

Rindfleisch-Marmorierung: Gibt es einen Zusammenhang mit Merkmalen der Schlachtleistung und Fleischqualität?

Beef marbling: Is there an association with carcass and meat quality traits?

Margit Velik^{1*} und Eva Beyerl²

Zusammenfassung

Die Rindfleisch-Marmorierung wird in Österreich und Europa (noch) nicht routinemäßig erhoben, mit gut marmoriertem Fleisch aus Österreich könnte jedoch eine bestimmte Rindfleisch-Käuferschicht angesprochen werden. Eine bessere Fleischmarmorierung bzw. ein höherer intramuskulärer Fettgehalt (IMF) wirkt sich vielfach positiv auf den Genusswert (Zartheit, Saftigkeit, Geschmack) aus. Bei der Viehwirtschaftlichen Fachtagung 2020 wurde bereits ein grundlegender Beitrag zu den Einflussfaktoren auf die Rindfleisch-Marmorierung vorgestellt (VELIK 2020). In VELIK et al. (2020) wurde auch die Höhe des IMF-Gehalts von österreichischem Rindfleisch, basierend auf Mastversuchen, dargestellt. Zusätzlich wurden die Marmorierungsklassen und -karten von RISTIC (1987) und FRICKH et al. (2003b) vorgestellt und deren Eignung für den praktischen Einsatz belegt. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse zu den Einflussfaktoren und Zusammenhängen zwischen IMF und Schlachtleistungsmerkmalen bei österreichischem Rindfleisch dargestellt. Bei der Auswertung von 11 Mastversuchen mittels statistischem Modell blieben Versuch, Rinderkategorie, Schlachalter, Fettklasse und Nierenfettanteil als signifikante Effekte im Modell. Fleckvieh (FV) zeigt im Vergleich zu FV-Gebrauchskreuzungen mit Charolais und Limousin keine höheren IMF-Gehalte. Zusätzlich wurden Scatterplots und Korrelationen zu IMF und Fleischqualitätsmerkmalen erstellt. Zwischen IMF und Scherkraft, Kochsaftverlust bzw. Zartheit und Saftigkeit laut Verkostung konnten bei österreichischem Rindfleisch schwache bis moderate phänotypische Korrelationen ($r = \pm 0,23$ bis $\pm 0,50$) gefunden werden. Zwischen IMF und Grillsaftverlust war allerdings kein Zusammenhang erkennbar. Zwischen IMF-Gehalt und subjektiver Marmorierungsbeurteilung gemäß RISTIC (1987) wurde ein r von 0,63 gefunden. Versuchsergebnisse und Literatur belegen, dass die Einflussfaktoren auf den IMF-Gehalt vielfältig sind und dass die Fleischmarmorierung ein Faktor von mehreren ist, der den Genusswert von Rindfleisch bestimmt.

Schlagwörter: Rindermast, Fleisch, Fett, Schlachtkörper, Fleischqualität, Zartheit, Zusammenhänge

Summary

Beef marbling is not routinely surveyed in Austria and Europe, but well-marbled beef from Austria could appeal to a certain beef consumer group. It has been proven many times that a higher IMF content or better marbling is associated with a higher consumer acceptance (tenderness, juiciness, taste) of beef. A basic paper on factors influencing beef marbling has already been presented at the

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Eva Beyerl, BSc hat ihre Masterarbeit zu dem Thema am Institut für Nutztierwissenschaften der BOKU, Wien verfasst

* Ansprechpartner: Dr. Margit Velik, email: margit.velik@raumberg-gumpenstein.at

Viehwirtschaftliche Fachtagung 2020 (VELIK 2020). In VELIK et al. (2020) the IMF contents of Austrian beef, based on fattening trials, were presented. In addition, the marbling classes and photos of RISTIC (1987) and FRICKH et al. (2003b) were presented and their suitability for practical use was proved.

In the present paper, results on the influencing factors and correlations between IMF and slaughter performance traits of Austrian beef are presented. In the evaluation of 11 fattening trials using a statistical model, trial, category, slaughter age, fat class and kidney fat percentage remained as significant effects in the model. Simmental cattle (SI) did not show higher IMF levels compared to SI crosses with Charolais and Limousin. Additionally, scatterplots and correlations between IMF and meat quality traits are presented. Weak to moderate phenotypic correlations ($r=\pm 0.23$ to ± 0.50) were found between IMF and (1) shear force, (2) cooking loss as well as (3) tenderness and juiciness according to tasting. However, no correlation was evident between IMF and grill loss. A r of 0.63 was found between IMF content and subjective marbling assessment according to RISTIC (1987). Experimental results and literature demonstrate that the factors influencing IMF content are diverse and that marbling is one factor among several that determine sensory attributes of beef.

Keywords: beef fattening, meat, fat, carcass, meat quality, tenderness, relationship

1. Einleitung

Rinderschlachtkörper sollen gut bemuskelt und fleischig bei mäßiger Fettabdeckung ein, weshalb in Österreich und Europa Schlachtkörper mit Fleischklasse E,U,R und Fettklasse 2,3,(4) erwünscht sind (Klassifizierung gemäß EU-VO Nr. 1249/2008 und Österreichischer Fleischkontrolle (ÖKF)). Die Fetteinlagerung wird von tierspezifischen (Rasse/Genetik, Geschlecht/Rinderkategorie) und produktionstechnischen Faktoren (Fütterungsintensität, Mastendgewicht, Schlachtag, Tageszunahmen und Ausmastgrad) beeinflusst (AUGUSTINI 1987, PETHICK et al. 2006, BRANDESCHIED et al. 2007, PARK et al. 2018). Nach dem Knochen- und Muskelwachstum wird bei wachsenden Rindern als letztes verstärkt Fett gebildet. Innerhalb des Fettdepots setzt zuerst die Bildung von Bauchhöhlenfett ein, anschließend intermuskuläres und subkutanes Fett und erst zum Schluss wird das für den Genusswert maßgebliche intramuskuläres Fett (IMF) verstärkt gebildet (WARRISS 2010, LONERGAN et al. 2019). Die Rindfleisch-Marmorierung hat international (USA, Kanada, Australien, Japan, Korea etc.) große Bedeutung und die Konsumenten dieser Länder bevorzugen auch deutlich besser marmoriertes Fleisch (POLKINGHORNE und THOMPSON 2010). In Europa hat die Fleischmarmorierung derzeit keine große Bedeutung und wird auch nicht im Rahmen der routinemäßigen Schlachtkörper-Beurteilung erhoben bzw. bezahlt. Nichtsdestotrotz wird in Österreichs Steakhäusern, Spitzengastronomie etc. häufig auf außergewöhnlich gut marmoriertes Fleisch aus Übersee zurückgegriffen. Aber auch einzelne österreichische Markenfleischprogramme (z.B. www.cultbeef.at) sowie teilweise Metzgereien und Direktvermarktung werben bereits mit der Fleischmarmorierung. Auch wenn Fett in unserer Ernährung vielfach negativ behaftet ist, wird dennoch auch in Österreich gut marmoriertes Fleisch bei einer bestimmten Käuferschicht nachgefragt und kann damit – bei entsprechender Vermarktung – einen Mehrwert für Landwirt, Fleischhandel und weitere Stakeholder bedeuten.

Dies wurde zum Anlass genommen, sich im Rahmen eines Forschungsprojektes mit IMF und Fleischmarmorierung von österreichischem Rindfleisch auseinanderzusetzen und Einflussgrößen und Zusammenhänge darzustellen.

