

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in
der Veterinärmedizin der Veterinärmedizinischen Universität Wien
(Departmentsprecher: Univ.-Prof. Dr. med. vet. Michael HESS)

Abteilung für Hygiene und Technologie von Lebensmitteln
(Interimistischer Leiter: Univ. Prof. Dr. M. Wagner)

**End-pH-Werte im Rückenmuskel von erlegten Gämsen und Einfluss der Lage der
Schusswunde**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

Vorgelegt von
Philipp Bruckner

Wien, im November 2020

Betreuer:

Ao. Univ. Prof. Dr. med. vet. Peter Paulsen

Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin der Veterinärmedizinischen Universität Wien. Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und öffentliches Gesundheitswesen, Abteilung für Hygiene und Technologie von Lebensmitteln

Gutachter/in:

Univ. Doz. Dr. Armin Deutz

Danksagung

Zu Beginn möchte ich zuerst einmal meinem Betreuer Ao. Univ.-Prof. Dr. med. vet. Peter Paulsen Dipl. ECVPH recht herzlich Danke sagen. Er hat mich immer unterstützt und hat schnellstmöglich auf jedes E-Mail zurückgeschrieben und ist auch bei jeder Frage sofort mit produktiven Antworten bereitgestanden. Genau diese Motivation meines Betreuers hat mich immer wieder motiviert weiter zu schreiben und diese Diplomarbeit zu einer gelungenen Arbeit werden zu lassen.

Weiters möchte ich auch noch meiner Projektkollegin, jetzt schon fertige Tierärztin Mag. Franziska Höhne, für ihre ständige Unterstützung vielmals danken. Gleichfalls hat sie dieses Projekt zu einem besonderen Abschnitt in meiner Studienzeit an der Veterinärmedizinischen Universität Wien gemacht.

An dieser Stelle möchte ich mich auch noch bei Herrn Josef Kainrath bedanken, der uns Zugang zu seinem Wildverarbeitungsbetrieb gewährt hat, um die nötigen Proben zu ziehen und für die kulinarische Verpflegung zu Mittag.

Danke möchte ich auch noch meiner Familie und Freunden sagen, die mich auf der ganzen Reise durch das Studium ständig unterstützt haben und immer mit voller Überzeugung hinter mir gestanden sind.

Vielen Dank euch allen!

Philipp Bruckner

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	1
1.1 Die Gams	2
1.2 Wildfleisch als hochwertiges Naturprodukt	4
1.3 Muskelphysiologie	6
1.4 Aerobe Energiegewinnung	7
1.5 Anaerobe Energiegewinnung	8
1.6 Muskelaufbau	8
1.6.1 Weiße Muskeln	9
1.6.2 Rote Muskeln	10
1.7 Kontraktion	10
1.8 Muskelaufbau beim Wildtier	11
1.9 pH-Wert	12
1.10 Studien zum pH-Wert Abfall bei Wildtieren	14
1.11 pH-Wert Absenkung und <i>rigor mortis</i>	15
1.12 Schusslage	16
1.13 Lagerung	17
1.14 Fleischtechnologische Mängel	18
1.14.1 PSE Fleisch (pale, soft, exsudative)	18
1.14.2 DFD Fleisch (dark, firm, dry)	19
1.14.3 Hampshire Effekt	20
2. Material und Methoden	21
2.1 Angaben zu den Tieren	21
2.2 Statistik	22
3. Ergebnisse	23
3.1 Allgemeine Angaben zu den Tierkörpern	23
3.2 Lage der Schusswunden	23
3.3 Temperatur des Rückenmuskels	24
3.4 pH-Wert	24
3.5 Fleischtechnologische Bedeutung der gemessenen End-pH-Werte	26
4. Diskussion	28
4.1 Lage der Schusswunden	28
4.2 Beurteilung der pH-Werte	29

4.3	Fleischtechnologische Bewertung	30
5.	Zusammenfassung und Summary	31
5.1	Zusammenfassung	31
5.2	Summary	32
6.	Literaturverzeichnis	33
7.	Abbildung-/Tabellenverzeichnis	39

1. Einleitung und Fragestellung

Für mich liegt die Faszination für das Gamswild darin, dass diese Wildart mit den härtesten Umweltbedingungen zurechtkommt und nur mehr in wenigen Regionen Europas vorkommt. Österreich spielt in diesem Zusammenhang für diese Wildart als Lebensraum eine wichtige Rolle, denn Österreich beherbergt die stabilsten Gamswildbestände in ganz Europa. Die Gamsjagd ist seit Jahrhunderten tief in der alpenländischen Kultur verankert und Gamsfleisch erfreut sich seit jeher großer Beliebtheit unter Feinschmeckern.

In unserer modernen Gesellschaft ist der Jäger nicht nur mehr derjenige, der das Wild erlegt, sondern wird auch immer mehr zum Lebensmittelvermarkter. Durch diese Veränderungen in der Wahrnehmung der Rolle des Jägers ergibt sich die Notwendigkeit, Kenntnisse, Qualifikationen und Wissen über diverse Fleischqualitätsparameter und fleischtechnologische Zusammenhänge in der Jägerschaft zu fördern.

Trotzdem gibt es immer noch relativ wenig Literatur und Daten über Zusammenhänge zwischen den Jagdmethoden und deren Auswirkung auf die Fleischqualität des Wildkörpers.

Bei der Jagd auf Gämsen ergeben sich oft weite Schussdistanzen, und damit kann sicher auch mit einer größeren Häufigkeit von nicht sofort tödlichen Schusswunden gerechnet werden. Bei verletzten bzw. flüchtenden Tieren wird Energie in der Muskulatur verbraucht, was sich in einem Energiemangel nach dem Tod und damit in einem erhöhten End-pH Wert im Fleisch äußern könnte.

In dieser Diplomarbeit werden einfach zu erhebende Parameter mit fleischhygienischer und fleischtechnologischer Relevanz in Gamswild-Tierkörpern bestimmt. Es wurden dabei die mit freiem Auge beurteilbare Lage der Schusskanäle durch den Wildkörper, ggf. sichtbare pathologische Veränderungen am Tierkörper und das ungefähre Lebensalter des Stückes beschrieben, sowie der pH-Wert im Rückenmuskel gemessen.

Die Arbeitshypothese war, dass ein Zusammenhang zwischen abdominalen (d.h. nicht sofort tödlichen) Schusswunden, chronischen Erkrankungen und pathologischen Veränderungen am Tierkörper mit erhöhten pH-Werten im Rückenmuskel assoziiert sind.

Diese Arbeit soll zusätzlich aufzeigen, welche Bedeutung der pH-Wert im Fleisch für die Verarbeitungseigenschaften und die Verwertung des Fleisches hat.

1.1 Die Gams

Gämsen gehören zu der Tribus der Ziegenartigen (*Caprini*) und zur Gattung der Gämsen (*Rupicapra*).

Zum jetzigen Zeitpunkt der Forschung werden vier Subspezies der *Rupicapra* benannt:

- Alpen Gams
- Balkan Gams
- Chartreuse Gams
- Tatra Gams

Im Folgenden wird näher auf die Alpengams, die in unseren Breiten heimisch ist, eingegangen. Gämse können ein natürliches Lebensalter zwischen 15 und 25 Jahren erreichen. Diese faszinierende Wildart kann eine Widerristhöhe von bis zu 85 Zentimeter erreichen und die Männchen ein Gewicht von bis zu 50 Kilogramm. Beide Geschlechter besitzen Hörner, die sogenannten Krucken. Diese wachsen zeitlebens und werden nie abgeworfen, daher lässt sich durch Abzählen der Wachstumsringe an den Krucken eine präzise Altersbestimmung durchführen.

Ihre charakteristische rotbraune Färbung im Sommer mit einem schwarzen Aalstrich entlang des Rückens zeichnet diese Wildart aus. Im Winterhaarkleid wirkt die Gams tiefschwarz und kann somit in der meist schneereichen Landschaft gut erkannt werden. Außerdem besitzen sie typisch schwarze Zügel auf beiden Seiten des Gesichtes, die als schwarze Längsstriche von der Basis der Ohren über die Augen bis seitlich an die Nasenlöcher laufen. So entsteht die für das Gamswild typische Maskenbildung.

Ein Erkennungsmerkmal eines reifen Platzbockes während der Brunft sind seine starken und bis zu 25 cm langen Haare entlang des Widerristes. Diese werden oft in der alpenländischen Kultur, als sogenannter Gamsbart, als Hutschmuck zusammengebunden getragen.

Dem zeitlichen Jahresverlauf angepasst, setzen die weiblichen Gämsen zwischen Ende Mai und Anfang Juni meistens ein bis zwei Junge. Beide Geschlechter werden im zweiten Lebensjahr geschlechtsreif, wobei das Erstsetzalter der Geißen zwei bis vier Jahre beträgt und die Tragzeit der weiblichen Stücke in etwa sechs Monate lang ist. Über die Sommermonate leben diese

Familienverbände, auch als Scharwild bezeichnet, in großen Herden zusammen und es entstehen sogenannte Kinderstuben (Dutter und Sternath 2014).

Im Gegensatz dazu ziehen die alten Böcke einzelgängerisch durch die Alpenlandschaft und anderen von ihnen besiedelte Lebensräume. Zum Winter hin wird das Herdengefüge etwas lockerer und im November schließen sich die Böcke wieder den Familiengruppen an und die Brunft beginnt. Ein Bock versucht gegenüber anderen Rivalen immer seinen Harem in wilden Verfolgungsjagden zu verteidigen.

Optimale Lebensbedingungen findet die Gams an der oberen Waldgrenze, wo offene Flächen den überwiegenden Teil ausmachen.

Heutzutage kommen Gämsen noch im Alpenraum, Balkan, Karpaten, Spanien und nach intensiven Auswilderungsversuchen auch wieder in Teilen Deutschlands vor. Die größten und stabilsten Bestände sind in Österreich, genauer gesagt in Tirol, vorzufinden.

Die Lebensbedingungen in den Jahren 2018 und 2019 waren für das Gamswild nicht gerade einfach. Einerseits haben zwei schneereiche Winter mit zahlreichen Lawinenabgängen zu hohen Ausfällen geführt, andererseits haben einige Bestände auch stark unter der Gamsblindheit (Auslöser: *Mycoplasma conjunctivae*) gelitten. Die relativen Schätzungen über Fallwild in Österreich bewegen sich im Jahr um die 3 000 Stück. Solche Vorkommnisse gibt es in der Natur immer wieder und die Wildbestände unterliegen einem ständigen Wandel.

Das Gamswild kommt mit solchen natürlichen Eingriffen in ihrer Population zurecht und kann die Fallwildverluste auch innerhalb von Jahren wieder ausgleichen. Problematisch wird es nur dann, wenn zusätzliche Stressoren dazukommen, z.B. forstwirtschaftliche Maßnahmen, wie zum Beispiel Neuaufforstungen oder vermehrte gesetzliche Hegeabschüsse. Erhöhter Jagddruck mit zusätzlich vermehrter Beunruhigung der Gämse im Winter aufgrund des Tourismus kann negative Spuren in der Population hinterlassen.

