



# Lammfleischqualität im Teilstückvergleich

Friedrich Schöne,  
Carmen Kinast,  
Heike Lenz,  
Andrea Greiling  
Elke Herzog  
Rita Kirmse  
Gerhard Jahreis  
Katrin Kuhnt

Jena, Januar 2012

## **1) Fleisch und Fettgewebe magerer und fetterer Teilstücke, physikalisch-chemische Fleischbeschaffenheit und sensorische Einstufung**

Die Teilstücke Keule, Rücken (Stielkotelett und Lendenstück), Bug und Brust von fünf männlichen Lämmern (Merino und Merino-Fleischaf-Kreuzungen, Gewicht der Schlachtkörper 16,7 bis 19,0 kg) wurden jeweils in Knochen, Muskelfleisch sowie Fett- und Bindegewebe zerlegt. Die chemisch-physikalischen Untersuchungen der Fleischbeschaffenheit umfassten pH, Leitfähigkeit, Impedanz, Farbe, Konsistenz, Grillverlust, Scherkraft und den Gehalt an bindegewebeisweißfreiem Fleischiweiß = BEFFE sowie an Muskelfarbstoff=Myoglobin, eingeschlossen die sensorische Einstufung. Die Keule nahm knapp ein Drittel des Schlachtkörpergewichtes ein, Rücken und Bug repräsentierten jeweils 1/7, die Brust 1/9 des Schlachtkörpergewichtes. Die Keule besaß den höchsten Muskelfleischanteil - dies aufgrund der relativen Knochenarmut aber auch des prozentual niedrigeren Anteiles an Fett-/Bindegewebe verglichen mit den weiteren untersuchten Stücken. In der Mehrheit der untersuchten Beschaffenheitsparameter einschließlich in der sensorischen Prüfung schnitt der Rücken im Teilstückvergleich am besten ab. Die für das Rückenstück nach den physikalisch-chemischen und sensorischen Kriterien beste Fleischbeschaffenheit rechtfertigt dessen pro Gewichtseinheit höheren Preis, trotz des im Vergleich zur Keule niedrigeren Fleischanteiles und des Mehr an Fettgewebe und Knochen.

Lammfleisch repräsentiert mit etwa 1% nur einen geringen Teil unseres Fleischverzehr (BMELV 2010). Für viele Verbraucher gilt es auf Grund des höheren Preises als Gourmetartikel. Andere, besonders Ältere, haben das Verschwinden der Hammel aufgrund des Niederganges der Wollproduktion (in Mitteldeutschland später, also erst nach der Wiedervereinigung) nicht bemerkt und assoziieren nach wie vor Lamm- mit Hammelfleisch. Verstärkt werden dieserart Vorurteile gegen das Lammfleisch auch durch Nährwerttabellen, die Lammteilstücke deutlich fett- und energiereicher als vergleichbare Teilstücke von Rind und Schwein ausweisen, teils sogar in der Zusammenfassung von Lamm und Hammelfleisch (HESEKER und HESEKER 1999, ELMADFA et al. 2005). Die unzureichenden Auskünfte genannter Nährwerttabellen und die beschriebene teils noch nicht überwundene Fehleinstufung von Lamm als Hammelfleisch durch manchen Verbraucher machten Untersuchungen zu aktuellen Lammfleischqualitäten notwendig. Relevant für den Markt ist die Bewertung des Schlachtkörpers und hierfür musste bei Zerlegung in die Teilstücke Keule, Rücken (Stielkotelett und Lendenstück), Bug und Brust jeweils der Anteil an Muskelfleisch und Fett und Bindegewebe ermittelt werden. Als chemisch-physikalische Kriterien der Fleischbeschaffenheit waren pH, Leitfähigkeit, Impedanz, Fleischfarbe, Konsistenz, Grillverlust und Scherkraft zu untersuchen, eingeschlossen die Qualität laut sensorischer Einstufung.

Der komplexe Untersuchungsansatz wurde an vorerst wenigen Schlachtkörpern jedoch mit intensiver Teilstückbeprobung praktiziert, auch als Vorbereitung der Untersuchung einer größeren Serie Keulen und Rücken von Lämmern unterschiedlicher Rassen und Kreuzungen (LENZ et al. 2007). Die ermittelten ernährungsrelevanten Daten in den Lammfleischproben finden sich in der zweiten Mitteilung.

### **Material und Methoden**

Angaben zu Gewichten und Schlachtkörpern der fünf untersuchten Lämmer finden sich in Tab. 1. Die männlichen Tiere unterschiedlicher Rassen bzw. Kreuzungen waren in der Thüringer Lehr-, Prüf- und Versuchsgut GmbH Buttstedt, Abt. Schöndorf unter einheitlichen Bedingungen intensiv aufgezogen worden. Bis zu einem Gewicht von 20 kg wurden die Lämmer gesäugt und erhielten neben der Muttermilch Heu. Nach dem Absetzen bis zur Schlachtung wurde ein pelletiertes Mischfutter aus Getreide, Sojaextraktionsschrot, Trockenschnitzeln und Mineralstoffen sowie Vitaminen mit bezogen auf Trockenmasse 19,4 % Rohprotein und 10,8 MJ Umsetzbarer Energie (Details bei SCHMIDT, 2002) gefüttert, dazu täglich ca. 200 g Heu bei freier Aufnahme an Wasser.

**Tabelle 1:** Rasse, Gewicht zu Mastende sowie Schlacht- und Hälftegewicht, links, der ausnahmslos männlichen Lämmer für die Zerlegung. Das Alter zum Zeitpunkt der Schlachtung lag zwischen 110 und 120 Tagen.

Tier	Rasse	Gewicht Mastende kg <sup>1)</sup>	Schlachtgewicht <sup>2)</sup> , kg (Ausschlachtung %)	Hälften-gewicht <sup>2</sup> kg
1	Merinolandschaf	36,4 kg	16,7 (45,9)	8,20
2	Suffolk	41,2 kg	17,0 (41,3)	8,42
3	Merinolangwollschaf	40,2 kg	17,6 (43,8)	8,70
4	Merinolandschaf x Charollais	40,8 kg	16,7 (40,9)	8,26
5	Merinolandschaf x Suffolk	45,4 kg	19,0 (41,9)	9,22
Mittelwerte ± s		40,8 ± 3,2	17,4 ± 1,0 (42,7 ± 2,1)	8,56 ± 0,42

<sup>1)</sup> Wägung am Tag vor der Schlachtung, Tiere weitgehend ungenüchtert.

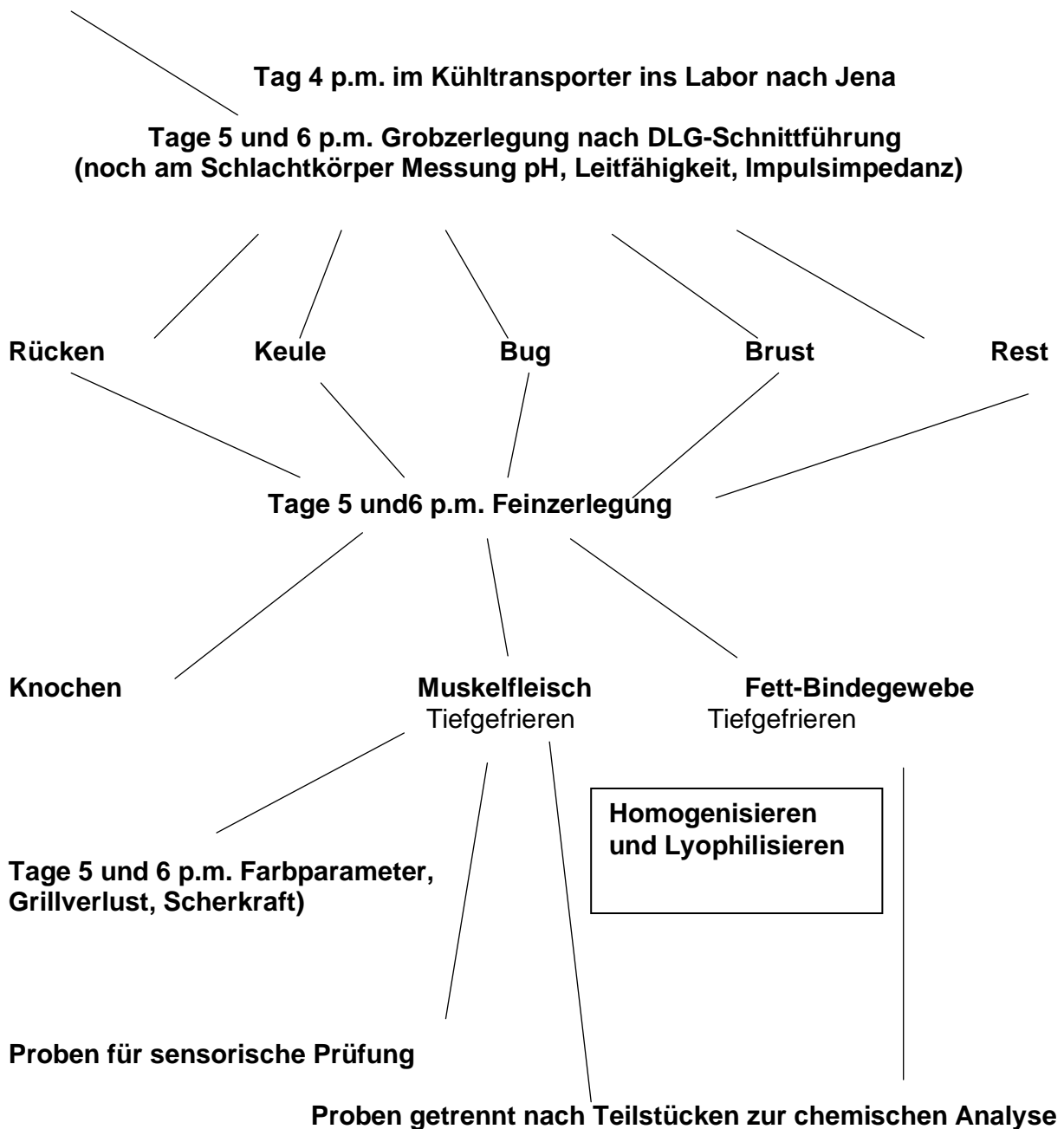
<sup>2)</sup> Das Gewicht des Schlachtkörpers und der zu untersuchenden Hälfte wurde kurz nach dem Schlachten ermittelt.

Die Schlachtung erfolgte im Schlachthof Viernheim, Rhld. Pfalz. Von dort wurde am 4. Tag p. m. die jeweils linke Schlachthälfte im Kühlfahrzeug nach Jena transportiert und nach DLG-Schnittführung grob in die Teilstücke Rücken = Kotelett + Lendenstück, Keule, Bug und Brust sowie den Rest zerlegt (Abb.1, Abb.2). An den Tagen 5 und 6 p. m. erfolgte die Feinerzerlegung genannter Teilstücke jeweils in Knochen, Muskelfleisch und Fett-/Bindegewebe (Abb.1).

Vor der Zerlegung wurden am Rückenstück (*M. longissimus*, von innen in Höhe letzte Rippe), an der Keule (Oberschale – bestehend aus *M. gracilis*, *M. semimembranosus*, *M. adductor*, *M. pectineus* und *M. sartorius*, PRÄNDEL et al., 1988) und am Bug („Dickes Bugstück“ bestehend aus *M. triceps brachii*, *M. caput longum*, *M. tensor fasciae antebrachii*, *M. latissimus dorsi*, *M. teres major*, PRÄNDEL et al., 1988) die Fleischbeschaffenheitsparameter ermittelt, detaillierte Beschreibung bei SCHÖNE et al. (2006). Noch an der intakten Hälfte aber an den Positionen genannter Teilstücke erfolgte über Einstichfühler die Messung des pH, der Leitfähigkeit (LF), der Impulsimpedanz (Py) und der Temperatur. Nach der Grobzerlegung wurden für jedes von Unterhautfettgewebe sowie Bindegewebe befreite Teilstück 5 je nach Parameter unterschiedlich dicke Fleischscheiben geschnitten – beim Rücken von der letzten Rippe nach cranial, an der Keule von Oberschale bzw. Hüfte nach caudal und am Bugstück (zwischen humerus und scapula) nach caudal: jeweils Scheibe 1 (0,5-1 cm dick) um den frischen Anschnitt zu bekommen, Scheibe 2 (1 cm dick) für Farbmessung, Scheibe 3 (2,5 cm dick) für die Messung des Grillverlustes und der Scherkraft, Scheiben 4 und 5 (jeweils 2 cm dick) für die sensorische Untersuchung. Die Scheiben, für die letztgenannten drei Untersuchungen jeweils gegrillt, wurden ebenfalls roh gewogen. Ihr Gewicht ist in dem ausgewiesenen Fleischanteil der Stücke enthalten.

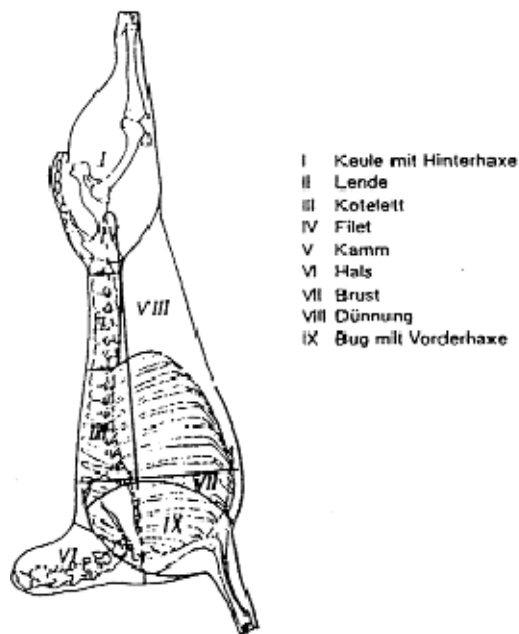
Die Proben für die Sensorik wurden eingefroren.

## Tag 1 ( Schlachthof Viernheim) Schlachtung und Kühlung



**Abb. 1:** Ablauf der Untersuchungen – Zur sensorischen Prüfung kamen über 4 Monate eingefrorene Proben.

Für die chemischen Analysen zerkleinerte man das Probenmaterial nach grobem Würfeln mit dem Messer mittels Messermühle (Retsch, Grindomix GM 200). Trockenmasse (T), Eiweiß (2. Mitt.), bindegewebseiweißfreies Fleischeiweiß (BEFFE), Fett und Asche (2. Mitt.) wurden im homogenisierten Frischmaterial des Muskelfleisches und Fett-/Bindegewebes der vier Teilstücke und des Restes bestimmt. Die Bestimmung des Hämpigmentes beschränkte sich auf das Muskelfleisch von Rücken, Keule und Bug. Der größere Teil des Homogenates wurde eingefroren, gefriergetrocknet und mittels oben genannter Messermühle gemahlen, um im Lyophilisat des Muskelfleisches und Fett-/Bindegewebes von Rücken, Keule und Bug die Mengenelemente sowie Spurenelemente zu analysieren und Fett für die Fettsäurenanalyse zu extrahieren (2. Mitt.).



**Abb. 2:** Grobzerlegung der Lammhälfte nach DLG-Schnittführung, modifiziert. (Stiel)kotelett und Lende wurden zu Rücken zusammengefasst. Hals, Dünning, Haxen und Kamm ergeben den Rest. Die Fleischbeschaffenheit wurde an Rücken (Übergang Brust- Lendenwirbel), Keule und Bug untersucht, die Bestimmung der Anteile an Fleisch-, Fett- und Bindegewebe und Knochen erfolgte zusätzlich an der Brust und im Rest.

#### *Chemische Analysen*

Der Gehalt an bindegewebeisweißfreiem Fleischiweiß (BEFFE) wurde nach dem Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) § 64, früher § 35 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständengesetzes (AS 35 1980) bestimmt. Die Bestimmung des Hämpigmentes nach der Methode von TROUT (1991) wurde dahingehend modifiziert (REICHARDT et al., 2002), dass alle Chemikalien in einer Extraktionslösung vereint sind (40 mM  $K_2HPO_4/KH_2PO_4$ , 1,2 mM  $NaNO_2$  und 2,5 %ig an Triton X 100; pH 6,5). Von der gemusterten Fleischprobe sind dreimal etwa 3 g in 100 ml Bechergläser eingewogen, mit 30 ml eiskalter (0°C) Extraktionslösung versetzt und für 20 Sekunden mittels Ultraturrax T25 homogenisiert worden. Nach 5 bis 10 min wurde der lösliche Teil des Homogenats in 50 ml Bechergläser filtriert. Die Absorbanz des Filtrats ist innerhalb von 30 min bei den Wellenlängen 409, 525 und 730 nm gegen die reine Extraktionslösung bestimmt worden.

