

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT WÄDENSWIL
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

Die Hoftötung von Schweinen verglichen mit der Tötung im Schlachthof

Bachelorarbeit

von

Ritz Pascal

Bachelorstudiengang UI20

Abgabedatum 06.07.2023

Studienrichtung Biologische Landwirtschaft und Hortikultur

Fachkorrektorinnen:

BSc. ZHAW Umweltingenieurwesen Jenni, Anna

FiBL Schweiz

Departement für Nutztierwissenschaften

Ackerstrasse 113, CH-5070 Frick

MSc. ZFH Natural Resources Sciences Hutter, Monika

ZHAW Life Science und Facility Management

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Grüntalstrasse 14, CH-8820 Wädenswil

Impressum

Departement Life Science und Facility Management Wädenswil, Institut für Umwelt und
Natürliche Ressourcen

Schlagworte

Hoftötung, Hofschlachtung, Schlachthof, Schweinefleisch, Stress, Fleischqualität,
Tierwohl

Keywords

on-farm killing, on-farm slaughter, slaughterhouse, pork, stress, meat quality

Zitervorschlag

Ritz, Pascal (2023). *Die Hoftötung von Schweinen verglichen mit der Tötung im Schlachthof*.
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

Abstract

To evaluate the difference in stress load of pigs during on-farm slaughter and in a slaughterhouse, a practical trial was made. From each killing method 15 animals were analysed. To do so, the behaviour was documented. Additionally, lactate, glucose and cortisol were measured in the blood and the pH value was measured 90 minutes and 24 hours after killing the pigs. The analysis of the behaviour showed that the animals were pushed more intense in the slaughterhouse than during the on-farm slaughter. In the slaughterhouse each animal was pushed with a spike of metal in average 4.4 times. During the on-farm killing, there were no contacts with driving tools. The number of screams does not differ between the two killing methods (p value = 0.96). At the slaughterhouse a quarter to half of the pigs let their tail hang what indicates stress. At the on-farm slaughter the animals always kept their tails up. A difference regarding the stress shown by behaviour was not discovered. The lactate (p value = <0.001) and glucose (p value = 0.003) values were significantly higher in the slaughterhouse. In addition, the stress indicators lactate, and glucose correlate positive with each other (lactate and glucose: $r = 0.48$). The concentration of cortisol however does not show any difference between on-farm killing and slaughterhouse (p value = 0.83). Additionally, a positive correlation between cortisol and the other two indicators could not be detected either (lactate and cortisol: $r = -0.006$, glucose and cortisol: $r = -0.37$). Despite this it is still assumed that pigs feel more stress in a slaughterhouse. Moreover, the lactate value correlates with the number of contacts with the driving aid positively ($r = 0.65$). The pH values 90 minutes after the killing were significantly lower after the on-farm killing (p value = 0.006 & p value = <0.001). But the reason for this is expected to be the higher temperature during the measures for the on-farm slaughter (p value = <0.001). After 24 hours the pH values were the same in both killing methods. At the tasting which was carried out with consumers, the meat from the both methods was not rated differently.

Zusammenfassung

Um den Unterschied bezüglich Stressbelastung von Schweinen, bei der Hoftötung und im Schlachthof zu vergleichen, wurde ein Praxisversuch durchgeführt. Dabei wurden von jeder Tötungsvariante jeweils 15 Tiere analysiert. Dazu wurden Verhaltensbeobachtungen, Messungen von Laktat, Glukose und Cortisol im Stichblut sowie pH-Messungen 90 Minuten und 24 Stunden nach der Tötung durchgeführt. Die Verhaltensbeobachtungen haben aufgezeigt, dass die Tiere im Schlachthof intensiver getrieben werden als bei der Hoftötung. Im Schlachthof wurde ein Tier durchschnittlich 4.4-mal mit einer Metallspitze angetrieben. Bei den Hoftötungen gab es keine Treibmittelkontakte. Die Anzahl Schreie der Tiere unterscheidet sich nicht (p -Wert = 0.96). Jedoch liessen im Schlachthof ein Viertel bis die Hälfte der Tiere den Schwanz vor der Tötung hängen, was auf Stress hindeutet. Auf dem Hof waren die Schwänze der Tiere stets nach oben gerichtet (ingerollt). Die Laktat- (p -Wert = <0.001) und Glukosewerte (p -Wert = 0.003) der Tötungen im Schlachthof waren signifikant höher als die Daten der Hoftötungen. Dabei korrelieren Laktat und Glukose im Blut positiv miteinander (Laktat und Glukose: $r = 0.48$). Die Cortisolkonzentration zeigt jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen Hoftötung und Schlachthof (p -Wert = 0.83). Auch ein positiver Zusammenhang zwischen Cortisol und den anderen beiden Stressanzeigern konnte nicht gefunden werden (Laktat und Cortisol: $r = -0.006$, Glukose und Cortisol: $r = -0.37$). Dennoch wird davon ausgegangen, dass die Schweine im Schlachthof mehr Stress erfahren als die Tiere bei der Hoftötung. Denn die Cortisolkonzentration steigt erst bis 15 Minuten nach einem stressinduzierenden Ereignis an und sinkt wieder auf Normalniveau nach einer Ruhephase von ca. 60 Minuten. Zudem korrelieren die Laktatwerte mit der Anzahl Berührungen mit den Treibhilfen positiv ($r = 0.65$). Die pH-Werte 90 Minuten nach der Schlachtung sind bei der Hoftötung signifikant tiefer (p -Wert = 0.006 & p -Wert = <0.001). Jedoch ist davon auszugehen, dass dies durch die signifikant höheren Temperaturen (p -Wert = <0.001) bei den Messungen der Hoftötungen erklärt werden kann. Nach 24 Stunden wiesen die pH-Werte keine Unterschiede mehr auf. Bei der durchgeführten Verkostung mit Konsument*innen wurde das Fleisch der beiden Tötungsarten nicht signifikant unterschiedlich bewertet.

Dank

Einen besonderen Dank möchte ich an Milena Burri vom Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL) richten. Sie hat sich kurzfristig bereiterklärt, mich bei der Organisation und Durchführung des Praxisversuchs zu unterstützen. Zudem hat sie mich sehr zuvorkommend beraten und stets alle Fragen beantwortet.

Auch meinen Betreuerinnen Anna Jenni vom Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL) und Monika Hutter von der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften gilt ein grosses Dankeschön für die entgegengebrachte Unterstützung im Verlauf der Arbeit.

Weiter möchte ich Markus Hauenstein vom Loohof in Endingen herzlich danken, dass er sich für diesen Versuch zur Verfügung gestellt hat. Er war stets sehr zuvorkommend und der Austausch mit ihm sehr wertvoll.

Auch Sepp Neff von der Zentralschlachthof Hinwil AG gilt ein grosses Dankeschön für die Bereiterklärung, die Messungen im Betrieb durchführen zu dürfen. Herzlich danken möchte ich ihm auch für den sehr freundlichen Umgang sowie die zur Verfügungstellung des Fleisches für die Sensorik.

Zu guter Letzt gilt auch dem Küchenteam des Forschungsinstituts für Biologischen Landbau (FiBL) ein grosser Dank für die Unterstützung bei den Verkostungen.

Inhaltsverzeichnis

Liste Abkürzungen und Begriffe.....	8
1 Einleitung	9
1.1 Hintergrund der Hoftötung	9
1.2 Relevanz der Arbeit.....	10
1.3 Zielsetzung der Arbeit	10
2 Theorie.....	11
2.1 Stressverhalten eines Schweines.....	11
2.2 Stressparameter im Stichblut	11
2.2.1 Cortisol.....	11
2.2.2 Glukose.....	12
2.2.3 Laktat	12
2.3 Fleischqualität	13
2.3.1 pH Verlauf im Fleisch	13
2.3.2 PSE-Fleisch	13
2.3.3 DFD-Fleisch	13
2.4 Betäubung von Schweinen.....	15
2.5 Tötung von Schweinen.....	16
2.6 Tötung im Schlachthof.....	16
2.7 Hoftötung	17
3 Material und Methoden.....	19
3.1 Literaturrecherche	19
3.2 Versuchsaufbau	19
3.2.1 Schlachthof	19
3.2.2 Hoftötung	20
3.3 Verhaltensbeobachtung	21
3.4 Messung von Stressparametern im Stichblut.....	21
3.5 Messung des pH-Wertes	22
3.6 Statistische Auswertung	22
3.7 Sensorischer Vergleich	23
3.7.1 Versuchsaufbau	23
3.7.2 Statistische Auswertung des sensorischen Vergleichs	24
4 Ergebnisse	25
4.1 Verhaltensanalyse.....	30
4.1.1 Verhalten im Schlachthof	30
4.1.2 Verhalten bei der Hoftötung.....	30
4.2 Daten zu Stressparametern im Stichblut	31
4.3 Daten zum pH-Wert.....	32

4.4	Sensorischer Vergleich	33
5	Diskussion.....	34
5.1	Verhaltensbeobachtungen.....	34
5.2	Blutparameter.....	35
5.3	pH-Messungen.....	36
5.4	Sensorik.....	37
5.5	Nicht berücksichtigte Faktoren	37
5.6	Empfehlung für weiteres Vorgehen	37
6	Literaturverzeichnis	39
	Anhang 1: Protokoll für die Tierbeobachtung.....	45
	Anhang 2: Fragebogen für die Sensorik	46
	Anhang 3: Rohdaten Ergebnisse	50
	Anhang 4: R-Code Auswertung Blutparameter und pH.....	51
	Anhang 5.....	63
	Anhang 6: Rohdaten Sensorik.....	66

Liste Abkürzungen und Begriffe

Abkürzungen

RFN	rötlich pink, fest, nicht tropfend (original: Reddish pink, Firm and Non-exsudative)
DFD	dunkel violet-rot, sehr fest und trocken (original: Dark purplish red, very Firm and Dry)
PSE	blass pink-grau, sehr weich, tropfend (original: Pale pinkish grey, very Soft and Exsudative)
RSE	Rötlich, weich und tropfend (original: Reddish, Soft and Exsudative)
PFN	blass, weich und nicht tropfend (original: Pale, Soft and Non-exsudative)
pH90	pH-Wert 90 Minuten nach der Tötung
pH24	pH-Wert 24 Stunden nach der Tötung

Begriffe

Laktat	Milchsäure
--------	------------

1 Einleitung

Wenn Schweine verladen und zum Schlachthof transportiert werden, löst dies Stress aus (Brown, 2009). Dies belastet die Tiere unnötig. Aus ethischen Gründen sollte das Leid von Schlachttieren so stark wie möglich reduziert werden. Um die Nachhaltigkeit des Ernährungssystems zu verbessern, gilt es auch solche ethischen Probleme anzugehen. Die Hoftötung¹ schafft die Möglichkeit, Tiere direkt auf dem Hof in gewohnter Umgebung zu töten. Dadurch wird das Leid der Schlachttiere bei gutem Management auf ein Minimum reduziert. Durch die möglichst kurzen Transportwege werden Dorfmetzgereien begünstigt und Arbeitsplätze bleiben regional erhalten. Dank der beschränkten Kapazität von Hoftötungen werden auch kleinere Tierbestände gefördert. Weiter dient die Hoftötung als Argument für die Direktvermarktung und ermöglicht höhere Einnahmen durch das Angebot eines Nischenprodukts. All die erwähnten Punkte tragen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit des Ernährungssystems bei.

1.1 Hintergrund der Hoftötung

Mit der Industrialisierung der Fleischproduktion nach dem zweiten Weltkrieg, kamen neue Tierschutz und Hygienevorschriften auf (Probst & Spengler Neff, 2020). Damit verbunden galten neue Anforderungen an die Ausstattung von Schlachtbetrieben. Diese führten dazu, dass ländliche Kleinschlachthöfe und Hofschlachtungen praktisch verschwanden. Seither müssen Schlachttiere auf dem Hof verladen und zum Teil weite Strecken bis zu einem industriellen Grossschlachthof transportiert werden. Das Verladen in eine oft unbekannte Umgebung im Transportfahrzeug, sowie der beim Treiben entstehende Kontakt mit teilweise fremden Menschen lösen bei Rindern gemäss Probst und Spengler Neff (2020) Stress aus. Zudem treffen die Tiere beim Transport oft auch auf unbekannte Artgenossen und sind sich den Prozess des Fahrens nicht gewohnt. Dies fördert zusätzlich den Stress der Tiere. Die für Rinder beschriebenen Stresssituationen führen gemäss Moberg und Mench (2000) auch bei Schweinen zu erhöhter Ausschüttung von Stresshormonen und unruhigem Verhalten. Solche Faktoren beeinflussen das Tierwohl negativ (Moberg & Mench, 2000) und führen laut einer Studie von Reiche et al. (2019) zudem zu einer schlechteren Fleischqualität.

Seit dem 1. Juli 2020 ist die Hof- und Weidetötung in der Schweiz erlaubt (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022). Dabei sollen die Tiere auf ihrem Herkunftsbetrieb getötet werden. So entfallen viele Stressursachen. Um eine Hof- oder Weidetötung durchführen zu dürfen, muss jedoch eine Bewilligung bei der zuständigen kantonalen Behörde eingeholt werden (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2020). Um die Tiere auf dem Hof zu töten, gibt es die Möglichkeit der Hoftötung und der Weidetötung. Letztere darf lediglich bei Tieren der Rindergattung und Gehegewild angewendet werden. Dabei wird mit einem Gewehrschuss das Tier, welches in einem Gehege auf der Weide steht, betäubt und danach entblutet. Die Hoftötung darf bei jeglichem Schlachtvieh

¹ Bei der Hoftötung werden die Tiere auf dem Hof betäubt und entblutet, jedoch nicht zerlegt (Probst & Spengler Neff, 2020). In der Umgangssprache wird dennoch der Begriff Hofschlachtung oft synonym zur Hoftötung verwendet. In der vorliegenden Arbeit wird vorwiegend der Begriff Hoftötung aber in Einzelfällen auch Hofschlachtung als Synonym verwendet.

angewendet werden. Dabei muss das Tier tierschutzkonform fixiert, betäubt und entblutet werden.

1.2 Relevanz der Arbeit

Das gesellschaftliche Interesse am Tierwohl von Nutztieren steigt kontinuierlich (Knowles et al., 2014). Zudem steht in den Demeter-Richtlinien geschrieben, dass auf landwirtschaftlichen Betrieben, nebst einigen Ausnahmen, Tierhaltung praktiziert werden muss (Schweizerischer Demeter-Verband, 2023). Dabei sind der schonende Umgang, die Würde der Tiere sowie ein schmerz- und stressfreier Tod sehr zentrale Aspekte. Die Hoftötung kann das Tierwohl vor allem in Bezug auf den letzten Punkt verbessern. So möchten auch Tierschutzorganisationen wie «Vier Pfoten» Hof- und Weidetötungen fördern (Hürlimann, 2020).

Über Tiere der Rindergattung wurden bereits einige Studien im Bereich Hoftötung durchgeführt (Strasser, 2022; Kitzer & Rauch, 2021; Spengler Neff et al., 2023). Das FiBL hat dabei bereits festgestellt, dass die Stressbelastung bei im Schlachthof getöteten Rindern bis zu 20-mal höher ist als bei auf dem Hof getöteten (Spengler Neff et al., 2023). Bei Schweinen und Kleinwiederkäuern fehlen solche Studien noch. Zudem gibt es verschiedene Systeme bei der Hoftötung. Um die Hoftötung optimal gestalten zu können, hat das FiBL am 01.06.2022 ein Projekt mit einer Dauer von drei Jahren gestartet (Jenni, 2023). Dabei werden Verhaltensbeobachtungen, Messungen von Stressparametern (Laktat, Glucose, Cortisol), pH-Messungen und Analysen von Enterobacteriaceae und Gesamtkeimzahl im Bauchraum bei verschiedenen Hofschlachtungen erhoben.

Im Rahmen des FiBL-Projektes werden aber keine Vergleiche zwischen industriellen Grossschlachthöfen und Hoftötungen durchgeführt. Daher ergänzt die vorliegende Arbeit das Projekt in diesem Bereich.

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit soll nun den Vergleich zwischen Hoftötung und Tötung im industriellen Grossschlachthof in Bezug auf Stressbelastung der Schlachttiere aufzeigen und das Ausmass der Differenzen evaluieren. Dazu werden Verhaltensbeobachtungen durchgeführt. Weiter werden die Stressanzeiger Laktat, Glucose und Cortisol im Stichblut gemessen. Damit der Einfluss auf die Fleischqualität eingeschätzt werden kann, wird zusätzlich der pH-Wert gemessen und eine Verkostung des Fleisches veranlasst.

Folgende Hypothesen werden in der vorliegenden Arbeit untersucht:

- Schweine zeigen bei der Hoftötung ruhigeres Verhalten als bei der Tötung im Schlachthof.
- Die Werte der Stressanzeiger (Laktat, Glucose und Cortisol) sind bei den Tieren der Hoftötung tiefer als die Werte aus dem Schlachthof.
- Der pH-Wert der im Grossschlachthof geschlachteten Schweine sinkt schneller ab als der pH-Wert der Hofschlachtungen.
- Das Fleisch aus der Hoftötung wird von den Konsument*innen besser bewertet als das aus dem Schlachthof.

2 Theorie

In den folgenden Kapiteln werden die theoretischen Grundlagen für den durchgeführten Versuch erläutert. Dabei wird der aktuelle Stand der Forschung im jeweiligen Teilbereich wiedergegeben.

2.1 Stressverhalten eines Schweines

Stress wird als Reaktion des Körpers auf Reize durch biotische oder abiotische Faktoren beschrieben, welche das physiologische Gleichgewicht stören (Sommer et al., 1991).