Der Abschussrückgang der Gämse in den letzten 20 Jahren lässt sich auf den Verlust von wertvollem Lebensraum in den Hochlagen zurückführen, wo diverse Freizeitaktivitäten der Menschen sicherlich ihren Teil dazu beitragen. Heutzutage werden in Österreich jährlich 20000 Gämsen erlegt. Im Vergleich waren es vor 15 Jahren noch 25000 Stück (Reimoser und Reimoser 2019).

In den Bundesländern Tirol, Steiermark und Salzburg kann ein leichter Abwärtstrend der Abschüsse verzeichnet werden. Im Gegensatz dazu steigen die Abschusszahlen der Gämse,

nach anfänglichem Abwärtstrend, wieder in den Ländern Vorarlberg, Oberösterreich und auch Niederösterreich

1.2 Wildfleisch als hochwertiges Naturprodukt

Wildfleisch ist eines der hochwertigsten Naturprodukte, mit besonderem ökologischem Wert, welches wir in unserer Kulturlandschaft nutzen können. Wildtiere leben in freier Natur und werden dementsprechend weder hin-, noch hertransportiert und können ihre Nahrung aus freiem Willen gezielt selektieren, was aus tierethischer Sicht positiv gesehen wird (Hoffman und Wiklund 2006). Der Durchschnittsverzehr ist in Österreich mit 0,7 kg pro Person und Jahr aber niedrig.

Im Gegensatz zum Fleisch unserer Nutztiere ist das Wildbret der jagdlich genutzten Wildtiere fettärmer, aber besitzt dennoch einen höheren Anteil an Eiweiß (Reh: 21-23 Prozent Eiweiß und nur 0,9 bis 5 Prozent Fett), was auf die vermehrte Bewegung, die besonderen Ernährung und die spezifische Muskelzusammensetzung zurückzuführen ist.

Wildtiere wachsen langsamer und können somit eine zartere Faserstruktur und ein besonderes Aroma im Muskel aufbauen. Jede Tierart besitzt in diesem Zusammenhang einen dezenten tierartspezifischen Eigengeruch.

In der Literatur liest man immer wieder, dass der menschliche Bedarf an Eiweiß aus pflanzlicher Nahrung und der andere Eiweißanteil aus Fleisch gedeckt werden soll, dabei wäre eine 50- zu 50-prozentige Verteilung sinnvoll. Jedoch wird der größte Bedarf an Eiweiß für unseren menschlichen Organismus noch immer über den Konsum von Fleisch abgedeckt.

Wegen des hohen Anteiles an essenziellen Aminosäuren, der einzigartigen Fettstruktur, den Vitamingehalt und der Zartheit des Muskelfleisches, wird das Wildfleisch für eine gesunde und ausgeglichene Ernährung empfohlen.

Wildschweine weisen einen um 11,7 Prozent höheren Anteil an Aminosäuren auf als das Hausschwein. Dennoch zählt der Feldhase zu den Spitzenreitern unter den heimischen Wildarten, wenn es um den höchsten Gehalt an Aminosäuren im Fleisch geht.

Im gesamten Vergleich gesehen, am Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, liegen alle heimischen Wildarten über den Werten unserer Nutztiere.

Zum Beispiel hat der Feldhase einen der höchsten Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, gleich dahinter die Gams mit einem Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren von 62,7 Prozent. Zusätzlich können Gams und Feldhase mit einem Omega-3 Fettsäureanteil, ausgehend von den mehrfach ungesättigten Fetten, von 21,6 Prozent und 22,9 Prozent aufweisen. Im direkten Vergleich der Omega-3 Fettsäuren hat der Wildlachs 27,8 Prozent und das Hausschwein nur 5,6 Prozent (Winkelmayer 2011).

Der Fasan, das am häufigsten erlegte Flugwild Österreichs, hat den höchsten Anteil an ungesättigten Fettsäuren (70,67 g/100 g) bezogen auf die Gesamtfettsäuren.

Des Weiteren besitzt das Muskelfleisch von Wildtieren einen geringeren Faserdurchmesser, weniger Bindegewebe und hat generell mehr rote Muskelfasern als Haustiere. Beim Konsum des Wildfleisches muss weniger gekaut werden und diese spezielle Zusammensetzung kann als eine besondere Zartheit des Fleisches wahrgenommen werden.

In Tabelle 1 sind die Nährwerte von unterschiedlichen Wildfleischarten gelistet.

Tab. 1: Nährwerte von Wildfleisch (Winkelmayer 2011)

Tierart	Mehrfach ungesättigte Fettsäuren (%)	davon Omega-3 (%)	Eiweiß (%)	Fett (%)
Gamswild	62,7	21,6	-	-
Feldhase	66,5	22,9	20-23	0,9-5
Rehwild	65,4	15	21-23	0,7-6
Rotwild	68,1	13,3	18-22	1-5
Wildschwein	64,7	7,0	-	-
Hausschwein	48,2	5,6	10-14	35-55
Huhn	35,9	3,1	17-21	5-25
Schaf	31,5	7,6	14-20	6-33
Wildlachs	33,5	27,8	-	-

1.3 Muskelphysiologie

Im Prinzip besitzt der Muskel *in vivo* verschiedene Mechanismen der Energiegewinnung, um ausreichend ATP (Adenosintriphosphat) zur Verfügung zu haben (siehe Tab.2). Diese Energie kann er durch die aerobe oder anaerobe Energiegewinnung bereitstellen. Für diesen Zweck kann der Organismus, unabhängig davon ob Mensch oder Tier, im Wesentlichen zwei Energiequellen nutzen (Bauer und Smulders 2015):

1. Kreatinphosphat zur raschen Energiebereitstellung oder
2. Glykogen zur längerfristigen Energiegewinnung

Tab. 2: Energiequellen und deren Verstoffwechselung

Ausgangsprodukt	Kreatinphosphat	Glykogen	Glykogen	Fette
Zwischenform	ADP	Glucose	Glucose	Freie Fettsäuren
Stoffwechselvorgang	Anaerob (alaktazid- Phosphat Metabolismus)	Anaerobe Glykolyse (laktazid)	Aerobe Glykolyse	Aerob (Lipolyse)
Endprodukt	ATP	2 Mol ATP	36-38 Mol ATP	130 Mol ATP
Nebenprodukt	Kreatin	Laktat	CO ₂ + H ₂ O	CO ₂ + H ₂ O
Aktivierungskaskade	10 bis 25 Sekunden nach Arbeitsbeginn	25 bis 60 Sekunden nach Arbeitsbeginn	60 Sekunden nach Arbeitsbeginn	Sobald Glykogenreserven schwinden
Nutzung	Kurzzeit Belastung	Kurzzeit Belastung	Mittlere Belastung	Langzeit Belastung

Bei normaler Belastung und bei physiologischen Bedingungen versucht der Körper immer den aeroben Weg zu wählen. Dies ist aber nur möglich, wenn der Muskel über den gesamten Zeitraum der körperlichen Belastung mit genug Sauerstoff versorgt werden kann.

In Folge von körperlicher Belastung, was während der Bejagung auftreten kann, kommt es im Wildkörper zu anfänglicher Sauerstoffarmut. Kreatinphosphat (CP), Glykogen und längerfristig Fette (siehe Tab. 2) werden zur Energiegewinnung herangezogen und verursachen durch Laktatbildung einen Abfall des pH-Wertes in der Muskulatur und somit eine Ansäuerung des Gewebes. Am Anfang, bei geringer Laktatbildung, kann die Muskulatur noch das Laktat abpuffern und ein weiterer Teil wird durch die Kreatinphosphatnutzung (alaktazid) ausgeglichen.

Jedoch ist die Pufferkapazität des Muskels irgendwann erschöpft und es kommt zur anaeroben Energiegewinnung und Laktat akkumuliert im Muskel. Dieses Laktat kann bei ausreichender Blutversorgung über die Leber und dem sogenannten Cori Zyklus metabolisiert werden. Dadurch kann teilweise Laktat noch zu Pyruvat umgewandelt werden und wiederum dem Citratzyklus in den Mitochondrien zugeführt werden.

Weiters ist die Blutlaktatkonzentration ein Parameter für die Ermüdung der Muskulatur - je höher die Konzentration, desto weiter ist die Ermüdung fortgeschritten. In weiterer Folge kommt es zum pH-Wert Abfall, die ATPase- Aktivität und Phosphorylierung werden beeinträchtigt, genauso wie Risse im Sarkoplasma und Störungen der Oberflächenmembranen entstehen (Engelhardt *et al.* 2010).

Bei all diesen Prozessen kommt es zur Energieverarmung und Ansäuerung des Muskels. Diese enzymatischen Prozesse haben von fleischtechnologischer Perspektive wichtige und interessante Auswirkungen auf den späteren Verzehr und Qualität des Wildfleisches (siehe Kapitel 1.10/1.11).

1.4 Aerobe Energiegewinnung

Über den aeroben Weg können pro Glucosemolekül rund 36-38 Mol ATP gebildet werden. Jedoch nutzt der Körper erst 60 Sekunden nach Arbeitsbeginn den aeroben Weg für die Energiegewinnung (Engelhardt *et al.* 2010).

Die Glukose wird der Glykolyse in der Leber zugeführt und wird zu Pyruvat umgebaut. Anschließend wird Pyruvat in die Mitochondrien hineintransportiert und durch die Pyruvat Dehydrogenase zu Acetyl-CoA umgewandelt (Staubmann 2017).

Im Vergleich zum anaeroben Stoffwechsel können somit aus 1 Mol Glucose 18-bis 19-mal mehr ATP gewonnen werden. Nebenprodukte sind CO₂ und Wasserstoff. Nach Abnahme der Muskelglykogenreserven wird die Glykogenolyse in der Leber gesteigert und es kommt zur vermehrten Lipolyse von Fettdepots und somit zu mehr freien Fettsäuren. Durch diese freiwerdenden Fette kann die Leber über die Gluconeogenese den Glucosespiegel über längere Zeit konstant halten.

1.5 Anaerobe Energiegewinnung

Die anaerobe Energiegewinnung liefert uns nur wenig ATP, dennoch ist es durch Abbau von Kreatinphosphat die schnellste Möglichkeit Energie in Form von ATP in den ersten 10 bis 25 Sekunden nach Arbeitsbeginn bereitzustellen. Erst nach weiteren 25 bis 60 Sekunden nach Arbeitsbeginn gewinnt der Körper über den anaeroben Weg unter Bildung von Laktat zusätzlich ATP (Engelhardt *et al.* 2010). Aus 1 Mol Glucose kann somit 2 ATP und Milchsäure gewonnen werden.

Kreatinkinase kommt aus dem Sarkoplasma und wird als Kreatinin, nachdem es aus ADP und Kreatinphosphat ATP und Kreatin gebildet hat, proportional zur Muskelmasse über die Niere ausgestoßen.

