

REINHARD SUESS, KATY HEYLEN und GERHARD von LENGERKEN

Einfluß von Booroola-Merinos auf Fettgehalt und -qualität der Schlachtkörper bei Kreuzung mit Merinofleischschafen

Summary

Title of the paper: The effect of Booroola on fat content and fat quality of carcasses in crosses with German Mutton Merinos

Taking actual consumer demands into consideration possible influences of fecundity genes, like that of the Australian Booroola Merino (FecB), on fat content, fat distribution and fat quality of lamb carcasses are of special interest. Within a project investigating the introgression of the FecB-gene into German Mutton Merino (GMM) in total 144 male lambs with different portions of Booroola (B) were tested between 1995 and 1997. The animals were fed ad lib. a pelleted grain mixture from 20 up to 42 kg body weight. There are no differences in kidney fat percentage, subcutaneous fat thickness, percentage fat of the loin as well as intramuscular fat (IMF) between carcasses of B-crosses (1/8 or 1/16 B) and GMM. Differences in the fat score disappear in lambs of the third backcross generation. The offspring of heterozygous carriers has a higher percentage of intermuscular fat and less IMF. B-crosses show lower melting points in IMF and kidney fat, which corresponds with changes in the fatty acid composition. Also the ratio between linoleic and linolenic acid was higher, especially in the offspring of gene-carriers. In general the differences between GMM and the involved B-crosses are small and unfavourable estimations of the carcass quality by the consumers are unlikely. Obvious there is no pleiotropic effect of the FecB-gene on fat content, distribution and quality. Correlated effects appear only in a few traits and show no evidence in crossbred lambs with even or less than 1/16 B.

Key Words: sheep, Booroola, carcass, fat content, fat quality traits

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Projektes zur Einzüchtung des Booroola-Genes (FecB) der Australmerinos in das Merinofleischschaf (MF) wurden zwischen 1995 und 1997 insgesamt 144 männliche Lämmer mit unterschiedlichen Anteilen Booroola (B) geprüft. Die Tiere wurden ab 20 kg Körpermasse ad lib. mit einem pelletierten Mischfuttermittel gefüttert und mit einer Mastendmasse von 42 kg geschlachtet. Zwischen MF und Kreuzungen mit einem Anteil von 1/8 bzw. 1/16 B bestehen keine Unterschiede in Nierentalganteil, Fettauflage, Fettanteil im Nierenstück sowie intramuskulärem Fett (IMF). Die Unterschiede in der subjektiv ermittelten Fettnote treten in der 3. Rückkreuzungsstufe nicht mehr auf. Nachkommen heterozygoter Merkmalsträger weisen mehr inter- und tendenziell weniger IMF auf. Die Schmelzpunkte in IMF und Nierentalg von B-Kreuzungen sind niedriger, was sich auch in entsprechenden Veränderungen des Fettsäuremusters widerspiegelt. B-Kreuzungslämmer, insbesondere Nachkommen von Genträgern, zeigen einen höheren Quotienten von Linol-/Linolensäure in der Fettauflage. Die Differenzierungen zwischen MF und den untersuchten B-Kreuzungen sind insgesamt gering und lassen keine nachteilige Bewertung der Schlachtkörperqualität durch den Verbraucher erwarten. Offensichtlich treten keine pleiotropen Effekte des FecB-Genes auf Fettmenge, -verteilung und -qualität auf. Die vermuteten korrelierten Effekte betreffen nur wenige Merkmale und sind bei Probanden mit 1/16 B nicht mehr nachweisbar.

Schlüsselwörter: Schaf, Booroola, Schlachtkörperwert, Fettanteil, Fettqualität

1. Einleitung

Seit ihrer Entdeckung werden Fruchtbarkeitsgene in einem steigenden Umfang in Zuchtprogrammen zur Verbesserung der Reproduktionsleistung genutzt. Wegen der

großen ökonomischen Bedeutung konzentrieren sich dabei viele Untersuchungen allein auf verschiedene Kennzahlen der Fruchtbarkeit. Jedoch ist auch ein möglicher Einfluß solcher Gene auf die Qualität der Endprodukte, die Schlachtlämmer, von Interesse. Der Schlachtkörperwert ist gegenwärtig ganz wesentlich durch den Fettanteil sowie die Fettverteilung auf verschiedene Kompartimente (Schlachtkörper- und Nichtschlachtkörperfette; Intramuskuläres Fett) bestimmt. Wegen ihrer Bedeutung für die allgemeine Akzeptanz, den Genuß- und den ernährungsphysiologischen Wert spielen gerade beim Schaf aber auch Aspekte der Fettqualität eine zunehmende Rolle (HEYLEN et al., 1998).

Zielstellung der Untersuchungen war eine Überprüfung der diesbezüglichen Auswirkungen bei Einzüchtung des Fruchtbarkeitsgenes der Australmerinos (FecB-Genes) in das Merinofleischschaf.

Dabei sind zwei Fragen zu beantworten:

- Gibt es einen pleiotropen Effekt des FecB-Genes ?
- In welchem Umfang treten korrelierte Effekte des Booroola-Merinos auf ?