#### *Sensorische Prüfung*

Die Proben konnten zu einem Termin sensorisch geprüft werden nach dem Schema der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Standort Kulmbach (NÜRNBERG et al. 2005). Das Panel bestand aus 3 DLG-zertifizierten sensorischen Sachverständigen für Fleischerzeugnisse. Die Probenvorbereitung erfolgte wie bei der Ermittlung des Grillverlustes durch Erhitzen mit Plattenkontaktgrill (S-120, Silex Elektrogeräte, Hamburg). Das federnd gelagerte Gelenk zwischen Ober- und Unterplatte verhindert zusätzlichen Saftaustritt bei der Zubereitung mit einer Ober- und Unterplattentemperatur von 180 C bis Erreichen der Kerntemperatur von 75 C. Bewertungskriterien sind Saftigkeit, Zartheit und Aroma/Geschmack. Die Bewertungsskala reicht von 1 – 6, mit 6 = excellent, 5 = sehr gut, 4 = gut, 3 = befriedigend, 2 = ausreichend, 1 = ungenügend. Zwischennoten in Abstufungen von 0,5 können gegeben werden. Die Summe der Punkte in den 3 genannten Bewertungskriterien ergeben den Gesamteindruck.

### *Statistische Auswertung*

In den Tabellen und Abbildungen sind das arithmetische Mittel und die Standardabweichung angegeben. Nach der Varianzanalyse wurden die Gruppenmittelwerte mit dem multiplen Test nach Student Newman Keuls verglichen (STEEL and TORRIE 1980). Eine weitere Auswertung erfolgte mittels Regressions- und Korrelationsanalyse. Zur Anwendung kamen die Programme Excel 2000 und SPSS 11.5 für Windows (Microsoft Corporation).

### *Ergebnisse*

#### *Gewichte der Teilstücke und Anteile von Muskelfleisch, Fett-/Bindegewebe und Knochen an den Teilstücken und Schlachthälften*

Entsprechend der Prüfung in dem weitgehend standardisierten Wachstumsabschnitt von der Geburt bis 40 - 45 kg Lebendgewicht (Ausnahme Tier 1 mit 36 kg), variierten die Schlachtausbeute mit 41 bis 46 % und die Gewichte der Schlachthälften mit 8 bis 9 kg in einem relativ engem Bereich (Tab. 1).

Die Keule nahm knapp ein Drittel des Schlachtkörpergewichtes ein (Tab. 2); Rücken und Bug repräsentierten jeweils 1/7, die Brust 1/9 des Schlachtkörpergewichtes. Die Keule besaß den höchsten Muskelfleischanteil - dies aufgrund der relativen Knochenarmut aber auch des prozentual niedrigeren Anteiles an Fett-/Bindegewebe verglichen mit den weiteren untersuchten Stücken. Das Bruststück erwies sich als deutlich fettreicher und fleischärmer als Rücken, Keule und Bug. Erwartungsgemäß zählt also die Brust nicht zu den wertvollen Teilstücken. Die Gewebeanteile des Restes – obgleich für die Darstellung des Anteiles Knochen, Muskelfleisch und Fettgewebe der gesamten Hälfte unverzichtbar - werden nicht weiter erörtert.

#### *Fleischbeschaffenheit, Hämpigment und Sensorik für Rücken, Keule und Bug*

Bei Kerntemperaturen der Teilstücke von im Mittel zwischen 6,2 °C (Keule) und 7,3 °C ergab die Messung des pH den engen Bereich von 5,6 im Rücken bis 5,8 in Keule und Bug (Tab. 3). Die Unterschiede waren nicht signifikant.

Es konnte ein Teilstückeeinfluss auf die Leitfähigkeit und Impulsimpedanz festgestellt werden. Die Keule besaß im Vergleich zu Rücken und Bug die höchste Leitfähigkeit und die niedrigste Impulsimpedanz.

Unter den Farbparametern war die Farbhelligkeit ( $L^*$ ) der Teilstücke auf nahezu gleichem Niveau. Das Rückenstück hatte einen signifikant niedrigeren Rotwert  $a^*$  als das Bugstück, für die Differenz zwischen Rücken und Keule bestand eine Tendenz ( $P < 0,1$ ). Das Muskelfleisch der Keule wies in der Tendenz einen höheren Gelbwert auf als Rücken und Bug.

Bei Mittelwerten des Hämpigmentgehaltes des Fleisches der drei wertvollen Teilstücke zwischen 4,7 mg/g und 5,5 mg/g besaß das Rückenstück den höchsten Anteil des Muskelfarbstoffs mit Signifikanz des Unterschiedes zum Bug.

Für den Grillverlust konnte ein tendenzieller Unterschied zwischen Keulen- und Rückenfleisch festgestellt werden ( $P < 0,1$ ), wobei letzteres am wenigsten Saft verlor.

Bei der Scherkraft bestand ein signifikanter Einfluss der Fleischpartie in der ANOVA, nicht aber im multiplen Mittelwertsvergleich. Am zartesten war die Keule ausgedrückt durch den niedrigsten Scherkraftwert, gefolgt vom Muskelfleisch des Bugs und des Rückens.

**Tabelle 2:** Gewichte der Teilstücke/Körperfraktionen und der Hälfte sowie der Gewebeanteile absolut und relativ (Mittelwerte  $\pm$  s, von jeweils 5 Proben) <sup>1)</sup>

Teil		Rücken	Keule	Bug	Brust	Rest	Schlachthälfte
Gewicht, insgesamt	g	1254 $\pm$ 192	2470 $\pm$ 141	1208 $\pm$ 166	994 $\pm$ 90	2532 $\pm$ 95	8458 $\pm$ 321
• an der Schlachthälfte	%	14,8 $\pm$ 1,7	29,3 $\pm$ 2,3	14,3 $\pm$ 1,7	11,7 $\pm$ 0,8	30,0 $\pm$ 1,3	100,1 $\pm$ 0,1
Knochen	g	258 $\pm$ 25	420 $\pm$ 42	225 $\pm$ 13	248 $\pm$ 25	650 $\pm$ 58	1801 $\pm$ 49
	%	20,8 <sup>bc</sup> $\pm$ 2,3	17,0 <sup>c</sup> $\pm$ 0,8	18,8 <sup>c</sup> $\pm$ 1,8	25,1 <sup>ab</sup> $\pm$ 2,7	25,7 <sup>a</sup> $\pm$ 2,1	21,3 $\pm$ 0,8
Muskelfleisch	g	784 $\pm$ 138	1747 $\pm$ 87	775 $\pm$ 128	428 $\pm$ 60	1384 $\pm$ 109	5118 $\pm$ 209
	%	62,4 <sup>b</sup> $\pm$ 1,9	70,8 <sup>a</sup> $\pm$ 1,5	64,0 <sup>b</sup> $\pm$ 2,7	43,2 <sup>d</sup> $\pm$ 5,2	54,7 <sup>c</sup> $\pm$ 5,1	60,5 $\pm$ 1,4
Fett- und Bindegewebe <sup>1</sup>	g	187 $\pm$ 38	278 $\pm$ 52	199 $\pm$ 40	301 $\pm$ 60	464 $\pm$ 78	1429 $\pm$ 130
	%	14,9 <sup>b</sup> $\pm$ 1,5	11,2 <sup>c</sup> $\pm$ 1,6	16,4 <sup>b</sup> $\pm$ 2,0	30,2 <sup>a</sup> $\pm$ 4,3	18,3 <sup>b</sup> $\pm$ 2,8	16,9 $\pm$ 1,9

<sup>1)</sup> Bindegewebe bestehend aus Fascien

<sup>abcd</sup> Für die prozentualen Anteile Knochen, Muskelfleisch und Fettgewebe in den 5 Teilstücken /Körperfraktionen multipler Mittelwertvergleich nach STUDENT, NEWMAN, KEULS nach vorausgegangener ANOVA; unterschiedliche Indices in einer Reihe bedeuten signifikante Unterschiede (P < 0,05).

In der sensorischen Prüfung zeigten sich tendenzielle Unterschiede zwischen den Teilstücken. Am wenigsten saftig und zart wurde die Keule beurteilt – dies im Gegensatz zum Ergebnis der Scherkraftmessung.

**Tabelle 3:** Physikalisch-chemische Parameter, Hämpigment und sensorische Bewertung von Rücken, Keule und Bug (Mittelwert  $\pm$  s, von jeweils 5 Proben)

	Rücken	Keule	Bug
pH	5,64 $\pm$ 0,07	5,81 $\pm$ 0,18	5,75 $\pm$ 0,28
Leitfähigkeit, mS/cm <sup>2</sup>	5,2 <sup>b</sup> $\pm$ 0,5	8,3 <sup>a</sup> $\pm$ 1,3	4,6 <sup>bc</sup> $\pm$ 1,9
Impulsimpedanz	41 <sup>ab</sup> $\pm$ 5	31 <sup>b</sup> $\pm$ 2	51 <sup>a</sup> $\pm$ 13
Farbparameter			
- L*	44,3 $\pm$ 2,7	43,6 $\pm$ 1,4	45,5 $\pm$ 1,7
- a*	15,9 $\pm$ 1,0	18,3 $\pm$ 2,6	18,4 $\pm$ 1,6
- b*	6,9 $\pm$ 0,9	8,4 $\pm$ 1,6	6,9 $\pm$ 0,7
Grillverlust %	27,3 $\pm$ 4,4	33,0 $\pm$ 5,2	31,3 $\pm$ 5,4
Scherkraft g/cm <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	5,0 $\pm$ 2,2	2,3 $\pm$ 0,4	3,3 $\pm$ 0,9
Myoglobin (Hämpigment), mg/g	5,5 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6	4,9 <sup>ab</sup> $\pm$ 1,0	4,7 <sup>b</sup> $\pm$ 0,4
BEFFE , g/kg	189 <sup>ab</sup> $\pm$ 7	192 <sup>a</sup> $\pm$ 6	182 <sup>bc</sup> $\pm$ 2
<b>Sensorische Note</b>			
Saftigkeit <sup>(3)</sup>	4,6 $\pm$ 0,4	4,1 $\pm$ 0,4	4,4 $\pm$ 0,2
Zartheit <sup>(4)</sup>	4,5 $\pm$ 0,8	3,2 $\pm$ 1,0	4,6 $\pm$ 1,1
Aroma - Geschmack <sup>(2)</sup>	3,7 $\pm$ 0,3	3,6 $\pm$ 0,7	3,5 $\pm$ 0,4
Summe <sup>(2)</sup>	12,8 $\pm$ 0,9	10,9 $\pm$ 1	12,5 $\pm$ 1,5

<sup>ab</sup> Unterschiedliche Indices in einer Reihe bedeuten signifikante Unterschiede (P < 0,05) im multiplen Mittelwertvergleich nach STUDENT, NEWMAN, KEULS nach vorausgegangener ANOVA.

<sup>(1)</sup> Signifikanz in der ANOVA (P=0.03), Nichtsignifikanz im multiplen Mittelwertvergleich.

<sup>(2)</sup> Bewertungsschema: 6 = exzellent, 5 = sehr gut, 4 = gut, 3 = befriedigend, 2 = genügend, 1 = ungenügend <sup>(3)</sup> 6=sehr saftig, 5=saftig, 4=etwas saftig, 3=leicht trocken, 2=trocken, 1=sehr trocken, <sup>(4)</sup> 6=sehr zart , 5=zart, 4=etwas zart 3=leicht zäh/leicht fest 2=zäh/fest, 1=sehr zäh/sehr fest.



## Diskussion

### *Muskelfleisch und Fettgewebe in Schlachtkörpern und Teilstücken*

Die untersuchten Tiere, alle jünger als 4 Monate, mit Gewichten am Mastende zwischen 36 und 45 kg, repräsentierten eine für die Leistungsprüfung eher moderate Wachstumsintensität. Die Schlachtausbeute von lediglich 43% ist auch der Wägung am Tag vor der Schlachtung in weitgehend ungenüchertem Zustand zuzuschreiben. Die Anteile der Keule, des Rückenstückes und des Bugs stimmen mit Untersuchungsergebnissen an Lämmern vergleichbarer Rassen(kreuzungen) und Schlachtgewichte überein (FREUDENREICH, 1993; SÜß und von Lengerken; 1998; BELLOF et al., 2003 b).

Der für den Schlachtkörper ermittelte hohe Anteil Muskelfleisch ist mit 59 – 63 % (Tab.2) im Bereich der Angaben von 57 – 60 % bei FREUDENREICH (1993), von 54 – 63 % bei SÜß und v. Lengerken (1998) und von 64 % bei BELLOF et al. (2003b). Der Fettgewebeanteil liegt mit 15 – 18 % unter den in den beiden erstgenannten Quellen angegebenen 18 und 22 % bzw. bei den 15 % der letztgenannten Quelle. Der Knochenanteil ist mit 20 – 22 % über den 15 – 20 % bei SÜß und v. Lengerken (1998) aber im Bereich der 18 bis 19% bei FREUDENREICH (1993) und der 20 bis 21% bei BELLOF et al. (2003b). Andererseits beinhalten die zitierten Bereiche ebenfalls die Werte für fettreichere weibliche Tiere, die in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht wurden. Schlachtkörper weiblicher verglichen mit denen gleich schwerer männlicher Lämmer enthielten ein Sechstel (GÖHLER, 1987) bzw. ein Siebentel (FREUDENREICH, 1993) mehr Fettgewebe. In den Untersuchungen von BELLOF et al. (2003 b) an zum Zeitpunkt der Schlachtung 45 kg schweren Lämmern war der Geschlechtsunterschied noch größer: 15 % Fettgewebe im Schlachtkörper der männlichen gegenüber 21 % in dem der weiblichen Lämmer entspricht mehr als einem Viertel Differenz. Letztere Autoren untersuchten aber auch Lämmer beiderlei Geschlechtes mit 30 kg Gewicht zur Schlachtung mit erwartungsgemäß deutlich geringerer Verfettung. Aus dieser Stufenschlachtung wird die Empfehlung abgeleitet, für weibliche Tiere bereits bei 35 kg die Mast zu beenden, um ähnlich mageren Schlachtkörper wie bei Schlachtung von 5 bis 10 kg schwereren Bocklämmern zu erreichen (BELLOF et al., 2003 a und b).

Die Keule stellt in der vorliegenden Untersuchung in Übereinstimmung mit der Literatur das magerste Teilstück dar, gefolgt von Rücken sowie Bug und weit abgeschlagen von der Brust (Tab.2). In einer neueren Untersuchung – und vergleichbar den vorliegenden Ergebnissen (Tab. 2) - enthielt die Keule männlicher Lämmer 69 bis 71 % Muskelfleisch und 10 bis 12 % Fettgewebe, der Rücken 63 bis 65 % Muskelfleisch und 15 bis 19 % Fettgewebe, der Bug 64 bis 67 % Muskelfleisch und 12 bis 15 % Fettgewebe (BELLOF et al. 2003 b). (Bei den weiblichen waren es in der Keule 67 bis 70 % Muskelfleisch und 12 bis 15 % Fettgewebe, im Rücken 55 bis 56 % Muskelfleisch und 22 bis 25 % Fettgewebe, im Bug 61 bis 67 % Muskelfleisch und 14 bis 21 % Fettgewebe). Die Ergebnisse für das Bruststück werden nicht angegeben, da die zitierten Untersucher Brust und Dünung zusammen fassten. Wiederholt sei an der Stelle, dass weibliche Lämmer bei 30 kg Gewicht zu Mastende für Keule, Rücken und Bug mit 10, 13 und 15 % ähnliche Fettgewebeanteile wie diese Teilstücke von männlichen Lämmern jedoch erst bei 45 kg aufwiesen.

### *Chemisch-physikalische Parameter der Fleischbeschaffenheit in Verbindung mit der Sensorik*

Für Schafffleisch gibt es aufgrund der wenigen bisherigen Befunde keine Referenzbereiche der Fleischbeschaffenheitsparameter, so dass vorliegende Ergebnisse auch nach den Befunden bzw. Vorgaben an Rindfleisch (SCHÖNE et al., 2008) und Schweinefleisch (Stecklum 2010) eingeordnet werden. Der pH zeigte keine Auffälligkeiten – ist demnach im Bereich des sogenannten End-pH von 5,4 bis 5,8. Dieser pH-Bereich wird durch anaerobe Glykolyse 24 bis 48 Stunden post mortem erreicht und bleibt auch bei der Fleischreifung unter Kühlung teils über Wochen stabil.

