

## ■ Gewusst wie

# Vergleich sechs verschiedener Fleischrinderrassen

## 4. Fleischqualität

P.-A. Dufey und A. Chambaz, Agroscope Liebefeld-Posieux, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft (ALP), CH-1725 Posieux

### Einleitung

Die Fleischqualität verschiedener Rinderrassen war bereits Gegenstand mehrerer Vergleichsstudien. Allerdings wurden diese Studien entweder mit Kreuzungstieren unter Produktions- und Ernährungsbedingungen durchgeführt, die sehr verschieden von denjenigen in der Schweiz waren, oder indem Rassen mit einem ähnlichen Schlachtkriterium - Alter, Mastdauer, Lebendgewicht oder Ausmastgrad - verglichen wurden. Zwar wurden auch Rassenvergleiche bei gleichem intramuskulärem Fettgehalt angestellt oder wenn das Fleisch ähnlich marmoriert ist, jedoch erst nach statistischer Anpassung der Mittelwerte.

Das Ziel der vorliegenden Studie war, Fleischrassen mit sehr verschiedener Frühreife unter gleichen Versuchsbedingungen zu stellen und sie bei zwei verschiedenen Reifegraden, beim gleichen Ausmastgrad und bei ähnlichem intramuskulärem Fettgehalt (IMF) zu vergleichen, um den Einfluss der jeweiligen Schlachtkriterien auf die Fleischqualität zu bestimmen.

Die Zuchtleistungen der Rassen sowie die Aspekte im Zusammenhang mit der Qualität der Schlachtkörper und den Produktionskosten wurden bereits in diesem Magazin vorgestellt (DUFEY et al., 2002; DUFEY und CHAMBAZ, 2002; CHASSOT et al., 2003).

### Material und Methoden

#### Rassen und Versuchsbedingungen

Insgesamt wurden 138 Rinder von sechs reinen Rassen - Angus (AN; 75 % AN-Blut), Simmental

(SI), Charolais (CH; Doppellender ausgeschlossen), Limousin (LI), Blonde d'Aquitaine (BL) und Piemonteser (PI) - in zwei Serien mit 12 respektive 11 Tieren pro Rasse in Laufställen gemästet. Die Schlachtung erfolgte für die Tiere der ersten Serie (*Serie FG3*) bei einem Ausmastgrad, der einer gleichmässigen Fettabdeckung und der Fettgewebeklasse 3 gemäss CH-TAX entspricht, und für diejenigen der zweiten Serie (*Serie IMF*) bei einem intramuskulären Fettgehalt (IMF) von 3 bis 4 % im M. longissimus dorsi, einem Roastbeef. Die Versuchsbedingungen wurden im vorangehenden Artikel detailliert präsentiert (DUFEY et al., 2002).

#### Analysen

Material und Methoden werden untenstehend nicht beschrieben. Angaben dazu können aber bei Herrn P.-A. Dufey angefordert werden.

Die Messungen und Analysen der Fleischqualität wurden an einem Rückenmuskel, dem *Longissimus thoracis* (LT), und an einem Oberschenkelmuskel, dem *Biceps femoris* (BF), gemacht.

#### Statistische Analyse

Für jede Variable wurden eine Varianzanalyse und ein mehrfacher Vergleich der Mittelwerte (Newman-Keuls-Test,  $\alpha = 0,05$ ) durchgeführt. Die Varianzanalyse berücksichtigt den Einfluss der Rasse, des Schlachtkriteriums (Serien) und der Interaktion Rassen/Serien. Beim Eintreten einer Interaktion ( $p < 0,05$ ) werden die Resultate der Rassen für jede Serie präsentiert.

Obwohl die BL und PI den gewünschten IMF von 3 bis 4 % nach

fünfzehnmonatiger Mästung nicht erreichten - sie erreichten 2,4 resp. 2,3 % -, wurden sie wegen der Bedeutung dieser Resultate trotzdem in der Auswertung der Serie IMF berücksichtigt. Der Vergleich dieser zwei Rassen mit den anderen Rassen erfolgte unter diesem Vorbehalt.

### Resultate

#### Entwicklung des pH-Wertes und der Temperatur

Der pH-Wert der Muskeln ist beim lebenden Tier beinahe neutral (7,0-7,2). Bei seinem Tod wird das Glykogen anaerob abgebaut. Der Abbau ist somit nicht vollständig und produziert Milchsäure, deren Ansammlung in den Muskeln zur Versäuerung des Milieus und zur Senkung des pH-Wertes führt.

