

# Abschlussbericht

## Marbling\_Rindfleisch

Fleisch-Marmorierung als Qualitätsmerkmal bei Rindfleisch



# Abschlussbericht

Projekt Nr. 101441

**Fleisch-Marmorierung als Qualitätsmerkmal bei Rindfleisch**

**Marbling as a criteria to assess meat quality of beef**

**Akronym: Rindfleisch-Marbling**

## **Projektleitung und Berichtlegung:**

Dr. Margit Velik, HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Eva Beyerl, BSc, Masterstudentin der Universität für Bodenkultur, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften

## **Projektmitarbeiter (wenn nicht anders angegeben, dann HBLFA Raumberg-Gumpenstein):**

Roland Kitzer

Ing. Josef Kaufmann

Dr. Georg Terler

Priv.-Doz. Dr. Andreas Steinwidder

Dr. Johannes Frickh, BMLRT, Abteilung II/6

## **Projektpartner:**

Universität für Bodenkultur, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften (Ao. Univ. Prof. Dr. W.F. Knaus, Priv.-Doz. Dr. Birgit Fürst-Waltl)

## **Projektlaufzeit:**

2019 – 2021

Irdning-Donnersbachtal, 2020

## Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Landwirtschaft

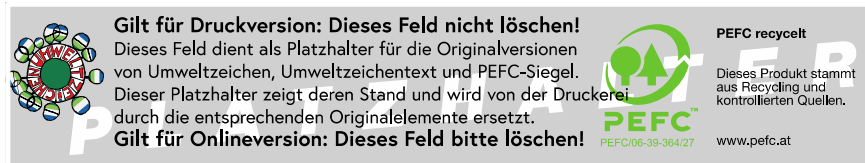
Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

raumberg-gumpenstein.at

Autorinnen und Autoren: Dr. Margit Velik, Eva Beyerl, BSc

Gesamtumsetzung:

Fotonachweis:



Irdning-Donnersbachtal, 2021. Stand: 11. Juni 2021

### Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundeskanzleramtes und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an [margit.velik@raumberg-gumpenstein.at](mailto:margit.velik@raumberg-gumpenstein.at).

Der Abschlussbericht entspricht der Masterarbeit von Eva Beyerl, die im Juni 2021 ihre **Masterarbeit an der BOKU Wien**, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften, mit dem Titel „**Einflussgrößen auf die Rindfleischmarmorierung basierend auf österreichischen Rindermast-Versuchsergebnissen**“ abgeschlossen hat.

# Inhalt

<b>1 Zusammenfassung und Abstract .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Einleitung und Fragestellung .....</b>	<b>8</b>
<b>3 Literaturübersicht .....</b>	<b>9</b>
3.1 Rindfleischproduktion in Österreich .....	9
3.2 Schlachtkörperklassifizierung .....	9
3.2.1 EUROP-System in der Europäischen Union .....	9
3.2.2 In Drittländern .....	10
3.3 Rindfleischqualität .....	10
3.3.1 Kühlung und Reifung .....	11
3.3.2 Farbe .....	11
3.3.3 Marmorierung .....	11
3.3.4 Zartheit .....	14
3.3.5 Saftigkeit .....	14
3.3.6 Aroma und Geschmack .....	15
3.4 Einflüsse auf den IMF-Gehalt .....	15
3.4.1 Tierspezifische Faktoren .....	15
3.4.2 Produktionsspezifische Faktoren .....	16
3.5 Zusammenhang zwischen intramuskulärem Fett und Fleischqualität (Zartheit, Saftigkeit, Aroma/Geschmack) .....	18
<b>4 Tiere, Material und Methoden .....</b>	<b>21</b>
4.1 Versuchsübersicht .....	21
4.2 Datenübersicht: Mittelwerte und Standardabweichungen .....	23
4.3 Beschreibung der vorhandenen Daten und Datenerhebung .....	26
4.3.1 Mast- und Schlachtleistungsmerkmale .....	26
4.3.2 Fleischqualitätsparameter .....	27
4.3.3 Verkostung .....	28
4.3.4 IMF-Gehalt und Marmorierungsbewertung .....	28
4.4 Datenverarbeitung und statistische Auswertungen .....	30
4.4.1 Einteilung in die Marmorierungsklassen nach Ristic (1987) .....	30
4.4.2 Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und Zartheit bzw. Saftigkeit von Rindfleisch .....	30
4.4.3 Kovarianzanalyse .....	30
4.4.4 Marmorierungsbeurteilung nach Ristic (1987) und Frickh et al. (2003b) .....	32
<b>5 Ergebnisse und Diskussion .....</b>	<b>33</b>

5.1	Zuteilung zu den Marmorierungsklassen nach Ristic (1987).....	33
5.2	Übereinstimmung subjektive Marmorierungsbeurteilung und IMF-Gehalte nach NIRS bzw. VBA .....	34
5.3	Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und Zartheit bzw. Saftigkeit von Rindfleisch .....	35
5.3.1	Fleischqualitätsparameter.....	36
5.3.2	Korrelation mit Verkostungsergebnissen .....	38
5.4	Kovarianzanalyse.....	38
5.5	Marmorierungsbeurteilung von Fleischproben-Fotos durch Mitarbeiter der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.....	42
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>44</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>45</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>46</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>47</b>

# 1 Zusammenfassung und Abstract

Im europäischen Beurteilungsschema von Rinderschlachtkörpern werden Kriterien für die Fleischqualität (Farbe, Marmorierung, Rückenmuskelfläche etc.) nicht mit einbezogen. Im Gegensatz dazu wird diesen in Nordamerika, Asien und Australien große Bedeutung zugemessen. Denn die Marmorierung gilt als Voraussetzung für ausgezeichneten Geschmack, gutes Aroma sowie Saftigkeit und Zartheit des Rindfleisches. Unter dem Begriff Marmorierung versteht man das intramuskuläre Fett (IMF), das als Fettinseln im Fleisch sichtbar ist. Um der Marmorierung bzw. dem intramuskulären Fettgehalt von Rindfleisch mehr Bedeutung beizumessen, wurden Daten von 18 verschiedenen Mastversuchen aus Österreich ausgewertet. In diesen Mastversuchen waren Rinder der Kategorien Stier, Ochse, Kalbin und Jungrind der Rassen Fleckvieh, Pinzgauer, Grauvieh, Holstein sowie Kreuzungen mit Charolais, Limousin und Wagyu vertreten. Ziel dieser Arbeit war es (a) den intramuskulären Fettgehalt von Rindfleisch basierend auf österreichischen Mastversuchen (Stier, Ochse, Kalbin und Jungrind) darzustellen, (b) Zusammenhänge zwischen dem IMF-Gehalt und Zartheit bzw. Saftigkeit zu finden, (c) Einflussgrößen auf den IMF-Gehalt zu beschreiben und (d) festzustellen, ob Konsumenten Rindfleischprobenfotos anhand von Marmorierungskarten in die Marmorierungsklassen zuteilen können.

Der Großteil des Rindfleisches von österreichischen Mastversuchen wurde den ersten drei Marmorierungsklassen nach Ristic (1987) (0 bis 5 % IMF-Gehalt) zugeteilt. Rinder, die den Marmorierungsklassen 4 und höher (> 5 % IMF) zugeteilt wurden, waren größtenteils auf spezielle Rassen bzw. Rassenkreuzungen mit Grauvieh und Wagyu zurückzuführen. Stiere zeigten einen weitaus niedrigeren IMF-Gehalt als Ochsen und Kalbinnen, denn 71 % der Stiere wurden der Klasse 2 (1-3 % IMF-Gehalt) zugeteilt, während mehr als drei Viertel der Ochsen und Kalbinnen den Klassen 2 bis 3 (1-5 % IMF-Gehalt) zugeteilt wurden.

Weiters wurden in dieser Arbeit Korrelationen berechnet und Scatterplots erstellt, um Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und den Fleischqualitätsmerkmalen Saftigkeit und Zartheit zu beschreiben. Diese Korrelationen zeigten allerdings nur schwache Zusammenhänge zwischen dem IMF-Gehalt und der Scherkraft, dem Kochsaftverlust bzw. den Verkostungsparametern Zartheit und Saftigkeit. Zwischen dem IMF-Gehalt und dem Grillsaftverlust konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Allerdings könnte die geringe Spannweite der IMF-Gehalte ein Mitgrund für die schwachen Zusammenhänge sein.

Laut Literatur gibt es einige Faktoren, die den IMF-Gehalt beeinflussen, dazu zählen tierspezifische Faktoren (Kategorie, Rasse) und produktionsspezifische Faktoren (Schlachtalter, Mastendgewicht, Fütterung). In der vorliegenden Arbeit wurde ein statistisches Modell ausgewertet, für das 11 Mastversuche verwendet wurden. Dieses Modell beinhaltete die Rinderkategorien Stier, Ochse und Kalbin sowie die Rasse Fleckvieh und die Kreuzungen Fleckvieh x Charolais und Fleckvieh x Limousin. Die Tierkategorie hatte einen tendenziellen, nur knapp über der Signifikanzschwelle liegenden Einfluss auf den IMF-Gehalt. Demgegenüber beeinflusste die Rasse (Fleckvieh bzw. Fleckvieh-Gebrauchskreuzungen mit Limousin und Charolais) den IMF-Gehalt nicht. Das Schlachtalter, das Nierenfett sowie die Fettgewebeklasse konnten als weitere Effekte auf den IMF-Gehalt bestätigt werden.

Konsumenten konnten Rindfleischprobenfotos anhand von 6-teiligen Marmorierungskarten (verbale Beschreibung von Ristic, 1987 und Fotos von Frickh et al., 2003b) den Marmorierungsklassen gut bis sehr gut zuteilen. Es zeigte sich, dass bei rund 20 % der Proben zumindest  $\frac{3}{4}$  der Beurteiler einheitlich eine andere Marmorierungsklasse als laut chemisch analysiertem IMF-Gehalt definiert vergaben. Wenn mindestens  $\frac{3}{4}$  der Beurteiler einheitlich eine andere Marmorierungsklasse vergaben, wurde der Goldstandard angepasst und dadurch verbesserten sich, wie zu erwarten, die Ergebnisse. Das zeigt, dass die Marmorierungsfotos nach Frickh et al. (2003b) gemeinsam mit der Beschreibung von Ristic (1987) gut gewählt sind und bereits nach kurzer Einschulung für die Beurteilung der Marmorierung geeignet wären. In 6 Versuchen wurden die Korrelationen zwischen der subjektiven Marmorierungsbewertung und dem IMF-Gehalt (NIRS) berechnet. Dabei lag der Korrelationskoeffizient zwischen 0,47 und 0,85 (im Durchschnitt bei 0,63).

**Schlagwörter:** Rindermast, Schlachtkörper. Fleisch, intramuskuläres Fett, innere Fleischqualität, Rasse, Schlachalter, Klassifizierung, Einflussfaktoren

## **Abstract**

In the European beef grading system, indicators for meat quality (meat colour, marbling score, rib-eye area etc.) are not included. In contrast, North America, Asia and Australia already use these indicators for meat quality in their grading system. This is because marbling is a valuable predictor of excellent taste, good aroma, juiciness and tenderness of beef. The term marbling refers to the intramuscular fat (IMF) that is visible as white flecks of fat in the muscle. In order to make marbling or intramuscular fat content in Austrian beef more popular, data from 18 different fattening studies were evaluated. In these data, cattle in the categories bull, steer, heifer and suckler calves of the breeds Fleckvieh, Pinzgauer, Grauvieh and Holstein as well as crosses with Charolais, Limousin and Wagyu were included. The aim of this study was (a) to present the intramuscular fat content of beef based on Austrian fattening studies (bull, steer, heifer and suckler calves), (b) to find correlations between IMF content and tenderness or juiciness, (c) to describe influencing variables on IMF content and (d) to determine whether consumers can assign beef sample photos to marbling classes on the basis of marbling cards.

The majority of beef based on Austrian fattening studies was allocated to the first three marbling classes according to Ristic (1987) (0 to 5 % IMF content). Cattle classified in marbling classes 4 and higher (> 5 % IMF) were observed to the inclusion of special breeds or breed crosses with Grauvieh and Wagyu. The bulls showed a much lower IMF content than steers and heifers, as 71 % of the bulls were allocated to class 2 (1-3 % IMF content), while the majority of steers and heifers were allocated to classes 2 and 3 (1-5 % IMF content).

Furthermore, correlations were calculated and scatterplots created to show relationships between the IMF content and juiciness and tenderness of the beef. However, these correlations showed only weak relationships between IMF content and shear force, cooking loss of water or the tasting parameters of tenderness and juiciness. No correlation was found between IMF content and grill loss. However, the low range of IMF contents could be a co-reason for the weak correlations.

According to the literature, there are some factors that influence IMF content, including animal-specific factors (category, breed) and production-specific factors (slaughter age, final fattening live weight, feeding intensity). In the present work, a statistical model was evaluated for which 11 fattening studies were used. This model included the categories bull, steer and heifer as well as the breed Fleckvieh and the breed crosses Fleckvieh x Charolais and Fleckvieh x Limousin. The animal category tended to have an influence on the IMF content, whereas the breed (Fleckvieh and the breed crosses Fleckvieh x Charolais and Fleckvieh x Limousin) did not influence the IMF content. Age at slaughter, kidney fat and fat score were significant factors influencing IMF content.

Consumers were able to assign beef sample photos to the 6 marbling classes (verbal description of Ristic, 1987 and example photos of Frickh et al, 2003b) in a good to very good manner on the basis of marbling photos. Results demonstrate that 20% of the beef photos were consistently assigned by at least ¾ of the test persons to another marbling class. If at least ¾ of the evaluators uniformly assigned a different marbling class, the gold standard was adjusted, resulting in improved results as expected. This shows that the marbling photos according to Frickh et al. (2003b) together with the description of Ristic (1987) would be suitable for the assessment of marbling with very little training. In 6 experiments, the correlations between the subjective marbling assessment and the IMF content (NIRS) were calculated. The correlation coefficients ranged from 0.47 to 0.85 (on average: 0.63).

**Keywords:** cattle fattening, carcass, beef, intramuscular fat, meat quality, breed, slaughter age, conformation and fat class, influence factors



## 2 Einleitung und Fragestellung

Nach einer Befragung der AMA-Marketing (AMA Marketing, 2019) gaben 76 % der Österreicher, die zumindest ab und zu Fleisch kaufen (n = 1866) an, Rindfleisch nach „hoher Fleischqualität“ auszuwählen. Weiters gaben 56 % der Befragten an, vermehrt auf Qualität zu setzen und den Konsum von Fleisch im Gegenzug zu verringern. Aber wird die Fleischqualität im aktuellen europäischen Beurteilungsschema überhaupt berücksichtigt? Denn laut Bonny et al. (2016) fehlt der klare Zusammenhang zwischen der Fleischigkeitsklasse bzw. der Fettgewebeklasse nach dem EUROP-System und den sensorischen Eigenschaften von Rinderschlachtkörpern. Nogalski et al. (2019) meinen, dass man von der Einstufung nach der europäischen Schlachtkörperklassifizierung nicht auf die Qualität des Rindfleisches schließen kann und dass von der Fettklasse noch eher Rückschlüsse auf vereinzelte Qualitätsmerkmale gezogen werden können als von der Fleischigkeitsklasse. Weitere Arbeiten argumentieren, dass es bei der europäischen Klassifizierung nicht um Qualität, sondern um Quantität geht (Janiszewski et al., 2018; Liu et al., 2020). Monteils et al. (2017) beschäftigten sich damit, wie man das europäische Beurteilungssystem verbessern könnte und kamen zu dem Schluss, dass unter anderen Merkmalen auch die Marmorierung des Fleisches berücksichtigt werden soll. Vor allem in Nordamerika und Asien spielt die Marmorierung eine wichtige Rolle und das sichtbare Fett wird als positiv beurteilt, da es ein Kriterium für gute Qualität des Rindfleisches ist (Hocquette et al., 2010). Weiters zeigt eine französisch-australische Studie auf, dass der Konsument durchaus bereit ist für bessere Qualität des Rindfleisches mehr zu bezahlen, wovon alle entlang der Produktionskette profitieren können (Bonny et al., 2018).

Um der Marmorierung bzw. dem intramuskulären Fett als Beurteilungskriterium für Fleischqualität in Österreich mehr Bedeutung zu geben und die Zusammenhänge der Marmorierung mit der Fleischqualität darzustellen, sollen in der vorliegenden Arbeit folgende Forschungsfragen behandelt werden:

- Wie hoch ist der IMF-Gehalt von Rindfleisch (basierend auf österreichischen Mastversuchsergebnissen)?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem IMF-Gehalt und der Zartheit und Saftigkeit von Rindfleisch?
- Welchen Einfluss haben Rinderkategorie, Rasse, Schlachalter und die Schlachtkörperfetteinlagerung auf den IMF-Gehalt von Rindfleisch?
- Wie gut ist die Übereinstimmung zwischen der Zuteilung von Rindfleischfotos zu Marmorierungsklassen nach Ristic (1987) und Frickh et al. (2003b) durch Konsumenten und der tatsächlichen Zugehörigkeit nach dem IMF-Gehalt?

Um diese Fragen zu beantworten, wurden Daten aus 18 verschiedenen Mastversuchen herangezogen.

## 3 Literaturübersicht

### 3.1 Rindfleischproduktion in Österreich

In Österreich gab es 2019 laut Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen rund 1.879.500 Rinder, im Vergleich zum Vorjahr ist der Bestand um 2 % gesunken (BAB, 2020). Die Bruttoeigenerzeugung umfasst alle Schlachtungen abzüglich der Importe zuzüglich der Exporte von Lebendrindern. Sie lag 2019 bei 584.390 Rindern. Dabei entfallen 39 % der Bruttoeigenerzeugung auf Stiere, 31 % auf Kühe, 24 % auf Kalbinnen und 6 % auf Ochsen. Dies zeigt deutlich, dass in Österreich ein Hauptaugenmerk auf die Stiermast gelegt wird. Die Bruttoeigenerzeugung ist im Vergleich zum Vorjahr um 1 % gesunken. Im Vergleich zu 2018 stieg die Bruttoeigenerzeugung der Kalbinnen um 1 %, jene der Ochsen blieb gleich, während jene der Stiere um 3 % und die der Kühe um 1 % sank. Die Bruttoeigenerzeugung für Kälber betrug 2019 96.406 Tiere. Im Vergleich zum Vorjahr sind das ca. 1 % weniger Kälber (BAB, Stand Juli 2020). Im Jahr 2019 wurden insgesamt 625.474 Schlachtungen von Rindern durchgeführt, das sind im Vergleich zum Vorjahr 2 % weniger. Dabei entfiel der größte Teil, nämlich 259.731 Stück, auf die Stiere. Danach folgten die Kühe, Kalbinnen und Ochsen (BAB, 2020).

Die Versorgungsbilanz der Statistik Austria zeigte 2019, dass der Selbstversorgungsgrad in Österreich für Rind- und Kalbfleisch bei 142 % lag. Der Verzehr ist der Verbrauch abzüglich Tierfutter, Schlachtabfälle, Verarbeitungsverluste, Lagerverluste und Verluste durch den Transport (Branscheid et al., 2007). Insgesamt verbrauchen die ÖsterreicherInnen 93,8 kg Fleisch pro Jahr und verzehren im Durchschnitt 62,6 kg Fleisch pro Jahr. Dabei ist der klare Spitzenreiter der Verzehr von Schweinefleisch mit 36,4 kg pro Jahr. Danach folgt das Geflügel (12,4 kg) und an dritter Stelle stehen Rind- und Kalbfleisch mit einem Verzehr von insgesamt 11,9 kg pro Kopf und Jahr (Statistik Austria, 2021).

### 3.2 Schlachtkörperklassifizierung

#### 3.2.1 EUROP-System in der Europäischen Union

In Österreich werden die Schlachtkörper des Rindes nach einheitlichen Normen der EU in den drei Merkmalen Kategorie, Fleischigkeitsklasse und Fettgewebeklasse beurteilt. Dabei wird zwischen den Kategorien Jungstier (A), Stier (B), Ochse (C), Kuh (D), Kalbin (E) und Jungrind (Z) unterschieden (EU-Verordnung, 2013). Die Beurteilung der Fleischigkeitsklasse durch eine ausgebildete Person des Klassifizierungsdienstes findet am warmen Schlachtkörper statt. Für diese gibt es keine genauen Messpunkte oder objektiv bestimmbare Parameter. Sie liegt der

Bewertung der drei wichtigsten Teilstücke Schlögel, Rücken und Schulter sowie der Muskelfülle zu Grunde. Wobei die Fleischigkeitsklasse von „vorzüglich“ (E), „sehr gut“ (U), „gut“ (R), „mittel“ (O) bis „gering“ (P) eingestuft werden kann. Die Bestimmung der Fettgewebeklasse erfolgt durch die Beurteilung der Fettabdeckung an der Schlachtkörperaußenseite und des Fettansatzes in der Brusthöhle. Dabei wird zwischen „sehr gering“ (1), „gering“ (2), „mittel“ (3), „stark“ (4) und „sehr stark“ (5) unterschieden (Branscheid et al., 2007; EU-Verordnung, 2013; ÖFK, 2020).

Die Schlachtkörperklassifizierung nach der EU-Norm wird teilweise kritisch gesehen, weil sie einen subjektiven Charakter hat, da die klassifizierende Person – trotz umfassender Schulungen – unter Umständen nicht immer gleich beurteilt und es Unterschiede zwischen den Berufskollegen geben kann. Des Weiteren ist es durch die verschiedenen Systeme schwierig Rinderschlachtkörper länderübergreifend zu vergleichen (Borggaard et al., 1996). Janiszewski et al. (2018) und Liu et al. (2020) argumentieren, dass es bei der europäischen Klassifizierung um Quantität und nicht um Qualität geht. Denn nach Ansicht von Janiszewski et al. (2018) gibt es nur einen losen Zusammenhang zwischen Qualitätsmerkmalen des Musculus longissimus dorsi (LD) und der Fleischigkeits- und Fettgewebeklasse. Um sich die Qualität des Rindfleisches anzusehen, müsste der LD am kalten Schlachtkörper betrachtet werden. Vorschläge dafür wären zusätzlich zum EUROP-System Fleischfarbe,

Marmorierung, Rückenmuskelgröße und pH<sub>24 h p.m.</sub> zu ermitteln. Damit wäre die Schlachtkörperbeurteilung objektiver und man könnte Ergebnisse besser mit Ländern wie Amerika, Australien und Japan vergleichen (Janiszewski et al., 2018). Eine Studie von Monteils et al. (2017) hat sich ebenfalls damit beschäftigt wie man das EUROP-System verbessern könnte. Nach diesen Autoren sollte es um die Merkmale Gewicht des Hinterviertels, Fleischfarbe, verkaufsfähiger Fleischertrag, Größe der Rückenmuskelfläche und Marmorierung erweitert werden. Es wird argumentiert, dass andere Länder bereits Fleischfarbe, Rückenmuskelfläche und Marmorierung am Schlachthof ermitteln und es gut ergänzbar wäre (Monteils et al., 2017).

### 3.2.2 In Drittländern

In den USA werden die Schlachtkörper von Rindern ganz anders beurteilt als in der EU. Die „USDA grades“ stützen sich bei der Beurteilung des Rindfleisches auf die Merkmale Kategorie, Qualitätsklasse und Ausbeuteklasse. In diesem System werden Jungstiere und Stiere voneinander unterschieden, während Ochsen, Kalbinnen und Kühe nicht gesondert gekennzeichnet werden. Innerhalb der Qualitätsklassen wird die Reife durch die Verknöcherung des Rindes beurteilt, diese kann mit den Merkmalen Fleischfarbe und Faserigkeit noch korrigiert werden. Die Marmorierung wird entweder apparativ mit einer Videobildauswertung am Anschnitt des Roastbeefs oder visuell anhand einer 10-Stufen-Skala beurteilt. Dabei fließen auch die Festigkeit und die Reife des Fleisches mit ein. Die beiden Merkmale Reife und Marmorierung werden dann zur Einteilung in Qualitätsklassen verwendet. Innerhalb dieser gibt es acht Stufen, die von „prime“ (beste Beurteilung) für den Frischfleischmarkt bis „canner“ (schlechteste Beurteilung) für die Konservenherstellung reichen. Die Ausbeuteklasse gibt an, wie groß die Menge an verkaufsfähigem Fleisch der Teilstücke Schulter, Schlägel, Roastbeef und Hochrippe ist. Für diese Beurteilung dienen die Merkmale Subkutan-, Nieren-, Becken-, Herzfett, Rückenmuskelfläche und Schlachtgewicht (warm). Schlachtkörper der Klasse 1 verzeichnen die beste und jene der Klasse 5 die schlechteste Ausbeute. Dieses Beurteilungssystem ist sehr komplex, zeigt aber, dass sich die USA bereits intensiv mit der Fleischqualität auseinandergesetzt haben (Branscheid et al., 2007; Tatum und Collins, 2007).