Die Leitfähigkeit des Muskels, zeitnah zur Schlachtung, ist gering, die Impulsimpedanz als Maß für den Ohmschen und kapazitiven Widerstand hoch. In den Tagen und Wochen danach werden die Strukturen der Zellmembranen aufgelöst und für Ionen durchlässig. Ein Anstieg der Leitfähigkeit bzw. ein Abfall der Impulsimpedanz (PLIQUETT et al., 1995) in der Reifung ist Ausdruck eines erleichterten Flüssigkeitsaustausches bzw. Ionendurchtrittes durch

die sich sukzessiv auflösenden Zellmembranen. Dementsprechend musste die Impulsimpedanz bei den Messungen an den vier Tage alten Schlachtkörpern 10 bis 20 Einheiten niedriger ausfallen als in den Untersuchungen von ALTMANN et al. (2000) 24 h post mortem. Ungeachtet des Widerstandsabfalls des Fleisches während der Reifung steht die im Teilstückvergleich in der Keule nachgewiesene höhere Leitfähigkeit und niedrigere Impulsimpedanz (Tab. 3) für gewisse Konsistenznachteile im Vergleich zum Rücken und Bug.

Das untersuchte Muskelfleisch war mit  $L^*$  Werten von 44 bis 46 verglichen mit anderen Untersuchungen an Lammfleisch ( $L^*$  34 – 36, GRUMBACH et al. 2001) oder mit Rind ( $L^*$  37 - 41, SCHÖNE et al., 2008) heller, zeigte sich aber dunkler als Schweinefleisch ( $L^*$  45 – 49, STECKLUM 2010). Ebenfalls der Rotwert und Gelbwert waren niedriger als beim Rindfleisch (SCHÖNE et al., 2006, 2008). Entgegen den früheren Untersuchungen an Rindfleisch konnten in der vorliegenden Schaffleischuntersuchung für die Farbhelligkeit und die beiden weiteren Fleischfarbekriterien keine Unterschiede zwischen unterschiedlichen Muskeln bzw. Fleischteilen nachgewiesen werden. Ebenfalls FREUDENREICH (1993) fand keine Differenz zwischen Rücken und Oberschale, wobei  $L^*$  und  $a^*$  mit unseren Untersuchungen übereinstimmten, während der Gelbwert in den vorliegenden Untersuchungen nach unten abwich.

Die Fleischfarbe ist im Zusammenhang mit dem Myoglobin (Hämpigment) zu sehen. Myoglobin ist in der Lage Sauerstoff zu binden, je mehr davon gebunden wird, umso stärker gerötet erscheint das Fleisch - umso mehr Licht wird absorbiert und umso weniger weißes Licht wird reflektiert (KUEHNE, 1996). In Übereinstimmung mit dieser Aussage wurde an Rindfleisch eine negative Beziehung zwischen dem Hämpigment des Muskels und  $L^*$  sowie  $b^*$  nachgewiesen (SCHÖNE et al., 2006). Der in der vorliegenden Untersuchung nicht bestehende Zusammenhang zwischen dem Hämpigmentgehalt und den Farbparametern (Tab. 3) beruht mutmaßlich auf der Farbmessung und Probennahme erst am fünften und sechsten Tag nach der Schlachtung. Die Farbe variiert in Abhängigkeit vom Anteil Metmyoglobin, zu welchem das Myoglobin bei Lagerung reagiert. Dagegen erscheint der Hämpigmentgehalt weitgehend stabil, umfasst es doch neben dem Myoglobin das Metmyoglobin und sogar das im Organismus und im frischen Fleisch durch Sauerstoffbeladung entstehende Oxyomyoglobin (REICHARDT et al., 2002).

Der Grillverlust für das Fleisch des Rückens stimmte mit den Ergebnissen von FREUDENREICH (1993) überein. Für Keule und Bug liegen keine Werte in der Literatur vor, mehr als 30% Grillverlust in diesen beiden Teilstücken sind aber sicher nachteilig.

In der Scherkraftmessung setzte das Fleisch der Keule der Warner-Bratzler-Schere den geringsten Widerstand entgegen, aber auch Rücken und Bug erwiesen sich mit Scherkraftwerten deutlich unter  $8 \text{ kg/cm}^2$  als zart, dies nach den Vorgaben von DEVINE et al., 1990 und GILBERT et al., 1990 (zitiert bei MATTHES et al., 1998). Zitierter Scherkraftgrenzwert ist jedoch im Vergleich zu Qualitätsrindfleisch kritisch zu sehen, soll dieses doch ab einer Reifungsdauer von 14 Tagen eine Scherkraft von  $4 \text{ kg/cm}^2$  unterschreiten (CMA, 1998).

Das nicht übereinstimmende Abschneiden des Fleisches der Keule nach der Zartheitsbeurteilung in der sensorischen Prüfung und nach der Scherkraftmessung scheint schwer erklärbar. Nach LÜTJENS und KALM (1995) wird mit der Scherkraftmessung der Vielschichtigkeit des individuellen Zartheitsempfindens nicht entsprochen, wobei Fett „als Gleitmittel“ positiv auf die Verzehrsqualität wirken soll (HEYLEN et al., 1998). QUANZ (1995) leitete zwischen dem IMF und der sensorisch ermittelten Zartheit einen hochsignifikanten Zusammenhang ab, wobei dem Fett im Fleisch eine „Auflockerung des Bindegewebes und der fibrillären Elemente“ zugesprochen wird. Andererseits muss nach verschiedenen bei HEYLEN et al. (1998) zitierten Untersuchern ein hoher IMF-Gehalt nicht ausdrücklich zu einer verbesserten Zartheit führen. Vielmehr spielen weitere Einflüsse eine große Rolle, darunter auch der Fleischsaftgehalt (FISCHER, 1999). Betrachtet man die vorliegenden Ergebnisse für das Keulenfleisch, so fielen wie in den Untersuchungen von QUANZ (1995), der erwähnte erhöhte Grillverlust und der in der zweiten Mitt. publizierte niedrigere Gehalt des IMF mit der schlechteren sensorischen Beurteilung in den Kategorien Zartheit und Saftigkeit zusammen.

## Schlussfolgerungen und praktische Bedeutung

Die untersuchten Schlachtkörper repräsentierten in den Anteilen an Muskelfleisch, Fettgewebe und Knochen die fettarmen Mastlämmer heutiger Züchtung, deren Qualität die des Hammels aus früheren Zeiten aber auch die der älteren Schlachtschafe nach deren Benutzung in der Zucht sehr deutlich überragt. In dem vorliegenden Vergleich von Lammteilstücken stieg in der Reihenfolge Keule, Bug, Rücken und Brust der prozentuale Anteil Muskelfleisch an, der Anteil Fettgewebe und Knochen fiel in der gleichen Reihenfolge ab. Das Rückenstück repräsentierte nach den physikalischen, chemischen und sensorischen Kriterien die im Vergleich zu Keule und Bug beste Fleischbeschaffenheit. Die Ergebnisse rechtfertigen den in Markterhebungen im Teilstückvergleich pro Gewichtseinheit Lammrücken höheren Preis (ROETHER, 2003), dies unter Hintanstellen des im Vergleich zur Keule niedrigeren Fleischanteiles und des Mehr an Fettgewebe und Knochen.

## Danksagung

Die Untersuchungen erfolgten dank maßgeblicher Förderung durch das Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt Erfurt (TMLNU) in den Projekten „Qualitätssicherung“ Nr. 43.12.340 und „Methodenentwicklung und Qualitätssicherung“ Nr. 92.01.200.

## Literatur

1. ALTMANN, M., K. HEYLEN, R. SÜß, G. V. LINGERKEN (2000): Fleischbeschaffenheit von Mastlämmern unter besonderer Berücksichtigung des Py-Wertes. Fleischwirtschaft 80, 97 – 101.
- 2. Die Abkürzung AS 35 steht für Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG, Untersuchung von Lebensmitteln. Hrsg. Bundesgesundheitsamt (BGA) jetzt Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL).
- 3. AS 35 (1980): Bd I/2, L06.00-8 Bestimmung des Hydroxyprolingehaltes in Fleisch und Fleischerzeugnissen.
- 4. BELLOF, G., A. WOLF, J. NADERER, M. SCHUSTER und W. HOLLWICH (2003a): Vergleichende Untersuchungen zum Einfluss von Fütterungsintensität, Geschlecht und Endgewicht auf die Mast- und Schlachtleistung von Lämmern der Rasse Merinolandschaf. Züchtungskunde 75, 53-68.
- 5. BELLOF, G., A. WOLF und W. HOLLWICH (2003b): Zum Einfluss von Geschlecht, Schlachtgewicht und Fütterungsintensität auf die grobgewebliche Zusammensetzung von Lämmern der Rasse Merinolandschaf. Züchtungskunde 75, 127-143.
- 6. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV): „Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2010“ Wirtschaftsverlag NW -Verlag für neue Wissenschaft GmbH Bremerhaven 2010 – 7. CMA - CENTRALE MARKETING GESELLSCHAFT DER DEUTSCHEN AGRARWIRTSCHAFT mbH Bonn (1998): Qualitäts- und Prüfbestimmungen für das Prüfsiegel „Deutsches Qualitätsfleisch aus kontrollierter Aufzucht“. Rindfleisch.
- 8. ELMADFA, I.; W. AIGN, E. MUSKAT, E. und D. FRITZSCHE, (2005): Die große GU Nährwert- Kalorien-Tabelle. GRÄFE und UNZNER, München.
- 9. FISCHER, K. (1999): Sinnvolle Erfassung von Fleischqualitätsparametern Analytik beim Fleisch, Schnell-, Schätz- und Meßmethoden, Kulmbacher Reihe Band 16, Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach.
- 10. FREUDENREICH, P. (1983): Schlachtkörperwert und Fleischqualität von Schafen und Ziegen. In: Beiträge zur Erzeugung und Vermarktung von Fleisch, Kulmbacher Reihe Band 12, 54 – 82.
- 11. GRUMBACH, S., K. NÜRNBERG, W. ZUPP, M. HARTUNG. und K. ENDER (2001): Fleisch- und Fettqualität von Lämmern verschiedener Rassen. Fleischwirtschaft 81, 148 – 151.
- 12. GÖHLER, H. (1987): Zu einigen Fragen der Fleischqualität beim Schaf. Fleisch 39, 149-150.
- 13. HESEKER, B. und H. HESEKER (1999): Nährstoffe in Lebensmitteln: Die große Energie- und Nährwerttabelle. 2. Auflage. Frankfurt am Main, Umschau Verlag.
- 14. HEYLEN, K., R. SÜß, P. FREUDENREICH und G. V. LINGERKEN (1998): Einfluss des intramuskulären Fettes auf die Qualität von Lammfleisch unter besonderer Berücksichtigung der Verzehrsqualität. Archiv für Tierzucht 41, 111 – 122.
- 15. KÜHNE, D. (1996): Komponenten des Fleischaromas. In Sensorik bei Fleisch und Fleischerzeugnissen, Kulmbacher Kurzbeiträge, 15 -18.
- 16. LENZ, H., F. SCHÖNE, R. BRÜCKNER, C. KINAST und A. RUDOLPH (2007): Kreuzungsversuch Schaf, Forschungsbericht TLL Jena Themenblatt-Nr. 43.21.520.
- 17. LÜTJENS, A. und E. KALM (1995): Zusammenhang zwischen analytischen und sensorischen Fleischbeschaffenheitsparametern. Fleischwirtschaft 75, 484 – 491.
- 18. MATTHES, H.D., D. HILLMANN, S. DEMISE und H. MÖHRING, (1998): Fleischqualitätsmerkmale von Schaflämmern unterschiedlicher Genotypen

aus ökologisch orientierter Haltung. Züchtungskunde 70 (4), 282 – 297. – 19. NÜRNBERG, K., K. FISCHER, G. NUERNBERG, U. KUECHENMEISTER, D. KLOSOWSKA, G. ELIMINOWSKA-WENDA, I. FIEDLER and K. ENDER (2005): Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. Meat Science, 70, 1, 63-74. – 11. – 20. PLIQUETT, F., U. PLIQUETT, L. SCHÖBERLEIN und K. FREIYWALD (1995): Impedanzmessungen zur Charakterisierung der Fleischbeschaffenheit. Fleischwirtschaft 75, 496 – 498. – 21. PRÄNDEL, O., A. FISCHER, T. SCHMIDHOFER und H. J. SINEL (1988): Fleisch, Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung. Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart. – 22. QUANZ, G. (1995): Lammfleisch ist (k)eine Geschmacksfrage. Deutsche Schafzucht 26, 640 – 643. – 23. REICHARDT, W., H. WARZECHA, E. GERNAND, H. HARTUNG und B. ECKERT (2002): Erhebungen zum Hämpigmentgehalt, zu Reflexionswerten sowie zum Fettsäuremuster des intramuskulären Fettes vom Musculus longissimus dorsi (M.l.d.) Thüringer Rinder in Abhängigkeit von Mastform und Rassetyp. Archiv für Tierzucht, Dummerstorf 45, 111-127. – 24. ROETHER, D. (2003): Der Markt für Fleisch und Milch von Schafen und Ziegen sowie für die daraus hergestellten Produkte. Diplomarbeit Friedrich-Schiller-Universität Jena, Biologisch-Pharmazeutische Fakultät, 87 Seiten. – 25. SCHMIDT, A. (2002): Untersuchung von Lammfleischteilstücken – Fleischbeschaffenheit, sensorische Bewertung, Hauptnährstoffe, Fettsäuren, Mengen- und Spurenelemente und Energiegehalt. Diplomarbeit Friedrich-Schiller-Universität Jena, Biologisch-Pharmazeutische Fakultät, 62 Seiten. – 26. SCHÖNE, F., G. JAHREIS, H. STEINHART, O. JAHN, M. LEITERER, R. WAßMUTH, A. GREILING und C. KINAST (2008): Rindfleisch im Qualitätsvergleich - Beschaffenheit, sensorische Benotung, mikrobieller Status und ernährungsrelevante Bestandteile. Deutsche Lebensmittel Rundschau 104 319-330. – 27. SCHÖNE, F., U. KIRCHHEIM, C. KINAST, R. WAßMUTH und W. REICHARDT (2006): Qualität des Fleisches von Jungbullen. 1. Mitt. Physikalisch-chemische Charakteristika in Abhängigkeit von Herkunft, Teilstück und Lagerung. Fleischwirtschaft 86, Heft 11 101 – 107. – 28. STECKLUM, J. (2010): Ernährungsrelevante Bestandteile und physikalisch-chemische Beschaffenheitsparameter von Schweinefleisch im Hinblick auf die Verarbeitungseignung zu Salami. Diplomarbeit am Institut für Ernährungswissenschaften Friedrich-Schiller-Universität Jena. – 29. STEEL, R. G. D. and J. H. TORRIE (1980): Principles and procedures of statistics. 2nd ed., pp. 186-187. New York and Toronto: McGraw-Hill Inc. – 30. SÜß, R. und G. V. LENGERKEN (1998): Schlachttierwert des Schafes und der Ziege. In: BRANSCHIED, W., K. O. HONIKEL, G. V. LENGERKEN, K. TROEGER (Hrsgb.): Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Band 1, Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 241 – 262. – 31. TROUT, G. R. (1991): A rapid method for measuring pigment concentration in porcine and other low pigmented muscles. Proceedings 37th International Congress of Meat Science and Technology. Kulmbach. Vol. 3, 1198-1201.

## 2) Ernährungsrelevante Bestandteile magerer und fetterer Teilstücke

Die Teilstücke Keule, Rücken (Stielkotelett und Lendenstück), Bug und Brust von fünf männlichen Lämmern (Merino und Merino-Fleischaf-Kreuzungen, Gewicht der Schlachtkörper 16,7 bis 19,0 kg) wurden hinsichtlich ernährungsrelevanter Kriterien (Eiweiß, Fett, Energie, Fettsäurenprofile, Spurenelemente) untersucht. Durch Feinzerlegung jeweils in Knochen, Muskelfleisch sowie Fett- und Bindegewebe und die getrennte Analyse der beiden letzteren Fraktionen konnten Aussagen zu den Inhaltsstoffen und zur Energie für jedes Teilstück, möglichst mager, aber auch für jedes Teilstück mit dem höchstmöglichen Fettanteil getroffen werden. Das Muskelfleisch aller Teilstücke erwies sich als fett- und energiearm – dies in Übereinstimmung mit dem Muskelfleisch früher untersuchter älterer Schafe aber auch mit dem von Rind und Schwein. Sogar bei vollem Anteil an Fett-/Bindegewebe besaß die Keule lediglich 10 % Fett, das Bugstück 14 % und das Rückenstück 15 % Fett. Die Stearinsäure erreichte weder im Fett- und Bindegewebe noch im intramuskulären Fett (IMF) eine sensorisch bzw. für das Mundgefühl nachteilige Konzentration. Es überwogen die ungesättigten Fettsäuren im IMF und Depotfett. Das unter den vorliegenden Bedingungen einer intensiven also getreidebetonten Fütterung für das Lamm vorliegende Verhältnis der n-6- zu n-3-PUFA von 4 bis 5:1 ist günstiger als beim Rind. Lammfleisch besitzt mit 0,8 bis 1 % des Fettes einen hohen CLA-Anteil, es ist eine hervorragende Zinkquelle und auch im Eisen- und Selen-Gehalt bestehen Vorteile etwa gegenüber dem Schweinefleisch.

