

WERNER REICHARDT<sup>1</sup>, HORST WARZECHA<sup>1</sup>, ERHARD GERNAND<sup>1</sup>,  
HORST HARTUNG<sup>2</sup> und BÄRBEL ECKERT<sup>2</sup>

## **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**

### Summary

Title of the paper: **Investigations into the haem pigment content, reflection results as well as into the fatty acid pattern of the intramuscular fat of the *Musculus longissimus dorsi* (M.l.d.) Thuringian cattle, dependent on fattening system and genotype**

Haem pigment content, the reflection in visible range and the fatty acid pattern of intramuscular fat (imf) from minced *musculus longissimus dorsi* (m.l.d.) at the 8<sup>th</sup> / 9<sup>th</sup> dorsal vertebra of the right half of the carcass were determined in 35 cattle groups with bulls, steers and heifers, representing 19 different genotypes. The cattle were fattened indoors and/or outdoors at eight farms in Thuringia. The mean values of the haem pigment content varied between the animal groups from 6.3 to 13.1 mg/g fresh meat. A clearly lower variation was found in the maxima of reflectance at 415, 545 and 580 nm. The fatty acid composition of the imf was determined mainly by the fattening system. Fattening on pasture favoured high proportions of polyunsaturated fatty acids as well as a ratio of n6- to n3-fatty acids of < 10. The imf-content was positive correlated to the proportion of C18:1 and monounsaturated fatty acids ( $R = 0.4^{**} / 0.5^{**}$ ) as well as negative to the proportion of polyunsaturated fatty acids ( $R = - 0.7^{**}$ ).

Key Words: beef, genotype, fattening system, haem pigment content, reflectance, intramuscular fat, fatty acid pattern

### Zusammenfassung

Von 35 Rindergruppen mit Bullen, Ochsen und Färsen, die 19 verschiedene genetische Konstruktionen repräsentieren, wurden nach Stallmast und/oder Weide in acht Thüringer Betrieben aus dem zerkleinerten *Musculus longissimus dorsi* (M.l.d.) in Höhe des 8./9. Brustwirbels der rechten Schlachtkörperhälfte der Hämpigmentgehalt, die Reflexion im sichtbaren Bereich sowie das Fettsäurenmuster des intramuskulären Fettes (IMF) bestimmt. Die Mittelwerte des Hämpigmentgehaltes variierten zwischen den Tiergruppen von 6,3 bis 13,1 mg/g Frischfleisch. Eine deutlich geringere Variation fand sich bei den Reflektanzmaxima bei 415, 545 und 580 nm. Die Fettsäurezusammensetzung des IMF wurde hauptsächlich durch die Mastform bestimmt. Weidemast begünstigte hohe Anteile an mehrfach ungesättigten Fettsäuren sowie ein n6- zu n3-Fettsäurenverhältnis < 10. Der IMF-Gehalt des M.l.d. korrelierte positiv zu den Anteilen an C18:1 und an monounsättigten Fettsäuren ( $r = 0,4^{**} / 0,5^{**}$ ) sowie negativ zum Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren ( $r = - 0,7^{**}$ ).

Schlüsselwörter: Rindfleisch, Genotypen, Mastform, Hämpigmentgehalt, Reflexion, intramuskuläres Fett, Fettsäurenmuster

### 1. Einleitung

Es war Aufgabe einer mehrjährigen Erhebung zu prüfen, ob sich aus der derzeit in Thüringen anzutreffenden Rassenvielfalt bei der Mutterkuhhaltung einzelne genetische Konstruktionen von männlichen Absetzern besonders für die Mast eignen. Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Rassen und Kreuzungen gehört neben der Mast- und

Schlachtleistung auch die erzielte Fleischqualität. Im vorliegenden Beitrag sollen die partiell erfassten Qualitätsmerkmale Häm pigmentgehalt, Reflexionswerte im sichtbaren Spektralbereich und das Fettsäurenmuster des IMF vom M.I.d. vorgestellt werden. Eine erste Auswertung dieser und anderer Fleischqualitätsmerkmale wurde bereits für einige Rassegruppen der Erhebung vorgenommen (REICHARDT u.a., 1997).

Selbst beim farbpigmentreichen Rindfleisch werden Farbkennwerte zur Charakterisierung der Fleischqualität herangezogen (SCHEEDER u.a., 1996; FRICKH und SÖLKNER, 1997; AUGUSTINI u.a., 1998; WULF und PAGE, 2000), um vor allem den Qualitätsfehler DFD-Fleisch auszuschließen. Daher werden im Schlachthof neben Schlachtkörpertemperatur, pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit inzwischen auch die CIE-Farbkennwerte  $L^*a^*b^*$  zur Analyse der Fleischqualität erfasst (SCHWÄGELE, 1992). Zu den Farbkennwerten von Fleisch ist auch dessen Gesamt- oder Häm pigmentgehalt zu rechnen. Die Farbpigmente des Fleisches bestehen im Mittel zu 95 % aus Myoglobin und bis zu 5 % aus Hämoglobin (POTTHAST, 1986). Beide Proteine enthalten eisenhaltiges Protoporphyrin als Farbkomponente.

Zum extraktiv ermittelten Gesamtpigmentgehalt von Rindermuskeln finden sich in der Literatur nur wenige Angaben, die in der Tabelle 1 zusammengestellt wurden. Die Analysen erfolgten nach den Methoden von POEL (1949), DRABKIN (1950) sowie HORNSEY (1956), was die Vergleichbarkeit mit Daten erschwert, die mittels neueren Analyseverfahren (z.B. TROUT, 1991; GARRIDO u.a., 1994) erhalten wurden. Die älteren Analysemethoden bestimmen die Absorbanz der Extrakte bei 540 bis 640 nm, während die jüngeren bei 409 nm messen und damit auch das zur Fleischfarbe beitragende eisenfreie Protoporphyrin erfassen, wie der Abbildung zu entnehmen ist. Untersuchungen von TROUT (1991) sowie von GARRIDO u.a. (1994) ergaben, dass die Methoden von HORNSEY, TROUT oder GARRIDO u.a. zu vergleichbaren Gesamtpigmentkonzentrationen führen. WIERBICKI u.a. (1955) fanden bei Ochsen einen geringfügig höheren Pigmentgehalt als bei Bullen. RICKANSRUD und HENRICKSON (1967) haben den Pigmentgehalt von vier Rindermuskeln ermittelt. Der M.I.d. nimmt nach diesen Angaben hinsichtlich des Pigmentgehaltes eine Mittelstellung ein. Bei Friesian-Jungbullen und -Ochsen bestimmten MACDOUGALL und RHODES (1972) im M.I.d. von DFD-Schlachtkörpern einen höheren Gesamtpigmentgehalt als bei Fleisch mit normaler Glykolyse. HUNT und HEDRICK (1977) konnten bei Erhebungen zu Rindfleischqualitätsklassen diesen Befund bei drei von vier untersuchten Muskeln bestätigen.

Hinsichtlich der Fettsäurezusammensetzung des intramuskulären Fettes von Rindfleisch sind in den letzten Jahren zur Charakterisierung der Fleischqualität unter dem Blickwinkel verschiedenster aktueller Aspekte (Transfettsäuren, konjugierte Linolsäuren, Verhältnis der n6- zu den n3-Fettsäuren, Neutralfett, Phospholipide, Lokation der Fette, Einfluss von Rasse, Geschlecht, Wachstum, Verfettung, Haltungsform und Fütterung, Wild- versus schlachtbare Haustiere) zahlreiche Publikationen erschienen: TERRELL u.a. (1968); BLUNK, 1990; DUCKETT u.a. (1993); FLACHOWSKY u.a. (1995); ZEMBAYASHI u.a. (1995, 1996); MATTHES u.a. (1996); CAMFIELD u.a. (1997); SCOLLAN u.a. (1997); STEEN und PORTER (1997); WEBB u.a. (1998); NÜRNBERG u.a. (1999); CHOI u.a. (1999); KAZALA u.a. (1999); VATANSEVER u.a. (1999); CALLES u.a. (2000); DE SMET u.a. (2000); FRENCH u.a. (2000) sowie LABORDE u.a. (2001).

Die Fettsäurezusammensetzung von IMF und anderer tierischer Fettgewebe unterliegt Einflussfaktoren wie Fütterung/Haltung, Rassetyp, Geschlecht/Kategorie, Schlachtalter/Schlachtgewicht, mittlere Umgebungstemperatur, Verfettungsgrad und Hormonstatus (NÜRNBERG u.a., 1999). Wegen des wachsenden Interesses an der Zusammensetzung von intramuskulärem Fett beim Rind wurde in dieser Erhebung auch zeitweise dessen Fettsäuremuster ermittelt.