Viele Länder auf der ganzen Welt haben Grundlegendes aus den „USDA grades“ übernommen. Ein System, das sich sehr auf die Ansprüche der Verbraucher konzentriert, ist jenes in Australien („Meat Standards Australia“). In diesem wird die Qualität der Teilstücke nach einer bestimmten Garmethode beurteilt (Branscheid et al., 2007). In allen Systemen der Länder USA, Kanada, Japan, Südkorea und Australien wird die Marmorierung als maßgebendes Beurteilungsmerkmal für die Fleischqualität herangezogen (Polkinghorne und Thompson, 2010). In der Übersichtsarbeit von Polkinghorne und Thompson (2010) werden die Schlachtkörper-Beurteilungssysteme der genannten Länder umfassend beschrieben.

## 3.3 Rindfleischqualität

Für den Begriff Fleischqualität gibt es eine große Anzahl an Definitionen. Diese haben jedoch alle gemeinsam, dass die Fleischqualität das Resultat einzelner messbarer Eigenschaften ist. Die sensorischen, ernährungsphysiologischen, hygienisch/toxikologischen und verarbeitungstechnologischen Eigenschaften ergeben zusammen die Fleischqualität (Hofmann, 1987; Hofmann 1995; Branscheid et al., 2007). Eine Voraussetzung, um Fleischqualität beurteilen zu können, ist daher die objektive Messbarkeit der Eigenschaften und dafür definierte Wertbereiche. Des Weiteren muss genau festgelegt sein zu welchem Zeitpunkt z.B. die Messung des pH-Wertes nach der Schlachtung erfolgt und an welcher Position des Schlachtkörpers diese stattfinden soll (Branscheid et al., 2007). Für die Praxis sind die Farbe des Fleisches und des Fettes, der Wassergehalt, das Wasserbindungsvermögen, der pH-Wert, die Marmorierung und die Zartheit von besonderer Bedeutung. Denn diese beeinflussen die Fleischqualität stark und sind durch genetische und produktionsspezifische Faktoren sowie durch den Ablauf der Schlachtung, Reifung und Kühlung beeinflussbar (Augustini et al., 1987).

### 3.3.1 Kühlung und Reifung

Die Kühlung des Rindfleisches ist wichtig, um die Vermehrung von Keimen zu unterbinden. Wenn der Schlachtkörper allerdings vor Eintritt der Totenstarre unter 10°C gekühlt wird, kann dies eine irreversible Kältekontraktion (cold shortening) verursachen. Dadurch ist das Rindfleisch zäh und hat ein schlechtes Safthaltevermögen. Um diese Qualitätsminderung zu vermeiden, sollte Rindfleisch langsam gekühlt werden, so dass es in den ersten 10 Stunden nie einer geringeren Temperatur als 10°C bis 12°C ausgesetzt ist und erst danach auf -1°C bis 2°C abgekühlt wird (Temisan und Augustini, 1987; Branscheid et al., 2007). Im Gegensatz zum „cold shortening“ kann die Lagerung von schlachtfrischem Fleisch bei zu hohen Temperaturen ebenfalls zu einer Verkürzung der Muskeln führen (rigor shortening) mit negativen Auswirkungen auf Zartheit und Lagerungsverluste (Schwägele, 1998).

Die Reifedauer des Rindfleisches ist maßgebend für die Zartheit des Fleisches. Laut Basarab et al. (2012) ist die Reifung wichtiger als das Produktionssystem. Durch die Reifung wird die Qualität des Rindfleisches hinsichtlich Zartheit und Aroma verbessert. Denn bei der Reifung werden Enzyme wirksam, die Eiweiß denaturieren und die Fasern in kleinere Stücke aufspalten. Wie schnell dies von statten geht, hängt vom Muskelstück, der Lagerung und der Temperatur ab. Beim LD ist nach 9 Tagen Vakuumreifung bei 2-4°C schon mit einer wesentlichen Verbesserung der Fleischqualität zu rechnen. Während durch die Reifung Zartheit und Aroma verbessert werden, verschlechtert sich die Saftigkeit des Rindfleisches durch den Tropfsaftverlust während der Reifung zu einem geringen Grad (Ristic, 1987). Dies konnte in der Studie von Velik et al. (2018) mit Stieren, Kalbinnen und Ochsen der Rasse Fleckvieh bestätigt werden. Denn der Grillsaftverlust (warm) war bei 14 Tage gereiftem Rindfleisch signifikant höher als bei 7 Tage gereiftem Rindfleisch, während die Zartheit, gemessen anhand der Scherkraft, mit zunehmender Reifedauer als signifikant besser beurteilt wurde. Daraus wurde geschlussfolgert, dass eine Fleischreifedauer von zumindest 14 Tagen für die Zartheit des Rindfleisches für alle Rinderkategorien von Bedeutung ist. Frickh et al. (2004) konnte bei Kalbinnen und Stieren eine signifikante Verbesserung der Zartheit mit zunehmender Reifedauer von 4, 10 oder 20 Tagen feststellen. In Bezug auf den Grillsaftverlust konnte jedoch weder bei den Stieren noch bei den Kalbinnen ein signifikanter Unterschied zwischen den Reifezeiten festgestellt werden.

### 3.3.2 Farbe

Für den Konsumenten ist die Farbe des Rindfleisches besonders wichtig, denn damit verbindet dieser Geschmack, Frische und Zartheit (Font-i-Furnols und Guerrero, 2014). Die Gehalte an Myoglobin und Hämoglobin bestimmen die Farbe des Fleisches. Je nach physiologischer Beanspruchung des Muskels ändert sich die Fleischfarbe. Bei einer geringeren Beanspruchung ergibt sich durch den niedrigeren Gehalt an Myoglobin eine hellere Farbe als mit einer höheren Beanspruchung. Des Weiteren ist der Myoglobingehalt vor allem beim Rind stark durch das Alter beeinflusst. Je älter das Rind, desto dunkler ist die Farbe des Fleisches, was durch den Anstieg des Myoglobingehaltes bedingt ist (Ristic, 1987). Priolo et al. (2001) zeigten in ihrer Übersichtsarbeit, dass die Helligkeit des Fleisches auch von der Fütterung beeinflusst wird. Rinder, die auf der Weide gehalten wurden, wiesen wesentlich dunkleres Fleisch auf, als jene, die im Stall ohne Grünfütterung gemästet wurden.

### 3.3.3 Marmorierung

#### Definition

„Unter Marmorierung versteht man vor allem beim Rind, das innerhalb der Muskelbündel als feine Maserung sichtbar eingelagerte Fett (intramuskuläres Fett).“ (Ristic, 1987). Branscheid et al. (2007) beschreibt die Marmorierung als das intramuskuläre Fett (IMF), das in Form von Fettinseln erkennbar ist. Das IMF setzt sich aus 1 bis über 1000 Fettzellen zwischen den Muskelfaserbündeln zusammen und wird erst ab einer Ansammlung von 100 Fettzellen mit freiem Auge als Marmorierung wahrgenommen (Albrecht et al., 1996). Die Marmorierung hat vor allem bei Rindfleisch Bedeutung, bei Schweine- oder Wildfleisch ist sie von geringerer Bedeutung. Für die Beurteilung der Qualität des Fleisches gilt sie als sehr wichtig.

## Ideale Marmorierung

Eine mittelmäßige bis starke Marmorierung mit einer gleichmäßigen Verteilung des Fettes und eine feine Größe der Fettpunkte sind beim Rindfleisch ideal (Ristic, 1987). Auch Albrecht et al. (1996) halten fest, dass es nicht nur auf den Gehalt des IMF ankommt, sondern auch auf dessen Verteilung im Muskelgewebe. Muskel- und Bindegewebe werden umso besser gelockert, je gleichmäßiger das IMF verteilt ist (Albrecht et al., 1996). Für diese optimale Marmorierung sollte der IMF-Gehalt zwischen 2,5 und 4,5 % liegen (Temisan und Augustini, 1987; Albrecht et al., 1996; Frickh et al., 2001a; Branscheid et al., 2007). Generell gilt, dass zwischen der Marmorierung und der sensorischen Bewertung von Saftigkeit, Zartheit und Geschmack/Aroma ein eindeutig positiver Zusammenhang besteht. Denn je höher der IMF-Gehalt ist, umso besser wird der Genusswert des Rindfleisches beurteilt (Augustini, 1987; Temisan und Augustini, 1987; Muir et al., 1998). Auch Hofmann (1995) berichtete, dass Fett unerlässlich für den Geschmack ist und dass Fleisch dabei mit schmalen Fettlinien durchsetzt sein soll.

Um jedoch eine gute Marmorierung zu erreichen, müssen Verluste des Gewichtes in Form von subkutanem Fett in Kauf genommen werden, denn im Wachstumsverlauf von Rindern wird zu Beginn verstärkt Bauchhöhlenfett (Nierenfett etc.), an zweiter Stelle Auflagenfett (subkutanes Fett) und anschließend intermuskuläres Fett gebildet. Erst relativ spät im Mastverlauf wird verstärkt intramuskuläres Fett (Fett zwischen den Muskelfasern) eingelagert (Temisan und Augustini, 1987; Lonergan et al., 2019).

## Subjektive Methode zur Marmorierungsbeurteilung

Die Marmorierung kann subjektiv (mittels Bildkarten) oder objektiv bestimmt werden. Bei der subjektiven Methode können Unterschiede zwischen den Beurteilern – trotz guter Schulungen – nicht ausgeschlossen werden und die Dauer der Beurteilung durch eine Person ist auch ein Nachteil. Die visuelle Beurteilung ist jedoch weltweit noch immer die am häufigsten verwendete Methode zur Beurteilung der Marmorierung. In den USA, Japan und Australien wird bis heute auf diese Methode gesetzt (Cheng et al., 2015).

In den USA wird die Marmorierung des Rindfleisches am LD zwischen der 12. und 13. Rippe beurteilt. Diese Beurteilung wird von geschultem Personal des amerikanischen Departments für Landwirtschaft anhand von Standardfotos der 10 verschiedenen Marmorierungsklassen vorgenommen (Cheng et al., 2015; Tatum und Collins, 2007). Die niedrigste Marmorierungsklasse „Slight“ (siehe Abb. 1) entspricht laut Wilson et al. (1998) einem IMF-Gehalt von 2,3 – 3,9 % und die Marmorierungsklasse „Small“ (siehe Abb. 1) einem IMF-Gehalt von 4,0 – 5,7 %, während die höchste Marmorierungsklasse „Moderately Abundant“ einem IMF-Gehalt ab 12,3 % entspricht. Daraus kann man schließen, dass in den USA ein höherer Marmorierungsgrad erwünscht ist als in europäischen Ländern.



Abbildung 1: Standardfoto für die Marmorierungsklassen „Slight“ (links Foto) und „Small“ (rechtes Foto) der *USDA grades* (Agricultural Marketing Service, 2021)

## Objektive Methoden zur Marmorierungsbeurteilung

Objektiv kann die Marmorierung chemisch durch den Gehalt an Fett festgestellt werden, morphometrisch durch Marmorierungspunkte in Bezug auf die Fläche oder als Verhältnis der intramuskulären Fettfläche zur Muskelfläche (Ristic, 1987). Ein Nachteil dieser Methoden ist allerdings, dass sie sehr zeitintensiv sind, daher

wurden instrumentelle Techniken entwickelt, um Zeit zu sparen. Auf wissenschaftlicher Ebene werden mehrere Methoden zur objektiven, digitalen Beurteilung der Fleischmarmorierung eingesetzt. Dazu gehören Videobildanalyse, Nahinfrarotspektroskopie, Ultraschall, Röntgenstrahlung, Lichtreflexionssonden, Bioelektrische Impedanz, Kernspinresonanzspektroskopie, Computerbildanalyse und Hyperspektrales Bildgebungsverfahren (Ferguson 2004; Liu et al., 2014; Cheng et al., 2015). Nachfolgend werden die als wichtig erachteten Methoden kurz erläutert.

#### Videobildanalyse

Mit Hilfe der automatischen Bildanalyse (Videobildanalyse) können von Bildern quantitative Informationen herausgelesen werden. Dabei wird das Bild der Rückenmuskelfläche in die einzelnen Pixel zerlegt und der Farb- bzw. Grauwert auf den Computer übertragen. Die Daten können mit einer dafür entwickelten Software aufbereitet und dann die gefärbten Fetteinschlüsse mit einem Farbkontrastverfahren ermittelt werden (Albrecht et al., 1996; Frickh et al., 2001b). Die Feststellung des Marmorierungsgrades mit Hilfe der Videobildanalyse hat laut einer Literaturübersicht von Ferguson (2004) sehr viele Vorteile gegenüber anderen Methoden. Der Grad der Marmorierung und der IMF-Gehalt werden damit genau und wiederholbar bestimmt, die Daten zur Fettverteilung im Fleisch werden festgehalten und dabei kann zusätzlich die Farbe des Fettes und des Fleisches bestimmt werden (Ferguson, 2004).

#### Nahinfrarotspektroskopie

Bei der Methode der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) wird Strahlung aus dem nahen Infrarotbereich auf die Fleischprobe gelenkt. Anhand der reflektierten und absorbierten Strahlung kann auf die chemische Zusammensetzung der Fleischprobe rückgeschlossen werden (Frickh et al., 2001a; Ferguson, 2004). Konarska et al. (2017) stellten in ihrer Studie fest, dass der durch geschultes Personal ermittelte Marmorierungsgrad, sowohl nach der USDA Methode als auch nach der MSA Methode, sehr gut mit den Ergebnissen der Nahinfrarotspektroskopie ( $r = 0,74$ ) übereinstimmt. Für den Einsatz auf Schlachthöfen ist diese Methode derzeit allerdings noch nicht geeignet, da das Gerät nicht mobil ist und für die Proben kleine Stücke aus dem Muskelfleisch entnommen werden müssen, die nicht immer repräsentativ für den ganzen Schlachtkörper sind (Ferguson, 2004; Liu et al., 2014). Konarska et al. (2017) kamen aber zu der Erkenntnis, dass zwischen der Marmorierung am langen Rückenmuskel und der Marmorierung an vielen anderen Muskeln des Schlachtkörpers ein signifikanter Zusammenhang besteht. Auf Grund dessen gibt es Überlegungen den IMF-Gehalt, bestimmt nach der NIRS Methode, als objektiven Wert statt der subjektiven Marmorierungsbewertung in die Schlachtkörperbeurteilung zu integrieren (Konarska et al., 2017).

#### Ultraschall

Eine weitere Möglichkeit, um den IMF-Gehalt bzw. den Marmorierungsgrad festzustellen, sind Ultraschalluntersuchungen am lebenden Tier. Dabei wird eine Bildanalysesoftware verwendet, um Texturmerkmale herauszulesen und dann auf den IMF-Gehalt bzw. den Marmorierungsgrad zu schließen. Am Schlachtkörper sind die Ergebnisse jedoch nicht so vielversprechend wie am lebenden Tier (Ferguson, 2004).

#### Bioelektrische Impedanz

Die Bioelektrische Impedanz beruht auf dem Prinzip, dass Muskel- und Fettgewebe eine unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit haben. Muskelgewebe leitet Strom viel besser als reines Fett (Cheng et al., 2015). Das dänische Fleischforschungsinstitut hat ein handliches Gerät für die Messung des IMF-Gehaltes am warmen Schlachtkörper entwickelt. Die Vorteile sind, dass das Gerät 12 Nadelelektroden hat, die in verschiedenen Positionen am Schlachtkörper angesetzt werden können, um an möglichst vielen Punkten zu messen. Des Weiteren wird der IMF-Gehalt festgestellt, bevor der Schlachtkörper in die Kühlung kommt (Ferguson, 2004).

## Computerbildanalyse

Die Computerbildanalyse arbeitet mit Kameras und Algorithmen und extrahiert die Marmorierungspunkte aus dem Fleischstück. Diese Methode gilt als eine der Favoriten, da sie sehr viele räumliche Informationen über das Fleischstück herauslesen kann und dem menschlichen Auge am besten nachempfunden ist. Die Marmorierungsbeurteilung mit der Computerbildanalyse ist zudem genau und wiederholbar (Cheng et al., 2015).

### Beurteilung der Marmorierung in der Praxis

International ist auf den kleineren bis mittleren Schlachthöfen die Bewertung der Marmorierung mit Hilfe von Marmorierungskarten die übliche Methode (Cheng et al., 2015). Die deutsche Firma e+v Technology GmbH & Co. KG hat das Gerät VBG 2000 entwickelt, mit welchem durch Videobildanalyse die Zusammensetzung des Schlachtkörpers beurteilt und der IMF-Gehalt bestimmt werden können. Da dieses stationäre Gerät sehr kostenintensiv ist, wird es international nur auf größeren Schlachtbetrieben eingesetzt. Von der Fa. e+v Technology GmbH & Co ist aufgrund mangelnder Nachfrage ein handliches, preiswertes Gerät zur Marmorierungsbestimmung nicht angedacht (persönliche Mitteilung, Eger, H., e+v Technology GmbH & Co. KG, Februar 2019). Ein günstiges handliches Gerät zur Beurteilung der Marmorierung gibt es bis jetzt noch nicht, allerdings arbeitet die dänische Firma Frontmatec derzeit in Zusammenarbeit mit der australischen Fleischwirtschaft daran, ein solches zu entwickeln (persönliche Mitteilung, Pieper R., Frontmatec, Mai 2019). Die ersten Ergebnisse einer 2020 abgeschlossenen Studie sind vielversprechend, da zwischen der Bewertung des geschulten Beurteilers und dem Ergebnis der Kamera, welche mit einem Hyperspektralen Bildgebungsverfahren arbeitet, eine quadratische Korrelation von 0,75 besteht. Herausforderungen bei dieser Methode sind allerdings die genaue Kamerapositionierung, eine ebene Schnittfläche des Fleisches und Rückstände auf dem Fleisch wie z.B. Tropfwasser (Christensen et al., 2020).

### 3.3.4 Zartheit

Für die Zartheit des Rindfleisches sind die Muskelfasern und das Bindegewebe sowie zum Teil auch das Fettgewebe ausschlaggebend. In Bezug auf das Bindegewebe ist die Stärke, die Verteilung und die Festigkeit der Muskelscheiden, die Reifung und die Löslichkeit entscheidend. In Bezug auf die Muskelfasern ist deren Stärke und die Reifung entscheidend. Dabei darf nicht vergessen werden, dass die Zubereitung des Fleischstückes auch maßgebend für die Zartheit ist (Ristic, 1987). Prinzipiell ist das Fleisch älterer Tiere im Vergleich zu dem von jüngeren Tieren zäher, da die Vernetzungen der Muskelfasern bei älteren Tieren stärker werden. Allerdings spielen neben dem Alter der Tiere auch noch der Fettgehalt sowie die Kühlung und Reifung eine wichtige Rolle (Augustini, 1987). Ein höherer IMF-Gehalt bzw. ein höherer Marmorierungsgrad beeinflussen die Zartheit des Rindfleisches positiv. Denn ein höherer IMF-Gehalt bzw. Marmorierungsgrad geht mit einem niedrigeren Wert für die Scherkraft einher (Lee und Choi, 2019). Ebenso begünstigen kleinere Muskelfaserbündel im Vergleich zu großen Muskelfaserbündeln die Zartheit des Rindfleisches, denn bei schmälere Muskelfaserbündeln muss weniger Kraft aufgewendet werden, um das Rindfleisch zu kauen (Choi et al., 2019).

### 3.3.5 Saftigkeit

Die Saftigkeit des Rindfleisches ist abhängig vom Wasserbindungsvermögen. Dabei spielt das Verhältnis des extrazellulären, des intrazellulären und des freien Wassers zueinander eine wichtige Rolle. Jedoch ist nicht nur das Wasser wichtig, sondern auch das Fett beeinflusst die Saftigkeit. Diesbezüglich können Wasser- und Fettgehalt sich gegenseitig in einem gewissen Ausmaß kompensieren. Das heißt, dass ein höherer Fettgehalt einen niedrigen Wassergehalt ausgleichen kann und das Rindfleisch somit trotzdem als saftig empfunden wird (Ristic, 1987). Lee und Choi (2019) fanden bei Hanwoo Ochsen eine schwach negative Korrelation zwischen dem Kochsaftverlust und dem IMF-Gehalt.

### 3.3.6 Aroma und Geschmack

Die Geschmacksrichtung des Fleisches wird über die Geschmacksknospen wahrgenommen, während das Aroma über Nasen- und Nebenhöhlenrezeptoren wahrgenommen wird (Kerth und Miller, 2015). Deshalb darf die Zubereitung des Fleisches nicht außer Acht gelassen werden, denn dadurch werden erst viele Aromastoffe freigesetzt. Den Geruch des zubereiteten Rindfleisches während des Verzehrs wahrnehmen zu können, ist unabdingbar für die volle Entfaltung des Aromas (Ristic, 1987; Kerth und Miller, 2015). Die beiden Merkmale Aroma und Geschmack sind jedoch schwer zu definieren und zu beurteilen. Daher ist es auch herausfordernd herauszufinden, welche Faktoren Aroma und Geschmack beeinflussen. Einig ist man sich allerdings dahingehend, dass das Fett mit seinen darin gelösten Inhaltsstoffen ein wesentlicher Faktor ist (Ristic, 1987). Gajaweera et al. (2018) stellten in ihrer Studie mit Hanwoo Rindern (Kühe, Ochsen und Stiere) eine moderate Korrelation ( $r = 0,47$ ) zwischen IMF-Gehalt und Geschmack fest (Gajaweera et al., 2018). Ebenso fand eine Koreanische Studie mit Hanwoo Ochsen aus dem Jahr 2019 einen schwachen bis moderaten Zusammenhang ( $r = 0,3$  bis  $0,68$ ) zwischen Merkmalen der Geschmacksbeurteilung (Intensität des Geschmacks, Fehlgerüche etc.) und dem Marmorierungsgrad (Choi et al., 2019). Die Übersichtsarbeit von Kerth und Miller (2015) schlussfolgerte, dass für den Verbraucher der Geschmack des Rindfleisches noch wichtiger ist als Zartheit oder Saftigkeit des Rindfleisches. Park et al. (2018) kamen ebenfalls zu dem Erkenntnis, dass Rindfleisch mit höherem IMF-Gehalt zu besserem Geschmack sowie zarterem Rindfleisch führt.

## 3.4 Einflüsse auf den IMF-Gehalt

Der Ansatz des Fettes wird durch tierspezifische Faktoren (Rasse, genetische Ausstattung und Kategorie) sowie von produktionsspezifischen Faktoren (Schlachtalter, Mastendgewicht und Fütterung) beeinflusst (Augustini et al., 1987; Branscheid et al., 2007; Guerrero et al., 2013; Park et al., 2018). Alle Faktoren stehen jedoch in Wechselwirkung zueinander und können sich positiv oder negativ auf die Fleischqualität auswirken (Ristic, 1987).

### 3.4.1 Tierspezifische Faktoren

#### Rasse

Milchbetonte Rassen differenzieren sich in der Qualität des Schlachtkörpers stark von den fleischbetonten Rassen. Fleischrassen zeigen im Vergleich zu den Milchrassen einen stärkeren Ansatz an Muskelfleisch sowie einen geringeren Ansatz an Fettgewebe. Augustini (1987) zeigte im Vergleich zwischen der Fleischrasse Limousin und der milchbetonten Zweinutzungsrasse Französische Schwarzbunte, dass bei gleichem physiologischen Alter das Muskelgewicht der Fleischrasse um 90 kg höher und der Fettgehalt um gut 10 kg niedriger waren als bei der genannten milchbetonten Zweinutzungsrasse. Dies zeigt deutlich, dass der Verfettungsgrad der milchbetonten Rassen rascher zunimmt und stärker ausgeprägt ist. Ein größerer Anteil an Fettgewebe im Schlachtkörper geht für gewöhnlich mit einem stärkeren IMF-Gehalt einher. Beim Vergleich der drei Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Schwarzbunte konnte die Rasse Schwarzbunte mit dem höchsten Fettgehalt auch den höchsten IMF-Gehalt im LD erzielen.