2. Material und Methoden

2.1 Tiermaterial

Für die Untersuchungen standen männliche Lämmer der Kreuzung Booroola x Merinofleischschaf (BMF) sowie reinrassige Merinofleischschafe (MF) zur Verfügung. Nach Etablierung der F₁-Generation durch den Einsatz von Sperma homozygoter Booroola(B)-Böcke erfolgte eine systematische Rückkreuzung mit Merinofleischschaf-Böcken bis zur R₃ (1/16 B;15/16 MF). Innerhalb der Jahre kamen bei Reinzucht- und Kreuzungstieren die gleichen Väter zum Einsatz. Zur Ermittlung von Wachstumsintensität und Futteraufwand wurden die Lämmer nach dem Absetzen mit etwa 6 bis 12 Wochen in Gruppen von 6 bis 8 Tieren aufgestellt und mit handelsüblichen Konzentratfuttermitteln ad lib. bis ca. 42 kg Lebendmasse gemästet. Insgesamt wurden 64 Nachkommen von MF und 80 von BMF geprüft. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Struktur des Tiermaterials, wobei eine Unterteilung nach Genotyp (B-Anteil) und FecB-Gen-Status der Mutter erfolgt. Heterozygote Genträger werden nachfolgend mit FecB; Fec+, Nichtgenträger durch Fec+; Fec+ bezeichnet. Der individuelle Gen-Status der Lämmer wurde nicht ermittelt.

Tabelle 1

Anzahl der untersuchten Tiere in Abhängigkeit von Genotyp und Jahr (Number of animals depending on genotype and year)

Genotyp	Kreuzungsstufe	1995		1996		1997		gesamt	
		FecB; Fec+	Fec+; Fec+	FecB; Fec+	Fec+; Fec+	FecB; Fec+	Fec+; Fec+	FecB; Fec+	Fec+; Fec+
BMF	R ₂ (1/8 B; 7/8 MF)	14	9	13	4	19	0	46	13
	R ₃ (1/16 B;15/16 MF)	0	0	2	1	11	7	13	8
	gesamt	14	9	15	5	30	7	59	21
MF		-	26	-	22	-	16	-	64

2.2 Methoden

Bei Erreichen der Zielkörpermasse wurden die Lämmer nach 24stündiger Nüchternung geschlachtet. Unmittelbar danach wurde der Nierentalg aus dem Schlachtkörper entnommen, gewogen und Proben für die Fettqualitätsuntersuchungen eingefroren. Nach 4tägiger Kühlung wurden die Schlachtkörper nach EUROP klassifiziert und entsprechend dem EAAP-Standardverfahren (FISHER und DE BOER, 1995) zerlegt. Die Messung der Fettauflage erfolgte im Bereich des 13. Brustwirbels (BW) 3, 4 und 5 cm lateral der Rückenlinie. Zur Ermittlung der Gesamtverfettung wurde das linke Nierenstück als repräsentatives Teilstück feinzerlegt.

Die untersuchten Auflagefettproben stammen aus der Region des *M. longissimus lumborum*.

Für die Bestimmung des intramuskulären Fettgehaltes (IMF) wurde ein Stück des *M. longissimus lumborum* herausgetrennt und nach Homogenisierung über Nahe-Infrarot-Transmissions-Messung (Infracore 1255, PERSTORP ANALYTICAL) analysiert. Die Daten zur Eichung des Gerätes basieren auf einer Extraktion mit n-Hexan ohne HCl-Vorauflösung. Zur Charakterisierung der Fettqualität wurden die Kriterien Schmelzpunkt und Säurezahl sowie das Fettsäurenmuster im subkutanen Fett, Nierentalg und IMF untersucht. Für die Schmelzpunktbestimmung wurde ein Heiẗschmikroskop mit Thermometer (Boetius von ZEISS) genutzt und die Temperatur (C°) bei Erreichen des Fließschmelzpunktes festgestellt. Im Gegensatz zu Nierentalg und Auflagefett erfolgte dies beim IMF am Fettextrakt nach modifiziertem Soxhlet-Verfahren. Zur Ermittlung der Säurezahl wurden Proben von Nierentalg und Auflagefett in einer neutralen Äther-Äthanolmischung gelöst. Nach Zusatz einiger Tropfen Phenolphthaleinlösung erfolgte die Titration mit äthanolischer Kalilauge bis zum Farbumschlag des Indikators. Aus der verbrauchten Menge an Kalilauge ergibt sich die Säurezahl als Maßstab für den Anteil freier Fettsäuren. Für die Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung wurden die Proben von Nierentalg und Auflagefett bei 80 °C in einem Wärmeschrank ausgeschmolzen und der Fettextrakt pipettiert. Nach Methylierung mit Trisulfoniumhydroxid erfolgte die gaschromatographische Analyse. Für die Auswertung kam das Softwareprogramm STAR 4.0 von VARIAN zur Anwendung. Die ausgewiesenen Werte stellen den prozentualen Anteil an den insgesamt erfaẗten Fettsäuren dar.

2.3 Statistische Auswertung

Die Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm STATISTICA 5.0 (StatSoft, Inc.) mittels Varianzanalyse unter Verwendung folgender Modelle:

- quantitative Fettparameter (Fettnote, Beckenfett, Nierentalg, Fettauflage 13. BW, subkutanen, intermuskuläres und abtrennbares Fett insgesamt am Nierenstück, IMF-Gehalt)

$$y_{ijklmn} = \mu + J_i + G_j + F_k (G_j) + K_l (G_j) + A_m + b * M_n + e_{ijklmn}$$

- qualitative Fettparameter (Säurezahl, Schmelzpunkt, Fettsäurenmuster)

$$y_{ijklmo} = \mu + J_i + G_j + F_k (G_j) + K_l (G_j) + A_m + b * S_o + e_{ijklmo}$$

mit $y_{ijklmn(o)}$

Merkmalsausprägung des Einzeltieres

J_i	Effekt des i-ten Jahres ($i = 1, \dots, 3$)
G_j	Effekt des j-Genotyps ($j = 1, 2$)
$F_k (G_j)$	Effekt des k-ten ($k=1,2$) FecB-Genstatus innerhalb des j-ten Genotyps ($k = 1, 2$)
$K_l (G_j)$	Effekt der l-ten ($l=1,2$) Kreuzungsstufe innerhalb des j-Genotyps ($l = 1, 2$)
A_m	Effekt des m-ten Aufzuchttyps ($m = 1, \dots, 4$)
$b \cdot M_n$	lineare Regression auf Mastendgewicht
$b \cdot S_o$	lineare Regression auf Schlachalter
$e_{ijklmno(p)}$	Restfehler

Aufgrund der ungünstigen Klassenbesetzung der Väter wurde auf eine Einbeziehung dieses Parameters verzichtet. Der Mittelwertvergleich erfolgte mit dem Scheffe-Test.