In einer ersten Mitteilung war die Gewinnung von 4 verbraucherrelevanten Teilstücken - Keule, Rücken (Stielkotelett und Lendenstück), Bug und Brust - von fünf Schlachtkörpern männlicher Lämmern beschrieben worden mit anschließender Feinzerlegung jeweils in Knochen, Muskelfleisch sowie Fett- und Bindegewebe. Dieses Vorgehen ermöglichte in den beiden letzteren Fraktionen die Bestimmung ernährungsrelevanter Inhaltsstoffe mit Kalkulation des Brennwertes.

Unbestritten wünscht sich der hiesige Verbraucher möglichst magere Zuschnitte, wofür dann die Ergebnisse der Untersuchung des Muskelfleisches stehen. Trotz dieses Haupttrends hat aber auch der Wunsch nach dem fetteren Zuschnitt Berechtigung: Zum einen ist für das Kochen bzw. Schmoren ebenfalls hier und heute das etwas fettere Stück besser geeignet, ungeachtet des Rückganges dieser Zubereitungsarten gegenüber dem Braten und Grillen. Zum anderen muss die aktuelle Dimension der Nahrungssicherung in den Entwicklungs- und Schwellenländern gesehen werden: Dort ist oft, zumindest in der ärmeren Bevölkerung, ebenfalls die Versorgung mit Fett und Energie defizitär, was nur bedeuten kann, das Schlachtvieh umfassend, also unter Einbeziehung von Fett und Bindegewebe, zu nutzen.

Methodisch sollte durch die getrennte Untersuchung des Muskelfleisches als dem für die ernährungsphysiologische Bewertung bzw. Ernährungsberatung „best case“ und des Fett-/Bindegewebes bzw. gesamten essbaren Anteils (Muskelfleisch + Fett- und Bindegewebe) als dem „worst case“ der mögliche von-bis-Bereich der Zusammensetzung der Teilstücke charakterisiert werden. Dadurch wird die Erörterung des gewählten Zuschnittes als Ursache variierender Fettgewebeanteile gegenstandslos. Über die biologischen Ursachen unterschiedlicher Verfettung hinaus, wie Rasse, Geschlecht, Alter und Fütterung, sind diese oft subjektiv geprägten Zuschnitte als wesentliche Ursache für die Variation der Angaben in den Nährwerttabellen zu sehen, wie dies bereits in der ersten Mitteilung erörtert wurde.

Es erfolgte die Untersuchung des Gehaltes an Eiweiß (darunter das bindegewebeisweißfreie Fleischeiweiß, BEFFE) und an Fett, der Mengen- und Spurenelemente und des Fettsäurenprofils des intramuskulären Fettes (IMF) und des Depotfettes, bestehend aus Auflagefett sowie intermuskulärem Fettes. Aus dem Gehalt der Teilstücke an Eiweiß und Fett - zum einen ohne zum anderen mit Fett- und Bindegewebe - konnte die Bruttoenergie des Lebensmittels berechnet werden. Die ermittelten Daten waren mit den Nährwerttabellen zu vergleichen und hinsichtlich eines möglichen Beitrages von Lamm zu den Bedarfsempfehlungen (D-A-CH 2008) zu bewerten.

## Material und Methoden

Angaben zu Gewichten und Schlachtkörpern der fünf untersuchten Lämmer finden sich in der ersten Mitt., ebenfalls zu den Teilstücken Rücken = Kotelett + Lendenstück, Keule, Bug und Brust sowie den Rest aus der Grobzerlegung und zu den jeweiligen Anteilen der Knochen, des Muskelfleisches und des Fett-/ Bindegewebes aus der Feinzerlegung genannter Teilstücke.

Für die chemischen Analysen zerkleinerte man das Probenmaterial nach grobem Würfeln mit dem Messer mittels Messermühle (Retsch, Grindomix GM 200, Haan). Trockenmasse (T), Eiweiß, BEFFE, Fett und Asche wurden im homogenisierten Frischmaterial des Muskelfleisches und des Fett-/Bindegewebes der vier Teilstücke und des Restes bestimmt. Der größere Teil des Homogenates wurde eingefroren, gefriergetrocknet und mittels oben genannter Messermühle gemahlen, um in dem Lyophilisat des Muskelfleisches und des Fett-/ Bindegewebes von Rücken, Keule, Bug die Mengenelemente Ca, K, Mg, P sowie Na und die Spurenelemente Fe, Zn, Cu, Mn, Se sowie J zu analysieren und Fett für die Fettsäurenanalyse zu extrahieren.

### *Chemische Analysen*

Trockenmasse (T), Eiweiß, BEFFE, Fett und Asche im Muskelfleisch sowie Fett- und Bindegewebe wurden nach dem Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) § 64, früher § 35 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes bestimmt (1980 Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG, Bd.I/1, zit. bei SCHÖNE et al., 2007). Das Fett wurde mittels Methanol/ Chloroform nach FOLCH et al. (1957) extrahiert.

Zur Gewinnung der Fettsäuremethylester (engl. fatty acid methyl esters; FAME) wurden 50 mg Fett in 2,5 ml n-Hexan gelöst und mit 500 µl Natriummethylat (30 % in Methanol, Merck, Darmstadt) versetzt. Die Bestimmung der FAME erfolgte nach zwei unterschiedlichen GC-Verfahren am GC 17-A (Shimadzu, Duisburg). Die angewendeten GC-Bedingungen sind bei Rieger (2003) und Tischendorf et al. (2002) beschrieben. An einer kurzen Säule mittlerer Polarität (CP Select® DB 225 MS, CHROMPACK Inc., Middelburg, Niederlande; 30 m x 0,25 mm, 0,25 µm df) konnten die FAME in 60 Fettsäuren von C4 bis C25 (einschließlich verzweigtkettiger Strukturen) separiert werden. Die genauere Trennung der geometrischen und Positionsisomeren der C 18:1 c/t wurde an einer hochpolaren langen Säule (CP SIL 88, CHROMPACK Inc., Middelburg, Niederlande; 100 m x 0,25 mm, 0,25 µm df) erreicht. Die Identifikation der Fettsäuren erfolgte durch den Vergleich mit den Referenzsubstanzen (FAME Standards, SIGMA-ALDRICH Chemie GmbH, Deisenhofen), komplettiert mit den folgenden CLA Isomeren von MATREYA, Biotrend GmbH, Köln: *cis*9, *trans*11 (*c*9, *t*11); *t*10, *c*12; *c*9, *c*11 und *t*9, *t*11. Die einzelnen Fettsäuren ließen sich anhand der Retentionszeiten zuordnen. Mit Hilfe der jeweiligen Peakflächen wurde die Fettsäurenverteilung der Probe bestimmt unter Verrechnung der Ergebnisse der kurzen Säule mit denen der langen Säule.

Für die Analyse des P, Na, Mg, Ca, K, Fe, Zn, Cu, Mn und Se wurde im Druckaufschlussgefäß jeweils 0,5 g lyophilisierte und homogenisierte Probe mit 3 ml konzentrierter Salpetersäure (65%ig, Fluka Chemica GmbH, Buchs, Schweiz) und 1 ml Wasserstoffperoxid (30%ig, Merck, Darmstadt) versetzt und über Nacht bei 170 °C im Trockenschrank aufgeschlossen.

Mit Ausnahme des Se erfolgte die Messung durch ein induktiv gekoppeltes Plasma-Atom-Emissionsspektrometer (ICP-AES, Optima 3000, Fa. Perkin\_Elmer, Rodgau-Jügesheim), Emissionswellenlängen in nm: P 213,619; Na 589,595; Mg 285,214; Ca 317,937; K 766,508; Fe 238,206; Zn 213,861; Cu 324,758; Mn 257,612 (DIN EN ISO 11885, 2003). Die Überprüfung der Richtigkeit der Messungen erfolgte mit den zertifizierten Referenzmaterialien BCR 185R(bovine liver).

Die Selenbestimmung mittels Atomabsorptionsspektrometrie ist bei SCHÖNE et al. (2007) beschrieben. Die Jodbestimmung erfolgte nach alkalischer Extraktion mittels Tetramethylammoniumhydroxid-Lösung (TMAH) mit einem induktiv gekoppelten Plasma-Massenspektrometer, ICP-MS, ELAN 6000, DRC-e, Fa. Perkin\_Elmer (weitere Details bei SCHÖNE et al. 2005). Die Beschreibung der Bestimmung des Myoglobins = Hämipigments im Muskelfleisch findet sich in der ersten Mitt.. Die Ergebnisse werden hier noch einmal im Zusammenhang mit der Analyse des Fleischeisens dargestellt.

### *Statistische Auswertung*

In den Tabellen und Abbildungen wurden das arithmetische Mittel und die Standardabweichung angegeben. Im Ergebnisteil beziehen sich die Konzentrationen der Hauptnährstoffe und Spurenelemente SI konform auf 1 kg Fleisch. In der Diskussion erfolgt der Vergleich der analysierten (Mikro)nährstoffkonzentrationen bezogen auf 100 g Fleisch in Entsprechung der Nährwerttabellen für die Ernährungsberatung.

Nach der Varianzanalyse (ANOVA) – (1) zweifaktoriell für den Vergleich zwischen Muskelfleisch und Fett- /Bindegewebe der drei bzw. vier Teilstücke, (2) einfaktoriell für den Vergleich zwischen dem Muskelfleisch der drei bzw. vier Teilstücke, (3) dem Fett- /Bindegewebe und (4) ebenfalls einfaktoriell zwischen deren gesamtem essbarem Anteil - wurden die Teilstückmittelwerte mit dem multiplen Test nach Student Newman Keuls verglichen. Eine weitere Auswertung erfolgte mittels Regressions- und Korrelationsanalyse. Zur Anwendung kamen die Programme Excel 2000 und SPSS 11.5 für Windows (Microsoft Corporation).

### *Ergebnisse*

*Trockenmasse, Hauptnährstoffe und Energie von Rücken, Keule, Bug und Brust - jeweils im Muskelfleisch, im Fett- und Bindegewebe und im gesamten essbaren Teil*

Die Signifikanz der höheren Gehalte an T, Fett, Protein, BEFFE und des Mehr an Energie des Fett- und Bindegewebes aller Teilstücke verglichen mit dem Muskelfleisch in der zweifaktoriellen ANOVA entsprach den Erwartungen, ebenso die niedrigeren Wasser- und Aschegehalte (Tab. 1).

Für das Fett- und Bindegewebe der vier Teilstücke zeigte die anschließend gerechnete einfaktorielle ANOVA keine Signifikanz an. Mittels dieser ANOVA war aber im Muskelfleisch der Teilstückeinfluss für T bzw. Wasser, Fett, Eiweiß, BEFFE und Energie zu sichern.

Das Fleisch der Keule und des Bugs, sowohl als reines Muskelfleisch als auch unter Einschluss des Fett- und Bindegewebes, enthielt signifikant weniger T und damit mehr Wasser als das des Rückens. Rücken und Bug waren fettreicher als die Keule, wieder sowohl im Vergleich des Muskelfleisches als auch unter Einbeziehung des Fett- und Bindegewebes. Das Bruststück war erwartungsgemäß am fettreichsten.

Der Gehalt an Eiweiß und auch an BEFFE zeigte sich im Muskelfleisch von Keule und Rücken am höchsten, in dem von Bug und Brust am niedrigsten. Das BEFFE folgt dem Eiweiß. Der tendenziell höhere BEFFE-Gehalt des Fett- und Bindegewebes der Brust dürfte ein Artefakt der Zuordnung zur „weißen“ oder „roten“ Fraktion in der Zerlegung sein. Dies bestätigt auch der Vergleich der Relation BEFFE am Gesamteiweiß des gesamten essbaren Teiles der Fleischstücke, fiel dieser doch erwartungsgemäß mit steigendem Anteil Fett- und Bindegewebe (1. Mitt.) von 92 % in der Keule über 88 und 89 % in Rücken und Bug auf 86 % im Bruststück.

Die Berechnung der Bruttoenergie (= physiologischer Brennwert, KIRCHHOFF, 2008) mit 4 kcal/g Eiweiß und 9 kcal/g Fett ergab für das Muskelfleisch von Brust und Rücken 1/4 und 1/5 höhere Werte als für die Keule mit deren geringem Gehalt an IMF. Dagegen übertraf der Brennwert des Muskelfleisches des Bugs nur wenig den dieser Keulenfraktion. Unter Einrechnung des Fett- und Bindegewebes wurden die Unterschiede größer. Hier überstieg die Energie des Bruststückes die der Keule um die Hälfte und Rücken bzw. Bug hatten einen um 1/4 bzw. 1/7 höheren Brennwert als die Keule.

Tabelle 1: Konzentration des Wassers, der Trockenmasse, des Proteins, des Bindegewebsfreien Fleischeiweißes (BEFFE), des Fettes und der Asche und errechnete Bruttoenergie im Muskelfleisch (M), Fett- und Bindegewebe (FB) und im gesamten essbaren Teil (M+FB) von 4 knochenfreien Teilstücken der Lamm Schlachtkörper bezogen auf jeweils 1 kg (Mittelwerte  $\pm$  s, von jeweils 5 Proben)

			Rücken	Keule	Bug	Brust
Trockenmasse	g/kg	M	273 <sup>a</sup> $\pm$ 11	248 <sup>b</sup> $\pm$ 4	246 <sup>b</sup> $\pm$ 8	273 <sup>a</sup> $\pm$ 14
		FB	677 $\pm$ 66	649 $\pm$ 41	638 $\pm$ 32	667 $\pm$ 54
		M+FB	354 <sup>B</sup> $\pm$ 24	303 <sup>C</sup> $\pm$ 12	326 <sup>C</sup> $\pm$ 10	435 <sup>A</sup> $\pm$ 29
Wasser	g/kg	M	727 <sup>b</sup> $\pm$ 11	752 <sup>a</sup> $\pm$ 4	753 <sup>a</sup> $\pm$ 9	727 <sup>b</sup> $\pm$ 14
		FB	323 $\pm$ 66	351 $\pm$ 41	362 $\pm$ 32	333 $\pm$ 54
		M+FB	646 <sup>B</sup> $\pm$ 24	697 <sup>A</sup> $\pm$ 12	673 <sup>AB</sup> $\pm$ 9	565 <sup>C</sup> $\pm$ 29
Fett	g/kg	M	55 <sup>ab</sup> $\pm$ 15	31 <sup>c</sup> $\pm$ 4	39 <sup>bc</sup> $\pm$ 12	65 <sup>a</sup> $\pm$ 14
		FB	535 $\pm$ 69	530 $\pm$ 81	515 $\pm$ 48	561 $\pm$ 74
		M+FB	147 <sup>B</sup> $\pm$ 15	100 <sup>C</sup> $\pm$ 18	136 <sup>B</sup> $\pm$ 13	269 <sup>A</sup> $\pm$ 42
Eiweiß	g/kg	M	199 <sup>a</sup> $\pm$ 3	200 <sup>a</sup> $\pm$ 6	195 <sup>ab</sup> $\pm$ 3	191 <sup>b</sup> $\pm$ 2
		FB	129 $\pm$ 29	130 $\pm$ 29	104 $\pm$ 17	107 $\pm$ 20
		M+FB	185 <sup>AB</sup> $\pm$ 7	190 <sup>A</sup> $\pm$ 7	177 <sup>B</sup> $\pm$ 5	156 <sup>C</sup> $\pm$ 11
BEFFE	g/kg	M	189 <sup>ab</sup> $\pm$ 7	192 <sup>a</sup> $\pm$ 6	182 <sup>bc</sup> $\pm$ 2	178 <sup>c</sup> $\pm$ 4
		FB	56 $\pm$ 24	60 $\pm$ 27	61 $\pm$ 25	72 $\pm$ 13
		M+FB	163 <sup>AB</sup> $\pm$ 10	174 <sup>A</sup> $\pm$ 8	157 <sup>B</sup> $\pm$ 4	134 <sup>C</sup> $\pm$ 11
Asche	g/kg	M	11,0 <sup>b</sup> $\pm$ 0,0	11,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	11,0 <sup>b</sup> $\pm$ 0,0	11,2 <sup>b</sup> $\pm$ 0,4
		FB	7,6 $\pm$ 4,6	5,6 $\pm$ 0,5	6,6 $\pm$ 0,5	5,8 $\pm$ 0,8
		M+FB	10,4 <sup>A</sup> $\pm$ 0,9	10,9 <sup>A</sup> $\pm$ 0,3	10,1 <sup>A</sup> $\pm$ 0,2	9,0 <sup>B</sup> $\pm$ 0,5
Energie	kcal/kg	M	1296 <sup>ab</sup> $\pm$ 123	1082 <sup>c</sup> $\pm$ 26	1130 <sup>bc</sup> $\pm$ 90	1349 <sup>a</sup> $\pm$ 123
		FB	5327 $\pm$ 682	5287 $\pm$ 624	5054 $\pm$ 380	5476 $\pm$ 594
		M+FB	2067 <sup>B</sup> $\pm$ 115	1659 <sup>C</sup> $\pm$ 156	1932 <sup>B</sup> $\pm$ 93	3049 <sup>A</sup> $\pm$ 337

Signifikanz des Gewebes (M vs FB) in der zweifaktoriellen ANOVA für alle Parameter ( $P < 0,001$ ). Signifikanz des mageren (M) und des gesamten essbaren Teils (M + FB) in der einfachen ANOVA für alle Parameter ( $P < 0,001$ ). <sup>abc</sup> Für das M, <sup>ABC</sup> für das M + FB der vier Teilstücke bedeuten unterschiedliche Indices jeweils in einer Reihe signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ ) im multiplen Mittelwertvergleich nach STUDENT, NEWMAN, KEULS. Keine Signifikanz für das FB in der einfachen ANOVA und zwischen den vier Teilstücken im multiplen Mittelwertvergleich.