Schweine erfahren durch Prozesse wie Umschlag, menschlicher Kontakt, Transport, ungewohnte Umgebung, Futter- und Wasserentzug, sowie Veränderungen der sozialen Strukturen (durch Separation oder Zusammenbringen mit fremden Tieren), sowie klimatischen Veränderungen Stress (Moberg & Mench, 2000). Dieser drückt sich in physikalischen Veränderungen des Körpers aus. Dazu gehören Herzrasen und erhöhte Körpertemperatur (Moberg & Mench, 2000). Aber auch das Verhalten der Tiere verändert sich. Die Wachsamkeit erhöht sich, sie erstarren, die Aggressivität steigt und zusätzlich kann Fluchtverhalten einsetzen. Weiter geben gestresste Schweine vermehrt Lautäusserungen von sich (Knowles et al., 2014). Zudem schreiben Reimert et al. (2013), dass gestresste Schweine den Schwanz hängen lassen. Aber auch wenn Schweine von gestressten Artgenossen umgeben sind, lassen sie ihre Schwänze hängen. Wenn hingegen die Artgenossen positive Emotionen empfinden, sind die Schwänze eingerollt und eher nach oben gerichtet.

2.2 Stressparameter im Stichblut

Wenn ein Reiz bei einem Schwein eintrifft, werden unterschiedliche Gegenmassnahmen im Körper eingeleitet, um einen stabilen Zustand zu erhalten (Stamp Dawkins, 2006). Wenn jedoch der Reiz die Anpassungsfähigkeit des Regelsystems überfordert, geht der Körper in eine erhöhte Bereitschaft über, was schnelle Reaktionen ermöglicht.

2.2.1 Cortisol

Als erste Reaktion auf Stress wird bei Säugetieren Adrenalin und Noradrenalin ins Blut abgegeben (Silverthorn et al., 2016). In einem nächsten Schritt werden Glukokortikoide ausgeschüttet. Beim Schwein wird vor allem aus Cholesterol Cortisol gebildet und in die Blutbahnen abgegeben (Takei et al., 2015). Cortisol beeinflusst Körperfunktionen wie das Erhalten eines bestimmten Blutglukosespiegels. Dadurch ist Energie schnell verfügbar und das Tier ist in der Lage kurzfristige Reaktionen auszuführen. Merlot et al. (2011) haben bewiesen, dass Schweine auf Kontakte mit dem Elektrotreiber, laute Geräusche und Tätowierungen mit erhöhten Cortisolwerten reagieren. Die erhöhten Werte konnten spätestens 5 und 15 Minuten nach dem Ereignis festgestellt werden. Das Normalisieren der Werte begann wieder nach rund 60 Minuten. Da die Cortisolausschüttung mit einer Stressantwort assoziiert werden kann, eignet sich die Messung des Cortisolgehalts nach Bushong et al. (2000) für die Analyse der Stressbelastung. Jedoch haben diverse Experimente gezeigt, dass Cortisolwerte durch Stress zwar ansteigen, aber bereits nach 80 Minuten kein erhöhter Cortisolgehalt mehr festgestellt werden kann (Wimmers et al., 2002).

Zudem unterliegt der Cortisolgehalt innerhalb eines Tages einem Zyklus, in welchem sich dieser Wert stark verändern kann (Janssens et al., 1994). Üblicherweise ist der er in den Morgenstunden erhöht und sinkt gegen Abend ab. Der Cortisolgehalt kann einerseits im Speichel und andererseits im Blutserum gemessen werden (Wimmers et al., 2002).

2.2.2 Glukose

Glukose ist ein Monosaccharid und der wichtigste Energielieferant in einem Organismus (Löffler & Petrides, 2019). Aufgenommene Kohlenhydrate werden in der Regel in Glukose umgewandelt, bevor sie für den Energiegewinn abgebaut werden. Daher steigt der Glukosegehalt des Blutes rund eine bis fünf Stunden nach der Futteraufnahme geringgradig an (Heinritzi et al., 2006).

Unter Stress bewirkt Cortisol eine Erhöhung der Glykogenproduktion in der Leber (Weiss, 2015). Zudem steigt der Blutglukosespiegel durch Hemmung des Zuckerabbaus an. Auch gemäss Barnett et al. (1984) korrelieren Cortisol- und Glukosewerte bei Schweinen positiv. Infolge ihrer Erkenntnisse wurde befunden, dass Glukose ein guter Stressindikator ist. Jedoch gibt es neben Stress und Fütterung noch weitere Faktoren, welche den Blutglukosegehalt beeinflussen. Jannasch (2014) hat herausgefunden, dass ein Krankheitserreger den Glukosewert im Blut von Schweinen verändern kann. Weiter hat die Rasse und das Alter der Schweine einen Einfluss auf diesen Parameter (Kixmüller, 2004). Bei einer Untersuchung von Kremer (2009) wurden im Herbst deutlich höhere Glukosewerte als im Frühling gemessen. Jedoch konnten die Gründe dafür nicht erläutert werden.

Gesunde, ruhige Schweine weisen Glukosekonzentrationen im Blut von 4.00 bis 6.36 mmol/l (71.6 bis 113.9 mg/dl) auf (Heinritzi et al., 2006). Dieser Wert kann unter Einfluss von Stress auf mehr als das Doppelte ansteigen.

2.2.3 Laktat

Bei der Zellatmung entstehen im Regelfall aus Glukose die Produkte ATP, H₂O und CO₂ (Kirsch, 1996). Während der Startphase von körperlicher Bewegung oder ungewohnten Belastungen (u.a. Stress) steht für diese Reaktion jedoch zu wenig Sauerstoff zur Verfügung. Daher wird in solchen Situationen aus Glukose ATP und Laktat gebildet.

Erhöhte Laktatwerte im Blut können auf kurze oder anhaltende Stressbelastung hindeuten (Bickhardt, 1992). Als Richtwert für Laktat im Blutplasma von Mastschweinen mit 83±11 kg gibt Bickhardt (1992) 0.5 bis 11 mmol/l an. Dabei ist ein Bereich von 0.84±0.24 mmol/l normal bei ruhigen Schweinen, welche nüchtern beprobt wurden (Nerbas, 2008). Bei ruhigem Treiben der Tiere werden die Werte doppelt so hoch (Wullinger-Reber, 2019). Bei der Anwendung von Zwangsmassnahmen erhöht sich die Konzentration um mehr als das Fünffache. Aber auch die Fütterung von Schweinen hat einen Einfluss auf die Laktatkonzentration im Blut (Nerbas, 2008). Denn nach der Fütterung entsteht im Darm aufgrund der mikrobiellen Aktivität Laktat, welches ins Blut abgegeben wird. Schweine, die unter Anbindestress und gefüttert beprobt wurden, wiesen eine durchschnittliche Laktatkonzentration von 7.29±3.56 mmol/l auf (Nerbas, 2008).

Nach Wimmers et al. (2002) ist die Laktatkonzentration im Blut jedoch nur ein bedingt geeigneter Indikator für die Beurteilung der Stressbelastung bei Schweinen. Denn ein

Versuch hat aufgezeigt, dass Schweine nach einem Transport keine signifikant erhöhten Laktatwerte aufwiesen. Jedoch gibt es diverse Studien, welche eine erhöhte Laktatkonzentration bei gestressten Schweinen feststellten (van der Wal et al., 1985; Bickhardt, 1992; Nerbas, 2008; Wullinger-Reber, 2019).

2.3 Fleischqualität

2.3.1 pH Verlauf im Fleisch

Der pH-Wert des Fleisches gibt Auskunft über den Säuregehalt. Lebendige Muskeln haben einen pH-Wert von über 7.2 (Schultze, 2008). Nach der Schlachtung werden die vorhandenen Glykogenreserven zu Milchsäure umgewandelt. Dadurch steigt der Säuregehalt des Fleisches und der pH-Wert sinkt ab. Normalerweise geschieht dies in einem Zeitraum von rund drei bis acht Stunden. Im besten Fall fällt der pH dabei auf Werte zwischen 5.8 bis 5.6 (Schellander et al., 2010). Dann wird von **Reddish pink, Firm and Non-exsudative (RFN)** gesprochen. Es kann jedoch vorkommen, dass durch Stress der pH-Wert nicht dem idealen Verlauf folgt (Brown, 2009). Zusätzlich zu Stressbelastungen kann auch die Temperatur einen Einfluss auf die Entwicklung des pH-Wertes haben (Warriss, 2000). Denn höhere Temperaturen beschleunigen die Milchsäureproduktion und somit auch die Absenkung des pH-Wertes. Aber auch eine zu schnelle Abkühlung kann negative Auswirkungen auf den Säuregehalt des Fleisches mit sich bringen. Die Temperatur beeinflusst zudem den pH-Wert während der Messung, denn die Anzahl freier H⁺ Ionen ist temperaturabhängig (Dueck et al., 2004). So können kleine Temperaturunterschiede bereits grössere Unterschiede im pH-Wert bewirken. Weiter ist das Alter ein beeinflussender Faktor. So haben ältere Tiere häufig einen höheren pH-Wert als jüngere (Warriss, 2000). Bei einem nicht idealen Absinken des pH-Wertes können Fleischfehler auftreten (Brown, 2009). Die wichtigsten beiden Fleischfehler werden nachfolgend (Kapitel 2.3.2 und Kapitel 2.3.3) erläutert.

2.3.2 PSE-Fleisch

Wenn bei der Schlachtung bereits eine erhöhte Laktatkonzentration im Fleisch vorhanden ist, kann der Prozess der Milchsäurebildung jedoch viel schneller ablaufen (Schultze, 2008). Bereits innerhalb von 45 Minuten nach Schlachtung kann der pH in diesem Fall auf Werte unter 5.8 fallen (siehe Abbildung 1). Diese Fleischqualität wird als **Pale pinkish grey, very Soft and Exsudative (PSE)** bezeichnet und kommt häufig vor, wenn Schweine kurzzeitig Stress ausgesetzt waren (Millet et al., 2005). Zudem ist die Anfälligkeit PSE-Fleisch zu produzieren bei Schweinen genetisch bedingt (Barbut et al., 2008). Denn ein rezessives Gen steht in Verbindung mit dem Procine Stresssyndrom, welches für den schnellen pH-Wert Abfall verantwortlich sein kann. PSE-Fleisch verfügt über ein schlechtes Wasserbindungsvermögen und schrumpft daher bei der technischen Weiterverarbeitung stark (Schellander et al., 2010).

2.3.3 DFD-Fleisch

Wenn im Muskel vor der Schlachtung ein Glykogenmangel herrscht, kann nicht ausreichend Milchsäure gebildet werden (Schultze, 2008). Dadurch bleibt der pH-Wert auch nach 24

Stunden noch über 6.2 (siehe Abbildung 1). Das Fleisch solcher Tiere wird dann als **D**ark **p**urplish red, very **F**irm and **D**ry (DFD) klassiert. Der Grund für einen solchen Mangel kann unter anderem auch andauernder Stress vor der Schlachtung sein (Millet et al., 2005). Während fortwährendem Stress werden Glykogenreserven abgebaut. DFD-Fleisch verfügt über ein sehr hohes Wasserbindungsvermögen (Schellander et al., 2010). Zusätzlich zu den bereits erwähnten Fleischqualitätsstufen (RFN, PSE und DFD) gib es noch zwei Zwischenstufen; RSE und PFN (Schellander et al., 2010).

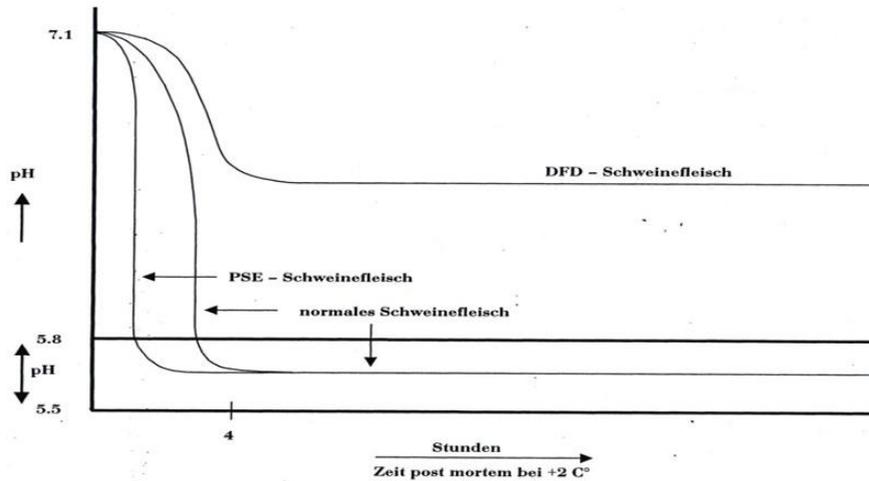


Abbildung 1: Verlauf des pH-Wertes bei der Reifung von Schweinefleisch (Ursachen für Fleischfehler, o. J.)

2.4 Betäubung von Schweinen

In der Schweiz muss Schlachtvieh vor der Tötung betäubt werden (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022). Schweine können auf drei verschiedene Arten betäubt werden. Diese sind mechanisch (z.B. Bolzenschuss), mit Gas oder mit elektrischem Strom. Bei der Elektrobetäubung besteht die Herausforderung darin, Schweine in unter einer Sekunde den Zustand der Bewusstlosigkeit zu versetzen (Troeger, 2008). Wird dies nicht erreicht, gilt die elektrische Durchströmung als äusserst schmerzhaft. Daher ist die Methode kritisch zu betrachten, denn viele Parameter müssen stimmen. Unter anderem sind dies Stromstärke, Durchströmungsdauer, Frequenz. Zudem muss eine Elektrobetäubung eine bis in den Tod andauernde Bewusstlosigkeit bewirken. Dies kann einerseits durch eine Kopfdurchströmung oder durch eine Kopfdurchströmung mit gleichzeitiger oder anschliessender Herzdurchströmung erreicht werden. Bei der Variante ohne Herzdurchströmung muss jedoch rasch nach der Betäubung die Tötung erfolgen. Die nötige Stromstärke ist abhängig von der Tierart und dem Körpergewicht des Tieres (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022). In Tabelle 1 sind die jeweils nötigen Stromstärken aufgeführt. In der vorliegenden Arbeit ist lediglich die Betäubung mittels elektrischen Stroms relevant.

Tabelle 1: Tierkategorien und für die Betäubung nötige Stromstärken (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022)

Tierkategorie	Stromstärke in Ampère
Rinder bis 200 kg Lebendgewicht	1,3 A
Rinder über 200 bis 600 kg Lebendgewicht	1,5 A
Rinder über 600 kg Lebendgewicht	2,0 A
Schafe, Ziegen	1,0 A
Schweine bis 110 kg Lebendgewicht	1,3 A
Schweine über 110 bis 160 kg Lebendgewicht	1,5 A
Schweine über 160 kg Lebendgewicht	2,0 A
Hauskaninchen	0,4 A

Grundsätzlich müssen Tiere zur Betäubung fixiert werden (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022). Bei Schweinen, welche sich in einer Gruppe und auf kleinem Raum befinden, ist der Einsatz der Elektrozange ohne Fixation erlaubt. Die Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit muss innerhalb der ersten Sekunde gewährleistet werden. Vor dem Entbluten muss der Betäubungserfolg überprüft und allenfalls nachbetäubt werden. Zur Kontrolle soll das Eintreten der folgenden Symptome bei jedem Tier überprüft werden (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022):

- Sofortiges Erstarren und Niederstürzen,
- keine gerichteten Bewegungen, keine Aufrichtversuche,
- tonischer Krampf mit nachfolgender klonischer Phase,
- Ausfall der Atmung, keine Brustkorbbewegungen,
- keine gerichteten Augenbewegungen, kein spontaner Lidschluss,

- keine Lautäusserungen,
- vollständiges Erschlaffen des Körpers am Ende der Betäubung, und
- keine Reaktion auf das Setzen des Entblutungsschnittes.

Zusätzlich soll stichprobenweise und bei Bedarf überprüft werden, ob das Auge mit Lidschluss auf Berührung der Hornhaut reagiert.

2.5 Tötung von Schweinen

Das Töten von Schweinen kann durch das Öffnen beider Halsschlagadern oder einen Bruststich durchgeführt werden (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022). Das Eintreten des Todes muss dabei stichprobenweise kontrolliert werden. Wenn eine maximale Pupillenweite vorliegt, kann davon ausgegangen werden, dass das Tier erfolgreich getötet wurde.

2.6 Tötung im Schlachthof

Im Jahr 2021 wurden in der Schweiz 2'548'799 Schweine geschlachtet (Proviande Genossenschaft, 2021). Laut eines Artikels der Bauernzeitung (Hostettler, 2022) wurden lediglich einige hundert Tiere, und noch weniger davon waren Schweine, auf dem Hof getötet. Dieser Anteil ist schwindend klein und daher kann davon gesprochen werden, dass fast alle Mastschweine in der Schweiz zum Schlachthof transportiert werden. Der Ablauf der Schlachtung in einem Schlachtbetrieb kann nach Corbeil (2014) grob in acht Schritte aufgeteilt werden (siehe Abbildung 2). Für diese Arbeit sind lediglich die Abläufe bis und mit Entblutung von Bedeutung. Die nachfolgenden Prozesse werden auch bei der Hofötung in einem Schlachtbetrieb durchgeführt und finden somit unabhängig von der Tötungsart statt.