2. Tiere, Material und Methoden

In *Tabelle 1* sind die Versuchsdesigns von 14 österreichischen Rindermast-Versuchen aufgelistet, anhand derer die Auswertungen gemacht wurden. Die Mastversuche wurden an der BVW Wieselburg, der HBLFA Raumberg-Gumpenstein sowie an landwirtschaftlichen Fachschulen durchgeführt. Insgesamt standen 797 Einzeltierdaten zur Verfügung, davon waren 510 Maststiere, 161 Mastkalbinnen und 137 Mastochsen, wobei nicht alle Merkmale in allen Versuchen erhoben wurden.

2.1 Erhebung der Schlachtleistung und Fleischqualität

Die Schlachtung erfolgte in den oben genannten Einrichtungen. Die Fleischproben für die Fleischqualitäts-Untersuchungen stammten vom Rostbraten (*M. long. dorsi*). Diese wurden vakuumiert und 14 Tage gereift. Bei den in den Jahren 2001 bis 2008 veröffentlichten Versuchen fanden die Fleischqualitäts-Untersuchungen an der BVW Wieselburg statt, bei allen anderen an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Kochsaft, Grillsaft und Scherkraftmessung wurden am frischen Fleisch durchgeführt mit Ausnahme von STEINWIDDER et al. (2006 und 2019), TERLER et al. (2015) und VELIK et al. (2019), die an eingefrorenen und wieder aufgetauten Fleischproben durchgeführt wurden. Nach einer Literaturübersicht von LEYGONIE et al. (2012) unterscheiden sich Kochsaft- und Grillsaftverlust bei frischen und gefrorenen, wiederaufgetauten Fleischproben nicht signifikant voneinander. LEYGONIE et al. (2012) und VIEIRA (2009) fassen weiter zusammen, dass es bei ausreichend gereiftem Fleisch durch Einfrieren und Wiederauftauen zu keiner nennenswerten Verbesserung der Fleischzartheit kommt. Die Verkostung wurde stets mit eingefrorenen und im Kühlschrank wieder aufgetauten Fleischproben durchgeführt. Der IMF-Gehalt wurde mit Ausnahme von STEINWIDDER et al. (2019) und TERLER et al. (2015) am frischen Fleisch bestimmt. Die Untersuchungen wurden in Anlehnung an HONIKEL (1998) durchgeführt. Für die Ermittlung des Kochsaftverlustes wurde eine ca. 120 g schwere Probe in einen oben umgeschlagenen Plastiksbeutel in 70 °C warmen Wasser für 50 Minuten gegart und bis zur Rückwaage für 40 Minuten in einem ca. 20 °C kalten Wasserbad belassen. Die Fleischprobe für den Grillsaftverlust (warm und kalt) wurde auf einem Doppelplattengrill der Fa. Silex mit 200 °C Plattentemperatur bis zum Erreichen einer Kerntemperatur von 60 °C gegrillt. Zur Ermittlung der Scherkraft (gegrillt) wurden 10 Fleischkerne mit einem Fleischbohrer (Durchmesser: 1,27 cm) längs zum Faserverlauf ausgestochen. 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. Anschließend wurden jeweils die Mittelwerte der 10 Fleischkerne berechnet. Für die Verkostung wurde das Rindfleisch auf dem Plattengrill bis auf eine Kerntemperatur von 70 °C gebracht. Anhand dieser Fleischprobe bewerteten vier bis sechs geschulte Mitarbeiter die Zartheit und Saftigkeit mit Punkten von 1 bis 6, wobei 1 die schlechteste und 6 die beste Note darstellte. Um den IMF-Gehalt zu bestimmen, wurde eine ca. 100 g schwere Probe homogenisiert. An der BVW Wieselburg erfolgte die Bestimmung mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS), während an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein die nasschemische Methode nach Soxhlet zum Einsatz kam. Nach FRICKH et al. (2001a) kann davon ausgegangen werden, dass die an der BVW Wieselburg mit NIRS ermittelten IMF-Gehalte gut mit der Soxhlet-Methode übereinstimmen. Zusätzlich zur Bestimmung des IMF-Gehalts mit NIRS wurde bei vier an der BVW Wieselburg durchgeführten Versuchen (FRICKH et al. 2003a und b, 2005, VELIK et al. 2008) (in *Tabelle 1* mit ^{vBA} markiert) der IMF-Gehalt auch videobildanalytisch mit der Bildanalyse-Software PiCed Cora (Version 9.99) anhand eines Fleischfotos (9. Rippe) beurteilt. Von den vier genannten Versuchen (insgesamt 416 Datensätze) lag auch die subjektive Einstufung in die 6-teiligen Marmorierungsklassen nach RISTIC (1987) vor.

2.2 Datenauswertungen

2.2.1 Effekte auf den IMF-Gehalt: Kovarianzanalyse

Mittels Kovarianzanalyse (GLM-Modell, SAS Version 9.4, 2019) wurden Effekte auf den IMF-Gehalt ermittelt. Hierfür konnten nur 11 Mastversuche mit insgesamt 498 Einzeltierdatensätzen miteinbezogen werden, da das Modell ansonsten keine LS-Means schätzen konnte. Die für die Kovarianzanalyse verwendeten Mastversuche sind in *Tabelle 1* jeweils mit dem Kürzel *1 versehen. Die verwendeten Datensätze waren auf die drei Kategorien wie folgt verteilt: Stier (61 %), Kalbin (24,9 %), Ochse (14,2 %). Die Verteilung der Rassen/Kreuzungen war: Fleckvieh(FV) 66 %, FV×Charolais 21,8 %, FV×Limousin 12,2 %. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der im Modell verbleibenden kontinuierlichen Effekte waren wie folgt: Schlachalter in Tagen: $539,3 \pm 93,4$; Fettgewebeklasse (1-5): $2,6 \pm 0,7$; Nierenfett in kg bezogen auf Schlachtkörpergewicht_{warm}: $3,0 \pm 1,5$.

Im ersten Schritt wurden jene Merkmale als mögliche Kovariablen ausgewählt, die laut Literatur einen Einfluss auf den IMF-Gehalt haben können. Mögliche Kovariablen für das Ausgangsmodell waren Mastendgewicht, Schlachtkörpergewicht, Tageszunahmen, Nettotageszunahme, Fleischigkeitsklasse, Fettgewebeklasse und Nierenfett. Im zweiten Schritt wurden die Korrelationen (Pearson, Spearman) zwischen diesen Kovariablen ermittelt. Betrug die Korrelation über 0,8, wurde nur eine Kovariable im Modell belassen, um Multikollinearität zu vermeiden (MACH et al. 2008). Im Ausgangsmodell waren somit als fixe Effekte Versuch (1 bis 11), Tierkategorie (1 bis 3) und Rasse/Kreuzung (1 bis 3) sowie deren Wechselwirkungen. Als Kovariablen (jeweils linear und quadratisch) waren im Modell Mastendgewicht, Schlachalter, Tageszunahme, Fleischklasse, Fettklasse und Nierenfettanteil bezogen auf Schlachtkörpergewicht_{warm}. Die Wechselwirkungen der fixen Faktoren waren nicht signifikant ($P > 0,05$) und wurden daher aus dem Modell genommen. Die Kovariablen wurden schrittweise aus dem Modell genommen (jeweils Kovariable mit höchstem P-Wert, wobei zuerst immer das höchste quadratische Glied herausgenommen wurde). Als Kovariablen verblieben im finalen Modell Schlachalter, Fettgewebeklasse und Nierenfett (linear und quadratisch). Alle Kovariablen wurden innerhalb Tierkategorie genestet, wodurch sich Bestimmtheitsmaß und Residualstandardabweichung geringfügig verbesserten. Mit Nestung war allerdings der P-Wert des fixen Effekts Tierkategorie nur mehr an der Signifikanzschwelle ($P = 0,051$).