Tabelle 1

Extraktiv bestimmter Gesamtpigmentgehalt (GPG) von Rindermuskeln (Total pigment content of bovine muscles determined by extraction)

GPG (mg / g)	n	Muskel	Geschlecht Kategorie	Qualitätsmerkmal	Methode	Literatur
3,92	42	M.l.d.	Bullen		DRABKIN, modifiziert	WIERBICKI u.a., 1955
4,18	57	M.l.d.	Ochsen			
3,69	3	M.l.d.	Ochsen		DRABKIN	FLEMING u.a., 1960
3,97	7	M.l.d.	Ochsen		DRABKIN, 1950	RICKANSRUD und HENRICKSON, 1967
3,84	7	M.p.m.	„			
4,85	7	M.b.f.	„			
2,89	7	M.s.	„			
ca. 6,6	6	-	-		HORNSEY, 1956	FRANKE und SOLBERG, 1971 *)
ca. 5,1	7	-	-			
2,79	25	M.l.d.	Bullen und Ochsen	pH <sub>24</sub> < 5,8	WIERBICKI u.a., 1955	MACDOUGALL und RHODES, 1972
3,62	14	M.l.d.	Ochsen	pH <sub>24</sub> > 6,0		
9,4	16	M.s.	-	-	HORNSEY, 1956	DE VORE und SOLBERG, 1974
9,2	12	M.s.	-	Antimycinbehandlung		
3,54	6	M.l.d.	Ochsen	NOR	POEL, 1949, modifiziert	HUNT und HEDRICK, 1977
3,98	6	„	„	NSE		
3,90	6	„	„	PSE		
4,06	6	„	„	DFD		
4,18	6	M.g.m	„	NOR		
5,24	6	„	„	NSE		
5,24	6	„	„	PSE		
5,20	6	„	„	DFD		
3,10	6	M.i.s.t.	„	NOR		
3,61	6	„	„	NSE		
3,52	6	„	„	PSE		
3,78	6	„	„	DFD		
2,05	6	M.o.s.t.	„	NOR		
2,45	6	„	„	NSE		
2,82	6	„	„	PSE		
3,09	6	„	„	DFD		
5,03	-	M.l.d.	Ochsen		DRABKIN	WARRISS, 1979
6,94	24	-	Kälber		TROUT, 1991	GARRIDO u.a., 1994

Abkürzungen: M. = Musculus; l.d. = longissimus dorsi; p.m. = psoas major; b.f. = biceps femoris; s. = semitendinosus; g.m. = gluteus medius; i.s.t. = inner semitendinosus; o.s.t. = outer semitendinosus; NOR = normal in Farbe, Festigkeit und Wasserbindevermögen; NSE = normal in der Farbe, weich und wäbrig; PSE = hell, weich und wäbrig; DFD = dunkel, fest und trocken; \*) aus einer graphischen Darstellung berechnet (Die Begriffe Hämpigment- u. Myoglobingehalt werden synonym für den Gesamtpigmentgehalt von Fleisch verwandt)

## 2. Material und Methoden

Im Rahmen der seit 1993 in der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) durchgeführten Erhebungen zum Rassenvergleich bei Rindern wurden auch Untersuchungen zur Fleischfarbe und zur Fettsäurezusammensetzung von intramuskulärem Fett vorgenommen. Das in Tabelle 2 charakterisierte Tiermaterial umfasst Bullen, Ochsen und Färsen aus Thüringer Agrarbetrieben (Nr. 1-2 Agrargenossenschaft Förtha, Nr. 34 Betrieb der Mutterkuhhaltung mit Rindermast), der TLL-Versuchsan-

lage Remderoda (Nr. 12, 22 ) und der Thüringer Leistungsprüfanstalt (LPA) Dornburg (Nr. 31-33). Die Mast der Tiergruppen 3-11, 13-21, 23-25, 29, 30 und 35 erfolgte unter vergleichbaren Bedingungen in zwei Rindermastanlagen mit einer Kapazität von 1.500 Mastplätzen. Die Tiergruppen 12 und 22 wurden ganzjährig auf der Weide gehalten, während die Tiergruppen 26-28 zwei Agrarbetrieben mit 2800 bzw. 600 Mastplätzen entstammen. In der Stallmast sind - ausgenommen die Tiergruppen 26-28 (Getreidemast), 35 (27 % Stroh, 54 % Getreide, 19 % Melasse) und 34 (Anwelksilage / Grünfutter) - Maissilage und Krafftfutter als Futtermittel eingesetzt worden. Den mit einer Lebendmasse von 550 - 700 kg (Bullen und Ochsen, Schlachalter 17-19 Monate) bzw. 450 - 500 kg (Färsen, Schlachalter 17-19 Monate) in den Schlachthöfen Bad Hersfeld, Schmalkalden, Nohra und Altenburg vermarkteten Rindern ist 48 Stunden post mortem aus dem M.l.d. der rechten Schlachtkörperhälfte in Höhe der 8./9. Rippe ein Fleischstück von etwa 80 g entnommen, am gleichen Tag mit einem Homogenisator zerkleinert und bei - 18 °C eingefroren worden. Aufbewahrungstemperaturen unter 4 °C sollen zur Bewahrung der roten Oxymyoglobinfarbe von Fleisch und zur Verhinderung der Lipidoxidation wesentlich beitragen (JAKOBSEN und BERTELSEN, 2000). Der pH<sub>48</sub> der Proben lag immer zwischen 5,4 und 5,8, so dass DFD-Fleisch weitgehend ausgeschlossen werden kann. Vor den Untersuchungen wurden die zerkleinerten Proben über Nacht im Kühlschrank bei 6 bis 8 °C aufgetaut und nochmals intensiv mittels Spatel durchgerührt.

Die Bestimmung des Hämpigmentgehaltes lehnte sich an die Methode von TROUT (1991) an, dessen Vorschrift dahingehend modifiziert worden ist, dass alle Chemikalien in einer Extraktionslösung (40 mM an K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> / KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1,2 mM an NaNO<sub>2</sub> und 2,5 %ig an Triton X100; pH 6,5) vereint sind. Von jeder zerkleinerten Fleischprobe wurden dreimal etwa 3 g Fleisch in 100 ml Bechergläser eingewogen (Genauigkeit der Einwaage 1 mg), mit 30 ml eiskalter (ca. 0 °C), mit Extraktionslösung versetzt und für 20 Sekunden in einem Homogenisator (Ultra-Turrax T 25 mit Schwartenrotor) bei ca. 15.000 U/Min. homogenisiert. Das Homogenisat ist nach 5 - 10 Minuten Inkubationszeit in 50 ml Bechergläser filtriert worden. Die Absorbanz des Filtrats bei den Wellenlängen 409, 525 und 730 nm wurde innerhalb von 30 Minuten bei Raumtemperatur gegen die reine Extraktionslösung bestimmt. Die Küvettschichtdicke betrug 0,2 cm. Berechnung:  $mg \text{ Hämpigment} / g \text{ Frischfleisch} = (A^{409} - 2,68 * A^{730}) * 35,445 / \text{Fleischeinwaage in g}$ . Die Reflexionsmessungen an Rindfleisch im sichtbaren Spektralbereich erfolgten entweder als Scans von 350 bis bis 750 nm oder bei 8 konkreten Wellenlängen (415, 473, 525, 545, 565, 580, 625, 730 nm) in der von REICHARDT u.a. (2001) beschriebenen Weise.

Das intramuskuläre Fett konnte durch einstündige Einwirkung einer siedenden Chloroform-Methanol-Mischung (3:1, v/v) auf etwa 10 g homogenisiertes, mit Seesand intensiv verriebenes und bei 104 °C getrocknetes Fleisch nahezu vollständig extrahiert werden. Es folgte eine Filtration der abgekühlten Extraktionsmischung über ein mittelhartes Rundfilter und Trichter (jeweils 150 mm Durchmesser) in einen 500 ml Scheidetrichter. Extraktionskolben und Filter sind mit ca. 10 ml Chloroform-Methanol-Mischung nachgespült worden. Nach der Zugabe von 50 ml einer 12,5 %igen (ca. 0,4 M) Lösung von Natriumsulfatdekahydrat wurden beide Phasen 30 Sekunden intensiv miteinander geschüttelt. Danach blieb der Schütteltrichter bis zur vollständigen Phasenseparation ca. 2 Stunden ruhig stehen. Die obere, hauptsächlich Chloroform und das intramuskuläre Fett enthaltende Phase ist in einen vorgewogenen Kurzhalsstehkolben

mit Siedestein überführt worden. Nach Ausspülen des Schütteltrichters mit ca. 10 ml Chloroform wurde die Spülflüssigkeit mit der Chloroformphase vereinigt und die Lösung unter Vakuum bis zur Trockene eingengt (REICHARDT und MÜLLER, 1996). Die obere, Methanol, Wasser und N-haltige Extraktstoffe enthaltende Phase ist verworfen worden. 100 mg intramuskuläres Fett wurden in 2,5 ml tertiär-Butyl-Methyl-Ether gelöst. 100 µl dieser Lösung sind zur direkten Umesterung mit 100 µl Trimethylsulfoniumhydroxid (TMSH) versetzt worden (BUTTE, 1983; SCHULTE u.a., 1989; MÜLLER u.a., 1990). Die Analyse der Fettsäurezusammensetzung erfolgte mittels Kapillargaschromatographie (1 µl Injektionsvolumen) an einem Gaschromatographen des

Tabelle 2  
Materialübersicht (Survey of material)

Nr.	Genetische Konstruktion	Jahr	Geschlecht / Herkunft	n	IMF %	Haltungsform Weide	Mast	Hp <sup>6)</sup>	R <sup>6)</sup>	FS <sup>6)</sup>
1	DA x SMR	1993	Bullen, Mkh	10	5,0	x	x	-	-	x
2	FLF x SMR	1993	Bullen, Mkh	10	3,8	x	x	-	-	x
3	FLF	1994	Bullen, Mkh	24	2,9	x	x	-	-	x
4	SAL	1994	Bullen, Mkh	8	3,2	x	x	-	-	x
5	FLF x SMR	1994	Bullen, Mkh	8	3,2	x	x	-	-	x
6	SAL x SMR	1994	Bullen, Mkh	13	3,0	x	x	-	-	x
7	LIM x FLF	1995	Färsen, Fresser	6	6,0	x	x	-	-	x
8	FL	1995	Bullen, Fresser	11	4,4	-	x	-	x	x
9	MON	1995	Bullen, Fresser	20	3,0	-	x	-	x	x
10	PIN	1995	Bullen, Mkh	15	3,2	-	x	x	x	x
11	SAL	1995	Bullen, Mkh	5	3,4	-	x	x	x	x
12	GAL	1995	Ochsen, Mkh	7	2,2	x	-	x	x	x
13	Kreuzungen <sup>4)</sup>	1995	Bullen, Fresser	10	4,1	-	x	-	-	x
14	Kreuzungen <sup>4)</sup>	1996	Färsen, Fresser	12	4,3	-	x	-	-	x
15	LIM x MH	1996	Bullen, Fresser	10	4,1	-	x	-	x	x
16	Kreuzungen <sup>4)</sup>	1996	Bullen, Fresser	10	4,0	-	x	-	x	x
17	CHA x SAL	1996	Bullen, Mkh	10	4,0	-	x	-	x	x
18	CHA x SAL <sup>5)</sup>	1996	Färsen, Mkh	24	5,2	-	x	x	x	-
19	CHA x SAL <sup>5)</sup>	1997	Bullen, Mkh	20	2,9	-	x	-	x	-
20	HE	1997	Bullen, Mkh	5	3,6	-	x	x	-	x
21	HE x LIM	1997	Bullen, Mkh	4	3,0	-	x	x	-	x
22	GVF	1997	Bullen, Mkh	8	1,5	x	-	-	x	-
23	GVF	1997	Bullen, Mkh	10	2,7	-	x	x	-	-
24	GVF	1998	Bullen, Mkh	5	3,4	-	x	x	-	x
25	BA x MH	1998	Bullen, Mkh	11	2,8	-	x	x	-	x
26	FLF x MH	1999	Färsen, Mkh	11	4,7	-	x	x	-	x
27	FLF x MH	1999	Bullen, Mkh	7	4,3	-	x	x	-	x
28	FLF	1999	Bullen, Mkh	23	3,7	-	x	x	-	x
29	BWB x DA	1999	Bullen, Mkh	13	2,7	-	x	x	-	x
30	BWB x DA	1999	Färsen, Mkh	8	5,1	-	x	x	-	x
31	CHA	2000	Bullen, Mkh	8	2,5	-	x	x	-	x
32	FLF	2000	Bullen, Mkh	10	2,9	-	x	x	-	x
33	BWB x DA	2000	Bullen, Mkh	11	2,6	-	x	x	-	x
34	FLF	2000	Bullen, Mkh	8	1,0	x	x	-	-	x
35	FLF	2001	Bullen, Mkh	10	1,5	-	x	-	-	x