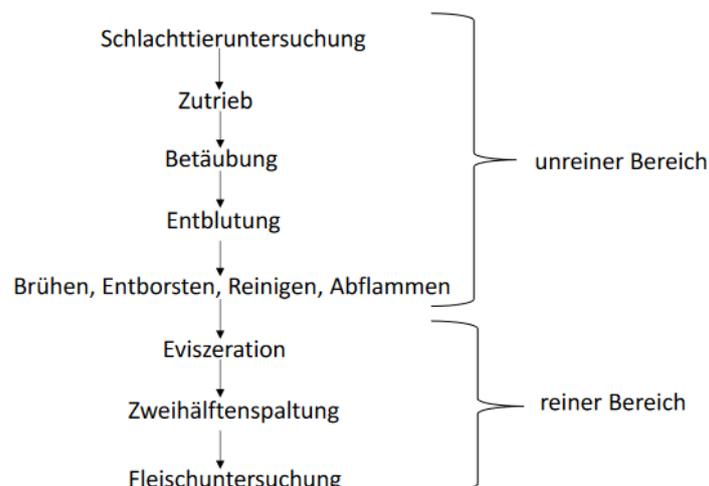


Abbildung 2: Arbeitsschritte der Schweineschlachtung nach Corbeil (2014)

Auf Schlachtbetrieben müssen geeignete Einrichtungen zum Ausladen der Tiere aus den Transportmitteln zur Verfügung stehen (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022). Bei Schweinen gilt, dass sie innerhalb von vier Stunden nach der Ankunft im Schlachthof geschlachtet werden müssen. Diese Zeitspanne kann jedoch

verlängert werden, wenn die Tiere entsprechend untergebracht werden. Wenn die Umgebungstemperatur hoch ist oder schwüles Wetter herrscht, müssen Schweine mit Wasser besprüht werden. Die Treibgänge müssen so gestaltet sein, dass sich die Tiere möglichst selbstständig vorwärtsbewegen. Dabei ist zu beachten, dass keine keilförmigen Verengungen oder Treibhindernisse erlaubt sind. Zudem dürfen die Treibgänge keine Engstellen in Kurven, ablenkende Einflüsse der Umgebung oder Richtungswechsel von weniger als 100 Grad beinhalten. Weiter müssen die Kurvenradien mindestens drei Meter betragen. Generell gilt, dass sämtliche Einrichtungen im Schlachthof so konzipiert sein müssen, dass sich die Schlachttiere nicht verletzen können.

Der Einsatz von elektrischen Treibhilfen ist nur erlaubt, wenn die Stromstösse auf maximal eine Sekunde begrenzt sind (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022). Bei Schweinen dürfen solche Treibmittel ausschliesslich an der Muskulatur der Hinterbeine angewendet werden. Der Zutrieb darf einen Lärmpegel von 85 Dezibel nicht überschreiten. In Schlachthöfen wird die Betäubung meist mit Gas (CO₂) oder mit vollautomatischen Elektrobetäubungsanlagen durchgeführt (Troeger, 2008). Bei zweiteren muss in der Schweiz die Kopfdurchströmung mindestens eine Sekunde vor der Zuschaltung der Herzelektrode andauern (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022). Insgesamt muss ein Stromfluss von drei Sekunden gewährleistet werden. Wenn der Anteil der Tiere mit Symptomen einer ungenügenden Betäubung 1% oder mehr beträgt, müssen Massnahmen zur Fehlerkorrektur ergriffen werden. Nach der Betäubung muss innerhalb von 10 Sekunden der Entblutungsschnitt erfolgen, wenn keine Herzdurchströmung durchgeführt wird. Nach einer Herzdurchströmung muss der Schnitt innerhalb von 30 Sekunden erfolgen.

2.7 Hoftötung

Bei der Hoftötung fällt einerseits der Transportstress weg, andererseits entfallen auch ein Zusammentreffen mit unbekanntem Artgenossen und weitere Stressoren (Probst & Spengler Neff, 2020). Bei der Hoftötung von Schweinen wird meist die Elektrobetäubungszange eingesetzt (Wullinger-Reber, 2019). Laut der Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS) (2022) müssen Schweine für die Betäubung mit der Elektrobetäubungszange fixiert werden oder sich in einer kleiner Gruppe auf kleinem Raum befinden. Dabei muss das Elektrobetäubungsgerät über eine Anzeige mit der Betäubungsstromstärke und -spannung im Sichtfeld der ausführenden Person verfügen. Zudem muss bei fehlerhaftem Stromstärkeverlauf ein Warnsignal ertönen. Weiter ist die Mindeststromflusszeit visuell oder akustisch anzuzeigen. Für die Kopfdurchströmung sollten die Elektroden im Bereich der Ohrbasis so angesetzt werden, dass eine Durchströmung des Gehirns gewährleistet ist. Für eine anschliessende Herzdurchströmung muss eine Elektrode am Kopf und die andere im Bereich hinter dem Herzen angelegt werden.

Bei nicht fixierten Tieren muss der Stromfluss der Kopfdurchströmung mindestens 8 Sekunden andauern (Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), 2022). Wenn jedoch im Anschluss eine Herzdurchströmung durchgeführt wird, muss die Kopfdurchströmung lediglich 3 Sekunden anhalten. Fixierte Schweine müssen mit einer Kopfdurchströmung von mindestens 3 Sekunden betäubt werden. Die Dauer zwischen

Betäubung und Entblutungsschnitt ist gleich wie im Schlachthof. Wenn eine Herzdurchströmung durchgeführt wird maximal 30 Sekunden, ansonsten maximal 10 Sekunden. Nach der Entblutung wird der Körper verladen und zu einer nahegelegenen Metzgerei gefahren, wo das Tier ausgeweidet wird (Probst & Spengler Neff, 2020). Von der Betäubung bis das Tier ausgeweidet wird dürfen höchstens 45 Minuten vergehen.

3 Material und Methoden

3.1 Literaturrecherche

Für die Erarbeitung der theoretischen Grundlagen wurde nach deutschen und englischen Stichworten in verschiedenen Suchmaschinen gesucht. Die verwendeten Stichworte wurden rund um die Themen Hoftötung, Stress, Schlachthof, Fleischqualität und Schwein gewählt. Als Recherchertools wurden vor allem Google Scholar, ZHAW Hochschulbibliothek und Google verwendet.

3.2 Versuchsaufbau

Um die Stressbelastung von Schweinen bei der Hoftötung und der Tötung im industriellen Grossschlachthof vergleichen zu können, wurden pro Tötungsverfahren je 15 Masttiere der Rasse Edelschwein bei der Tötung beobachtet und verschiedene Parameter erhoben. Alle Tiere des Versuchs stammten aus demselben Maststall und auch vom selben Ferkelproduzenten. Das Verhalten der Tiere wurde beobachtet und protokolliert. Um den Stresslevel der Schweine zu evaluieren, wurden Cortisol, Laktat und Glukose im Stichblut gemessen. Weiter wurden 90 Minuten und 24 Stunden nach der Tötung pH-Messungen im Schlachtkörper durchgeführt. Die Daten wurden danach statistisch ausgewertet. Zusätzlich wurde eine Verkostung mit Konsumenten und Konsumentinnen durchgeführt, um zu evaluieren, wie unterschiedlich das Fleisch bewertet wird. Die Betäubung wurde im Rahmen des Projekts ebenfalls beurteilt. Dieser Parameter ist jedoch nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit.

3.2.1 Schlachthof

Jeweils 20 Schweine pro Lieferung wurden im Schlachthof getötet. Um Messungen von mehr als nur einem Tag zu haben, wurden die beprobten 15 Tiere auf zwei Besuche am Schlachthof aufgeteilt. Das erste Mal wurden die Daten von acht Schweinen und das zweite Mal noch von sieben Stück erhoben. Beim Ankommen der Tiere wurden diese tätowiert und in einer Wartebucht (29m²) untergebracht. Die Schweine wurden dabei weder beim Transport noch bei der Ankunft mit fremden Tieren gemischt. In der Wartebucht wurden sie mit Wasser berieselt und rund 40 bis 60 Minuten in Ruhe gelassen. Danach wurden sie in Gruppen von zirka fünf Tieren über einen Gang mittels Paddel und Schildern in den Eingangsbereich des Restrainers getrieben. Von hier an wurden sie hintereinander in den Restraimer getrieben. Dazu wurde eine Metallspitze und bei Verweigerung des Weitergehens auch der Elektrotreiber eingesetzt. Dadurch wurden die Schweine auf den Brustbandrestrainer getrieben. Auf diesem haben die Tiere keinen Boden mehr unter den Füßen und können somit auch nicht mehr zurücklaufen. Die Betäubung läuft vollautomatisch ab. Das heisst, Lichtschranken erfassen, wann sich das Schwein auf der richtigen Höhe befindet und die Elektroden setzen an. Es folgt ein Stromstoss und das Tier fällt reglos, auf den Bereich, wo der Bruststich angesetzt und das Schwein ausgeblutet wird. Von dort an unterscheiden sich die Hoftötung und die Tötung im Schlachthof kaum mehr. Auf der Abbildung 3 ist eine vollautomatische Betäubungsanlage mit Brustbandrestrainer wie sie für den Versuch verwendet wurde zu sehen.



Abbildung 3: Vollautomatische Betäubungsanlage für Schweine mit Brustbandrestrainer und Elektroden
(Elektrisches Betäubungssystem, Midas, 2023)

3.2.2 Hoftötung

Insgesamt wurden vier Tötungen auf dem Hof begleitet. Bei den Hoftötungen wurden jeweils vier bei den ersten beiden Malen und fünf Schweine bei den folgenden beiden geschlachtet. Für die Tötung auf dem Betrieb, wo die Tiere leben, wurden die Schweine mithilfe einer Schaufel in den Tötungsbereich getrieben. Dieser misst 2.5m x 3.2m (8m²) und ist durch zwei Gatter (siehe Abbildung 4) vom Rest der Gruppe abgetrennt. In der Tötungsbucht befanden sich jeweils genau die Anzahl Schweine, die getötet wurden oder 1 bis 2 Tiere mehr.



Abbildung 4: Tötungsbucht mit Schweinen bei der Hoftötung
(Foto: Pascal Ritz)

Bei den ersten beiden Hoftötungen wurden die Schweine in und um die Tötungsbucht mit hartem Brot gefüttert. Bei der 3. und 4. Tötung wurden kleinere Brotstücke gefüttert und zusätzlich Spelzen auf dem Boden verteilt. Bei der Schlachtung von vier Tieren wurden alle in einem Durchgang getötet. Als fünf Tiere geschlachtet wurden, mussten zuerst drei Stück und danach noch zwei Stück getötet werden. Die ersten drei wurden somit zuerst zur nahegelegenen Metzgerei gefahren und danach wurden die anderen beiden Tiere betäubt und ausgeblutet. In der Metzgerei wurden die gleichen Schritte wie im Grossschlachthof nach der Tötung durchgeführt.

3.3 Verhaltensbeobachtung

Da sich Stress unter anderem auch im Verhalten von Schweinen zeigt, wurde ihr Verhalten beobachtet und festgehalten. Im Schlachthof wurden die Tiere in der Wartebucht das erste Mal begutachtet. Ab dem Zutrieb in den Restraîner wurden Einzeltierbeobachtungen durchgeführt. Denn ab diesem Zeitpunkt änderte sich die Reihenfolge der Tiere nicht mehr. Bei der Hoftötung wurden die Tiere ab dem Einsperren im Tötungsbereich beobachtet. Für das Festhalten des Verhaltens wurde das Formular «Protokoll Tierbeobachtung vor der Tötung» verwendet. Die Beobachtungen wurden zudem immer von derselben Person durchgeführt. Die Vorlage des Protokolls ist im Anhang 1 ersichtlich. Zur Beurteilung der Stressintensität wurden die Anzahl Kontakte mit Treibmitteln festgehalten. Wobei im Schlachthof zwischen Berührungen mit einer Metallstange mit Spitze am Ende und dem Elektrotreiber unterschieden wurde. Auf dem Hof wurde als Treibmittel eine Schaufel eingesetzt, um die Tiere in den Wartebereich zu treiben. Im Tötungsbereich wurden keine Treibmittel mehr eingesetzt.

Als Reaktion der Schweine auf Stress wurde die Anzahl Vokalisationen dokumentiert. Mit Vokalisationen ist in diesem Fall ausschliesslich ein lautes Schreien oder Quietschen gemeint. Grunz- und Bellgeräusche wurden nicht berücksichtigt. Weiter wurde festgehalten, wenn sich Schweine entgegen der Treibrichtung bewegen, also sich im Treibvorgang umdrehen oder rückwärtslaufen. Auch das Rutschen und Hinfallen von Tieren wurde protokolliert. Zudem ist das Besteigen von anderen Tieren und das Anheben von Artgenossen mit dem Kopf durch Drängeln ein Kriterium gewesen, welches gezählt wurde. Die Parameter für das Protokoll wurden anhand des Stressverhaltens von Schweinen aus der Literatur evaluiert. Als Grundlage wurde ein Formular des Schweizer Tierschutzes STS verwendet.

3.4 Messung von Stressparametern im Stichblut

Um die Stressbelastung mit Blutparametern bestimmen zu können, wurde mittels Reagenzgläser beim Entbluten Stichblut entnommen. In diesem wurde mit dem Laktatmessgerät Lactate Scout 4 (EKF-diagnostic GmbH, Barleben, Deutschland) der Laktatgehalt unmittelbar danach ermittelt. Für die Analyse der Glukosekonzentration wurde im selben Reagenzglas kurz darauf mit dem Accu-Chek Guide (Roche Diabetes Care (Schweiz) AG, Rotkreuz, Schweiz) eine Messung durchgeführt.

Drei Reagenzgläser mit Blut pro Tier wurden sofort nach der Tötung in einer Kühlbox mit Kühlelementen gekühlt. Im Labor wurden die Reagenzgläser für 10 Minuten bei 1'300 G in

der Heraeus Multifuge 1S Centrifuge (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, USA) zentrifugiert. Daraufhin wurde das Blutserum abpipettiert und bei -18°C eingefroren. Als die Proben ans Labor übermittelt wurden, wurden sie zuvor noch beschriftet und dann für den Transport in einer Styroporbox in die Kühlbox gelegt.

3.5 Messung des pH-Wertes

Der pH-Wert wurde einerseits 90 Minuten (pH90) nach dem Töten der Tiere gemessen und das zweite Mal 24 Stunden (pH24) nach der Tötung. Die Messungen wurden zum einen 6 cm tief im *Longissimus thoracis* (Rückenmuskulatur) zwischen der 13. und der 14. Rippe und andererseits 2 cm tief im Musculus semimembranosus (Stotzen). Für die pH-Messungen wurde das tragbare pH-Messgerät Seven2Go pH meter S2 (Mettler-Toledo GmbH, Giessen, Deutschland) mit der Einstichelektrode pH electrode InLab Solids Go-ISM (Mettler-Toledo GmbH, Giessen, Deutschland) verwendet. Die Elektrode enthält einen integrierten Temperaturfühler. So konnte der pH-Wert und die Temperatur erfasst werden.

3.6 Statistische Auswertung

Um zu evaluieren, wie viele Tiere für den Versuch nötig sind, wurde im Voraus mit RStudio (RStudio 2022.07.0-420, Posit Software, Boston, USA) ein Power T-Test durchgeführt. Dabei wurde anhand der Daten von Rinderschlachtungen evaluiert, wie viele Schweine notwendig sind. Dabei wurde mit einem Signifikanzniveau von 5% und einer Aussagekraft von 80% gerechnet. Als Ergebnis daraus wurden 15 Tiere pro Tötungsart festgelegt.

Für die statistische Auswertung der Blutparameter wurde RStudio (RStudio 2023.06.0-421, Posit Software, Boston, USA) verwendet. Laktatwerte, welche unter 0.5 liegen wurden vom Messgerät als >0.5 angezeigt. Da dies jedoch statistisch nicht ausgewertet werden kann, wurden diese Werte mit 0 ersetzt.

Die Laktat-, Glukose- und Cortisolwerte wurden mit dem Shapiro-Test auf Normalverteilung der Daten überprüft. Da diese nicht gegeben war, wurde mit dem Wilcoxon-Test geprüft, ob sich die Resultate aus dem Schlachthof von denen der Hofötungen unterscheiden. Zuvor wurden die Datensätze, welche keine Werte des entsprechenden Parameters enthielten, entfernt.

Die pH-Werte wurden ebenfalls mit dem Shapiro-Test auf Normalverteilung überprüft. Diese war ausser beim pH24 des *Longissimus thoracis* der Hofötungen stets gegeben. Die normalverteilten Daten wurden mit dem T-Test auf Unterschiede zwischen den beiden Tötungsvarianten untersucht. Die nicht normalverteilten Werte wurden mit dem Wilcoxon-Test verglichen.

Mit dem T-Test wurde zudem untersucht, ob sich die Temperaturen der pH-Messungen zwischen Hofötung und Schlachthof unterscheiden. Weiter wurde mit dem Pearson-Test auf Zusammenhänge zwischen Temperatur und pH-Wert untersucht.

Um Korrelationen zwischen den verschiedenen Parametern ausfindig zu machen, wurde mit dem Spearman-Test Zusammenhänge zwischen Laktat, Glukose, Cortisol, Anzahl Schreie,

Anzahl Kontakte mit dem Treibmittel sowie sämtliche pH-Werte analysiert. Dafür wurden jedoch nur Datensätze verwendet, welche komplett waren.

3.7 Sensorischer Vergleich

Um den Einfluss der Hoftötung auf die Qualität des Fleisches untersuchen zu können, wurde eine Verkostung von Fleisch aus der Hoftötung und dem Schlachthof mit ungeschulten Konsumenten und Konsumentinnen durchgeführt.