Das Mastendgewicht wurde als letztes Glied ($P = 0,123$) aus dem Modell genommen. Es wurde ausprobiert, das Mastendgewicht statt dem Schlachalter als Kovariable im Modell zu belassen, wodurch das Mastendgewicht signifikant blieb. Zwischen den Tierkategorien war allerdings die Verteilung der Mastendgewichte sehr unterschiedlich (Großteil der Daten bei Kalbinnen 480 bis 580 kg, bei Ochsen 580 bis 680 kg, bei Stieren 550 bis 750 kg). Mit der Kovariable Mastendgewicht statt Schlachalter im Modell waren Bestimmtheitsmaß, Residualstandardabweichung und Kurvenverlauf jenem mit dem Effekt Schlachalter sehr ähnlich. Im Ergebnisteil wird kurz verbal auf den Einfluss des Mastendgewichts eingegangen.

Die Fütterung wurde im Modell nicht separat berücksichtigt, da sie in den Versuchen sehr unterschiedlich war und ein Zusammenfassen in Gruppen nicht möglich war. Sie ist jedoch teilweise im Effekt „Versuch“ berücksichtigt.

2.2.2 Zusammenhang IMF und Fleischqualitäts-Merkmale: Scatterplots und Korrelationen

Um lineare Zusammenhänge zwischen dem IMF-Gehalt (mittels Soxhlet bzw. NIRS bestimmt) und den Merkmalen Grillsaftverlust, Kochsaftverlust, Scherkraft sowie den beiden Verkostungsparametern Saftigkeit und Zartheit darzustellen, wurden in SAS Korrelationen nach Pearson und Spearman berechnet. Zusätzlich wurden in Excel Streudiagramme mit polynomialer Trendlinie erstellt. Hierfür standen alle Datensätze der in *Tabelle 1* an-

Tabelle 1: Übersicht über die Versuchsdesigns der 14 Rindermastversuche

| Versuch | Anzahl Tiere | Rinder-kategorie | Rasse / Kreuzung | Fütterung | Mastendgewicht, kg |
|---|--------------|------------------|-------------------|--|----------------------------|
| FRICKH et al. 2003a ^{*1, *VBA} | 74 | S | FV, FVxLI, FVxCH | MS ad lib, ca. 0,5 kg Heu | 650-750 |
| FRICKH et al. 2003b ^{*1, *VBA} | 52 | O | FV, GV | GS ad lib. | 500-590 (GV), 590-620 (FV) |
| FRICKH et al. 2005 ^{*VBA} | 170 | S | PI | MS je nach Lebendmasse | 600-630 kg |
| HÄUSLER et al. 2015 ^{*1} | 26 | O, K | FVxLI, FVxCH | MS ad lib, 0,5 kg Heu | 580 (O), 500 (K) |
| STEINWIDDER et al. 2006 ^{*1} | 116 | S | FV | 92 % MS, 8 % Heu | 650 |
| STEINWIDDER et al. 2019 ^{*1} | 23 | O | FV | Kurzrasenweide | 700 |
| TERLER et al. 2015 | 18 | O, K | CHxWag, FVxWag | 60 % MS, 30 % GS, 10 % Heu | 650 (O), 550 (K) |
| TERLER et al. 2016 ^{*1} | 39 | S | FV | MS ad lib, 0,3 kg Heu | 690, 760 |
| VELIK et al. 2008 ^{*1, *VBA} | 120 | S, K | FV, FVxLI, FVxCH | GS ad lib. | 550/620 (S), 480/550 (K) |
| VELIK et al. 2009 | 45 | S, O, K, | FV, FV-Kreuzungen | größtenteils grünlandbasierte Fütterung | k.A. |
| VELIK et al. 2013a ^{*1} | 19 | K | FVxCH | G1: 30 % MS, 70 % GS, 2 kg KF | 550 |
| VELIK et al. 2013b ^{*1} | 20 | K | FVxCH | G1: 70 % GS, 30 % Heu, 2 kg KF | 550 |
| VELIK et al. 2018 ^{*1} | 53 | S, O, K | FV | S: MS, ca. 3 kg KF | 730 (S), 650 (O), 550 (K) |
| VELIK et al. 2019 ^{*1} | 33 | S | FV, HF | G1: MS, 0,5 kg Heu; G2: 67 % GS, 33 % MS, 0,5 kg Heu | 590-720 |

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

G= Gruppe; KF= Krafftutter, GS...Grassilage, MS...Maisilage, S= Stier, O= Ochse, K= Kalbin

*1... 11 verwendete Versuche für GLM-Modellauswertung

^{*VBA}... 4 verwendete Versuche für Korrelationen IMF(NIRS), (IMF)Videobildanalyse und subjektiver Marmorierungsbeurteilung nach RISTIC (1987)

geführten Versuche zur Verfügung. Korrelationen nach Pearson bzw. Spearman wurden ebenfalls berechnet, um Zusammenhänge zwischen IMF(NIRS), IMF(VBA) und subjektiver Marmorierungsbeurteilung nach RISTIC (1987) darzustellen.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Effekte auf den IMF-Gehalt

Das Bestimmtheitsmaß (R^2) des Modells betrug 58 %, die Residualstandardabweichung (RSD) 9,55.

Der Versuch hatte einen hoch signifikanten Einfluss ($P < 0,001$) auf den IMF-Gehalt, was aufgrund der unterschiedlichen Versuchsdesigns zu erwarten war. Die Tierkategorie hatte einen tendenziellen ($P 0,051$), nur ganz knapp über der Signifikanzschwelle liegenden Einfluss auf den IMF-Gehalt. Erwartungsgemäß hatte das Fleisch der Maststiere im Vergleich zu Ochsen und Kalbinnen, hormonell-endokrin bedingt, einen deutlich niedrigeren IMF-Gehalt. Es fällt auf, dass insbesondere bei Kalbin und Ochse die LS-Means niedriger sind als die arithmetischen Mittelwerte, was auf die Modellwahl zurückzuführen ist. 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 70 Tiere aus 5 verschiedenen Versuche zugrunde liegen. In Versuchen wurde belegt, dass Kalbinnen einen höhere IMF-Gehalt als Ochsen haben, da Kalbinnen frühreifer als Ochsen sind und daher früher und stärker Fett einlagern (BRANSCHIED et al. 2007). Auch ein Versuch von BLANCO et al. (2020) zeigte, dass bei einem Mastendgewicht von 475 kg Kalbinnen signifikant höhere IMF-Gehalte als Ochsen und Stiere hatten. In der Praxis werden Ochsen allerdings bei höherem Gewicht als Kalbinnen geschlachtet, weshalb Ochsen teilweise auch ähnliche IMF-Gehalte wie Kalbinnen aufweisen (VELIK et al. 2018). Die Rasse/Kreuzung (Fleckvieh und zwei Fleckvieh-Gebrauchskreuzungen) hatte keinen signifikanten Einfluss auf den IMF-Gehalt ($P 0,147$). Auch SEVANE et al. (2014), die Stiere von 15 europäischen Rinderrassen bei 75 % des rassetypischen Lebendgewichts schlachteten, fanden zwischen reinrassigen Fleckvieh, Limousin und Charolais keine signifikanten Unterschiede im Fettgehalt. Generell geht ein geringeres Muskelwachstum mit einer früheren und stärkeren Fetteinlagerung einher (PETHICK et al. 2006). So zeigen in der Regel frühreife, kleinrahmigere Genotypen besser marmoriertes Fleisch als spätreife, großrahmige Genotypen, bzw. Milchrasen mehr Fetteinlagerung als Fleischrasen (WEGNER et al. 1998, BRANSCHIED et al. 2007). Zusätzlich zu Rinderkategorie und Rassen können allerdings auch gewählte Mastintensitäten, Mastendgewichte und somit physiologisches Schlachtalter einen maßgeblichen Einfluss auf die IMF-Gehalte haben.

