvariablen L L*a*b* System (L), a L*a*b* System (A), b L*a*b* System (B). Dargestellt sind die Prädiktoren Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung und Schlachtung im Schlachthof im Vergleich zur Schlachtung mit Kugelschuss, die Rassen FleischrindXFleischrind, FleischrindXMilchrind, Fleckvieh und Limousin zur Referenz der Rasse Charolais, das Geschlecht, das Alter, das Schlachtgewicht und die Reifedauer, sowie deren Estimates, Standardfehler (SE) und die Signifikanz der Prädiktoren (p). Aufgrund der Link Funktion Inverse ($1/\eta$), welche im Modell für A eingesetzt wurde, müssen der Achsenabschnitt (Intercept), die Estimates, sowie der Standardfehler (SE) unter A gesondert interpretiert werden

. Ergebnisse der Farbanalyse (L*a*b*-Farbspektrum)

Prädiktoren	L			A			B		
	Estimates	SE	p	Estimates	SE	p	Estimates	SE	p
(Intercept)	37.19	4.69	<0.001	1.08	0.00	<0.001	4.60	1.81	0.013
Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung	-0.15	2.52	0.954	0.99	0.00	0.037	1.06	0.97	0.279
Schlachthof	-1.05	2.23	0.638	1.00	0.00	0.104	-0.09	0.86	0.914
FleischrindXFleischrind	-0.80	3.70	0.829	1.00	0.00	0.434	-2.51	1.43	0.082
FleischrindXMilchrind	-0.63	2.16	0.771	1.00	0.00	0.824	-0.37	0.83	0.660
Fleckvieh	-0.68	2.65	0.797	1.00	0.00	0.577	-1.12	1.02	0.275
Limousin	-4.45	3.86	0.252	1.00	0.01	0.536	-0.87	1.49	0.559
Geschlecht Weiblich	1.87	3.54	0.599	1.00	0.00	0.607	-0.06	1.36	0.967
Alter	-0.36	0.30	0.237	1.00	0.00	0.003	-0.04	0.12	0.742
Schlachtgewicht	0.02	0.03	0.523	1.00	0.00	0.594	0.00	0.01	0.678
Reifedauer	0.09	0.21	0.658	1.00	0.00	0.363	0.09	0.08	0.253
Zufällige Effekte									
σ^2	2.21			0.00			1.24		
τ_{00}	8.16	RindID		0.00	RindID		0.99	RindID	
	0.00	Betrieb		0.00	Betrieb		0.00	Betrieb	
ICC				0.00			0.44		
N	27	RindID		27	RindID		27	RindID	
	7	Betrieb		7	Betrieb		7	Betrieb	
Beobachtungen	108			108			108		

Marginal R^2 / 0.377 / NA
 Conditional R^2

0.003 / 0.005

0.120 / 0.511

Tabelle A 7: Einflussfaktoren auf die Zielvariablen Tausaftverlust (TSV), Kochsaftverlust (KSV) und Grillsaftverlust (GSV) in %. Dargestellt sind die Prädiktoren Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung und Schlachtung im Schlachthof im Vergleich zur Schlachtung mit Kugelschuss, die Rassen FleischrindXFleischrind, FleischrindXMilchrind, Fleckvieh und Limousin zur Referenz der Rasse Charolais, das Geschlecht, das Alter, das Schlachtgewicht und die Reifedauer, sowie deren Estimate, Standardfehler (SE) und die Signifikanz der Prädiktoren (p).

Ergebnisse Saftigkeitsanalyse

Prädiktoren	TSV			KSV			GSV		
	Estimates	SE	p	Estimates	SE	p	Estimates	SE	p
(Intercept)	11.76	3.73	0.008	28.86	4.48	<0.001	40.16	5.46	<0.001
Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung	1.45	2.78	0.612	2.01	3.74	0.593	4.42	5.97	0.464
Schlachthof	0.96	2.51	0.708	0.27	3.35	0.935	1.27	5.32	0.812
Geschlecht Weiblich	0.04	2.49	0.987	-2.45	2.78	0.382	-2.06	2.41	0.398
Alter	-0.18	0.24	0.482	0.05	0.27	0.868	-0.40	0.25	0.113
Schlachtgewicht	0.01	0.02	0.732	0.02	0.02	0.372	0.02	0.02	0.336
Reifedauer	-0.26	0.16	0.119	-0.06	0.18	0.746	-0.33	0.16	0.040
FleischrindX Fleischrind	0.76	3.22	0.818	-1.86	3.87	0.633	1.40	4.87	0.775
FleischrindX Milchrind	-0.31	2.41	0.901	2.36	2.91	0.422	1.29	4.30	0.766
Fleckvieh	1.62	2.46	0.521	-1.34	3.09	0.667	3.47	4.37	0.432
Limousin	2.16	3.15	0.505	-1.88	3.81	0.625	-4.86	4.79	0.316
Zufällige Effekte									
σ^2	4.05			1.27			6.65		
τ_{00}	2.75 Betrieb			4.43 RindID			0.27 RindID		
				5.95 Betrieb			19.32 Betrieb		
ICC	0.40			0.89			0.75		

N	7 Betrieb	27 RindID 7 Betrieb	27 RindID 7 Betrieb
Beobachtungen	26	54	53
Marginal R ² / Conditional R ²	0.216 / 0.533	0.250 / 0.918	0.190 / 0.795

Tabelle A 8: Einflussfaktoren auf die Zielvariablen Tausaftverlust (TSV), Kochsaftverlust (KSV) und Grillsaftverlust (GSV) in % in dem Teildatensatz der Rasse Charolais. Dargestellt sind die Prädiktoren Schlachtung im Schlachthof im Vergleich zur Schlachtung mit Kugelschuss, das Geschlecht, das Alter, das Schlachtgewicht und die Reifedauer, sowie deren Estimate, Standardfehler (SE) und die Signifikanz der Prädiktoren (p).