3. Ergebnisse

3.1 Einfluß der Einkreuzung von Booroola auf quantitative Fettparameter

Tabelle 2 zeigt die Bewertung der äußeren Fettabdeckung und den Anteil verschiedener Fettkompartimente bei Schlachtkörpern von MF und BMF sowie Nachkommen von FecB; Fec+ - und Fec+; Fec+ -Müttern.

Tabelle 2

LSQ-Mittelwerte quantitativer Fettparameter in Abhängigkeit vom Genotyp und FecB-Gen-Status der Mutter (LSQ means and p-values of variance analysis of quantitative fat parameters depending on genotype and FecB-gene status of the ewe)

Parameter	Genotyp		Varianz-analyse p	FecB-Gen ²⁾		Varianz-analyse p _{FecB-Gen}	Genotyp + FecB-Gen		Varianz-analyse p _{Genotyp + FecB-Gen}
	BMF	MF		FecB; Fec+	Fec+; Fec+		FecB; Fec+	MF	
Fettnote Pkt. ¹⁾	2,7 ^a	2,5 ^b	0,185	2,7	2,8	0,489	2,7	2,5	0,332
Beckenfett %	0,3	0,4	0,393	0,3	0,3	0,734	0,3	0,3	0,493
Nierentalg %	1,2	1,2	0,762	1,2	1,1	0,309	1,2	1,2	0,945
Fettauflage 13. BW mm	4,1	4,1	0,856	4,1	4,1	0,987	4,0	4,1	0,887
Nierenstleck									
subkutanes Fett %	15,3	15,2	0,963	15,3	15,6	0,850	15,2	15,2	0,984
intermuskuläres Fett %	5,2	5,0	0,714	5,6 ^a	4,3 ^b	0,068	5,6	5,0	0,290
abtrennbares Fett gesamt %	20,5	20,2	0,816	20,9	19,9	0,489	20,8	20,2	0,611
IMF %	3,1	3,3	0,402	2,9	3,4	0,115	2,9 ^a	3,3 ^b	0,132

a/b unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen mit $p < 0,05$

¹⁾ Bewertung der äußeren Fettabdeckung: 1 gering bis 5 stark

²⁾ innerhalb BMF

Nachkommen von Kreuzungstieren werden bezüglich der äußeren Fettabdeckung um 0,2 Bewertungspunkte ungünstiger beurteilt. Anhand der objektiv bestimmten Fettauflage läßt sich die Tendenz einer stärkeren Oberflächenverfettung allerdings nicht bestätigen. Auch in anderen Fettkompartimenten zeigt sich in keinem Parameter eine gesicherte Differenzierung von B-Kreuzungen zur Ausgangsrasse.

Tabelle 3

LSQ-Mittelwerte und p-Werte der Varianzanalyse quantitativer Fettparameter in Abhängigkeit vom Anteil B (LSQ means and p-values of variance analysis of quantitative fat parameters depending on the portion of B)

Parameter		Anteil B			Varianzanalyse
		0	1/8	1/16	p-Wert
Fettnote ¹⁾	Pkt.	2,5 ^a	2,8 ^b	2,4 ^a	0,077
Beckenfett	%	0,3	0,3	0,3	0,705
Nierentalg	%	1,2	1,2	1,1	0,709
Fettauflage 13. BW	mm	4,1	4,3	3,7	0,364
Nierenstück					
subkutanes Fett	%	15,3	15,3	15,5	0,980
intermuskuläres Fett	%	5,0	4,8	6,0	0,224
abtrennbares Fett					
gesamt	%	20,3	20,0	21,5	0,552
IMF	%	3,3	2,9	3,3	0,316

^{a/b} unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen mit $p < 0,05$

¹⁾ Bewertung der äußeren Fettabdeckung: 1 gering bis 5 stark

Innerhalb BMF unterscheiden sich Nachkommen von FecB; Fec+- oder Fec+; Fec- Müttern hinsichtlich der Innenfette und der subjektiven Bewertung nicht signifikant. Nachkommen heterozygoter Genträger besitzen aber mehr inter- und tendenziell weniger intramuskuläres Fett (IMF) im Nierenstück. Bei ihnen ist der IMF-Gehalt auch im Vergleich zur Kontrolle deutlich verringert. Die Ergebnisse der Varianzanalyse lassen aber keinen gesicherten genotypbedingten oder an den FecB-Gen-Status gekoppelten Einfluß auf Menge und Verteilung des Fettes erkennen. Die separate Auswertung der beiden Rückkreuzungsstufen deutet auf einen Effekt des B-Anteiles hin (Tab. 3).

Schlachtkörper von Tieren der zweiten Rückkreuzungsstufe (7/8 MF) besitzen gegenüber MF eine stärkere Fettabdeckung, während sich die R₃-Generation (15/16 MF) nicht mehr von der Reinzucht unterscheidet.