3.1.1 Effekt des Schlachtalters (und Mastendgewichts)

Der IMF-Gehalt erhöhte sich mit höherem Schlachtalter ($P 0,012$) (Abbildung 1), wobei im Modell die anderen Kovariablen konstant gehalten wurden. Nach BRANSCHIED et al. (2007) sind Merkmale, die in Verbindung mit der Fettgewebsbildung stehen, deutlich altersabhängig. In BRANSCHIED (2007) wird der Zusammenhang zwischen IMF und Schlachtalter anhand von mehreren Mastversuchen mit Fleckvieh und Schwarzbunten veranschaulicht. Auch in einer Literaturübersicht von PARK et al. (2018) werden mehrere Versuche zitiert, die mit steigendem Schlachtalter besser marmoriertes Fleisch belegen. In der vorliegenden Auswertung war dies bei den Kalbinnen am stärksten ausgeprägt (Steigerung von 50 % zwischen Schlachtalter von 14 bzw. 23 Monaten). Nach WEGNER et al. (1998) sind für die Zunahme an IMF im Wachstumsverlauf sowohl die Anzahl als auch die Größe der Fettflächen verantwortlich. Bei Stier und Ochse war der Einfluss des Schlachtalters auf den IMF-Gehalt deutlich geringer ausgeprägt, wobei die Ochsen

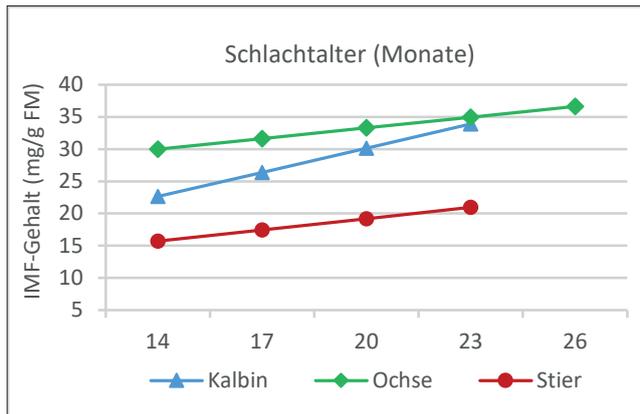


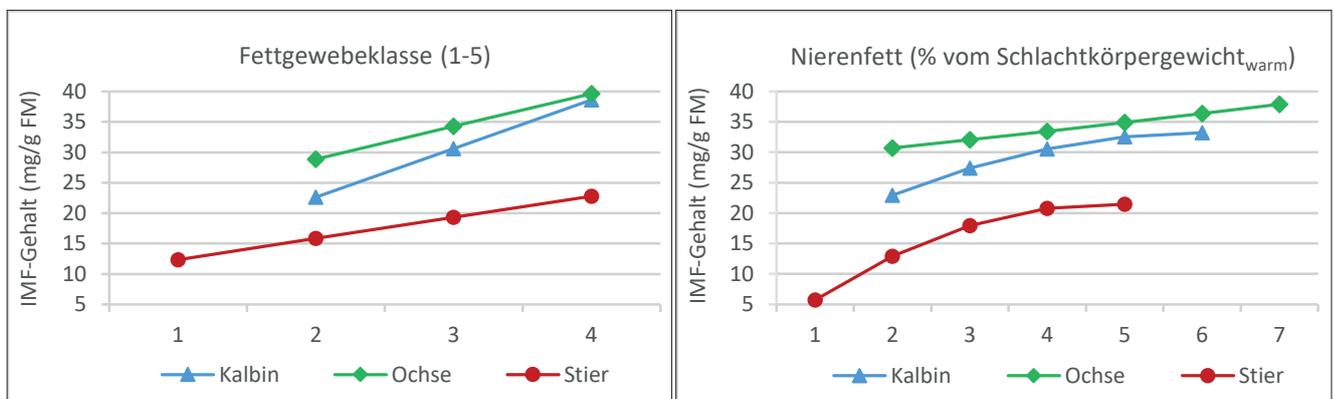
Abbildung 1: IMF-Gehalt der drei Tierkategorien in Abhängigkeit vom Schlachalter

von den drei Rinderkategorien bereits bei 14-monatigem Schlachalter die höchsten IMF-Gehalte zeigten. Hier sei nochmals auf die relativ geringe Datengrundlage bei den Ochsen hingewiesen, weshalb die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse unter Umständen nicht gegeben ist. Ein steigender IMF-Gehalt mit höherem Schlachalter wurde auch von FRICKH et al. (1997) bei Maststieren zwischen 12 und 14 bzw. 12 und 16 Monaten bestätigt. AUGUSTINI und TEMISAN (1986) halten allerdings fest, dass Merkmale der Verfettung stärker von der Mastintensität als vom Alter beeinflusst werden. AUGUSTINI (1987) schlussfolgert weiters, dass Aussagen zum Einfluss des Schlachalters immer – innerhalb von Kategorie und Rasse – in Verbindung mit dem Mastendgewicht zu sehen sind. Versuche belegen, dass mit steigenden Gewicht der IMF-Gehalt weitestgehend linear ansteigt (PUGH et al. 2005, PETHICK et al. 2006, TERLER et al. 2016). Das Mastendgewicht von Schlachttieren ist in der Praxis großteils unbekannt. Da naturgemäß eine enge Korrelation zwischen Mastendgewicht und Schlachtkörpergewicht besteht, hätte man im Modell statt dem Mastendgewicht auch das Schlachtkörpergewicht nutzen können.