Abkürzungen nach Rasseschlüssel:

1. Milch- und Zweinutzungsrassen: FL = Fleckvieh (milchbetont); GVF = Gelbvieh, Franken; PIN = Pinzgauer; SBT = Schwarzbunte; SMR = Schwarzbuntes Milchrind

2. Fleischrassen: BA = Blonde d' Aquitaine; BWB = Blauweiße Belgier; CHA = Charolais; DA = Deutsch Angus; FLF = Fleckvieh-Fleisch; GAL = Galloway; HE = Hereford; LIM = Limousin; MON = Montbeliard; SAL = Salers

3. Sonstige Abkürzungen: Fresser = zugekaufte Absetzer; MH = Masthybrid (Fleischrind x Milchrind); Mkh = Kälber aus der Mutterkuhhaltung; IMF = intramuskuläres Fett

<sup>4)</sup> = verschiedene Herkünfte oder Kreuzungen Fleischrind x Milchrind

<sup>5)</sup> = Halbgeschwistergruppen

<sup>6)</sup> Hp = Hämpigmentgehalt; R = Reflexionsmessung; FS = Fettsäurezusammensetzung;

Typs VARIAN STAR 3400. Die Auswertung beruht auf der Methode der externen Kalibration unter Nutzung eines inneren Standards (C15:0 oder teilweise auch C17:0). In die Auswertung sind die Fettsäuren C12:0, C14:0, C14:1, C15:0, C15:1, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1 (alle Isomere, anfänglich getrennte Erfassung von cis- und trans-Isomeren), C18:2 (alle Isomere), C18:3, C20:0, C20:1, C20:4 und C22:0 einbezogen worden. Einige dieser Fettsäuren wurden nur zeitweise bei der Analyse berücksichtigt: C12:0, C15:0, C15:1, C17:1, C18:1-Isomere, C20:0, C20:1, C20:4, C22:0. Die Angaben zu den Fettsäurenanteilen beziehen sich auf Masse-%. Die statistische Auswertung aller Daten erfolgte mit Hilfe des Programmpaketes SPSS 10.0 für Windows.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1. Hämpigmentgehalt

Die in Tabelle 3 wiedergegebenen Daten zeigen, dass beim Rind der Hämpigmentgehalt mit etwa 9 mg/g Frischfleisch wesentlich höher ist als beim Schwein (ca. 1 mg/g; REICHARDT u.a., 2001). Die Werte überschreiten auch die in Tabelle 1 zusammengefassten Literaturangaben zur Hämpigmentkonzentration in Rindfleisch, soweit ihnen die Analysenverfahren von POEL (1949), DRABKIN (1950) oder WIERBICKI (1955) zugrunde liegen. Die auf den Methoden von HORNSEY (1956) oder TROUT (1991) beruhenden Daten in Tabelle 1 (FRANKE und SOLBERG, 1971; DE VORE und SOLBERG, 1974; GARRIDO u.a., 1994) stimmen in der Größenordnung mit den in dieser Erhebung erzielten Ergebnissen zum Hämpigmentgehalt im M.l.d. von adulten Rindern und Kälbern gut überein. Zwischen den zwölf geprüften genetischen Konstruktionen sowie zwischen den Geschlechtern / Kategorien (Kälber << Ochsen  $\approx$  Färse < Bullen) bestanden nach den Ergebnissen der multiplen Varianzanalyse teilweise signifikante Unterschiede im Gehalt an Hämpigment. Die mit Getreide gemästeten FVF-Bullen wiesen statistisch gesichert einen um fast 3 mg/g höheren Hämpigmentgehalt auf als die mit Maissilage gemästeten. Die mit Getreide gemästeten FVF-Masthybrid-Bullen und -Färse besaßen innerhalb ihrer Geschlechter jeweils die höchsten Anteile an Hämpigment. Es ergab sich eine signifikante Abstufung im Hämpigmentgehalt:

Getreidemast > Weidemast > Mast mit Maissilage / Kraftfutter.

Der Wertebereich der ermittelten Hämpigmentkonzentrationen schwankte bei adulten Tieren extrem zwischen 4,6 und 15 mg/g Frischfleisch. Fleischproben unter 7 mg/g waren hellrot, während Proben oberhalb von 12 mg/g eine dunkel- bis braunrote Farbe aufwiesen. Aus der visuellen Bewertung der Farbe von zerkleinerten Rinder-M.l.d.-Proben kann vorläufig ein Optimalbereich von 7 - 12 mg Hämpigment/g Frischfleisch empfohlen werden, der nur von drei Bullengruppen unterschritten wurde (SAL, BWB x DA, PIN). Kalbfleisch besaß erwartungsgemäß einen niedrigeren Pigmentgehalt als das Fleisch von adulten Rindern.

Zur Orientierung über die Variation des die Fleischfarbe mitbestimmenden Merkmals Gesamteisengehalt wurde dieser bei 12 Proben aus dem M.l.d. von Bullen der Thüringer LPA erfasst (Tab. 3). Es konnte ein für die Muskulatur der Tierart Rind plausibler Mittelwert von 20,2 mg Eisen / kg Frischmasse ermittelt werden. Der Unterschied zwischen Minimum (11,6 mg/kg) und Maximum (28,0 mg/kg) des Eisengehaltes der zufällig erhobenen Stichprobe ist aber groß.

Tabelle 3

Hämpigment- und Gesamteisengehalt im M.l.d. bei Kalb und adultem Rind (Haempigment and total iron content of m.l.d. in calves and adult cattle)

Geschlecht / Kategorie / Mastform Genetische Konstruktion	Ifd. Nr.	mg Hämpigment / g Frischfleisch			
		n	x	s	s %
Getreidemast		41	10,411	1,966	18,88
Mast mit Maissilage / Kraftfutter		122	8,055	1,926	23,90
Weidemast		7	8,918	1,330	14,91
Bullen		124	8,858	2,272	25,65
Salers	11	5	6,287	1,537	24,45
Blauweiße Belgier x Deutsch-Angus	29	13	9,040	1,723	19,06
Blauweiße Belgier x Deutsch-Angus	33	11	5,817	1,647	28,31
Pinzgauer	10	15	7,804	1,284	16,45
Charolais	31	5	8,226	1,284	15,61
Blonde d'Aquitaine x Masthybrid	25	11	8,640	1,136	13,15
Fleckvieh-Fleisch (Maissilage)	32	10	7,259	2,430	33,48
Fleckvieh-Fleisch (Getreide)	28	23	10,040	1,522	15,16
Herford x Limousin	21	4	9,280	0,357	3,85
Gelbvieh, Franken	23	10	10,166	1,128	11,10
Gelbvieh, Franken	24	5	9,030	1,286	14,24
Herford	20	5	10,606	1,055	9,95
Fleckvieh-Fleisch x Masthybrid (Getreide)	27	7	13,112	1,890	14,41
Ochsen (Galloway)	12	7	8,918	1,330	14,91
Färßen		39	8,817	1,738	19,71
Charolais x Salers	18	24	8,548	1,443	16,88
Blauweiße Belgier x Deutsch-Angus	30	4	8,645	1,372	15,87
Fleckvieh-Fleisch x Masthybrid (Getreide)	26	11	9,468	1,349	14,25
alle adulten Tiere		170	8,663	2,156	24,89
Kälber (Schwarzbunte)	*)	8	3,845	0,778	20,23
Genetische Konstruktion der Bullen		mg Gesamteisen / kg Frischfleisch			
		n	x	s	s %
Blonde d'Aquitaine		3	14,37	2,95	20,53
Fleckvieh-Fleisch		5	22,30	3,91	17,53
Schwarzbunte		4	22,00	4,63	21,05
alle Tiere		12	20,22	5,05	24,98

\*) parallel wurden auch Reflexionsmessungen vorgenommen; Masthybrid = Fleischrind x Milchrind

### 3.2. Reflexionsmessungen

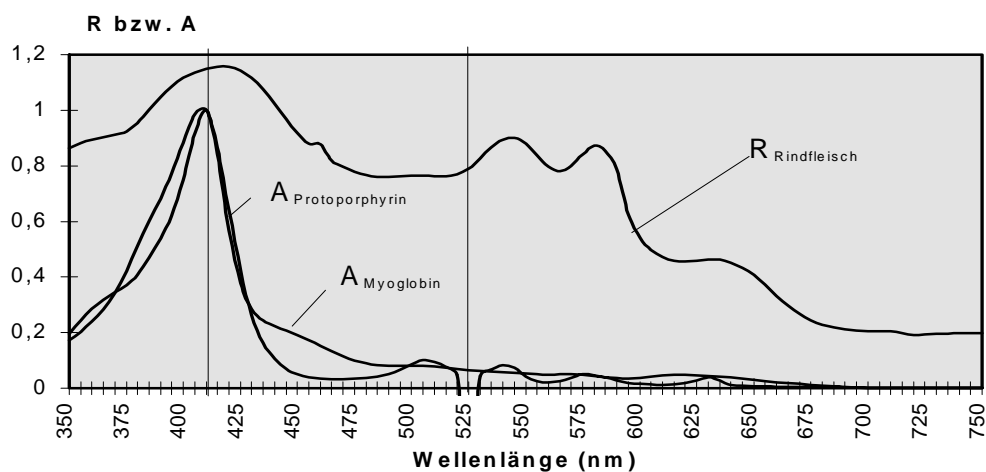


Abb.: Reflexionsspektrum (R = Reflektanz) eines homogenisierten M.l.d. vom Rind sowie Absorptionsspektren (A = Absorbanz) von Protoporphyrin (eisenfrei) und von Myoglobin (enthält Eisen) in TROUTschem Extraktionspuffer (Spectra of reflection (R = reflectance) of homogenized m.l.d. from cattle as well as spectra of absorption (A = absorbance) of protoporphyrine (iron-free) and of myoglobin (contains iron) in extraction buffer according to TROUT)