3.2 Einfluß auf Parameter der Fettqualität

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse zur Fettqualität dargestellt. Zwischen MF und BMF bestehen in keinem Fettgewebe Unterschiede in Schmelzpunkt und Säurezahl. Bei vergleichbarem Anteil Nierentalg wird die Zusammensetzung dieses Fettdepots bei BMF durch einen höheren Anteil gesättigter (SFA) sowie weniger ungesättigte (UFA) und mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA) bestimmt, was sich durch die p-Werte der Varianzanalyse jedoch nicht eindeutig erhärten läßt. Die gefundenen Tendenzen bestätigen sich auch im Auflagefett nicht. Hier ergibt sich jedoch ein gesichert höherer Quotient für das Verhältnis Linol-/ Linolensäure bei BMF. Das Fettsäuremuster im IMF wird durch Einzüchtung des Booroola Merino nicht wesentlich verändert.

R₂ Kreuzungen besitzen einen um 0,3 °C höheren Schmelzpunkt im Nierentalg (Tab. 5), während sich Probanden der höheren Rückkreuzungsstufe in diesem Parameter nicht mehr von der Ausgangsrasse unterscheiden. Weder Säurezahl des Nierentalgs noch Schmelzpunkt oder Säurezahl des Auflagefettes werden signifikant durch die Kreuzungsstufe beeinflusst.

Im Gegensatz hierzu scheinen zwischen R₂ und R₃ gesicherte Abweichungen in der Zusammensetzung der Fettsäuren im Auflagefett zu bestehen, wobei die p-Werte der Varianzanalyse dieses Ergebnis nur bedingt bestätigen. R₃-Tiere weisen einen geringe-

ren Gehalt an SFA, mehr einfach ungesättigte Fettsäuren (MUFA) und insgesamt mehr UFA auf, wofür es keine Erklärung gibt.

Mit Einzüchtung von B vergrößert sich der Quotient von Linol-/Linolensäure. Auch nach der dritten Rückkreuzung bleiben signifikante Unterschiede zur Ausgangsrasse bestehen. Zwischen den Kreuzungsstufen lassen sich keine Abweichungen nachweisen.

Tabelle 4

LSQ-Mittelwerte und p-Werte der Varianzanalyse für Fettqualitätsparameter in Abhängigkeit vom Genotyp und FecB-Gen-Status der Mutter (LSQ means and p-values of variance analysis of fat quality parameters depending on genotype and FecB-gene status of the ewe)

Parameter	Genotyp		Varianz-analyse p	FecB-Gen ¹⁾		Varianz-analyse p _{FecB-Gen}	Genotyp + FecB-Gen		Varianz-analyse p _{Genotyp + FecB-Gen}	
	BMF	MF		FecB; Fec+	Fec+; Fec+		FecB; Fec+	MF		
			Genotyp	Fec+	Fec+	Gen	Fec+			
Nierentalg										
Schmelzpunkt	°C	32,6	32,8	0,475	32,3	33,2	0,056	32,4	33,0	0,168
Säurezahl	ml	1,4	1,5	0,474	1,4	1,3	0,509	1,4	1,5	0,642
<i>Fettsäuren</i>										
SFA ²⁾	%	48,4 ^a	47,2 ^b	0,230	47,8	49,8	0,107	47,8	47,2	0,573
MUFA ³⁾	%	41,3	42,0	0,409	41,6	41,2	0,670	41,5	42,2	0,447
PUFA ⁴⁾	%	10,4	10,8	0,411	10,6	9,1	0,045	10,7	10,6	0,871
UFA ⁵⁾ / SFA		1,1 ^a	1,2 ^b	0,287	1,1	1,0	0,056	1,1	1,2	0,777
PUFA / SFA		0,23 ^a	0,24 ^b	0,382	0,24	0,19	0,018	0,24	0,24	0,825
C18:2 / C18:3		7,0	7,4	0,348	7,2	6,8	0,447	7,1	7,4	0,564
subkutane Fettauflage										
Schmelzpunkt	°C	29,5	29,5	0,875	29,4	29,7	0,653	29,4	29,4	0,933
Säurezahl	ml	2,2	2,1	0,300	2,2	2,2	0,824	2,2	2,1	0,351
<i>Fettsäuren</i>										
SFA ²⁾	%	44,4	44,0	0,640	43,7	45,6	0,073	43,9	44,1	0,840
MUFA ³⁾	%	47,2	48,1	0,332	47,6	47,0	0,636	47,4	48,2	0,424
PUFA ⁴⁾	%	8,4	7,9	0,330	8,7	7,4	0,031	8,7	7,7	0,092
UFA ⁵⁾ / SFA		1,3	1,3	0,593	1,3 ^a	1,2 ^b	0,052	1,3	1,3	0,804
PUFA / SFA		0,2	0,2	0,553	0,2	0,2	0,010	0,2	0,2	0,132
C18:2 / C18:3		6,7 ^a	6,1 ^b	0,016	7,2 ^a	6,5 ^b	0,109	7,1 ^a	6,7 ^b	0,036
IMF										
Schmelzpunkt	°C	24,9	25,0	0,832	24,5 ^a	25,6 ^b	0,133	24,5	24,9	0,382
<i>Fettsäuren</i>										
SFA ²⁾	%	43,8	44,3	0,451	43,5	44,3	0,283	43,7	44,3	0,417
MUFA ³⁾	%	48,2	47,7	0,375	48,2	48,8	0,514	48,0	47,8	0,835
PUFA ⁴⁾	%	8,0	8,1	0,780	8,3	6,9	0,025	8,3 ^a	7,9 ^b	0,357
UFA ⁵⁾ / SFA		13,0	1,3	0,312	1,3	1,3	0,249	1,3	1,3	0,247
PUFA / SFA		0,2	0,2	0,945	0,2	0,2	0,017	0,2	0,2	0,271
C18:2 / C18:3		9,4	9,8	0,495	10,1 ^a	8,1 ^b	0,002	10,1	9,8	0,588

a/b unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen mit $p < 0,05$

¹⁾ innerhalb BMF; ²⁾ saturated fatty acids; ³⁾ mono-unsaturated fatty acids; ⁴⁾ poly-unsaturated fatty acids; ⁵⁾ unsaturated fatty acids

Der Schmelzpunkt von Nierentalg ($p=0,056$) und IMF ($p=0,133$) liegt bei Genträgernachkommen in beiden Fettdepots ca. 1°C niedriger. Bei einem insgesamt verringerten Anteil SFA weisen die Fettdepots bei Genträgernachkommen mehr PUFA und

tendenziell mehr MUFA auf, was sich auch in den entsprechenden Quotienten widerspiegelt. Genträgernachkommen besitzen, insbesondere im IMF, ein ungünstigeres Verhältnis zwischen C18:2/C18:3.