3.1.2 Zusammenhang mit Fettklasse und Nierenfettanteil

Es stellt sich die Frage, wie gut die Fettklassen-Einstufung (5-teilige Skala, EU-VO Nr. 1249/2008) die Fleischmarmorierung widerspiegelt. Die Fettklassen bewerten Fettdeckung bzw. Fettansätze an Knöpfe, Schulter und Brusthöhle. *Abbildung 2* veranschaulicht, dass mit steigender Fettklasse auch der IMF-Gehalt zunimmt ($P < 0,001$), wobei, basierend auf den vorliegenden Daten, der Anstieg im IMF-Gehalt bei der Kalbin am deutlichsten ausgeprägt war. Bei der Kalbin entsprach die Fettgewebeklasse 2 einem IMF-Gehalt von rund 2,3 %, während die Fettgewebeklasse 4 rund 3,9 % IMF entsprach. VELIK (2020) bestätigte, dass für ein geschultes Auge zwischen 2,3 und 3,9 % IMF ein visueller Unterschied in der Marmorierung feststellbar ist. Die phänotypische

Abbildung 2: IMF-Gehalt der drei Tierkategorien in Abhängigkeit von Fettklasse (1=mager, 5=fett) und Nierenfettanteil



Korrelation zwischen IMF und Fettklasse lag in den 11 dem Modell zugrundeliegenden Einzelversuchen zwischen 0,20 und 0,74 und war in 7 Versuchen signifikant. Über aller Versuche betrug r allerdings nur 0,18 ($P < 0,001$). SANAA (1998) fand bei Weidekälbern aus Mutterkuhhaltung einen r von 0,31. Eine polnische Studie von JANISZEWSKI et al. (2018) fand bei Stieren zwischen subjektiver Marmorierungsbeurteilung (5-teilige Skala) und Fettklasse zwar numerische höhere IMF-Gehalte bei höherer Fettklasse, was allerdings statistisch nicht abgesichert werden konnte. FRICKH et al. (2001b) fand bei Fleckvieh-Stieren zwischen subjektiver Marmorierung (6-teilig) und Fettklasse einen r von 0,30. Da die 5-teilige Fettklassenbeurteilung nur innerhalb von Europa zum Einsatz kommt und bei der europäischen Schlachtkörper-Beurteilung routinemäßig keine Fleischmarmorierung erfasst wird, wurde auch keine weitere Literatur gefunden, die den Zusammenhang Fettklasse und IMF-Gehalt behandelt.

Die generelle Lehrmeinung ist, dass bei wachsenden Rindern als erstes die Bildung von Nierenfett und visceralem Fett (Bauchhöhlenfett) einsetzt. Anschließend beginnt die Einlagerung von intermuskulärem Fett (d.h. Fett zwischen den einzelnen Muskeln) und an dritter Stelle die Bildung von subkutanem Fett (Auflagenfett). Erst zum Schluss setzt die verstärkte Bildung von IMF ein, das für den Genusswert von Rindfleisch wichtig ist (WEGNER et al. 1998, WARRISS 2000, LONERGAN et al. 2019). Nach JOHNSON (1972), PETHICK et al. (1997) und PETHICK et al. (2006) verläuft im Wachstumsverlauf die Fetteinlagerung (bezogen auf Schlachtkörpergewicht und Gesamtfett) innerhalb von jedem der vier Fettdepots weitestgehend linear. Der Anteil von intermuskulären und subkutanem Fett am Gesamtfett ist erheblich höher als der Anteil an Nierenfett und IMF, wobei der intermuskuläre Fettanteil wiederum höher als der subkutane ist (PETHICK et al. 1997). Wird die Fettgewebsbildung durch erhöhte Fütterungsintensität in frühere Altersabschnitte verlagert, so führt dies auch parallel zur Fettgewebsbildung in den übrigen Fettdepots zu einer früheren IMF-Einlagerung (AUGUSTINI 1987).

Die Hypothese war, dass ein Zusammenhang zwischen Nierenfettanteil und IMF-Gehalt besteht, was *Abbildung 2* bestätigt ($P < 0,005$). Im Datenmaterial gab es für Kalbin und Ochse keine Werte für den Nierenfettanteil von 1 %, während es für Stiere keine Werte für einen Nierenfettgehalt von 6 % gab. Eine deutliche Zunahme im IMF-Gehalt zeigte sich vor allem beim Stier bei einem Anstieg des Nierenfettanteils von 1 auf 3 %. Bei Stier und Kalbin war dieser Anstieg allerdings nicht linear, sodass bei höheren Nierenfettanteilen kaum eine bzw. keine Steigerung im IMF-Gehalt mehr erkennbar war. Nimmt man statt dem Nierenfettanteil bezogen auf das Schlachtgewicht das Nierenfettgewicht (in kg) ins Modell (beim Stier Werte zwischen 4 und 20 kg, bei Kalbin 7 bis 20 kg und bei Ochse 8 bis 20 kg Nierenfett vorhanden), so zeigte sich der gleiche Kurvenvergleich. Ein Vergleich mit Literatur ist schwierig, da sich in wissenschaftlichen Versuchen oft keine Angaben zum Nierenfett finden bzw. die vorhandenen Angaben nicht in Relation zum IMF-Gehalt gesetzt werden können. PETHICK et al. (2006) halten fest, dass der IMF-Gehalt zwischen 200 und 400(450) kg Schlachtkörpergewicht linear ansteigt, dass aber der IMF-Gehalt beim Erreichen des rassetypischen Gewichts des ausgewachsenen Rindes nicht weiter ansteigt. Es könnte somit spekuliert werden, dass das Abflachen der Kurve bei hohen Nierenfettgehalten in *Abbildung 3* mit dem Erreichen des rassetypischen Endgewichts zusammenhängt. In PETHICK et al. (2006) findet sich allerdings keine Aussage wie es sich hierbei mit dem Nierenfett verhält. Im Buch von LONERGAN et al. (2019) ist zu lesen, dass das Nierenfett bei Erreichen des finalen Gewichts stark zunimmt.

Die phänotypischen r zwischen IMF-Gehalt und Nierenfettanteil (bezogen auf Schlachtkörpergewicht) schwankten bei den 11 dem Modell zugrundeliegenden Versuchen zwischen 0,18 und 0,77 (in 7 Versuchen signifikant) und waren somit ähnlich hoch wie die Koeffizienten zwischen IMF und Fettklasse. Über alle 11 Versuche war r mit 0,50 ($P < 0,001$) allerdings deutlich höher als die Korrelation zwischen IMF und Fettklasse. Neben dem Nierenfett wäre auch die subkutane Fettdicke über dem Rostbraten ein möglicher Parameter, um Rückschlüsse auf die Schlachtkörperverfettung zu ziehen, wobei zu beachten ist, dass beide Parameter derzeit nicht routinemäßig am Schlachthof erhoben werden.

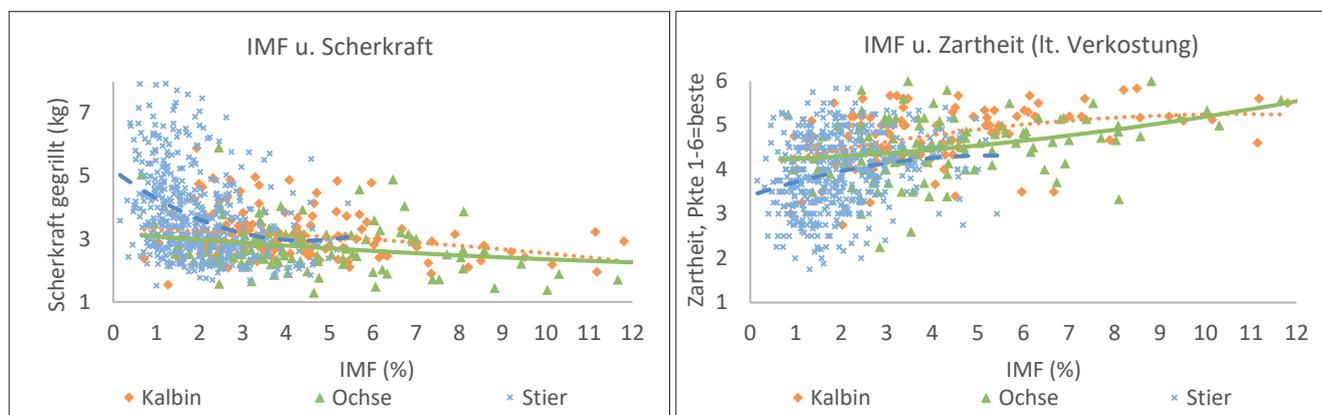
3.2 Zusammenhang IMF-Gehalt und Fleischqualitäts-Merkmale