In der Abbildung ist ein typisches Reflexionsspektrum von homogenisiertem Rindfleisch den Absorptionsspektren der Lösungen von eisenfreiem Protoporphyrin und Myoglobin gegenübergestellt. Die starke Absorption im Protoporphyrinspektrum bei ca. 410 nm belegt, dass sowohl bei der Häm pigmentgehaltsbestimmung nach TROUT (1991; Messgröße:  $A^{409} - 2,68 * A^{730}$ ) als auch bei den Reflexionsmessungen um 415 nm eisenfreies Protoporphyrin als Farbstoff miterfasst wird, während bei 525 nm nur die eisenhaltigen Porphyrin-Proteinkomplexe (Hämoglobin, Myoglobin und deren oxidierte Molekülformen) absorbieren. Im Gegensatz zu den Reflexionsmessungen an der Fleischoberfläche wird bei der extraktiven Häm pigmentanalyse nach TROUT außerdem die Gesamtzahl der Farbzentren in einer Fleischprobe ermittelt. Demgemäß weisen die Absorbanzwerte der Häm pigmentlösungen größere Variationskoeffizienten auf als die Reflektanzwerte. In Tabelle 4 sind die zur Charakterisierung der Fleischqualität wichtigen Reflektanzwerte  $R^\lambda$  von verschiedenen Tiergruppen dieser Erhebung zusammengestellt worden. Aus den Reflexionsdaten konnten nach KRZYWICKI (1979) die relativen Anteile der verschiedenen Myoglobinmolekülformen an der Fleischoberfläche berechnet werden. Bei den Bullengenotypen lagen zum Messzeitpunkt im Durchschnitt 15,7 % Myoglobin, 57,9 % Oxymyoglobin und 26,5 % Metmyoglobin vor. Für die Färsengruppe ergaben sich Anteile von 18,3 % Myoglobin, von 59,6 % Oxy- sowie von 22,2 % Metmyoglobin. Diese Anteile entsprechen in der Größenordnung den Angaben für das Fleisch von Fleckvieh-Jungbullen (AUGUSTINI und FREUDENREICH, 1998), während die Kalbfleischproben ein Verhältnis von 12,1 % Myoglobin, 50,3 % Oxy- und 37,6 % Metmyoglobin aufwiesen. Die Reflexionsmaxima bei 415, 545 und 580 nm charakterisieren mit dem Minimum bei 565 nm die Fleischfarbe der Proben. Aussagekräftig ist besonders  $R^{525}$ . Bei der Wellenlänge 525 nm besitzen alle drei Myoglobinmolekülformen annähernd den gleichen molaren Absorptionskoeffizienten (MILLAR u.a., 1996).  $R^{525}$  kann daher zur Berechnung des Gesamtmyoglobingehaltes herangezogen werden (STEWART u.a., 1965). Zwischen dem an der Fleischoberfläche gemessenen Reflexionswert  $R^{525}$  und dem Häm pigmentgehalt wurden Zusammenhänge nachgewiesen:

Bullen (n = 20, zwei Rassen) -  $r = 0,75$  (P = 0,99);

Färsen (n = 24, eine Rasse) -  $r = 0,73$  (P = 0,99).

Die Reflektanz bei 525 nm sinkt bei den Gruppen mit männlichen Tieren (n = 5 und mehr) in der Reihe GAL > GVF > MON > LIM x MH > SBT > PIN > FL > SAL > CHA x SAL und bei den Geschlechtern / Kategorien in der Folge Ochsen > Bullen > Färsen > Kälber ab. Diese Abstufung charakterisiert einen abnehmenden Gesamtmyoglobingehalt und damit nach BECK (1992) eine zunehmende Fleischzarterheit, weil in den ersten 24 Monaten bei Rindern der Myoglobinanteil parallel mit den Querverbindungen zwischen den Kollagenfasern des Bindegewebes anwachsen soll. Die beiden Halbgeschwistergruppen Charolais x Salers (n = 24 Färsen sowie n = 20 Bullen; Nr. 18 und 19) weisen ähnliche Werte für  $R^{415}$  auf, während  $R^{525}$  bei den 24 CHA x SAL-Färsen signifikant niedriger ist als bei den beiden CHA x SAL-Bullengruppen. Bei Unterteilung der Tiere nach Mastform ergab sich, dass bei Weidehaltung  $R^{525}$ ,  $R^{545}$ ,  $R^{565}$  und  $R^{580}$  signifikant (P = 0,999) über denen der Stallmast lagen. Die Bullen waren in den gleichen Reflexionswerten den Färsen signifikant überlegen.  $R^{415}$  unterschied sich zwischen Mast- und Weidetieren oder den Geschlechtern nicht signifikant, was auf vergleichbare Anteile von eisenfreiem Protoporphyrin zurückgeführt werden könnte. Die wechselnde Rangfolge der verschiedenen R-Werte (Tab. 4) offenbart, dass



die Reflexionsmessung im sichtbaren Spektralbereich in der Lage ist, zusätzlich zur extraktiven Hämpigmentgehaltsanalyse wertvolle Informationen zur Fleischqualität zu erbringen, da ihre Parameter mehr den visuellen Eindruck der Fleischfarbe widerspiegeln. Bei Bedarf können aus den Reflexionsspektren nach APORTA u.a. (1996) auch die Farbkennwerte  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  berechnet werden.

Tabelle 4

Ergebnisse von Reflexionsmessungen am M.l.d. vom Kalb und adultem Rind (Results of reflection measurements on m.l.d. of calves and adult cattle)

Geschlecht / Kategorie Mastform Genetische Konstruktion			R <sup>415</sup>	R <sup>473</sup>	R <sup>525</sup>		R <sup>545</sup>	R <sup>565</sup>	R <sup>580</sup>	R <sup>625</sup>		
	Ifd.Nr.	n	x	x	x	s	x	x	x	x		
Mast mit Maissilage / Kraftfutter			129	1,210	0,667	0,831	0,079	0,949	0,833	0,936	0,402	
Weidemast			15	1,194	0,830	0,943	0,035	1,044	0,941	1,023	0,414	
Bullen			110	1,213	0,802	0,856	0,069	0,974	0,859	0,962	0,467	
	Charolais x Salers	17	10	1,176	0,595	0,799	0,055	0,917	0,800	0,899	0,415	
	Charolais x Salers	19	20	1,172	0,726	0,782	0,055	0,903	0,785	0,894	0,400	
	Salers	11*)	5	1,208	0,781	0,821	0,026	0,938	0,816	0,926	0,444	
	Fleckvieh(Milch)	8	11	1,212	0,792	0,855	0,071	0,989	0,874	0,978	0,452	
	Pinzgauer	10*)	15	1,275	0,822	0,868	0,036	0,987	0,872	0,974	0,481	
	Kreuzungen	16	10	1,217	0,821	0,871	0,047	0,975	0,861	0,954	0,502	
	Limousin x MH	15	10	1,241	0,841	0,886	0,074	1,008	0,891	1,007	0,496	
	Montbeliard	9	20	1,232	0,850	0,903	0,047	1,032	0,920	1,026	0,492	
	Gelbvieh(Franken)	22	8	1,165	0,874	0,926	0,039	1,018	0,908	0,995	0,565	
	Herford	-	1	1,227	0,873	0,926	-	1,019	0,905	0,994	0,541	
Ochsen (GAL)			12	7	1,227	0,908	0,963	0,017	1,073	0,978	1,054	0,562
Färsen			27	1,185	0,709	0,755	0,075	0,867	0,749	0,845	0,409	
	Charolais x Salers	18*)	24	1,180	0,696	0,737	0,056	0,849	0,727	0,829	0,396	
	Charolais x Salers	-	3	1,227	0,809	0,898	0,050	1,007	0,926	0,973	0,516	
alle adulten Tiere			144	1,208	0,684	0,842	0,083	0,959	0,844	0,945	0,403	
Kälber			24	1,159	0,641	0,649	0,158	0,738	0,640	0,696	0,428	
	Schwarzbunte	*)	8	1,152	0,623	0,649	0,068	0,691	0,594	0,636	0,430	
	Schwarzbunte		15	1,158	0,641	0,679	0,073	0,747	0,649	0,710	0,423	
	Highland		1	1,227	0,783	0,840	-	0,947	0,851	0,929	0,494	

R = 2 - log % Reflektanz (STEWART u.a., 1965; DEMOS u.a., 1996); bei den mit \*) gekennzeichneten Tieren liegen auch Angaben zu Hämpigmentkonzentrationen vor; die Schwarzbuntkälber gehören alle zu einer Aufzuchtgruppe; MH = Masthybrid (Fleischrind x Milchrind); GAL = Galloway

### 3.4. Fettsäurezusammensetzung des IMF

Die in Tabelle 5 ausgewiesenen Ergebnisse zeigen, dass die Laurinsäure (C12:0) mit einem Anteil von ca. 2 % in die Analyse des Fettsäuremusters des IMF von Rinder-M.l.d. einbezogen werden muss. Die gefundenen Gehalte überschreiten die von TERRELL u.a. (1968) sowie von FRENCH u.a. (2000) angeführten C12:0-Werte um 0,1 % deutlich. Die Anteile an den gesättigten Fettsäuren C14:0, C16:0, C18:0 sowie an SFA oder UFA (Tab. 5) entsprechen der aus der Literatur entnehmbaren Schwankungsbreite für die Fettsäurezusammensetzung von bovinem M.l.d.-IMF. Die gesättigten Minorfettsäuren C15:0 (innerer Standard C17:0), C17:0 (innerer Standard C15:0), C20:0 und C22:0 sind am IMF mehr oder weniger beteiligt und wurden nicht bei allen Tieren bestimmt. Sieben Bullengruppen überschritten bei C18:0 einen Anteil von 20 %. Bei Qualitätslammfleisch hat die CMA (1993) diesen Grenzwert zum Schutz gegen talgigen Geschmack vorgegeben.