Der anaerobe Stoffwechsel nutzt die im Zytosol vorhandene Glucose und stellt daraus ATP und Milchsäure her. Dieser Ablauf im Sarkoplasma führt bei länger andauernder Belastung zur Übersäuerung des Muskels. Gleichfalls wird nach dem Tod ausschließlich anaerobe Glykolyse betrieben, solange bis alle Glykogenreserven abgebaut sind (siehe Kapitel 1.11) (Lawrie und Ledward 2006).

1.6 Muskelaufbau

Die Einteilung der Muskulatur in verschiedene Gruppen kann aus verschiedensten Gesichtspunkten vorgenommen werden.

In der anatomischen Literatur wird von glatter, quergestreifter und der gemischten oder auch Herzmuskulatur gesprochen. Die glatte Muskulatur, die vor allem im Gastrointestinaltrakt, Drüsen und Gefäßen vorkommt, spielt aber als Lebensmittel eine eher untergeordnete Rolle. Die bedeutendste ernährungsphysiologische Rolle kommt der Skelettmuskulatur und damit der quergestreiften Muskulatur zu. Ihr Anteil beträgt rund 40 Prozent des gesamten Schlachtkörpers.

Auch die gemischte Muskulatur, welche die Funktion als Herzmuskel zu erfüllen hat, spielt als menschliches Nahrungsmittel eine eher untergeordnete Rolle (Ecker 2016).

Generell kann die quergestreifte Muskulatur aus roten oder weißen Muskelfasern aufgebaut sein. Diese zwei Haupttypen lassen sich nach ihrer Ausstattung mit Mitochondrien und Enzymen des aeroben Stoffwechsels, sowie ihren Myoglobingehalt unterscheiden. Auf die Muskelentwicklung wirken zwei Faktorengruppen ein (Lawrie und Ledward 2006), nämlich:

- Intrinsic factors: Tierart, Alter, Geschlecht, Wachstum, Anatomie des Muskels und welche Aufgabe er zu erfüllen hat, Training, Ernährung und natürliche Variationen;
- Extrinsic factors: die Behandlung des Muskels *post mortem* und Manipulation in der weiteren Verarbeitungskette.

1.6.1 Weiße Muskeln

Fast twitch Fasern (FF-Fasern IIB), auch glykolytische Fasern genannt, bekommen ihre Energie über den anaeroben Weg aus gespeichertem Glykogen und besitzen wenig Myoglobin, aber relativ viel Lactatdehydrogenase (Engelhardt *et al.* 2010). Dieser Muskelfasertyp verbraucht sehr viel Energie und ist für schnelle, kräftige Kontraktion verantwortlich. Diesen schnellen Kontraktionen geschuldet beträgt auch die Breite der Z-Linien gerade einmal die Hälfte der Breite der Z-Linien der roten Muskeln. Zudem haben sie ein stärker ausgebildetes sarkoplasmatisches Retikulum, welches eine schnelle Freisetzung und Wiederaufnahme von Ca^{2+} ermöglicht (Lawrie und Ledward 2006). Ein Nachteil ist, dass glykolytische Fasern rasch ermüden.

1.6.2 Rote Muskeln

Rote Muskeln sind ausgelegt auf lange Kontraktionen ohne Pause (breite Z-Linien) (Lawrie und Ledward 2006).

Die typische rote Färbung des Muskels entsteht durch die hohe Kapillardichte, den hohen Gehalt an Myoglobin und den Reichtum an Mitochondrien.

Slow twitch Fasern (S-Fasern Typ IA) funktionieren mit aerobem Stoffwechsel und haben daher mehr Myoglobin. Sie charakterisieren sich dadurch, dass sie sich langsamer kontrahieren, dafür aber nur sehr langsam ermüden.

In diesem Zusammenhang sind auch noch die fast, fatigue-resistant Fasern (FR-Fasern Typ IIA) zu erwähnen. Dieser Fasertyp stellt den Mittelweg dar und kann sowohl anaeroben als auch aeroben Stoffwechsel betreiben (Doc-check. <https://flexikon.doccheck.com/de/Muskelfaser> (Zugriff: 4.10.2020)).

Zum Beispiel kommen Typ IA und Typ IIA Fasern im Zwerchfell vor, damit die Atemtätigkeit ohne Pause unterstützt werden kann. Im Gegensatz dazu haben die Extremitäten, die für kurzzeitige Sprintläufe genutzt werden, vor allem Typ IIB Fasern. Hier ist das Quarterhorse als Spitzenreiter, mit einem Anteil an Typ IIB Fasern von 93 Prozent im *Musculus gluteus*, zu erwähnen (Engelhardt *et al.* 2010).

1.7 Kontraktion

Jede Kontraktion oder auch Gleitvorgang genannt, wird durch den sogenannten Querbrückenzyklus durchgeführt.

Eine Verkürzung der Faser passiert durch die funktionelle Einheit eines Sarkomers, dabei gleiten die unterschiedlichen Filamente, durch molekulare Verbindungen, ineinander (Engelhardt *et al.* 2010).

Man bezeichnet das Sarkomer auch als die Distanz zweier Z-Streifen, das wiederum eine funktionelle Einheit der Myofibrillen darstellt. Myofibrillen bestehen aus Aktin- und Myosinköpfchen, die wiederum Proteinstrukturen zuzuordnen sind. Dadurch, dass diese Proteinstrukturen transversal und longitudinal verlaufen (Hanson und Huxley 1953), ergibt sich

unter dem Mikroskop, durch Lichtbrechung bedingt, diese typische Querstreifung der Muskulatur.

Durch die selbstständige Spaltung des Myosinköpfchens von ATP wird das Köpfchen aktiviert und die gewonnene Energie gespeichert. In weiterer Folge entsteht eine Bindung zwischen Aktin und Myosin und es kommt zur Anlagerung im 90 Grad Winkel zwischen dem Myosinkopf und dem Aktinfilament. Diese Reaktion kommt durch die Bindung von Troponin-C an Calciumionen (aus dem sarkoplasmatischen Retikulum) zustande.

Der Myosinkopf neigt sich in weiterer Folge im 45 Grad Winkel („Ruderschlag“) und jedes einzelne Sarkomer verkürzt sich um 20 nm (Engelhardt *et al.* 2010).

An die nun wieder freiwerdende Bindungsstelle am Myosinköpfchen lagert sich wieder ein ATP Molekül an und es kommt zum Lösen des Myosinkopfes vom Aktinfilament und ein neuer Querbrückenzyklus kann starten. Die Kontraktion wird beendet, sobald der Kalziumspiegel wieder gesunken ist und kein neues Aktionspotential mehr entsteht (Lecturio. <https://www.lecturio.de/magazin/muskel-physiologie/#muskeltypen> (Zugriff: 4.10.2020)).

1.8 Muskelaufbau beim Wildtier

In Bezug auf Wildtiere haben verschiedene Studien gezeigt, dass diese mehr rote Muskelfasern besitzen.

Wildschweine besitzen im Vergleich zu den Hausschweinen (glykolytische IIB Fasern) mehr oxidative Typ IA und IIA Fasern. Daher betreiben sie mehr aeroben Stoffwechsel (weniger Laktat) und man würde annehmen, dass sie eine geringere Neigung zu PSE-artigen Fleischfehlern haben und eher durch die oxidativen Fasern (Energieverarmung) mehr in Richtung DFD Fleisch tendieren würden.

Beim Wildschwein ist auch bekannt, dass die Auskühlung des Wildkörpers langsamer vonstattengeht. Wildschweine besitzen tendenziell mehr subkutanes Fettgewebe. Ihre Oberfläche ist zusätzlich von Borsten und feineren Wollhaaren bedeckt. Dies kann wiederum dazu führen, dass Enzyme, wie die Lactatdehydrogenase, schneller arbeiten und einer überstürzten Säuerung und damit zu PSE-artigen Fleischfehlern führen (Paulsen *et al.* 2018).

Die Spezies, also der genetische Faktor, ist sicher einer der entscheidendsten Faktoren über die Zusammensetzung der Muskulatur. Im Laufe der Zeit haben sich verschiedenste Formen des Muskelaufbaus ergeben, wobei die Domestikation eine wesentliche Rolle dazu beigetragen hat. Zudem passt sich die Fleischindustrie immer wieder von Neuem den Wünschen des Verbrauchers an, wie zum Beispiel welche Tierart vom Konsumenten gewünscht ist und wie dessen Alter, Geschlecht, Gewicht und schlussendlich auch Muskelzusammensetzung sein soll. Zum Beispiel hat der Hase am wenigsten intramuskuläres Fett im Gegensatz zum Schaf, welches den höchsten Fettanteil aufweist (Lawrie und Ledward 2006).

1.9 pH-Wert

Der pH-Wert, auch Wasserstoffionenkonzentration oder auch kurz Säuregrad genannt, ist ein wichtiger Parameter zur Beurteilung der Fleischqualität. Anhand des Parameters können schnell Aussagen über Wasserbindungskapazität und Qualität der Fleischreifung getroffen werden. Außerdem kann in kurzer Zeit erkannt werden, ob ein PSE und DFD Mangel im Fleisch vorliegt.

Der Begriff pH-Wert kommt eigentlich vom Wort „*pondus hydrogenii*“, welches „Menge des Wasserstoffes (H)⁺“ bedeutet. Diese Definition gibt ein Maß für die Stärke der sauren oder basischen Reaktion an. Der pH-Wert Bereich wird definiert von 0-14, wovon sieben den Neutralpunkt darstellt (<7 bedeutet sauer; >7 basisch) (Wirth *et al.* 1990).

Bei einem lebenden Tier weist die Muskulatur einen pH-Wert von etwa 7,0 bis 7,2 auf. Im Zuge der Schlachtung/Erlegung eines Tieres und der anschließenden Fleischreifung sinkt der pH-Wert. Dies wird durch den Abbau des Restglykogens im Muskel zu Milchsäure, in einem Bereich zwischen 5,6 bis 6,0 bei Schweinefleisch und bei Rindfleisch zwischen 5,4 bis 5,8, bedingt. (siehe Tab. 3)

Tab. 3: Erwartete Wertebereiche für pH-Werte von Fleisch und Fleischerzeugnissen (Wirth *et al.* 1990)

Sülze	pH 4,5 bis 5,2
-------	----------------

Rohwurst	pH 4,8 bis 6,0
Rindfleisch, roh	pH 5,4 bis 6,0
Schweinefleisch, roh	pH 5,6 bis 6,2
Fleischkonserven	pH 5,8 bis 6,2
Pökellaken	pH 6,2 bis 6,4
Blutwurst	pH 6,5 bis 6,8
Muskulatur, lebend	pH 7,0 bis 7,2
Blut roh	pH 7,3 bis 7,6

Niedrige pH-Werte haben eine wichtige Bedeutung für die Haltbarkeit und die weitere Nutzungsart des gewonnenen Fleisches, zum Beispiel hemmt ein niedriger pH-Wert die Vermehrung von schädlichen Mikroorganismen (Winkelmayer 2000).