Es ist generelle Meinung, aber auch vielfach wissenschaftlich belegt, dass sich ein höherer IMF positiv auf den Genusswert von Rindfleisch auswirkt (AUGUSTINI 1987, MUIR et al. 1998, LI et al. 2006, BRANDSCHEID et al. 2007). Es gibt aber auch Arbeiten, die nur einen geringen bzw. gar keinen Zusammenhang zwischen IMF und den genannten Fleischqualitätsmerkmalen finden (MUIR et al. 1998). Nach MUIR et al. (1998) kann der Grund für geringe Zusammenhänge auch in einer schlechten Übereinstimmung zwischen subjektiver Marmorierungseinstufung und tatsächlichem IMF-Gehalt liegen. DUFÉY und CHAMBAZ (1999) halten fest, dass positive Zusammenhänge oft erst ab IMF-Gehalten von zumindest 3 % gesehen werden können. Um die gängige Meinung zu beurteilen, dass ein höherer IMF-Gehalt stets mit einem besseren Genusswert von Fleisch einhergeht, werden die Ergebnisse aller 14 in *Tabelle 1* aufgeführten Versuchen mittels Scatterplots und Korrelationskoeffizienten (r) dargestellt.

3.2.1 IMF und Scherkraft, Zartheit

In *Abbildung 3* sind die Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und Scherkraft (gegrillt) bzw. dem Verkostungsparameter Zartheit für die drei Kategorien Stier, Ochse und Kalbin dargestellt. Zwischen IMF und Scherkraft war bei allen drei Rinderkategorien ein schwach negativer Zusammenhang feststellbar, wobei er beim Stier am deutlichsten war. Das bedeutet, dass mit steigenden IMF-Gehalten Rindfleisch zarter wird. Zwischen dem IMF-Gehalt und der Scherkraft in der Kategorie Stier betrug der phänotypische r $-0,32$ ($P < 0,001$), bei Ochse und Kalbin betrug sie $-0,24$ bzw. $-0,23$ ($P < 0,05$). Auch nach den Verkostungsergebnissen (*Abbildung 3*) ist der positive Effekt eines höheren IMF-Gehalts auf die Zartheitsbeurteilung gegeben. Der phänotypische r für IMF und Zartheit laut Verkostung war für Ochse und Kalbin $0,33$ bzw. $0,41$ ($P < 0,001$), und beim Stier mit $0,24$ ($P < 0,05$) etwas geringer. Da die Fleischreifung einen maßgeblichen Einfluss auf die Zartheit von Rindfleisch hat, könnte bei einer kürzeren als in den vorliegenden Versuchen gewählte Reifedauer von 14 Tagen, der Zusammenhang IMF und Zartheit noch enger sein. Eine koreanische Studie von GAJAWEERA et al. (2018) untersuchte Stier-, Ochsen- und Kalbinnenfleisch von Hanwoo-Rindern, die eine deutlich stärkere Fleischmarmorierung als europäische Rinder haben, und fanden zwischen IMF und Scherkraft bzw. Zartheit r von $-0,39$ bzw. $0,55$. CORBIN et al. (2015) fanden zwischen IMF-Gehalt und Zartheit laut Verkostung einen r von über $0,8$. FRICKH et al. (1997) konnten bei Maststieren zwischen IMF und Zartheit nur ein r von $0,22$ ($P < 0,05$) feststellen. Zwischen IMF und Scherkraft gegrillt (14 Tage gereiftes Fleisch) konnten FRICKH (1997) sowie SANAA (2009) bei Kälbern aus Mutterkuhhaltung keine Korrelation feststellen. Hier sei darauf hingewiesen, dass die Fleischzartheit und andere Merkmale des Genusswerts auch noch von zahlreichen anderen intrinsischen und extrinsischen Faktoren beeinflusst werden (GUERRERO et al. 2013, TERJUNG et al. 2020).

Abbildung 3: Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und Scherkraft bzw. Zartheit laut Verkostung nach Rinderkategorie



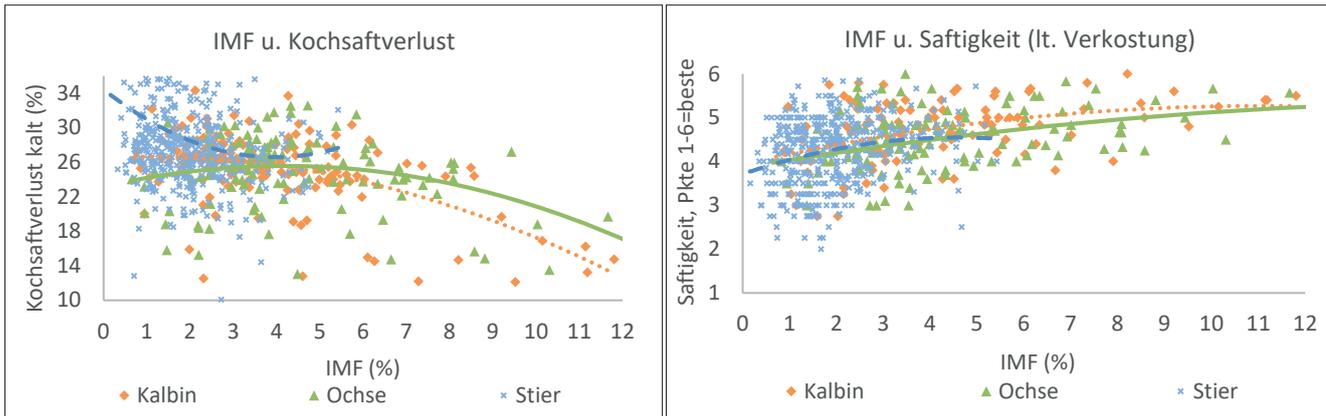


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und Kochsaft bzw. Saftigkeit laut Verkostung nach Rinderkategorie

3.2.2 IMF und Saftigkeitsvermögen/Saftigkeit

Prinzipiell sind niedrigere Saftverluste beim Kochen, Grillen und Braten erwünscht. Zwischen IMF und Grillsaftverlust war anhand von Scatterplots und Korrelationen keinerlei Zusammenhang feststellbar (Daten nicht dargestellt). Das Streudiagramm zum Kochsaftverlust zeigt hingegen geringere Kochsaftverluste mit steigenden IMF-Gehalten (Abbildung 4). Der phänotypische r für IMF und Kochsaftverlust betrug bei der Kalbin $-0,50$ ($P < 0,001$), beim Stier $-0,22$ ($P < 0,001$) und beim Ochse $-0,26$ ($P < 0,05$). LI et al. (2006) fanden bei amerikanischem Ochsenfleisch mit einer größeren Variationsbreite im IMF deutlich höhere r zwischen IMF- und Kochsaftverlust als in der vorliegenden Studie. Die r für IMF und Saftigkeit laut Verkostung lagen in der vorliegenden Auswertung bei $0,23$ (Stier) und $0,37$ bzw. $0,38$ für Kalbin und Ochse (P jeweils $< 0,001$). GAJAWEERA et al. (2018) fanden bei koreanischem Rindfleisch eine Korrelation von $0,47$ zwischen IMF und Saftigkeit, CORBIN et al. (2015) sogar von $0,88$.