Tabelle 5

LSQ-Mittelwerte und p-Werte der Varianzanalyse für Fettqualitätsparameter in Abhängigkeit vom Anteil B (LSQ means and p-values of variance analysis of fat quality parameters depending on the portion of B)

Parameter		Anteil B			Varianzanalyse p-Wert
		0	1/8	1/16	
Nierentalg					
Schmelzpunkt	°C	32,9 ^a	33,2 ^b	31,4 ^a	0,003
Säurezahl	ml	1,5	1,4	1,3	0,452
<i>Fettsäuren</i>					
SFA ¹⁾	%	47,2 ^a	49,6 ^b	46,0 ^a	0,008
MUFA ²⁾	%	42,0	40,6	42,8	0,090
PUFA ³⁾	%	10,8 ^a	9,8 ^b	11,3 ^a	0,110
UFA ⁴⁾ / SFA		1,15 ^a	1,06 ^b	1,19 ^a	0,036
PUFA / SFA		0,24 ^a	0,22 ^b	0,25 ^a	0,165
C18:2 / C18:3		7,4 ^a	6,6 ^b	7,9 ^a	0,012
subkutane Fettauflage					
Schmelzpunkt	°C	29,5	29,8	29,0	0,266
Säurezahl	ml	2,1	2,2	2,3	0,475
<i>Fettsäuren</i>					
SFA ¹⁾	%	44,1 ^{ab}	45,4 ^a	43,0 ^b	0,086
MUFA ²⁾	%	48,0 ^{ab}	46,3 ^a	49,2 ^b	0,057
PUFA ³⁾	%	7,9	8,3	7,8	0,682
UFA ⁴⁾ / SFA		1,3 ^{ab}	1,2 ^a	1,3 ^b	0,106
PUFA / SFA		0,2	0,2	0,2	0,994
C18:2 / C18:3		6,1 ^a	6,8 ^b	7,1 ^b	0,046
IMF					
Schmelzpunkt	°C	25,0	25,1	24,3	0,478
<i>Fettsäuren</i>					
SFA ¹⁾	%	44,3 ^a	44,9 ^a	41,7 ^b	0,000
MUFA ²⁾	%	47,7 ^a	47,6 ^a	49,7 ^b	0,027
PUFA ³⁾	%	7,0 ^a	7,6 ^b	8,7 ^a	0,139
UFA ⁴⁾ / SFA		1,3 ^a	1,3 ^a	1,4 ^b	0,002
PUFA / SFA		0,19 ^a	0,18 ^b	0,21 ^a	0,088
C18:2 / C18:3		9,8	9,4	9,5	0,780

a/b unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen mit $p < 0,05$

¹⁾ saturated fatty acids; ²⁾ mono-unsaturated fatty acids; ³⁾ poly-unsaturated fatty acids; ⁴⁾ unsaturated fatty acids

Der Vergleich zwischen FecB;Fec+Tieren und MF weist möglicherweise auf Unterschiede im Fettsäurenmuster hin. Die Kreuzungstiere besitzen im subkutanen Fett und IMF einen höheren Anteil PUFA und im IMF einen höheren Quotienten C18:2/C18:3. Zwischen den drei Kompartimenten zeigt sich die erwartete Differenzierung im Schmelzpunkt mit entsprechender Reflexion in der Säurezahl.

4. Diskussion

Das Ziel einer Einzüchtung des Booroola-Genes in andere Rassen liegt primär in der Erhöhung der Anzahl Lämmer/Mutterschaf über eine deutlich gesteigerte Ovulations-

rate (DAVIS et al., 1982, 1984; OWENS et al., 1985; SUESS et al., 1997). Neben der Etablierung des FecB-Genes wird das Genom der Ausgangspopulation durch Einkreuzung von B vielschichtig beeinflusst. Bisher existieren wenige Arbeiten, die sich mit den Effekten auf die Qualität der Endprodukte beschäftigen (MEYER und KIRTON, 1984 bei Romney und Perendale; KLEEMANN et al., 1988 bei South Australian Merino; VISSCHER et al., 1990 bei Texel; GOOT et al., 1990 bei Awassi und Assaf; YOUNG and DICKERSON, 1991 bei Finnschafen; VISSCHER et al., 1998a und b bei Texel). Mit dieser Zielstellung sind in der vorliegenden Arbeit Veränderungen in Fettgehalt, -verteilung und -qualität der Schlachtkörper nach B-Einkreuzung in das Merinofleischschaf untersucht worden. In der Auswertung werden zum einen Leistungsdifferenzen zwischen der Ausgangsrasse und der Kreuzung verglichen, zum anderen werden Leistungen von FecB-Genträger- und Nichtgenträgernachkommen gegenübergestellt um sowohl korrelierte Auswirkungen von Australmerinos als auch einen möglichen pleiotropen Effekt des FecB-Genes zu erfassen. Ein pleiotroper Effekt würde konstant in allen Kreuzungen auftreten. Da Informationen zum individuellen Genstatus der Lämmer nicht verfügbar sind, kann eine Ableitung nur über die Mütter erfolgen. Beim Vergleich der Nachzucht heterozygoter Genträger mit der von Nichtgenträgern müßte sich die Hälfte des tatsächlichen Effekts ergeben, da die Nachkommen ersterer zu 50 % Nichtgenträger sind. Korrelierte Effekte sollten an der Begrenzung auf die ersten Kreuzungsstufen (hoher B-Anteil) bei klarer Tendenz zur Abnahme zu erkennen sein.