Um einen adäquaten pH-Wert zu erreichen, müssen nach Eintritt des Todes noch genug Glykogenreserven vorhanden sein, um einen ausreichenden pH-Wert Abfall zu gewährleisten. Damit dies der Fall ist, müssen Faktoren, die zu einer Glykogenverarmung führen, wie zum Beispiel unnötiger Stress vor dem Tod, vermieden werden. In Bezug auf das Wildtier und deren Erlegung bedeutet dies, dass nur sofort tödliche Schüsse erfolgen sollten. Um einen möglichst schnellen Eintritt des Todes beim beschossenen Wild als Jäger zu erreichen, sollte jeder Schuss so angetragen sein, dass das Stück möglichst rasch und schonend zur Strecke gebracht wird. Allgemein ist für die Absenkung des pH-Wertes entscheidend, wie viel Energiereserven im Muskel nach dem Tod noch vorhanden sind und die im Wildkörper vorherrschende Temperatur. Je höher die innere Körpertemperatur, desto schneller können die Enzyme arbeiten und desto schneller verläuft der pH-Wert Abfall. Zusammenfassend kann man sagen, je höher die Energiereserven und je schneller und länger die Enzymaktivität abläuft, desto schneller kommt es zu einem zu niedrigen End-pH-Wert.

Man unterscheidet im Hinblick auf fleischtechnologische Brauchbarkeit und verbundene Mängel in Reifung im Wesentlichen zwei Gruppen, nämlich PSE und DFD Fleisch (Bauer und Smulders 2015).

Auffallend bei Wildfleisch im Vergleich zum Hausschwein ist der schnellere pH-Wert Abfall nach dem Tod. Dies kann mit Stress und ein spätes Ausweiden nach dem Tod zusammenhängen, was eine verlängerte und schnellere Enzymaktivität zu Folge hätte. Genauso könnte es auf die unterschiedliche Muskelzusammensetzung von Wildfleisch zurückgeführt werden. Wildtiere haben nämlich, wie schon in Kapitel 1.8 angeführt, im Gegensatz zu unseren normalen Hausschweinen einen erhöhten Anteil an roten Muskelfasern und somit ein erhöhtes glykolytisches Potential in der Muskulatur (Deutz und Pless 2006).

Hierzu führte man verschiedenste Messungen in unterschiedlichsten Studien durch, die einen schnelleren pH-Wert Abfall in nicht beunruhigtem Rot- und Rehwild bestätigten (siehe Kap. 1.10).

1.10 Studien zum pH-Wert Abfall bei Wildtieren

In der Slowakei untersuchte man die Glykogenverarmung von Farmwild im Fanggatter kurz vor der Schlachtung. In diesem Fleischproduktionsgatter hatte das erste Tier noch 70 μmol Glykogen/g in der Muskulatur und im direkten Vergleich hatten die letzten Tiere, 2-3 Stunden später, nur mehr sieben beziehungsweise 17 μmol Glykogen in der Muskulatur. Somit konnte man einen direkten Zusammenhang zwischen Stress, körperlicher Belastung und Glykogengehalt der Muskulatur aufzeigen (Mojto *et al.* 1994).

In Südafrika gibt es viele verschiedene Wildarten und einige Jagden auf diese Tiere werden vom Helikopter aus durchgeführt. Daher hat man pH-Wert Messungen vom *musculus longissimus* des Springbockes vorgenommen, um herauszufinden, welchem Stress die Tiere während der Bejagung ausgesetzt sind. Wenn die Tiere in der Nacht bejagt werden und der erste Schuss gleich tödlich ist, sind die End-pH-Werte in der Muskulatur nicht erhöht. Hingegen hatten lange Treibjagden untertags signifikant negative Einflüsse auf die Fleischqualität der erlegten Stücke (Hoffman und Laubscher 2009).

Bei Rentieren führte, ein schlechter körperlicher Zustand, starke körperliche Belastung und Stress während des Schlachtens zu hohen End-pH-Werten. Bei Rentieren hat die Schlachtung per Einfangen mit dem Lasso einen besonders negativen Einfluss. Diese Fangtechnik führt zu massivem Stress bei den betroffenen Tieren. In Vergleich zu 1995, wo noch 29 Prozent der Rentierkörper einen zu hohen End-pH-Wert aufwiesen, also pH-Werte über 5,8, waren es 2011

nur mehr 13 Prozent. Eine mögliche Schlussfolgerung wäre, dass sich der Umgang mit den Rentieren verbessert hat (Paulsen 2014).

In österreichischen Arbeiten fand man heraus, dass es bei Stöberjagden durch höhere Muskelaktivität und Enzymaktivität (Laktatdehydrogenase) zu einem schnelleren pH-Wert Abfall bei Wildtieren kommt. (Deutz und Pless 2006)

In einer Studie bei Wildschwein- und Rotwildkörpern ergab sich ebenfalls ein Zusammenhang zwischen schlechtem Schuss, Energieverarmung vor dem Tod und erhöhten End-pH-Werten. Gleichfalls konnte man noch herausfinden, dass stark abgemagerte und männliche Tiere ebenfalls zu erhöhten pH-Werten tendieren (Staubmann 2017).

Bei der Messung des End-pH-Wertes im Rückenmuskel von Rehen waren erhöhte Werte (pH-Wert über sechs) nur bei chronisch abgemagerten Tieren nachweisbar (Herbsthofer 2019).

Weiters wurde in Neuseeland der stündliche Abfall des pH-Wertes von Schlachtkörpern von gefarmtem Rotwild untersucht. In dieser Arbeit kam man zur interessanten Erkenntnis, dass es bei diesen Tieren zu einem langsameren pH-Wert Abfall kam. In diesen beprobten Wildkörpern benötigte es 15 Stunden, um den gewünschten End-pH-Wert zu erreichen (Deutz und Pless 2006). Bei jagdlich erlegtem Wild kann die pH-Senkung aber schneller erfolgen. Eine österreichische Arbeit beschreibt, dass der End-pH-Wert drei bis fünf Stunden nach der Stöberjagd erreicht wurde. Jedoch muss festhalten werden, dass die Haltung von Rothirschen in Neuseeland eher der Haltung von Nutztieren und nicht mehr der von freilebenden Wildtieren entspricht. Diese Haltungsweise hat Auswirkungen auf Muskelzusammensetzung, Stressempfindung und somit auch den End-pH-Wert im Fleisch (Wiklund *et al.* 2001).

1.11 pH-Wert Absenkung und *rigor mortis*

Sobald der Tod eingetreten ist, kommt es zum Erliegen der Sauerstoffversorgung und die anaerobe Glykolyse startet. Dieser Prozess verursacht in weiterer Folge den pH-Wert Abfall. Durch den postmortalen Stopp diverser Transportprozesse wird das angefallene Laktat nicht mehr aus dem Muskel zur Leber transportiert, sondern lagert sich in Form von Laktat im Muskel an. Durch diese Ansäuerung und Anreicherung von Laktat und organischen Phosphaten kommt es zur Ausbildung des Aromas (Bauer und Smulders 2015).

In weiterer Folge, nachdem auch die letzten Glykogenspeicher aufgebraucht wurden, kann kein neues ATP oder CK (Creatinkinase) mehr durch die anaerobe Glykolyse produziert werden und es kommt zu einer longitudinalen Schrumpfung. Dadurch bleiben Aktin und Myosin miteinander verknüpft. Die myofibrilläre Dichte nimmt zu und das Fleisch wird zäher. Dieser Zustand wird als *rigor mortis*, also Totenstarre, bezeichnet (Lawrie und Ledward 2006).

Die Totenstarre beginnt am Zwerchfell und der Brustmuskulatur und setzt sich über Hals und Kopf bis an die Gliedmaßen fort. Diese Reaktion tritt ungefähr vier bis zwölf Stunden nach Eintritt des Todes auf und löst sich erst wieder nach 24 bis 48 Stunden. Diese Zeiten sind sehr abhängig von den Glykogenreserven vor dem Tod (Winkelmayer 2011).

Durch diese Änderung in den Myofibrillen verändert sich auch dessen Wasserbindungsvermögen und der Muskel quillt etwas auf und wirkt saftiger. Der Abbau von ATP erfolgt *post mortem* bis zu geschmacksaktiven Verbindungen, IMP (Inosinmonophosphat), Inosin und Hypoxanthin (Lawrie und Ledward, 2006).

Im weiteren Verlauf soll die Lagerung des Wildkörpers im Kühlhaus dieser entstandenen Zähheit im Muskel entgegenwirken und es wird eine Zartheitsveränderung durch die Proteolyse (Eiweißdenaturierung) angestrebt.

Bei dieser Reaktion spielen zwei Enzyme eine wichtige Rolle, die Calpaine und Cathepsine, diese spalten die Myosin- und Aktinverbindungen wieder auf.

Die Calpaine nehmen früh *post mortem* eine wichtige Rolle ein, wenn der pH-Wert noch über 6,0 liegt. Sie sind sarkoplasmatische Proteinasen, die bei den verschiedensten Tierarten in unterschiedlichen Mengen in der Muskulatur vorliegen und somit auch die verschiedenen Reifezeiten erklären. Die Cathepsine werden spät *post mortem* aktiv, wenn der pH-Wert schon unter 6,0 liegt. Diese Enzyme sind lysosomale Proteinasen und werden erst frei, wenn die Zellmembran durch den niedrigen pH-Wert geschädigt ist (Bauer und Smulders 2015).

1.12 Schusslage

Um das Ziel eines möglich schnellen Todeseintritts zu erreichen, muss entweder das Zentralnervensystem zerstört werden oder der Brustraum durch einen sogenannten „Blattschuss“ getroffen werden. Bei dem „Blatt“ handelt es sich in der Jägersprache um jenen Bereich der Schulterregion, welcher sich *cranial* des Zwerchfells befindet, anatomisch auch

beschrieben als Brustraum. Bei einem Treffer in dieser Region, mit einem für die Größe des Wildes angepassten Geschöß, sollte ein schnelles Verenden des Tieres eintreten.

Durch die kuppelförmige Ausbildung des Zwerchfells wird von manchen Jägern die Ausdehnung des Brustraumes überschätzt. Bei einem Schuss durch die *caudalen* Anteile des Brustraums werden die *caudalen* Lappen der Lunge höchstwahrscheinlich noch zerstört, aber durch die kuppelförmige Ausdehnung des Zwerchfells werden auch Leber, Milz und Magen durch den Schusskanal mitbeschädigt. Es kommt zum sogenannten „Weidwundschuss“. Aufgrund des Austritts des Mageninhalts kommt es zu hochgradigen Verschmutzungen des Wildbrets. Aus Sicht der Wildbrethygiene haben solche Schüsse negative Auswirkungen auf die spätere Qualität des Fleisches.

Daher ist es immer wichtig, dass sich der Jäger über die anatomische Lage der Organe bewusst ist und auch bei verschiedensten Standpositionen des Wildes vor Augen hält, wie der mögliche Schusskanal ausschauen wird und ob eine Schussabgabe aus tierschutzrechtlicher und wildbrethygienischer Sicht vertretbar ist oder nicht. Tödliche und aus fleischhygienischer Sicht vorteilhafte Verwundungen, bei denen das Wild im Feuer zusammenbricht oder nach wenigen Sekunden verendet, sind Treffer, die die Herzbasis oder größere Blutgefäße zerstören und dadurch zum schnellen Verbluten und Kreislaufversagen des Tieres führen (Winkelmayer 2011), der Schuss auf den Gehirnschädel wäre zwar sofort tödlich, ist aber technisch wesentlich schwieriger.