3.3 Übereinstimmung visuelle Marmorierungsbeurteilung und IMF nach NIRS bzw. Videobildanalyse

Basierend auf 4 Mastversuchen (416 Datensätze) zeigte sich zwischen IMF-Gehalt (NIRS) und subjektiver Marmorierungsbeurteilung nach RISTIC (1987; 6-teilige Skala: $< 1\%$ IMF, $1-3\%$, $3-5\%$, $5-7\%$, $7-10\%$, $> 10\%$) eine moderate phänotypische Korrelation von $0,63$ ($P < 0,001$) ($r = 0,47-0,85$ in den Einzelversuchen). Nach FERGUSON (2004) wurden in Studien aus Amerika und Japan sehr enge Korrelationen von bis zu $0,9$ zwischen IMF und visueller Marmorierungsbeurteilung gefunden. In australischen Studien betrug sie allerdings nur $0,32$ bis $0,71$. FERGUSON (2004) führt als Gründe für die unterschiedlichen Versuchsergebnisse die Variationsbreite im IMF-Gehalt an, d.h. eine geringere Spannweite bedeutet automatisch niedrigere Korrelationen. Aber auch die unterschiedlich detaillierte Abstufung der visuellen Marmorierungsbeurteilung wird vom Autor als Erklärung genannt. Zwischen videobildanalytisch (VBA) ermitteltem IMF-Gehalt und subjektiver Marmorierungsbeurteilung nach RISTIC (1987) wurde, basierend auf den 4 Mastversuchen, ein sehr enger Zusammenhang gefunden ($r = 0,9$, $P < 0,001$). Zwischen mit VBA und NIRS bestimmtem IMF-Gehalt fanden sich Pearson r von durchschnittlich $0,74$ ($0,57$ bis $0,83$ in den vier Einzelversuchen, alle $P < 0,001$). Geht man von einer repräsentativen Probenziehung aus, so deutet dies darauf hin, dass die chemische IMF-Bestimmung teilweise die subjektiv ermittelte Marmorierungsausprägung nur bedingt widerspiegelt. Auch FERGUSON (2004) bezeichnen die visuelle Marmorierungsbeurteilung als moderaten Vorhersager des IMF-Gehalts.

4. Schlussfolgerungen

- Die Auswertung von österreichischen Rindermastversuchen belegt, dass Rinderkategorie (Stier, Ochse, Kalbin) und Schlachtagalter einen signifikanten Effekt auf den intramuskulären Fettgehalt haben. Zwischen Alter und Mastendgewicht besteht zumeist ein Zusammenhang. Das Mastendgewicht, ein in der Literatur vielfach genannter Einflussfaktor, hat, wenn man es statt dem Schlachtagalter berücksichtigt, ebenfalls einen Einfluss auf den IMF-Gehalt.
- Sowohl zwischen IMF und Fettgewebeklasse als auch zwischen IMF und Nierenfettanteil ist bei Mastrindern ein Zusammenhang feststellbar, d.h. Fettklasse und Nierenfett sind gemeinsam zur Abschätzung des IMF-Gehalts bei Rindfleisch zumindest bedingt geeignet. Für das Einzeltier findet sich allerdings oft, insbesondere wenn man nur die Fettklasse heranzieht, kein Zusammenhang zwischen Fettklasse und IMF-Gehalt.
- Zwischen IMF-Gehalt und für den Genusswert maßgeblichen Fleischqualitätsmerkmale (Scherkraft, Zartheit, Saftigkeit, Safthaltevermögen beim Garen) zeigen sich bei österreichischen Stier-, Ochsen- und Kalbinnenfleisch lose bis moderate Zusammenhänge.
- Für eine ausgezeichnete Rindfleischqualität sind neben der Fleischmarmorierung schlussendlich jedoch noch weitere Faktoren mitverantwortlich (Rinderkategorie, Schlachtagalter, Fütterung, perimortale Schlachttierbehandlung, Fleischreifung, Zubereitung in der Küche etc.).

5. Literatur

AUGUSTINI, C. und V. TEMISAN, 1986: Einfluß verschiedener Faktoren auf die Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischqualität bei Jungbullen. *Fleischwirtschaft* 66, 1273-1280.

AUGUSTINI, C., 1987: Einfluss produktionstechnischer Faktoren auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität beim Rind. In: *Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität*. Kulmbacher Reihe Band 7, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 152-179.

BLANCO, M., G. RIPOLL, C. DELAUAUD und I. CASASUS, 2020: Performance, carcass and meat quality of young bulls, steers and heifers slaughtered at a common body weight. *Livestock Sci.* 240, 104156.

BRANSCHIED, W., K.O. HONIKEL, G. VON LENGERKEN und K. TROEGER, 2007: *Qualität von Fleisch und Fleischwaren – Band 1*, 2. Auflage, Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 551 S.

CORBIN, C.H., T.G. O'QUINN, A.J. GARMYN, J.F. LEGAKO, M.R. HUNT, T.T.N. DINH c, R.J. RATHMANN, J.C. BROOKS und M.F. MILLER, 2015: Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying marbling levels and quality treatments. *Meat Sci.* 100, 24-31.

DUFEY, P. und A. CHAMBAZ, 1999: Einfluss von Produktionsfaktoren auf die Rindfleischqualität. *Agrarforschung* 6, 345-348.

FERGUSON, D.M., 2004: Objective on-line assessment of marbling: a brief review. *Aust. J. Exp. Agric.* 44, 681-685.

FRICKH, J., 1997: *Qualitätsmerkmale beim Rindfleisch und Rassenvergleich nach Schlachzeitpunkt*. Dissertation am Institut für Nutztierwissenschaften. Universität für Bodenkultur. 97 S.