*Ausgewählte Mengen und Spurenelemente in Rücken, Keule und Bug - jeweils im Muskelfleisch, im Fett- und Bindegewebe und im gesamten essbaren Teil*

Jod konnte in allen Teilstücken nicht nachgewiesen werden, es fanden sich weniger als 2  $\mu$ g Jod je kg Muskelfleisch und Fett- und Bindegewebe. Für die weiteren untersuchten Mengen- und Spurenelemente waren mit Ausnahme des Ca und des Se im Fett- und Bindegewebe die Konzentrationen niedriger als im Muskelfleisch (Signifikanz in der zweifaktoriellen ANOVA,  $P < 0,001$ ) (Tab. 2). Die Konzentrationsverringerung von einem Drittel bis zur Hälfte im Vergleich des Fett- und Bindegewebes mit dem Muskelfleisch entsprach für P, Na, Fe und Cu in etwa der der Asche (Tab. 1, Tab. 2), für Mg sowie Zn erschien sie mit 2/3 stärker und für K mit 5/6 viel stärker als durch den Abfall der Aschekonzentration vorgegeben, für Mn mit 1/5 schwächer.

Im Teilstückvergleich zeigte die einfaktorielle ANOVA für die Mengen und Spurenelemente des Fett- und Bindegewebes der untersuchten drei Teilstücke keine Signifikanz an, dies in



Übereinstimmung mit den Hauptnährstoffen. Das Muskelfleisch und auch das gesamte Essbare unterschieden sich in den Konzentrationen des Ca, K, Cu, Mn und Se nicht. Rücken, Keule und Bug enthielten im Muskelfleisch signifikant unterschiedliche Mengen an P, Na, Mg, Fe und Zn, für die 4 letztgenannten auch im gesamten essbaren Teil.

*Fettsäurenprofile des IMF sowie des Fettes des Fett- und Bindegewebes in Rücken, Keule und Bug und bezogen auf das gesamte Fett in den drei Teilstücken*

Tab. 3 zeigt ausgewählte Fettsäuren bezogen auf die insgesamt analysierten Fettsäuren, Tab. 4 im nächsten Unterkapitel je kg des Muskelfleisches, Fett- und Bindegewebes oder des gesamten essbaren Teiles. In den Fettsäuregruppen sind alle jeweils analysierten Fettsäuren summiert (Insgesamt wurden für das Fett des Fett- und Bindegewebes 52 (Bug) bis 55 (Rücken) Fettsäuren nachgewiesen, für das IMF waren es 54 (Rücken) bis 57 (Keule) Fettsäuren (SCHMIDT, 2002). Nach der Kettenlänge reichten diese von der Caprinsäure (10:0) bis zur Lignocerinsäure (24:0).

Im Vergleich mit dem IMF zeigte sich das Depotfett reicher an den SAFA und ärmer an den PUFA, aber auch den TFA (Tab. 3). Unter den TFA war die C18:1 *n*-7 (Vaccensäure), im IMF und im Fett des Fett- und Bindegewebes in ähnlich hohen Anteilen vertreten. Die CLA (engl. conjugated linoleic acids) – in vorliegender Untersuchung nicht unter den TFA geführt – unterschied sich im Anteil ebenfalls nicht zwischen dem IMF und dem Fett des Fett- und Bindegewebes.

Im Vergleich des Fettes der Teilstücke waren im IMF des Rückens die SAFA stärker, die PUFA schwächer vertreten. Die größte Differenz der PUFA des IMF bestand zwischen Rücken und Keule und der Unterschied zeigte sich sowohl für die *n*-6- als auch die *n*-3-PUFA.

Das Depotfett aber auch das gesamte Fett (IMF + Fett des Fett- und Bindegewebes) differierten zwischen den drei Teilstücken in der Zusammensetzung nicht – Ausnahme, die *n*-3-PUFA des gesamten Fettes, deren Anteil im Fett des Rückenstückes signifikant niedriger als im Keulenfett war.

In den SAFA dominierten die Palmitin- und Stearinsäure, in den MUFA die Ölsäure, in den *n*-6-PUFA die Linolsäure und in den *n*-3-PUFA die alpha Linolensäure. Eben angeführte einzelne Fettsäuren, bestimmend für die jeweilige Fettsäurengruppe, waren in der Regel so in den Geweben bzw. Teilstücken vertreten wie die Fettsäurengruppe selbst, so dass die

Tabelle 2: Ausgewählte Mengen- und Spurenelemente im Muskelfleisch (M), Fett- und Bindegewebe (FB) und im gesamten essbaren Teil (M+FB) von 3 knochenfreien Teilstücken der Lamm Schlachtkörper bezogen auf jeweils 1 kg (Mittelwerte  $\pm$  s, von jeweils 5 Proben, Jod war nicht nachweisbar  $< 2 \mu\text{g/kg}$  Muskelfleisch)

		Rücken	Keule	Bug
P g/kg	M	2,2 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	2,1 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,1	1,9 <sup>b</sup> $\pm$ 0,1
	FB	1,0 $\pm$ 0,3	1,0 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,5
	M+FB	1,9 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,1
Na g/kg	M	0,93 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03	0,74 <sup>b</sup> $\pm$ 0,07	0,96 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04
	FB	0,64 $\pm$ 0,17	0,56 $\pm$ 0,13	0,72 $\pm$ 0,30
	M+FB	0,88 <sup>A</sup> $\pm$ 0,03	0,72 <sup>B</sup> $\pm$ 0,05	0,91 <sup>A</sup> $\pm$ 0,04
K g/kg	M	3,8 $\pm$ 0,3	3,8 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,2
	FB	0,6 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,2
	M+FB	3,2 $\pm$ 0,2	3,4 $\pm$ 0,2	3,1 $\pm$ 0,1
Mg g/kg	M	0,25 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01	0,24 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01	0,22 <sup>b</sup> $\pm$ 0,01
	FB	0,09 $\pm$ 0,02	0,09 $\pm$ 0,03	0,11 $\pm$ 0,05
	M+FB	0,22 $\pm$ 0,01	0,22 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,01
Ca g/kg	M	0,12 $\pm$ 0,07	0,06 $\pm$ 0,01	0,06 $\pm$ 0,01
	FB	0,09 $\pm$ 0,05	0,11 $\pm$ 0,05	0,06 $\pm$ 0,03
	M+FB	0,09 $\pm$ 0,05	0,06 $\pm$ 0,01	0,06 $\pm$ 0,01
Fe mg/kg	M	13,5 <sup>a</sup> $\pm$ 1,5	11,8 <sup>ab</sup> $\pm$ 1,9	10,9 <sup>b</sup> $\pm$ 1,5
	FB	10,0 $\pm$ 1,9	10,5 $\pm$ 2,4	7,4 $\pm$ 3,5
	M+FB	12,8 <sup>A</sup> $\pm$ 1,3	11,6 <sup>A</sup> $\pm$ 1,5	10,2 <sup>B</sup> $\pm$ 1,4
Zn mg/kg	M	31,8 <sup>b</sup> $\pm$ 1,8	30,0 <sup>b</sup> $\pm$ 1,7	38,7 <sup>a</sup> $\pm$ 2,9
	FB	8,8 $\pm$ 2,5	8,1 $\pm$ 3,5	15,4 $\pm$ 12,9
	M+FB	27,4 <sup>B</sup> $\pm$ 1,8	27,0 <sup>B</sup> $\pm$ 2,	34,2 <sup>A</sup> $\pm$ 3,7
Cu mg/kg	M	0,94 $\pm$ 0,17	0,94 $\pm$ 0,11	0,84 $\pm$ 0,11
	FB	0,60 $\pm$ 0,22	0,46 $\pm$ 0,17	0,52 $\pm$ 0,19
	M+FB	0,87 $\pm$ 0,17	0,87 $\pm$ 0,12	0,78 $\pm$ 0,12
Mn $\mu\text{g/kg}$	M	126 $\pm$ 18	114 $\pm$ 26	108 $\pm$ 24
	FB	100 $\pm$ 32	92 $\pm$ 19	84 $\pm$ 40
	M+FB	121 $\pm$ 17	111 $\pm$ 24	104 $\pm$ 18
Se $\mu\text{g/kg}$	M	78 $\pm$ 8	76 $\pm$ 9	86 $\pm$ 9
	FB	78 $\pm$ 22	68 $\pm$ 25	76 $\pm$ 30
	M+FB	78 $\pm$ 9	75 $\pm$ 10	84 $\pm$ 10

Signifikanz des Gewebes (M vs FB) in der zweifaktoriellen ANOVA für P, Na, K, Mg, Zn, Cu ( $P < 0,001$ ), für Mn  $P < 0,05$ . Im Teilstückvergleich in der ANOVA Signifikanz des Muskelfleisches (M) für P, Na, Mg, Fe und Zn und des gesamten essbaren Teils (M + FB) für Na, Fe, Cu und Mn ( $P < 0,05$ ).<sup>ab</sup> Für das M, <sup>AB</sup> für das M + FB der drei Teilstücke bedeuten unterschiedliche Indices jeweils in einer Reihe signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ ) im multiplen Mittelwertvergleich nach STUDENT, NEWMAN, KEULS. Keine Signifikanz für das FB zwischen den drei Teilstücken in der einfachen ANOVA und im multiplen Mittelwertvergleich.

Tabelle 3: Ausgewählte Fettsäuren und die Fettsäuregruppen (dort wurden jeweils alle betreffenden Fettsäuren zusammengefasst) des Intramuskulären Fettes (IMF) sowie des Fettes des Fett- und Bindegewebes (FFB) und des gesamten Fettes (IMF+FFB) von 3 knochenfreien Teilstücken der Lammsschlachtkörper in % der analysierten Fettsäuren (Mittelwerte  $\pm$  s, von jeweils 5 Proben)

Fettsäure(n) als FAME		RÜCKEN	Keule	Bug
16:0	IMF	21,5 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	20,8 <sup>b</sup> $\pm$ 0,1	20,9 <sup>b</sup> $\pm$ 0,5
	FFB	21,2 $\pm$ 1,0	21,7 $\pm$ 0,3	22,1 $\pm$ 0,5
	IMF+FFB	21,3 $\pm$ 0,8	21,4 $\pm$ 0,3	21,8 $\pm$ 0,4
18:0	IMF	15,1 <sup>a</sup> $\pm$ 1,1	13,5 <sup>b</sup> $\pm$ 0,7	13,0 <sup>b</sup> $\pm$ 0,8
	FFB	15,4 $\pm$ 2,2	14,8 $\pm$ 1,2	15,4 $\pm$ 1,1
	IMF+FFB	15,3 $\pm$ 1,8	14,4 $\pm$ 1,0	14,8 $\pm$ 1,0
18:1 <i>cis</i> 9	IMF	35,8 $\pm$ 1,7	35,8 $\pm$ 2,1	36,6 $\pm$ 1,8
	FFB	35,0 $\pm$ 0,7	37,0 $\pm$ 1,4	36,6 $\pm$ 1,3
	IMF+FFB	35,3 $\pm$ 1,0	36,7 $\pm$ 1,5	36,6 $\pm$ 1,3
18:2 <i>cis</i> 9;12	IMF	4,8 $\pm$ 0,7	6,4 $\pm$ 1,0	6,3 $\pm$ 1,3
	FFB	4,0 $\pm$ 0,9	3,9 $\pm$ 0,8	3,9 $\pm$ 0,8
	IMF+FFB	4,2 $\pm$ 0,8	4,6 $\pm$ 0,8	4,4 $\pm$ 0,7
18:3 $\alpha$ <i>cis</i> 9,12,15	IMF	0,78 $\pm$ 0,11	0,87 $\pm$ 0,10	0,78 $\pm$ 0,09
	FFB	0,70 $\pm$ 0,12	0,78 $\pm$ 0,11	0,79 $\pm$ 0,13
	IMF+FFB	0,73 $\pm$ 0,11	0,80 $\pm$ 0,11	0,79 $\pm$ 0,12
CLA, 9 <i>c</i> ,11 <i>t</i> /8 <i>t</i> , 10 <i>c</i> 18:2 <sup>1)</sup>	IMF	0,65 $\pm$ 0,26	0,66 $\pm$ 0,24	0,73 $\pm$ 0,27
	FFB	0,59 $\pm$ 0,33	0,72 $\pm$ 0,30	0,71 $\pm$ 0,30
	IMF+FFB	0,61 $\pm$ 0,31	0,70 $\pm$ 0,28	0,71 $\pm$ 0,29
18:1 <i>t</i> 11	IMF	0,66 $\pm$ 0,38	0,61 $\pm$ 0,31	0,63 $\pm$ 0,40
	FFB	0,70 $\pm$ 0,44	0,77 $\pm$ 0,52	0,78 $\pm$ 0,53
	IMF+FFB	0,69 $\pm$ 0,42	0,73 $\pm$ 0,46	0,74 $\pm$ 0,49
<hr/>				
SAFA	IMF	46,7 <sup>a</sup> $\pm$ 1,4	43,7 <sup>b</sup> $\pm$ 1,2	43,4 <sup>b</sup> $\pm$ 1,4
	FFB	47,5 $\pm$ 1,8	47,9 $\pm$ 1,7	48,9 $\pm$ 1,7
	IMF+FFB	47,2 $\pm$ 1,5	46,7 $\pm$ 1,6	47,7 $\pm$ 1,3
MUFA	IMF	40,6 $\pm$ 2,2	41,0 $\pm$ 2,3	42,0 $\pm$ 2,0
	FFB	40,2 $\pm$ 2,0	40,2 $\pm$ 2,0	39,2 $\pm$ 1,1
	IMF+FFB	40,4 $\pm$ 1,8	40,5 $\pm$ 2,0	39,8 $\pm$ 1,3
PUFA	IMF	7,2 <sup>b</sup> $\pm$ 0,6	10,4 <sup>a</sup> $\pm$ 1,2	9,7 <sup>ab</sup> $\pm$ 2,0
	FFB	5,2 $\pm$ 1,0	5,2 $\pm$ 0,9	5,2 $\pm$ 0,9
	IMF+FFB	5,8 $\pm$ 0,8	6,6 $\pm$ 0,9	6,2 $\pm$ 0,8
• n-6	IMF	5,9 <sup>b</sup> $\pm$ 0,7	8,4 <sup>a</sup> $\pm$ 1,4	8,0 <sup>a</sup> $\pm$ 1,8
	FFB	4,3 $\pm$ 0,9	4,2 $\pm$ 0,9	4,3 $\pm$ 0,8
	IMF+FFB	4,8 $\pm$ 0,8	5,3 $\pm$ 0,9	5,1 $\pm$ 0,6
• n-3	IMF	1,32 <sup>b</sup> $\pm$ 0,18	2,00 <sup>a</sup> $\pm$ 0,15	1,68 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,23
	FFB	0,87 $\pm$ 0,10	0,97 $\pm$ 0,11	0,97 $\pm$ 0,12
	IMF+FFB	1,00 <sup>B</sup> $\pm$ 0,09	1,25 <sup>A</sup> $\pm$ 0,09	1,13 <sup>AB</sup> $\pm$ 0,12

CLA	IMF	0,86 ± 0,28	0,89 ± 0,28	1,01 ± 0,29
	FFB	0,80 ± 0,38	0,92 ± 0,28	0,87 ± 0,35
	IMF+FFB	0,82 ± 0,35	0,91 ± 0,28	0,90 ± 0,33
TFA	IMF	4,7 ± 0,7	4,0 ± 0,6	4,0 ± 0,5
	FFB	6,3 ± 1,2	5,8 ± 1,1	5,8 ± 1,0
	IMF+FFB	5,8 ± 1,0	5,3 ± 0,9	5,4 ± 1,0

Abk. FAME: fatty acid methyl esters (Fettsäuremethylester); SAFA: saturated fatty acids (gesättigte Fettsäuren); MUFA: monounsaturated fatty acids (einfach ungesättigte Fettsäuren); PUFA: polyunsaturated fatty acids (mehrfach ungesättigte Fettsäuren). In den PUFA sind die 18:2 TFA bzw. CLA und die 18:3 TFA nicht enthalten; CLA: conjugated linoleic acids (konjugierte Linolsäuren); TFA: trans isomeric fatty acids (trans isomere Fettsäuren).