Eine andere Arbeit über den Prozentsatz guter Schüsse (Haupt-, Träger- und Kammerschüsse) in Abhängigkeit von der Jagdart zeigte, dass der Prozentsatz tödlicher Schüsse, Pirsch (86 Prozent) über Ansitz (83 Prozent), Ansitzdrückjagd (70 Prozent) zur Drückjagd (27 Prozent), mit der Bewegung des Wildes während der Schussabgabe deutlich abnimmt (Deutz und Pless 2006).

1.13 Lagerung

Zur Lagerung von Großwild (ausgeweidet, nicht-enthäutet), hierzu gehört auch die Gams, in Kühlräumen ist gesetzlich geregelt (VO (EG) Nr. 853/2004), dass die Fleischtemperatur nicht über +7 Grad Celsius liegen darf. Da bei Temperaturen von -1 Grad Celsius im Fleisch schon

der Gefriervorgang beginnt, wird in Kühlräumen daher eine ideale Temperatur von +1 Grad Celsius angestrebt, um die bestmögliche Fleischqualität über lange Zeit zu garantieren.

Während dieses Kühlprozesses, vom ersten Mal Kühlen bis zum Endverbraucher, sollte es niemals zu einer Unterbrechung der Kühlkette und somit zur Überschreitung dieser +7 Grad Celsius Schwelle kommen. Nur so können negative Auswirkungen auf das Frischfleisch verhindert und den Konsumenten exzellentes Wildbret garantiert werden (Winkelmayer 2011).

1.14 Fleischtechnologische Mängel

Wie schon in den Kapiteln 1.8, 1.9 und 1.10 kurz angesprochen, kann es bedingt durch diverse jagdliche Einflüsse und die Muskelzusammensetzung der Wildtiere, zu Reifungsfehlern bei den erlegten Wildkörpern kommen.

Es wird hier von PSE oder DFD Fleisch gesprochen und bei den Hausschweinen ist zusätzlich noch der sogenannte „Hampshire Effekt“ beschrieben.

Diese Fehler in der Reifung können durch die pH-Wert Messung, entweder 40-60 Minuten nach dem Tod (PSE) oder 24 Stunden nach dem Erlegen (DFD), erkannt werden (Bauer und Smulders 2015).

1.14.1 PSE Fleisch (pale, soft, exsudative)

Bei PSE liegt der pH-Wert der Muskulatur bereits eine Stunde nach der Schlachtung unter 5,8 (Lawrie und Ledward 2006).

Genauer gesagt wird der End-pH-Wert von 5,5-5,8 schon 40 Minuten nach der Schlachtung erreicht. Dieser Effekt zeigt sich vor allem, wenn die Tiere eine erhöhte Körpertemperatur *post mortem* haben. Weiters wird der hohe Wert an Calciumionen in der Muskulatur, der wiederum die ATPase fördert, als weiterer Faktor gesehen, der die Glykolyse weiter vorantreibt (Bauer und Smulders 2015). Diesen Effekt eines zu hohen Calciumspiegels in Verbindung mit hohen Temperaturen gleich nach dem Tod, kann man auf schonungslosen Umgang mit den Tieren oder wie im Falle des Wildtieres, durch zu spätes Ausweiden und somit längerfristig erhöhte Temperaturen nach dem Tod erklären. Erwähnenswert ist sicherlich auch, dass die

beschleunigte Glykolyse nicht *intra vitam* stattfindet wie bei DFD Fleisch, sondern *intra mortem* oder *post mortem*.

Weiters konnte beim Hausschwein ein genetischer Zusammenhang herausgefunden werden. Diese genetische Ursache beruht auf einer Punktmutation des Ryanodin-Rezeptorprotein-Gens „RyR1“ am Halothanlocus. Diese Mutation führt zu einem gestörten Mitochondrienstoffwechsel, welches wiederum das „porcine stress syndrom“ („PSS“ = Maligne Hyperthermie Syndrom „MHS“) bei Schweinen fördert. Dies bedeutet eine gestörte Thermoregulation, somit kommt es zur Hyperthermie, welche wiederum eine schnellere Proteindenaturierung bedingt. Wie bereits vorher erwähnt, können somit die Enzyme länger arbeiten und die End-pH-Werte werden schneller erreicht.

Dieser Effekt kann dann im Endprodukt durch verringertes Wasserbindungsvermögen, erhöhte Tropfsaftverluste und blasseres Aussehen durch vermehrte Lichtreflexion des Tropfsaftes an der Oberfläche erkannt werden.

Die Bildung von PSE Fleisch kann nur durch eine schnelle Kühlung nach dem Tod, damit die Aktivität der Enzyme herunterreguliert wird, unterbunden werden.

1.14.2 DFD Fleisch (dark, firm, dry)

Für die Identifizierung von DFD Fleisch wird 24 Stunden nach dem Eintritt des Todes der pH-Wert gemessen. Liegt der pH-Wert dann immer noch über 6,2, wird von DFD Fleisch gesprochen. (Bauer und Smulders 2015)

DFD Fleisch kommt zustande, wenn es über eine längere Zeit zur Erschöpfung der Muskelenergieserven vor dem Tod kommt. Glykogen kann aufgrund von Stress, Unterernährung, Krankheit oder durch einen schlecht platzierten Treffersitz, Schüsse die nicht gleich zum Tod führen, fehlen.

Durch fehlende Glykogenreserven (Auszehrung oder vermehrter Verbrauch kurz vor dem Tod) kommt es während der Fleischreifung zu verminderter Laktatbildung und zum Ausbleiben der physiologischen pH-Wert Absenkung und Aromabildung.

Durch das Ausbleiben der pH-Wert Absenkung ist das Wasserbindungsvermögen verstärkt und das Fleisch bekommt eine charakteristische dunkelrote bis leicht violette Farbe und eine

zusätzlich leimig, klebrig trockene Oberfläche. Die dunkle („dark“) Farbe des Fleisches entsteht durch verminderte Lichtreflexion. Durch die sehr hohe Wasserbindung bleibt der *Turgor* hoch und die Konsistenz des Fleisches bleibt fest („firm“). Durch mangelhafte Bildung von Milchsäure bekommt das Fleisch einen faden Geschmack und ist nur mehr begrenzt für die weitere fleischtechnologische Verarbeitung einsetzbar.

Der Nachteil liegt auch darin, dass der hohe pH-Wert den raschen mikrobiellen Verderb fördert. In solchen Fleischstücken kann sich leicht eine proteolytische Keimflora ansiedeln, die Geruchs- und Geschmacksabweichungen hervorrufen kann.

Jedoch kann DFD Fleisch für die Herstellung von Kochschinken herangezogen werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Stress vor dem Tod den größten Risikofaktor darstellt, um qualitativ hochwertiges Wildbret unbrauchbar zu machen. Daher sollte sich jeder bemühen, sei es beim Schlachter (Langzeitstress, Transportstress, lange Wartezeiten) oder der Jäger durch präzise Schüsse, das Tier so wenig wie nötig zu stressen und einen schnellen Tod herbeizuführen, um perfekte Fleischqualität zu erhalten.

1.14.3 Hampshire Effekt

Bei unseren Hausschweinen, hier prädisponiert die Hampshire Rassen, kommt der sogenannte „Hampshire Effekt“ vor.

Dieser Effekt ist genetisch bedingt und sitzt auf dem dominanten RN- oder „Napole“-Gen, dies führt ähnlich wie bei PSE, zu tieferen End-pH-Werten. Das Fleisch besitzt eine normale Glykolyserate, aber das glykolytische Potential, also die Geschwindigkeit, mit der die Enzyme arbeiten, ist um ein Vielfaches schneller. Am Schluss entsteht dann ein Fleischprodukt mit einem schlechten Wasserbindungsvermögen wie bei PSE, welches aber im Gegensatz einen geringeren exsudativen Effekt aufweist (Bauer und Smulders 2015).

2. Material und Methoden

2.1 Angaben zu den Tieren

Es wurden Tierkörper von 62 Gämsen untersucht. Die Untersuchung erfolgte vor dem Enthäuten bzw. der tierärztlichen Wildfleischuntersuchung.

Die Lage der Ein- und Ausschusswunden wurde, nach dem in Tab. 4 angegebenen Schema protokolliert.

Bei den untersuchten Tierkörpern wurden parallel mikrobiologische Untersuchungen zur Bestimmung der Oberflächenkeimzahlen auf den freiliegenden Fleischoberflächen vorgenommen und in einer Diplomarbeit veröffentlicht (Höhne 2020). Die Erhebung der Schusswundenmuster erfolgte für diese und für die vorliegende Arbeit gemeinsam.

Die Messung des pH-Wertes erfolgte mittels Einstab-Messkette nach den Empfehlungen von Honikel (2004) im *M. longissimus thoracis* von der Brusthöhle aus durch Einstechen der Sonde (Testo 175, Testo AG, Lenzkirch, D) in den letzten oder vorletzten Zwischenrippenraum knapp lateral vom Wirbelkörper. Das pH Meter wurde vor Beginn der Messungen und nach jeweils 20 Messungen mit den mitgelieferten Pufferlösungen (pH 4,01 und 7,00) kalibriert.

Gleichzeitig wurde mit demselben Gerät auch eine Temperaturmessung im Wildkörper durchgeführt.

In der vorliegenden Studie waren zwischen Erlegung und Messung mindestens 24 Stunden vergangen, deshalb konnten diese Werte als End-pH-Werte angesehen werden.

Zeitgleich mit den Messungen erfolgte eine Grobbeurteilung auf Verletzungen mit Durchtrennung der Haut, Abmagerung des Tierkörpers, Schwellungen oder Atrophien am Rumpf oder den Extremitäten, sowie Pleuritis/Peritonitis. Da vom Wildbearbeitungsbetrieb für die meisten Tiere (60/62) der Tag der Erlegung angegeben wurde, konnte auch die Dauer von der Erlegung bis zur Untersuchung errechnet werden.

Gleichzeitig wurde versucht, die Tiere in zwei Altersgruppen einzuteilen (≥ 1 Jahr und < 1 Jahr, d.h. Gamskitze).