Es gibt jedoch auch zwischen den einzelnen Fleischrassen Unterschiede in Bezug auf den Muskel- und Fettansatz (Augustini 1987). Frühreife Rassen wie zum Beispiel Angus setzen weniger Muskelfleisch an und dadurch kommt es zu einem früheren und intensiveren Fettansatz (Augustini und Weißmann, 1999). Bei diesen frühreifen Fleischrassen waren das Aroma und die Saftigkeit des Fleisches auf Grund des zeitigeren und stärkeren Fettansatzes sowie einer intensiveren Marmorierung besser (Augustini, 1987). Allerdings muss man bei den frühreifen Rassen darauf achten, dass der Energiegehalt der Ration nicht zu hoch ist, da sie sonst zu zeitig und zu stark verfetten. Demgegenüber führte bei den spätreifen Rassen eine Ration mit höherer Energiedichte zu der gewünschten Fetteinlagerung (Augustini und Weißmann, 1999). Cafferky et al. (2019) verglichen in ihrer Studie Ochsen und Stiere der Vaterrassen Angus, Weißblaue Belgier, Charolais, Hereford, Limousin, Parthenaise, Salers und Fleckvieh miteinander. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass der IMF-Gehalt abhängig von der Rasse ist. Den höchsten IMF-Gehalt (2,78 %) wiesen Rinder der frühreifen Rasse Angus



auf, dieser IMF-Gehalt unterschied sich signifikant von jenem der spätreifen Rassen Weißblaue Belgier und Parthenaise, welche den geringsten IMF-Gehalt aufwiesen (1,7 % bzw. 1,12 %). Das Fleckvieh Rind lag mit einem IMF-Gehalt von 2,13 % im Mittelfeld und war weder von der Rasse Angus noch von den Rassen Weißblaue Belgier und Parthenaise signifikant unterschiedlich. Papaleo Mazzucco et al. (2016) untersuchten in ihrer Studie Ochsen der Rassen Angus, Hereford sowie deren Kreuzungen und eine Kreuzung der Rassen Angus, Hereford und Limousin. Die Rasse Angus erreichte den höchsten IMF-Gehalt, während die Kreuzung mit Limousin den niedrigsten IMF-Gehalt erreichte und die Rasse Hereford zwischen den IMF-Gehalten von Angus und der Limousin-Kreuzung lag. Die IMF-Gehalte unterschieden sich signifikant voneinander. In dieser Studie konnte wieder untermauert werden, dass die spätreife Rasse Limousin weniger Fett ansetzt als die frühreife Rasse Angus.

Nach einer Literaturübersicht von Park et al. (2018) wiesen weltweit Rinder der Rasse Wagyu den höchsten IMF-Gehalt auf (durchschnittlich 36,5 % IMF-Gehalt im LD). Danach folgten nach Park et al. (2018) Koreanische Rinder, auch Hanwoo Rinder genannt, mit ca. 13,7 % IMF-Gehalt und an dritter Stelle Angus mit durchschnittlich 9,3 % IMF-Gehalt. In der Studie von Van Ba et al. (2013) wurden die IMF-Gehalte von Hanwoo Rindern und Angus Rindern verglichen. Dabei erreichten die Hanwoo Rinder einen IMF-Gehalt von 25,97 %, der signifikant unterschiedlich zum IMF-Gehalt der Rasse Angus (14,75 %) war. Jedoch muss beim Vergleich der Rassen berücksichtigt werden, dass jede Rasse eine andere physiologische Schlachtreife hat und die Fleischqualitätsmerkmale bei gleichem Schlachttalter oder -gewicht nicht immer aussagekräftig sind (Guerrero et al., 2013).

### **Kategorie**

Prinzipiell zeigen Stiere den höchsten Muskelfleischansatz und den niedrigsten Fettansatz, der auch am spätesten einsetzt. Die Kalbin hat im Vergleich zu Stier und Ochse den geringsten Muskelfleischansatz sowie den frühesten und höchsten Ansatz von Fett, während der Ochse eine Mittelstellung zwischen Stier und Kalbin einnimmt (Augustini und Weißmann, 1999; Branscheid et al., 2007; Guerrero et al., 2013). Augustini und Weißmann (1999) stellten fest, dass ein Stier mit derselben Mastintensität wie eine Kalbin einen IMF-Gehalt von 1,28 % aufweist, während die Kalbin einen IMF-Gehalt von 3,41 % hervorbringt. Die Kastration von Stieren führt ebenfalls zu einem höheren IMF-Gehalt und zu einer höheren Marmorierungsklasse und somit kann von einer besseren Fleischqualität ausgegangen werden (Nian et al., 2018; Park et al., 2018).

Eine Studie von Pogorzelska-Przybyłek et al. (2018) untermauert bei einem Vergleich des IMF-Gehaltes von Ochsen und Stieren (Holstein-Kreuzungen), dass der IMF-Gehalt mit dem Geschlecht des Rindes zusammenhängt. Der IMF-Gehalt der Ochsen war doppelt so hoch wie jener der Stiere. Cafferky et al. (2019) stellten in ihrer Studie mit Ochsen und Stieren für Stiere einen IMF-Gehalt von 1,27 % fest, demgegenüber wiesen die Ochsen einen IMF-Gehalt von 2,85 % auf. Weiters ging man davon aus, dass das Ochsenfleisch auf Grund des höheren Fettgehaltes saftiger und zarter als das Stierfleisch ist. Blanco et al. (2020) verglichen die IMF-Gehalte von Stieren, Ochsen und Kalbinnen bei gleichem Mastendgewicht miteinander und fanden signifikante Unterschiede im IMF-Gehalt zwischen Kalbinnen (2,8 % IMF) und Stieren bzw. Ochsen. Der IMF-Gehalt unterschied sich zwischen Stieren (1,0 % IMF) und Ochsen (1,5 % IMF) jedoch nur numerisch und konnte statistisch nicht abgesichert werden.

## **3.4.2 Produktionsspezifische Faktoren**

### **Schlachttalter**

Das Schlachttalter spielt eine wesentliche Rolle für den IMF-Gehalt, denn das IMF bildet sich erst relativ spät im Mastverlauf. Dabei sind auch die Rasse, die Kategorie und die Fütterungsintensität ausschlaggebend, denn jede Rasse hat ein anderes physiologisches Schlachttalter. Das ist jener Zeitpunkt zu dem das Rind auf Grund seines Entwicklungsstadiums und seiner körperlichen Zusammensetzung schlachtreif ist. Je älter das Rind ist, desto höher ist prinzipiell auch der Fettgehalt und desto niedriger ist der Muskelfleischanteil. Deshalb kann, bis zu einem gewissen Grad, der Marmorierungsgrad nach dem physiologischen Alter abgeschätzt werden (Augustini, 1987). Während bei den Rassen Wagyu (Zemayashi et al., 1995, zit. nach Park et al., 2018), Holstein, Angus und Galloway mit höherem Schlachttalter ein höherer IMF-Gehalt sowie eine höhere Marmorierungsklasse

einherging, konnte dies bei den Weißblauen Belgiern nicht bestätigt werden (Albrecht et al., 2006, zit. nach Park et al., 2018). Auch hier sei nochmals auf die Wechselwirkung zwischen Fütterungsintensität und Schlachalter hingewiesen. In der Studie von Bureš und Bartoň (2012) wurde bei Stieren und Kalbinnen der Kreuzung Charolais und Fleckvieh der IMF-Gehalt zwischen einem Schlachalter von 14 und 18 Monaten verglichen. Dabei wurde ein signifikanter Einfluss des Schlachalters auf den IMF-Gehalt festgestellt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Mittelwerte des IMF-Gehaltes von Stieren und Kalbinnen bei einem Schlachalter von 14 bzw. 18 Monaten (Bureš und Bartoň, 2012)

Merkmal	Schlachalter, Monate	IMF-Gehalt, %
Stiere	14	1,2
	18	2,0
Kalbinnen	14	2,2
	18	3,6

In einer Studie mit Rindern (Holstein-Kreuzungen), die mit 18 bzw. 21 Monaten geschlachtet wurden, stellte man ebenfalls einen signifikanten Einfluss des Schlachters auf den IMF-Gehalt fest. Dabei wiesen Rinder mit einem Schlachalter von 18 Monaten einen IMF-Gehalt von 2,15 % auf, während Rinder mit einem Schlachalter von 21 Monaten einen höheren IMF-Gehalt von 2,59 % hatten (Pogorzelska-Przybyłek et al., 2018).

### Mastendgewicht

Das Mastendgewicht ist unter anderem ausschlaggebend für die gewebliche Zusammensetzung des Schlachtkörpers, die Marmorierung und die sensorischen Eigenschaften des Fleisches. Dabei ist zu beachten, dass das ideale Mastendgewicht von der Rasse, der Kategorie und der Fütterung abhängig ist. Eine deutsche Studie von Honig et al. (2020) beschäftigte sich mit Fleckvieh Stieren und verglich die IMF-Gehalte bei unterschiedlichem Mastendgewicht. Dabei kam man zur selben Erkenntnis, dass ein höheres Mastendgewicht mit einem höheren IMF-Gehalt einherging (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Mittelwerte des IMF-Gehaltes von Stieren der Rasse Fleckvieh bei verschiedenen Schlachtgewichten (kg) (Honig et al., 2020)

Merkmal	Schlachtgewicht, kg				
	120	200	400	600	780
IMF, %	0,5 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	1,3 <sup>b</sup>	2,4 <sup>c</sup>	3,3 <sup>d</sup>
<sup>a,b,c,d</sup> unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten statistisch signifikante Unterschiede					

Terler et al. (2016) stellten in ihrer Studie mit Fleckvieh Stieren, die bei Mastendgewichten von 690 kg bzw. 760 kg geschlachtet wurden, fest, dass sich die IMF-Gehalte bei unterschiedlichem Mastendgewicht signifikant voneinander unterschieden. Denn ein höheres Schlachtgewicht ging mit einem höheren IMF-Gehalt einher. Augustini (1987) zeigte jedoch, dass über dem Idealgewicht geschlachtete Rinder, die weniger intensiv gemästet wurden, einen niedrigeren IMF-Gehalt aufweisen. Deshalb muss man immer gleichzeitig auf die Einflussfaktoren Fütterungsintensität, Schlachalter und Mastendgewicht achten (Augustini, 1987).

## Fütterungsintensität

Je nachdem wie hoch die Fütterungsintensität ist, werden der Eiweiß- und der Fettansatz beeinflusst. Die Bildung von Fettgewebe korreliert eng mit dem IMF-Gehalt und somit mit den sensorischen Eigenschaften des Fleisches. Die tägliche Zufuhr an Energie steuert die Tageszunahmen und somit auch den Zeitpunkt für das Erreichen des gewünschten Mastendgewichtes. Ristic (1987) zeigte, dass höhere Tageszunahmen und Mastendgewichte mit einem höheren Verfettungsgrad und somit besseren IMF-Gehalten einhergehen. Dadurch wurden Saftigkeit, Zartheit und Aroma des Fleisches besser bewertet.

Nuernberg et al. (2005) beschäftigten sich in ihrer Studie mit Stieren der Rasse Fleckvieh und Holstein und den Auswirkungen von extensiver bzw. intensiver Fütterung auf die Fleischqualität. Dabei wurde jene Gruppe mit intensiver Fütterung im Stall gehalten und mit Maissilage, Kraftfutter (bestehend aus Sojaschrot, Melasse und Gerste), Stroh und Heu gefüttert, während die andere Gruppe (extensive Fütterung) im Sommer auf der Weide gehalten wurde und im Winter im Stall mit angewelkter Silage, Heu und Kraftfutter (Gerste und Leinsamen) gefüttert wurde. Dabei wurde ein signifikanter Einfluss des Fütterungssystems auf den IMF-Gehalt festgestellt (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Mittelwerte des IMF-Gehaltes von Stieren der Rasse Fleckvieh und Holstein bei intensiver und extensiver Fütterung (Nuernberg et al., 2005)

Merkmal	Rasse/Fütterungssystem			
	Fleckvieh	Holstein	Fleckvieh	Holstein
	Intensive Fütterung		Extensive Fütterung	
IMF-Gehalt, %	2,61	2,67	1,51	2,30

Die Fütterungsintensität ist so zu wählen, dass das Mastendgewicht der jeweiligen Rasse und Kategorie entspricht. Der Fettgehalt im Rückenmuskel sollte dann zumindest zwischen 2,5 und 3 % betragen, um eine bestmögliche Rindfleischqualität zu erhalten. Ein zu hoher IMF-Gehalt soll vermieden werden, da dieser vom durchschnittlichen Konsument nicht toleriert wird (Ristic, 1987).

## 3.5 Zusammenhang zwischen intramuskulärem Fett und Fleischqualität (Zartheit, Saftigkeit, Aroma/Geschmack)

Eine ausgeprägtere Marmorierung wird in der Literatur oft mit einem zarteren, saftigeren und geschmacklich besseren Rindfleisch in Verbindung gebracht (Cafferky et al., 2019; Choi et al., 2019; Park et al., 2018). Laut Temisan und Augustini (1987) besteht ein eindeutig positiver Zusammenhang zwischen der sensorischen Bewertung von Saftigkeit, Zartheit und Geschmack/Aroma und dem IMF-Gehalt da der Genusswert des Rindfleisches umso höher beurteilt wird, je höher der IMF-Gehalt ist. Dass Fett mit seinen darin gelösten Inhaltsstoffen ein wesentlicher Faktor für Aroma und Geschmack ist, wurde von Hofmann (1995), Ristic (1987) und Branscheid et al. (2007) untermauert. Ristic (1987) zeigte, dass der IMF-Gehalt sowohl die Zartheit als auch die Saftigkeit des Fleisches wesentlich beeinflusst (siehe Tabelle 4), denn ein höherer Fettgehalt ging mit einer besseren Beurteilung der Zartheit und Saftigkeit einher. Derselbe Zusammenhang konnte zwischen der Marmorierung und der Saftigkeit bzw. dem Aroma festgestellt werden (Ristic 1987).

Tabelle 4: Genussqualität von Rindfleisch in Abhängigkeit vom Fettgehalt im LD (Werteskala: 1-6, 6= beste Bewertung) (Ristic, 1987)

Fettgehalt, % (Marmorierung)	n	Zartheit, Pkt.	Saftigkeit, Pkt.
0 – 0,99	152	3,6	3,4
1 – 1,99	146	3,8	3,8
2 – 2,99	47	4,0	4,0
3 – 3,99	28	4,3	4,0
4 – 4,99	22	4,5	4,1

Die bessere Beurteilung für Saftigkeit, Aroma und Geschmack von Ochsenfleisch im Vergleich zu Stierfleisch in der Studie von Pogorzelska-Przybyłek et al. (2018) wurde durch den doppelt so hohen IMF-Gehalt der Ochsen im Vergleich zu den Stieren (Holstein-Kreuzungen) begründet. Li et al. (2006) untersuchten anhand des LD von 21 Ochsen, welche entsprechend der USDA Marmorierungsklassen "slight-to-small", „modest-to-moderate“ und „abundant“ gleichmäßig verteilt waren, welche Auswirkung die Marmorierung auf die Saftigkeit und Zartheit von Rindfleisch hat. Der Kochsaftverlust war in der Marmorierungsklasse „sligh-to-small“ mit 21 % am höchsten, während er in der Marmorierungsklasse „abundant“ mit 11,4 % am niedrigsten war. Die Kochsaftverluste der drei Marmorierungsklassen waren voneinander signifikant verschieden. In der Marmorierungsklasse „slight-to-small“ unterschied sich die Warner-Bratzler Scherkraft mit 72,1 Newton signifikant von der Marmorierungsklasse „modest to moderate“ mit 45,3 Newton und der Marmorierungsklasse „abundant“ mit 47,3 Newton. Die Schlussfolgerung daraus lautete, dass eine höhere Marmorierungsklasse zu einem zarteren sowie saftigeren Rindfleisch führt (Li et al., 2006). Zur selben Erkenntnis kamen Nian et al. (2018), die in ihrer Studie Rostbraten und Beiried von Stieren und Ochsen der Rasse Holstein in Bezug auf die Fleischqualität verglichen. Fleisch von Ochsen ist zarter und hat geringere Kochsaftverluste als jenes von Stieren. Konsumenten bevorzugen daher Ochsenfleisch, dies kann durch die höheren IMF-Gehalte der Ochsen erklärt werden (Nian et al., 2018).

In der Studie von Corbin et al. (2015) wurden Rinderrückenstreifen mit verschiedenem IMF-Gehalt und USDA Quality-Grade von 120 Testern verkostet. Die Rinderrückenstreifen wurden hinsichtlich Zartheit, Saftigkeit, Geschmack und Gesamteindruck (von 0 bis 100, 100 = beste Bewertung) bewertet. Die Bewertung aufgrund aller Kriterien (Zartheit, Saftigkeit, Geschmack und Gesamteindruck) stieg mit höherem IMF-Gehalt. Nur zwischen den 3 Rinderrückenstreifen mit den höchsten IMF-Gehalten (26,64 %, 18,37 % und 14,67 %) konnte in Bezug auf die Zartheit kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Bewertung der Saftigkeit korrelierte jedoch positiv mit dem IMF-Gehalt (Corbin et al., 2015). Auch von Therkildsen et al. (2017) wurde ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen dem Geschmack von Rindfleisch und der Fettklasse ( $r = 0,12$ ) sowie dem Fettgehalt ( $r = 0,31$ ) festgestellt. Aus diesen Beobachtungen zogen Therkildsen et al. (2017) den Schluss, dass der Geschmack des Rindfleisches vom Fettgehalt abhängt, welcher wiederum durch Rasse, Geschlecht und Fütterung beeinflusst wird.

Van Ba et al. (2013) beschäftigten sich mit den IMF-Gehalten und den sensorischen Eigenschaften des Rindfleisches von Angus Rindern und Hanwoo Rindern. Geschmack, Saftigkeit und Zartheit wurden auf einer Skala von 0 (schlechteste Bewertung) bis 100 (beste Bewertung) bewertet. Bei der Rasse Hanwoo stellte man einen signifikant höheren IMF-Gehalt fest als bei der Rasse Angus (siehe Tabelle 5). Die sensorischen Eigenschaften bei Hanwoo Rindern wurden signifikant besser beurteilt als jene der Angus Rinder. Nach Van Ba et al. (2013) ist daher davon auszugehen, dass ein höherer IMF-Gehalt zu einer Steigerung der Rindfleischqualität führt.

Tabelle 5: IMF-Gehalt und sensorische Eigenschaften (0 bis 100; 100 = beste Bewertung) von Rindern der Rasse Hanwoo und Angus im Vergleich (Van Ba et al., 2013)

Qualitätsmerkmal	Hanwoo	Angus
IMF, %	25,97 <sup>a</sup>	14,75 <sup>b</sup>
Geschmack, Pkt.	67,35 <sup>a</sup>	61,15 <sup>b</sup>
Saftigkeit, Pkt.	76,45 <sup>a</sup>	57,10 <sup>b</sup>
Zartheit, Pkt.	77,32 <sup>a</sup>	52,83 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten statistisch signifikante Unterschiede

Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass nicht nur die Marmorierung allein zu einer guten Fleischqualität führt. Um ein qualitativ hochwertiges Rindfleisch zu produzieren, ist ein gutes Zusammenspiel der Faktoren Marmorierung, Kategorie, Schlachtagter und Mastendgewicht von Bedeutung (Ristic, 1987).

## 4 Tiere, Material und Methoden

### 4.1 Versuchsübersicht

Die herangezogenen Daten stammen aus insgesamt 18 Mastversuchen der BVW Wieselburg (Publikationsjahre 2001-2005 sowie 2008) unter der damaligen Versuchsleitung von Dr. J. Frickh, der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (ab Publikationsjahr 2006) sowie aus Versuchen der Landwirtschaftlichen Fachschulen Hohenlehen, Grabnerhof, Althofen und Obersiebenbrunn (Terler et al. 2014 und 2015, Velik et al. 2018). Eine Auflistung der einzelnen Versuche mit Tieranzahl, Rinderkategorie, Rasse/Kreuzung, Fütterung sowie Mastanfangs- und Mastendgewicht erfolgt in Tabelle 6. Insgesamt standen 1971 Einzeltierdaten zur Verfügung, davon waren 1572 Stiere, 161 Kalbinnen, 137 Ochsen und 101 Jungrinder - wobei einige Fleischqualitätsmerkmale nicht in allen Versuchen erhoben wurden. Der Großteil der Tiere sind Stiere der Rasse Fleckvieh, wodurch die Anzahl an Tieren in den Tierkategorien und Rassen ungleichmäßig verteilt ist. Details zu den einzelnen Versuchsplänen können den Publikationen entnommen werden.

Tabelle 6: Übersicht über die 18 Rindermastversuche

	Anzahl Tiere	Rinder-kategorie	Rasse/ Kreuzung	Grundfutter	Kraftfutter	Mastanfanges-gewicht	Mastendgewicht
<b>Frickh et al. 2001a</b>	68	Stier	FV, PI	Maissilage ad libitum	2 kg KF (bis zum 245. Lebenstag) 3 kg KF (ab dem 245. Lebenstag)	100-150 kg	580 kg (G1) 630 kg (G2)
<b>Frickh et al. 2001b</b>	994	Stier	FV	pelletiertes Alleinfutter		k.A.	440 kg (365 Tage) 520 kg (425 Tage)
<b>Frickh et al. 2003a</b>	74	Stier	FV, FVxLI, FVxCH	Maissilage ad libitum ca. 0,5 kg Heu	G1: 25-30% KF im Mastverlauf sinkend G2: 14-16% KF im Mastverlauf sinkend	250-350 kg	650-750 kg
<b>Frickh et al. 2003b</b>	52	Ochse	FV, GV	Grassilage ad libitum	extensive Vormast: ohne KF intensive Endmast: 3 kg KF	200-250 kg	500-590 kg (GV) 590-620 kg (FV)
<b>Frickh et al. 2005</b>	170	Stier	PI	Maissilage ad libitum	KF je nach Lebendmasse	100 kg	600-630 kg
<b>Häusler et al. 2015</b>	26	Ochse, Kalbin	FVxLI, FVxCH	Maissilage ad libitum 0,5 kg Heu	ca. 3,5 kg KF	254 kg (G1) 371 kg (G2)	580 kg (O) 500 kg (K)
<b>Steinwidder et al. 2006</b>	116	Stier	FV	92% Maissilage, 8% Heu	Energiestufe 1: 1,3 kg KF Energiestufe 2: 2,6 kg KF Energiestufe 3: 2,6-3,9 kg KF	ca. 160 kg	ca. 650 kg
<b>Steinwidder et al. 2019</b>	23	Ochse	FV	Kurzrasenweide während Vegetationsperiode Stallperiode: Grassilage	/	225 kg	700 kg
<b>Terler et al. 2014 (1)</b>	46	Jungrind	FVxLI, LI	Muttermilch ad libitum, Grassilage, Heu	/	k.A.	360 kg (weibl.) 400 kg (männl.)
<b>Terler et al. 2014 (2)</b>	44	Jungrind	FVxLI, FVxLxLI	Muttermilch ad libitum, Grassilage, Heu, Weide in den Sommermonaten	/	k.A.	340 kg (weibl.) 400 kg (männl.)
<b>Terler et al. 2015</b>	18	Ochse, Kalbin	CHxWag, FVxWag	60% Maissilage, 30% Grassilage, 10% Heu	2 kg KF	250-300 kg	650 kg (O) 550 kg (K)
<b>Terler et al. 2016</b>	39	Stier	FV	Maissilage ad libitum 0,3 kg Heu	2,5 bis 3,1 kg KF	170 kg	690 kg (Teil 1) 760 kg (Teil 2)
<b>Velik et al. 2008</b>	120	Stier, Kalbin	FV, FVxLI, FVxCH	Grassilage ad libitum	G1: 2,6-3,5 kg KF G2: 4-5,3 kg KF	ca. 360 kg (S) ca. 285 kg (K)	550/620 kg (S) 480/550 kg (K)
<b>Velik et al. 2009</b>	56	Stier, Ochse, Kalbin, Jungrind	größtenteils FV, FV-Kreuzungen	größtenteils grünlandbasierte Fütterung		k.A.	280-420kg (O) 240-340 kg (K) ca. 200 kg (J)
<b>Velik et al. 2013a</b>	19	Kalbin	FVxCH	G1: 30% Maissilage, 70% Grassilage G2: Mai bis Oktober: Kurzrasenweide ohne Beifütterung	G1: 2 kg KF G2: nach Weideperiode Endmast wie G1	250-350 kg	550 kg
<b>Velik et al. 2013b</b>	20	Kalbin	FVxCH	G1: 70% Grassilage, 30% Heu G2: Kurzrasenweide ohne Beifütterung	G1: 2 kg KF G2: ab 500 kg wie G1	298 kg	550 kg
<b>Velik et al. 2018</b>	53	Stier, Ochse, Kalb	FV	S: Maissilage O u. K: 70-90% Maissilage, 10-30% Heu	S: 3 kg KF O u. K: ca. 2 kg KF	164 kg	730 kg (S) 650 kg (O) 550 kg (K)
<b>Velik et al. 2019</b>	33	Stier	FV, HF	Grundfutter-G1: Maissilage, 0,5 kg Heu Grundfutter-G2: 67% Grassilage, 33% Maissilage, 0,5 kg Heu	KF-G1: 30-50% im Mastverlauf sinkend KF-G2: 15-25% im Mastverlauf sinkend	165-180 kg	590-720 kg

FV= Fleckvieh, PI= Pinzgauer, LI= Limousin, CH= Charolàis, GV= Tiroler Grauvieh, Wag= Wagyu, HF= Holstein Friesian

G= Gruppe; KF= Kraftfutter; S= Stier, O= Ochse, K= Kalbin, J= Jungrind

## 4.2 Datenübersicht: Mittelwerte und Standardabweichungen

In den Tabellen 7 und 8 werden die Mittelwerte und Standardabweichungen ( $\sigma$ ) der 18 Einzelmastversuche für ausgewählte Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsmerkmale dargestellt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen unterteilt in die Rinderkategorien Stier, Ochse, Kalbin und Jungrind befinden sich in Tabelle 9. Zur Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen für die einzelnen Merkmale wurden SAS (Version 9.4, 2019; Procedure MEANS) und Excel 2016 verwendet. Zuerst wurden die Mittelwerte der einzelnen Versuche ermittelt und daraus wiederum die Mittelwerte für die Kategorien Stier, Ochse, Kalbin und Jungrind errechnet. Dadurch konnte ein guter Überblick über die einzelnen Mastversuche und Kategorien geschaffen werden. Da nicht bei jedem Versuch alle Parameter erhoben wurden, sind die fehlenden Werte mit „x“ gekennzeichnet. Die einzelnen Versuchsgruppen innerhalb eines Versuches wurden nicht gesondert angeführt.