Signifikanz der Fettfraktion des Gewebes (IMF vs FFB) in der zweifaktoriellen ANOVA für 18:0, 18:2, SAFA, PUFA, n-6 und n-3 PUFA und TFA ( $P < 0,001$ ). Signifikanz des IMF zwischen drei Teilstücken für 16:0, 18:0 und SAFA, des gesamten essbaren Fettes (IMF + FFB) für n-3 PUFA in der einfachen ANOVA ( $P < 0,001$ ).<sup>ab</sup> Für das IMF,<sup>AB</sup> für das IMF + FFB der drei Teilstücke bedeuten unterschiedliche Indices jeweils in einer Reihe signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ ) im multiplen Mittelwertvergleich nach STUDENT, NEWMAN, KEULS. Keine Signifikanz für das FFB zwischen den drei Teilstücken in der einfachen ANOVA und im multiplen Mittelwertvergleich.

<sup>1)</sup> Trennung der beiden Isomeren durch angewendete GC nicht möglich, für weitere Trennung siehe TISCHENDORF et al. (2002)!

nachgewiesenen Differenzen an den einzelnen Fettsäuren in den Fettpartien nicht noch einmal besprochen werden.

#### *Fettsäuren in Rücken, Keule und Bug - jeweils im Muskelfleisch, im Fett- und Bindegewebe und im gesamten essbaren Teil*

Das Muskelfleisch der Keule besaß die Hälfte des Gehaltes der Palmitinsäure, der Stearinsäure bzw. der SAFA wie das des Rückens (Tab. 4), dies in Entsprechung des niedrigen Gehaltes der Keule an IMF (Tab. 1) mit seinen an diesen Fettsäuren geringeren Anteilen (Tab. 3). Der Gehalt an Ölsäure bzw. MUFA und der an TFA im Muskelfleisch (Tab. 4) – im IMF der drei Teilstücke in ähnlichen Anteilen vertreten (Tab. 3) – folgte dem Gehalt des IMF (Tab. 1): Danach war das Keulenfleisch am ärmsten an diesen Fettsäuren (Tab. 4). Für die Linolsäure und die PUFA, sowohl insgesamt als auch aufgeteilt auf die n-6 und n-3, wurden die Unterschiede im Muskelfleisch der drei Teilstücke weitestgehend nivelliert. Jedoch war die alpha Linolensäure, trotz ähnlichem Anteil im IMF der drei Teilstücke (Tab. 3), im Rücken aufgrund seines höheren IMF Gehaltes (Tab. 1) signifikant erhöht (Tab. 4).

Der Gehalt der Fettsäuren und Fettsäuregruppen des Fett- und Bindegewebes der drei Teilstücke differierte nicht (Tab. 4), dies in Entsprechung der Nicht-Unterschiede der Fettgehalte (Tab. 1) und Fettsäurenprofile (Tab. 3).

Der Gehalt der Fettsäuren im gesamten essbaren Teil der drei Teilstücke - also inklusive Fett- und Bindegewebe - wurde in der Keule verglichen mit Rücken und Bug minimiert (Tab. 4), dies aufgrund des Fleischreichtums der Keule (vgl. 1. Mitt.). Die Differenz erreichte für SAFA, MUFA, die n-3-PUFA und auch für die TFA Signifikanz.

Tabelle 4: Ausgewählte Fettsäuren und die Fettsäuregruppen (hier wurden jeweils alle betreffenden Fettsäuren zusammengefasst) im Muskelfleisch (M), Fett- und Bindegewebe (FB) und im gesamten Stück (M+FB) der drei knochenfreien Teilstücke von Lammschlachtkörpern bezogen auf jeweils 1 kg (Mittelwerte  $\pm$  s, von jeweils 5 Proben)

Fettsäure			RÜCKEN	Keule	Bug
16:0	g/kg	M	11,9 <sup>a</sup> ± 3,2	6,5 <sup>b</sup> ± 0,8	8,2 <sup>b</sup> ± 2,8
		FB	113,2 ± 13,1	114,7 ± 17,5	113,7 ± 10,3
		M+FB	31,3 <sup>A</sup> ± 2,9	21,4 <sup>B</sup> ± 3,9	29,7 <sup>A</sup> ± 2,5
18:0	g/kg	M	8,3 <sup>a</sup> ± 2,1	4,2 <sup>b</sup> ± 0,5	5,0 <sup>b</sup> ± 1,6
		FB	82,7 ± 17,7	77,9 ± 11,3	79,0 ± 8,2
		M+FB	22,5 <sup>A</sup> ± 3,1	14,4 <sup>B</sup> ± 3,1	20,2 <sup>A</sup> ± 2,6
18:1 <sup>cis</sup> 9	g/kg	M	19,9 <sup>a</sup> ± 5,6	11,2 <sup>b</sup> ± 1,3	14,3 <sup>ab</sup> ± 4,7
		FB	187,2 ± 23,0	195,7 ± 29,7	188,5 ± 18,4
		M+FB	51,9 <sup>A</sup> ± 4,9	36,4 <sup>B</sup> ± 5,6	49,8 <sup>A</sup> ± 3,9
18:2 <sup>cis</sup> 9;12	g/kg	M	2,6 ± 0,8	2,0 ± 0,5	2,3 ± 0,3
		FB	21,4 ± 5,5	21,0 ± 6,8	20,4 ± 5,0
		M+FB	6,3 ± 1,7	4,6 ± 1,6	6,1 ± 1,1
18:3 <sup>α</sup> <sup>cis</sup> 9,12,15	mg/kg	M	431 <sup>a</sup> ± 133	272 <sup>b</sup> ± 38	294 <sup>b</sup> ± 60
		FB	3763 ± 810	4140 ± 1053	4083 ± 834
		M+FB	1068 <sup>A</sup> ± 190	803 <sup>B</sup> ± 190	1071 <sup>A</sup> ± 176
CLA, 9 <sup>c</sup> ,11 <sup>t</sup> / 8 <sup>t</sup> ,10 <sup>c</sup> 18:2 <sup>1)</sup>	mg/kg	M	343 ± 113	207 ± 71	303 ± 214
		FB	3138 ± 1641	3744 ± 1435	3622 ± 1543
		M+FB	885 ± 405	701 ± 290	984 ± 462
18:1 <sup>t</sup> 11	mg/kg	M	340 ± 155	190 ± 90	273 ± 275
		FB	3728 ± 2206	4026 ± 2561	3976 ± 2722
		M+FB	998 ± 567	734 ± 472	1039 ± 752
<hr/>					
SAFA	g/kg	M	25,8 <sup>a</sup> ± 6,5	13,7 <sup>b</sup> ± 1,6	16,9 <sup>b</sup> ± 5,8
		FB	254,1 ± 35,2	253,3 ± 37,8	251,8 ± 21,0
		M+FB	69,4 <sup>A</sup> ± 5,8	46,7 <sup>B</sup> ± 9,4	65,0 <sup>A</sup> ± 6,6
MUFA	g/kg	M	22,5 <sup>a</sup> ± 6,5	12,8 <sup>b</sup> ± 1,4	16,4 <sup>ab</sup> ± 5,4
		FB	214,9 ± 28,5	212,6 ± 31,2	201,7 ± 19,3
		M+FB	59,4 <sup>A</sup> ± 6,0	40,2 <sup>B</sup> ± 5,7	54,2 <sup>A</sup> ± 4,7
PUFA	g/kg	M	4,0 ± 1,0	3,3 ± 0,7	3,6 ± 0,4
		FB	27,7 ± 6,6	27,9 ± 8,4	27,1 ± 6,0
		M+FB	8,6 ± 2,0	6,7 ± 2,0	8,4 ± 1,3
• n-6	g/kg	M	3,2 ± 0,9	2,6 ± 0,7	3,0 ± 0,4
		FB	23,1 ± 6,0	22,7 ± 7,3	22,1 ± 5,4
		M+FB	7,1 ± 1,8	5,4 ± 1,8	6,9 ± 1,1
• n-3	mg/kg	M	725 ± 171	624 ± 37	633 ± 108
		FB	4638 ± 895	5159 ± 1257	5028 ± 858
		M+FB	1475 <sup>AB</sup> ± 195	1248 <sup>B</sup> ± 222	1537 <sup>A</sup> ± 157
CLA	mg/kg	M	459 ± 128	281 ± 88	411 ± 239
		FB	4276 ± 1903	4816 ± 1393	4461 ± 1795
		M+FB	1199 ± 464	911 ± 313	1245 ± 525

TFA	g/kg	M	2,7 <sup>a</sup> ± 1,0	1,3 <sup>b</sup> ± 0,3	1,5 <sup>b</sup> ± 0,5
		FB	33,6 ± 8,0	31,0 ± 8,7	30,1 ± 6,9
		M+FB	8,7 <sup>A</sup> ± 2,4	5,4 <sup>B</sup> ± 1,7	7,4 <sup>AB</sup> ± 1,6

Abk. FAME: fatty acid methyl esters (Fettsäuremethylester); SAFA: saturated fatty acids (gesättigte Fettsäuren); MUFA: monounsaturated fatty acids (einfach ungesättigte Fettsäuren); PUFA: polyunsaturated fatty acids (mehrfach ungesättigte Fettsäuren). In den PUFA sind die 18:2 TFA bzw. CLA und die 18:3 TFA nicht enthalten; CLA: conjugated linoleic acids (konjugierte Linolsäuren); TFA: trans isomeric fatty acids (trans isomere Fettsäuren).

Signifikanz des Gewebes (M vs FB) in der zweifaktoriellen ANOVA für für alle Fettsäuren(gruppen) ( $P < 0,001$ ). Signifikanz des mageren (M) zwischen drei Teilstücken für 16:0, 18:0, 18:1cis9, SAFA, MUFA und TFA und des gesamten essbaren Teils (M + FB) für 16:0, 18:0, 18:1cis9, SAFA, MUFA, n-3 PUFA und TFA in der einfachen ANOVA ( $P < 0,001$ ). <sup>abc</sup> Für das M, <sup>ABC</sup> für das M + FB der drei Teilstücke bedeuten unterschiedliche Indices jeweils in einer Reihe signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ ) im multiplen Mittelwertvergleich nach STUDENT, NEWMAN, KEULS. Keine Signifikanz für das FB zwischen den drei Teilstücken in der einfachen ANOVA und im multiplen Mittelwertvergleich.

<sup>1)</sup> Trennung der beiden Isomeren durch angewendete GC nicht möglich, für weitere Trennung siehe TISCHENDORF et al. (2002)!

## Diskussion - Ernährungsphysiologischer Wert von Lammteilstücken im Vergleich

### *Makrobestandteile und Energie*

Die im Muskelfleisch analysierten Gehalte des Wassers, Proteins und der Asche (Tab. 1) zeigten gute Übereinstimmung mit den Nährwerttabellen, wobei die Angaben für Muskelfleisch zwischen Hammel und Lamm fast übereinstimmen (KIRCHHOFF, 2008; BLS 2011). Der IMF Gehalt des untersuchten Rückenstückes stimmt mit 55 g/kg nahezu mit den Ergebnissen von BELLOF et al. (2003) überein (60 bis 64 g/kg Muskelfleisch), ist aber um über 20 g höher als in Untersuchungen vergleichbarer männlicher Hybridlämmer bei ALTMANN et al. (2000). Letztere Autoren extrahierten jedoch mit Hexan und ein Teil des Unterschiedes lässt sich auf die im Fleisch verbleibenden Phospholipide zurückführen (siehe dazu den letzten Teil der Diskussion!).

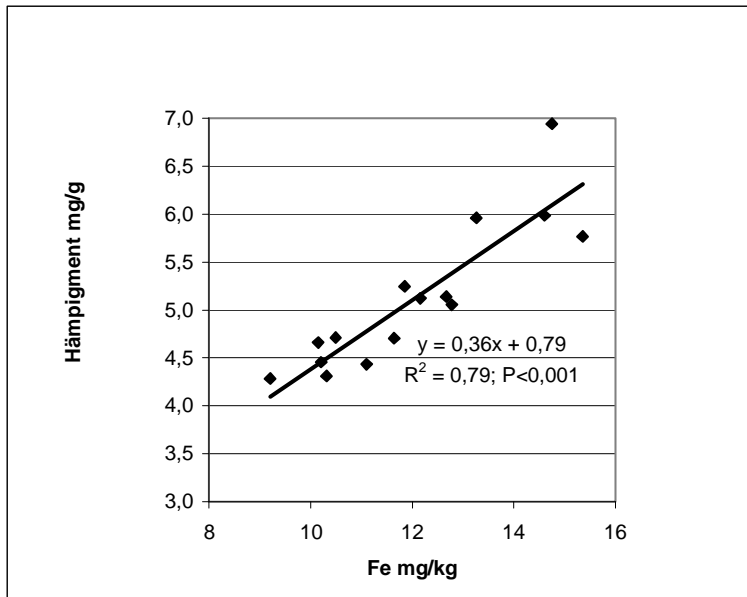
Im Vergleich des Muskelfleisches der Teilstücke ist Lamm mit 73 bis 75 % Wasser, 19 bis 20 % Protein, 3 bis 5 % Fett und einem Brennwert von 108 bis 135 kcal/100 g vergleichbar mit den Angaben für schieres Fleisch nicht nur vom Schaf, sondern auch von Rind, Schwein, Wild und Geflügel. Ein solches Fleisch genannter Säugerspezies definiert sich „ohne sichtbares Fett“, für Geflügel „ohne Haut“.

Zum Gehalt des Muskelfleisches an BEFFE und als Pendant des Anteiles Bindegewebeseiweiß (Protein minus BEFFE Gehalt) finden sich in der Literatur bisher für Lammfleisch keine Angaben: Ungeachtet der mit 8 g Bindegewebeseiweiß/kg Muskelfleisch der Keule bis 13g/kg Muskelfleisch der Brust etwas höheren Gehalte als in Rindfleisch (SCHÖNE et al. 2007) ist Lammfleisch bindegewebsarm.

Das Fett- und Bindegewebe der 4 untersuchten Teilstücke wies mit 32 bis 35 % Wasser, 11 bis 13 % Protein, 52 bis 56 % Fett und einem Brennwert von 505 bis 548 kcal/100 g eine erstaunliche Konstanz der Zusammensetzung auf. BELLOF et al. (2003) fanden bei mit niedriger und mittlerer Intensität gemästeten zur Schlachtung 45 kg schweren Bocklammern 55 % Fett und 11,5 % Protein im Fettgewebe. Von diesen den unseren recht ähnlichen Befunden weicht die von KIRCHHOFF (2008) oder WOOD et al. (2008) angegebene Zusammensetzung deutlich ab – nämlich 18 bis 26 % Wasser, 5 % Eiweiß und 68 bis 77 % Fett, jedoch in isoliertem, also von Bindegewebe separiertem Fettgewebe.