3.7.1 Versuchsaufbau

Einige Aromen von Futterkomponenten können unverändert im Fleisch wiedergefunden werden (Lösel, 2006). Zudem weist das Fleisch von Ebern im Gegensatz zu Sauen oder Kastraten aufgrund von Androstenon und Skatol einen anderen Geschmack auf (Holinger et al., 2013). Weiter hat die Rasse einen grossen Einfluss auf den Geschmack und andere Eigenschaften des Fleisches. So ist die Ausprägung des Ebergeschmacks ebenfalls von der Rasse abhängig. Aber auch die Haltung und das Alter der Tiere kann die Fleischqualität beeinflussen.

Um neben der Stressbelastung möglichst viele geschmacksbestimmende Faktoren ausschliessen zu können, wurden gleichaltrige Tiere derselben Rasse und aus demselben Betrieb für den Versuch verwendet. Die Tiere auf dem Hof und im Schlachthof wurden zudem am selben Tag geschlachtet. Nach der Schlachtung wurde je ein Nierstück eines Schweines der Hoftötung und eines Schweines aus dem Schlachthof entfernt und für drei Tage bei 4°C aufbewahrt. Danach wurde das Fleisch bei -18°C tiefgefroren. 24 Stunden vor der Verkostung wurde das Fleisch wieder in den Kühlschrank bei 4°C gelegt und so aufgetaut.

In einem Vorversuch wurde evaluiert, wie gross die Stücke für die Verkostung sein müssen, um das Fleisch beurteilen zu können. Das Ergebnis war, dass von 1 cm dicken Plätzli rund 20 g bis 30 g pro Person nötig sind, um die Eigenschaften und den Geschmack des Fleisches wahrnehmen zu können. Das Fleisch aus den beiden Tötungsarten wurde gleich zubereitet. Dabei wurde es zuerst von der Silberhaut und allfälligen Sehnen befreit. Danach wurde es auf rund 20 g bis 30 g portioniert. In einer Teflonpfanne wurde das Fleisch daraufhin mit einem Kaffeelöffel Sonnenblumenöl bei 180°C 10 Sekunden pro Seite angebraten. Als letzten Schritt wurde es auf einem Gitterrost bei 70°C im Ofen niedergesgart bis eine Kerntemperatur von 65°C erreicht wurde (rund 20 Minuten).

Der Versuch wurde mit 44 Personen durchgeführt. Sie wurden im Vorfeld informiert, dass sie eine Stunde vorher nicht rauchen, keine scharfen/stark schmeckenden Lebensmittel oder Getränke zu sich nehmen sollten. Zudem sollten sie unparfümiert zum Test kommen. Die Personen wurden auf vier ungleichgrosse Gruppen aufgeteilt. Alle Teilnehmer*innen haben ein Glas Wasser und einen Fragebogen (siehe Anhang 2) erhalten. Zudem haben sie vor der Verkostung noch folgende Informationen mündlich übermittelt bekommen:

- Wenn das 1. Produkt verteilt wird, noch nicht reinbeissen, sondern den Instruktionen auf dem Fragebogen folgen.
- An die Reihenfolge auf dem Fragebogen halten.
- Für das Beurteilen des Geruchs soll das Fleisch auf die Gabel gespiesst werden.
- Die Teilnehmer sollen sich nicht gegenseitig beeinflussen.
- Sobald alle das erste Produkt probiert haben, wird das zweite Fleisch verteilt.
- Wenn mit dem zweiten Produkt begonnen wurde, darf das erste nicht mehr probiert werden.
- Einige Teilnehmer erhalten zuerst das Fleisch aus der Hofötung und einige erhalten zuerst das Fleisch aus dem Schlachthof.

Die letzte Aussage war jedoch nichtzutreffend, sie sollte lediglich verhindern, dass sich Personen absprechen. Nach den Instruktionen wurde das 1. Fleisch verteilt. Kurze Zeit später das zweite Fleisch. Als alle auch mit dem zweiten Produkt fertig waren, wurde aufgelöst, welches Fleisch aus dem Schlachthof und welches von der Hofötung war.

3.7.2 Statistische Auswertung des sensorischen Vergleichs

Die Antworten der Konsument*innen wurden mit RStudio (RStudio-2023-06.0.421, Posit Software, Boston, USA) ausgewertet. Dazu wurden die Antworten in Zahlen umgewandelt. Dabei war jeweils die Antwort ganz links auf dem Fragebogen die Eins und dann wird von links nach rechts in 1er Schritten weitergemacht. Die umgewandelten Daten wurden daraufhin mit dem Wilcoxon-Test auf Unterschiede zwischen dem Fleisch aus dem Schlachthof und von der Hofötung untersucht. Zudem sind die Angaben zu Alter, Häufigkeit des Fleischkonsums und Wichtigkeit des Tierwohls für die Analyse mit Zahlen versehen worden. Beim Alter war Kategorie 1: 18 bis 30 Jahre, Kategorie 2; 31 bis 40 Jahre, Kategorie 3: 41 bis 50 Jahre und Kategorie 4: 51 bis 65 Jahre. Für die Häufigkeit des Fleischkonsums wurde mit Eins ein täglicher Konsum von Fleisch beschrieben. Bei mehrmaligem Konsum pro Woche wurde eine Zwei eingesetzt. Für einmal pro Woche Fleisch essen ist die Drei verwendet worden und für weniger als einmal pro Woche wurde die Vier eingesetzt. Wenn das Tierwohl den Testpersonen wichtig war, wurde eine Eins für diese Frage vergeben. Bei Personen, welchen das Tierwohl völlig egal ist, ist die Drei verwendet worden und für die, welche etwas dazwischen auswählten gab es die Nummer Zwei.

Danach wurden die Daten mit dem Spearman-Test auf einen Zusammenhang mit Alter, Häufigkeit des Fleischkonsums und Wichtigkeit des Tierwohls untersucht. Mit dem Wilcoxon-Test wurde zusätzlich analysiert, ob Männer und Frauen signifikant unterschiedlich geantwortet hatten.

4 Ergebnisse

Von den 20 Tieren, welche beim ersten Besuch im Schlachthof getötet wurden, konnte nicht bei allen ausreichend Blut für die Analysen entnommen werden, weil der Vorgang sehr schnell ablief. Da von den 20 Tieren lediglich 8 Stück analysiert wurden, konnte trotzdem noch eine Auswahl getroffen werden, welche Proben untersucht werden sollten. Für diese Entscheidung wurde möglichst gleichmässig Tiere von Anfang, Mitte und Ende zufällig bestimmt. So wurden die Tiere 2, 3, 6, 8, 12, 16, 19 und 20 für die weiteren Analysen ausgewählt. Dabei beschreibt die Nummer die Reihenfolge, in welcher die Tiere getötet wurden. Die Tiere haben in Tabelle 2 die Nummern 31, 32, 35, 37, 41, 45, 48, 49.

Beim zweiten Besuch im Schlachthof wurden die Daten von sieben Tieren erhoben. Dies waren die Tiere 1, 2, 3, 14, 16, 18 und 19. In Tabelle 2 sind dies die Tiere 65, 66, 67, 78, 80, 82 und 84.

Am 24.04.2023 wurde eine Hoftötung durchgeführt. Dabei ist jedoch die pH-Sonde kaputt gegangen. Daher wurde eine Hoftötung nachgeholt, um auf Daten von 15 Tieren zu kommen.

In den Tabellen 2 bis 5 sind die Ergebnisse der Verhaltensbeobachtung, der Blutparameter- und pH-Messungen aufgeführt. Die Tabellen 2 und 3 enthalten die Werte der beiden Besuche im Schlachthof. In den Tabellen 4 und 5 sind die Resultate der Hoftötungen aufgeführt.

Tabelle 2: Ergebnisse der Verhaltensbeobachtung, der Stressparameter- und pH-Messungen des Schlachthofs vom 06.03.2023 (Rohdaten siehe Anhang 3)

	Tier Nr.	31	32	35	37	41	45	48	49
Verhaltensbeobachtung	Kontakte mit Metallspitze	2		1	2		11	2	6
	Kontakte mit E-Treiber							1	
	Schreie		2	4		3			
	Umdrehen / Rückwärtsgehen			2			1		
Laktat [mmol/l]		3.9	5.1	9.3	14.7	3.3	4.7	4.6	6.1
Glukose [mg/dl]		70	89	103	107	96	n.a.	99	97
Cortisol [μg/dl]		3.02	4.53	2.47	3.52	1.89	6.55	2.7	8.48
pH 90¹	MS ³	6.39	6.21	6.44	6.5	6.59	6.87	6.47	n.a.
	Temperatur MS [°C]	25.7	25	24.7	21.6	24.8	16.4	19.4	n.a.
	LT ⁴	6.8	6.1	6.1	6.1	6.5	6.4	6.2	n.a.
	Temperatur LT [°C]	21	21	19.3	16.3	14.7	17	15	n.a.
pH 24²	MS ³	5.33	5.32	5.38	5.52	5.43	5.42	n.a.	n.a.
	Temperatur MS [°C]	7.1	6.2	6.8	6.9	6.7	6.8	n.a.	n.a.
	LT ⁴	5.63	5.38	5.47	5.56	5.47	5.58	n.a.	n.a.
	Temperatur LT [°C]	5.5	5.1	5.7	5.1	5.3	4.9	n.a.	n.a.

¹ pH-Wert 90 Minuten nach der Tötung n.a.

² pH-Wert 24 Stunden nach der Tötung

³ Musculus semimembranosus

⁴ Longissimus thoracis

Tabelle 3: Ergebnisse der Verhaltensbeobachtung, der Stressparameter- und pH-Messungen des Schlachthofs vom 17.04.2023 (Rohdaten siehe Anhang 3)

	Tier Nr.	65	66	67	78	80	82	84	Ø SH ⁵
Verhaltensbeobachtung	Kontakte mit Metallspitze	6		5	6	5	6	14	4.4
	Umdrehen / Rückwärtsgehen						1		0.07
	Schreie					4			0.87
	Anheben anderer Tiere						1		
Laktat [mmol/l]		5	10.1	12.3	4.3	8.1	7.9	3.9	6.9
Glukose [mg/dl]		100	112	134	147	150	190	99	106.2
Cortisol [µg/dl]		1.37	3.52	3.11	1.27	1.02	2.18	6.68	3.87
pH 90¹	MS ³	6.66	6.85	6.46	6.69	6.04	6.63	6.39	6.34
	Temperatur MS [°C]	26.7	18.8	20.9	22.3	25.2	20.4	23.6	19.7
	LT ⁴	6.36	6.33	6.25	6.66	6	5.98	6.56	6.52
	Temperatur LT [°C]	18.5	19	22.7	21.5	22	21.7	21.5	22.8
pH 24²	MS ³	5.32	5.39	5.38	5.34	5.43	5.33	5.39	5.42
	Temperatur MS [°C]	4.9	5.8	5.6	5.1	4.8	4.3	5.2	4.8
	LT ⁴	5.32	5.29	5.36	5.58	5.29	5.26	5.33	5.38
	Temperatur LT [°C]	4.8	4.9	4.8	4.3	4.4	4.3	3.7	5.9

¹ pH-Wert 90 Minuten nach der Tötung

³ Musculus semimembranosus

⁵ Schlachthof

² pH-Wert 24 Stunden nach der Tötung

⁴ Longissimus thoracis

Tabelle 4: Ergebnisse der Verhaltensbeobachtung, der Stressparameter- und pH-Messungen der Hoftötungen vom 13.03.2023 und 03.04.2023 (Rohdaten siehe Anhang 3)

	Tier Nr.	57	58	59	60	61	62	63	64
Verhaltensbeobachtung	Schreie			2			1		1
Laktat [mmol/l]		2.4	1.5	1.6	1.5	1.2	1.5	0.8	<0.5
Glukose [mg/dl]		77	79	80	93	70	84	99	88
Cortisol [μg/dl]		6.47	6.51	7.24	1.92	3.56	2.08	15.6	0.87
pH 90¹	MS ³	5.65	5.9	6.32	6.23	6.36	6.49	5.95	6.15
	Temperatur MS [°C]	29	28.4	30.9	26.6	23.7	30	29.2	26.7
	LT ⁴	5.78	6.23	6.36	6.11	6.46	6.13	6.49	6.18
	Temperatur LT [°C]	31.6	32.6	30.4	33.2	27.9	27.7	29.1	30.1
pH 24²	MS ³	5.47	5.46	5.49	5.48	5.1	5.35	5.3	5.31
	Temperatur MS [°C]	5.4	4.2	6.1	6.5	3.6	4.5	3	3.9
	LT ⁴	5.59	5.55	5.39	5.45	4.9	5.95	5.5	5.61
	Temperatur LT [°C]	3.7	3.7	5.4	3.9	1.5	2.8	3	3.6

¹ pH-Wert 90 Minuten nach der Tötung

² pH-Wert 24 Stunden nach der Tötung

³ Musculus semimembranosus

⁴ Longissimus thoracis

Tabelle 5: Ergebnisse der Verhaltensbeobachtung, der Stressparameter- und pH-Messungen der Hoftötungen vom 15.05.2023 und 22.05.2023 (siehe Anhang 3)

	Tier Nr.	90	91	92	93	94	95	96	Ø HT ⁵
Verhaltensbeobachtung	Schreie	1						2	0.5
Laktat [mmol/l]		1.7	1.5	2.1	1.6	0.5	0.5	1.9	1.4
Glukose [mg/dl]		83	101	137	93	86	100	89	90.6
Cortisol [µg/dl]		1.08	3.68	2.07	3.24	3.19	1.23	3.74	4.17
pH 90¹	MS ³	6.15	5.8	5.81	5.81	5.78	6.05	5.93	6.06
	Temperatur MS [°C]	29.7	31.3	35.7	27.9	31.8	25.5	24.2	30.2
	LT ⁴	6.03	6.12	5.86	5.78	5.9	5.38	6.07	6.03
	Temperatur LT [°C]	25.9	28	28.4	28.8	34.7	32.8	31.5	28.7
pH 24²	MS ³	5.31	5.31	5.27	5.32	5.35	5.38	5.35	5.51
	Temperatur MS [°C]	4.5	3.7	4.6	3.6	3.3	6.8	5.8	3.3
	LT ⁴	5.44	5.52	5.52	5.35	5.54	5.56	5.73	5.35
	Temperatur LT [°C]	1.8	2.1	2.1	3.31	2.2	4.8	5.4	4.6

¹ pH-Wert 90 Minuten nach der Tötung

² pH-Wert 24 Stunden nach der Tötung

³ Musculus semimembranosus

⁴ Longissimus thoracis

⁵ Hoftötungen

4.1 Verhaltensanalyse

4.1.1 Verhalten im Schlachthof

Beim ersten Besuch im Schlachthof vom 06.03.2023 wurden die Schweine um 04:05 Uhr mit dem LKW angeliefert. In der Wartebucht, in welche die Schweine nach der Ankunft getrieben wurden, gab es keine Kämpfe. Die Wartebucht befand sich gleich neben der Betäubungsanlage. Die Tiere schauten sich um und begannen um 04:41 Uhr sich hinzulegen. Um 04:27 Uhr (ca. 20 min nach Ankunft) liessen 10 von 20 Schweinen den Schwanz hängen. Die Berieselung mit Wasser lief von 04:22 Uhr bis 04:48 Uhr. Während dem Treiben von der Wartebucht zum Vorbereich der Betäubungsanlage um 04:56 Uhr wurden Paddel eingesetzt und vereinzelt Schweine gaben Schreie von sich. Beim Eintrieb in die Betäubungsanlage wurde ein Schwein einmal mit dem E-Treiber angetrieben. Zudem haben sich zwei Tiere umgedreht oder sind rückwärtsgelaufen. Die Daten zu den Einzeltierbeobachtungen können der Tabelle 2 entnommen werden.

Bei der zweiten begleiteten Tötung im Schlachthof vom 17.04.2023 wurden die Schweine um 03:40 Uhr aus dem LKW ausgeladen und in die Wartebucht getrieben. In der Wartebucht gab es wieder keine Kämpfe. Die Bucht befand sich ca. 10 Meter von der Betäubungsanlage entfernt. Die Tiere schauten sich wieder um und begannen sich ab 04:11 Uhr hinzulegen. Die Berieselung lief von 03:48 Uhr bis 04:17 Uhr. Um 04:02 Uhr (20 min nach Ankunft) liessen ein Viertel der Schweine den Schwanz hängen. Beim Treiben von der Wartebucht zum Vorbereich der Betäubungsanlage um 04:22 Uhr wurden wiederum Paddel eingesetzt. Dabei haben zwei Schweine geschrien. Während dem Schlachtvorgang, musste die Anlage einmal für ungefähr 20 Sekunden und danach nochmals für rund 40 Sekunden angehalten werden. Schwein 14 befand sich während dem zweiten Unterbruch bereits auf dem Brustbandrestrainer. Die Tiere 17 und 18 sind währenddessen rückwärts aus dem 3 Meter langen Gang, welcher in den Restraimer führt, zurückgelaufen in den Wartebereich davor zu den Tieren 19 und 20. Bei beiden Tötungen im Schlachthof wurde ein Schwein beim Eintrieb in die Betäubungsanlage durchschnittlich 0.87-mal angetrieben. Die Daten zu den Einzeltierbeobachtungen können der Tabelle 3 entnommen werden.