Tabelle 7: Mittelwerte und Standardabweichungen von Mastleistungs-, Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsmerkmalen der Einzelversuche – Teil 1

Merkmal	Einheit	Frickh et al. 2001a		Frickh et al. 2001b		Frickh et al. 2003a		Frickh et al. 2003b		Frickh et al. 2005		Häusler et al. 2015		Steinwidder et al. 2006		Steinwidder et al. 2019		Terler et al. 2014 (1)	
		Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$
Anzahl Tiere		68		994		74		52		170		26		116		23		46	
<b>Mast- und Schlachtleistung</b>																			
Schlachalter	Tage	484	52	438	55	565	39	726	74	570	78	391	38	490	68	770	76	331	44
Lebendgewicht (LG)	kg	606	36	521	85	663	41	572	55	611	46	546	39	654	12	673	23	417	36
Schlachtkörpergewicht (warm)	kg	340	25	287	50	402	30	321	32	350	28	312	27	371	11	373	14	237	27
Ausschlachtung (warm)	%	55,7	2,3	55,0	2,8	60,5	2,4	56,2	2,2	57,4	2,5	57,1	1,8	56,7	1,4	55,5	1,9	56,7	3,2
Tageszunahme	g	1212	223	1187	121	1179	112	796	106	1088	136	1397	129	1360	182	880	71	1288	226
Nettotageszunahme	g	712	101	653	77	714	77	446	56	623	79	798	83	772	106	489	46	733	156
EUROP-Fleischigkeitsklasse	Punkte 1-5 (5= E)	2,90	0,88	2,56	0,82	4,18	0,65	2,96	0,53	2,76	0,69	3,81	0,40	3,85	0,41	3,17	0,36	3,43	0,57
Fettgewebeklasse	Punkte 1-5 (5= fett)	2,00	0,52	1,87	0,57	1,96	0,20	2,42	0,50	1,98	0,44	3,48	0,69	2,94	0,45	2,61	0,50	2,08	0,58
pH-Wert 48h p.m.		5,57	0,16	5,59	0,16	5,60	0,15	5,49	0,12	5,56	0,10	5,54	0,12	5,69	0,57	5,71	0,29	5,65	0,18
Nierenfett	% vom SKG <sub>warm</sub>	1,84	1,42	x	x	1,66	0,74	4,56	1,85	1,75	0,84	4,09	1,03	2,91	0,82	2,92	0,64	1,54	0,77
<b>Fleischqualität</b>																			
Kochsaftverlust	%	29,3	2,9	29,4	4,2	24,4	2,9	24,8	3,0	25,9	3,0	x	x	37,6	5,4	29,0	2,0	31,5	3,4
Grillsaftverlust	%	28,5	2,1	27,6	3,2	26,7	2,8	25,5	2,7	28,7	3,1	x	x	26,7	2,7	28,8	2,6	25,7	4,9
Scherkraft gegrillt	kg	3,32	1,58	3,23	1,18	4,30	1,60	2,58	0,81	3,24	1,04	x	x	4,37	1,76	2,67	0,52	3,63	1,31
<b>Inhaltsstoffe</b>																			
IMF-Gehalt (VBA)	%	3,02	1,51	2,79*	1,41	3,04	1,28	5,62	3,04	3,02	1,53	x	x	x	x	x	x	x	x
IMF-Gehalt (Soxhlet/NIRS)	g/1000g FM	x	x	x	x	19,4	8,3	51,9	21,9	22,8	11,7	19,5	9,3	14,4	9,9	34,0	10,5	7,4	3,3
<b>Verkostung</b>																			
Saftigkeit	Noten 1-6 (6= beste)	4,33	0,52	x	x	4,41	0,45	4,93	0,46	4,72	0,46	3,77	0,66	3,60	0,69	3,91	0,42	x	x
Zartheit	Noten 1-6 (6= beste)	4,04	0,66	x	x	3,77	0,84	4,72	0,51	4,33	0,59	4,02	0,72	3,71	0,84	3,98	0,62	x	x

x= nicht untersucht  
 $\sigma$ = Standardabweichung

\* nur 426 der insgesamt 994 Einzeltierdatensätze vorhanden  
 VBA= Videobildanalyse

Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichungen von Mastleistungs-, Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsmerkmalen der Einzelversuche – Teil 2

Merkmal	Einheit	Terler et al. 2014 (2)		Terler et al. 2015		Terler et al. 2016		Velik et al. 2008		Velik et al. 2009		Velik et al. 2013a		Velik et al. 2013b		Velik et al. 2018		Velik et al. 2019		
		Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	
Anzahl Tiere		44		18		39		120		56		19		20		53		33		
<b>Mast- und Schlachtleistung</b>																				
Schlachalter	Tage	291	47	630	75	515	48	567	65	626	201	508	45	511	51	502	44	546	51	
Lebendgewicht (LG)	kg	395	21	614	65	727	36	558	49	696	41	549	16	549	10	667	76	639	51	
Schlachtkörpergewicht (warm)	kg	228	15	356	47	413	22	329	35	311	65	313	11	308	9	354	51	352	35	
Ausschlachtung (warm)	%	57,6	2,5	57,9	2,0	56,8	1,7	59,0	3,1	55,7	2,7	57,0	1,9	56,1	1,3	53,9	2,4	55,1	2,0	
Tageszunahme	g	1397	248	979	81	1421	124	993	114	835	93	1088	86	1086	109	1358	141	1181	148	
Nettotageszunahme	g	805	151	566	51	805	59	585	66	524	114	620	47	609	64	708	102	652	93	
EUROP-Fleischigkeitsklasse	Punkte 1-5 (5= E)	3,96	0,47	3,00	0,00	3,82	0,45	3,61	0,64	3,29	0,59	3,92	0,30	4,00	0,28	3,49	0,58	2,70	0,88	
Fettgewebeklasse	Punkte 1-5 (5= fett)	2,07	0,62	4,11	0,58	2,74	0,63	2,23	0,59	2,75	0,58	3,16	0,53	3,05	0,56	2,55	0,54	2,83	0,49	
pH-Wert 48h p.m.		5,49	0,18	x	x	5,63	0,14	5,50	0,10	x	x	5,89	0,25	5,66	0,13	5,51	0,05	5,74	0,16	
Nierenfett	% vom SKG <sub>warm</sub>	1,68	0,96	4,95	0,88	3,15	0,79	2,80	1,89	x	x	3,57	0,83	3,05	1,18	3,79	2,68	4,02	1,16	
<b>Fleischqualität</b>																				
Kochsaftverlust	%	31,1	3,7	15,4	2,2	29,2	3,0	26,4	2,0	23,6	4,4	26,3	3,8	26,7	3,1	27,3	3,7	30,2	2,8	
Grillsaftverlust	%	25,2	3,2	28,2	3,2	28,6	4,4	26,7	2,8	24,3	3,0	26,8	2,8	x	x	30,1	2,4	30,5	2,9	
Scherkraft gegrillt	kg	1,66	0,90	2,69	0,89	3,67	0,84	3,69	1,08	3,13	0,73	3,05	0,92	x	x	3,25	0,75	2,88	0,82	
<b>Inhaltsstoffe</b>																				
IMF-Gehalt (VBA)	%	2,50	0,94	17,94	3,95	x	x	3,03	1,56	x	x	2,99	1,94	3,85	1,50	4,53	2,78	x	x	
IMF-Gehalt (Soxhlet)	g/100g FM	9,3	5,7	88,1	23,1	22,1	10,6	28,8	18,1	27,8	13,7	31,6	15,1	23,2	10,6	31,1	14,1	22,6	8,1	
<b>Verkostung</b>																				
Saftigkeit	Noten 1-6 (6= beste)	x	x	5,18	0,53	3,61	0,67	4,81	0,46	x	x	x	x	x	x	4,13	0,69	4,03	0,58	
Zartheit	Noten 1-6 (6= beste)	x	x	5,23	0,52	3,21	0,80	4,48	0,81	x	x	x	x	x	x	4,17	0,86	4,03	0,71	

x= nicht untersucht

VBA= Videobildanalyse

$\sigma$ = Standardabweichung

Tabelle 9: Mittelwerte und Standardabweichungen von Mastleistungs-, Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsmerkmalen der Rinderkategorien Stier, Ochse, Kalbin und Jungrind basierend auf den 18 Mastversuchen

Merkmal	Einheit	Stier		Ochse		Kalbin		Jungrind	
		Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$	Mittelwert	$\sigma$
Anzahl Tiere		1572		137		161		101	
<b>Mast- und Schlachtleistung</b>									
Schlachalter	Tage	523	54	645	66	520	59	320	37
Lebendgewicht (LG)	kg	639	42	644	29	543	21	406	29
Schlachtkörpergewicht (warm)	kg	365	27	358	22	303	20	232	24
Ausschlachtung (warm)	%	57,0	2,2	56,2	1,9	56,3	2,0	57,1	2,8
Tageszunahme	g	1232	141	1058	97	1104	91	1342	237
Nettotageszunahme	g	705	78	593	56	598	62	742	133
EUROP-Fleischigkeitsklasse	Punkte 1-5 (5= E)	3,33	0,66	3,28	0,43	3,57	0,38	3,58	0,52
Fettgewebeklasse	Punkte 1-5 (5= fett)	2,27	0,45	3,09	0,56	3,09	0,54	2,23	0,57
pH-Wert 48h p.m.		5,61	0,17	5,56	0,14	5,61	0,12	5,57	0,18
Nierenfett	% vom SKG <sub>warm</sub>	2,44	1,11	4,04	1,37	4,10	1,22	1,61	0,87
<b>Fleischqualität</b>									
Kochsaftverlust	%	29,0	3,3	23,8	2,8	24,3	3,4	29,0	3,8
Grillsaftverlust	%	28,4	2,9	27,6	3,0	26,6	2,6	25,1	3,4
Scherkraft gegrillt	kg	3,67	1,17	2,86	0,77	3,00	0,74	2,76	0,99
<b>Inhaltsstoffe</b>									
IMF-Gehalt (VBA)	%	3,14	1,82	9,04	3,21	6,67	2,03	2,50	0,94
IMF-Gehalt (Soxhlet/NIRS)	g/1000g FM	19,8	9,4	43,0	16,0	38,8	13,9	11,3	5,3
<b>Verkostung</b>									
Saftigkeit	Noten 1-6 (6= beste)	4,13	0,55	4,42	0,55	4,54	0,54	x	x
Zartheit	Noten 1-6 (6= beste)	3,81	0,73	4,53	0,65	4,64	0,55	x	x

x= nicht untersucht

VBA= Videobildanalyse

$\sigma$ = Standardabweichung

## 4.3 Beschreibung der vorhandenen Daten und Datenerhebung

### 4.3.1 Mast- und Schlachtleistungsmerkmale

Die Schlachtung der Rinder erfolgte in den betriebseigenen Schlachtstätten der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, am Schlachthof Königshof der BVW Wieselburg beziehungsweise an den Landwirtschaftlichen Fachschulen. Für die Berechnung der Tageszunahmen wurde das Lebendgewicht durch das Schlachalter (Geburtsgewicht nicht berücksichtigt) und für die Nettotageszunahmen das Schlachtkörpergewicht warm durch das Schlachalter dividiert. Aus dem Lebendgewicht vor der Schlachtung und dem Schlachtkörpergewicht warm berechnete sich die Ausschlachtung warm. Das Lebendgewicht und infolgedessen auch die Ausschlachtung und die Tageszunahmen standen beim Versuch von Frickh et al. (2001a) in nur 50 der insgesamt 68 Einzeltierdatensätze sowie beim Versuch von Velik et al. (2009) in nur 11 der insgesamt 56 Einzeltierdatensätze zur Verfügung. Die Schlachtkörperklassifizierung erfolgte nach dem EUROP-System, wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben durch den Fleischhauer und die Fleischlaboranten. Für die Fleisch- und die Fettgewebeklasse waren für Frickh et al. (2001b) nur 718 der insgesamt 994 Daten vorhanden. Der pH-Wert wurde 48 Stunden (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) beziehungsweise 96 Stunden (BVW Wieselburg) nach der Schlachtung im LD gemessen. Dieses Merkmal wurde in den Versuchen von Velik et al. (2009) und Terler et al. (2015) nicht erhoben, während in Velik et al. (2018) nur Daten von 13 der insgesamt 53 Tiere vorlagen. Für das Merkmal Nierenfett wurde der Nierenfettanteil am Schlachtkörpergewicht warm berechnet. Das Merkmal Nierenfett wurde in Frickh et al. (2001b) und in Velik et al. (2009) nicht erhoben, während in Velik et al. 2018 nur Werte von 41 der insgesamt 53 Tiere zur Verfügung standen. Nach sieben Tagen Fleischreifung an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein bzw. nach vier Tagen an der BVW Wieselburg wurde die rechte Schlachtkörperhälfte entsprechend der DLG-Schnittführung zerlegt (Scheper und Scholz, 1985). Die Schlachtkörperhälften wurden

zwischen der 8. und 9. Rippe geteilt und die Fleischproben stammten vom LD. Diese wurden vakuumiert und 14 Tage, beim Jungrind nur acht Tage, gereift. Das Fleisch der Masttiere in Steinwidder et al. (2006) wurde nur 10 Tage gereift.

### 4.3.2 Fleischqualitätsparameter

Bei den Versuchen, die in den Jahren 2001 bis 2008 durchgeführt wurden, fand die Untersuchung der Fleischqualität an der BVW Wieselburg statt, bei allen anderen im Fleischqualitätslabor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Die Fleischqualitätsuntersuchungen wurden in Anlehnung an Honikel (1998) durchgeführt. Beim zu untersuchenden Fleischstück handelte es sich immer um ein Stück vom Rostbraten am langen Rückenmuskel.

In den 18 Mastversuchen wurden die Fleischuntersuchungen zum Teil an frischen und zum Teil an eingefrorenen Fleischproben durchgeführt. In den sechs an der BVW Wieselburg abgewickelten Versuchen wurden bis auf die Verkostung alle Fleischqualitätsuntersuchungen am frischen Fleisch durchgeführt. Die Verkostung wurde stets mit eingefrorenen und im Kühlschrank wieder aufgetauten Fleischproben durchgeführt. Kochsaft, Grillsaft und Scherkraftmessung wurden großteils am frischen Fleisch durchgeführt mit Ausnahme von Steinwidder et al. (2006), Steinwidder et al. (2019), Terler et al. (2014 (1) und (2)), Terler et al. (2015) und Velik et al. (2019), wo sie an eingefrorenen und für die Untersuchungen wieder aufgetauten Fleischproben durchgeführt wurden. Der IMF-Gehalt wurde großteils am frischen Fleisch bestimmt, nur bei den vier Versuchen Steinwidder et al. (2019), Terler et al. (2014 (1) und (2)) und Terler et al. (2015) am eingefrorenen Fleisch. Der Gefrier- und Auftauprozess kann Fleischqualitätsmerkmale geringfügig beeinflussen. Nach einer Literaturübersicht von Leygonie et al. (2012) unterscheiden sich die Kochsaft- und Grillsaftverluste von frischen und aufgetauten Fleischproben nicht signifikant voneinander. Leygonie et al. (2012) fassen weiters zusammen, dass prinzipiell durch das Einfrieren und Auftauen die Zartheit von Fleisch verbessert wird. Allerdings dürfte laut Leygonie et al. (2012) und Vieira et al. (2009) der Effekt bei ausreichend gereiftem Fleisch vernachlässigbar sei.

Um das Wasserbindungsvermögen des Rindfleisches feststellen zu können, wurden der Koch- und Grillsaftverlust untersucht. Für die Ermittlung des Kochsaftverlustes wurde eine 100 bis 150 g schwere Fleischprobe, welche zuvor für den Tropfsaftverlust verwendet wurde, herangezogen. Die Bestimmung des Kochsaftverlustes lief in Wieselburg und Raumberg-Gumpenstein gleich ab. Die Probe wurde in einen Plastiksack gegeben, der oben umgeschlagen wurde und in 70°C warmem Wasser für 50 Minuten gegart. Danach kam der Beutel für 40 Minuten in ein ca. 20°C kaltes Wasserbad um abzukühlen und anschließend rückgewogen zu werden. Die Koch- und Tropfsaftverluste wurden in allen Mastversuchen außer dem von Häusler et al. (2015) erhoben, in der Untersuchung von Frickh et al. (2001b) waren nur 969 von insgesamt 994 Einzeltierdatensätzen vorhanden.

Die Fleischprobe für den Grillsaftverlust (kalt) war ca. 3 cm dick und wurde 14 Tage vakuumiert im Kühlschrank gereift bzw. nach der 14-tägigen Fleischreifung eingefroren und vor der Grillsaftbestimmung wieder im Kühlschrank aufgetaut. Anschließend wurde die Fleischprobe auf einem Doppelplattengrill mit 200°C Plattentemperatur der Firma Silex gegrillt (siehe Abb. 2), bis eine Kerntemperatur von 60°C erreicht wurde. Erst nach dem Abkühlen (ca. 40 Minuten nach dem Grillen) wurde die Fleischprobe rückgewogen. In den Mastversuchen von Velik et al. (2013b) und Häusler et al. (2015) wurde der Grillsaftverlust nicht ermittelt. In der Arbeit von Frickh et al. (2001b) lag er nur für 947 der 994 Einzeltierdatensätze vor.

Jene Probe, mit welcher der Grillsaftverlust bestimmt wurde, wurde für die Ermittlung der Scherkraft (gegrillt) weiterverwendet. Dazu wurden aus dem gegrillten Rindfleisch 10 Fleischkerne mit einem Fleischbohrer (Durchmesser: 1,27 cm) längs zum Faserverlauf ausgestochen (siehe Abb. 2). Gemessen wurde die Scherkraft quer zur Faserrichtung mit der Warner-Bratzler-Schere (HBLFA Raumberg-Gumpenstein: Firma Instron 3365; BVW Wieselburg: Firma G-R Electric, Modell 3000, USA), welche ein dreieckiges Scherblatt hatte (siehe Abb. 2). Die Kraft, welche für das Durchschneiden der Fleischkerne aufgewendet werden musste, wurde in kg angegeben (1 kg = 9,81 Newton) und der Mittelwert aus den Werten der 10 Fleischkerne berechnet. Aus den Mastversuchen Velik et al. (2013b) und Häusler et al. (2015) standen keine Einzeltierdatensätze zur Scherkraft zur Verfügung. In Frickh et al. (2001b) wurde nur bei 954 der insgesamt 994 Tieren die Scherkraft ermittelt.

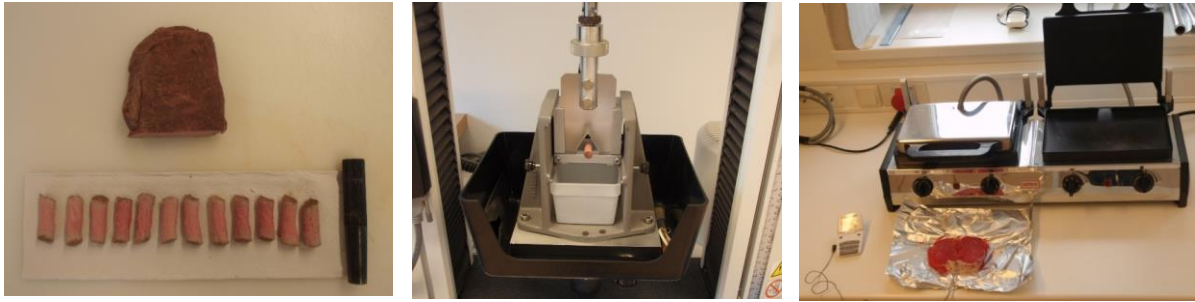


Abbildung 2: Bestimmung der Scherkraft mittels gegrillter Fleischkerne

### 4.3.3 Verkostung

Für die Verkostung wurde eine ca. 2 cm dicke Fleischprobe vom Rostbraten herangezogen, die bis zum Termin bei -30°C (BVW Wieselburg) beziehungsweise -20°C (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) eingefroren war. Das Rindfleisch wurde auf einem Plattengriller (gleiches Gerät wie für den Grillsaftverlust) bis auf eine Kerntemperatur von 70°C gebracht. Anhand dieser Fleischprobe bewerteten vier bis fünf geschulte Mitarbeiter der HBLFA Raumberg-Gumpenstein bzw. sechs Mitarbeiter der BVW Wieselburg die Zartheit und Saftigkeit mit Punkten von 1 bis 6, wobei 1 die schlechteste und 6 die beste Note darstellte. Eine Verkostung wurde für den Großteil der Versuche durchgeführt, außer in Frickh et al. (2001b), Terler et al. (2014 (1) und (2)), und Velik et al. (2009, 2013a und b).