Vergleicht man den Fettgehalt des gesamten essbaren Teiles der Teilstücke - laut Tab.1 15 % im Rücken, 10 % in der Keule, 14 % im Bug und 27 % im Bruststück - mit Nährwerttabellen, so sind die Angaben bei HESEKER und HESEKER (1999) und ELMADFA et al. 2005 deutlich höher, bei ersterem bis zu dem zweifachen Fettgehalt. Dagegen ist die Übereinstimmung mit den Angaben des BLS oder bei KIRCHHOFF (2008) besser: Entsprechend dem hiesigen Markt mit der Präferenz für magere Zuschnitte finden sich für

die Teilstücke in den Tabellen teils sogar niedrigere Fett- und Energiewerte, als sie von uns - jedoch unter Einbeziehung des gesamten Fett- und Bindegewebes – nachgewiesen wurden. Im Ergebnis der vorliegenden Auswertung und Befunden zur Fleischzusammensetzung weiterer Spezies (SCHÖNE et al., 2007, STECKLUM 2010) sollte mageres = fettarmes Fleisch höchstens 10 % Fett enthalten, Fleisch mit mittlerem Fettgehalt könnte eine Obergrenze von 20 % Fett markieren und fettes Fleisch eine solche von 35 bis 40 %. Stücke mit über 40 % Fett sollte man nicht mehr als Fleisch bezeichnen dürfen.



**Abb. 1:** Lineare Regression und Bestimmtheitsmaß zwischen der Konzentration des Eisens und des Häm pigmentes im Muskelfleisch der drei Teilstücke der 5 Lämmerschlachtkörper

#### *Mengen – sowie Spurenelemente*

Die im Muskelfleisch ermittelten Werte für die Mengen- und Spurenelemente sind für Mg, Ca und Zn im Bereich der Nährwerttabellen (BLS, 2011; KIRCHHOFF, 2008), für P, Na und K an der bzw. über der Obergrenze des dort angegebenen Bereiches, für Cu und Mn an dessen Untergrenze, für Fe deutlich darunter. Das nicht nachweisbare Jod (< 2 µg/kg Lammfleisch) steht in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen an Schafffleisch (SCHÖNE et al., 2002). Fleisch ist generell jodarm und bis auf die Angaben des BLS (2011) von 1 µg Jod/100g ist in Nährwerttabellen der Jodgehalt überschätzt, vermutlich aufgrund der geringeren Leistungsfähigkeit früherer Nachweismethoden im Vergleich zur ICP-MS (SCHÖNE et al. 2005).

Für Selen wurde mit 8 µg/100 g mehr als das Doppelte der in den Nährwerttabellen angegeben 4 µg Se /100 g Lammfleisch analysiert (KIRCHHOFF, 2008). Der auch bei Schwein und Rind (STECKLUM, 2010; SCHÖNE et al., 2007) nachgewiesene höhere Fleischselengehalt dürfte der im Vergleich zu früheren Untersuchungen verbesserten Selenversorgung geschuldet sein. Mischfuttermittel werden heutzutage obligatorisch mit Selen und den weiteren in dieser Arbeit untersuchten Spurenelementen ergänzt. Für diese und auch die Mengenelemente bestehen jedoch keine bzw. wie im Falle des Zn nur begrenzt Möglichkeiten über hohe Zusätze des Futters zu einer Anreicherung im Fleisch zu kommen.

Andererseits können sich Muskelgruppen im Gehalt an bestimmten Elementen unterscheiden und auch ein „Altersgang“ scheint zu bestehen. In der vorliegenden Untersuchung besaß das Muskelfleisch des Bugs weniger P, Mg und Fe, jedoch mehr Zn als der Rückenmuskel. Der Rücken von Mutterschafen (ERTEL, 2001) unterschied sich im Gehalt an Zn, Cu und Mn nicht von dem im entsprechenden Teilstück der Lämmer, enthielt aber mit 30 mg/kg das Doppelte an Fe wie der Rücken der jungen Tiere (Tab. 2).

Für das Fe korrelierte der Gehalt im Muskelfleisch der drei untersuchten Teilstücke mit dem jeweiligen Myoglobingehalt (Abb. 1). Eine Beziehung zwischen der Konzentration des Fe und der des Muskelpigmentes bestand ebenfalls bei Rindfleisch (SCHÖNE et al. 2007) jedoch mit niedrigerem Bestimmtheitsmaß. Myoglobin des Skelettmuskels mit einem relativen Molgewicht von 17 000 trägt ein Mol Fe und würde damit 3 mg Fe/g des Muskelpigmentes besitzen (RÖMPP, 1999). Danach würde in Abb 1 ein Myoglobinbereich von 4 bis 7 g/kg Muskelfleisch 12 bis 21 mg Fe/kg repräsentieren. Tatsächlich wurden aber mit 9 bis 16 mg Fe/kg Muskelfleisch im Vergleich zu dieser Kalkulation  $\frac{1}{4}$  weniger des Spurenelementes analysiert. Ein gewisser Anteil des Myoglobins laut dem Ordinatenschnittpunkt der Regressionsgeraden ist „bias“, nach der Gleichung in der Abb. 10 bis 15 %. Ein weiterer Anteil des Muskelfarbstoffes scheint eisenfrei, also als Protoporphyrin, vorzuliegen. Nach Reichardt et al. (2002) charakterisiert die bei 410 nm gemessene Absorbanz das Protoporphyrin, während bei 525 nm der eisenhaltige Porphyrin-Proteinkomplex, das Myoglobin, eingeschlossen das Oxy-myoglobin und das Metmyoglobin, gemessen werden. An der Stelle sei erinnert, dass die Absorbanz des Filtrats bei den Wellenlängen 409, 525 und 730 nm gegen die reine Extraktionslösung bestimmt wurde (1. Mitt.).

Die für die Mengen- und Spurenelemente nachgewiesenen Konzentrationsunterschiede zwischen den Muskeln bzw. dem Muskelfleisch der Teilstücke scheinen trotz Signifikanz für P, Na, Mg, Fe und Zn (Tab. 2) zu gering, um Relevanz für die Nährwerttabellen bzw. Ernährungsberatung zu besitzen. Mit Ausnahme des Ca und Se dürfte aber für die Gehalte der weiteren untersuchten Mengen- und Spurenelemente im jeweiligen Teilstück dessen Anteil Fett- und Bindegewebe maßgebend sein, aufgrund seines für die Mehrheit der Elemente verglichen mit dem Muskelfleisch niedrigeren Gehaltes. So kommt es durch sukzessives Hinzunehmen des Fett- und Bindegewebes zum Muskelfleisch zu einer „Verdünnung“ der Konzentrationen genannter Mengen- und Spurenelemente im gesamten Essbaren des betreffenden Teilstückes (Tab. 2). Jedoch waren zwischen Keule, Rücken und Bug die Unterschiede im Anteil des Fett- und Bindegewebes zu gering, um Unterschiede der Mengen- und Spurenelementkonzentrationen des gesamten Essbaren zwischen den untersuchten drei Teilstücken aufzuzeigen. Hier ist es sicher nachteilig, dass die Mengen- und Spurenelemente in dem an Fett- und Bindegewebe reichsten Bruststück nicht untersucht wurden.

Ungeachtet der gemessen an den Nährwerttabellen niedrigen Eisenkonzentrationen bestätigen die vorliegenden Ergebnisse Lammfleisch als guten Eisenlieferanten – 100 g würden etwa mit einem Siebentel zu den empfohlenen 10 mg Fe/Erwachsener und Tag beitragen (D-A-CH 2008). Das Fe, wie oben erwähnt zum großen Teil Hämeisen, wird als solches im oberen Dünndarm besonders gut resorbiert – nach ELMADFA und LEITZMANN (1998) zu etwa 20 %, das entspricht der dreifachen Resorptionsrate des Pflanzeneisens. Schaffleisch ist ebenfalls eine sehr gute Zinkquelle. Bei einer empfohlenen Zufuhr von 7 bis 10 mg/Tag decken 100 g Fleisch etwa 50 % dieser Empfehlung. Zu den empfohlenen 50 µg Se je Tag würden 100 g Lammfleisch mit etwa einem Siebentel beitragen. Jedoch muss Schaffleisch, wie Fleisch überhaupt, als arm an Kupfer, Mangan und Jod eingeordnet werden, indem selbst eine große Fleischportion für diese Spurenelemente nicht nennenswert zu der empfohlenen Tagesaufnahme eines Erwachsenen von 1 - 1,5 mg Cu, 2 - 5 mg Mn und 200 µg Jod (D-A-CH 2008) beiträgt.

#### *Fettsäuren im intramuskulären Fett und Depotfett*

Die Zusammensetzung des Körperfettes in der Differenzierung nach IMF und Depotfett (= Fett im Fett- und Bindegewebe) wird von der Aufnahme der PUFA und dem Umfang der Synthese der SAFA und der MUFA bzw. der des Fettes bestimmt. Während die PUFA mit Ausnahme der später zu diskutierenden CLA ausschließlich über das Futter aufgenommen werden - schließlich sind sie essentiell - hängt die synthetisierte Menge an SAFA, MUFA und Fett bzw. der Verfettungsgrad von der Energieaufnahme, der Rasse oder Kreuzung, dem Alter und dem Geschlecht ab (KALLWEIT et al. 1988, ENSER et al. 1998, NÜRNBERG et al. 1998). Verglichen mit dem Monogaster ist der Effekt des Futterfettes auf das Körperfettsäurenprofil des Wiederkäuers begrenzt, wird doch ein Großteil der ungesättigten

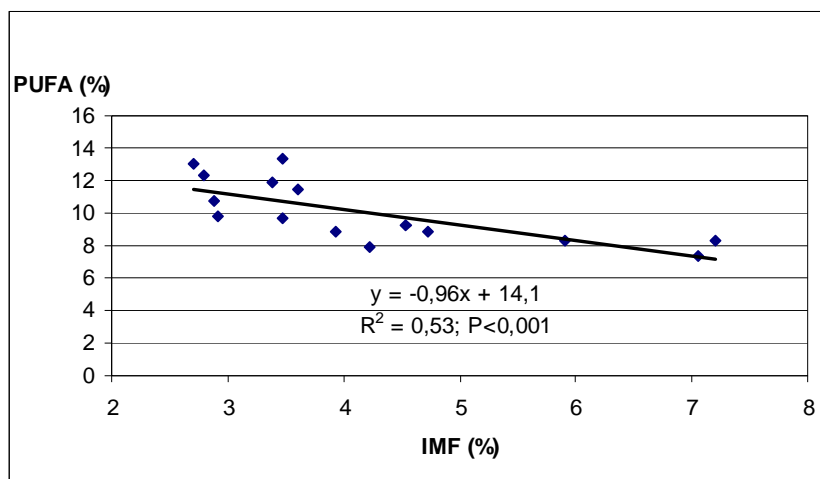


Fettsäuren des Nahrungsfettes im Pansen hydrogeniert. Damit gelangen nur die (wenigen) PUFA und MUFA in den Dünndarm und zur Absorption, die der Biohydrogenierung entgangen sind.

Die nachgewiesenen Gehalte des IMF von 43 bis 46 % SAFA und 41 bis 42 % MUFA, des Depotfettes von 47 bis 49 % SAFA und 39 bis 41 % MUFA (Tab. 3) entsprechen den Angaben in der Literatur für vergleichbar schwere Lämmer ähnlicher Herkunft und Fütterung – nach KRAUS et al. (2001) jeweils 43 % SAFA und MUFA im IMF und 53 % SAFA und 40 % MUFA im Depotfett, nach NÜRNBERG et al. (2006), die nur das IMF untersuchten, 37 bis 45 % SAFA und 34 bis 42 % MUFA, nach MEZÖSZENTGYÖRGYI et al. (2001), die nur Depotfett untersuchten, 51 % SAFA und 46 % MUFA.

In der Summe repräsentierten in vorliegender Untersuchung SAFA und MUFA im IMF etwa 85 % der Gesamtfettsäuren, im Depotfett waren es 88 %. Die Differenz ist zum größten Teil auf die SAFA zurückzuführen, nehmen diese doch im IMF einen niedrigeren Anteil als im Depotfett ein. Beide untersuchte Fettarten enthalten zum einen Speicherlipide – im Depotfett in den Adipozyten, in den Muskelzellen in den Lipidtröpfchen des Cytosols -, zum anderen Lipide der Zellmembranen genannter Fett- und Muskelzellen. Die Membranlipide werden von den PUFA reicheren Phospholipiden dominiert, im Unterschied zu den Speicherlipiden mit Dominanz der an den SAFA reicheren Neutralfette. Die Erfassung der Neutralfette gemeinsam mit den Phospholipiden gelingt wie auch in vorliegender Untersuchung nach Extraktion mittels Methanol und Chloroform. In einem zweiten Verfahren, etwa mit Petrolether, würde man lediglich die Neutralfette extrahieren. Die Differenz der Ausbeute aus erster und zweiter Extraktion repräsentiert die Phospholipide, nach WOOD et al. (2008) 3 bis 6 g/kg Muskelgewebe.

Steigt das IMF an – durch mehr oder größere cytosolische Lipidtröpfchen – so nehmen die Membranlipide bzw. die Phospholipide bzw. die PUFA prozentual ab und die Speicher- bzw. Neutrallipide bzw. SAFA prozentual zu. In Entsprechung dieser Aussage zeigte sich das Rückenstück durch seinen hohen Gehalt des IMF (Tab. 1) am PUFA-ärmsten und SAFA-reichsten (Tab. 3) und die Beziehung zwischen dem IMF und dem PUFA Gehalt über die drei Teilstücke war signifikant negativ (Abb. 2).



**Abb. 2:** Lineare Regression und Bestimmtheitsmaß zwischen dem intramuskulärem Fett (IMF) und den PUFA im IMF der drei Teilstücke der 5 Lämmerschlachtkörper

Die nachgewiesenen Gehalte der PUFA des IMF von 7 bis 11 % (Tab. 3) entsprechen der Literatur für vergleichbar schwere Lämmer ähnlicher Herkunft und Fütterung (DEMISE et al., 1998, KRAUS et al., 2001, NÜRNBERG und ENDER, 2001, NÜRNBERG et al., 2006). Für den Vergleich mit den 5 % PUFA im Depotfett (Tab. 3) seien die 3 bis 5 % PUFA bei KRAUS et al. (2001) genannt. Angaben aus dem angelsächsischen Raum für Lämmer, zum Schlachten 60 kg schwer und noch schwerer, sind nicht vergleichbar, da diese Tiere das härtere Depotfett mit bis zu 56 % SAFA, 45 % MUFA und 2-4 % PUFA aufweisen und auch der PUFA Gehalt

des IMF beträgt lediglich 4-6 % (BOLTE et al., 2002; WOOD et al., 2008). Ein härteres Schaffett, bei ausgewachsenen Tieren der Hammel- bzw. Schaftalg besonders aus Nierenregion und Becken, ist unter den SAFA durch besonders viel Stearinsäure gekennzeichnet. In den Untersuchungen von BOLTE et al., 2002 übertraf die Stearinsäure mit 31 % an den Gesamtfettsäuren sogar den Anteil der Ölsäure von 20 %. Hier ist anzumerken, dass das Fett des Körperinneren (Innenfett) noch einmal reicher an SAFA, besonders 18:0, und ärmer an MUFA, besonders Ölsäure, ist als die beiden anderen Depotfettpartien – das subcutane Fett und das intermuskuläre Fett. So enthielt in früheren Untersuchungen das Nieren- bzw. Beckenfett von Lämmern 25 % Stearinsäure und 33 % Ölsäure, wogegen sich bei Mutterschafen die Anteile umkehrten und zwar zu 35 % Stearinsäure und 26 % Ölsäure (ERTEL, 2001). Der mit dem Alter ansteigende Anteil der C18:0 im Schaffett verdient besondere Beachtung, weil er über die Schmelzpunkterhöhung sensorisch das „mouth feeling“ des Fleisches beeinträchtigen kann. Jedoch waren in den vorliegenden Untersuchungen die 18:0 Anteile des Fettes mit im Mittel 14 % weit unter der sensorisch wirksamen Schwelle von 25% (CMA, 1993).