4.1.2 Verhalten bei der Hoftötung

Die Hoftötungen fanden am 13.03.2023, 03.04.2023, 15.05.2023 und 22.05.2023 statt. Die Schweine wurden bei den ersten beiden Tötungen rund 15 Minuten vor der Betäubung mittels leichter Berührungen mit der Schaufel in den Tötungsbereich eingetrieben. Beim dritten Termin wurden die Tiere 30 Minuten vorher eingesperrt und beim letzten Mal wurden die Schweine erst eine Minute vor der Tötung in den abgesperrten Bereich getrieben. Bei sämtlichen Hoftötungen waren die Schwänze der Tiere vor der Betäubung nach oben gerichtet (eingerollt). Bei der dritten Hoftötung war im zweiten Durchgang ein Schwein im Tötungsbereich, welches jedoch nicht geschlachtet wurde, das geschrien, andere Tiere angehoben hat und gerutscht ist. Im ersten Durchgang derselben Hoftötung hat nach der Entblutung des ersten Schweins ein Tier ausserhalb des abgesperrten Bereichs geschrien. Auch während des letzten Termins kam es zu Schreien ausserhalb des Tötungsbereichs. Das erste Mal war dies rund 10 Minuten vor der ersten Tötung. Das zweite Mal schrien die

Tiere 10 Minuten vor dem zweiten Durchgang. Die Schreie von Tieren, welche nicht geschlachtet wurden, sind für die statistischen Analysen nicht verwendet worden. Durchschnittlich habe die geschlachteten Tiere 0.5-mal pro Tier geschrien. Daten zu den Einzeltierbeobachtungen können den Tabellen 4 und 5 entnommen werden.

Die Anzahl Schreie der Tiere im Schlachthof unterscheiden sich nicht von den Werten der Hoftötungen (p-Wert = 0.96). Kontakte mit dem Treibmittel gab es ab der Einzeltierbeobachtung bei der Hoftötung keine. Im Schlachthof gab es Durchschnittlich 4.4 Berührungen mit der Metallspitze und 0.07 Berührungen mit dem E-Treiber pro Tier.

4.2 Daten zu Stressparametern im Stichblut

Die Laktatwerte der Schlachttiere, welche auf dem Hof getötet wurden, waren signifikant (p-Wert = 0.000002) tiefer als die Werte aus dem Schlachthof. Auch die Glukosewerte von den Hoftötungen sind signifikant (p-Wert = 0.003) tiefer als die Messungen aus dem Schlachthof. Die Cortisolwerte von den Hoftötungen unterscheiden sich jedoch nicht signifikant (p-Wert = 0.83) von den Daten aus dem Schlachthof.

Laktat- und Glukosewerte zeigen einen mittleren positiven Zusammenhang ($r = 0.48$, p-Wert = 0.009) (siehe Abbildung 5). Laktat und Cortisol korrelieren kaum ($r = -0.006$, p-Wert = 0.97). Glukose und Cortisol hingegen zeigen einen mittleren negativen Zusammenhang ($r = -0.37$, p-Wert = 0.05). Zwischen den Anzahl Schreien der Schweine und dem Laktatwert besteht nur ein schwacher Zusammenhang ($r = 0.1$, p-Wert = 0.64), dabei ist die Wahrscheinlichkeit jedoch gross, dass dieser Zusammenhang nur zufällig entstand. Die Korrelation zwischen den Kontakten mit der Metallspitze und den Laktatwerten ist stark ($r = 0.65$, p-Wert = 0.0001). Ein Zusammenhang zwischen Glukosewert und Anzahl Schreie ist mit 82 % Wahrscheinlichkeit nicht vorhanden ($r = -0.04$, p-Wert = 0.82). Jedoch besteht ein starker Zusammenhang ($r = 0.65$, p-Wert = 0.067) zwischen den Glukosedaten und den Kontakten mit der Metallspitze. Zwischen den Cortisolwerten und den Anzahl Schreien besteht ein mittlerer negativer Zusammenhang ($r = -0.22$, p-Wert = 0.25). Die Cortisolwerte korrelieren jedoch nicht mit den Anzahl Kontakten mit dem Treibmittel ($r = -0.07$, p-Wert = 0.71).

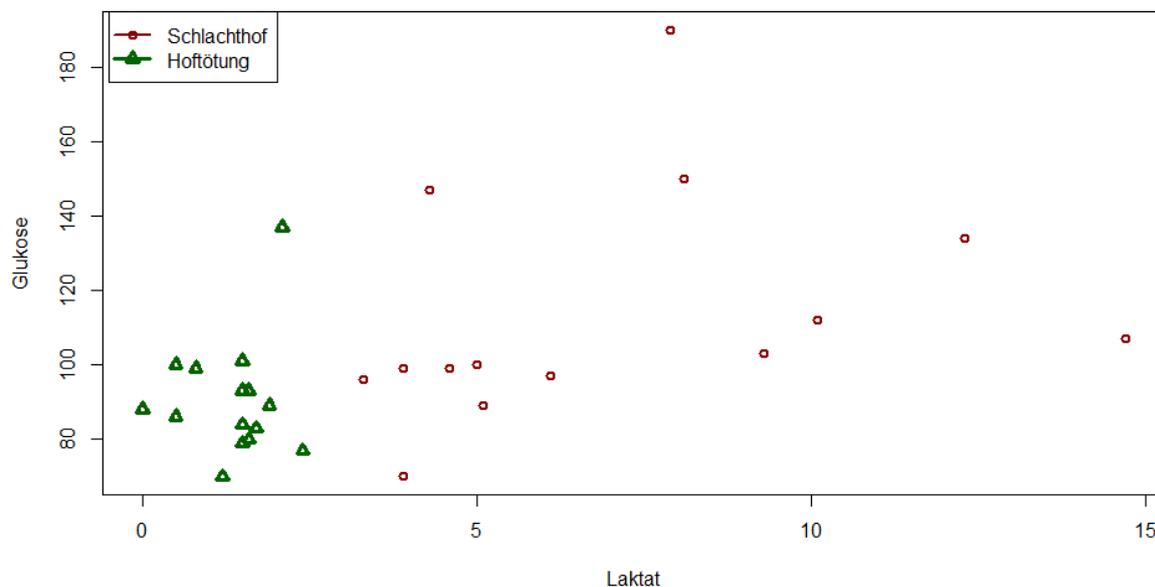


Abbildung 5: Laktat- und Glukosewerte vom Schlachthof und den Hofötungen

Das Schwein, welches im Schlachthof mit dem E-Treiber getrieben wurde, wies weder besonders hohe Laktat- noch Glukose- oder Cortisolwerte auf (siehe Tabelle 2).

4.3 Daten zum pH-Wert

Beim ersten Versuch im Schlachthof konnte der Schlachtkörper des letzten Schweins im Kühlraum für die pH-Messung nicht mehr aufgefunden werden. Als der pH-Wert 24 Stunden nach der Tötung gemessen wurde, sind die letzten beiden Schweine nicht mehr auffindbar gewesen. Somit fehlen die pH-Daten zu diesen beiden Schweinen.

Der pH-Wert der Schweine aus dem Schlachthof liegt bei den Messungen 90 Minuten nach der Tötung signifikant tiefer als die Werte der Schlachtkörper aus den Hofötungen (pH90 *Longissimus thoracis*: p-Wert = 0.006, pH90 *Musculus semimembranosus*: p-Wert = 0.000006). Die Messresultate 24 Stunden nach der Tötung weisen keine signifikanten Unterschiede auf (pH24 *Longissimus thoracis*: p-Wert = 0.13, pH24 *Musculus semimembranosus*: p-Wert = 0.15).

Der pH im Stotzen (*Musculus semimembranosus*) weist eine mittlere bis starke positive Korrelation (pH90: $r = 0.52$, p-Wert = 0.003, pH24: 0.32, p-Wert = 0.087) mit dem Laktatwert auf. Die pH-Werte im Rückenmuskel (*Longissimus thoracis*) weisen hohe p-Werte (pH90: $r = 0.14$, p-Wert = 0.45, pH24: $r = -0.21$, p-Wert = 0.27) auf, was ein Zusammenhang unwahrscheinlich macht. Zudem ist ein allfälliger Zusammenhang beim pH24 negativ.

Zwischen den Glukose- und den pH-Werten besteht mit grosser Wahrscheinlichkeit ebenfalls kein Zusammenhang (pH90 Rückenmuskel: $r = -0.17$, p-Wert = 0.36, pH24 Rückenmuskel: $r = -0.22$, p-Wert = 0.24, pH90 Stotzen: $r = 0.02$, p-Wert = 0.91, pH24 Stotzen: $r = -0.05$, p-Wert = 0.78).

Der pH90 im Rückenmuskel korreliert mit dem Cortisolwert ($r = 0.27$, $p\text{-Wert} = 0.17$). Auch mit dem pH24 des Rückenmuskels korreliert die Cortisol Konzentration leicht, jedoch negativ ($r = -0.19$, $p\text{-Wert} 0.34$). Mit den pH-Werten im Stotzen korreliert das Cortisol nicht (pH9: $r = 0.04$, $p\text{-Wert} = 0.99$, pH24: $r = 0.09$, $p\text{-Wert} = 0.65$).

Sämtliche Werte sowie die genaue Vorgehensweise sind im R-Code im Anhang 4 ausgewiesen.

4.4 Sensorischer Vergleich

Das meistgenannte Alter der Teilnehmer*innen der Verkostung war zwischen 18 und 30 Jahren. Dem Grossteil ist das Tierwohl sehr wichtig und sie verspeisen mehrmals pro Woche Fleisch. Insgesamt nahmen 18 Männer und 26 Frauen am Test teil. Die Antworten der Fragebögen weisen in keinem Bereich signifikante Unterschiede zwischen dem Fleisch aus der Hoftötung und jenem aus dem Schlachthof auf. Die p-Werte können dem R-Code im Anhang 5 entnommen werden. Die in Zahlen umgewandelten Rohdaten sind im Anhang 6 ersichtlich. Bei den Kommentaren wurde das Fleisch der Hoftötung jedoch als geschmackvoller und weniger säuerlich beschrieben (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Anzahl Nennungen von Attributen zum Fleisch aus den Fragebögen, dabei ist "Geschmackvoller" auf mehr oder besseren Geschmack als das andere Fleisch bezogen

	Säuerlich	Geschmackarm	Geschmackvoller	Süsslich
Schlachthof	10	10	3	1
Hoftötung	6	6	6	

5 Diskussion

Das Ziel der Untersuchung war es, den Unterschied bezüglich Stressbelastung bei der Tötung von Mastschweinen auf dem Hof oder im Grossschlachthof aufzuzeigen. Zudem sollte ein allfälliger Unterschied in der Fleischqualität über pH-Messungen und Sensorik eruiert werden. Dabei wurde im Rahmen des FiBL-Projektes «Hoftötung von Schweinen und Kleinwiederkäuern» die bisher bekannten Grundlagen zum Thema in der Literatur zusammengetragen und neue Erkenntnisse durch einen Praxisversuch gewonnen.

5.1 Verhaltensbeobachtungen

Generell ist zu erwähnen, dass die Atmosphäre im Schlachthof viel angespannter wirkt als bei der Hoftötung. Denn die Temperatur ist stets sehr hoch (geschätzt ca. 25°C). Zudem kommen schreiende Artgenossen der Schweine in anderen Buchten hinzu und die Tiere werden um rund 02:30 Uhr in der Nacht verladen, wenn sie üblicherweise am Schlafen sind. Aber auch das Treiben der Schweine hat stressig gewirkt durch einzelne Schreie und Erstarren der Tiere. Dazu kommt, dass es im Schlachthof vergleichsmässig laut war. Auch die Schreie der Tiere waren lauter und länger anhaltend als auf dem Hof. Diese wurden auch als Reaktion auf das Treiben mit der Metallspitze oder dem E-Treiber wahrgenommen. Bei der Hoftötung wirkte es eher so, dass die Schweine bei Rangeleien um Brot oder dem Versuch den Tötungsbereich zu verlassen aufschrien. Zudem sind die Tiere zum Teil von selbst aufgestanden und in den Aussenbereich gelaufen. Ein aktives Treiben der Tiere war kaum nötig und durch die Brotfütterung wirkten sie völlig abgelenkt. Bei den letzten beiden Hoftötungen sind die Schweine nach dem Töten des ersten Tieres für einige Sekunden etwas nervös geworden, sie haben sich nicht mehr auf das Brot fokussiert, sondern drückten die Schnauze zwischen den Gitterstäben hindurch und bewegten sich hektisch.

Wenn die Schweine nicht komplett ruhig mit gesenktem Kopf stehen bleiben, besteht die Gefahr, beim Ansetzen der Elektrozange abzurutschen oder das Tier nicht optimal zu treffen. Daher wurde ab der 3. Hoftötung Spelzen angeboten, welche die Schweine dazu animieren sollten, den Kopf ruhig nach unten gerichtet zu halten.

Beim 2. Mal im Schlachthof sind die Tiere 17 und 18 wieder rückwärts aus dem Eingang zum Restrainer gelaufen. Dies hatte zur Folge, dass sie sich mit den letzten beiden Tieren vermischten und die bereits notierten Beobachtungen nicht mehr dem richtigen Schwein zugeordnet werden konnte. Daher ist es möglich, dass die Tiere 19 und 20 mehr getrieben wurden und Laute von sich gegeben haben, als ihnen auf dem Protokoll zugeteilt wurde.

Ein Viertel bis die Hälfte der Schweine im Schlachthof liessen den Schwanz in der Wartebucht hängen. Dies ist gemäss Reimert et al. (2013) ein Anzeichen für Stress oder eine angespannte Umgebung. Die Tiere, welche auf dem Hof getötet wurden, hatten den Schwanz stets nach oben gerichtet. Dies deutet auf positive Emotionen der Schweine hin. Somit zeigt auch dieses Verhalten mehr Stress im Schlachthof.

Die Schreie der Tiere vom Schlachthof und von der Hoftötung unterscheiden sich nicht signifikant. Dabei ist noch zu erwähnen, dass Bellen nicht berücksichtigt wurde, aber als

Stressanzeiger dienen kann (Brown, 2009). Während den Beobachtungen der Tiere wurde kaum ein Bellen wahrgenommen. Die Tiere im Schlachthof wurden mit Metallspitze und E-Treiber angetrieben. Zudem sind die Schweine bei der Ankunft tätowiert worden. Bei der Hoftötung entfielen diese stressverursachenden Parameter (Merlot et al., 2011).

Zudem ist zu erwähnen, dass die Methode der Verhaltensbeobachtung, wie sie im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurde, sich nur bedingt für den Vergleich der Hoftötung und der Tötung im Schlachthof eignet. Ein Grund dafür ist, dass die Beobachtung durch eine Person durchgeführt wurde, welche sich im Umgang mit Schweinen nicht besonders auskennt. Dadurch konnten auch nur die Parameter strikt nach Protokoll beurteilt werden. So wurden Aspekte wie nervöses Zittern nicht berücksichtigt. Weiter eignet sich das Protokoll zwar für die Verhaltensbeobachtung im Schlachthof. Jedoch ist der Vorgang bei der Hoftötung ganz anders, da die Tiere nicht getrieben werden. Somit können auch nicht die gleichen Verhaltensweisen beobachtet werden. Die Beobachtung im Schlachthof ist ausserdem durch den schnellen Prozess nicht einfach. Weitere Gründe dafür sind, dass die Tiere in einer Reihe stehen und auf deren Bewegungen geachtet werden muss, weiter hinten werden die Tiere jedoch bereits wieder angetrieben und dies muss alles festgehalten werden.

5.2 Blutparameter

Sowohl die Laktat- als auch die Glukose- und Cortisolwerte haben signifikant höhere Werte bei den Messungen im Schlachthof ergeben, was gemäss Wullinger-Reber (2019) auf erhöhte Stressbelastung schliessen lässt. Die Gründe dafür können wie bereits im Theorieteil erwähnt Transport, ungewohnte Umgebung, Lärm, Wärme, Treiben und Schreie anderer Schweine sein (Moberg & Mench, 2000). Die Laktatwerte zeigen sehr deutlich, dass alle im Schlachthof gemessenen Werte über den Werten der Hoftötung liegen. Dennoch wurde bei den Schweinen, welche im Schlachthof getötet wurden, auch Glukosewerte gemessen, welche auf demselben Niveau wie die der Hoftötungen sind. Beim zweiten Besuch im Schlachthof waren die Resultate der Glukosemessungen signifikant höher (p -Wert = 0.01) als beim 1. Mal. Verantwortlich dafür könnten die beiden Unterbrüche während dem Tötungsvorgang sein. Die Laktatwerte müssten in diesem Fall jedoch auch erhöht sein. Diese unterscheiden sich jedoch nicht. An der Fütterung sollte es auch nicht gelegen haben, denn die Tiere wurden beide Male gleich gefüttert. Das Gerät zur Messung sollte zuverlässig funktioniert haben. Denn Pleus et al. (2020) haben aber in einem Versuch das verwendete Gerät als genauestes unter 15 Glukosemessgeräten evaluiert. Dabei lagen 95 % der Messpunkte innerhalb von ± 7.7 mg/dl. Zudem wurde die zweite Tötung im Schlachthof als lauter empfunden. Zwar nicht in Bezug auf die Anzahl Schreie der Versuchstiere, sondern in Bezug auf die anderen Tiere, welche dort waren.