### 4.3.4 IMF-Gehalt und Marmorierungsbewertung

Um den IMF-Gehalt zu bestimmen, wurde eine ca. 100 g schwere Probe homogenisiert und anschließend untersucht. An der BVW Wieselburg erfolgte dies mit der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS), während an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein die nasschemische Methode nach Soxhlet verwendet wurde. Nach Frickh et al. (2001a) kann davon ausgegangen werden, dass die an der BVW Wieselburg mit NIRS ermittelten IMF-Gehalte gut mit der nasschemischen Methode nach Soxhlet übereinstimmen. Der IMF-Gehalt wurde in den Versuchen von Frickh et al. (2001a und b) nicht bestimmt, während im Versuch von Terler et al. (2014) nur von 32 der insgesamt 44 Einzeltierdatensätze Werte zur Verfügung standen. Zusätzlich wurde bei den Versuchen an der BVW Wieselburg der IMF-Gehalt videobildanalytisch anhand eines Fleischprobenfotos mit der Bildanalyse-Software PiCed Cora (Version 9.99) beurteilt. Dies wurde in den Versuchen Velik et al. (2008, 2013a und b, 2018), Terler et al. (2014(1)) für 14 der insgesamt 46 Einzeltierdatensätze, Terler et al. (2015), Frickh et al. (2001a, 2003a und b, 2005) sowie für 426 der insgesamt 994 Einzeltierdatensätze von Frickh et al. (2001b) ermittelt.

In den Versuchen der BVW Wieselburg - Frickh et al. (2001a, 2003a und b, 2005), Velik et al. (2008) und Frickh et al. (2001b; in 780 der insgesamt 994 Einzeltierdatensätze) - wurde zusätzlich die Fleischmarmorierung 96 Stunden nach der Schlachtung am frischen Stück Fleisch vom Rückenmuskel subjektiv bewertet. Dabei wurde die Menge an IMF innerhalb des Muskels nach dem Schema von Ristic (1987) beurteilt. Es wurden Punkte von 1 („keine sichtbare Marmorierung“) bis 6 („zu starke Marmorierung“) vergeben (siehe Tabelle 10).

Frickh et al. (2003b) haben zu den 6 Marmorierungsklassen von Ristic (1987) Beispielfotos veröffentlicht (siehe Abb. 3).

Tabelle 10: Subjektive Marmorierungsbewertung (Quelle: Ristic, 1987)

Punkte	Ausprägung	Beschreibung	IMF, %
1	keine sichtbare	blaues Fleisch	< 1
2	schwache	Existenz einiger sichtbarer Marmorierungspunkte	1-3
3	mittelmäßig	gut sichtbar eingelagertes Fett	3-5
4	stark	bereits dickere Fettfaszien	5-7
5	sehr stark	zahlreiche Fetteinlagerungen	7-10
6	zu stark	abnorme übermäßige Fetteinlagerung, Fettinfiltration	>10

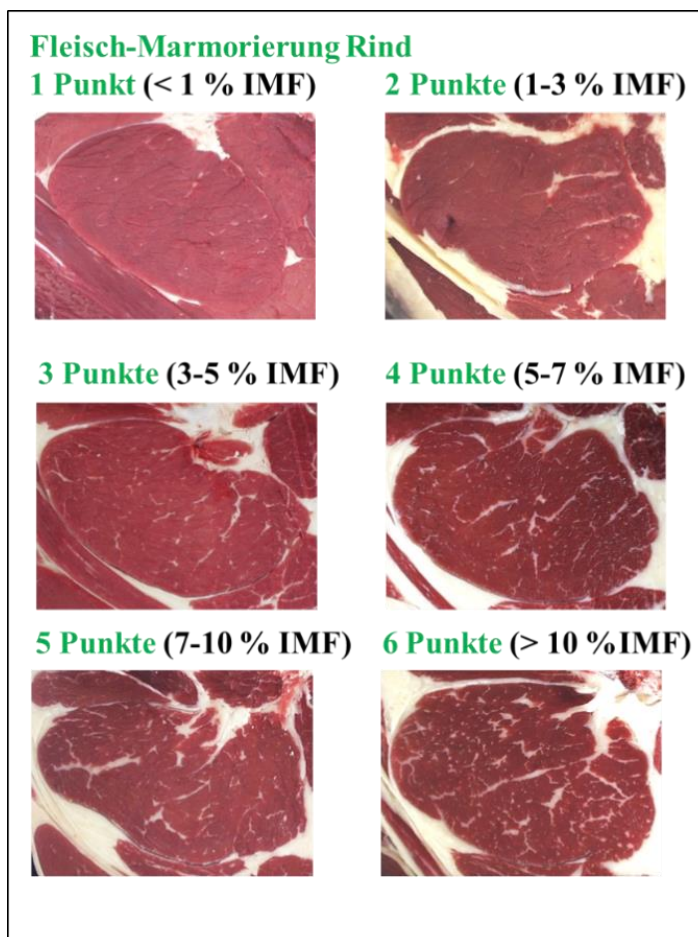


Abbildung 3: Beispielfotos für die subjektive Einteilung in Marmorierungsklassen (Quelle: Frickh et al., 2003b)

Die Rindfleischfotos, welche zur Marmorierungsbeurteilung verwendet wurden, wurden an der BVW Wieselburg mit der Kamera Canon EOS 300 D aufgenommen, während an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein die Kamera Olympus E-520 (ohne Blaufilter) zum Einsatz kam. Auf den Fotos wurde der Rückenmuskel im Bereich der 7. bis 9. Rippe samt anheftendem Gewebe und Knochen abgebildet.

## 4.4 Datenverarbeitung und statistische Auswertungen

Die Auswertungen erfolgten mit Excel 2016 und dem Statistikprogramm SAS (Version 9.4, 2019). Differenzen mit P-Werten von  $< 0,001$  galten als hoch signifikant, von  $< 0,05$  als signifikant und von  $0,05 - 0,1$  als tendenziell. Die Einzeldaten der 18 Mastversuche wurden keiner Datenkontrolle unterzogen, da davon ausgegangen wurde, dass dies schon bei der Auswertung der jeweiligen Mastversuche geschehen war (siehe Veröffentlichungen in Tabelle 6 sowie dazugehörige Literaturquellen im Literaturverzeichnis).

### 4.4.1 Einteilung in die Marmorierungsklassen nach Ristic (1987)

Um veranschaulichen zu können, wie in den einzelnen Rinderkategorien die Häufigkeitsverteilung der IMF-Gehalte innerhalb der Marmorierungsklassen nach Ristic (1987) aussieht, wurde in SAS (Version 9.4, 2019) ein Chi-Quadrat Kontingenztest mittels der Procedure FREQ durchgeführt. Dafür wurde die Marmorierungsbeurteilung nach Soxhlet bzw. NIRS herangezogen, wobei nur 895 von den 1971 Einzeltierdatensätzen verwendet werden konnten, da nur für diese Tiere Informationen zum IMF-Gehalt (Soxhlet bzw. NIRS) zur Verfügung standen. Wie in Kapitel 4.2.4 bereits beschrieben, wurden die Versuche von Frickh et al. (2001a) (68 Einzeltierdatensätze) und Frickh et al. (2001b) (994 Einzeltierdatensätze) nicht berücksichtigt, da hier die IMF-Gehalte nur mittels VBA bestimmt wurden. Die Anzahl der verfügbaren Einzeltierdatensätze je Tierkategorie lautete wie folgt: Stier (510), Ochse (136), Kalbin (161) und Jungrind (88).

### 4.4.2 Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und Zartheit bzw. Saftigkeit von Rindfleisch

#### Korrelationen und Scatterplots

Um lineare Zusammenhänge zwischen dem IMF-Gehalt (Soxhlet bzw. NIRS) und den Merkmalen Grillsaftverlust, Kochsaftverlust, Scherkraft sowie den beiden Verkostungsparametern Saftigkeit und Zartheit darzustellen, wurden in SAS (Version 9.4, 2019) Korrelationen nach Pearson bzw. Rangkorrelationen nach Spearman berechnet sowie Scatterplots erstellt. Hierbei wurden Stiere, Ochsen und Kalbinnen getrennt ausgewertet und dargestellt. Insgesamt standen hierfür 808 Einzeltierdatensätze zur Verfügung (Stiere: 510 Einzeltierdatensätze aus 7 Projekten; Kalbinnen: 161 Einzeltierdatensätze aus 5 Versuchen, Ochsen: 137 Einzeltierdatensätze aus 5 Versuchen).

Zusätzlich wurden für vier an der BVW Wieselburg durchgeführte Versuche (Frickh et al. 2003a und b, Frickh et al. 2005, Velik et al. 2008; insgesamt 416 Einzeltierdatensätze) Korrelationen und Scatterplots für IMF (NIRS) und die subjektive, 6-teilige Marmorierungsbeurteilung erstellt. In die Berechnung der Korrelationskoeffizienten und Erstellung der Scatterplots für IMF (VBA) und Marmorierungsbeurteilung flossen zusätzlich zu den 4 oben genannten Versuchen noch die Daten der Versuche von Frickh et al. (2001a und b) ein (insgesamt 910 Einzeltierdatensätze).

Der Korrelationskoeffizient kann zwischen  $-1$  und  $1$  liegen, wobei  $0$  keinen, eine negative Zahl einen antagonistischen und eine positive Zahl einen synergistischen Zusammenhang bedeutet. Der Pearson-Korrelationskoeffizient zeigt den linearen Zusammenhang, das heißt, dass ein niedriger Korrelationskoeffizient nicht zwingend bedeuten muss, dass es keinen Zusammenhang gibt, denn dieser könnte auch nicht linear sein (Held, 2017).

### 4.4.3 Kovarianzanalyse

Für die Kovarianzanalyse (Procedure GLM) konnten nur 498 Einzeltierdatensätze verwendet werden, da das Modell ansonsten keine LS-Means schätzen konnte. Dabei fielen die Rinderkategorie Jungrind, die Rassen Limousin, Holstein, Grauvieh und Pinzgauer sowie die Rassenkreuzungen Charolais mit Wagyu und Fleckvieh mit Wagyu weg. Jungrinder sind zudem auch physiologisch mit den Tierkategorien Stier, Ochse und Kalbin kaum vergleichbar.

Im ersten Schritt wurden jene Merkmale als mögliche Kovariablen selektiert, die laut Literatur einen Einfluss auf den IMF-Gehalt haben können bzw. zwischen denen ein Zusammenhang bestehen kann. Mögliche Kovariablen

für das Ausgangsmodell waren somit Lebendgewicht, Schlachtkörpergewicht, Tageszunahmen und Nettotageszunahme, Fleischigkeits- und Fettgewebeklasse sowie Nierenfett bezogen auf das Schlachtkörpergewicht warm. Es wurden die Korrelationen (Pearson, Spearman) zwischen diesen Kovariablen ermittelt. Wenn die Korrelation zweier Kovariablen über 0,8 betrug, wurde nur eine davon im Modell belassen, um Multikollinearität zu vermeiden (Mach et al. 2008). Im Ausgangsmodell waren somit als fixe Effekte Projekt, Tierkategorie und Rasse/Kreuzung sowie deren Wechselwirkungen und als Kovariablen (jeweils linear und quadratisch) Lebendgewicht, Tageszunahme, Schlachalter, Fleischklasse, Fettgewebeklasse und Nierenfett bezogen auf das Schlachtkörpergewicht warm. Die Wechselwirkungen waren nicht signifikant und wurden daher aus dem Modell genommen. Die Kovariablen wurden schrittweise aus dem Modell genommen (jeweils die Kovariable mit höchstem P-Wert, wobei zuerst immer die quadratischen Glieder herausgenommen wurden, auch wenn ein lineares Glied, bei dem das quadratische Glied bereits aus dem Modell genommen wurde, einen höheren P-Wert hatte). Als Kovariablen (P-Wert < 0,05) verblieben im finalen Modell Schlachalter, Fettgewebeklasse und Nierenfett (linear und quadratisch) genestet innerhalb Tierkategorie. Durch die Nestung der Kovariablen erhöhte sich das Bestimmtheitsmaß geringfügig, während die Residualstandardabweichung geringfügig niedriger wurde. Durch die Nestung war der P-Wert des fixen Effekts Tierkategorie nicht mehr signifikant und hatte nur mehr einen tendenziellen Einfluss (P = 0,0515).

Das Lebendgewicht, welches laut Literatur den IMF-Gehalt ebenfalls maßgeblich beeinflusst, wurde als letztes, nicht signifikantes Glied (P = 0,123) aus dem Modell genommen. Es wurde ausprobiert das Lebendgewicht statt dem Schlachalter im Modell zu belassen. Bei „Lebendgewicht als Kovariable“ war die Verteilung der Beobachtungen innerhalb der Tierkategorien sehr unterschiedlich. Während bei den Kalbinnen der Großteil der Daten im Bereich 480 bis 580 kg lag, lagen sie bei den Ochsen zwischen 580 und 680 kg und bei den Stieren zwischen 550 und 750 kg. Im „Modell mit Lebendgewicht“ wurden die Kovariablen Fettklasse und Nierenfett genestet, das Lebendgewicht jedoch nicht, da durch die Nestung des Lebendgewichtes die Tierkategorie und das Lebendgewicht nicht mehr signifikant waren (P-Werte 0,80 bzw. 0,21). Mit dem Effekt Lebendgewicht statt dem Effekt Schlachalter im Modell waren der Kurvenverlauf in den Abbildungen und auch das Bestimmtheitsmaß und die Residualstandardabweichung jenem mit dem Effekt Schlachalter im Modell sehr ähnlich, weshalb auf eine Darstellung im Ergebnisteil verzichtet wird.

Dadurch ergab sich folgendes Modell:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + T_j + R_k + b_1 \times S(T) + b_2 \times N(T) + b_3 \times N_2(T) + b_4 \times F(T) + E_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$  = Beobachtungswert IMF-Gehalt

$\mu$  = Intercept

P = fixer Effekt des Projektes i, i= 1...11

T = fixer Effekt der Tierkategorie j, j= 1,2,3

R = fixer Effekt der Rasse k, k= 1,2,3

b1-b4= Regressionskoeffizienten

S(T) = kontinuierlicher Effekt des Schlachalters genestet innerhalb Tierkategorie

N(T) = kontinuierlicher Effekt des Nierenfettes genestet innerhalb Tierkategorie (linear und quadratisch)

F(T) = kontinuierlicher Effekt der Fettklasse genestet innerhalb Tierkategorie

$E_{ijkl}$  = Rest- oder Zufallskomponente von  $Y_{ijkl}$



Die Fütterung wurde in diesem Modell nicht separat berücksichtigt, da diese in den Versuchen sehr unterschiedlich gestaltet war und ein Zusammenfassen in Gruppen nicht möglich war. Sie ist jedoch teilweise durch den Effekt des Versuches inkludiert.

Die 498 Einzeltierdatensätze stammten aus den folgenden 11 Versuchen (siehe Tabelle 6): Frickh et al. (2003a und b), Häusler et al. (2015), Steinwiddler et al. (2006), Steinwiddler et al. (2019), Terler et al. (2016), Velik et al. (2013a und b), Velik et al. (2008), Velik et al. (2018), Velik et al. (2019). Die 498 Einzeltierdatensätze waren auf die Tierkategorien wie folgt verteilt: Stier (61 %), Kalbin (24,9 %) und Ochse (14,2 %). Die Verteilung der Rassen bzw. Rassenkreuzungen stellte sich wie folgt dar: Fleckvieh 66 %, FVxCH 21,8 % und FVxLI 12,2 %. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der kontinuierlichen Effekte des Schlachalters, Nierenfettes und der Fettgewebeklasse sind in Tabelle 11 ersichtlich.

Tabelle 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der kontinuierlichen Effekte Schlachalter, Nierenfett und Fettgewebeklasse

Merkmal	Mittelwert	$\sigma$
Schlachalter, Tage	539,3	93,4
Nierenfett, kg	3,0	1,5
Fettgewebeklasse, Pkt.	2,6	0,7

#### 4.4.4 Marmorierungsbeurteilung nach Ristic (1987) und Frickh et al. (2003b)

Um die Eignung der Tabelle von Ristic (1987) (siehe Tabelle 10) und der Rindfleischbeispielfotos von Frickh et al. (2003b) (siehe Abb. 3) für den praktischen Einsatz zu überprüfen, wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein eine „Marmorierungsbeurteilung“ durchgeführt. Dazu erhielten elf Mitarbeiter (zwei männliche und neun weibliche) eine rund 30-minütige Einschulung. Anschließend wurden ihnen die Tabelle nach Ristic (1987) (Tabelle 10) und die 6 Marmorierungsfotos von Frickh et al. (2003b) (Abb. 3) vorgelegt. Die nachfolgende Aufgabe bestand in der Zuordnung von 35 Fotos von Rindfleischproben (jeweils Rostbraten oder Beiried), die aus den Versuchen der BVW Wieselburg und der HBLFA Raumberg-Gumpenstein stammten, zu einer der 6 Marmorierungsklassen. Von den 35 Fotos waren vier Fotos doppelt vorhanden und vier Fotos waren bereits im Rahmen der Einschulung verwendet worden. Als Referenzwert (Goldstandard) für die 35 Fleischproben diente der IMF-Gehalt nach Soxhlet bzw. NIRS. Um die Marmorierungsbeurteilung der 11 Mitarbeiter anhand der 35 ausgewählten Rindfleischprobenfotos auswerten zu können, wurde mit der Procedure FREQ und dem Kappa-Test (SAS, Version 9.4, 2019) der gewichtete Kappa-Wert berechnet. Der Kappa-Test berechnet die Übereinstimmung zwischen zwei Beurteilern. Beim gewichteten Kappa wird berücksichtigt, wie weit der Beurteiler vom richtigen Wert (= Goldstandard) entfernt liegt (Li, 2010). Ab einem Wert von 0,61 spricht man von einer guten und ab einem Wert von 0,81 von einer sehr guten Übereinstimmung mit dem Goldstandard (Viera und Garrett, 2005; Li, 2010). Bei 7 Beispielfotos vergaben zumindest 8 der 11 Beurteiler einheitlich eine andere Marmorierungsklasse. Hier wurde der Goldstandard entsprechend angepasst und im Ergebnisteil als Goldstandard\_adaptiert bezeichnet. Diese Adaptierung wurde vorgenommen, da auch in der Literatur teilweise zwischen IMF-Gehalt und subjektiver Marmorierungsbeurteilung nur moderate Zusammenhänge gefunden wurden (Kögel et al., 1993, Ferguson et al., 2004) (siehe auch Ergebniskapitel 5.2).

## 5 Ergebnisse und Diskussion

### 5.1 Zuteilung zu den Marmorierungsklassen nach Ristic (1987)

Abbildung 4 zeigt, dass knapp 2/3 der Jungrinder in die Marmorierungsklasse 1 (unter 1 % IMF laut Soxhlet) und etwas mehr als 1/3 in die Klasse 2 (1-3 % IMF) eingestuft wurden. In einer Literaturübersicht von Domaradzki et al. (2017) über 10 europäische Versuche zur Jungrind- und Kälberproduktion (Schlachtalter: 6 bis 11 Monate) wurden IMF-Gehalte zwischen 0,5 und 2,4 % gefunden. Allerdings können die IMF-Gehalte von Jungrindern nicht mit jenen der anderen Kategorien verglichen werden, da das Jungrind eine spezielle physiologische Stellung einnimmt und der IMF-Gehalt in Bezug auf eine hohe Fleischqualität (Zartheit, Saftigkeit) nicht von so großer Bedeutung ist wie bei den anderen Kategorien. Kalbinnen und Ochsen zeigten eine ähnliche Häufigkeit in der Besetzung der einzelnen Marmorierungsklassen, wobei die Ochsen im Vergleich zu den Kalbinnen eine geringfügig höhere Marmorierung aufwiesen. Die Stiere zeigten einen weitaus niedrigeren IMF-Gehalt als Ochsen und Kalbinnen, denn 71 % der Stiere wurden der Klasse 2 zugeteilt, nur 1 % der Stiere fielen in Klasse 4 (5-7 % IMF) und gar kein Stier gehörte den Klassen 5 oder 6 an. Nach Frickh et al. (2001a) gilt bei Rindfleisch im mitteleuropäischen Raum ein IMF-Gehalt von 2,5 bis 4,5 % als ideal.

Im Durchschnitt über die vier Rinderkategorien waren die ersten 3 Klassen (0 bis 5 % IMF-Gehalt) von größter Bedeutung, denn auf die höheren Klassen fielen weniger als 10 % der Rinder. Diese knapp 10 %, welche in die Marmorierungsklassen 4 und höher (> 5 % IMF) eingeteilt wurden, sind großteils auf Ochsen der Rasse Grauvieh und Ochsen und Kalbinnen der Kreuzungen Wagyu mit Charolais bzw. Fleckvieh zurückzuführen.

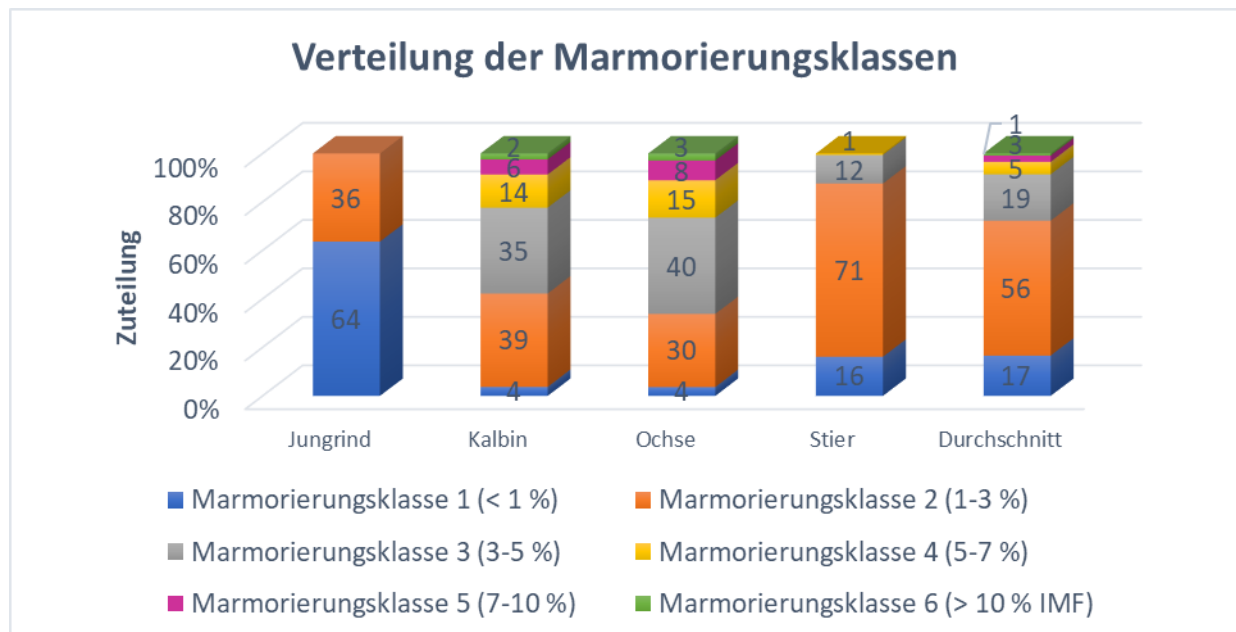


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Marmorierungsklassen innerhalb Tierkategorie (Jungrind, Kalbin, Ochse und Stier) und im Durchschnitt (n=895)

Die ausgeprägte Marmorierung von Wagyu Rindern ist bekannt (Park et al., 2018). Zur Fleischmarmorierung von Grauvieh konnte allerdings keine weitere Literatur gefunden werden, weshalb die in der vorliegenden Auswertung gefundene sehr gute Marmorierung von Grauvieh (Frickh et al., 2003b) nicht weiter bestätigt werden kann.

## 5.2 Übereinstimmung subjektive Marmorierungsbeurteilung und IMF-Gehalte nach NIRS bzw. VBA

Die Korrelationen zwischen der subjektiven Marmorierungsbewertung, dem IMF-Gehalt (NIRS) und dem IMF-Gehalt laut VBA wurden nur für die fünf Versuche von Frickh et al. (2001a/b, 2003a/b und 2005) und für Velik et al. (2008) berechnet, da die subjektive Marmorierungsbeurteilung nur bei diesen sechs Versuchen durchgeführt wurde.