4.1 Einfluß von Booroola auf Fettanteil und -verteilung

Innerhalb der B-Kreuzungen konnten in den meisten der einbezogenen quantitativen Merkmale keine signifikanten Unterschiede zwischen den Nachkommen heterozygoter Genträger und Fec+; Fec+-Müttern gefunden werden. Lediglich in der Fettgewebeverteilung im Nierenstück zeigt sich bei gleichem Anteil Auflagefett ein höherer Anteil intermuskuläres Fett von 1,3 % ($p < 0,05$) bei Nachkommen heterozygoter Mütter verbunden mit einem höheren Anteil insgesamt abtrennbaren Fettes (1 % n.s.) und reduziertem IMF (0,5 % n.s.). Bei zeitgleichen Untersuchungen an B x Texel konnte in keinem der Merkmale ein Einfluß des FecB-Genes nachgewiesen werden (SUESS et al., 1998b). Auch KLEEMANN et al. (1988) finden bei der Kreuzung Booroola und South Australian Merino keine Differenzierung im Anteil Schlachtkörperfett und der subkutanen Fettauflage zwischen Nachkommen von FecB; FecB- und Fec+; Fec+-Vätern. Ein spezieller Effekt des FecB-Genes auf den Fettanteil im Schlachtkörper ist offensichtlich nicht gegeben oder zu vernachlässigen und eine Modifikation der Fettverteilung scheint gleichfalls unwahrscheinlich.

Nichtfruchtbarkeitsbetonte Rassen weisen in der Regel eine stärkere Fettauflage auf, während fruchtbarkeitsbetonte Genotypen einen höheren Anteil Innenfette besitzen (FAHMY et al., 1992). Dies trifft auf Rassen mit polygen determiniert hoher Fruchtbarkeit zu, ist aber für Rassen mit Majorgenen nicht beschrieben.

Grundsätzlich können bei Einkreuzungen von Booroola korrelierte Effekte in Fettanteil und Verteilung in ersten Kreuzungsstufen auftreten. Bei der Wertung von Ergebnissen aus der Literatur ist aber zu berücksichtigen, daß in Abhängigkeit von Nutzungsrich-

tung und Leistungsniveau der jeweils genutzten Basispopulation der Effekt sehr differenziert ausfallen kann. Außerdem ist nach TAYLOR (1980) davon auszugehen, daß die meisten Unterschiede in der Schlachtkörperzusammensetzung zwischen verschiedenen Rassen verschwinden, wenn sie bei einem ähnlichen Grad der Schlachtkörperreife verglichen werden. Dabei gibt es offensichtlich nur wenige Ausnahmen, wie Texel oder Soay (WOLF et al., 1980).

Im Fall der MF mit einer adulten Körpermasse der Mutterschafe von im Mittel 75 kg lassen B-Kreuzungen primär eine Reduzierung von Körpermasse und Rahmen und sekundär eine Veränderung von Fettgehalt und -verteilung wie auch des Fleisch-Fett-Verhältnisses bei gleicher Mastendmasse erwarten, weil von einer früheren physiologischen Reife auszugehen ist. Lediglich in der subjektiven Bewertung der Verfettung der R₂-Tiere tritt der erwartete Unterschied zur Kontrolle auf, was sich zudem durch objektiv ermittelte Merkmale nicht bestätigen läßt. Lämmer mit höherem B-Anteil (1/4) wiesen jedoch in früheren Untersuchungen (SUESS, 1992) signifikant höhere Anteile von Beckenfett und Nierentalg sowie eine stärkere Fettauflage auf. Bei B x Texel verändert sich der Nierentalganteil in deutlicher Abhängigkeit vom B-Anteil (SUESS et al., 1998b). Andere Untersuchungen finden bei Kreuzungsprodukten zwischen B und South Australian Merino bzw. Trangie im Vergleich zu den Ausgangsrassen bei gleichem Alter bzw. Mastendgewicht höhere Fettauflagen (KLEEMANN et al., 1985). Kreuzungen von Romney und Perendale mit B weisen bei vergleichbarem Schlachalter gegenüber der Reinzucht neben einem größeren Anteil Innenfett auch die höchste Gesamtverfettung der Schlachtkörper auf (MEYER und KIRTON, 1984).

Unter Berücksichtigung der Verdrängung des B-Anteiles bis 1/8 (R₂) bleiben nach vorliegenden Ergebnissen geringe Abweichungen in der Verfettung der Schlachtkörper. Bei weiterer Rückkreuzung sind keine Unterschiede zur Reinzucht mehr vorhanden. Eine ungünstigere Bewertung der Schlachtkörper von Kreuzungslämmern durch die Verbraucher ist nicht zu erwarten.