Laktat und Glukose korrelieren positiv miteinander. Gemäss Barnett et al. (1984) sollten Glukose- und Cortisolwerte ebenfalls positiv miteinander korrelieren. Dies ist jedoch nicht der Fall. Wie Wimmers et al. (2002) schreiben, kann der Grund dass die Daten nicht korrelieren daran liegen, dass die Cortisolwerte bereits nach 80 Minuten nach dem Transport nicht mehr erhöht sind. Zudem kann es bis zu 15 Minuten dauern, bis die Werte

ansteigen (Merlot et al., 2011). Die Studie von Merlot et al. (2011) zeigt weiter, dass sich die Cortisolkonzentration bei Schweinen bereits nach 60 Minuten Normalisieren kann. Da die Tiere im Schlachthof jeweils rund 40 bis 50 Minuten Ausruhezeit inklusive Berieselung mit Wasser erhielten, kann dadurch der Cortisollevel wieder auf Normalwerte gesunken sein. Zudem war die Tötung der Tiere ab dem Beginn des Eintriebs in die Betäubungsanlage beim ersten Besuch bereits nach sieben Minuten abgeschlossen. Daher kann es sein, dass die Cortisolwerte noch gar nicht ansteigen konnten in dieser kurzen Zeit. Beim zweiten Besuch im Schlachthof waren die Tiere rund 10 Minuten nach Beginn des Eintriebs getötet. Dabei gibt es jedoch keinen Unterschied bezüglich Cortisolwerte (p -Wert = 0.28) beim ersten und zweiten Mal. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass gemäss Nerbas (2008) empfohlen wird, die Blutproben sofort nach der Entnahme zu zentrifugieren oder diese direkt zu kühlen und innerhalb einer Stunde zu zentrifugieren. Im vorliegenden Praxisversuch wurden die Blutproben nach der Entnahme gekühlt und nach der pH90 Messung ins Labor gefahren zur Zentrifugation. Die pH90 Messungen haben im Schlachthof um mindestens eine Stunde länger gedauert als bei der Hoftötung. Zusätzlich dauerte der Weg vom Schlachthof zum Labor rund 30 Minuten länger. Daher sind die Proben aus dem Schlachthof jeweils rund 1.5 bis 2 Stunden später als die Proben der Hoftötungen zentrifugiert worden.

5.3 pH-Messungen

Die Messwerte des pH90 liegen im Schlachthof im normalen Bereich. Bei der Hoftötung befinden sich die Werte von vier Schweinen leicht unter 5.8. Die Gefahr, dass es PSE-Fleisch gibt, besteht, wenn der pH-Wert innert 45 Minuten auf unter 5.8 fällt (Schellander et al., 2010). Dabei ist jedoch zu beachten, dass der gemessene pH-Wert nicht 45 Minuten, sondern 90 Minuten nach der Tötung gemessen wurde. Zudem ist der pH-Wert abhängig von der Temperatur (Dueck et al., 2004). Die Temperaturen des pH90 der Hoftötungen sind signifikant höher (p -Wert = <0.0001) als diejenigen der Messungen aus dem Schlachthof. Dies könnte die Unterschiede bezüglich pH90 zwischen der Hoftötung und dem Schlachthof erklären.

Die pH24 Werte der beiden Tötungsverfahren unterscheiden sich nicht signifikant (Rückenmuskel: p -Wert = 0.15, Stotzen p -Wert = 0.13). Auch die Temperaturen unterscheiden sich bei den pH24-Messungen nicht signifikant (p -Wert = 0.99). Dies weist darauf hin, dass kein Unterschied in der Fleischqualität zwischen der Hoftötung und dem Schlachthof nachgewiesen werden kann. Ein möglicher Grund, dass kein Unterschied aufgezeigt werden konnte, obwohl die Tiere im Schlachthof deutlich gestresster waren, kann die Zucht sein (Barbut et al., 2008). Denn gemäss SUISAG sollen die Edelschweine mittlerweile so gezüchtet sein, dass das PSE verursachende Gen bereits nicht mehr in den Schweinen vorkommt («SUISAG: Qualität von Schweinefleisch», 2010). In den Schlachthöfen soll der PSE-Anteil beim Schweinefleisch unter 1 % liegen. Dies kann erklären, wieso trotz Stressbelastung kein rascher pH-Abfall gemessen wurde.

5.4 Sensorik

Beim sensorischen Vergleich des Fleisches der beiden Tötungsarten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Dies lässt darauf schliessen, dass ungeschulte Konsument*innen keinen Unterschied zwischen Fleisch von der Hoftötung und Fleisch aus dem Schlachthof sensorisch wahrnehmen können. Zudem bestätigt dies die Daten der pH-Messungen. Da nach 90 Minuten kein Abfall des pH-Wertes unter 5.8 gemessen werden konnte und nach 24 Stunden der pH-Wert keinen Unterschied vom Schlachthof zur Hoftötung aufweist, ist davon auszugehen, dass das Fleisch qualitativ keine Differenzen aufweist.

Zur Verkostung ist jedoch zu erwähnen, dass die Testpersonen nicht repräsentativ für die Schweizer Bevölkerung waren. Denn der Median lag bei 18 bis 30 Jahren und das Medianalter der Schweizer liegt bei den Männern bei 41.8 Jahren und bei den Frauen bei 43.8 Jahren, was einiges darüber ist (Bundesamt für Statistik, 2022). Zudem ist der Anteil Männer und Frauen an der Bevölkerung ausgeglichen. Unter den Teilnehmer*innen der Verkostung waren über 60% weiblich.

Weiter kann gesagt werden, dass bei der Testgruppe 3 das Fleisch der Hoftötung etwas dicker geschnitten und kräftiger angebraten war. Dies verzerrt den Unterschied der beiden Fleischstücke zusätzlich. Die Gruppe der Tester*innen war zudem auch sehr klein. Für Konsumententests sollten rund 60 Personen befragt werden.

5.5 Nicht berücksichtigte Faktoren

Das Alter und Gewicht hat einen Einfluss auf die Cortisol und Laktatwerte (Wimmers et al., 2002). Das Alter der Tiere ist unbekannt und das Gewicht der Schlachtkörper variiert zwischen 85 bis 105 kg. Diese Parameter wurden jedoch nicht genauer untersucht. Die Tiere im Schlachthof werden bei wenig Licht geschlachtet. Die Hoftötung findet im Freien je nach Jahreszeit mit viel oder wenig Licht statt. Zudem wurde im Schlachthof mehrfach erwähnt, dass je nach Tag und Gruppe mehr oder weniger getrieben werden muss.

5.6 Empfehlung für weiteres Vorgehen

Bei einem nächsten Versuch würde es sich anbieten, eine grössere Anzahl Tiere zu beproben. Denn für die Beurteilung von Rückwärtsgehen, Rutschen, Fallen und weiteren Parametern waren es zu wenige Daten. Dabei sollte auch an mehr verschiedenen Tagen Daten im Schlachthof erhoben werden. Weiter wäre die Dokumentation der Lautstärke im Umfeld der Schlachttiere im Zusammenhang mit den gemessenen Blutparametern interessant. Zudem sollten die Verhaltensbeobachtung bereits beim Eintrieb in die Tötungsbucht bei der Hoftötung und ab dem Auslad aus dem LKW im Schlachthof erfolgen, da sonst viele Einflüsse auf die Schweine verpasst werden. Jedoch ist eine Einzeltierbeobachtung ohne Markierung der Schweine sehr schwierig. Die Markierung der Schweine kann jedoch zusätzlichen Stress auslösen. Daher wäre die Beobachtung der Schweine über Kameras und mit selbst auswertender Software eine weitere Verbesserung. Es sollten weitere Nachforschungen angestellt werden, ob sich die Analyse von Cortisol im Stichblut tatsächlich für die Beurteilung von Stress bei Mastschweinen eignet. Dabei sollte

untersucht werden, ob die Messwerte unterschiedlich sind, wenn die Blutproben gleich nach der Entnahme zentrifugiert werden oder noch gekühlt ins Labor transportiert werden.

Der Sensorische Teil könnte mit geschulten Testpersonen durchgeführt werden, welche allenfalls auch kleinere Unterschiede erkennen können. Dabei wäre jedoch wichtig, das Fleisch bei einer nächsten Verkostung gleichmässiger zu portionieren (Dicke der Plätzli) und auch gleichmässiger anzubraten. Das Erheben von Tropfsaftverlust und Scherkraft würde sich zusätzlich anbieten, um die Beurteilung der Fleischqualität zu vervollständigen.

6 Literaturverzeichnis

- Barbut, S., Sosnicki, A. A., Lonergan, S. M., Knapp, T., Ciobanu, D. C., Gatcliffe, L. J., Huff-Lonergan, E., & Wilson, E. W. (2008). Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, *79*(1), 46–63. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.031>
- Barnett, J. L., Cronin, G. M., Hemsworth, P. H., & Winfield, C. G. (1984). The welfare of confined sows: Physiological, behavioural and production responses to contrasting housing systems and handler attitudes. *Animal Research Institute, Departement of Agriculture Werribee, Victoria, Australia*, *15*(2), 217–226.
- Bickhardt, K. (1992). *Kompendium der allgemeinen inneren Medizin und Pathophysiologie für Tierärzte*. Parey.
- Brown, J. (2009). *Effects of temperament and handling experience on the stress response and meat quality of pigs* [Doctor of Philosophy]. The University of Guelph.
- Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS), Pub. L. No. 455.110.2 (2022). <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2021/694/de>
- Bundesamt für Statistik. (2022, August 25). *Medianalter der ständigen Wohnbevölkerung—1971-2021 | Diagramm*. Bundesamt für Statistik. <https://www.bfs.admin.ch/asset/de/23104145>
- Bushong, D. M., Friend, T. H., & Knabe, D. A. (2000). Salivary and plasma cortisol response to adrenocorticotropin administration in pigs. *Laboratory Animals*, *34*(2), 171–181. <https://doi.org/10.1258/002367700780457482>
- Corbeil, J. (2014). *Mikrobiologischer Status von Nebenprodukten der Schlachtung beim Schwein unter Berücksichtigung des Marktordnungsrechtes* [Veterinärmedizin]. Tierärztliche Fakultät des Ludwig-Maximilian-Universität München.
- Dueck, M. H., Paul, M., Wiesner, R. H., & Boerner, U. (2004). Warum liegt der pH-Wert des Blutes bei 7,40?: Zur Theorie des Säure-Basen-Haushalts. *Der Anaesthetist*, *53*(11), 1046–1053. <https://doi.org/10.1007/s00101-004-0757-2>

- Heinritzi, K., Gindele, H. R., Reiner, G., & Schnurrbusch, U. (Hrsg.). (2006). *Schweinekrankheiten* (1. Aufl.). Ulmer.
- Holinger, M., Früh, B., & Herrle, J. (2013). *Ebermast im Biobetrieb—Tiergerechte Alternative zur Kastration*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL.
- Hostettler, S. (2022, Oktober 21). Wenige 100 Tiere werden aktuell in der Schweiz auf dem Hof getötet. *Bauernzeitung*. <https://www.bauernzeitung.ch/artikel/tiere/wenige-100-tiere-werden-aktuell-in-der-schweiz-hofgetoetet-445470>
- Hürlimann, F. (2020, Mai 20). Durchbruch für die Hof- und Weidetötung. *VIER PFOTEN in der Schweiz - Stiftung für Tierschutz*. <https://www.vier-pfoten.ch/unseregeschichten/medien/medienmitteilungen/2020/mai-2020/durchbruch-fuer-die-hof-und-weidetoetung>
- Jannasch, C. (2014). *Klinische Untersuchungen, Blutparameter und Erregerausscheidung von splenektomierten und nicht-splenektomierten Schweinen nach experimenteller Infektion mit Mycoplasma suis* [Veterinärmedizin]. Tierärztliche Fakultät des Ludwig-Maximilian-Universität München.
- Janssens, C. J. J. G., Helmond, F. A., & Weigant, V. M. (1994). The effect of chronic stress on plasma cortisol concentrations in cyclic female pigs depends on the time of day. *Domestic Animal Endocrinology*, 12(2), 167–177. [https://doi.org/10.1016/0739-7240\(94\)00018-V](https://doi.org/10.1016/0739-7240(94)00018-V)
- Jenni, A. (2023, März 7). *FiBL - Hofötung von Schweinen und Kleinwiederkäuern*. FiBL. <https://www.fibl.org/de/themen/projekt Datenbank/projektitem/project/2206>
- Kirsch, K. (1996). Leistungsphysiologie. In *Lehrbuch der Physiologie* (S. 518–537). Thieme Verlag.
- Kitzer, R., & Rauch, E. (2021). *Abschlussbericht: Rinderschlachtung* [Abschlussbericht]. HBLFA Raumberg-Gumpenstein.
- Kixmüller, M. (2004). *Labordiagnostische Referenzbereiche bei unterschiedlichen Schweinerassen sowie histopathologische und immunhistochemische Untersuchung von Gehirnen älterer Sauen und Eber auf transmissible Spongiforme*

Enzephalopathie im Rahmen der TSE-Studie [Veterinärmedizin]. Tierärztliche Fakultät des Ludwig-Maximilians-Universität München.

- Knowles, T. G., Warriss, P. D., & Vogel, K. (2014). Stress physiology of animals during transport. In *Livestock handling and transport* (4. Aufl., S. 399–420). CABI Publishing. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/epdf/10.1079/9781780643212.0399>
- Kremer, J. (2009). *Einfluss der Dauer der Nüchternzeit auf das Ergebnis im intravenösen Glukosetoleranztest beim weiblichen Jungrind* (S. 202 S.) [Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin]. <https://doi.org/10.17169/REFUBIUM-7472>
- Löffler, G., & Petrides, P. E. (2019). *Biochemie und Pathobiochemie* (7. Aufl.). Springer-Verlag.
- Lösel, D. (2006). *Versuche zur Verbesserung der sensorischen Fleischqualität beim Schwein durch nutritive Hemmung der Skatolbildung* [Agrarwissenschaften]. Institut für Tierhaltung und Tierzucht Universität Hohenheim.
- Merlot, E., Mounier, A. M., & Prunier, A. (2011). Endocrine response of gilts to various common stressors: A comparison of indicators and methods of analysis. *Elsevier*, 102, 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.11.009>
- Millet, S., Moons, C., Van Oeckel, M. J., & Janssens, G. (2005). Welfare, performance and meat quality of fattening pigs in alternative housing and management systems: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(5), 709–719. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2033>
- Moberg, G. P., & Mench, J. A. (Hrsg.). (2000). *The biology of animal stress: Basic principles and implications for animal welfare* (1. Aufl.). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851993591.0000>
- Nerbas, E. (2008). *Aktualisierung von Blutparametern beim Schwein* [Veterinärmedizin]. Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Pleus, S., Baumstark, A., Jendrike, N., Mende, J., Link, M., Zschornack, E., Haug, C., & Freckmann, G. (2020). System accuracy evaluation of 18 CE-marked current-

- generation blood glucose monitoring systems based on EN ISO 15197:2015. *BMJ Open Diabetes Research & Care*, 8(1). <https://doi.org/10.1136/bmjdr-2019-001067>
- Probst, J., & Spengler Neff, A. (2020). *Hof- und Weidetötung zur Fleischgewinnung* (Merkblatt Nr. 1094). Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL.
- Proviande Genossenschaft. (2021). *Der Fleischmarkt im Überblick 2021* [Statistischer Jahresbericht]. Proviande Genossenschaft.
<https://www.proviande.ch/sites/proviande/files/2020-05/Der%20Fleischmarkt%20im%20%C3%9Cberblick%20-%20Aktuelle%20Ausgabe.pdf>
- Reiche, A.-M., Oberson, J.-L., Silacci, P., Messadène-Chelali, J., Hess, H. D., Dohme-Meier, F., Dufey, P.-A., & Terlouw, E. M. C. (2019). Pre-slaughter stress and horn status influence physiology and meat quality of young bulls. *Meat Science*, 158.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107892>
- Reimert, I., Bolhuis, J. E., Kemp, B., & Rodenburg, T. B. (2013). Indicators of positive and negative emotions and emotional contagion in pigs. *Physiology & Behavior*, 109, 42–50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.11.002>
- Schellander, K., Große-Brinkhaus, C., & Phatsara, Ch. (2010). Qualität von tierischen Lebensmitteln – Tropfsaftverluste beim Schweinefleisch. *Verlag Eugen Ulmer*, 82(1), 57–65.
- Schultze, C. (2008). *Enrichment bei der Haltung von Mastschweinen* [Veterinärmedizin]. Tierärztliche Fakultät des Ludwig-Maximilian-Universität München.
- Schweizerische Eidgenossenschaft. (2020). *Hof- und Weidetötung im Herkunftsbestand zur Fleischgewinnung—Begriffserklärungen und Hinweise zur Bewilligungserteilung*. Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV.
- Schweizerischer Demeter-Verband. (2023). *Hoftötung: Die Würde des Tieres wahren*. Demeter Schweiz. <https://demeter.ch/hoftoetung/>
- Silverthorn, D. U., Johnson, B. R., Ober, W. C., Garrison, C. W., & Silverthorn, A. C. (2016). *Human physiology: An integrated approach* (7. Aufl.). Pearson.

- Sommer, H., Greuel, E., & Müller, W. (1991). *Hygiene der Rinder- und Schweineproduktion*. Ulmer.
- Spengler Neff, A., Probst, J., & Knösel, M. (2023). Hoftötung – weniger Stress, mehr Tierwohl. *Agrarforschung Schweiz*, 14, 90–95.
- Stamp Dawkins, M. (2006). A user's guide to animal welfare science. *Elsevier*, 21(2), 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.10.017>
- Strasser, M. (2022, Dezember 17). *Hof-Tötungen—Mehr Zeit für die Tiere auf dem letzten Weg*. Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). <https://www.srf.ch/news/schweiz/hof-toetungen-mehr-zeit-fuer-die-tiere-auf-dem-letzten-weg>
- SUISAG: Qualität von Schweinefleisch. (2010, März 19). *foodaktuell*. <https://www.foodaktuell.ch/2010/03/19/suisag-qualitaet-von-schweinefleisch/>
- Takei, Y., Ando, H., Tsutsui, K., Takei, Y., & Nihon-Hikaku-Naibunpi-Gakkai (Hrsg.). (2015). *Handbook of hormones: Comparative endocrinology for basic and clinical research* (1. Aufl.). Elsevier, Academic Press.
- Troeger, K. (2008). Tierschutzgerechtes Schlachten von Schweinen: Defizite und Lösungsansätze. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Großtiere / Nutztiere*, 36(1), 34–38. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1624596>
- van der Wal, P. G., Engel, B., van Essen, G., & Hulshof, H. G. (1985). Changes in blood acid-base characteristics, haemoglobin and lactate concentrations due to increasing moderate stress in pigs. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 34, 109–111.
- Warriss, P. D. (2000). *Meat science: An introductory text*. CABI Publishing.
- Weiss, C. (2015). *Stress- und Schmerzbelastung des Schweines bei Entnahme eines Tracheobronchialabstriches im Vergleich zum Nasentupfer und der Fixierung in der Oberkieferschlinge* [Veterinärmedizin]. Tierärztliche Fakultät des Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Wimmers, K., Ponsuksili, S., Krutmuang, P., Gymnich, S., Schellander, K., & Petersen, B. (2002). *Evaluierung der Nutzungsmöglichkeiten verschiedener Blutparameter zur retrospektiven Diagnose von Stress beim Schwein* (Forschungsbericht Nr. 94;

Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft, S. 53). Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

Wullinger-Reber, H. S. (2019). *Mobile Schlachtung von Schweinen aus Freilandhaltung—Tierschutz, Fleischqualität und Lebensmittelsicherheit* - [Veterinärmedizin].