WENK und PRABUCKI (1990) schlugen zur Sicherung der Oxidationsstabilität tierischer Fette vor, dass die Anteile an Dien-, Trien- und Tetraenfettsäuren, die Summe

von ungesättigten Fettsäuren (UFA) sowie von Polyenfettsäuren (PUFA)  $< 10$ ;  $< 1$ ;  $< 0,5$ ;  $< 59$  und  $< 12$  % sein sollten. Bei der Trienfettsäure C18:3 erreichen die FVF-Gruppe 3 sowie SAL-Gruppe 4 im IMF den Grenzwert und die Galloway-Ochsen sowie die FVF-Bullen der Gruppe 34 überbieten ihn sogar beträchtlich (Tabelle 6). Der auffällig hohe Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, der niedrige IMF-Gehalt bei der Tiergruppe 34 und die Ergebnisse von BLUNK (1990) legen nahe, dass bei diesen Bullen das Fettsäurenmuster von den M.l.d.-Phospholipiden stark mitbestimmt wird. Bullen der Kreuzungsprodukte DA x SMR, FLF x SMR, SAL x SMR sowie der Rassen FLF und SAL übertreffen bei der Tetraenfettsäure C20:4 den Grenzwert von 0,5 %. Ungesättigte Minorfettsäuren wie C15:1, C17:1 und C20:4 konnten nur für einige Tiergruppen erfasst werden. Von einem Teil der Tiergruppen (n = 98 Tiere) sind auch die Summen der C18:1cis- und C18:1trans-Fettsäuren ermittelt worden. Der Absolutanteil an den ernährungsphysiologisch negativ bewerteten C18:1trans-Fettsäuren schwankte zwischen 0,8 und 3,3 Masse-% und entspricht damit Angaben von LABORDE u.a. (2001) für M.l.d.-IMF bei Mastochsen (Simmentaler 2,6 %; Rote Angus 2,8 %). Die Unterschiede im C18:1trans-Anteil zwischen den Bullengruppen waren statistisch ebenso gesichert wie der Quotient C18:1cis / C18:1trans, der zwischen 9,7 und 68,9 variierte. Die Tiergruppen mit partieller Weidemast (FLF x SMR, SAL x SMR, FLF, SAL) wiesen durchschnittliche C18:1trans-Anteile um 3 Masse-%, aber niedrige C18:1cis / C18:1trans-Quotienten um 11 auf. Die Differenz zwischen Maxima und Minima der Fettsäurenkennwerte nahm bei den Tiergruppen in der Reihenfolge SFA  $\gg$  MUFA  $>$  C18:1  $>$  UFA  $>$  C18:0  $>$  PUFA  $>$  C16:0  $>$  C18:2  $\gg$  alle anderen Fettsäuren ab. Statistisch gesicherte Unterschiede (P = 0,99) fanden sich zwischen Bullen und Färsen nur bei C18:0, C18:2, C18:3, PUFA, dem Quotienten PUFA / SFA sowie dem Verhältnis von n6- zu n3-Fettsäuren. Zwischen den Mastformen ergaben sich signifikante Abstufungen (P = 0,99) bei folgenden Fettsäurenkennwerten:

Getreide zu Maissilage / Kraftfutter: C12:0, C16:0, C16:1, C17:1; C18:0, SFA;

Getreide zu Weide: C12:0, C14:0, C16:0, C16:1, C17:0, C18:0, SFA;

Weide zu Maissilage / Kraftfutter: C18:1, C18:3, UFA, MUFA, PUFA, PUFA / SFA.

Ernährungsphysiologisch sind zur Beurteilung der Fettqualität der Quotient aus dem Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren und gesättigter Fettsäuren (PUFA / SFA) sowie der Quotient aus den Anteilen von n6- und n3-Fettsäuren (n6 / n3) von Bedeutung. In der menschlichen Nahrung gelten Quotienten von 0,7 (PUFA / SFA) oder von 5 (n6 / n3) als optimal. Die Daten für diese Quotienten können der Tabelle 7 entnommen werden. Ein UFA-Gehalt im IMF von 40 Masse-% wird nur von wenigen Tiergruppen (FLF x MH, BA x MH, HE, GVF) unterschritten. Tiergruppen mit einem hohen Weideanteil an der Mastdauer (FLF x SMR, SAL x SMR, FLF (Nr. 3), SAL) wiesen hohe Quotienten PUFA / SFA auf. Während die ganzjährig in Freiland gehaltenen Galloway-Ochsen beim PUFA / SFA-Quotienten nur ein mittleres Niveau einnehmen, erreichen sie beim Verhältnis n6- zu n3-Fettsäuren mit 2,4 einen sehr günstigen Wert und bestätigen damit Angaben von STEEN und PORTER (1997), FRENCH u.a. (2000) sowie ENDER u.a. (2000a,b; 2001) über die positive Wirkung von Weidegras auf den n6- / n3-Quotienten im Muskelfett von Rindern. Das Verhältnis der Summe gesättigter zur Summe ungesättigter Fettsäuren schwankte im M.l.d.-IMF zwischen 1,76 und 0,91, was die Möglichkeit belegt, auch beim Rind die Zusammensetzung dem

## Verzehr unterliegender tierischer Fette im Sinne der Humanernährungsphysiologie günstig zu gestalten.

Tabelle 5

Prozentuale Fettsäurezusammensetzung (Masse-%) von IMF aus dem M.l.d. von Bullen, Ochsen und Färsen verschiedener Rassen und deren Kreuzungsprodukten (Fatty acid percentage (mass-%) of IMF from m.l.d. of bulls, steers and heifers from different breeds and their crossbreeds)

Mastform Geschlecht Genetische Konstruktion	Masse-%		C12:0	C14:0	C16:0	C17:0	C18:0	SFA *	UFA **
	Nr	n	x	x	x	x	x	x	x
Getreide		41	3,1	3,4	32,1	1,5	19,0	59,4	40,6
Maissilage ***		184	2,1	3,2	28,1	1,5	17,9	52,4	43,4
Stroh/Getreide		10	2,0	4,5	29,4	1,0	24,2	61,6	38,4
Weide		80	1,6	2,8	26,2	1,1	17,4	47,6	46,6
Bullen		297	2,2	3,1	28,2	1,4	18,5	52,8	43,6
DA x SMR	1	10	-	3,0	26,8	0,9	17,3	48,0	47,1
FLF x SMR	2	10	-	3,1	27,2	0,9	17,6	48,7	46,4
FLF x SMR	5	8	-	2,6	26,2	1,0	17,5	47,3	47,5
SAL x SMR	6	13	-	2,8	26,6	0,9	16,7	47,0	47,8
FL	8	11	-	3,9	27,4	1,3	15,9	48,5	44,4
FLF	3	24	-	2,5	25,2	1,0	18,4	47,1	47,4
FLF	28	23	2,8	3,2	31,5	1,6	19,6	58,9	41,0
FLF	32	10	1,6	3,2	29,1	2,0	19,2	55,5	44,4
FLF	34	8	1,8	2,9	27,2	1,9	23,5	58,2	41,7
FLF	35	10	2,0	4,5	29,4	1,0	24,2	61,6	38,4
FLF x MH	27	7	3,5	3,6	32,9	1,4	19,0	60,6	39,4
LIM x MH	15	10	2,2	2,7	26,4	0,8	18,3	50,4	45,5
BA x MH	25	11	3,2	3,1	30,1	2,3	23,5	62,5	37,5
BWB x DA	29	13	2,0	3,3	30,3	1,7	21,8	59,3	40,3
BWB x DA	33	11	1,5	2,9	28,4	1,9	17,1	52,3	47,7
HE x LIM	21	4	3,3	3,0	31,3	2,1	19,6	59,7	40,3
CHA x SAL	17	10	2,1	3,1	27,2	0,8	18,1	51,4	44,8
Kreuzungen	13	10	2,0	2,9	25,6	0,9	16,2	47,7	44,5
Kreuzungen	16	10	-	3,0	27,0	1,0	16,6	47,5	47,0
SAL	4	8	-	2,9	26,0	1,0	17,0	46,8	46,7
SAL	11	5	1,4	3,7	27,6	2,0	14,1	48,8	42,0
MON	9	20	-	3,3	26,2	1,1	17,3	47,9	43,4
PIN	10	15	1,7	3,5	26,6	2,2	14,0	48,1	42,8
HE	20	5	3,4	3,3	31,9	1,4	20,6	60,9	39,1
GVF	24	5	3,1	3,2	29,5	2,4	25,3	63,8	36,2
CHA	31	8	1,4	3,1	29,0	1,9	21,0	57,0	43,0
SBT ****	-	18	2,1	3,2	32,8	1,7	19,4	59,5	40,5
Ochsen – GAL	12	7	1,6	3,1	26,9	2,5	15,5	49,6	40,3
Färsen		37	2,7	3,4	29,9	1,3	16,0	53,2	43,9
LIM x FLF	7	6	2,0	3,8	25,9	0,9	12,4	43,7	48,1
Kreuzungen	14	12	2,5	2,8	27,6	1,0	15,2	49,1	45,9
FLF x MH	26	11	3,3	3,8	32,8	1,6	17,8	59,6	40,7
BWB x DA	30	8	2,3	3,6	32,3	1,6	17,6	57,7	42,1
alle Tiere		341	2,3	3,2	28,4	1,4	18,2	52,8	43,5
Gruppen-Maximum			3,5	4,5	32,9	2,5	25,3	63,8	48,1
Gruppen-Minimum			1,4	2,5	25,2	0,8	14,0	43,7	36,2
gesättigte Minorfettsäuren			C15:0		C20:0		C22:0		
n	x		117	0,4	146	0,3	146	0,1	