2.2 Statistik

Die Berechnung der Stichprobengröße erfolgte unter der Annahme, dass die Häufigkeit abdominaler Schusswunden 23 Prozent (Reh; Herbsthofer 2019) bzw. 30 Prozent (Wildschwein; Staubmann 2017) beträgt. Bei einer Genauigkeit von jeweils ± 11 Prozent (95%iger Vertrauensbereich) ergaben sich Stichprobenzahlen von $n = 56$ bzw. $n = 67$ (<https://www.abs.gov.au/websitedbs/d3310114.nsf/home/sample+size+calculator>) (Zugriff 20.7.2020). Um saisonale bzw. reproduktive Einflüsse auszuschließen, erfolgte die Probenahme in einem Monat (August 2019). An zwei Arbeitstagen wurden alle im Betrieb gelagerten Tierkörper von Gämsen untersucht.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte zunächst deskriptiv. Es wurde in weiterer Folge auf einen Zusammenhang zwischen dem End-pH-Wert des Rückenmuskels und der Lage der Schusswunde geprüft. Dabei wurde angenommen, dass Wunden im Bauchraum, in den Schlögeln, den Unterläufen und dem Rücken mit erhöhten pH-Werten (Grenzwerte: 5,8; 6,0; 6,2) assoziierbar sind (Fishers exakter Test; Sachs 1992), die sich dann als Qualitätsmängel beim Wildfleisch zeigen können.

3. Ergebnisse

3.1 Allgemeine Angaben zu den Tierkörpern

Die Messungen wurden an zwei Tagen durchgeführt. Insgesamt wurden 62 Tierkörper von jagdlich erlegten Gämsen beurteilt, davon waren 28 männlich, 33 weiblich (bei einem Tier war das Geschlecht nicht bestimmbar), bzw. sieben Kitze und 55 Stücke in der Altersklasse ein Jahr und darüber. Die Zeit von der Erlegung bis zur Beurteilung der Tierkörper konnte bei 56 Tierkörpern ermittelt werden und betrug im Mittel $8,6 \pm 4,2$ Tage (Median 8 Tage; Minimum 2 und Maximum 16 Tage; 75. Perzentil 11 Tage). Bei einem Tierkörper waren multiple Frakturen der Rippen und der Wirbelsäule feststellbar. Angaben zum Verlauf der Schusswunden (Ein- und Ausschusswunden) sind in Tab. 4 zusammengefasst.

3.2 Lage der Schusswunden

Die Schusswunden konnte bei allen 62 Tieren beurteilt werden (Tab. 4). Die Lage der Treffer lag bei 42 Tieren (67,7 Prozent) vollständig im Thorax. Bei acht Tieren lagen die Schusskanäle zwar zum Teil im Thorax, wiesen aber Vorderlauf- oder Rückenbeteiligung (Wundkanal vor Zwerchfellkuppel) auf.

Tab. 4: Lage der Wundkanäle bei 62 beurteilten Gams-Tierkörpern

Wundkanal (Eintritt-Austritt)	n	%
Vorderlauf-Thorax	2	3,2
Hinterlauf	1	1,6
Hinterlauf-Thorax	2	3,2
Thorax-Thorax	42	67,7
Thorax-Rücken	6	9,7
Rücken-Rücken	2	3,2
Hinterlauf-Abdomen	1	1,6
Rücken-Abdomen	2	3,2
Thorax-Abdomen	3	4,8
Hinterlauf-Vorderlauf	1	1,6

3.3 Temperatur des Rückenmuskels

Für die Messungen wurden immer nur Partien von 5-10 Tierkörpern vom Kühl- in den Zerlegeraum verbracht. Der zulässige Höchstwert von Fleisch beträgt $+7\text{ °C}$ [VO (EG) Nr. 853/2004] und wurde in der ganzen Zeit der Messung niemals überschritten, der Median während der Beprobungen war $4,1\text{ °C}$ (Minimum $2,6\text{ °C}$; Maximum $6,4\text{ °C}$).

3.4 pH-Wert

Die pH Verteilung wurde in Schritten zu 0,1 Einheiten (Abb. 1) angegeben und es wurden mögliche Zusammenhänge zwischen pH-Verteilung, Alter und Geschlecht untersucht.

In der Rückenmuskulatur konnte ein durchschnittlicher pH-Wert von $5,70 \pm 0,20$ (Maximum: 6,42; Minimum: 5,48) gefunden werden. pH-Werte von über 5,8 (Verdacht auf DFD Fleisch) konnten in elf Tierkörpern festgestellt werden; bei vier dieser elf Tierkörper waren die Werte über 6,2 (DFD Fleisch). Aus anderen Studien geht hervor, dass bei nicht sofort tödlichen Schusswunden erhöhte End-pH-Werte auftreten können. Bei den untersuchten Gämsen konnte aber kein statistisch signifikanter Zusammenhang gefunden werden (Tab. 5; $p=0,632$). Bei den elf Tierkörpern mit erhöhten pH-Werten ($>5,8$) waren neun Tiere mit Ein- und Austrittswunde im Thorax, und einer mit Thorax-Rückenbeteiligung, aber kein Tierkörper mit reinen Lauf- oder reinen Abdominalwunden. Ein Tierkörper wies die Schusswunde im Lendenwirbelsäulenbereich auf. Von den vier Tierkörpern mit pH-Werten über 6,2 (DFD Fleisch) hatten aber trotzdem drei rein thorakale Schusswunden.

Es wurde auch geprüft, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Dauer von der Erlegung bis zur Messung und dem End-pH-Wert (Tab. 6; $p=1,00$) und zwischen dem Alter (Tab. 7; ≥ 1 Jahr und < 1 Jahr; $p=1,00$) besteht, was aber nicht der Fall war.

Hinsichtlich der Dauer von der Erlegung bis zur Messung ist anzumerken, dass diese Zeitspanne bei elf Tieren 14 oder mehr Tage betrug, wobei aber acht pH-Werte von diesen Wildtieren unter 5,8, zwei zwischen 5,8-6,2 waren und ein Wert über 6,2.

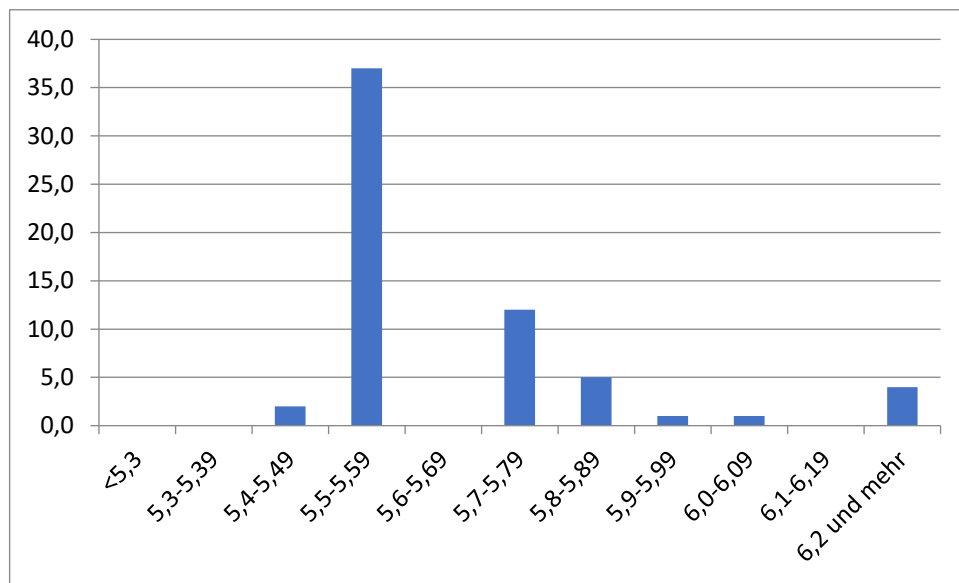


Abb. 1: End-pH-Werte im Rückenmuskel von Gämsen (n=62)

Tab. 5: Bezug der Lage der Schusswunde zum End-pH im Rückenmuskel von Gämsen (n=62)

Wunde	pH	pH	
	≤5,8	>5,8	Randsumme
mit Abdomenbeteiligung ODER Extremitäten verletzt ohne thorakale Wunden	6	2	8
Thorakal, ohne Abdomenbeteiligung	45	9	54
		p=	0,623

Tab. 6: Bezug der Dauer zwischen Erlegung und Messung zum End-pH im Rückenmuskel von Gämsen (n=62)

Tage von Erlegung bis Messung	pH	pH	
	≤5,8	>5,8	Randsumme
<5	17	4	21
5 oder mehr	34	7	41
		p=	1,00

Tab. 7: Bezug des Alters der Gämsen zum End-pH im Rückenmuskel (n=62)

Alter	pH	pH	
	≤5,8	>5,8	Randsumme
<1 Jahr	19	3	22
≥1 Jahr	33	7	40
		p=	1,00

3.5 Fleischtechnologische Bedeutung der gemessenen End-pH-Werte

Gerade für die Vermarktung von Wildfleisch spielt die weitere Verarbeitung/Veredelung von Teilstücken des Wildkörpers eine große Bedeutung. Für den Zerlegebetrieb ist es daher wichtig, über die Qualität des zugekauften Wildkörpers informiert zu sein.

In der Literatur finden sich viele Empfehlungen und Einteilungen, wie Fleisch mit bestimmten pH-Werten verwertet werden sollte.

Bei der Mehrzahl der Tierkörper (51 von 62 oder 82,3 Prozent) war der pH-Wert in einem Bereich, der das Fleisch zum Verkauf als frisches Fleisch und auch zur Veredelung zu Rohwurst

geeignet erscheinen lässt (Tab. 8). Je nach Grenzwertsetzung waren bei vier oder fünf Tieren DFD-Werte messbar, womit das Fleisch in der Vakuumverpackung unter Kühlung nicht lagerfähig wäre. Bei weiteren sechs Tierkörpern ist der End-pH-Wert im DFD-Verdachtsbereich.

Tab. 8: Beurteilung der pH-Werte von 62 Gämsen anhand von fleischtechnologischen Grenzwerten

pH	n	%	Verwendung als frisches Fleisch	Verwendung bei der Herstellung von Fleischerzeugnissen
5,4-5,8	51	82,3	Ideal für Fleischreifung (Prändl <i>et al.</i> 1988, Wirth <i>et al.</i> 1990)	Für Rohwürste verwendbar (Wirth <i>et al.</i> 1990)
5,8-6,0	6	9,7	Bedingt haltbar; „intermediate DFD“ (Wiklund u. Smulders 2011)	Für Kochpökelwaren verwendbar (Wirth <i>et al.</i> 1990)
6,0-6,2	1	1,6	Nicht geeignet; DFD	
			Nicht geeignet; DFD (Wiklund u. Smulders 2011)	
≥6,2	4	6,5		