Zwischen der subjektiven Marmorierungsbewertung und dem IMF-Gehalt (NIRS) zeigten sich bei allen Versuchen positive Korrelationen, die zwischen 0,47 und 0,85 lagen (Durchschnitt über alle sechs Versuche: 0,63), der P-Wert war dabei immer  $< 0,001$ . Kögel et al. (1993) stellten zwischen der Marmorierung und dem IMF-Gehalt eine ähnliche Korrelation ( $r = 0,55$ ) wie der Durchschnitt über alle 6 Versuche fest. In der Übersichtsarbeit von Ferguson (2004) wird eine australische Studie angeführt, die eine Korrelation zwischen der subjektiv bestimmten Marmorierung und dem IMF-Gehalt von 0,32 (Messung an der 10./11. Rippe) bzw. 0,57 (Messung an der 5./6. Rippe) feststellte. Demgegenüber wurden in amerikanischen und japanischen Studien deutlich engere Korrelationen (0,87 – 0,89) gefunden. Allerdings muss beim Vergleich der verschiedenen Studien berücksichtigt werden, dass die Datengrundlage (Spannweite des IMF-Gehaltes) sowie die Methode der Marmorierungsbeurteilung (Anzahl an Marmorierungsklassen und Rippenabschnitt) zwischen den Studien stark variiert, was das Ergebnis von Korrelationen beeinflusst (Ferguson, 2004). Lee und Choi (2019) stellten zwischen dem chemisch bestimmten IMF-Gehalt und der subjektiven Marmorierungsbeurteilung bei Hanwoo Ochsen an der 13. Rippe eine ebenfalls stark positive Korrelation von 0,87 fest. Geht man in der vorliegenden Studie von einer repräsentativen Probenziehung für die chemische IMF-Bestimmung aus, so deutet dies darauf hin, dass die chemische IMF-Bestimmung teilweise die subjektiv ermittelte Marmorierungsausprägung nicht treffend widerspiegelt (siehe auch Kapitel 4.4.4 im Material- und Methodikteil – Kappa-Test). Ebenso spricht Ferguson (2004) von einer schwachen Vorhersage des IMF-Gehaltes durch die visuelle Bewertung der Marmorierung.

Der Zusammenhang zwischen dem IMF-Gehalt (NIRS) und dem mittels Videobildanalyse festgestellten IMF-Gehalt war moderat bis stark positiv ( $r = 0,73$ ; 0,57 bis 0,83 in den einzelnen Versuchen,  $P < 0,001$ ). Die Studien von Albrecht et al. (1996) und Yang et al. (2006) bestätigten diesen stark positiven Zusammenhang mit Korrelationen von 0,82 bzw. 0,70. Die Korrelation zwischen der subjektiven Marmorierungsbewertung und dem videobildanalytischen IMF-Gehalt zeigte in der vorliegenden Studie mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,9 und höher ( $P < 0,001$ ) einen noch stärkeren positiven Zusammenhang. Dieser Wert ist mit Frickh et al. (2001a) vergleichbar, welcher in seiner Arbeit eine Korrelation zwischen dem IMF-Gehalt (VBA) und der subjektiven Marmorierungsbeurteilung von 0,96 erreichte. In der Übersichtsarbeit von Ferguson (2004) wurden ebenfalls enge Korrelationen festgestellt, die darauf schließen lassen, dass die Videobildanalyse eine gute Methode für die Beurteilung der Marmorierung ist.

In Abbildungen 5 sind die drei Zusammenhänge zwischen dem videobildanalytisch festgestellten, dem nach NIRS bestimmten Fettgehalt und der subjektiven Marmorierungsbewertung dargestellt.

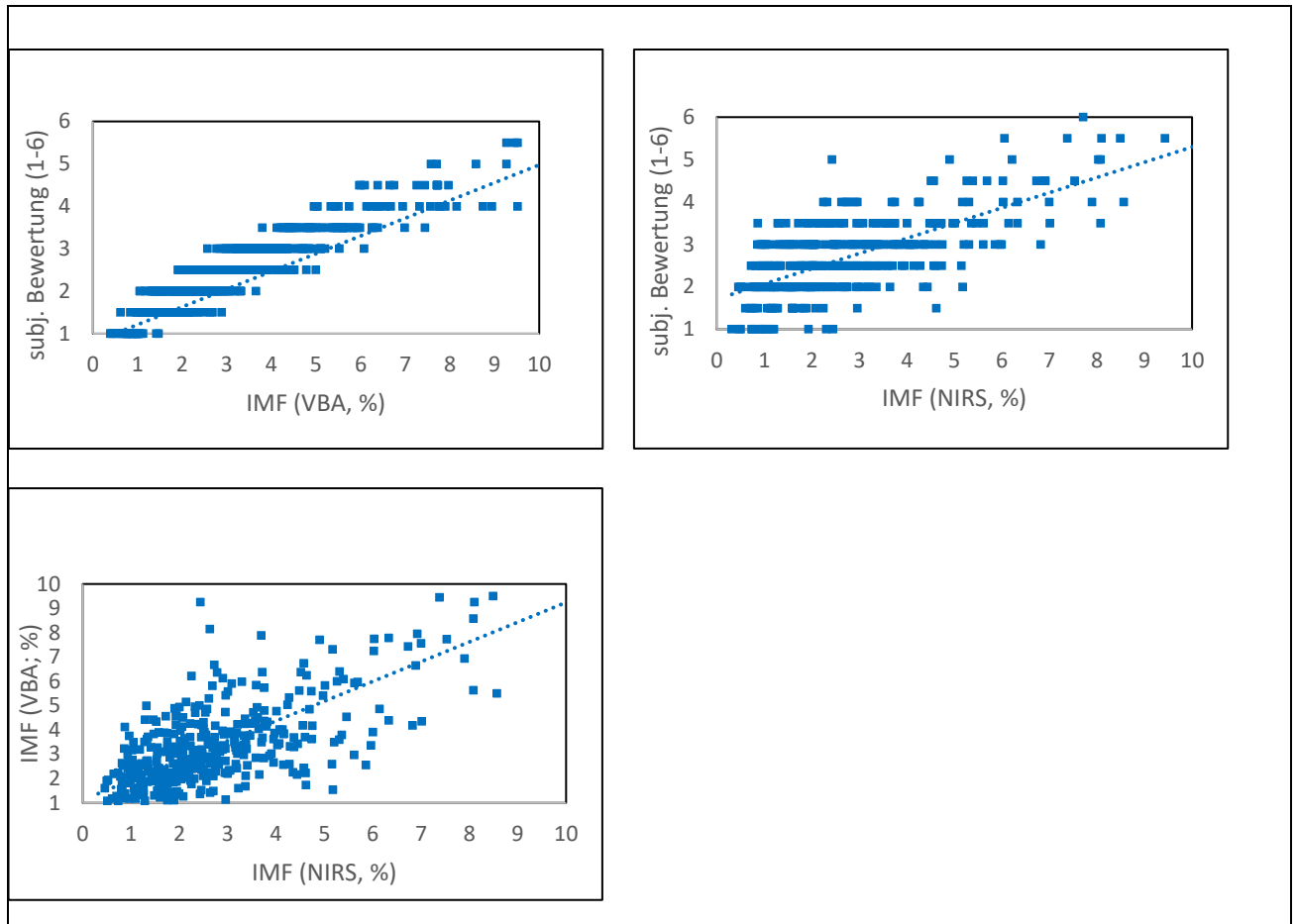


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt (VBA) (li oben) bzw. IMF-Gehalt (NIRS) (re oben) und subjektiver Marmorierungsbeurteilung sowie zwischen IMF (NIRS) und IMF (VBA) (li unten)

### 5.3 Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und Zartheit bzw. Saftigkeit von Rindfleisch

Hierbei handelt es sich um eine deskriptive Statistik. Die Ergebnisse sind mit Vorsicht zu interpretieren, da es zwischen den Projekten Unterschiede in den Versuchsdesigns und in der Verteilung der verschiedenen Rassen und Tierkategorien gab (siehe Kapitel 4.1 „Versuchsübersicht“). Da von Konsumenten aber auch laut Literatur eine stärkere Marmorierung oft mit einem zarteren und saftigeren Rindfleisch in Verbindung gebracht wird, werden die Zusammenhänge dennoch grafisch dargestellt und die Korrelationskoeffizienten angegeben. In Abbildung 6 sind die Zusammenhänge zwischen dem IMF-Gehalt und der Scherkraft, dem Grillsaftverlust und den Verkostungsparametern Saftigkeit und Zartheit für die Kategorien Stier, Ochse und Kalbin in Scatterplots dargestellt. Auf die Darstellung der Jungrinder wird verzichtet, da zwischen IMF und Scherkraft bzw. IMF und Grillsaft kein Zusammenhang feststellbar war und da für die Jungrinder keine Verkostungsdaten vorlagen.

Um die Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und Scherkraft, Grillsaftverlust und Verkostungsparametern genauer zu betrachten, bieten sich Korrelationskoeffizienten an. Nach Held (2017) kann man ab einem Korrelationswert, der größer 0,3 (bzw. kleiner -0,3) ist, von einem „schwachen positiven (negativen) Zusammenhang, ab 0,5 bzw. -0,5 von einem moderaten Zusammenhang, und ab 0,8 bzw. -0,8 von einer starken linearen Assoziation“ der beiden Merkmale sprechen. Wenn der P-Wert der Korrelation  $< 0,001$  ist, gilt er als hoch signifikant, bei einem P-Wert  $< 0,05$  als signifikant und bei einem P-Wert zwischen 0,05 und 0,1 liegt statistisch betrachtet eine Tendenz vor. Korrelationen sind mit Vorsicht zu interpretieren, da sie zum einen nur

lineare Zusammenhänge abbilden können und zum anderen bei einer kleinen Spannweite der Stichprobenwerte automatisch niedriger sind (Grouven et al., 2007).

### 5.3.1 Fleischqualitätsparameter

In den Grafiken ist zu erkennen, dass zwischen dem IMF-Gehalt und der Scherkraft bei allen drei Tierkategorien ein schwach negativer Zusammenhang bestand, der in der Kategorie Stier am deutlichsten war (siehe Abb. 6). Der Korrelationskoeffizient für den Zusammenhang in der Kategorie Stier betrug  $-0,32$  ( $P < 0,001$ ) und gilt somit als schwach negativer Zusammenhang. Dies bedeutet je höher der IMF-Gehalt, desto niedriger die Scherkraft und somit umso zarter war das Rindfleischstück. Bei Ochse und Kalbin betrug die Korrelation zwischen IMF-Gehalt und Scherkraft  $-0,24$  bzw.  $-0,23$  ( $P < 0,05$ ). Gajaweera et al. (2018) stellten bei Hanwoo Rindern ebenfalls eine schwache Korrelation zwischen IMF-Gehalt und Scherkraft von  $-0,39$  ( $p < 0,001$ ) fest. Demgegenüber fand Frickh (1997, 2001b) in seinen Arbeiten mit Stieren und Sanaa (2009) in einem Versuch mit Weidekälbern keinen Zusammenhang zwischen Scherkraft und IMF-Gehalt ( $r = -0,07/0,02$  und  $r = -0,11$ ). Cafferky et al. (2019) stellten in ihrer Studie mit Ochsen und Stieren ebenfalls nur eine geringe Korrelation von  $-0,26$  zwischen Scherkraft und IMF-Gehalt fest.

Die Beziehung zwischen dem Grillsaftverlust und dem IMF-Gehalt war bei Stier und Ochse schwach negativ, während sie bei der Kalbin schwach positiv war (siehe Abb. 6). Jedoch war bei den Korrelationen zwischen dem IMF-Gehalt und dem Grillsaftverlust bei allen drei Tierkategorien kein Zusammenhang ( $r < 0,1$ ) ersichtlich. Im Widerspruch zum Grillsaftverlust war zwischen dem IMF-Gehalt und dem Kochsaftverlust (nicht grafisch dargestellt) zumindest für die Kategorie Kalbin ein moderat negativer Zusammenhang ( $r = -0,50$ ,  $P < 0,001$ ;  $r = -0,22$  für Stier und  $-0,26$  für Ochse) feststellbar. Ebenso stellte Frickh (1997) in seinem Versuch mit Stieren keinen Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und Kochsaftverlust bzw. Grillsaftverlust fest. In einer irländischen Studie, die sich mit Ochsen und Stieren verschiedener Rassen beschäftigte, ergab sich zwischen dem IMF-Gehalt und dem Kochsaftverlust eine vergleichbare, niedrige Korrelation von  $-0,22$  (Cafferky et al., 2019)

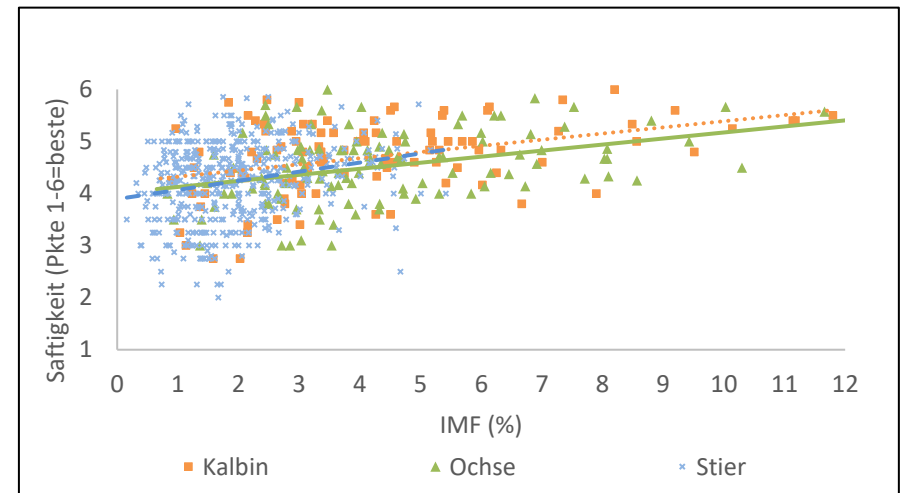
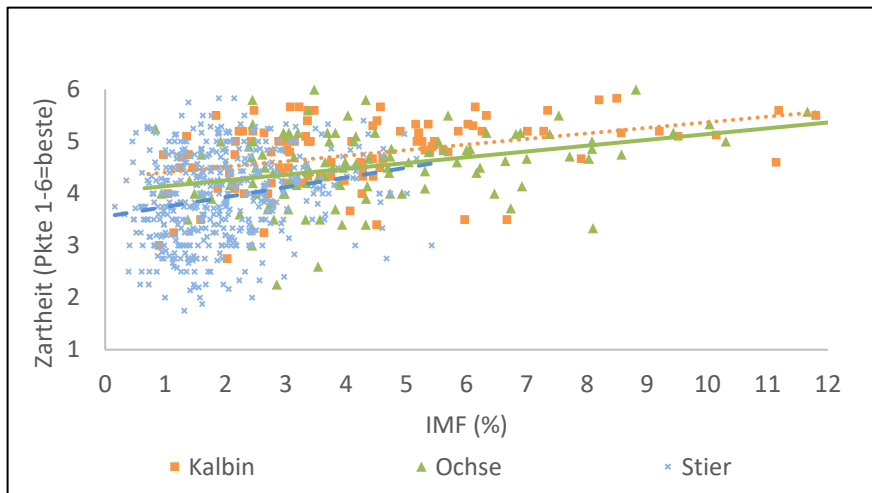
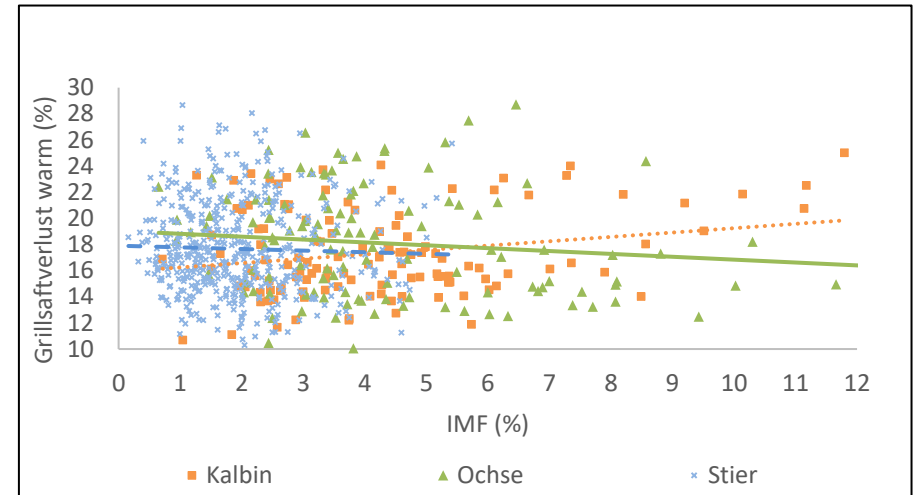
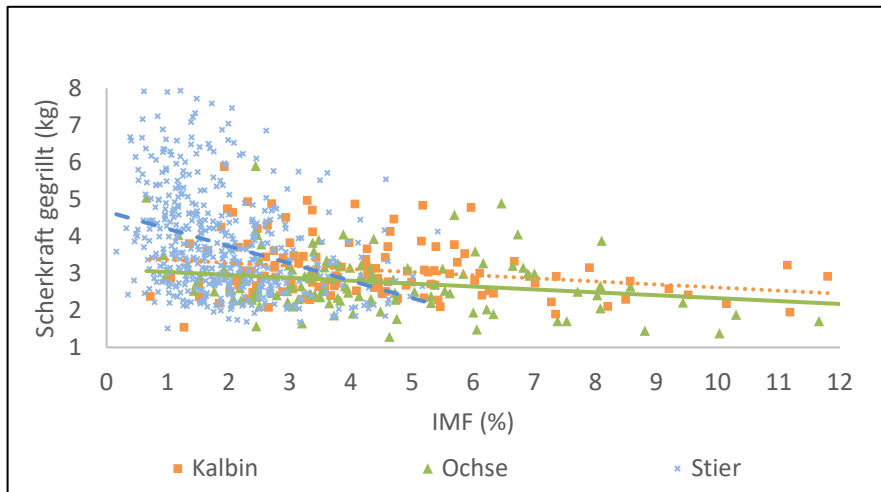


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen iMF-Gehalt und Scherkraft (li oben), Grillsaftverlust (re oben) sowie Zartheit und Saftigkeit laut Verkostung (li und re unten)

### 5.3.2 Korrelation mit Verkostungsergebnissen

Eine Verkostung wurde in 12 Versuchen durchgeführt. Zwischen dem IMF-Gehalt und den Verkostungsparametern Saftigkeit und Zartheit lag ein schwach positiver Zusammenhang über alle Tierkategorien hinweg vor (siehe Abb. 6). Die Korrelationskoeffizienten für die Tierkategorien Ochse und Kalbin zeigten sowohl bei Saftigkeit (0,38 und 0,37,  $P < 0,001$ ) als auch bei der Zartheit (0,33 und 0,41,  $P < 0,001$ ) einen positiven Zusammenhang mit dem IMF-Gehalt. Das bedeutet, dass ein erhöhter IMF-Gehalt mit einer besseren Beurteilung für Saftigkeit und Zartheit einhergeht. Beim Stier war die Korrelation zwischen IMF-Gehalt und Zartheit bzw. Saftigkeit geringer (0,24 bzw. 0,23,  $P < 0,05$ ). Frickh (1997) beobachtete in seiner Studie mit Stieren ebenfalls nur vernachlässigbare Korrelationen von 0,17 zwischen Saftigkeit und IMF-Gehalt sowie von 0,23 zwischen Zartheit und IMF-Gehalt. Dies kann dadurch begründet werden, dass eine Verbesserung der Zartheit laut Dufey und Chambaz (1999) oft erst ab einem IMF-Gehalt von 3 % nachgewiesen werden kann. Demnach wird der IMF-Gehalt nicht als primäre Ursache, sondern als Begleiterscheinung von zartem Fleisch, genannt (Dufey & Chambaz, 1999). Eine Studie, die sich mit Hanwoo-Rindern (Kühe, Ochsen und Stiere) beschäftigte, stellte zwischen dem IMF-Gehalt und den Verkostungsparametern Saftigkeit bzw. Zartheit einen höheren Korrelationskoeffizienten (0,47 für Saftigkeit bzw. 0,55 für Zartheit) fest (Gajaweera et al., 2018). Ebenso beschäftigten sich Choi et al. (2019) in ihrer Studie mit der Zartheit und Saftigkeit in Zusammenhang mit dem IMF-Gehalt im Rückenmuskel von Hanwoo Ochsen (IMF-Gehalt: 6,63-22,8 %). Dabei wurden etwas höhere Korrelationen zwischen dem IMF-Gehalt bzw. der Marmorierungsklasse und den Zartheitsmerkmalen von 0,33 bis 0,5 bzw. 0,4 bis 0,54 festgestellt. In Bezug auf die Saftigkeit konnte ein moderat positiver Zusammenhang mit dem IMF-Gehalt ( $r = 0,53$ ) festgestellt werden, der ebenfalls höher ist als in den Ergebnissen der vorliegenden Studie (Choi et al., 2019).

## 5.4 Kovarianzanalyse

In Tabelle 12 werden sowohl die LS-Means der fixen Effekte, die Schätzwerte für die kontinuierlichen Effekte, die P-Werte, als auch die Residualstandardabweichung (RSD) ausgewiesen. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) betrug 58 %.

Das Projekt hatte einen hoch signifikanten und die Tierkategorie einen tendenziellen, ganz knapp über der Signifikanzschwelle liegenden Einfluss auf den IMF-Gehalt, während die Rasse keinen signifikanten Einfluss hatte. Da die Rasse ein zentraler Einflussfaktor in Mastversuchen ist, wurde sie dennoch im Modell belassen. Weiters hatten das Schlachalter, der Nierenfettanteil bezogen auf das Schlachtkörpergewicht und die Fettgewebeklasse ( $P < 0,001$ ) einen signifikanten Effekt auf den IMF-Gehalt.

Erwartungsgemäß und auch durch mehrere aktuelle Studien belegt (Park et al., 2018; Pogorzelska-Przybyłek et al., 2018; Cafferky et al., 2019) hatte das Fleisch der Masttiere im Vergleich zu Ochsen und Kalbinnen, hormonell-endokrin bedingt, einen deutlich niedrigeren IMF-Gehalt (siehe Tabelle 12). In mehreren Versuchen wurde belegt, dass Kalbinnen einen höheren IMF-Gehalt als Ochsen haben, da Kalbinnen frühreifer als Ochsen sind und daher früher und stärker Fett einlagern (Frickh et al., 2003c; Guerrero et al. 2013; Blanco et al., 2020). Laut Modell hatten die Ochsen zwar keinen statistisch abgesicherten, aber numerisch höheren IMF-Gehalt als die Kalbinnen, was nicht dem Erwarteten entspricht. Allerdings müssen die Ergebnisse der Ochsen vorsichtig interpretiert werden, da ihnen nur 73 Tiere aus 5 verschiedenen Versuchen (rund 14 % der Datensätze) zugrunde liegen. In Velik et al. (2018) wurde in einem Systemvergleich mit unterschiedlicher Fütterung und Mastendgewichten die Fleischqualität von Stieren, Ochsen und Kalbinnen bei Mastendgewichten von 730 kg (Stiere), 650 kg (Ochsen) und 550 kg (Kalbinnen) gegenübergestellt. Bei diesem Versuch wurde festgestellt, dass die IMF-Gehalte von Stieren signifikant niedriger waren als jene von Ochsen und Kalbinnen. Die Ochsen wiesen zwar numerisch etwas höhere IMF-Gehalte als die Kalbinnen auf, statistisch konnte dies allerdings nicht belegt werden (Velik et al., 2018). Der Versuch legt nahe, dass das höhere Mastendgewicht sowie die intensivere Fütterung der Ochsen im Vergleich zu den Kalbinnen den IMF-Gehalt positiv beeinflussten.