SFA = Summe der gesättigten Fettsäuren (\* unter Einbeziehung von C15:0, C20:0 und C22:0); UFA = Summe der ungesättigten Fettsäuren (\*\* unter Einbeziehung von C15:1, C17:1, C20:1 und C20:4); \*\*\* = Maissilage + Kraftfutter; \*\*\*\* = Leguminosen-Fütterungsversuch von LÖHNERT u.a. (2000); Kreuzungen = Bullen bzw. Färsen verschiedener genetischer Konstruktion Fleischrind x Milchrind; Abkürzungen der genetischen Konstruktionen wie in der Tabelle 2

Tabelle 6

Prozentuale Fettsäurezusammensetzung (Masse-%) von IMF aus dem M.l.d. von Bullen, Ochsen und Färsen verschiedener Rassen und deren Kreuzungsprodukten (Fatty acid percentage (mass-%) of intramuscular fat from m.l.d. of bulls, steers and heifers from different breeds and their crossbreeds)

Mastform Geschlecht Genetische Konstruktion	Masse-%		C14:1	C16:1	C18:1	MUFA *	C18:2	C18:3	PUFA **		
	Nr	n	x	x	x	x	x	x	x		
Getreide		41	0,6	4,6	30,8	37,1	3,0	0,5	3,5		
Maissilage***		184	0,5	3,4	34,4	38,5	4,3	0,6	4,9		
Stroh/Getreide		10	0,5	3,4	27,4	32,0	5,8	0,6	6,4		
Weide		80	0,5	2,7	37,4	40,5	5,1	0,9	6,1		
Bullen		297	0,5	3,4	34,1	38,3	4,6	0,7	5,3		
DA x SMR	1	10	0,6	2,8	40,0	43,4	3,1	0,6	3,7		
FLF x SMR	2	10	0,5	2,9	38,6	42,0	3,7	0,6	4,3		
FLF x SMR <sup>ct</sup>	5	8	0,4	2,7	38,0	41,1	5,5	0,9	6,4		
SAL x SMR <sup>ct</sup>	6	13	0,5	3,0	38,2	41,7	5,3	0,9	6,2		
FL <sup>ct</sup>	8	11	0,3	3,1	35,8	39,2	4,7	0,6	5,2		
FLF <sup>ct</sup>	3	24	0,4	2,5	36,9	39,8	6,6	1,0	7,6		
FLF	28	23	0,6	4,4	30,7	36,8	3,5	0,7	4,2		
FLF	32	10	0,8	4,3	31,9	37,8	5,8	0,8	6,7		
FLF	34	8	0,3	3,4	26,3	31,1	7,5	2,9	10,5		
FLF	35	10	0,5	3,4	27,4	32,0	5,8	0,6	6,4		
FLF x MH	27	7	0,6	4,6	29,8	36,0	3,1	0,3	3,4		
LIM x MH	15	10	-	2,3	37,3	39,6	5,5	0,4	5,9		
BA x MH	25	11	0,5	3,1	29,6	33,9	3,3	0,4	3,7		
BWB x DA	29	13	0,5	3,6	30,5	35,3	4,4	0,7	5,1		
BWB x DA	33	11	0,8	5,0	34,2	40,9	6,1	0,7	6,8		
HE x LIM	21	4	0,7	4,1	31,4	37,2	2,8	0,4	3,2		
CHA x SAL	17	10	-	2,6	38,0	40,7	3,8	0,3	4,1		
Kreuzungen <sup>ct</sup>	13	10	-	3,0	36,6	39,6	4,3	0,5	4,8		
Kreuzungen	16	10	0,5	3,0	38,0	41,5	4,8	0,7	5,5		
SAL <sup>ct</sup>	4	8	0,5	2,8	37,1	40,4	5,3	1,0	6,3		
SAL	11	5	-	3,6	34,5	38,1	3,4	0,5	3,9		
MON <sup>ct</sup>	9	20	0,3	2,4	33,9	36,7	6,0	0,8	6,7		
PIN	10	15	-	3,3	34,8	38,1	4,0	0,7	4,7		
HE	20	5	0,8	4,3	30,5	36,4	2,4	0,4	2,8		
GVF	24	5	0,5	2,9	28,3	32,3	3,4	0,4	3,8		
CHA	31	8	0,5	3,9	30,7	35,9	6,2	0,8	7,0		
SBT****	-	18	0,7	4,7	31,8	37,8	2,2	0,4	2,6		
Ochsen – GAL	12	7	-	2,9	31,5	34,4	4,1	1,8	5,9		
Färsen		37	0,7	4,2	36,2	41,3	2,2	0,4	2,6		
LIM x FLF	7	6	0,8	4,9	40,3	45,7	2,0	0,4	2,4		
Kreuzungen	14	12	-	3,0	39,6	42,6	2,9	0,4	3,4		
FLF x MH	26	11	0,7	5,0	31,8	38,5	1,9	0,3	2,2		
BWB x DA	30	8	0,7	4,4	34,0	39,9	1,8	0,4	2,2		
alle Tiere		341	0,5	3,4	34,3	38,5	4,3	0,7	5,0		
Gruppen-Maximum			0,8	5,0	40,3	45,7	6,6	3,6	12,8		
Gruppen-Minimum			0,1	2,3	26,8	31,1	1,8	0,3	2,2		
Ungesättigte Minorfettsäuren				C15:1		C17:1		C20:1		C20:4	
n		x		58	0,2	146	0,8	6	0,3	153	0,6

C18:1 = Summe von Ölsäure und anderer C18:1-Isomere; MUFA = Summe der monounsättigten Fettsäuren (\* unter Einbeziehung von C15:1, C17:1 und C20:1); PUFA = Summe der polyunsättigten Fettsäuren (\*\* unter Einbeziehung von C20:4); <sup>ct</sup> = Tiere, bei denen C18:1cis- und C18:1trans-Isomere erfasst wurden; die Abkürzungen der genetischen Konstruktionen sowie sonstige Anmerkungen entsprechen den Angaben in den Tabellen 2 und 5

Varianzanalysen (F-Tests) ergaben die in Tabelle 8 zusammengefassten signifikanten Einflüsse des IMF-Gehaltes, des Geschlechtes / der Kategorie, der genetischen Konstruktion sowie der Mastform auf die Fettsäurenanteile und daraus abgeleiteter Kennwerte. Während bei fast allen erfassten Fettsäurenanteilen und Fettkennwerten signifi-

kante Abhängigkeiten von der Mastform und der genetischen Konstruktion der Tiere bestanden, wirkten sich IMF-Gehalt und Geschlecht / Kategorie nur auf einen Teil der Parameter aus. Zwischen der Stallmast mit Maissilage oder Getreide fanden sich oft gesicherte Unterschiede. Die Getreidemast begünstigte höhere Anteile an gesättigten Fettsäuren im IMF. Der IMF-Gehalt des M.l.d. korrelierte gesichert positiv zu den Anteilen an C12:0, C14:0, C14:1, C16:0, C16:1, C17:1, C18:1, MUFA und PUFA sowie gesichert negativ zu den Anteilen an C17:0, C18:0, C18:2, C18:3, C20:0, C20:4, C22:0 und zu den Quotienten PUFA / SFA und n6 / n3.

Tabelle 7

Quotienten PUFA- / SFA-Masse-% und n6- / n3-Fettsäuren-Masse-% von IMF aus dem M.l.d. von Bullen, Ochsen und Färsen verschiedener Rassen und deren Kreuzungsprodukten (Quotients PUFA- / SFA-mass-% and n6- / n3-fatty acids-mass-% of intramuscular fat from m.l.d. of bulls, steers and heifers from different breeds and their crossbreeds)

Geschlecht Genetische Konstruktion	n	PUFA / SFA x	n6 / n3 x	Mastform Genetische Konstruktion	n	PUFA / SFA x	n6 / n3 x
Getreide	41	0,068	7,6	Stroh/Getreide	10	0,104	10,8
Maissilage***	184	0,104	8,2	Weide	80	0,129	5,9
Bullen	297	0,103	7,6	Kreuzungen	10	0,102	7,6
DA x SMR	10	0,077	5,7	Kreuzungen	10	0,116	7,3
FLF x SMR	10	0,090	5,9	SAL	8	0,136	5,3
FLF x SMR	8	0,137	6,2	SAL	5	0,121	7,0
SAL x SMR	13	0,132	6,4	MON	20	0,142	8,7
FL	11	0,108	8,1	PIN	15	0,098	6,8
FLF	24	0,164	7,0	HE	5	0,046	5,8
FLF	23	0,071	6,9	GVF	5	0,060	8,4
FLF	10	0,121	6,9	CHA	8	0,125	7,8
FLF	8	0,174	2,6	SBT ****	18	0,044	5,2
FLF	10	0,104	10,8				
FLF x MH	7	0,056	10,0	Ochsen - GAL	7	0,121	2,4
LIM x MH	10	0,118	13,6	Färsen	37	0,050	6,4
BA x MH	11	0,059	9,0	LIM x FLF	6	0,055	5,5
BWB x DA	13	0,086	6,1	Kreuzungen	12	0,069	6,9
BWB x DA	11	0,129	8,6	FLF x MH	11	0,036	7,8
HE x LIM	4	0,053	6,7	BWB x DA	8	0,038	4,1
CHA x SAL	10	0,080	12,5	alle Tiere	341	0,098	7,3

n6-Fettsäure = C18:2 (C20:4 wurde nicht berücksichtigt); n3-Fettsäure = C18:3; die Abkürzungen der genetischen Konstruktionen sowie sonstige Anmerkungen entsprechen den Angaben in den Tabellen 2, 5 und 6

Tabelle 8

Korrelationskoeffizienten zwischen IMF-Gehalt und Merkmalen seines Fettsäurenmusters (n = 317) sowie Ergebnisse der Varianzanalyse der Einflüsse von IMF-Gehalt, Geschlecht / Kategorie und Genotyp auf das IMF-Fettsäurenmuster (Coefficients of correlation between imf content and traits of its fatty acid composition (n = 317) and results of analysis of variance to the influence of imf content, of sex or category and of genotype on the imf fatty acid pattern)