4.2 Einfluß von Booroola auf Merkmale der Fettqualität

Sowohl ernährungsphysiologisch als auch sensorisch ist die Fettqualität bei Lammfleisch von außerordentlichem Interesse. Dabei verdient der Gehalt an gesättigten Fettsäuren mit entsprechenden Konsequenzen für die Talgigkeit besondere Bedeutung. Ein hoher Anteil gesättigter Fette in der menschlichen Nahrung steht nach Angaben von Ernährungsphysiologen in Zusammenhang mit einem erhöhten Risiko für Herz- und Kreislauferkrankungen. Eine wichtige Rolle für viele metabolische Prozesse wird darüber hinaus dem Quotienten aus den Anteilen $\omega 6$ und $\omega 3$ Fettsäuren beigemessen. So wird ein ungünstiges Verhältnis mit einer Zunahme degenerativer Gefäßerkrankungen in Zusammenhang gebracht. Bei den genannten Fettsäuregruppen stellen C18:2 ($\omega 6$) und C18:3 ($\omega 3$) den Hauptbestandteil dar. Nach MATTHES et al. (1996) stellt ein Wert zwischen 1 und 2 das Optimum dar.

Zur Beurteilung dieses Komplexes wurden in der vorliegenden Untersuchung Schmelzpunkt, Säurezahl und ausgewählte Parameter der Fettsäurezusammensetzung in verschiedenen Kompartimenten untersucht.

Während die R_2 -Generation im Nierentalg noch einen höheren Schmelzpunkt aufweist, zeigen sich bei Reduzierung des E-Anteiles in BMF auf 1/16 weder im Schmelzpunkt noch in der Säurezahl Unterschiede zwischen MF- und Kreuzungslämmern.

Im Fettsäurenmuster bestehen Abweichungen zwischen den verschiedenen Rückkreuzungsstufen. Mit Ausnahme des in allen B-Kreuzungen ungünstigeren Quotienten Linol-/Linolensäure und einem reduzierten MUFA-Anteil in der R_2 bestehen kaum Differenzierungen zu MF. Andere Autoren (BOYLAN et al., 1976; SUESS et al., 1993) finden bei vergleichbarem Gesamtfettgehalt des Schlachtkörpers allerdings eine genotypische Beeinflussung des Fettsäurenmusters in der F_1 .

In Übereinstimmung mit den vorliegenden Ergebnissen wird für konzentraternährte MF Reinzucht-Lämmer mit 6,6 bis 8,6 (SUESS et al., unveröff.; SUESS et al., 1998a) ein höherer Wert für das Verhältnis zwischen Linol- und Linolensäure bestätigt. Vorteilhaftere Quotienten (3,1) erreichen BMF-Lämmer (25 und 40 kg) bei Haltung unter Weidebedingungen (GITTER, 1993).

Die Präsenz des FecB-Genes ist tendenziell mit niedrigeren Schmelzpunkten, besonders im Nierentalg und im IMF gekoppelt. Die Unterschiede korrespondieren mit entsprechenden Veränderungen im Fettsäurenmuster. FecB; Fec+ - Nachkommen besitzen weniger SFA und höhere Anteile PUFA, was sich auch im Quotienten aus beiden widerspiegelt. Dieser Zusammenhang ist in der Fettauflage nicht so deutlich zu erkennen. Es zeigen sich aber auch hier analoge Tendenzen. Auch die p-Werte aus der Varianzanalyse bestätigen in allen untersuchten Fettdepots einen FecB-Gen-Einfluß auf den Anteil PUFA. Dieser Effekt verliert sich beim Vergleich der Schmelzpunkte zwischen MF und FecB; Fec+.

Die Quotienten zwischen C18:2/C18:3 verdeutlichen in allen Fettkompartimenten ein ernährungsphysiologisch ungünstigeres Verhältnis bei FecB; Fec+ -Nachkommen, obwohl sich in der Varianzanalyse lediglich ein signifikanter Einfluß im IMF nachweisen läßt. Diese Differenzierung im IMF erklärt sich vermutlich aus dem verminderten IMF-Gehalt bei Genträgernachkommen, da geringere IMF-Gehalte mit einem ungünstigerem Verhältnis zwischen C18:2 zu C18:3 verbunden sind (SUESS et al., 1998a). Im Vergleich zu MF zeigt sich bei BMF-Genträgernachkommen lediglich noch im subkutanen Fett ein ungünstigerer Quotient zwischen C18:2/C18:3.

Die vorliegenden Ergebnisse deuten auf einen pleiotropen Effekt des FecB-Genes auf die Fettqualität hin. In analogen Untersuchungen an B-Kreuzungen mit Texel kann allerdings kein Einfluß gefunden werden (SUESS et al., 1998b). Unter Berücksichtigung weiterer Literaturergebnisse scheint ein derartiger Effekt auf Fettmenge, -verteilung und -qualität unwahrscheinlich. Korrelierte Effekte des Booroola-Merino beschränken sich hinsichtlich der Fettmenge offensichtlich auf die R_1 . Darüber hinaus ist keine nachteilige Bewertung der Schlachtkörper gegenüber denen von MF-Reinzuchtlämmern zu erwarten.

Literatur

BOYLAN, W.J.; BERGER, Y.; ALLEN, C.E.:

Fatty acid composition of Finnish crossbred lamb carcasses. *J. Anim. Sci.* 42 (1976), 1421-1426