Tabelle 12: Effekte auf den IMF-Gehalt (g/1000 g Frischfleisch)

Effekt		P-Wert	LS Means (IMF, g/1000g Frischfleisch)
Projekt	Frickh et al. 2003a	<0,001	35,15
	Frickh et al. 2003b		26,18
	Velik et al. 2013a		22,27
	Velik et al. 2013b		16,91
	Velik et al. 2008		34,89
	Velik et al. 2019		25,06
	Terler et al. 2016		28,15
	Häusler et al. 2015		9,57
	Velik et al. 2018		27,49
	Steinwidder et al. 2006		21,27
	Steinwidder et al. 2019		21,73
Tierkategorie	Kalbin	0,052	25,84 <sup>a</sup>
	Ochse		32,07 <sup>a</sup>
	Stier		15,36 <sup>a</sup>
Rasse	FV	0,147	24,81 <sup>a</sup>
	FVxCH		25,90 <sup>a</sup>
	FVxLI		22,56 <sup>a</sup>
		P-Wert	Schätzwert
Schlachtalter (Tage)	Kalbin	0,012	0,041
	Ochse		0,018
	Stier		0,019
Nierenfett (%, Schlachtgewicht <sub>warm</sub> )	Kalbin	<0,001	7,568
	Ochse		1,221
	Stier		10,475
Nierenfett* Nierenfett (%, Schlachtgewicht <sub>warm</sub> )	Kalbin	0,005	-0,625
	Ochse		0,024
	Stier		-1,089
Fettklasse (1-5)	Kalbin	<0,001	8,016
	Ochse		5,373
	Stier		3,445
RSD	9,547		

Die Rasse/Kreuzung (Fleckvieh und zwei Fleckvieh-Gebrauchskreuzungen) hatte keinen signifikanten Einfluss auf den IMF-Gehalt. Ebenso fanden Cafferky et al. (2019) zwischen reinrassigen Fleckvieh, Limousin und Charolais der Kategorien Ochse und Stier keine signifikanten Unterschiede im IMF-Gehalt. Auch Sevane et al. (2014) fanden keine signifikanten Unterschiede im Fettgehalt zwischen reinrassigen Stieren der Rassen Fleckvieh, Limousin bzw. Charolais. Aus der Literatur ist allerdings bekannt, dass bei Versuchen mit Rassen, die sich stärker unterscheiden, durchaus Unterschiede im IMF-Gehalt gefunden werden (Augustini 1987; Wegner et al., 1998; Papaleo Mazzucco et al. 2016; Cafferky et al., 2019).



In Abbildung 7 ist der IMF-Gehalt der Tierkategorien Kalbin, Ochse und Stier in Abhängigkeit vom Schlachttalter zu sehen. Dabei fällt auf, dass der Effekt des Schlachttalters auf den IMF-Gehalt bei der Kalbin am stärksten ausgeprägt war. Bei Stier und Ochse war der Einfluss des Schlachttalters auf den IMF-Gehalt deutlich geringer.

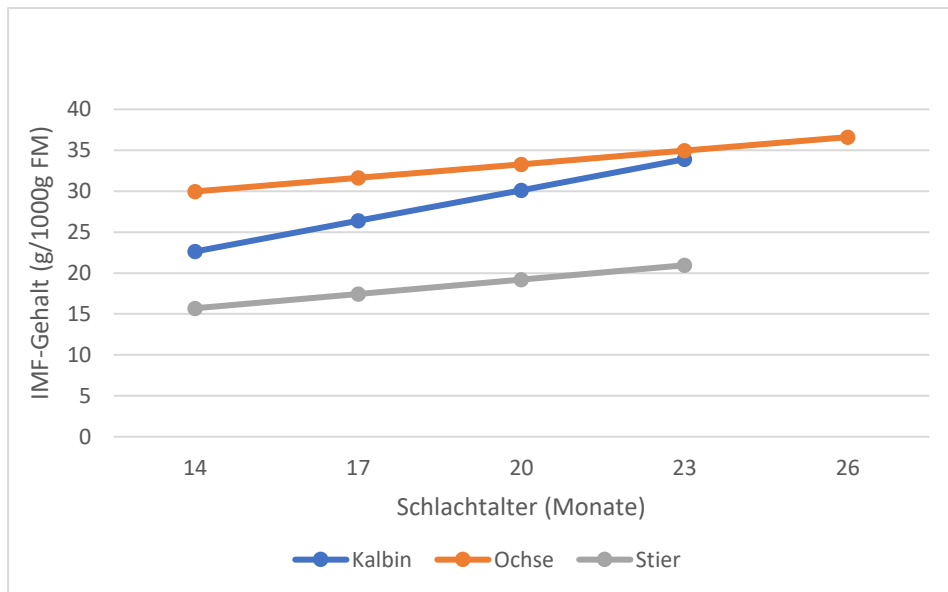


Abbildung 7: IMF-Gehalt in Abhängigkeit vom Schlachttalter

In der Übersichtsarbeit von Park et al. (2018) werden mehrere Arbeiten genannt, in denen ein höheres Schlachttalter mit einem höheren IMF-Gehalt einhergeht. So wird eine Arbeit mit Japanischen Schwarzrindern zitiert, in der ein linearer Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und Schlachttalter dokumentiert ist (Zembayashi et al., 1995, zit. nach Park et al., 2018). Während dieser Zusammenhang bei den Rassen Holstein, Galloway und Deutsche Angus bestätigt wurde, war dies bei der doppelt bemuskelten Rasse Weißblaue Belgier nicht der Fall (Albrecht et al., 2006, zit. nach Park et al., 2018). Frickh (1997) fand in seiner Arbeit signifikant höhere IMF-Gehalte bei älteren Stieren (425 bzw. 485 Tage) im Vergleich zu mit 365 Tagen geschlachteten Stieren. Im Versuch von Papstein und Ender (1996) verdoppelte sich der IMF-Gehalt bei den Rassen Deutsche Schwarzbunte, Deutsche Angus und Galloway zwischen dem Alter von 12 und 24 Monaten (zit. nach: Branscheid et al., 2007). Branscheid et al. (2007) bestätigten, dass die Fleischqualitätsmerkmale, vor allem jene die in Verbindung mit der Fettgewebsbildung stehen, vom Schlachttalter abhängig sind. Diese sollten jedoch immer in Kombination mit dem Gewicht betrachtet werden.

Augustini und Temisan (1986) hielten jedoch fest, dass der Marmorierungsgrad nicht nur vom Schlachttalter, sondern auch stark von der Intensität der Mast abhängt. Denn bei einer geringen Mastintensität in Kombination mit einem hohen Schlachttalter kam es nur zu einer geringen Marmorierung, während eine hohe Mastintensität in Kombination mit einem hohen Schlachttalter zwar zu einer guten Marmorierung, aber auch zu einer zu starken Verfettung des Schlachtkörpers führte (Augustini und Temisan, 1986). Augustini (1987) stellte auch fest, dass das Schlachttalter für jede Rasse und Kategorie unterschiedlich zu bewerten sei und zusätzlich auf das Mastendgewicht geachtet werden müsse.

Im Modell hätte man auch den Effekt Lebendgewicht statt dem Schlachttalter verwenden können, womit es zu sehr ähnlichen Ergebnissen gekommen wäre. Terler et al. (2016) beobachteten, dass ein höheres Mastendgewicht bei Stieren zu einem

signifikant höheren IMF-Gehalt führte. Pethick et al. (2006) bestätigten in einer australischen Übersichtsarbeit, allerdings mit anderen Rassen und Mastrationen als in Europa üblich, einen linearen Anstieg des IMF-Gehaltes bei Rindern im Gewichtsbereich von 200 bis 400 kg Lebendgewicht.

Die Fettgewebeklassen von 1 bis 5 ergeben sich durch die Einschätzung des subkutanen Fettansatzes an der Außenseite des Schlachtkörpers und der Fettabdeckung in der Brusthöhle (Branscheid et al., 2007). Abbildung 8 veranschaulicht, dass mit steigender Fettgewebeklasse auch der IMF-Gehalt zunahm, wobei der Anstieg im IMF-Gehalt bei der Kalbin, basierend auf den vorliegenden Daten, am deutlichsten ausgeprägt war. Beim Stier entsprach die Fettgewebeklasse 2 einem IMF-Gehalt von rund 1,6 %, während die Fettgewebeklasse 4 rund 2,3 % IMF entsprach. Da die Beurteilung des Schlachtkörpers mit Hilfe der 5 Fettgewebeklassen nur in Europa stattfindet und dabei keine Einschätzung der Fleischmarmorierung vorgenommen wird, gibt es nur begrenzt Literatur zu den Zusammenhängen. In einer Studie von Liu et al. (2020) mit Mastochsen, -kalbinnen, -stieren und Altkühen konnte mit der Fettklasse rund 1/5 ( $R^2 = 0,21$ ) der Varianz in der Marmorierungsausprägung erklärt werden. Die Korrelationskoeffizienten für Fettklasse und Marmorierungsbeurteilung gemäß dem australischem MSA betragen über alle Rinderkategorien 0,45 ( $P < 0,001$ ) und für die einzelnen Rinderkategorien zwischen 0,34 und 0,59.

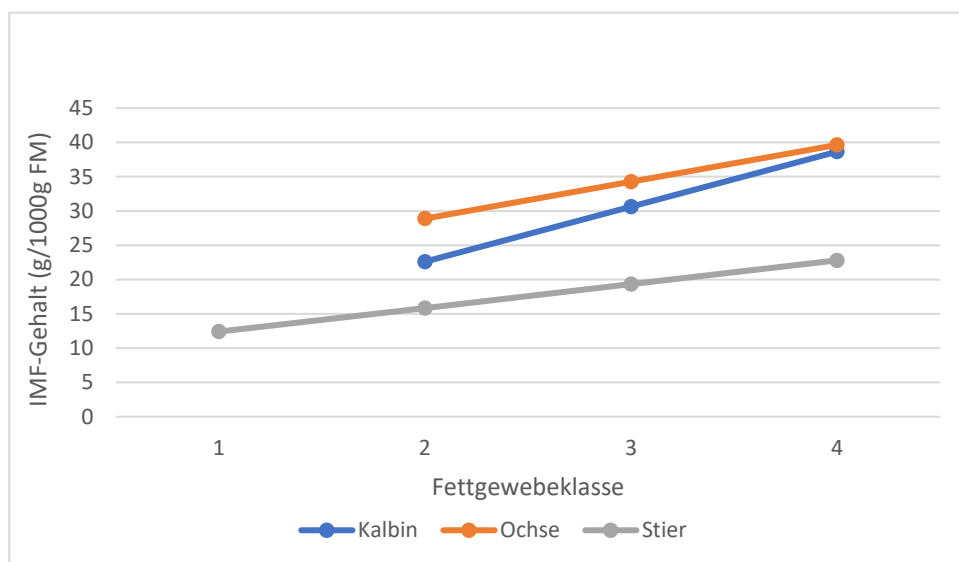


Abbildung 8: IMF-Gehalt in Abhängigkeit von der Fettgewebeklasse

Der IMF-Gehalt in Abhängigkeit vom Nierenfett (bezogen auf das Schlachtkörpergewicht warm) ist in Abbildung 9 dargestellt. Hierbei gab es für Kalbin und Ochse keine Werte für den Nierenfettgehalt von 1 %, während es für den Stier keine Werte für den Nierenfettgehalt von 6 % gab. Beim Stier ging ein Nierenfettanteil von 1 % mit IMF-Gehalten von 0,5 % einher. Ein Nierenfettanteil von 6 % (nur bei Kalbin und Ochse), im Vergleich zu einem Nierenfettanteil von 5 %, führte zu keiner wesentlichen Erhöhung des IMF-Gehalts, die Abflachung der Kurve ist beim Stier schon bei einem Nierenfettgehalt von 4 % zu sehen. Während der Zusammenhang zwischen Nierenfett und IMF-Gehalt beim Ochsen linear verlief, war das bei Kalbin und Stier nicht der Fall. Diese Ergebnisse mit anderen Versuchen zu vergleichen ist schwierig, da in anderen Arbeiten entweder keine Werte für das Nierenfett vorhanden sind bzw. nicht im Zusammenhang mit dem IMF-Gehalt betrachtet wurden.

Pethick et al. (2006) belegten in einer australischen Übersichtsarbeit – allerdings mit anderen Rassen und Mastverfahren als in Europa üblich – einen linearen Anstieg des IMF-Gehaltes zwischen einem Schlachtkörpergewicht von 200 und 400 kg. Nach dem Erreichen des für die Rasse typischen Mastendgewichtes stieg der IMF-Gehalt aber nicht weiter an. Deshalb könnte eine mögliche Erklärung für das Abflachen der Kurve bei hohen Nierenfettanteilen im Erreichen des rassetypischen Gewichts liegen. Ein anderer Erklärungsansatz

wäre, dass bei hohen Mastendgewichten bzw. am Ende der Mast der Nierenfettanteil überproportional im Vergleich zum IMF-Gehalt ansteigt, wofür allerdings keine Literatur gefunden werden konnte.

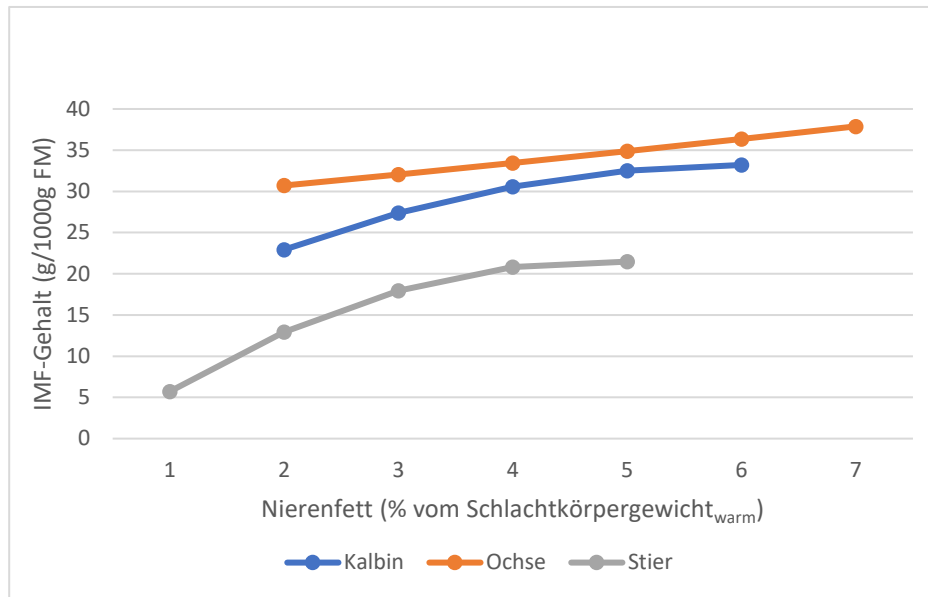


Abbildung 9: IMF-Gehalt in Abhängigkeit vom Nierenfettanteil

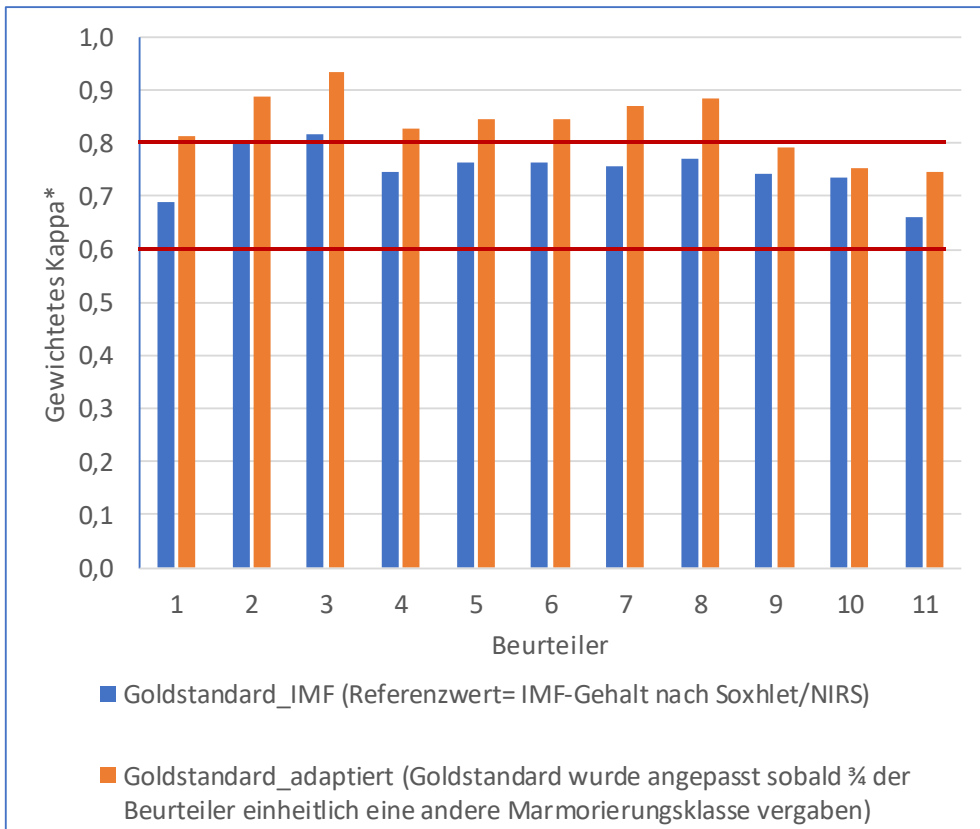
## 5.5 Marmorierungsbeurteilung von Fleischproben-Fotos durch Mitarbeiter der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Das Ergebnis des Kappa-Tests ist in Abbildung 10 dargestellt und zeigt, dass alle 11 Beurteiler eine gute (Werte ab 0,61) bis sehr gute (Werte ab 0,81) Übereinstimmung mit dem Goldstandard erzielten (Viera und Garrett, 2005; Li, 2010). Bei der Berechnung mit dem Goldstandard\_IMF (Referenzwert ist IMF-Gehalt nach Soxhlet bzw. NIRS) schnitten 1 Beurteiler sehr gut und alle anderen gut ab. Wenn mindestens  $\frac{3}{4}$  der Beurteiler einheitlich eine andere Marmorierungsklasse vergaben, wurde der Goldstandard angepasst (siehe auch Ergebniskapitel 5.2). Denn es können auch Fehler bei der Feststellung des IMF-Gehaltes unterlaufen sein, zum Beispiel auf Grund einer nicht homogenen Fleischprobe, die das Ergebnis des Kappa-Tests verfälschen würden. Mit dem adaptierten Goldstandard erreichten bereits knapp  $\frac{3}{4}$  der Personen ein sehr gutes Ergebnis. Das zeigt, dass die Marmorierungsfotos nach Frickh et al. (2003b) gemeinsam mit der Beschreibung von Ristic (1987) gut gewählt sind und bereits nach kurzer Einschulung für die Beurteilung der Marmorierung geeignet wären.

Allerdings wurde bei der Durchführung der Marmorierungsbeurteilung von den Beurteilern angeführt, dass das von Frickh et al. (2003b) gewählte Beispielfoto für die Klasse 2 nicht ideal war, denn es hat eine dicke Fettsfaszie, die es laut Beschreibung nach Ristic (1987) erst in der Klasse 4 gibt. Des Weiteren zeigte das Marmorierungsfoto für die Klasse 6 keine „abnorme übermäßige Fetteinlagerung“, wie es nach Ristic (1987) beschrieben wurde. Die Beispielfotos für die Klassen 2 und 6 sollten daher unter Umständen ausgetauscht werden bzw. die Erklärung in Ristic (1987) für Klasse 2 wie folgt ergänzt werden: „teilweise 1 - 2 dickere Fettsfaszien, aber ansonsten nur sehr wenige Marmorierungspunkte“.

Es konnte keine weitere Studie gefunden werden, die sich mit der Marmorierungsbeurteilung von Rindfleischfotos mit Hilfe der Marmorierungsfotos von Frickh et al. (2003b) und der Beschreibung von Ristic (1987) beschäftigt hat. Jedoch wird bestätigt, dass Personen, die sich einer Schulung unterzogen haben, eine Marmorierungsbeurteilung verlässlich durchführen können (Ferguson, 2004). Eine weitere Bestätigung ist die Tatsache, dass die Bewertung der Marmorierung mit Hilfe von Marmorierungskarten international auf kleineren

bis mittleren Schlachthöfen die übliche Methode ist (Cheng et al., 2015). Allerdings muss immer bedacht werden, dass es sich um eine subjektive Beurteilung handelt und es zu Unterschieden zwischen den Beurteilern kommen kann (Ferguson, 2004; Cheng et al., 2015).



\* gute Übereinstimmung: ab 0,61      sehr gute Übereinstimmung: ab 0,81

Abbildung 10: Übereinstimmung Marmorierungsbeurteilung

## 6 Schlussfolgerungen

- Die Auswertung von österreichischen Rindermastversuchen zeigt, dass der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) im Rostbraten (Stier, Ochse, Kalbin) - bei für Österreich typischen Rassen und Rationen - durchschnittlich zwischen 2 % und 4 % liegt. Jungrindfleisch hat häufig weniger als 1 % IMF, mehr als 3 % IMF wird beim Jungrindfleisch innerhalb österreichischer Mastversuche nicht beobachtet. In der Kategorie Stier werden nur vereinzelt IMF-Gehalte von über 5 % gemessen. Bei Kalbinnen und Ochsenfleisch erzielt mehr als ein Drittel IMF-Gehalte von 3 bis 5 %. Allerdings werden auch bei Kalbinnen und Ochsen IMF-Gehalte von über 5 % nur vereinzelt beobachtet, die in der vorliegenden Untersuchung fast ausschließlich bei Wagyu-Kreuzungen mit Fleckvieh und Charolais, aber auch mit Grauvieh-Ochsen erreicht wurden.
- Nach den Ergebnissen der vorliegenden Auswertung von österreichischen Mastversuchen können bei Fleisch von Stieren, Ochsen und Kalbinnen schwache Zusammenhänge zwischen dem IMF-Gehalt und der Zartheit bzw. Saftigkeit (Scherkraft, Kochsaftverlust, Verkostungsparameter Zartheit und Saftigkeit) festgestellt werden.
- Die Rinderkategorie (Stier, Ochse, Kalbin) hat einen Einfluss auf den IMF-Gehalt von Rindfleisch bei österreichischen Mastversuchen, wobei erwartungsgemäß Stiere signifikant niedrigere IMF-Gehalte als Kalbinnen und Ochsen haben. Zwischen Fleckvieh und den Fleckvieh-Gebrauchskreuzungen mit Limousin und Charolais zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im IMF-Gehalt. Aus der Literatur ist allerdings klar belegt, dass es bei Rassen, die sich stärker unterscheiden, Unterschiede im IMF-Gehalt gibt.
- Das Schlachalter, der Nierenfettanteil und die Fettgewebeklasse beeinflussen den IMF-Gehalt von Rindfleisch bei österreichischen Mastversuchen signifikant. Für das Einzeltier findet sich allerdings oft, insbesondere wenn man nur die Fettklasse heranzieht, kein Zusammenhang zwischen Fettklasse und IMF-Gehalt.
- Die Übereinstimmung zwischen der Zuteilung von Rindfleischfotos zu den Marmorierungsklassen nach Ristic (1987) und Frickh et al. (2003b) durch Konsumenten und der tatsächlichen Zugehörigkeit nach dem IMF-Gehalt ist gut. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine subjektive Beurteilung der Marmorierung anhand dieser Marmorierungskarten aussagekräftig ist.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittelwerte des IMF-Gehaltes von Stieren und Kalbinnen bei einem Schlachalter von 14 bzw. 18 Monaten (Bureš und Bartoň, 2012)	17
Tabelle 2: Mittelwerte des IMF-Gehaltes von Stieren der Rasse Fleckvieh bei verschiedenen Schlachtgewichten (kg) (Honig et al., 2020)	17
Tabelle 3: Mittelwerte des IMF-Gehaltes von Stieren der Rasse Fleckvieh und Holstein bei intensiver und extensiver Fütterung (Nuernberg et al., 2005)	18
Tabelle 4: Genussqualität von Rindfleisch in Abhängigkeit vom Fettgehalt im LD (Werteskala: 1-6, 6= beste Bewertung) (Ristic, 1987)	19
Tabelle 5: IMF-Gehalt und sensorische Eigenschaften (0 bis 100; 100 = beste Bewertung) von Rindern der Rasse Hanwoo und Angus im Vergleich (Van Ba et al., 2013)	20
Tabelle 6: Übersicht über die 18 Rindermastversuche	22
Tabelle 7: Mittelwerte und Standardabweichungen von Mastleistungs-, Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsmerkmalen der Einzelversuche – Teil 1	24
Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichungen von Mastleistungs-, Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsmerkmalen der Einzelversuche – Teil 2	25
Tabelle 9: Mittelwerte und Standardabweichungen von Mastleistungs-, Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsmerkmalen der Rinderkategorien Stier, Ochse, Kalbin und Jungrind basierend auf den 18 Mastversuchen	26
Tabelle 10: Subjektive Marmorierungsbewertung (Quelle: Ristic, 1987)	29
Tabelle 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der kontinuierlichen Effekte Schlachalter, Nierenfett und Fettgewebeklasse	32
Tabelle 12: Effekte auf den IMF-Gehalt (g/1000 g Frischfleisch)	39