> **Serienvergleich:** In der Serie IMF war die Temperatur des LT und des BF 1 resp. 3 Stunden post mortem um rund 1 resp. 3°C höher als in der Serie FG3 (*Tab. 1*). Eine Konsequenz davon ist, dass die Senkung des pH-Wertes nach 3 Stunden bei schwereren und fetteren Tieren (*Serie IMF*) bedeutend rascher erfolgt ( $p < 0,001$ ), obwohl sie 1 Stunde post mortem einen leicht höheren pH-Wert aufweisen. Nach 1 bis 3 Stunden betragen diese Differenzen beim LT und BF rund -0,2 resp. -0,3 pH-Einheiten.

Der endgültige pH-Wert wird demzufolge bei den schwereren Tieren der Serie IMF rascher erreicht.

> **Rassenvergleich:** Eine Stunde nach der Schlachtung ist der pH-Wert des LT bei allen Rassen in etwa gleich. Der pH-Wert des BF ist hingegen bei der BA bereits leicht tiefer

Tabelle 1. Resultate der pH-Werte und der Temperaturen in den Muskeln LT und BF <sup>1</sup>

	Rassen						Serien <sup>2</sup>		Auswirkungen		
	AN	SI	CH	LI	BA	PI	FG3	IMF	Rassen	Serien	Interaktion
<b>Muskel LT</b>											
pH <sub>1</sub> Stunde	6,60	6,59	6,61	6,59	6,56	6,53	6,55	6,61	n.s	...	n.s
Temperatur <sub>1</sub> Stunde	38,4 <sup>ab</sup>	37,3 <sup>c</sup>	37,9 <sup>b</sup>	38,5 <sup>ab</sup>	39,1 <sup>a</sup>	38,3 <sup>ab</sup>	37,7	38,8	...	...	n.s
pH <sub>3</sub> Stunden	6,24 <sup>a</sup>	6,13 <sup>c</sup>	6,21 <sup>ab</sup>	6,12 <sup>bc</sup>	6,02 <sup>d</sup>	6,10 <sup>c</sup>	6,20	6,07	...	...	n.s
Temperatur <sub>3</sub> Stunden	31,0 <sup>bc</sup>	30,4 <sup>c</sup>	32,0 <sup>b</sup>	32,9 <sup>a</sup>	33,7 <sup>a</sup>	31,4 <sup>b</sup>	30,6	33,3	...	...	n.s
pH <sub>48</sub> Stunden	5,55 <sup>ab</sup>	5,56 <sup>ab</sup>	5,54 <sup>b</sup>	5,57 <sup>ab</sup>	5,59 <sup>a</sup>	5,58 <sup>a</sup>	5,57	5,56	..	n.s	n.s
<hr/>											
pH <sub>1-3</sub> Stunden	0,35 <sup>c</sup>	0,45 <sup>bc</sup>	0,40 <sup>bc</sup>	0,46 <sup>b</sup>	0,54 <sup>a</sup>	0,43 <sup>bc</sup>	0,34	0,53	...	...	n.s
Temperatur <sub>1-3</sub> Stunden	7,4 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>	5,9 <sup>b</sup>	5,6 <sup>b</sup>	5,3 <sup>b</sup>	6,9 <sup>a</sup>	7,1	5,5	...	...	n.s
<b>Muskel BF</b>											
pH <sub>1</sub> Stunde	6,60 <sup>ab</sup>	6,59 <sup>ab</sup>	6,63 <sup>a</sup>	6,61 <sup>ab</sup>	6,53 <sup>b</sup>	6,60 <sup>ab</sup>	6,54	6,64	.	...	n.s
Temperatur <sub>1</sub> Stunde	38,8 <sup>a</sup>	37,5 <sup>b</sup>	37,8 <sup>b</sup>	38,1 <sup>ab</sup>	38,7 <sup>a</sup>	37,8 <sup>b</sup>	37,6	38,6	...	...	n.s
pH <sub>3</sub> Stunden	6,01 <sup>b</sup>	6,09 <sup>ab</sup>	6,12 <sup>a</sup>	5,99 <sup>b</sup>	5,99 <sup>b</sup>	6,02 <sup>b</sup>	6,13	5,95	..	...	n.s
Temperatur <sub>3</sub> Stunden	FG3	32,9 <sup>a</sup>	30,4 <sup>c</sup>	31,2 <sup>bc</sup>	32,2 <sup>ab</sup>	32,1 <sup>ab</sup>	31,7 <sup>ac</sup>	31,7	...	...	.
	IMF	34,4 <sup>c</sup>	34,2 <sup>c</sup>	34,2 <sup>bc</sup>	36,0 <sup>a</sup>	35,7 <sup>ab</sup>	33,7 <sup>c</sup>	34,7	...	...	.
pH <sub>48</sub> Stunden	5,51 <sup>c</sup>	5,53 <sup>bc</sup>	5,53 <sup>bc</sup>	5,55 <sup>ab</sup>	5,55 <sup>ab</sup>	5,57 <sup>a</sup>	5,56	5,52	..	...	n.s
<hr/>											
pH <sub>1-3</sub> Stunden	0,59	0,49	0,50	0,61	0,54	0,57	0,41	0,69	n.s	...	n.s
Temperatur <sub>1-3</sub> Stunden	FG3	5,5 <sup>ab</sup>	7,0 <sup>a</sup>	5,7 <sup>ab</sup>	5,5 <sup>ab</sup>	6,1 <sup>ab</sup>	5,5 <sup>b</sup>	5,9	.	...	..
	IMF	4,7 <sup>a</sup>	3,3 <sup>ab</sup>	4,5 <sup>a</sup>	2,6 <sup>b</sup>	3,5 <sup>ab</sup>	4,7 <sup>a</sup>	3,9	.	...	..