Tierärztliche Fakultät des Ludwig-Maximilians-Universität München.

Anhang 1: Protokoll für die Tierbeobachtung

Protokoll Tierbeobachtung vor der Tötung

Zur Beobachtung von Schweinen bei der Hoftötung und im industriellen Grossschlachthof.

Beobachter*in: _____ Ort: _____

Einrichtungen am Tötungsort: _____

Datum: _____ Uhrzeit: von _____ bis _____

Anzahl Tiere: _____

Treibstrecke: _____ eingesetzte Treibhilfen: _____

Tier Nr.									
Zeit in									
Zeit aus									

Tier Nr.									
Kontakte mit Treibmittel									
Schreie									
Umdrehen (entgegen der Treibrichtung stellen)									
Tiere rutschen									
Tiere fallen									
Besteigungen von anderen Tieren									
Verlauf Zutrieb (Tiere pro Kategorie):									
Freiwillig	Läuft wenn getrieben			Sperrern			Muss geschoben werden		

Bemerkungen:

Anhang 2: Fragebogen für die Sensorik

Testgruppe

Datum:

Uhrzeit:

Degustation – Schweinefleisch aus Hoffötung/Tötung im Schlachthof

- Die Produkte müssen **EINZELN** und **NACHEINANDER** degustiert werden.
- Nachdem alle Fragen für ein Produkt beantwortet sind, dürfen Sie zum nächsten Produkt weitergehen.
- Rückkosten ist **nicht** erlaubt.

- Sie werden heute insgesamt **2 Produkte** degustieren.
- Es handelt sich dabei um Schweinsplätzli (Nierstück).

Bitte beginnen Sie zunächst OHNE zu degustieren.

1. Wie gerne haben Sie das Fleisch bezüglich der **Farbe**?

Sehr ungerne				Weder noch				Sehr gerne
--------------	--	--	--	------------	--	--	--	------------

2. Wie empfinden Sie persönlich die **Farbe des Fleisches**?

zu dunkel		gerade richtig		zu hell
-----------	--	----------------	--	---------

3. Wie gerne haben Sie das Fleisch bezüglich des **Geruchs**?

Sehr ungerne				Weder noch				Sehr gerne
--------------	--	--	--	------------	--	--	--	------------

Bitte degustieren Sie das Fleisch.

4. Wie gerne haben Sie das Fleisch **gesamthaft**?

Sehr ungerne				Weder noch				Sehr gerne
--------------	--	--	--	------------	--	--	--	------------

5. Wie empfinden Sie persönlich die **Konsistenz**?

Zu zäh		Gerade richtig		zu zart
--------	--	----------------	--	---------

6. Wie empfinden Sie persönlich die **Saftigkeit** des Fleisches?

zu trocken		gerade richtig		zu wässrig
------------	--	----------------	--	------------

7. Wie gerne haben Sie den **Geschmack des Fleisches**?

Sehr ungerne				Weder noch				Sehr gerne
--------------	--	--	--	------------	--	--	--	------------

8. Haben Sie Bemerkungen zum **Geschmack des Fleisches**?

Neutralisieren Sie zwischen den Proben mit Wasser.

Nun wird Ihnen die zweite Probe serviert.

Bitte beginnen Sie zunächst OHNE zu degustieren.

9. Wie gerne haben Sie das Fleisch bezüglich der **Farbe**?

Sehr ungerne				Weder noch				Sehr gerne
--------------	--	--	--	------------	--	--	--	------------

10. Wie empfinden Sie persönlich die **Farbe des Fleisches**?

zu dunkel		gerade richtig		zu hell
-----------	--	----------------	--	---------

11. Wie gerne haben Sie das Fleisch bezüglich des **Geruchs**?

Sehr ungerne				Weder noch				Sehr gerne
--------------	--	--	--	------------	--	--	--	------------

Bitte degustieren Sie das Fleisch.

12. Wie gerne haben Sie das Fleisch **gesamthaft**?

Sehr ungerne				Weder noch				Sehr gerne
--------------	--	--	--	------------	--	--	--	------------

13. Wie empfinden Sie persönlich die **Konsistenz**?

Zu zäh		Gerade richtig		zu zart
--------	--	----------------	--	---------

14. Wie empfinden Sie persönlich die **Saftigkeit** des Fleisches?

zu trocken		gerade richtig		zu wässrig
------------	--	----------------	--	------------

15. Wie gerne haben Sie den **Geschmack des Fleisches**?

Sehr ungerne				Weder noch				Sehr gerne
--------------	--	--	--	------------	--	--	--	------------

16. Haben Sie Bemerkungen zum **Geschmack des Fleisches**?

Fragen zur Person

Geschlecht

- weiblich
- männlich

Alter

- 18 – 30 Jahre
- 31 – 40 Jahre
- 41 – 50 Jahre
- 50 – 65 Jahre

Wie häufig essen Sie Fleisch?

- täglich
- mehrmals pro Woche
- einmal pro Woche
- weniger als einmal pro Woche

Wie wichtig ist Ihnen das Tierwohl

- sehr wichtig
- etwas dazwischen
- völlig egal

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!!!

Anhang 3: Rohdaten Ergebnisse

SchweinNr.	Datum	SHoderHT	Laktat	Glucose	Cortisol	pH90LT	T90LT	pH90MS	T90MS	pH24LT	T24LT	pH24MS	T24MS	Treiben	Schreie
31	06.03.2023	SH	3.9	70	3.02	6.8	21	6.39	25.7	5.63	5.5	5.33	7.1	2	0
32	06.03.2023	SH	5.1	89	4.53	6.12	21	6.21	25	5.38	5.1	5.32	6.2	0	2
35	06.03.2023	SH	9.3	103	2.47	6.14	19.3	6.44	24.7	5.47	5.7	5.38	6.8	1	4
37	06.03.2023	SH	14.7	107	3.52	6.19	16.3	6.5	21.6	5.56	5.1	5.52	6.9	2	0
41	06.03.2023	SH	3.3	96	1.89	6.56	14.7	6.59	24.8	5.47	5.3	5.43	6.7	0	3
45	06.03.2023	SH	4.7	0	6.55	6.43	17	6.87	16.4	5.58	4.9	5.42	6.8	11	0
48	06.03.2023	SH	4.6	99	2.70	6.23	15	6.47	19.4					2	0
49	06.03.2023	SH	6.1	97	8.48									6	0
57	13.03.2023	HT	2.4	77	6.47	5.78	31.6	5.65	29.0	5.59	3.7	5.47	5.4	0	0
58	13.03.2023	HT	1.5	79	6.51	6.23	32.6	5.9	28.4	5.55	3.7	5.46	4.2	0	0
59	13.03.2023	HT	1.6	80	7.24	6.36	30.4	6.32	30.9	5.39	5.4	5.49	6.1	0	2
60	13.03.2023	HT	1.5	93	1.92	6.11	33.2	6.23	26.6	5.45	3.9	5.48	6.5	0	0
61	03.04.2023	HT	1.2	70	3.56	6.46	27.9	6.36	23.7	4.9	1.5	5.1	3.6	0	0
62	03.04.2023	HT	1.5	84	2.08	6.13	27.7	6.49	30	5.95	2.8	5.35	4.5	0	1
63	03.04.2023	HT	0.8	99	15.60	6.49	29.1	5.95	29.2	5.5	3.0	5.3	3.0	0	0
64	03.04.2023	HT	0	88	0.87	6.18	30.1	6.15	26.7	5.61	3.6	5.31	3.9	0	1
65	17.04.2023	SH	5	100	1.37	6.36	18.5	6.66	26.7	5.32	4.8	5.32	4.9	6	0
66	17.04.2023	SH	10.1	112	3.52	6.33	19	6.85	18.8	5.29	4.9	5.39	5.8	0	0
67	17.04.2023	SH	12.3	134	3.11	6.25	22.7	6.46	20.9	5.36	4.8	5.38	5.6	5	0
78	17.04.2023	SH	4.3	147	1.27	6.66	21.5	6.69	22.3	5.58	4.3	5.34	5.1	6	0
80	17.04.2023	SH	8.1	150	1.02	6	22	6.04	25.2	5.29	4.4	5.43	4.8	5	4
82	17.04.2023	SH	7.9	190	2.18	5.98	21.7	6.63	20.4	5.26	4.3	5.33	4.3	6	0
84	17.04.2023	SH	3.9	99	6.68	6.56	21.5	6.39	23.6	5.33	3.7	5.39	5.2	14	0
90	15.05.2023	HT	1.7	83	1.08	6.03	25.9	6.15	29.7	5.44	1.8	5.31	4.5	0	1
91	15.05.2023	HT	1.5	101	3.68	6.12	28	5.8	31.3	5.52	2.1	5.31	3.7	0	0
92	15.05.2023	HT	2.1	137	2.07	5.86	28.4	5.81	35.7	5.52	2.1	5.27	4.6	0	0
93	15.05.2023	HT	1.6	93	3.24	5.78	28.8	5.81	27.9	5.35	3.1	5.32	3.6	0	0
94	15.05.2023	HT	0.5	86	3.19	5.9	34.7	5.78	31.8	5.54	2.2	5.35	3.3	0	0
95	22.05.2023	HT	0.5	100	1.23	5.38	32.8	6.05	25.5	5.56	4.8	5.38	6.8	0	0
96	22.05.2023	HT	1.9	89	3.74	6.07	31.5	5.93	24.2	5.73	5.4	5.35	5.8	0	2

Anhang 4: R-Code Auswertung Blutparameter und pH

```
library(tidyr)

library(readxl)

Daten <- read_excel("C:/Users/Pascal/OneDrive - ZHAW/Studium Umweltingenieurwesen/3.
Fächer/6. Sem/1. BA/Statistische Auswertung/Daten fuer Statistik.xlsx")

str(Daten)

#*****
#Laktat Vergleich SH - HT
#*****

DatenSH = subset(Daten, SHoderHT == "SH")

shapiro.test(DatenSH$Laktat)
#Daten sind nicht normalverteilt

mean(DatenSH$Laktat)

DatenHT = subset(Daten, SHoderHT == "HT")

shapiro.test(DatenHT$Laktat)
# Daten sind normalverteilt

mean(DatenHT$Laktat)

#leere Datensätze entfernen
laktatSH_ohne_na = subset(DatenSH, Laktat > 0)
laktatHT_ohne_na = subset(DatenHT, Laktat > 0)

wilcox.test(laktatSH_ohne_na$Laktat,laktatHT_ohne_na$Laktat, paired = FALSE,
            alternative = "greater")
```

#Laktat von HT ist hoch signifikant tiefer als SH, p-Wert: 0.000002

```
#*****
```

```
#Glucose Vergleich SH - HT
```

```
#*****
```

```
shapiro.test(DatenSH$Glucose)
```

```
# Daten sind nicht normalverteilt
```

```
mean(DatenSH$Glucose)
```

```
shapiro.test(DatenHT$Glucose)
```

```
#Daten sind nicht normalverteilt
```

```
mean(DatenHT$Glucose)
```

```
#leere Datensätze entfernen
```

```
glucoseSH_ohne_na = subset(DatenSH, Glucose > 0)
```

```
glucoseHT_ohne_na = subset(DatenHT, Glucose > 0)
```

```
wilcox.test(glucoseSH_ohne_na$Glucose,glucoseHT_ohne_na$Glucose, paired = FALSE,  
            alternative = "greater")
```

```
#Glucose von HT ist signifikant tiefer als SH, p-Wert: 0.003
```

```
#*****
```

```
#Cortisol Vergleich SH - HT
```

```
#*****
```

```
#leere Datensätze entfernen
```

```
cortisolSH_ohne_na = subset(DatenSH, Cortisol > 0)
```

```

cortisolHT_ohne_na = subset(DatenHT, Cortisol > 0)

mean(cortisolSH_ohne_na$Cortisol)
mean(cortisolHT_ohne_na$Cortisol)

shapiro.test(cortisolSH_ohne_na$Cortisol)
#gerade noch so normalverteilt, mache trotzdem Wilcoxon-Test

shapiro.test(cortisolHT_ohne_na$Cortisol)
#nicht normalverteilt

wilcox.test(cortisolSH_ohne_na$Cortisol,cortisolHT_ohne_na$Cortisol, paired = FALSE,
            alternative = "two.sided")
#p-Wert = 0.83 -> Cortisol zeigt keine Unterschiede zwischen SH und HT

#*****
#pH-Werte Vergleich SH - HT
#*****
pHSH = subset(DatenSH, pH24MS > 0)
pHHT = subset(DatenHT, pH24MS > 0)

mean(pHSH$pH90LT)
mean(pHSH$pH90MS)
mean(pHSH$pH24LT)
mean(pHSH$pH24MS)

mean(pHSH$T90LT)
mean(pHSH$T90MS)
mean(pHSH$T24LT)
mean(pHSH$T24MS)