	C12:0	C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1	C18:2
r (IMF)	0,3**	0,2**	0,3**	0,2**	0,2**	- 0,2**	0,2**	- 0,3**	0,4**	- 0,7**
IMF	**	**	**	**	**			**	**	**
G/K								**	**	**
GT	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**
MF	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	C18:3	C20:0	C20:4	C22:0	SFA	UFA	MUFA	PUFA	PUFA/SFA	n6/n3
r (IMF)	- 0,4**	- 0,5**	- 0,4**	- 0,2*	- 0,1	0,1	0,5**	- 0,7**	- 0,6**	- 0,2**
IMF	**		**		*	*	**	**	**	**
G/K					**		**	**	*	*
GT	**	**	**		**	**	**	**	**	**
MF	**	**		**	**	**	**	**	**	**

G/K = Geschlecht / Kategorie; GT = Genotyp; MF = Mastform; \* = P = 0,95; \*\* = P = 0,99;

Die in Tabelle 9 wiedergegebenen Fettsäurenanteile des M.l.d.-IMF von Fleischfleckvieh- und Fleischfleckvieh-Masthybridbullen, die im selben Jahr in unterschiedlichen Mastbetrieben aufgezogen wurden, belegen anhand der nichtsignifikanten Unterschiede, dass bei vergleichbaren Haltungs- und Fütterungsbedingungen (Getreidemast), gleichem Schlachalter und Geschlecht bei genetisch ähnlichen Tieren eine fast analoge Fettsäurezusammensetzung im M.l.d.-IMF erzielt wird.

Tabelle 9

Prozentuale Fettsäurezusammensetzung (Masse-%) von IMF aus dem M.l.d. von Bullen der ähnlicher genetischer Konstruktion und gleicher Mastform bei unterschiedlichen Betrieben (Fatty acid percentage (mass-%) of intramuscular fat from m.l.d. of genetically similar bulls (Simmental) subject to the same fattening system from different farms)

Masse-% Betrieb	n	C12:0 x s	C14:0 x s	C16:0 x s	C17:0 x s	C18:0 x s	SFA x s	UFA x s
1	10	3,4 0,4	3,6 0,5	32,5 1,3	1,4 0,2	18,9 2,8	60,1 2,2	39,9 2,2
2	10	3,4 0,5	3,4 0,6	32,2 1,1	1,3 0,2	18,4 2,7	59,0 1,9	41,0 1,9
Masse-% Betrieb	n	C14:1 x s	C16:1 x s	C18:1 x s	C18:2 x s	C18:3 x s	MUFA x s	PUFA x s
1	10	0,6 0,2	4,6 1,0	30,0 1,4	3,2 0,7	0,3 0,0	36,4 2,3	3,5 0,8
2	10	0,7 0,3	4,9 0,7	30,2 2,3	3,7 1,3	0,4 0,2	37,0 2,8	4,1 1,5

Abkürzungen wie in den Tab. 5 u. 6; Betrieb 1: n = 7 FLF x MH + n = 3 FLF; Betrieb 2: n = 10 FLF

#### 4. Schlussfolgerungen

Während in der Mast- und Schlachtleistung sowie bei der Fütterung und beim intramuskulären Fettgehalt (IMF) erhebliche Unterschiede zwischen Rindergenotypen gefunden wurden, sind die Aussagen zu Rasseunterschieden bei den Merkmalen Hämpigmentgehalt, Reflexion im sichtbaren Spektralbereich und Fettsäurenmuster im IMF beim Musculus longissimus dorsi (M.l.d.) nicht so eindeutig, was auf die bei einer Erhebung anzutreffende ungleiche Klassenbesetzung für Rassetyp, Geschlecht / Kategorie und Mastform zurückzuführen ist. Der Hämpigmentgehalt des M.l.d. von adulten Rindern schwankte in Abhängigkeit von Haltungs- und Fütterungsbedingungen sowie von Rassetyp und Geschlecht um  $8,7 \pm 2,2$  mg / g Frischfleisch ( $s\% \approx 25$ ) und ist ein Merkmal zur Charakterisierung der Fleischqualität. Getreidemast führte zu hohen Hämpigmentkonzentrationen. Die Mast- und Haltungsform scheint auf den Pigmentgehalt den größten Einfluss auszuüben. Reflexionsmessungen von 400 bis 750 nm an zerkleinertem M.l.d. von adulten Rindern erbringen nützliche Informationen zur Fleischfarbe, da die aus ihnen ableitbaren Kennwerte mehr dem visuellen Farbeindruck entsprechen. Die Streuung der dem Myoglobingehalt adäquaten Reflexion bei 525 nm ist jedoch deutlich geringer als beim Hämpigmentgehalt ( $s\% \approx 10$ ). Die Reflexionen bei 525, 545, 565 und 580 nm waren bei Weide höher als bei Mast und bei Bullen größer als bei Färsen. Das vergleichbare Niveau der Reflexionen bei 415 und bei 620 nm zwischen den Tiergruppen könnte auf die Ähnlichkeit struktureller Merkmale zurückzuführen sein (Protoporphyringehalt, Homogenisierungsgrad des Muskels). Die Schwankungen von Hämpigment- und Eisengehalt in den untersuchten Stichproben belegen, dass auch beim Rind weitere systematische Untersuchungen zur Variation dieser Merkmale als sinnvoll erscheinen. Die Zusammensetzung der Gesamtlipide von intramuskulärem Fett aus dem M.l.d. und der IMF-Gehalt werden bei vergleichbarem Schlachalter vor allem von Haltungs- oder Mastformen sowie von der genetischen Konstruktion bestimmt und schwanken zwischen den Tiergruppen der

Erhebung teilweise beträchtlich. Weidehaltung führt zu dem von der Humanernährung geforderten höheren Anteil ungesättigter Fettsäuren und zu einem günstigen Quotienten von n6 zu n3-Fettsäuren im IMF von Rinder-M.I.d.

### Literatur

- APORTA, J.; HERNANDEZ, B.; SANUDO, C.:  
Veal Colour Assessment with Three Wavelengths. *Meat Sci.* **44** (1996), 113-123
- AUGUSTINI, C.; SCHWARZ, F.J.; KIRCHGESSNER, M.:  
Qualitätsverbesserung von Rindfleisch nach Vitamin E-Zulagen in der Endmast von Jungbullen. 2. Fleischfarbe, Fettstabilität und Wasserbindung. *Fleischwirtsch.* **78** (1998) 3, 208-217
- AUGUSTINI, C.; FREUDENREICH, P.:  
Reifungsdauer und Zartheit bei Rindfleisch. *Fleischwirtsch.* **78** (1998) 1, 65-67
- BECK, G.A.:  
Reflexionsspektroskopische Messungen im sichtbaren und im Nahen Infrarot-Bereich zur Beurteilung der Fleischqualität beim Rind. Technische Universität München / Weihenstephan, Diss., 1992
- BLUNK, H.-C.:  
Phospholipide im intramuskulären Gewebe von Rindern – Analytik und Bedeutung als Aromavorstufen. Universität Hamburg, Diss., 1990
- BUTTE, W.:  
Rapid method for determination of fatty acid profiles from fats and oils using trimethylsulphonium hydroxide for transesterification. *J. Chromatogr.* **261** (1983), 142-145
- CALLES, J.A.E.; GASKINS, C.T.; BUSBOOM, J.R.; DUCKETT, S.K.; CRONRATH, J.D.; REEVES, J.J.:  
Sire variation in fatty acid composition of crossbred Wagyu steers and heifers. *Meat Sci.* **56** (2000), 23-29
- CAMFIELD, P.K.; BROWN, A.H.; LEWIS, P.K.; RAKES, L.Y.; JOHNSON, Z.B.:  
Effects of Frame Size and Time-on-Feed on Carcass Characteristics, Sensory Attributes, and Fatty Acid Profiles of Steers. *J. Anim. Sci.* **75** (1997), 1837-1844
- CHOI, N.J.; ENSER, M.; WOOD, J.D.; SCOLLAN, N.D.:  
Effect of breed and diet on polyunsaturated fatty acid composition of *longissimus dorsi* muscle in beef steers. *Proceedings British Soc. Anim. Sci.* (1999), 41
- CMA (1993):  
Qualitäts- und Prüfbestimmungen Lammfleisch.
- DEMOS, B.P.; MANDIGO, R.W.:  
Color of Fresh, Frozen and Cooked Ground Beef Patties Manufactured with Mechanically Recovered Neck Bone Lean. *Meat Sci.* **42** (1996), 415-429
- DE SMET, S.; WEBB, E.C.; CLAEYS, E.; UYTTERHAEGEN, L.; DEMEYER, D.I.:  
Effect of dietary energy and protein levels on fatty acid composition of intramuscular fat in double-muscled Belgian Blue bulls. *Meat Sci.* **56** (2000), 73-79
- DE VORE, D.P.; SOLBERG, M.:  
Oxygen Uptake In Postrigor Bovine Muscle. *J. Food Sci.* **39** (1974), 22-28
- DRABKIN, D.L.:  
The distribution of the chromoproteins, hemoglobin, myoglobin, and cytochrome c, in the tissues of different species, and the relationship of the total content of each chromoprotein to body mass. *J. Biol. Chem.* **182** (1950), 317-333
- DUCKETT, S.K.; WAGNER, D.G.; YATES, L.D.; DOLEZAL, H.G.; MAY, S.G.:  
Effects of Time on Feed on Beef Nutrient Composition. *J. Anim. Sci.* **71** (1993), 2079-2088
- ENDER, K.; NÜRNBERG, K.; PAPSTEIN, H.-J.:  
Gehalt von n-3 Fettsäuren im Rindfleisch. *Fleischwirtsch.* **80** (2000a) 6, 84-86
- ENDER, K.; NÜRNBERG, K.; ENDER, B.:  
Rindfleisch – Fleisch hoher ernährungsphysiologischer Wertigkeit. *Arch. Tierz., Dummerstorf* **43** (2000b) Sonderheft, 84-90
- ENDER, K.; NÜRNBERG, K.; PAPSTEIN, H.-J.:  
Weideaufwuchs wertvoller als Kraftfuttermgaben. *Fleischrinder Journal* (2001) 1, 21-23
- FLACHOWSKY, G.; SANDER-HERTZSCH, L.; AUGUSTINI, C.; RICHTER, G.H.; MÖCKEL, P.:  
Fettsäuremuster und Kennzahlen der Fleischqualität bei Mastbullen der Kreuzungen Limousin x Schwarzbuntes Milchrind, Fleckvieh x Schwarzbuntes Milchrind und der Rasse Gelbvieh. *Züchtungskunde* **67** (1995), 220-229
- FLEMING, H.P.; BLUMER, T.N.; CRAIG, H.B.:

- Quantitative estimations of myoglobin and hemoglobin in beef muscle extracts. *J. Anim. Sci.* **19** (1960), 1164-1171
- FRANKE, W.C.; SOLBERG, M.:  
Quantitative determination of metmyoglobin and total pigment in an intact meat sample using reflectance spectrophotometry. *J. Food Sci.* **36** (1971), 515-519
- FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F.; O'RIORDAN, E.G.; MONAHAN, F.J.; CAFFREY, P.J.; MOLONEY, A.P.:  
Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci.* **78** (2000), 2849-2855
- FRICKH, J.J.; SÖLKNER, J.:  
Die Messung der Fleischfarbe als Qualitätsmerkmal beim Rindfleisch - Ergebnisse eines Rassevergleiches. *Züchtungskunde* **69** (1997) 3, 163-180
- GARRIDO, D.; PEREZ, A.; SANCHEZ-FERRER, A.:  
Meat Pigment Determination by Phase Partitioning in Triton X-114 and Oxidation with Sodium Nitrite. *J. Sci. Food Agric.* **64** (1994), 327-329
- HORNSEY, H.C.:  
The colour of cooked cured pork. I. Estimation of the Nitric oxide-Haem Pigments. *J. Sci. Food Agric.* **7** (1956) 8, 534-540
- HUNT, M.C.; HEDRICK, H.B.:  
Chemical, physical and sensory characteristics of bovine muscle from four quality groups. *J. Food Sci.* **42** (1977), 716-720
- JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G.:  
Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. *Meat Sci.* **54** (2000), 49-57
- KAZALA, E.C.; LOZEMAN F.J.; MIR, P.S.; LAROCHE, A.; BAILEY, D.R.C.; WESELAKE, R.J.:  
Relationship of Fatty Acid Composition to Intramuscular Fat Content in Beef from Crossbred Wagyu Cattle. *J. Anim. Sci.* **77** (1999), 1717-1725
- KRZYWICKI, K.:  
Assessment Of Relative Content Of Myoglobin, Oxymyoglobin And Metmyoglobin At The Surface Of Beef. *Meat Sci.* **3** (1979), 1-10
- LABORDE, F.L.; MANDELL, I.B.; TOSH, J.J.; WILTON, J.W.; BUCHANAN-SMITH, J.G.:  
Breeds effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. *J. Anim. Sci.* **79** (2001), 355-365
- MACDOUGALL, D.B.; RHODES, D.N.:  
Characteristics of the Appearance of Meat. III. Studies on the Colour of Meat from Young Bulls. *J. Sci. Food Agric.* **23** (1972), 637-647
- MATTHES, H.-D.; NÜRNBERG, K.; WEGNER, J.; BITTNER, G.; JENTSCH, W.; DERNO, M.:  
Schlaktkörperzusammensetzung restriktiv gefütterter Jungbullen unterschiedlich adaptierter Rinderrassen. *Arch. Tierz., Dummerstorf* **39** (1996), 17-24
- MILLAR, S.J.; MOSS, B.W.; STEVENSON, M.H.:  
Some Observations on the Absorption Spectra of Various Myoglobin Derivatives Found in Meat. *Meat Sci.* **42** (1996) 3, 277-288
- MÜLLER, K.-D.; HUSMANN, H.; NALIK, H.P.; SCHOMBURG, G.:  
Trans-Esterification of Fatty Acids from Microorganisms and Human Blood Serum by Trimethylsulfonium Hydroxide (TMSH) for GC Analysis. *Chromatographia* **30** (1990), 245-248
- NÜRNBERG, K.; ENDER, B.; PAPSTEIN, H.-J.; WEGNER, J.; ENDER, K.; NÜRNBERG, G.:  
Effects of growth and breed on the fatty acid composition of the muscle lipids in cattle. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A* **208** (1999), 332-335
- POEL, W.E.:  
Effect of anoxic anoxia on myoglobin concentration in striated muscles. *Am. J. Physiol.* **156** (1949), 44
- POTTHAST, K.:  
Fleischfarbe, Farbstabilität und Umrötung. In: *Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität. Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbacher Reihe, Band 6* (1986), 89-110
- REICHARDT, W.; MÜLLER, S.:  
Ergebnisse von vergleichenden Untersuchungen zur Extraktion von intramuskulärem Schweinefett. *Fleischwirtsch.* **76** (1996) 8, 836-839
- REICHARDT, W.; WARZECHA, H.; HANSCHMANN, G.; BARGHOLZ, J.:  
Über einige analytische Fleischqualitätsmerkmale bei Mastbullen, -ochsen und -färsen verschiedener Rassen und ihrer Kreuzungsprodukte. *Züchtungskunde* **69** (1997), 366-384
- REICHARDT, W.; MÜLLER, S.; LEITERER, M.:



- Farbhelligkeit L\*, Hämpigment- und Eisengehalt im *Musculus longissimus dorsi* bei Thüringer Schweineherkünften. Arch. Tierz., Dummerstorf **44** (2001) 2, 219-230
- RICKANSRUD, D.A.; HENRICKSON, R.L.:  
Total Pigments and Myoglobin Concentration In Four Bovine Muscles. J. Food Sci. **32** (1967), 57-61
- SCHEEDER, M.R.L.; GERHARDY, H.; LANGHOLZ, H.-J.:  
Untersuchungen zur Verwertungseignung unterschiedlicher Muskeln weiblicher Jungrinder. Arch. Tierz., Dummerstorf **39** (1996), 415-429
- SCHULTE, E.; WEBER, K.:  
Schnelle Herstellung der Fettsäuremethylester aus Fetten mit Trimethylsulfoniumhydroxid oder Natriummethylat. Fat Sci. Technol. **91** (1989), 181-183
- SCHWÄGELE, F.:  
Erfassung von Qualitätsmerkmalen nach dem Schlachten. In: Qualitätssicherung im Fleischbereich. Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbacher Reihe, Band 11 (**1992**), 48-72
- SCOLLAN, N.D.; FISHER, W.J.; DAVIES, D.W.R.; FISHER, A.V.; ENSER, M.; WOOD, J.D.:  
Manipulating the fatty acid composition of muscle in beef cattle. Proceed. British Soc. Anim. Sci. **1997**, 20
- STEEN, R.W.J.; PORTER, M.G.:  
The effect of forage:concentrate ratio in the diet of beef cattle on the ratio of omega-6 to omega-3 series fatty acids in beef. Proceed. British Soc. Anim. Sci. **1997**, 46
- STEWART, M.R.; ZIPSER, M.W.; WATTS, B.M.:  
The Use of Reflectance Spectrophotometry for the Assay of Raw Meat Pigments. J. Food Sci. **30** (1965), 464-469
- TERRELL, R.N.; SUESS, G.G.; CASSENS, R.G.; BRAY, R.W.:  
Broiling, Sex and Interrelationships with Carcass and Growth Characteristics and their Effect on the Neutral and Phospholipid Fatty Acids of the Bovine Longissimus Dorsi. J. Food Sci. **33** (1968) 562-565
- TROUT, G.R.:  
A rapid method for measuring pigment concentration in porcine and other low pigmented muscles. **37** th ICMST Kulmbach 1.-6.9.1991, Proceedings Vol. 3 (**1991**), 1198-1201
- VATANSEVER, L.; KURT, E.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; ENSER, M.; SCOLLAN, N.; WOOD, J.D.:  
Phospholipid fatty acids and meat quality in cattle breeds fed different diets. Proceedings British Soc. Anim. Sci. (1999), 57
- WARRISS, P.D.:  
The extraction of haem pigments from fresh meat. J. Food Technol. **14** (1979), 75-80
- WEBB, E.C.; DESMET, S.; VAN NEVEL, C.; MARTENS, B.; DEMEYER, D.I.:  
Effect of Anatomical Location on the Composition of Fatty Acids in Double-Muscled Belgian Blues Cows. Meat Sci. **50** (1998) 1, 45-53
- WENK, C.; PRABUCKI, A.L.:  
Faktoren der Qualität von Schweinefleisch. Schweiz. Arch. Tierheilk. **132** (1990), 53-63
- WIERBICKI, E.; CAHILL, V.R.; KUNKLE, L.E.; KLOSTERMAN, E.W.; DEATHERAGE, F.E.:  
Effect of Castration on Biochemistry and Quality of Beef. J. Agric. Food Chem. **3** (1955), 244-249
- WULF, D.M.; PAGE, J.K.:  
Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. J. Anim. Sci. **78** (2000), 2595-2607
- ZEMBAYASHI, M.; NISHIMURA, K.; LUNT, D.K.; SMITH, S.B.:  
Effect of Breed Type and Sex on the Fatty Acid Composition of Subcutaneous and Intramuscular Lipids of Finishing Steers and Heifers. J. Anim. Sci. **73** (1995), 3325-3332
- ZEMBAYASHI, M.; NISHIMURA, K.:  
Genetic and Nutritional Effects on the Fatty Acid Composition of Subcutaneous and Intramuscular Lipids of Steers. Meat Sci. **43** (1996), 83-92

Eingegangen: 17.07.2001

Akzeptiert: 28.02.2002

Anschriften der Verfasser

Dr. habil. WERNER REICHARDT, Dr. HORST WARZECHA, Dr. ERHARD GERNAND,  
Dr. HORST HARTUNG, Diplomlehrerin BÄRBEL ECKERT  
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft - Abteilungen Untersuchungs-  
wesen und Tierproduktion  
Am Rennsteig 3  
D-99819 Oberellen - OT Clausberg