Ergebnisse Saftigkeitsanalyse der Rasse Charolais

Prädiktoren	TSV			KSV			GSV		
	Estimates	SE	p	Estimates	SE	p	Estimates	SE	p
(Intercept)	29.39	14.92	0.120	11.40	12.91	0.391	8.48	20.25	0.681
Schlachthof	1.21	3.67	0.758	2.52	2.60	0.347	5.88	6.09	0.350
Geschlecht Weiblich	-2.19	7.62	0.788	5.56	7.36	0.461	15.16	8.18	0.084
Alter	-0.28	0.55	0.641	0.14	0.57	0.807	-0.94	0.45	0.055
Schlachtgewicht	-0.02	0.04	0.588	0.07	0.04	0.147	0.08	0.03	0.027
Reifedauer	-0.55	0.74	0.495	-0.28	0.60	0.650	0.54	1.07	0.618
Zufällige Effekte									
σ^2	4.56			1.02			6.10		
τ_{00}	4.58 Betrieb			4.33 RindID			0.00 RindID		
				1.09 Betrieb			17.12 Betrieb		
ICC	0.50			0.84					
N	4 Betrieb			12 RindID			12 RindID		
				4 Betrieb			4 Betrieb		
Beobachtungen	12			24			24		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.279 / 0.640			0.272 / 0.885			0.411 / NA		

Tabelle A 9: Einflussfaktoren auf die Zielvariablen Scherkraft gekocht und gegrillt. Dargestellt sind die Prädiktoren Schlachtung im Herkunftsbetrieb mit Bolzenschussbetäubung und Schlachtung im Schlachthof im Vergleich zur Schlachtung mit Kugelschuss, die Rassen FleischrindXFleischrind, FleischrindXMilchrind, Fleckvieh und Limousin zur Referenz der Rasse Charolais, das Geschlecht, das Alter, das Schlachtgewicht und die Reifedauer, sowie deren Estimate, Standardfehler (SE) und die Signifikanz der Prädiktoren (p). Aufgrund der Link Funktion Inverse ($1/\eta$) im Modell für die Scherkraft gekocht, müssen der Achsenabschnitt (Intercept), die Estimates, sowie der Standardfehler (SE) für die Scherkraft gekocht differenziert interpretiert werden.

Ergebnisse Scherkraft, gekocht und gegrillt

Prädiktoren	Scherkraft gekocht			Scherkraft gegrillt		
	Estimates	SE	p	Estimates	SE	p
(Intercept)	8.30	1.71	<0.001	9.03	3.14	0.005
Herkunfts-betrieb Mit Bolzenschussbetäubung	-0.99	1.39	0.479	1.15	1.69	0.496
Schachthof	-0.41	1.25	0.743	1.54	1.50	0.305
FleischrindX Fleischrind	-0.11	1.47	0.939	-1.37	2.48	0.580
FleischrindX Milchrind	-0.76	1.09	0.489	0.02	1.45	0.991
Fleckvieh	0.31	1.16	0.794	0.42	1.77	0.814
Limousin	0.64	1.45	0.660	0.87	2.58	0.737
Geschlecht (Weiblich)	-0.76	1.08	0.480	-4.16	2.37	0.082
Alter	0.10	0.10	0.319	0.44	0.20	0.032
Schlachtgewicht	-0.01	0.01	0.117	-0.04	0.02	0.048
Reifedauer	-0.02	0.07	0.762	-0.08	0.14	0.589
Random Effects						
σ^2	1.88			2.33		
τ_{00}	0.30 _{RindID}			3.32 _{RindID}		
	0.80 _{Betrieb}			0.00 _{Betrieb}		
ICC	0.37			0.59		
N	27 _{RindID}			27 _{RindID}		
	7 _{Betrieb}			7 _{Betrieb}		
Observations	108			107		
Marginal R ² / Conditional R ²	0.183 / 0.484			0.184 / 0.664		

Erklärung*

Hiermit erkläre ich,

Name, Vorname

Seidler, Johannes

Matrikelnummer

813332

dass ich bei der vorliegenden

- Bachelor-Arbeit Master-Thesis/Master-Arbeit
 Seminararbeit Diplomarbeit

die Regeln guter wissenschaftlicher Praxis eingehalten habe. Ich habe diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen als solche kenntlich gemacht.

Betreuende/r
Dozent/in

Prof. Dr. Mizeck Chagunda

Thema der Arbeit

Das Potenzial der teilmobilen Schlachtung
von Rindern im Herkunftsbetrieb: Stressbelastung
und Fleischqualität

Semester

Ich erkläre weiterhin, dass das unverschlüsselte digitale Textdokument der Arbeit übermittelt wurde, das in Inhalt und Wortlaut ausnahmslos der gedruckten Ausfertigung entspricht. Ich bin damit einverstanden, dass diese elektronische Form anhand einer Analyse-Software auf Plagiate überprüft wird.

Kiefen, 5.5.2022, Johannes Seidler

Ort, Datum, Unterschrift

* Diese Erklärung ist der eigenständig erstellten Arbeit als Anhang beizufügen. Arbeiten ohne diese Erklärung werden nicht angenommen.