4. Diskussion

4.1 Lage der Schusswunden

Bei der Erlegung soll das Wild schnell und ohne unnötiges Leid zu Tode kommen. Dies ist einerseits aus Sicht des Tierschutzes wichtig, andererseits kann auch das Entweiden und die weitere Versorgung rasch durchgeführt werden, was für die hygienische Qualität des Wildfleisches wichtig ist (Fink 1982). Bei der Bejagung wird empfohlen, den Schuss im Dreieck: Schultergelenk - hinterer Schulterblattwinkel – Ellbogenhöcker zu platzieren, da so die Herzbasis und große Blutgefäße zerstört werden und damit rasch Ohnmacht und der Tod eintreten (Winkelmayer *et al.* 2005, 2015). Bei reinen Laufverletzungen ist ein rascher Todeseintritt nicht anzunehmen. Zu beachten ist auch, dass ein Zusammenhang zwischen abdominalen Schusswunden, sichtbaren Verschmutzungen und höheren Bakterienzahlen auf den freiliegenden Muskeloberflächen besteht (Paulsen und Schopf 2016). Da der Verlauf des Wundkanals von der Stellung des Tiers zum Schützen, der Bewegung der Tiere, von Zielfehlern und von Richtungsabweichungen von Geschossfragmenten im Tierkörper abhängt (Atanassova *et al.* 2008, Avagnina *et al.* 2012, Brodowski und Beutling 1998, Deutz *et al.* 2006) und diese Umstände bei der Bewertung der Tierkörper nicht bekannt waren, sollte aus der Lage der Schusswunden nicht automatisch ein Rückschluss auf die Schießfertigkeit des Schützen/der Schützin gezogen werden. Wenn die Häufigkeit von rein thorakalen Wunden betrachtet wird, ergeben sich für die 62 untersuchten Gamstierkörper 67,7 Prozent. Dieser Wert ist in derselben Größenordnung wie die im selben Betrieb durchgeführten Untersuchungen bei Rehen (69,1 Prozent; Herbsthofer 2019) und Rotwild (78,2 Prozent, Staubmann 2017) und damit höher als bei Schwarzwild (47,2 Prozent; Staubmann 2017). Bei dieser Diplomarbeit über Gämse war die Annahme, dass durch die weite Entfernung, die bei der Bejagung der Gämse zu erwarten ist, eher weite Schussdistanzen nötig sind und es dadurch zu schlechteren Schüssen bzw. nicht tödlichen Wunden kommt. Die erhaltenen Ergebnisse stützen diese Vermutung zwar nicht, da die Beprobung der Gämse aber nur an zwei Tagen erfolgte, sollte die Repräsentativität der Ergebnisse durchaus kritisch gesehen werden.

4.2 Beurteilung der pH-Werte

Nach dem Tod kommt es je nach Temperatur, Energiereserven und Muskelfasertyp zu einem mehr oder weniger schnellen Absinken des pH-Wertes. Für Säugetiere bzw. Huftiere wird als Endwert der Bereich von 5,4-5,8 angegeben; die pH-Werte können nach dem Erreichen des Tiefstwertes in den folgenden Tagen durch Proteolyse wieder ansteigen (Lawrie und Ledward 2006). Bei der Darstellung von „End“-pH-Werten ist die Berücksichtigung des Zeitraums zwischen Tod und pH-Messung wichtig. Der in dieser Studie ermittelte Medianwert von 8 Tagen ist länger als jener in den Studien für Rehe (6 Tage; Herbsthofer 2019), Rotwild (4 Tage; Staubmann 2017) und Schwarzwild (5 Tage, Staubmann 2017). Andererseits hatte bei den Gämsen die Dauer vom Erlegen bis zur Messung (<5 Tage oder ≥ 5 Tage) keinen signifikanten Einfluss auf die Häufigkeit erhöhter pH-Werte. Der im Rückenmuskel von Gämsen ermittelte durchschnittliche pH-Wert von $5,70 \pm 0,20$ ist etwas höher als bei Rehen ($5,57 \pm 0,17$; Herbsthofer 2019). Ob hier die unterschiedliche durchschnittliche Dauer von der Erlegung bis zur Messung eine Rolle gespielt hat, kann nur vermutet werden. Die Werte sind aber im für Schalenwild erwarteten Bereich (Riemer und Reuter 1979, Paulsen *et al.* 2005, Deutz *et al.* 2006, Hoffman *et al.* 2011, Irschik *et al.* 2011; Wiklund und Smulders 2011). Der Prozentsatz von Tierkörpern mit erhöhten pH-Werten $>5,8$ betrug für Gämsen 17,7 Prozent, ein ähnlicher Prozentsatz wurde für Schwarzwild berichtet (16,8 Prozent; Staubmann 2017); niedrige Prozentsätze aber für Rot- und Rehwild (1,6 Prozent, Staubmann 2017; 5,1 Prozent, Herbsthofer 2019). Der Anteil von Gämsen mit $\text{pH} > 6,2$ (4/62) war höher als bei Rehen (1/174; Herbsthofer 2019). Bei zwei der vier Gämsen war der Tag der Erlegung bekannt, nämlich drei und 16 Tage. Wenn auch die Dauer zwischen Erlegung und Messung ein Faktor für höhere pH-Werte sein kann, ist doch auch immer eine Energieverarmung vor dem Tod, entweder durch chronische Erkrankungen (Paulsen *et al.* 2004; Herbsthofer 2019) oder durch die Art der Bejagung (Sauvala *et al.* 2015, Hoffman und Laubscher 2009, Wiklund und Smulders 2011) bzw. durch nicht sofort tödliche Wunden (Hoffman 2000), zu bedenken. Lebensalter und saisonale Einflüsse (Brodowski und Beutling, 1998; Bittner und Beutling 2001; Herbsthofer 2019) können ebenfalls den pH-Wert beeinflussen, in dieser Studie ergeben sich darauf aber keine Hinweise. Bei zwei der vier Tierkörper, die einen End-pH-Wert von über 6,2 hatten, ließen sich bei einer Gams multiple Frakturen von Wirbelsäule und Rippen erkennen und bei

dem anderen Tier konnte durch den Sitz der Kugel (caudal im Bereich der letzten Lendenwirbel) vermutet werden, dass dieser Schuss nicht sofort tödlich war. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen nicht-tödlichen Schusswunden und erhöhten End-pH-Werten konnte nicht hergestellt werden.

4.3 Fleischtechnologische Bewertung

Bei der fleischtechnologischen Bewertung des pH-Wertes ist der End-pH-Wert zu beachten, der bei Säugetieren im Bereich 5,4-5,8 liegt (Lawrie und Ledward 2006). Niedrige pH-Werte sind für die mikrobiologische Stabilität vorteilhaft, jedoch weist das Fleisch ein schlechteres Wasserbindungsvermögen auf (pH-Wert näher am isoelektrischen Punkt der Muskelproteine; Lawrie und Ledward 2006). Für die Fleischverarbeitung ist dies zwar kein direkter Vorteil, aber bei niedrigem pH-Wert läuft die Pökelfarbe schneller ab (Bauer und Smulders 2015). Fleisch mit hohen End-pH-Werten hingegen gibt kaum Gewebwasser ab, sondern nimmt bei Zerkleinerung Wasser auf, was für die Wurstbräterzeugung wichtig ist (Prändl *et al.* 1988, Wirth *et al.* 1990). Bei einigen Produkten kann durch Mischen verschiedener Fleischteile der pH-Wert ausgeglichen werden, während bei frischem Fleisch und im Ganzen gepökelter Ware der pH-Wert kritisch ist (Wirth *et al.* 1990). Da in dieser Studie der Rückenmuskel von Gämsen untersucht wurde, haben die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit besondere Bedeutung für diese beiden Produktgruppen. Von den 62 Gamsrücken waren 82,3 Prozent für die letztgenannten Vermarktungsformen gut geeignet und 9,7 Prozent bedingt verwendbar. Wenn die Teilstücke nach Zerlegung und Verpackung sofort tiefgekühlt werden, haben die höheren pH-Werte aber keinen nachteiligen Effekt für die Haltbarkeit.

5. Zusammenfassung und Summary

5.1 Zusammenfassung

In dieser Diplomarbeit wurde der pH-Wert im Rückenmuskel von 62 Tierkörpern von Gämsen gemessen und auf einen Zusammenhang der pH-Werte mit dem Alter der Tiere, der Zeit vom Erlegen bis zur Beprobung und der Lage der Schusswunde geprüft. Die pH-Wert Messung erfolgte im letzten oder vorletzten Zwischenrippenraum knapp lateral vom Wirbelkörper.

Der pH-Wert betrug im Durchschnitt $5,70 \pm 0,20$. Ein pH-Wert über 5,8 (Verdacht auf DFD Fleisch) konnte bei elf Tierkörpern festgestellt werden; bei vier dieser elf Tierkörper waren die Werte über 6,2 (DFD Fleisch). Von den elf Tierkörpern mit erhöhten pH-Werten ($>5,8$) wiesen neun Tierkörper Ein- und Austrittswunden im vorderen Thorax auf, bei einem Wildkörper waren Thorax und Rücken verletzt; reine Lauf- oder reine Abdominalwunden kamen aber nicht vor. Ein Tierkörper wies die Schusswunde im Lendenwirbelsäulenbereich auf und hatte einen pH-Wert von 6,25. Die anderen drei Tierkörper mit $\text{pH} > 6,2$ hatten rein thorakale Schusswunden. Rein craniale thorakale Schusskanäle wurden bei 42 (67,7 Prozent) der Gämsen festgestellt. Die Zeit von der Erlegung bis zur Beurteilung der Tierkörper konnte bei 56 Tierkörpern ermittelt werden und betrug im Mittel $8,6 \pm 4,2$ Tage.

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen nicht-tödlichen Schusswunden, Alter, Zeit von der Erlegung bis zur Beprobung und erhöhten End-pH-Werten konnte nicht hergestellt werden.

Bei der Mehrzahl der Tierkörper (51/62 oder 82,3 Prozent) war der pH-Wert in einem Bereich, der das Fleisch zum Verkauf als frisches Fleisch und auch zur Rohwurstherstellung geeignet erscheinen lässt.

Weitere Einflussfaktoren wie Zeit vom Erlegen bis zum Ausweiden, Zeitspanne vom Erlegen bis in die Kühlzelle und Lagerungsbedingungen der Wildkörper wurden bedingt durch den Studienaufbau in dieser Diplomarbeit nicht erfasst.

5.2 Summary

Ultimate-pH in *longissimus thoracis* muscle of hunted chamois and influence of the location of the shot wound

In this diploma thesis the ultimate-pH in the longissimus muscle of hunted chamois was measured and it was studied if there was a correlation with age of the animals, time from killing to testing and placement of the shot wound. Ultimate-pH was measured between 12th and 13th or 11th and 12th ribs, near to the vertebrae.

Average pH was 5.70 ± 0.20 . Values above 5,8 (suspect for DFD condition) were measured in 11 carcasses, in four of these, pH was >6.2 and thus, indicative for DFD condition. Nine of these 11 carcasses had shot wounds with entry and exit in the cranial thorax, one had a shot wound inflicting thorax and longissimus muscle, but not carcasses had abdominal or leg wounds. One carcass with pH of 6.25 had the shot wound in the loin, but the three others with $\text{pH} > 6.2$ had thoracal shot wounds. In total, 42 (67.7 %) carcasses had shot wounds in the cranial thorax. Average time from killing to testing could be determined by 56 carcasses and was 8.6 ± 4.2 days.

No statistically significant difference could be established between the ultimate-pH and the location of the shot wound, or time from killing to testing or age of the animals.

In 51/62 carcasses (82.3 %) the ultimate-pH was in the recommended range for meat to be sold as fresh meat or to be processed into fermented sausages.

Further influencing factors like the time between culling to evisceration, the time span between culling and the transport to cold storage rooms and storage conditions of the game carcasses could not be considered in this diploma thesis.