- DAVIS, G.H.; MONTGOMERY, G.W.; ALLISON, A.J.; KELLY, R.W.; BRAY, A.R.:
Segregation of a major gene influencing fecundity in progeny of Booroola sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 25 (1982), 525-529
- DAVIS, G.H.; ARMSTRONG, J.R.; ALLISON, A.J.:
Ovulation rate and litter sizes of Booroola ewes classified homozygous, heterozygous and non-carrier for the Booroola gene. *Proc. 2nd World congress on sheep and beef cattle breeding (Pretoria)* 16.-19.4., vol. 2, 1984, poster 25
- OWENS, J.L.; JOHNSTONE, P.D.; DAVIS, G.H.:
An independent statistical analysis of ovulation rate data used to segregate Booroola-Merino genotypes. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 28 (1985), 361-363
- FAHMY, M.H.; BOUCHER, J.M.; POSTE, L.M.; GREGOIRE, R.; BUTLER, G.; COMEAU, J.E.:
Feed efficiency, carcass characteristics, and sensory quality of lambs, with or without prolific ancestry, fed diets with different protein supplements; *J. Anim. Sci.* 70 (1992), 1365-1374
- FISHER, A.V.; DE BOER, H.:
The EAAP standard method of sheep carcass assessment. Carcass measurements and dissection procedures.- Report of the EAAP working group on carcass evaluation, in cooperation with the CIHEAM Instituto Agronomico Mediterraneo of Zaragoza and the CEC; *Livestock Prod. Sci., Amsterdam* 38 (1995), 149-159
- GITTER, H.:
Nutzung fruchtbarer Mutterschafherden zur Mastlammherzeugung. *Ergebnisbericht Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Sachsen* 1993, 77-80, 1994
- GOOT, H.; BOR, A.; HASDAI, H.; ZENOU, A.; GOOTWINE, E.:
Body and carcass composition of Awassi, Assaf, BooroolaxAwassi and BooroolaxAssaf ram lambs. *Proceedings „Major genes for reproduction in sheep“ Toulouse (France)* 16 -18 July, 1990
- HEYLEN, K.; SUESS, R.; FREUDENREICH, P.; LENGERKEN, G. v.:
Einfluß des intramuskulären Fettes auf die Qualität von Lammfleisch unter besonderer Berücksichtigung der Verzehrsqualität. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 41 (1998) 1/2, 111-122
- KLEEMANN, D.O.; PONZONI, R.W.; SATFFORD, J.E.; GRIMSON, R.J.:
Growth and carcass characteristics of the South Australian Merino and its crosses with the Booroola and Trangie Fertility Merino. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 25 (1985), 750-757
- KLEEMANN, D.O.; PONZONI, R.W.; SATFFORD, J.E.; CUTTON, I.N.; GRIMSON, R.J.:
Carcass composition of the South Australian Merino and its crosses with the Booroola and Trangie. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 28 (1988), 167-172
- MATTHES, H.-D.; DEMISE, S.; MÖHRING, H.; NÜRNBERG, K.; JENTSCH, W.:
Efficiency of extensive management of sheep on extensive pasture for fattening and slaughter performance and meat quality. 47th Meeting EAAP, Lillehammer 26.-29.8.1996
- MEYER, H.H.; KIRTON, A.H.:
Growth and carcass characteristics of Romney, Perendale and their Booroola Merino crossbred ram lambs. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 27 (1984), 167-172
- SUESS, R.:
Fettgehalt und -verteilung bei R₁-Kreuzungen (1/4B; 3/4MF) im Vergleich zu Merinofleischschafflammern. 1992 (unveröffentlicht)
- SUESS, R.; SPILKE, J.; LENGERKEN, G. v.; STRITTMATTER, K.:
Einfluß des Genotyps auf die Fettqualität von Lammerschlachtkörpern. *Tagungsband 1. Institutssymposium am 9./10.12.1993, Halle*
- SUESS, R.:
Fruchtbarkeitsgene sind wirtschaftlich bedeutsam. *Deutsche Schafzucht* 89 (1997) 18, 424-426
- SUESS, R.; HEYLEN, K.; LENGERKEN, G. v.:
Qualitätsaspekte in der Lammfleischerzeugung. 6. Hochschultagung 24./25.3. in Jena, *Tagungsband* 110-118, 1998a
- SUESS, R.; HEYLEN, K.; RÖSLER, H.-J.; KAULFUß, K.-H.; LENGERKEN, G. v.; VISSCHER, A.; DIJKSTRA, M.:
Fat content and fat quality of carcasses from Booroola crossbreds in comparison to purebred lambs. 49th Meeting EAAP, Warsaw 24.-27.8., *Book of Abstr. S. 217 (Paper SB1.14)*, 1998b
- TAYLOR, St.C.S.:
Genetic size-scaling rules in animal growth. *Animal Production*, 30 (1980), 161-165

- VISSCHER, A.H.; VAN HANDEL, B.B.P.G.; DE JONG, F.H. :
Influence of BooroolaF-gene on reproductive, growth and carcass characteristics in a Texel flock. Proceedings „Major genes for reproduction in sheep“ Toulouse (France) 16 -18 July, 1990
- VISSCHER, A.H.;VEERKAMP, R.F.; DIJKSTRA, M.; LORD, E.A.:
The effect of the Booroola gene on feed intake, growth rate and slaughter quality of lambs. 49th Meeting EAAP, Warsaw 24.-27.8.,Book of Abstr. S. 215 (Paper SB1.9), 1998a
- VISSCHER, A.H.; DIJKSTRA, M.; HOVING, A.H.; VEERKAMP, R.F.; LORD, E.A.:
The effect of the Booroola gene on meat and carcass quality of male lambs. 49th Meeting EAAP, Warsaw 24.-27.8.,Book of Abstr. S. 215 (Paper SB1.10), 1998b
- WOLF, B.T.; SMITH, C; SALES, D.I.:
Growth and carcass composition in the crossbred progeny of six terminal sire breeds of sheep. Animal Production, **31** (1980), 307-313
- YOUNG, L.D.; DICKERSON, G.E.:
Comparison of Booroola Merino and Finnsheep: effects on productivity and performance of crossbred lambs. J. Anim. Sci. **69** (1991), 1899-1911

Eingegangen: 28.01.1999

Akzeptiert: 10.11.1999

Anschrift der Verfasser

Dr. REINHARD SUESS, KATY HEYLEN, Prof. Dr. Dr. h.c. GERHARD von LENGERKEN
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Tierzucht und -haltung mit Tierklinik
Adam-Kuckhoff-Straße 35
D-06108 Halle (Saale)