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standardfoto für die Marmorierungsklassen „Slight“ (links Foto) und „Small“ (rechtes Foto) der <i>USDA grades</i> ( <i>Agricultural Marketing Service, 2021</i> )	12
Abbildung 2: Bestimmung der Scherkraft mittels gegrillter Fleischkerne	28
Abbildung 3: Beispielfotos für die subjektive Einteilung in Marmorierungsklassen (Quelle: Frickh et al., 2003b)	29
Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Marmorierungsklassen innerhalb Tierkategorie (Jungrind, Kalbin, Ochse und Stier) und im Durchschnitt (n=895)	33
Abbildung 5: Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt (VBA) (li oben) bzw. IMF-Gehalt (NIRS) (re oben) und subjektiver Marmorierungsbeurteilung sowie zwischen IMF (NIRS) und IMF (VBA) (li unten)	35
Abbildung 6: Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und Scherkraft (li oben), Grillsaftverlust (re oben) sowie Zartheit und Saftigkeit laut Verkostung (li und re unten)	37
Abbildung 7: IMF-Gehalt in Abhängigkeit vom Schlachalter	40
Abbildung 8: IMF-Gehalt in Abhängigkeit von der Fettgewebeklasse	41
Abbildung 9: IMF-Gehalt in Abhängigkeit vom Nierenfettanteil	42
Abbildung 10: Übereinstimmung Marmorierungsbeurteilung	43

## Literaturverzeichnis

- Agricultural Marketing Service: Beef Grading Shields. <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/beef/shields-and-marbling-pictures> (08.01.2021)
- Albrecht, E., Wegner, J. & Ender, K. (1996). Eine neue Methode zur objektiven Bewertung der Marmorierung von Rindfleisch. *Fleischwirtschaft* 76, 95-98.
- Albrecht, E., Teuscher, F., Ender, K. & Wegner, J. (2006). Growth and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. *J Anim Sci*, 84, 1067-75.
- AMA-Marketing (2019). RollAMA Motivanalyse Jänner/Februar 2019. [https://b2b.amainfo.at/fileadmin/user\\_upload/Dokumente/Alle\\_Dokumente/Marktinformationen/Konsumverhalten\\_Fleisch.pdf](https://b2b.amainfo.at/fileadmin/user_upload/Dokumente/Alle_Dokumente/Marktinformationen/Konsumverhalten_Fleisch.pdf) (18.04.2021)
- Augustini, C. & Temisan, V. (1986). Einfluss verschiedener Faktoren auf die Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischqualität bei Jungbullen. *Fleischwirtschaft* 66, 1273-1280.
- Augustini, C. (1987). Einfluß produktionspezifischer Faktoren auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität. In: *Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität*. Kulmbacher Reihe Band 7, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 152-179.
- Augustini, C., Temisan, V. & Lüdden, L. (1987). Schlachtwert: Grundbegriffe und Erfassung. In: *Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität*. Kulmbacher Reihe Band 7, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 28-54.
- Augustini, C. & Weißmann, F. (1999). Einflußfaktoren auf die Fleischqualität beim Rind. In: *Rindfleischqualität*. *Aid Special* 3588, Bonn, 6-9.
- Basarab, J. A., Baron, V. S., Valera, M., Larsen, I. L., Aalhus, J. L., & Jua, M. (2012). Quantifying the relative contribution of ante- and post-mortem factors to the variability in beef texture. 1878–1887. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000572>
- Blanco, M., Ripoll, G., Delavaud, C., & Casasús, I. (2020). Performance, carcass and meat quality of young bulls, steers and heifers slaughtered at a common body weight. *Livestock Science*, 240(June), 104156. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104156>
- Bonny, S. P. F., Pethick, D. W., Legrand, I., Wierzbicki, J., Allen, P., Farmer, L. J., ... Gardner, G. E. (2016). European conformation and fat scores have no relationship with eating quality. *Animal*, 10(6), 996–1006. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002839>
- Bonny, S. P. F., Hocquette, J. F., Pethick, D. W., Legrand, I., Wierzbicki, J., Allen, P., Farmer, L.J., Polkinghorne, R.J. & Gardner, G. E. (2018). Review: The variability of the eating quality of beef can be reduced by predicting consumer satisfaction. *Animal*, 12(11), 2434–2442. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000605>
- Borggaard, C., Madsen, N. T., & Thodberg, H. H. (1996). In-line image analysis in the slaughter industry, illustrated by Beef Carcass Classification. *Meat Science*, 43(SUPPL. 1), 151–163. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(96\)00062-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(96)00062-9)
- Branscheid, W., Honikel, K. O., Von Lengerken, G. & Troeg, K. (2007). *Qualität von Fleisch und Fleischwaren – Band 1*. 2. Auflage, Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 157-197.
- BAB-Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen: Tierische Produktion: Rinder und Kälber. <https://www.awi.bmnt.gv.at/index.php?id=326&K=0> (28.7.2020)
- Bureš, D., & Bartoň, L. (2012). Growth performance, carcass traits and meat quality of bulls and heifers



- slaughtered at different ages. *Czech Journal of Animal Science*, 57(1), 34–43. Retrieved from <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/56448.pdf>
- Cafferky, J., Hamill, R. M., Allen, P., O'Doherty, J. V., Cromie, A., & Sweeney, T. (2019). Effect of Breed and Gender on Meat Quality of *M. longissimus thoracis et lumborum* Muscle from Crossbred Beef Bulls and Steers. *Foods*, 8(5), 173. <https://doi.org/10.3390/foods8050173>
- Cheng, W., Cheng, J. H., Sun, D. W., & Pu, H. (2015). Marbling Analysis for Evaluating Meat Quality: Methods and Techniques. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(5), 523–535. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12149>
- Choi, Y. M., Garcia, L. G., & Lee, K. (2019). Correlations of sensory quality characteristics with intramuscular fat content and bundle characteristics in bovine longissimus thoracis muscle. *Food Science of Animal Resources*, 39(2), 197–208. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e15>
- Christensen, M., Toft, H. & Lauridsen, T. (2020). final report. Automated MSA/AUS-MEAT hyperspectral handheld grading for beef. Meat and Livestock Australia Limited.
- Corbin, C. H., O'Quinn, T. G., Garmyn, A. J., Legako, J. F., Hunt, M. R., Dinh, T. T. N., Rathmann, R.J., Brooks, J.C. & Miller, M. F. (2015). Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying marbling levels and quality treatments. *Meat Science*, 100, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.09.009>
- Domaradzki, P., Stanek, P., Litwińczuk, Z., Skąłeczki, P., & Florek, M. (2017). Slaughter value and meat quality of suckler calves: A review. *Meat Science*, 134(August), 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.026>
- Dufey, P.-A., & Chambaz, A. (1999). Einfluss von Produktionsfaktoren auf die Rindfleischqualität. *Agrarforschung*, 6(9), 345–348.
- Europäische Union: Verordnung (EU) Nr. 1308/2013 Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über eine gemeinsame Marktorganisation für landwirtschaftliche Erzeugnisse und zur Aufhebung der Verordnungen (EWG) Nr. 922/72, (EWG) Nr. 234/79, (EG) Nr. 1037/2001 und (EG) Nr. 1234/2007, Amtsblatt der Europäischen Union, 20.12.2013
- Ferguson, D. M. (2004). Objective on-line assessment of marbling: A brief review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(7), 681–685. <https://doi.org/10.1071/EA02161>
- Font-i-Furnols, M., & Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science*, 98(3), 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>
- Frickh, J.J. (1997). Qualitätsmerkmale beim Rindfleisch und Rassenvergleich nach Schlachtzeitpunkt. Dissertation am Institut für Nutztierwissenschaften. Universität für Bodenkultur.
- Frickh, J.J., Elixhauser, K., Ibi, G. & Mikula, C. (2001a). Adaptierung von Untersuchungsmethoden für die routinemäßige Prüfung auf Fleischqualität im Rahmen einer stationären Prüfung. Abschlussbericht über das Forschungsprojekt 1168 für das BMLFUW.
- Frickh, J.J., Sorger, H., Ibi, G., Elixhauser, K. & Mikula, C. (2001b) Untersuchungen zur Erarbeitung von Selektionskriterien für die Fleischleistung beim Rind, mit besonderer Berücksichtigung der Fleischqualität. Abschlussbericht für das Forschungsprojekt Nr. 1095 für das BMLFUW.
- Frickh, J.J., Ibi, G. & Elixhauser, K. (2003a). Mastleistung, Schlachtleistung, Schlachtkörperzusammensetzung sowie Kennzahlen der Fleischqualität von Ochsen der Rasse Tiroler Grauvieh. BVW-Abschlussbericht über das Forschungsprojekt Nr. 1205 für das BMLFUW.
- Frickh, J., Zollitsch, W. & Smulders, F. (2003b). Kennzahlen der Fleischqualität und Überprüfung der

Wirtschaftlichkeit von jungen, intensiv gemästeten Fleckviehstieren und verschiedenen Gebrauchskreuzungen in Hinblick auf eine Weiterentwicklung von Qualitätsprogrammen. Abschlussbericht für das Forschungsprojekt Nr. 1238 im Auftrag des BMLFUW.

- Frickh, J., Steinwider, A. & Baumung, R. (2003c). Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf die Fleischqualität von Fleckvieh-Tieren. *Züchtungskunde* 75, 16-30.
- Frickh, J., Ibi, G. & Elixhauser, K. (2004). Einfluss der Fleischreifung auf die Zartheit von Kalbinnen und Jungstierfleisch. Abschlussbericht für das Forschungsprojekt Nr. 1358. im Auftrag des BMLFUW.
- Frickh, J. J., Elixhauser, K. & Ibi, G. (2005). Untersuchung des Pinzgauer Rindes auf Fleischqualität im Rahmen einer stationären Fleischleistungsprüfung. Forschungsbericht 2005 im Auftrag von LK Salzburg und Salzburger Rinderzuchtverband.
- Gajaweera, C., Chung, K. Y., Kwon, E. G., Hwang, I. H., Cho, S. H., & Lee, S. H. (2018). Evaluation of sensory attributes of hanwoo longissimus dorsi muscle and its relationships with intramuscular fat, shear force, and environmental factors. *Canadian Journal of Animal Science*, 98(3), 443–452. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0064>
- Grouven, U., Bender, R., Ziegler, A., & Lange, S. (2007). Comparing methods of measurement. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* (1946), 132 Suppl(24), 69–73. <https://doi.org/10.1055/s-2007-959047>
- Guerrero, A., Valero, M. V., Campo, M. M., & Sañudo, C. (2013). Alguns fatores que afetam a qualidade da carne: Da fazenda ao garfo. revisão. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 35(4), 335–347. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i4.21756>
- Häusler, J., Enzenhofer, S., Fürst-Waltl, B. & Steinwider, A. (2015). Auswirkungen unterschiedlicher Absetztermine auf extensiv gefütterte Fleckviehmutterkühe und deren Kälber 2. Mitteilung: Entwicklung der Jungrinder in der Säugeperiode und in der intensiven Ausmastperiode. *Züchtungskunde* 87, 391-412.
- Held, U. (2017). Tücken von Korrelationen : die Korrelationskoeffizienten von Pearson und. (September 2010). <https://doi.org/10.4414/smf.2010.07285>
- Hocquette, J. F., Gondret, F., Baza, E., Mdale, F., Jurie, C., & Pethick, D. W. (2010). Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 4(2), 303–319. <https://doi.org/10.1017/S1751731109991091>
- Hofmann, K. (1987). Der Begriff Fleischqualität, Definition und Anwendung. *Fleischwirtschaft* 67, 44-49.
- Hofmann, K. (1995). Der Qualitätsbegriff bei Fleisch – Inhalt und Anwendung. In: *Fleisch-Gesundheit, Tierschutz, Umwelt. Kulmbacher Reihe 14, Bundesanstalt für Fleischforschung*, 169-193.
- Honig, A. C., Inhuber, V., Spiekers, H., Windisch, W., Götz, K. U., & Etle, T. (2020). Influence of dietary energy concentration and body weight at slaughter on carcass tissue composition and beef cuts of modern type Fleckvieh (German Simmental) bulls. *Meat Science*, 169(April), 108209. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108209>
- Honikel, K. O. (1998). Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat. *Meat Science*, 49, 447-457.
- Janiszewski, P., Borzuta, K., Lisiak, D., Grzeškowiak, E., & Powalowski, K. (2018). Meat quality of beef from young bull carcasses varying in conformation or fatness according to the EUROP classification system. *Italian Journal of Animal Science*, 17(2), 289–293. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1398054>
- Kerth, C. R., & Miller, R. K. (2015). Beef flavor: A review from chemistry to consumer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(14), 2783–2798. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7204>

- Kögel, J., Dempfle, L. & Augustini, C. (1993). Wiederholbarkeiten, Heritabilitäten und Korrelationen von Merkmalen der Fleischqualität zueinander sowie zu Nettozunahme und Merkmalen der Muskelfülle bei Braunvieh und Braunvieh-Kreuzungstieren. *Züchtungskunde*, 65, 348-369.
- Konarska, M., Kuchida, K., Tarr, G., & Polkinghorne, R. J. (2017). Relationships between marbling measures across principal muscles. *Meat Science*, 123, 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.09.005>
- Lee, B., & Choi, Y. M. (2019). Correlation of marbling characteristics with meat quality and histochemical characteristics in longissimus thoracis muscle from Hanwoo steers. *Food Science of Animal Resources*, 39(1), 151–161. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e12>
- Leygonie, C., Britz, T. & Hoffman, L. (2012). Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science* 91, 93-98.
- Li, C., Zhou, G., Xu, X., Zhang, J., Xu, S., & Ji, Y. (2006). Effects of marbling on meat quality characteristics and intramuscular connective tissue of beef Longissimus muscle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19(12), 1799–1808. <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.1799>
- Li, X. (2010). Kappa — A Critical Review. 1–30. Retrieved from <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:326034/FULLTEXT01.pdf>
- Liu, L., & Ngadi, M. (2014). Automatic assessment of meat marbling and tenderness. *CMSA News*, March 2014, 27-32.
- Liu, J., Chriki, S., Ellies-Oury, M. P., Legrand, I., Pogorzelski, G., Wierzbicki, J., Farmer, L., Troy, D., Polkinghorne, R. & Hocquette, J. F. (2020). European conformation and fat scores of bovine carcasses are not good indicators of marbling. *Meat Science*, 170(January), 108233. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108233>
- Loneragan, S.M., Topel, D. G. & Marple, D.N. (2019). *The science of animal growth and meat technology*. Elsevier Academic Press, 2. Auflage, 51-69.
- Mach, N., Bach, A., Velarde, A., & Devant, M. (2008). Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science*, 78(3), 232–238. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.021>
- Monteils, V., Sibra, C., Ellies-Oury, M. P., Botreau, R., De la Torre, A., & Laurent, C. (2017). A set of indicators to better characterize beef carcasses at the slaughterhouse level in addition to the EUROP system. *Livestock Science*, 202(October 2016), 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.017>
- Muir, P. D., Deaker, J. M., & Bown, M. D. (1998). Effects of forage- and grain-based feeding systems on beef quality: A review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 41(4), 623–635. <https://doi.org/10.1080/00288233.1998.9513346>
- Nian, Y., Allen, P., Harrison, S. M., & Kerry, J. P. (2018). Effect of castration and carcass suspension method on the quality and fatty acid profile of beef from male dairy cattle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(11), 4339–4350. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8960>
- Nogalski, Z., Pogorzelska-Przybytek, P., Sobczuk-Szul, M., & Purwin, C. (2019). The effect of carcass conformation and fat cover scores (EUROP system) on the quality of meat from young bulls. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 615–620. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1549513>
- Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., & Voigt, J. (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. 94, 137–147. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.036>
- ÖFK (Österreichische Fleischkontrolle) (2020). *Klassifizierung in Österreich – Rinder, Schweine, Schafe*.

Österreichische Fleischkontrolle GesmbH, 3100 St. Pölten, Stand August 2020.

- Papaleo Mazzucco, J., Goszczynski, D. E., Ripoli, M. V., Melucci, L. M., Pardo, A. M., Colatto, E., Rogberg-Munoz, A., Mezzadara, C.A., Depetris, G.J., Giovambattista, G. & Villarreal, E. L. (2016). Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism. *Meat Science*, 114, 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.018>
- Papstein, H.-J. & Ender, K. (1996). Proteinansatz im Schlachtkörper unterschiedlicher Genotypen. *Schriftenreihe FBN Dummerstorf*, Heft 8, 81-89.
- Park, S. J., Beak, S. H., Jung, D. J. S., Kim, S. Y., Jeong, I. H., Piao, M. Y., ... Baik, M. (2018). Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(7), 1043–1061. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0310>
- Pethick, D. W., Harper, G. S., Hocquette, J. F., & Wang, Y. H. (2006). Marbling biology-what do we know about getting fat into muscle. *Australian beef - the Leader Conference*, New England, Armidale, NSW, 103-110.
- Pogorzelska-Przybyłek, P., Nogalski, Z., Sobczuk-Szul, M., Purwin, C., & Momot, M. (2018). Carcass characteristics of grass-fed crossbred bulls and steers slaughtered at two different ages. *Canadian Journal of Animal Science*, 98(2), 376–385. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0148>
- Polkinghorne, R. J., & Thompson, J. M. (2010). Meat standards and grading. A world view. *Meat Science*, 86(1), 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.010>
- Priolo, A., Micol, D., & Agabriel, J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*, 50(3), 185–200. <https://doi.org/10.1051/animres:2001125>
- Ristic, M. (1987). Genusswert von Rindfleisch. In: *Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität. Kulmbacher Reihe Band 7*, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 207-234.
- Sanaa, D. (2009). Fleischleistung und Fleischqualität bei Weidekälbern unter Berücksichtigung des mit Videobildanalyse bestimmten Fettanteils im M. longissimus dorsi. *Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät Humboldt Universität, Berlin*, S. 226.
- Sevane, N., Nute, G., Sanudo, C., Cortes, O., Canon, J., Williams, J.L. & Dunner, S. (2014). Muscle lipid composition in bulls from 15 European breeds. *Livest. Sci.* 160, 1-11.
- Scheper, J. & Scholz, W. (1985). DLG-Schnittführung für die Zerlegung der Schlachtkörper von Rind, Kalb, Schwein und Schaf: eine Standardmethode zur Bezeichnung und Abgrenzung der Teilstücke mit vergleichender Gegenüberstellung. *Arbeitsunterlagen DLG, Frankfurt/Main, DLG-Verlag*.
- Schwägele, F. (1998). Kühlung, Kühllagerung und Fleischreifung - chemische und physikalische Grundlagen. In: *Kühlen, Zerlegen, Kühllagerung, Reifung - Einfluß auf die Fleischqualität. Kulmbacher Reihe 15*, Bundesanstalt für Fleischforschung, 7-34.
- Statistik Austria (2021): Versorgungsbilanz für Fleisch nach Arten 2014 bis 2019. [http://pic.statistik.at/web\\_de/statistiken/wirtschaft/land\\_und\\_forstwirtschaft/preise\\_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html](http://pic.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html) (08.01.2021)
- Steinwider, A., Gruber, L., Guggenberger, T., Gasteiner, J., Schauer, A. & Maierhofer, G. (2006). Einfluss der Protein- und Energieversorgung in der Fleckvieh-Jungbullmast - I. Mastleistung. *Züchtungskunde* 78, 136-152.
- Steinwider, A., Starz, W., Rohrer, H., Pfister, R., Terler, G., Velik, M., Häusler, J., Kitzer, R., Schauer, A. & Podstatzky, L. (2019). Weideochsenmast ohne Kraftfutter - 2. Mitteilung: Einfluss der Aufwuchshöhe bei Kurzrasenweide auf die Schlachtleistung, Fleischqualität und Wirtschaftlichkeit. *Züchtungskunde* 91,

347-359.

- Tatum, D. & Collins (2007). Beef Grading. Department of Animal Science, Colorado State University, 1–4.
- Temisan, V. & Augustini, C. (1987). Wege zur Erzeugung von Qualitätsfleisch. In: Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität. Kulmbacher Reihe Band 7, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 299-336.
- Terler, G., Velik, M., Häusler, J., Kitzer, R. & Kaufmann, J. (2014). Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern (Fleckvieh×Limousin und Limousin) aus der Mutterkuhhaltung. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 09.-10. April 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 85-95.
- Terler, G., Trippold, C., Velik, M., Kitzer, R. & Kaufmann, J. (2015). Wagyu-Kreuzungen in der Rindermast: Welche Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität kann erwartet werden?, 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung. Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 81-88.
- Terler, G., Velik, M., Kitzer, R. & Kaufmann, J. (2016). Auswirkungen hoher Mastendgewichte auf Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischqualität von Stieren. 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 53-62.
- Therkildsen, M., Spleth, P., Lange, E.-M. & Hedelund, P.I. (2017). The flavor of high-quality beef – a review. *Animal Science*, Vol. 67, 85-95.
- Van Ba, H., Ryu, K. S., Lan, N. T. K., & Hwang, I. (2013). Influence of particular breed on meat quality parameters, sensory characteristics, and volatile components. *Food Science and Biotechnology*, 22(3), 651–658. <https://doi.org/10.1007/s10068-013-0127-4>
- Velik, M., Steinwider, A., Frickh, J.J., Ibi, G. & Kolbe-Römer, A. (2008). Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern aus der Mutterkuhhaltung. *Züchtungskunde* 80, 378-388.
- Velik, M., Eingang, D., Kaufmann, J. & Kitzer, R. (2009). Fleischqualität österreichischer Rindfleisch-Markenprogramme (Ochse, Kalbin, Jungrind): Ergebnisse einer Stichprobenerhebung. 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 85-93.
- Velik, M., Friedrich, E.M., Häusler, J., & Steinwider, A. (2013a). Färsenmast auf Kurzrasenweide oder im Stall - Einfluss auf Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität. *Züchtungskunde* 85, 206-215.
- Velik, M., Gangnat, I., Kitzer, Finotti, R. E. & Steinwider, A. (2013b). Fattening heifers on continuous pasture in mountainous regions – Implications for productivity and meat quality. *Czech J. Anim. Sci.* 58, 360-368.
- Velik, M., Terler, G., Kitzer, R. & Kaufmann, J. (2018). Intensive Mast von Stier, Ochse und Kalbin – Welche Stärken hat jede Rinder-Kategorie. 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2018, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 39-48.
- Velik, M. & Terler, G. (2019). Milchbetonte Rindertypen in der Stiermast – Leistungsvermögen, Fleischqualität, Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung von 3 Holstein Friesian-Genotypen und Fleckvieh. Zwischenbericht des Dafne-Projekts Nr. 101068 im Auftrag des BMNT.
- Viera, A. J., & Garrett, J. M. (2005). Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Fam Med* 2005;37(5):360-63. *Family Medicine*, 37(5), 360–363. Retrieved from [http://www1.cs.columbia.edu/~julia/courses/CS6998/Interrater\\_agreement.Kappa\\_statistic.pdf](http://www1.cs.columbia.edu/~julia/courses/CS6998/Interrater_agreement.Kappa_statistic.pdf)
- Vieira, C., Diaz, M. T., Martínez, B., & García-Cachán, M. D. (2009). Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. *Meat Science*, 83(3), 398–404.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.013>

Wegner, J., Albrecht, E. & Ender, K. (1998). Morphologische Aspekte des subkutanen und intramuskulären Fettzellwachstums beim Rind. Arch. Tierz., Dummerstorf 41, 313-320.

Wilson, D. E., Rouse, G. H., & Greiner, S. (1998). Relationship Between Chemical Percentage Intramuscular Fat and USDA Marbling Score. A.S. Leaflet R1529.

Yang, X. J., Albrecht, E., Ender, K., Zhao, R. Q., & Wegner, J. (2006). Computer image analysis of intramuscular adipocytes and marbling in the longissimus muscle of cattle. Journal of Animal Science, 84(12), 3251–3258. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-187>

Zembayashi, M., Nishimura, K., Lunt, D.K. & Smith, S.B. (1995). Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. J Anim Sci, 2532.

**HBLFA Raumberg-Gumpenstein**  
Landwirtschaft  
Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal  
[raumberg-gumpenstein.at](http://raumberg-gumpenstein.at)