Für die PUFA in der menschlichen Ernährung sind nicht nur die absoluten Gehalte, sondern auch das Verhältnis der n-6- zu n-3-Fettsäuren von Bedeutung. Da beide PUFA-Gruppen um das gleiche Enzymsystem konkurrieren, kann ein unausgewogenes Verhältnis in der Nahrung das Gleichgewicht der Eicosanoide beeinflussen. Eicosanoide – benannt nach den Eicosa-Säuren, das sind Fettsäuren mit 20 C-Atomen - sind Gewebeshormone, die die Gefäßdilatation, die Erythrozytenaggregation und das Entzündungsgeschehen beeinflussen. Dabei wirken die n-3-PUFA bzw. die daraus gebildeten Eicosanoide antithrombotisch, indem sie die Gerinnungsneigung herabsetzen und die Blutgefäße weiten. Die Fachgesellschaften für Ernährung (D-A-C-H, 2008) empfehlen ein Verhältnis der n-6 PUFA zu den n-3 PUFA von 5:1 im Nahrungsfett. Sowohl für das IMF aber auch das Depotfett der untersuchten Teilstücke entsprach das Verhältnis der n-6 PUFA zu den n-3 PUFA von 4,2 bis 4,9:1 oben genannter Empfehlung. Eine noch günstigere Relation der n-6 PUFA zu den n-3 PUFA - bis 2:1 (DEMISE et al., 1998; KRAUS et al., 2001, NÜRNBERG und ENDER 2001; NÜRNBERG et al., 2006) – erreicht man durch Weide bzw. Grasfütterung als Alternative zur getreidedominierten Mast. Die Lipide des Grases sind reich an alpha-Linolensäure, einer n-3-Fettsäure, wogegen das Fett des Getreidekorns durch den hohen Anteil Linolsäure, also eine n-6-Fettsäure, gekennzeichnet ist.

Verglichen mit Rindfleisch (SCHÖNE et al., 2007) besitzt Lamm einen niedrigeren n-6/n-3-Quotienten und ein verstärkter Lammfleischverzehr könnte helfen den allgemein zu hohen n-6-/n-3-PUFA Quotienten unseres Nahrungsfettes von derzeit 10:1 bis 20:1 zu senken.

An dieser Stelle sei auf die langkettigen (long chain, LC) n-3-LC-PUFA mit Anteilen im Bereich von 0,5 bis 1,1 % des IMF besonders in der Keule verwiesen. Die n-3-LC-PUFA (auch VLC very long chain, ab C20) errechnen sich in den Tabellen 3 und 4 jeweils als Differenz aus den n-3-PUFA und der alpha-Linolensäure. Die im IMF des Schafes wie auch des Rindes (SCHÖNE et al., 2007) dominierende Docosapentaensäure (22:5 n-3) kann zur Bildung der n-3 Eicosanoide beitragen, dies vor dem Hintergrund einer zunehmend diskutierten limitierten Synthese dieser Gewebshormonvorstufen aus der alpha-Linolensäure.

Der Anteil der TFA von 4 % im IMF bis 6 % im Depotfett stimmte mit den Befunden von BOLTE et al. (2002) an allerdings schwereren Lämmern überein und war höher als die 2,6 % TFA im IMF und 3,7 % TFA im Depotfett ähnlich schwerer, allerdings weiblicher Kreuzungslämmer (Mule X Charolais) (DANIEL et al., 2004). Die Anteile der TFA des Schaffettes übertrafen aber deutlich die Gehalte im Fett von Rindern (REICHARDT et al., 2002; SCHÖNE et al., 2007). Gemessen an der tolerierbaren Aufnahme der TFA von unter 1 % der Nahrungsenergie (STEINHART und FRITSCHKE, 1997) enthält das Fleisch von Wiederkäuern einen sehr geringen Anteil (Schwein und Geflügel besitzen praktisch keine TFA). Unter den ausgewiesenen TFA repräsentierte ein Fünftel Vaccensäure, aus welcher in Leber, Milchdrüse (RICKERT und STEINHART, 1999) und Fettgewebe (MARTIN et al., 1999) des Wiederkäuers durch Desaturation mittels delta-9-Stearoyl-CoA-Desaturasen die c9,t11 CLA

entsteht. Diese CLA Bildung wurde ebenfalls für den Menschen nachgewiesen (KUHNT et al, 2007).

Ebenfalls bildet das Pansenbakterium *Butyrovibrio fibrisolvens* aus den PUFA des Futters CLA (daher auch „rumenic acid“) (JAHREIS und BOCHMANN, 1998). Die CLA-Gehalte waren im Bereich von 0,9 bis 1 % im IMF, im Fett des Fett- und Bindegewebes von 0,8 bis 0,9 % (Tab. 3), repräsentiert zu über vier Fünftel durch das Isomer c9,t11 CLA. In o. g. Untersuchungen von DANIEL et al. (2004) wurden im IMF und Unterhautfett knapp 0,8 % CLA nachgewiesen, dies bei dominantem Getreideanteil im Futter. Bei Grasfütterung erhöhte sich der CLA Anteil im IMF auf 1,3 % und im Depotfett auf 1,4 %. CHIN (1999) beschreibt für das Fett des Hackfleisches vom Rind einen CLA Gehalt von 0,43 %, RICKERT und STEINHART (1999) geben eine Konzentration von 0,1 % und 1,2 % an; KRAFT et al. (2008) fanden bis 1,9 %. In Deutschland wird die mittlere tägliche Pro-Kopf-Aufnahme an CLA auf einige hundert Milligramm geschätzt, wobei wir uns unterhalb der australischen sowie neuseeländischen aber oberhalb der Aufnahme in den USA befinden (JAHREIS et al., 2000). Über eine Portion von 150 g magerem Lammfleisch würden 40 bis 65 mg CLA aufgenommen, bei Mit-Verzehr des betreffenden Fett- und Bindegewebes stiege die Aufnahme auf 130 bis 190 mg an.

### Schlussfolgerungen und praktische Bedeutung

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen Lammfleisch als fett- sowie „kalorienarm“ und reich an Eisen, Selen und Zink. Selbst wenn das Fett- und Bindegewebe eingerechnet wird bleibt der Fettgehalt von Keule, Bug und Rücken mit höchstens 15 g/100g moderat. Im Fett entfallen auf die ungesättigten Fettsäuren mehr als die Hälfte der Gesamtfettsäuren. Schaffleisch ist eine bessere Quelle als Rindfleisch für CLA und die CLA Vorstufe Vaccensäure. Die nachgewiesene ernährungsphysiologisch günstige Beschaffenheit von Lamm ist von Züchtern, Schäfern und Ernährungswissenschaftlern für eine Verbesserung des Images dieser am Markt bisher unterrepräsentierten Fleischart zu nutzen.

### Danksagung

Die Untersuchungen erfolgten dank maßgeblicher Förderung durch das Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz Erfurt (TMLFUN) in den Projekten „Qualitätssicherung“ Nr. 43.12.340 und „Methodenentwicklung und Qualitätssicherung“ Nr. 92.01.200.

### Literatur

1. ALTMANN, M., K. HEYLEN, R. SÜß, G. V. LINGERKEN (2000): Fleischbeschaffenheit von Mastlämmern unter besonderer Berücksichtigung des Py-Wertes. *Fleischwirtschaft* 80, 97 – 101. – 2. BELLOF, G., A. WOLF, J. NADERER, M. SCHUSTER und W. HOLLWICH (2003c): Nährstoffgehalte von Muskel-, Fett- und Knochengewebe des Schlachtkörpers im Wachstumsverlauf von Lämmern der Rasse Merinolandschaf, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 87, 347-358. – 3. BLS – Bundeslebensmittelschlüssel (2011) aus PRODI: Ernährungs- und Diätberatungsprogramm. Hrsgb. B. Kluthe. Wiss. Verlagsanstalt Stuttgart. – 4. BOLTE, M. R., B. W. HESS, W. J. MEANS, G. E. MOSS and D. C. RULE (2002): Feeding lambs high-oleate or high-linoleate safflower seeds differentially influences carcass fatty acid composition. *Animal Science* 80, 609-616. – 5. CHIN, P. A. (1999): Fleisch ist eine CLA-Nahrungsquelle. *Agrarforsch.* 6, 177-180. – 6. CMA (1993): Qualitäts- und Prüfbestimmungen Lammfleisch. – 7. D-A-C-H (2008): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Umschau Braus GmbH. Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main. 1. Auflage. (3. korr. Nachdruck). – 8. DANIEL, Z. C. T. R., R. J. WYNN, A. M. SALTER and P. J. BUTTERY (2004): Differing effects of forage and concentrate diets on the oleic acid and conjugated linoleic acid content of sheep tissues: The role of stearoyl-CoA desaturase. *J. Animal Science* 82, 747-758. – 9. DEMISE, S., H. D. MATTHES, H. MÖHRING, K. NÜRNBERG, G. BITTER, K. PILZ, M. HARTUNG und M. SCHUBERT (1998): Untersuchungen zum Einfluss der Rasse, des Geschlechts und der Fütterung auf die Qualität und Fettsäurezusammensetzung des Fleisches von Lämmern. *Züchtungskunde* 70, 119-140. – 10. DIN-EN ISO 11885 und DIN 38405-23 (2003): In: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Wiley-VCH Verlag

GmbH & Co. KGaA, Weinheim. – 11. ELMADFA, I., W. AIGN, E. MUSKAT und D. FRITZSCHE (2004/05): Die große GU Nährwert-Kalorien-Tabelle, Ausgabe, Gräfe-Unzer-Verlag, München. – 12. ELMADFA, I., und C. LEITZMANN (1998): Ernährung des Menschen. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart (Hohenheim), 3. Auflage, 236. – 13. ENSER, M, K. G. HALLETT, B. HEWETT, G. A. J. FURSEY, J. D. WOOD and G. HARRINGTON (1998): Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Sci.* **49**, 329-341. – 14. ERTEL, K. (2001): Textur, sensorische Bewertung und Gehalt an Spurenelementen und Fettsäuren von Schafffleisch Diplomarbeit Friedrich-Schiller-Universität Jena, Biologisch-Pharmazeutische Fakultät, 49 Seiten. – 15. FOLCH, J., M. LEES and G. H. STANLEY (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497 – 509E. – 16. HESEKER, B. und H. HESEKER (1999): Nährstoffe in Lebensmitteln: Die große Energie- und Nährwerttabelle. 2. Auflage. Frankfurt am Main, Umschau Verlag. – 17. JAHREIS, G. und K. BOCHMANN (1998): Speisefette im Vergleich: Zur physiologischen Wirkung enthaltener Fettsäuren. *Ernährungs-Umschau* **45**, 192-197. – 18. JAHREIS, G., J. KRAFT, F. TISCHENDORF, F. SCHÖNE and CHR. LOEFFELHOLZ (2000): Conjugated linoleic acids: Physiological effects in animal and man with special regard to body composition *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **102**, 695–703. – 19. KALLWEIT, E., R. FRIES, G. KIELWEIN und S. SCHOLTYSEK (1988): Qualität tierischer Lebensmittel. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart (Hohenheim), 368 pp. – 20. KIRCHHOFF, E. (2008): Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwerttabellen. Begründet von Souci Fachmann Kraut. Hrsg.: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 7. Auflage. – 21. KRAFT, J., J.K.G. KRAMER, F. SCHÖNE, J. R. CHAMBERS and G. JAHREIS (2008): Extensive analysis of long-chain polyunsaturated fatty acids, CLA, trans-18:1 isomers, and plasmalogenic lipids in different retail beef type. *J Agr Food Chem* **56**, 4775-4782. – 22. KRAUS, M., H. KRICK, P. FREUDENREICH, R. BEUING, M. GAULY, G. QUANZ, W. BRANDSCHEID und G. ERHARDT (2001): Genetische und umweltbedingte Einflüsse auf die Verfettung und Fettqualität bei Merinolandschafslämmern. *Züchtungskunde* **73**, 159-160. – 23. KUHN, K., J. KRAFT, H. VOGELSANG, K. EDER, J. KRATZSCH and G. JAHREIS (2007): Dietary supplementation with trans-11- and trans-12-18:1 increases cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid in human immune cells, but without effects on biomarkers of immune function and inflammation. *Brit J Nutr* **97**, 1196–1205. – 24. MARTIN G.S, D.K. LUNT, K.G. BRITAIN and S.B. SMITH (1999): Postnatal development of stearoyl coenzyme A desaturase gene expression and adiposity in bovine subcutaneous adipose tissue. *Journal of Animal Science* **77**, 630-636. – 25. MEZÖSZENTGYÖRGYI, D., F. HUSVETH, A. LENGYEL, C. SZEGLETI and I. KOMLOSI (2001): Genotype-related variations in subcutaneous fat composition in sheep. *Animal Science* **72**, 607-612. – 26. NÜRNBERG, K. und K. ENDER (2001): Weidehaltung und Fleischqualität. *Forschungsreport* **1**, 39-41. – 27. NÜRNBERG, K., J. WEGENER and K. ENDER (1998): Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livest. Prod. Sci.* **56**, 145 – 156. – 28. NÜRNBERG, K., W. ZUPP, J. MARTIN, K. ENDER, M. HARTUNG und G. NÜRNBERG (2006): Auswirkungen der Fütterung auf die Qualität von Mastlämmern. *Fleischwirtschaft* **86**, 103-106. – 29. REICHARDT, W., H. WARZECHA, E. GERNAND, H. HARTUNG und B. ECKERT (2002): Erhebungen zum Hämpigmentgehalt, zu Reflexionswerten sowie zum Fettsäurenmuster des intramuskulären Fettes vom Musculus longissimus dorsi (M.l.d.) Thüringer Rinder in Abhängigkeit von Mastform und Rassetyp. *Archiv für Tierzucht, Dummerstorf* **45**, 111-127. – 30. Rieger, G. (2003): Untersuchungen von Rindfleisch – Hauptnährstoffe, Fettsäuren, Spurenelemente, Fleischbeschaffenheit und mikrobieller Status. Diplomarbeit Friedrich-Schiller-Universität Jena, Biologisch-Pharmazeutische Fakultät, 51 Seiten. – 31. RICKERT, R. und H. STEINHART (1999): Konjugierte Linolsäureisomere (CLA). *Praxishandbuch Functional Food. Grundwerk* **12**, 1-25. – 32. SCHMIDT, A. (2002): Untersuchung von Lammfleischteilstücken – Fleischbeschaffenheit, sensorische Bewertung, Hauptnährstoffe, Fettsäuren, Mengen- und Spurenelemente und Energiegehalt. Diplomarbeit Friedrich-Schiller-Universität Jena, Biologisch-Pharmazeutische Fakultät, 62 Seiten. – 33. Römpp (1999): Basislexikon Chemie. Hrsg. J. FALBE und M. REGITZ. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York Bd. 3. – 34. SCHÖNE, F., U. KIRCHHEIM, H. BERGMANN, G. RIEGER, G. JAHREIS, J. KRAFT, M. LEITERER und G. BREITSCHUH (2007): Qualität des Fleisches von Jungbullen. 3. Mitt. Ernährungsrelevante Bestandteile –

Hauptnährstoffe, Energie, Fettsäuren und Spurenelemente in Abhängigkeit von Rasse und Teilstück. *Fleischwirtschaft* 87, Heft 3, 129 – 135. - 35. SCHÖNE, F., M. LEITERER, U. KIRCHHEIM, K. FRANKE und G. RICHTER (2002): Jodkonzentration in Schweine-, Rind- und Schafffleisch und ihre Beeinflussung. *Proceedings of the Society of Nutrition and Physiology* 11, 58. - 36. SCHÖNE, F., CH. ZIMMERMANN, G. QUANZ, G. RICHTER and M. LEITERER (2005): A high dietary iodine increases thyroid iodine stores and iodine concentration in blood serum but has little effect on muscle iodine content in pigs. *Meat Science* 72, 365–372. - 37. STECKLUM, J. (2010): Ernährungsrelevante Bestandteile und physikalisch-chemische Beschaffenheitsparameter von Schweinefleisch im Hinblick auf die Verarbeitungseignung zu Salami. Diplomarbeit am Institut für Ernährungswissenschaften Friedrich-Schiller-Universität Jena. - 38. STEINHART, H. and J. FRITSCH (1997): Contents of trans-fatty acids (TFA) in German foods and estimation of daily intake. *Fett/Lipid* 99, 314 – 318. - 39. TISCHENDORF, F., P. MÖCKEL, F. SCHÖNE, M. PLONNE and G. JAHREIS (2002): Effect of dietary conjugated linoleic acid on the distribution of fatty acids in serum lipoprotein fractions and different tissues of growing pigs. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 86, 313 – 325. - 40. WOOD, J. D., M. ENSER, A. V. FISHER, G. R. NUTE, P. R. SHEARD, R. I. RICHARDSON, S. I. HUGHES and F. M. WHITTINGTON: (2008): Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science* 78, 343-358.