```

```
mean(pHHT$pH90LT)
mean(pHHT$pH90MS)
mean(pHHT$pH24LT)
mean(pHHT$pH24MS)
```

```
mean(pHHT$T90LT)
mean(pHHT$T90MS)
mean(pHHT$T24LT)
mean(pHHT$T24MS)
```

```
shapiro.test(pHSH$pH90LT)
#Daten sind normalverteilt
```

```
shapiro.test(pHHT$pH90LT)
#Daten sind normalverteilt
```

```
var.test(pHSH$pH90LT,pHHT$pH90LT)
#Varianzen sind homogen
```

```
t.test(pHSH$pH90LT,pHHT$pH90LT, var.equal = TRUE, alternative = "greater")
#Der pH90LT bei den Hoftötungen liegt signifikant unter den Werten des SH
#p-Wert: 0.006
```

```
shapiro.test(pHSH$pH90MS)
#Daten sind normalverteilt
```

```
shapiro.test(pHHT$pH90MS)
#Daten sind normalverteilt
```

```
var.test(pHSH$pH90MS,pHHT$pH90MS)
#Varianzen sind homogen
```

```
t.test(pHSH$pH90MS,pHHT$pH90MS, var.equal = TRUE, alternative = "greater")
#Der pH90MS bei den Hofötungen liegt signifikant unter den Werten des SH
#p-Wert: 0.000006
```

```
shapiro.test(pHSH$pH24LT)
#Daten sind normalverteilt
```

```
shapiro.test(pHHT$pH24LT)
#Daten sind nicht normalverteilt
```

```
wilcox.test(pHSH$pH24LT, pHHT$pH24LT, paired = FALSE, alternative = "two.sided")
#Der pH24LT unterscheidet sich nicht signifikant
#p-Wert: 0.13
```

```
shapiro.test(pHSH$pH24MS)
#Daten sind normalverteilt
```

```
shapiro.test(pHHT$pH24MS)
#Daten sind normalverteilt
```

```
var.test(pHSH$pH24MS,pHHT$pH24MS)
#Varianzen sind homogen
```

```
t.test(pHSH$pH24MS,pHHT$pH24MS, var.equal = TRUE, alternative = "greater")
#Der pH24MS unterscheidet sich nicht signifikant
#p-Wert: 0.15
```

```
#####
#Temperaturen SH - HT vergleichen
```

```
#*****
```

```
shapiro.test(pHSH$T90LT)
```

```
shapiro.test(pHHT$T90LT)
```

```
var.test(pHSH$T90LT, pHHT$T90LT)
```

```
t.test(pHSH$T90LT, pHHT$T90LT, var.equal = TRUE, alternative = "less")
```

```
# p-Wert = 0.0000000001 -> Temp. von Hoftötung hoch signifikant höher
```

```
shapiro.test(pHSH$T90MS)
```

```
#Daten sind normalverteilt
```

```
shapiro.test(pHHT$T90MS)
```

```
#Daten sind normalverteilt
```

```
var.test(pHSH$T90MS, pHHT$T90MS)
```

```
t.test(pHSH$T90MS, pHHT$T90MS, var.equal = TRUE, alternative = "less")
```

```
# p-Wert = 0.00001 -> Temp. von Hoftötung hoch signifikant höher
```

```
shapiro.test(pHSH$T24LT)
```

```
#Daten sind normalverteilt
```

```
shapiro.test(pHHT$T24LT)
```

```
#Daten sind normalverteilt
```

```
var.test(pHSH$T24LT, pHHT$T24LT)
```

```
t.test(pHSH$T24LT, pHHT$T24LT, var.equal = TRUE, alternative = "less")
```

```
# p-Wert = 0.99 -> Temp. von Hoftötung und Schlachthof unterscheiden sich nicht
```

```
cor.test(tempSHLT90$T90LT, tempSHLT90$pH90LT, method = "spearman")
```

```
shapiro.test(pHSH$T24MS)
```

```
#Daten sind normalverteilt
```

```
shapiro.test(pHHT$T24MS)
```

```
#Daten sind normalverteilt
```

```
var.test(pHSH$T24MS, pHHT$T24MS)
```

```
t.test(pHSH$T24MS, pHHT$T24MS, var.equal = TRUE, alternative = "less")
```

```
# p-Wert = 0.99 -> Temp. von Hofötung und Schlachthof unterscheiden sich nicht
```

```
#####
```

```
#Verhalten Vergleich SH - HT
```

```
#####
```

```
shapiro.test(DatenSH$Schreie)
```

```
#nicht normalverteilt
```

```
shapiro.test(DatenHT$Schreie)
```

```
#nicht normalverteilt
```

```
wilcox.test(DatenSH$Schreie, DatenHT$Schreie, paired = FALSE)
```

```
#p-Value = 0.96 -> kein Unterschied
```

```
shapiro.test(DatenSH$Treiben)
```

```
#nicht normalverteilt
```

```
shapiro.test(DatenHT$Treiben)
```

```
#alle Daten = 0
```

```
wilcox.test(DatenSH$Treiben, DatenHT$Treiben, paired = FALSE)
```

```
#p-Value = 0.00006 -> signifikanter Unterschied
```

```
#####
```

```
#Zusammenhänge Temperatur und pH-Wert überprüfen
```

```
#####
```

```
cor.test(pHSH$T90LT, pHSH$pH90LT, method = "spearman")
```

```
#r = -0.28, p-Wert = 0.34
```

```
cor.test(pHSH$T90MS, pHSH$pH90MS, method = "spearman")
```

```
#r = -0.59, p-Wert = 0.03
```

```
cor.test(pHSH$T24LT, pHSH$pH24LT, method = "spearman")
```

```
#r = 0.50, p-Wert = 0.07
```

```
cor.test(pHSH$T24MS, pHSH$pH24MS, method = "spearman")
```

```
#r = 0.25, p-Wert = 0.40
```

```
#####
```

```
#Zusammenhänge Stressparameter im Blut
```

```
#####
```

```
Daten_fuer_cor = drop_na(Daten)
```

```
Daten_fuer_cor
```

```
glucose_fuer_plot = subset(Daten, Glucose > 0)
```

```
plot(glucose_fuer_plot$Laktat, glucose_fuer_plot$Glucose, col = "darkred", pch=1, lwd=2,  
xlab = "Laktat", ylab = "Glukose")
```

```
points(DatenHT$Laktat, DatenHT$Glucose, col = "darkgreen", pch=2, lwd=3)
legend(-0.5, 195, c("Schlachthof", "Hoftötung"), pch=c(1,2), lwd=c(2,3), col= c("darkred",
"darkgreen"))
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Laktat,Daten_fuer_cor$Glucose, method = "spearman")
# r = 0.48, p-Wert = 0.009 -> mittlerer positiver Zusammenhang
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Laktat, Daten_fuer_cor$Cortisol, method = "spearman")
#r = -0.006, p-Wert: 0.97 -> kein Zusammenhang zwischen Laktat und Cortisol
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Glucose, Daten_fuer_cor$Cortisol, method = "spearman")
#r = -0.37, p-Wert: 0.05 -> mittlerer Zusammenhang zwischen Glucose und Cortisol
```

```
#*****
```

```
#Zusammenhänge Stressparameter im Blut und Verhalten
```

```
#*****
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Laktat, Daten_fuer_cor$Schreie, method = "spearman")
# r = 0.10, p-Wert = 0.64 -> kein Zusammenhang zwischen Schreien und Laktat
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Laktat, Daten_fuer_cor$Treiben, method = "spearman")
# r = 0.65, p-Wert = 0.0001 -> starker Zusammenhang zwischen Treiben und Laktat
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Glucose, Daten_fuer_cor$Schreie, method = "spearman")
# r = -0.04, p-Wert = 0.82 -> kein Zusammenhang zwischen Schreien und Glukose
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Glucose, Daten_fuer_cor$Treiben, method = "spearman")
# r = 0.35, p-Wert = 0.067 -> mittlerer Zusammenhang zwischen Treiben und Glukose
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Cortisol, Daten_fuer_cor$Schreie, method = "spearman")
# r = -0.22, p-Wert = 0.25 -> mittlerer Zusammenhang zwischen Schreien und Cortisol
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Cortisol, Daten_fuer_cor$Treiben, method = "spearman")
# r = -0.07, p-wert = 0.71 -> kein Zusammenhang zwischen Schreien und Cortisol
```

```
#####
#Zusammenhänge Stressparameter im Blut und pH-Wert
#####
```

```
t.test(pHSH$pH90LT, pHSH$pH90MS, var.equal = TRUE)
#Daten von LT und MS sind zu unterschiedlich, um sie zusammenzufassen
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Laktat, Daten_fuer_cor$pH90LT)
# r = 0.14, p-Wert = 0.45 -> mittlerer Zusammenhang zwischen Laktat und pH90LT
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Laktat, Daten_fuer_cor$pH90MS)
# r = 0.52, p-Wert = 0.003 -> starker Zusammenhang zwischen Laktat und pH90MS
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Laktat, Daten_fuer_cor$pH24LT)
# r = -0.21, p-Wert = 0.27 -> mittlerer negativer Zusammenhang zwischen Laktat und pH24LT
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Laktat, Daten_fuer_cor$pH24MS)
# r = 0.32, p-Wert = 0.087 -> mittlerer Zusammenhang zwischen Laktat und pH24MS
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Glucose, Daten_fuer_cor$pH90LT)
# r = -0.17, p-Wert = 0.36 -> mittlerer negativer Zusammenhang zwischen pH90LT und Glukose
```

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Glucose, Daten_fuer_cor$pH90MS)
```

r = 0.02, p-Wert = 0.91 -> kein Zusammenhang zwischen pH90MS und Glukose

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Glucose, Daten_fuer_cor$pH24LT)
```

r = -0.22, p-Wert = 0.24 -> mittlerer negativer Zusammenhang zwischen pH24LT und Glukose

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Glucose, Daten_fuer_cor$pH24MS)
```

r = -0.05, p-Wert = 0.78 -> kein Zusammenhang zwischen pH90LT und Glukose

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Cortisol, Daten_fuer_cor$pH90LT)
```

r = 0.27, p-Wert = 0.17 -> mittlerer Zusammenhang zwischen pH90LT und Cortisol

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Cortisol, Daten_fuer_cor$pH90MS)
```

r = -0.19, p-Wert = 0.34 -> mittlerer Zusammenhang zwischen pH90LT und Cortisol

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Cortisol, Daten_fuer_cor$pH24LT)
```

r = 0.04, p-Wert = 0.99 -> kein Zusammenhang zwischen pH90LT und Cortisol

```
cor.test(Daten_fuer_cor$Cortisol, Daten_fuer_cor$pH24MS)
```

r = 0.09, p-Wert = 0.65 -> kein Zusammenhang zwischen pH90LT und Cortisol

```
#*****
```

```
#Unterschiede der Daten vom Schlachthof des 1. und 2. Besuch
```

```
#*****
```

```
SH1 = subset(Daten, SchweinNr. < 50 & Glucose > 0)
```

```
SH2 = subset(Daten, SchweinNr. > 64 & SchweinNr. < 85 & Glucose > 0)
```

```
wilcox.test(SH1$Laktat,SH2$Laktat, paired = FALSE)
```

p-Wert = 0.65 -> kein signifikanter Unterschied zwischen dem 1. und dem 2.

Besuch im Schlachthof bezüglich Laktat

```
wilcox.test(SH1$Glucose,SH2$Glucose, paired = FALSE)
```

```
# p-Wert = 0.01 -> signifikanter Unterschied zwischen dem 1. und dem 2.
```

```
# Besuch im Schlachthof bezüglich Glukose
```

```
wilcox.test(SH1$Cortisol,SH2$Cortisol, paired = FALSE)
```

```
# p-Wert = 0.028 -> kein signifikanter Unterschied zwischen dem 1. und dem 2.
```

```
# Besuch im Schlachthof bezüglich Cortisol
```

```
mean(SH1$Cortisol)
```

```
mean(SH2$Cortisol)
```

Anhang 5

```
library(readxl)
```

```
fragebogenSH <- read_excel("C:/Users/Pascal/OneDrive - ZHAW/Studium  
Umweltingenieurwesen/3. Fächer/6. Sem/1. BA/Statistische Auswertung/Rohdaten  
FragebogenSH.xlsx")
```

```
fragebogenHT <- read_excel("C:/Users/Pascal/OneDrive - ZHAW/Studium  
Umweltingenieurwesen/3. Fächer/6. Sem/1. BA/Statistische Auswertung/Rohdaten  
FragebogenHT.xlsx")
```

```
fragebogenHT
```

```
wilcox.test(fragebogenSH$Farbe1, fragebogenHT$Farbe1, paired = FALSE)
```

```
#p-Wert: 0.47 -> kein Unterschied
```

```
median(fragebogenSH$Farbe1)
```

```
wilcox.test(fragebogenSH$Farbe2, fragebogenHT$Farbe2, paired = FALSE)
```

```
#p-Wert: 0.22 -> kein Unterschied
```

```
median(fragebogenSH$Farbe2)
```

```
wilcox.test(fragebogenSH$Geruch, fragebogenHT$Geruch, paired = FALSE)
```

```
#p-Wert: 0.90 -> kein Unterschied
```

```
median(fragebogenSH$Geruch)
```

```
wilcox.test(fragebogenSH$gesamt, fragebogenHT$gesamt, paired = FALSE)
```

```
#p-Wert: 0.11 -> kein Unterschied
```

```
median(fragebogenSH$gesamt)
```

```
wilcox.test(fragebogenSH$Konsistenz, fragebogenHT$Konsistenz, paired = FALSE)
```

```
#p-Wert: 0.75 -> kein Unterschied
```

```
median(fragebogenSH$Konsistenz)
```

```
wilcox.test(fragebogenSH$Saftigkeit, fragebogenHT$Saftigkeit, paired = FALSE)
```

```
#p-Wert: 0.21 -> kein Unterschied
```

```
median(fragebogenSH$Saftigkeit)
```

```
wilcox.test(fragebogenSH$Geschmack, fragebogenHT$Geschmack, paired = FALSE)
```

```
#p-Wert: 0.20 -> kein Unterschied
```

```
median(fragebogenSH$Saftigkeit)
```

```
#####
```

```
#Einflüsse von Alter, Geschlecht, Fleischkonsum und Tierwohl
```

```
#####
```

```
cor.test(fragebogenSH$gesamt, fragebogenSH$Alter, method = "spearman")
```

```
# r = 0.026 -> kein Zusammenhang
```

```
median(fragebogenSH$Alter)
```

```
cor.test(fragebogenSH$gesamt, fragebogenSH$Tierwohl, method = "spearman")
```

```
# r = -0.26 -> kein Zusammenhang
```

```
median(fragebogenSH$Tierwohl)
```

```
cor.test(fragebogenSH$gesamt, fragebogenSH$Fleischkonsum, method = "spearman")
```

```
# r = 0.076 -> kein Zusammenhang
```

```
median(fragebogenSH$Fleischkonsum)
```

```
fragebogenSH_w = subset(fragebogenSH, Geschlecht == "w")
```

```
fragebogenSH_m = subset(fragebogenSH, Geschlecht == "m")
```

```
wilcox.test(fragebogenSH_w$gesamt, fragebogenSH_m$gesamt, paired = FALSE)
```

```
#p-Wert = 0.23 -> Frauen und Männer haben nicht signifikant unterschiedlich
```

```
#bewertet
```

Anhang 6: Rohdaten Sensorik

Schlachthof

	Testgruppe	Farbe1	Farbe2	Geruch	gesamt	Konsistenz	Saftigkeit	Geschmack	Geschlecht	Alter	Fleischkon:	Tierwohl	
1	1	6	4	5	6	4	3	6 m			4	2	1
2	1	4	4	6	6	2	2	5 m			2	2	1
3	1	9	3	6	4	2	2	3 w			1	2	1
4	1	7	3	8	7	2	3	6 w			3	2	1
5	1	4	4	7	6	4	4	6 m			1	3	2
6	1	3	5	3	3	2	3	4 m			4	2	2
7	1	7	4	3	5	3	4	8 m			3	2	1
8	1	5	4	3	4	3	3	4 w			1	2	2
9	1	7	4	5	4	2	4	3 w			1	3	2
10	1	8	3	6	8	3	3	7 m			3	2	2
11	1	8	4	4	4	3	3	7 w			4	3	1
12	1	9	3	8	8	3	3	8 w			1	2	1
13	1	5	3	7	5	3	2	5 w			2	3	1
14	1	4	4	2	4	2	5	4 w			1	2	2
15	1	5	4	3	3	2	3	3 w			1	2	2
16	1	4	4	4	5	3	5	6 w			1	2	2
17	1	6	4	4	4	2	2	5 w			1	3	1
18	1	5	4	6	4	2	2	3 m			1	2	2
19	1	7	3	6	6	3	3	6 m			1	2	2
20	1	6	4	7	6	4	2	5 w			1	2	2
21	1	7	4	3	6	2	3	7 m			1	1	2
22	1	7	3	7	5	2	2	6 w			1	1	1
23	1	7	4	8	7	2	3	8 w			1	2	1
24	1	4	3	6	5	3	3	5 w			1	3	1
25	1	7	4	9	7	3	4	8 w			1	2	1
26	1	7	2	3	6	2	3	6 m			2	3	1
27	2	4	5	4	3	2	2	4 w			3	3	1
28	2	2	3	7	6	2	3	5 m			1	2	1
29	3	5	3	8	8	2	2	7 m			3	3	1
30	3	8	3	4	8	3	2	8 w			1	4	1
31	3	6	3	6	8	3	3	8 m			4	2	1
32	3	5	4	8	7	3	3	7 w			1	2	1
33	3	6	4	7	7	3	2	7 w			2	2	2
34	3	5	4	8	6	2	3	5 w			1	2	1
35	3	8	4	8	7	3	3	6 w			2	2	1
36	4	5	3	5	7	3	3	7 w			2	4	1
37	4	8	3	8	8	3	3	8 m			3	2	1
38	4	9	3	9	9	3	2	8 m			2	3	2
39	4	5	4	5	5	2	2	5 m			4	2	1
40	4	5	3	5	5	2	2	5 w			3	4	1
41	4	7	4	9	6	2	2	6 m			1	2	1
42	4	9	3	9	9	3	3	9 m			1	2	1
43	4	8	3	8	8	3	3	8 w			1	3	1
44	4	9	3	8	9	3	3	7 w			1	4	1

Hoffötung

	Testgruppe	Farbe1	Farbe2	Geruch	gesamt	Konsistenz	Saftigkeit	Geschmack	Geschlecht	Alter	Fleischkon:	Tierwohl	
1	1	4	4	7	7	3	3	7	m		4	2	1
2	1	3	5	6	4	3	3	4	m		2	2	1
3	1	9	3	8	8	3	3	7	w		1	2	1
4	1	8	3	8	5	2	2	7	w		3	2	1
5	1	8	2	7	8	3	2	7	m		1	3	2
6	1	2	5	3	2	1	1	2	m		4	2	2
7	1	4	4	2	3	2	4	4	m		3	2	1
8	1	6	3	4	4	2	2	4	w		1	2	2
9	1	5	3	6	4	2	3	4	w		1	3	2
10	1	5	3	6	6	2	2	4	m		3	2	2
11	1	7	3	9	9	3	3	9	w		4	3	1
12	1	8	3	9	7	2	3	7	w		1	2	1
13	1	5	3	5	5	3	3	6	w		2	3	1
14	1	3	4	7	7	3	4	6	w		1	2	2
15	1	6	4	7	5	2	3	5	w		1	2	2
16	1	7	3	6	8	2	4	7	w		1	2	2
17	1	6	4	4	6	2	3	6	w		1	3	1
18	1	3	5	5	5	2	3	4	m		1	2	2
19	1	6	3	8	8	2	3	8	m		1	2	2
20	1	6	4	8	5	2	3	7	w		1	2	2
21	1	8	3	7	9	3	3	8	m		1	1	2
22	1	7	4	5	7	2	3	8	w		1	1	1
23	1	9	3	5	8	3	3	8	w		1	2	1
24	1	7	3	5	4	2	3	6	w		1	3	1
25	1	6	3	6	9	2	2	8	w		1	2	1
26	1	7	3	6	7	3	3	7	m		2	3	1
27	2	5	4	4	6	3	3	6	w		3	3	1
28	2	9	3	6	6	1	2	7	m		1	2	1
29	3	7	3	7	4	1	4	4	m		3	3	1
30	3	9	3	2	7	3	3	7	w		1	4	1
31	3	8	3	7	8	3	3	9	m		4	2	1
32	3	7	3	7	7	3	4	7	w		1	2	1
33	3	8	3	7	8	3	3	8	w		2	2	2
34	3	7	3	6	6	2	3	5	w		1	2	1
35	3	8	4	4	6	4	4	4	w		2	2	1
36	4	8	3	4	8	3	3	8	w		2	4	1
37	4	7	4	8	8	3	3	8	m		3	2	1
38	4	8	3	8	9	3	3	9	m		2	3	2
39	4	4	4	5	7	3	3	7	m		4	2	1
40	4	5	3	7	7	3	2	6	w		3	4	1
41	4	7	4	5	7	3	3	7	m		1	2	1
42	4	6	3	7	8	3	3	8	m		1	2	1
43	4	7	4	8	8	3	4	7	w		1	3	1
44	4	7	4	4	8	3	3	6	w		1	4	1