<sup>1</sup> LT : *Longissimus thoracis* ; BF : *Biceps femoris*

<sup>2</sup> FG3 : Schlachtung der Tiere bei der Note 3 für den Ausmastgrad (CH-TAQ) ; IMF : Schlachtung der Tiere bei einem intramuskulären Fettgehalt von 3 bis 4%  
Die Werte auf derselben Linie mit unterschiedlichen Indexen sind signifikant verschieden (Newman-Keuls-Test,  $\alpha=5\%$ ).

als bei der CH (Tab. 1).

Nach 1 bis 3 Stunden sinkt der pH-Wert des LT am schnellsten bei den BA und am langsamsten bei den AN. Beim BF werden keine Differenzen gemessen. Die beiden Interaktionen im Zusammenhang mit der Entwicklung der Temperatur des BF zeigen, dass die beobachteten Änderungen zwischen den beiden Reifestadien (FG3 und IMF) bei den SI viel grösser sind als bei den anderen Rassen. Beim Stadium FG3 weisen die SI die grössten und schnellsten Wärmeverluste auf. Als Rasse mit starker Muskelentwicklung zeichnen sich die PI durch einen rascheren Temperaturverlust im LT zwischen 1 und 3 Stunden post mortem aus. Diese Entwicklung ist bei den AN und SI ähnlich.

Ein zu rasches Sinken des pH-Wertes kurz nach der Schlachtung sowie eine ungenügende Senkung mit einem endgültigen pH-Wert von über 5,90 bewirken zwei Qualitätsmängel: PSE-Fleisch (bleiches, weiches und wässriges Fleisch) und DCB-Fleisch

(dunkles, leimiges Fleisch). Diese Mängel wurden in unserer Studie bei keinem Tier festgestellt.

### Gewichtsverlust des Fleisches

Der Gewichtsverlust ist mit dem Wasserhaltevermögen des Fleisches verbunden. Dies ist eines der wichtigsten Qualitätskriterien. Es wird auf verschiedene Arten und zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen, indem das Fleisch gewissen mechanischen (Vakuieren) oder thermischen Belastungen (Tiefkühlen/Kochen) ausgesetzt wird oder nicht. Die Tropfsaftverluste entsprechen dem Gewichtsverlust des Fleisches im Verlauf von zwei Tagen ohne mechanische Belastung und widerspiegeln die potenziellen Verluste in der Verpackung. In unserer Studie wurden die Tropfsaftverluste gemessen, und das Fleisch wurde mechanischen (Vakuieren) und thermischen Belastungen (Tiefkühlen/Kochen) ausgesetzt.

> **Serienvergleich:** Beim LT wirken sich die Gewichts- und Altersdifferenzen bei der Schlachtung der Tiere der Serie IMF systematisch durch grössere Gewichtsverluste von 0,5 Punkten für die Tropfsaftverluste bis zu 1,9 Punkten für die Kochverluste aus (Tab. 2). Solche Differenzen wurden beim BF nicht gemessen. Die Interaktionen bei den Tropfsaftverlusten sind vor allem auf die PI zurückzuführen. Diese Rasse hat sich in der Tat von einer Serie zur anderen den anderen Rassen gegenüber verschieden verhalten.