- FRICKH, J.J., K. ELIXHAUSER, G. IBI und C. MIKULA, 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., H. SORGER, G. IBI, K. ELIXHAUSER und C. MIKULA, 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., G. IBI und K. ELIXHAUSER, 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., W. ZOLLITSCH und F. SMULDERS, 2003b: Kennzahlen der Fleischqualität und Überprüfung der Wirtschaftlichkeit von jungen, intensiv gemästeten Fleckviehtieren und verschiedenen Gebrauchskreuzungen in Hinblick auf eine Weiterentwicklung von Qualitätsprogrammen. Abschlussbericht für das Forschungsprojekt Nr. 1238 im Auftrag des BMLFUW.
- FRICKH, J.J., K. ELIXHAUSER und G. IBI, 2005: Untersuchung des Pinzgauer Rindes auf Fleischqualität im Rahmen einer stationären Fleischleistungsprüfung. Forschungsbericht 2005 im Auftrag von LK Salzburg und Salzburger Rinderzuchtverband.
- GUERRERO, A., M.V. VALERO, M.M. CAMPO und C. SANUDO, 2013: Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. Review. *Acta Scientiarum. Anim. Sci.*, 35(4), 335-347.
- GAJAWEERA, C., K.Y. CHUNG, E.G. KWON, I.H. HWANG, S.H. CHO und S.H. LEE, 2018: Evaluation of sensory attributes of Hanwoo *Longissimus dorsi* muscle and its relationships with intramuscular fat, shear force, and environmental factors. *Can. J. Anim. Sci.* 98, 443-452.
- HÄUSLER, J., S. ENZENHOFER, B. FÜRST-WALTl und A. STEINWIDDER, 2015: Auswirkungen unterschiedlicher Absatztermine auf extensiv gefütterte Fleckviehmutterkühe und deren Kälber 2. Mitteilung: Entwicklung der Jungrinder in der Säugeperiode und in der intensiven Ausmastperiode. *Züchtungskunde* 87, 391-412.
- HONIKEL, K.O., 1998: Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49, 447-457.
- JANISZEWSKI, P., K. BORZUTA, D. LISIAK, E. GREZESKOWIAK und K. POWALOWSKI, 2018: Meat quality of beef from young bull carcasses varying in conformation or fatness according to the EUROP classification system. *Ital. J. Anim. Sci.*, 17, 289-293.
- JOHNSON, H., R. BUTTERFIELD und W. PRYOR, 1972: Studies of fat distribution in the bovine carcass. I. The partition of fatty tissues between depots. *Aust. J. Agric. Res.* 23, 381-388.
- LI, C., G. ZHOU, X. XU, J. ZHANG, S. XU und J. JI, 2006: Effect of marbling on meat quality characteristics and intramuscular connective tissue of beef *longissimus muscle*. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 19, 1799-1808.
- LEYGONIE, C., T. BRITZ und L. HOFFMAN, 2012: Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Sci.* 91, 93-98.
- LONERGAN, S.M., D.G. TOPEL und D.N. MARPLE, 2019: Chapter 5: Fat and fat cells in domestic animals. In: *The science of animal growth and meat technology*. 2nd edition, Elsevier Academic Press.

- MACH, N., A. BACH, A. VELARDE und M. DEVANT, 2008: Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Sci.* 78, 232-238.
- MUIR, P.D., J.M. DEAKER und M.D. BOWN, 1998: Effects of forage- and grain-based feeding systems on beef quality: a review. *New Zeal. J. Agr. Res.* 41, 623-635.
- PARK, S.J., S.H. BEAK, D.J.S. JUNG, S.Y. KIM I.H. JEONG, M.Y. PIAO, H.J. KANG, D.M. FASSAH, S.W. NA, S.P. YOO und M. BAIK, 2018: Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle – A review. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 31, 1043-1061.
- PETHICK, D.W., L. MCINTYRE, G. TODOR und J.B. ROWE, 1997: The partitioning of fat in ruminants - can nutrition be used as a tool to regulate marbling? *Recent Advantages of Animal Nutrition in Australia*, University of New England, Armidale NSW, Australia, 151-158.
- PETHICK, D.W., G. HARPER, J.F. HOCQUETTE und Y.H. WANG, 2006: Marbling biology-what do we know about getting fat into muscle. *Australian beef - the Leader Conference*, New England, Armidale, NSW, 103-110.
- POLKINGHORNE, R.J. und J.M. THOMPSON, 2010: Meat standards and grading – A world view. *Meat Sci.* 86, 227-235.
- PUGH, A.K., B. MCINTYRE, G. TUDOR und D.W. PETHICK, 2005: Understanding the effect of gender and age on the pattern of fat deposition in cattle. In: Hocquette, J.F., Gisle S. (eds.): *Indicators of milk and beef quality*. Wageningen Academic Publishers, 405-408.
- RISTIC, M., 1987: Genußwert von Rindfleisch. In: *Rindfleisch - Schlachtkörperwert und Fleischqualität*. Kulmbacher Reihe 7, Bundesanstalt für Fleischforschung, 207-234.
- SANAA, D., 2009: Fleischleistung und Fleischqualität bei Weidekälbern unter Berücksichtigung des mit Videobildanalyse bestimmten Fettanteils im *M. longissimus dorsi*. S. 226. *Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät Humboldt Universität, Berlin*, p. 226.
- SEVANE, N., G. NUTE, C. SANUDO, O. CORTES, J. CANON, J.L. WILLIAMS und S. DUNNER, 2014: Muscle lipid composition in bulls from 15 European breeds. *Livest. Sci.* 160, 1-11.
- STEINWIDDER, A., L. GRUBER, T. GUGGENBERGER, J. GASTEINER, A. SCHAUER und G. MAIERHOFER, 2006: Einfluss der Protein- und Energieversorgung in der Fleckvieh-Jungbullmast - I. Mastleistung. *Züchtungskunde* 78, 136-152.
- STEINWIDDER, A., W. STARZ, H. ROHRER, R. PFISTER, G. TERLER, M. VELIK, J. HÄUSLER, R. KITZER, A. SCHAUER und L. PODSTATZKY, 2019: Weideochsenmast ohne Kraftfutter - 2. Mitteilung: Einfluss der Aufwuchshöhe bei Kurzrasenweide auf die Schlachtleistung, Fleischqualität und Wirtschaftlichkeit. *Züchtungskunde* 91, 347-359.
- TERJUNG, N., F. WITTE und V. HEINZ, 2020: Multifaktorielle Einflüsse - Ein Überblick zur Zartheit von Rindfleisch. *Fleischwirtschaft* 2020, 82-87.
- TERLER, G., C. TRIPPOLD, M. VELIK, R. KITZER und J. KAUFMANN, 2015: Wagyu-Kreuzungen in der Rindermast: Welche Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität kann erwartet werden? 42. *Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal*, 81-87.
- TERLER, G., M. VELIK, R. KITZER und J. KAUFMANN, 2016: Auswirkungen hoher Mastendgewichte auf Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischqualität von Stieren. 43. *Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal*, 53-62.

VELIK, M., A. STEINWIDDER, J.J. FRICKH, G. IBI und A. KOLBE-RÖMER, 2008: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern aus der Mutterkuhhaltung. *Züchtungskunde* 80, 378-388.

VELIK, M., D. EINGANG, J. KAUFMANN und R. KITZER, 2009: Fleischqualität österreichischer Rindfleisch-Markenprogramme (Ochse, Kalbin, Jungrind): Ergebnisse einer Stichprobenerhebung. 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 85-93.

VELIK, M., E.M. FRIEDRICH, J. HÄUSLER und A. STEINWIDDER, 2013: Färsenmast auf Kurzrasenweide oder im Stall - Einfluss auf Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität. *Züchtungskunde* 85, 206-215.

VELIK, M., I. GANGNAT, R. KITZER, E. FINOTTI und A. STEINWIDDER, 2013: Fattening heifers on continuous pasture in mountainous regions – Implications for productivity and meat quality. *Czech J. Anim. Sci.* 58, 360-368.

VELIK, M., G. TERLER, R. KITZER und J. KAUFMANN, 2018: Intensive Mast von Stier, Ochse und Kalbin – Welche Stärken hat jede Rinder-Kategorie. 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 39-48.

VELIK, M. und G. TERLER, 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.

VELIK, M., 2020: Fleisch-Marmorierung als ein Qualitätsmerkmal von Rindfleisch – Grundlegendes. 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 45-54.

VIEIRA, C., M.T. DIAZ, B. MARTINEZ und M.D. GARCIA-CACHAN, 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 Sci.* 83, 398-404.

WARRISS, P.D., 2000: Chapter 2: The growth and body composition of animals. In: *Meat Science: an introductory text*. 2nd edition, CABI Oxfordshire, Cambridge.

WEGNER, J., E. ALBRECHT und K. ENDER, 1998: Morphologische Aspekte des subkutanen und intramuskulären Fettzellwachstums beim Rind. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 41, 313-320.