6. Literaturverzeichnis

Atanassova V, Apelt J, Reich F, Klein G. 2008. Microbiological quality of freshly shot game in Germany. *Meat Science*, 78: 414-419.

Avagnina A, Nucera D, Grassi MA, Ferroglio E, Dalmaso A, Civera T. 2012. The microbiological conditions of carcasses from large game animals in Italy. *Meat Science* 91: 266-271.

Bauer A, Smulders Frans J.M. (Hg.) 2015. Tierproduktion und veterinärmedizinische Lebensmittelhygiene. Ein synoptisches Lehrbuch. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

Bittner R, Beutling D. 2001. Fleischqualität bei Reh- und Schwarzwildbret unter dem Einfluss von Blatt- und Rauschzeit. *Fleischwirtschaft*, 10: 112-115.

Brodowski G. und Beutling D. 1998. Der Einfluss exogener Faktoren auf die Wildbretqualität von Dam-, Reh- und Schwarzwild. *Fleischwirtschaft*, 78: 1298-1300.

Deutz A, Völk F, Pless P, Fötschl H, Wagner P. 2006. Wildfleischhygienische Aspekte zu Stöberjagden auf Rot- und Rehwild. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 57: 197-202.

Deutz A, Pless P. 2006: Untersuchung zur Wildtbretqualität von auf Stöberjagden erlegten Rot- und Rehwild, 5.2006, 3–11.

Doc-check. <https://flexikon.doccheck.com/de/Muskelfaser> (Zugriff: 4.10.2020)

Dutter R, Sternath M. 2014. Der Jagdprüfungsbehelf für Jungjäger und Jagdaufseher. 18., neubearbeitete Auflage.

Ecker K. 2016. Zellphysiologie, Muskulatur und Neurologie. Zweite Aufl. Norderstedt: BoD-Books on Demand.

Engelhardt W, Breves G, Aurich C. (Hg.) 2010. Physiologie der Haustiere. 3., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: Enke.

Fink, H.-G. 1992. Wild. In: Fehlhäber, K., Janetschke, P. (Hrsg.): Veterinärmedizinische Lebensmittelhygiene. G. Fischer, Jena-Stuttgart, 412-448.

Hanson J, Huxley HE. 1953. Nature, London, 172: 530.

Herbsthofer M. 2019. Untersuchung zu End-pH-Werten im Fleisch (Rückenmuskel) und zur visuell beurteilbaren Sauberkeit der Leibeshöhlen von erlegtem, ausgeweidetem Rehwild. [Diplomarbeit]. Vet. Med. Univ. Wien

Hoffman, L.C., 2000. Meat quality attributes of night-cropped Impala (*Aepyceros melampus*). S. Afr. J. Anim. Sci. 30: 133--137.

Hoffman L.C., Cawthorn D. 2004. Exotic and other Species. In: Dikeman M, Devine C, Hrsg. Encyclopedia of meat science Vol 3. Zweite Aufl. London, Oxford, Boston, New York, San Diego: Academic Press, 1092-1096.

Hoffman, L.C., Laubscher, L.L. 2009. Comparing the effects on meat quality of conventional hunting and night cropping of impala (*Aepyceros melampus*). S. Afr. J. Wildl. Res. 39: 39--47.

Hoffman, L.C., Wiklund, E. 2006. Game and venison – meat for the modern consumer. Meat Science 74: 197-208.

Höhne, F. 2020. Oberflächenkeimzahlen von Gamswild-Tierkörpern vor der Zerlegung im zugelassenen Wildbearbeitungsbetrieb. [Diplomarbeit]. Vet. Med. Univ. Wien

Honikel KO. 2004. pH Measurement. In: Dikeman M, Devine C, Hrsg. Encyclopedia of meat science Vol 1. Zweite Aufl. London, Oxford, Boston, New York, San Diego: Academic Press, 238-242.

Irschik I, Bauer F, Paulsen P. 2012. Meat quality aspects of roe deer, with regard to the mode of killing (shooting). Archiv für Lebensmittelhygiene, 63: 115-120.

Lawrie R.A, Ledward D. 2006. Lawrie's Meat Science. Siebente Aufl. Boca Raton, Boston, New York, Washington DC: CRC Press. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Lawrie R.A, Ledward D. 2006. Lawrie's meat science. 7th ed. Boca Raton, FL, Cambridge, England: CRC Press (Woodhead Publishing series in food science and technology). Online verfügbar unter <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=176008>.

Lecturio. <https://www.lecturio.de/magazin/muskel-physiologie/#muskeltypen> (Zugriff: 4.10.2020)

Mojto J, Kartusek V, Slamecka J. 1994. Einfluss zweier verschiedener Schlachtmethoden auf die Fleischqualität von in landwirtschaftlichen Gehegen gehaltenen Damhirschen. Ber. 2. Europ. Fachtagung zur landwirtschaftlichen Wildtierhaltung, 29. Sept. ñ 1. Okt., Bundesverb. F. landwirtschftl. Wildtierhaltung, Bonn, 160-167.

Paulsen P, Winkelmayr R, Smulders F.J.M, Bauer F, Hofbauer P. 2005. A note on quality traits of vacuum-packaged meat from roe-deer cut and deboned 12 and 24h post mortem. Fleischwirtschaft, 85: 114–117.

Paulsen P, Schopf E. 2016. Wildbrethygiene bei Rehen - Lage der Schusswunden bei Rehen, Bewertung von Verschmutzungen und mikrobielle Belastung der Brust- und Bauchhöhle. Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung 68: 431-433.

Paulsen P, Avagnina A, Smulders F.J.M. 2015. Pilot study on the time profile and corresponding temperatures of game meat in the approved game meat chain in Austria. *J. Food Safety Food Qual.* 66: 132-135.

Paulsen P, Forejtek P, Vodnansky M, Staubmann M, Smulders F.J.M. 2018. Wildfleischqualität von auf Bewegungsjagden erlegten Wildschweinen. *Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung* 70: 29-31.

Paulsen P, Puchegger F, Kohlross H. 2004. Wildfleischhygiene: Gelenksentzündungen beachten! *Österreichs Weidwerk* 76(10): 16-18.

Paulsen P. 2014. Trends in game meat hygiene. From forest to fork ; [International Research Forum on Game Meat Hygiene Second International Conference, Vienna ; contributions. Wageningen: Wageningen Acad. Publ. Online verfügbar unter <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&AN=947611>.

Paulsen P, Bauer A, Smulders F.J.M. (Hg.) 2017. Game meat hygiene. Food safety and security. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

Prändl O, Fischer A, Schmidhofer T, Sinell H-J. 1988. *Handbuch der Lebensmitteltechnologie: Fleisch. Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung.* Stuttgart: Ulmer Verlag

Reimoser S, Reimoser F. 2019. Lebensraum und Jagdstrecke. Abschussdichten verschiedener Wildarten in den österreichischen Bezirken seit 1955. - 1. Teil: Gamswild. *Weidwerk* 91: 20–22.

Riemer R, Reuter G. 1979. Untersuchungen über die Notwendigkeit und Durchführbarkeit einer Wildfleischuntersuchung bei im Inland erlegtem Rot- und Rehwild - zugleich eine Erhebung über die substantielle Beschaffenheit und die Mikroflora von frischem Wildfleisch. *Fleischwirtschaft*, 59 (6): 857-864.

Sachs L. 1992. Angewandte Statistik. Siebente Auflage. Berlin-Heidelberg, New York: Springer.

Sauvala M, Laaksonen S, Jalava K, Fredriksson-Ahomaa M. 2015. Hunting hygiene, contamination and pH values of Finnish moose. p. 16. In: Seguíno A, Soare C and Paulsen P. (eds.). IRFGMH 2015 conference proceedings. Trends in game meat hygiene: From forest to fork. R(D)SVS, Edinburgh.

Staubmann M. 2017. pH-Werte im Rückenmuskel von Rot- und Schwarzwildtierkörpern in einem Wildbearbeitungsbetrieb. [Diplomarbeit]. Vet. Med. Univ. Wien

Wiklund E, Stevenson-Barry JM, Duncan SJ, Littlejohn RP. 2001. Electrical stimulation on red deer (*cervus elaphus*) carcasses – effects on rate of pH-decline, meat tenderness, colour stability and water-holding capacity. *Meat Science*, 59: 211-220.

Wiklund E. and Smulders F.J.M. 2011. Muscle biological and biochemical ramifications of farmed game husbandry with focus on deer and reindeer. pp. 297–324. In: P. Paulsen, A. Bauer, R. Winkelmayr, M. Vodnansky and F.J.M. Smulders (eds.). *Game meat hygiene in focus: Microbiology, epidemiology, risk analysis and quality assurance*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.

Winkelmayr R, Malleczek D, Paulsen P, Vodnansky M. 2005. Röntgenanatomische Untersuchungen beim Rehwild in Hinblick auf den optimalen Zielpunkt für den tierschutzgerechten und wildbrethygienisch einwandfreien Schuss. *Veterinary Medicine Austria / Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 92: 40-45.

Winkelmayr R, Paulsen P, Lebersorger P, Zedka H.F. 2015. *Wildbret-Hygiene – Das Buch zur Guten Hygienepaxis bei Wild*, 6. völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Zentralstelle Österr. Landesjagdverbände, 252 Seiten. ISBN 978-3-9504067-0-2.

Winkelmayer R. 2000. Wildbrethygiene zwischen Theorie und Praxis - mit einer kritischen Würdigung der österreichischen Wildfleisch-Verordnung. Tagung für die Jägerschaft. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein. A-8952 Irdning, 2.2000.

Winkelmayer R. 2011. Wildbret-Hygiene. Das Buch zur guten Hygienepaxis bei Wild; [Ausbildungsbuch auf Basis des "Hygienepakets" der EU. 4., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Wien: Zentralstelle Österr. Landesjagdverbände.

Wirth F, Leistner L, Rödel W. 1990. Richtwerte der Fleischtechnologie. 2. Aufl. Frankfurt am Main: Dt. Fachverl.

7. Abbildung-/Tabellenverzeichnis

Abb. 1: End-pH-Werte im Rückenmuskel von Gämsen (n=62)

Tab. 1: Nährwerte von Wildfleisch (Winkelmayer 2011)

Tab. 2: Energiequellen und deren Verstoffwechselung

Tab. 3: Erwartete Wertebereiche für pH-Werte von Fleisch und Fleischerzeugnissen (Wirth *et al.* 1990)

Tab. 4: Lage der Wundkanäle bei 62 beurteilten Gams-Tierkörpern

Tab. 5: Bezug der Lage der Schusswunde zum End-pH im Rückenmuskel von Gämsen (n=62)

Tab. 6: Bezug der Dauer zwischen Erlegung und Messung zum End-pH im Rückenmuskel von Gämsen (n=62)

Tab. 7: Bezug des Alters der Gämsen zum End-pH im Rückenmuskel (n=62)

Tab. 8: Beurteilung der pH-Werte von 62 Gämsen anhand von fleischtechnologischen Grenzwerten