> **Rassenvergleich:** Die SI und insbesondere die AN weisen die schwächsten Tropfsaftverluste auf, was auf ein besseres Wasserhaltevermögen schliessen lässt (Tab. 2). Die höchsten Verluste wurden bei den BA und PI gemessen, wenn sie beim Stadium FG3 geschlachtet werden (Interaktion). Im Schnitt überschritt keine der getesteten Rassen den Grenzwert von 4,5%. Einzelne betrachteten wiesen jedoch 38 resp. 24,

Tabelle 2. Wasserhaltevermögen der Muskeln LT und BF<sup>1</sup>

			Rassen						Serien <sup>2</sup>		Auswirkungen		
			AN	SI	CH	LI	BA	PI	FG3	IMF	Rassen	Serien	Interaktion
<b>Muskel LT</b>													
Tropfsaftverluste <sub>4 Tage p.m.</sub>	(%)	FG3	1,4 <sup>b</sup>	1,6 <sup>b</sup>	3,3 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	2,9		...	...	...
		IMF	1,8 <sup>c</sup>	3,2 <sup>b</sup>	3,7 <sup>ab</sup>	4,3 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	2,9 <sup>b</sup>		3,4	...	...	...
Reifeverluste <sub>14 Tage p.m.</sub>	(%)	FG3	2,5 <sup>c</sup>	2,7 <sup>bc</sup>	2,7 <sup>bc</sup>	2,8 <sup>bc</sup>	3,5 <sup>a</sup>	3,3 <sup>ab</sup>	2,9		..	...	...
		IMF	3,4 <sup>ab</sup>	3,8 <sup>a</sup>	3,4 <sup>ab</sup>	3,0 <sup>bc</sup>	3,6 <sup>ab</sup>	2,7 <sup>c</sup>		3,3	..	..	n.s
Auftauverluste	(%)		8,3 <sup>a</sup>	7,5 <sup>ab</sup>	7,2 <sup>bc</sup>	6,7 <sup>bd</sup>	6,1 <sup>d</sup>	6,4 <sup>cd</sup>	6,7	7,4	...	..	n.s
Kochverluste	(%)		15,4 <sup>a</sup>	13,6 <sup>b</sup>	13,4 <sup>b</sup>	12,1 <sup>bc</sup>	11,4 <sup>c</sup>	11,8 <sup>bc</sup>	12,0	13,9	...	...	n.s
<b>Muskel BF</b>													
Tropfsaftverluste <sub>4 Tage p.m.</sub>	(%)	FG3	1,3 <sup>d</sup>	1,5 <sup>d</sup>	2,6 <sup>c</sup>	2,9 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>ab</sup>	3,8 <sup>a</sup>	2,6		...	n.s	...
		IMF	1,8 <sup>c</sup>	1,9 <sup>c</sup>	2,7 <sup>b</sup>	2,9 <sup>b</sup>	3,4 <sup>a</sup>	2,7 <sup>b</sup>		2,6	...	..	..
Reifeverluste <sub>14 Tage p.m.</sub>	(%)	FG3	2,5 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>	2,9 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	2,8		.	n.s	..
		IMF	3,2 <sup>a</sup>	2,7 <sup>ab</sup>	2,6 <sup>ab</sup>	3,0 <sup>ab</sup>	2,9 <sup>ab</sup>	2,5 <sup>b</sup>		2,8	.	..	..
Auftauverluste	(%)	FG3	7,4 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	6,7 <sup>a</sup>	5,1 <sup>b</sup>	5,4 <sup>b</sup>	6,7		...	...	..
		IMF	7,7 <sup>a</sup>	5,8 <sup>ab</sup>	6,5 <sup>ab</sup>	5,3 <sup>bc</sup>	5,3 <sup>bc</sup>	5,1 <sup>c</sup>		6,0	...	..	..
Kochverluste	(%)		13,1 <sup>a</sup>	12,4 <sup>a</sup>	13,4 <sup>a</sup>	11,9 <sup>ab</sup>	10,5 <sup>b</sup>	10,7 <sup>b</sup>	12,0	12,0	...	n.s	n.s

LT : Longissimus thoracis ; BF : Biceps femoris

<sup>1</sup> FG3 : Schlachtung der Tiere bei der Note 3 für den Ausmastgrad (CH-TAD) ; IMF: Schlachtung der Tiere bei einem intramuskulären Fettgehalt von 3 bis 4%  
Die Werte derselben Linie mit unterschiedlichen Indexen sind signifikant verschieden (Newman-Keuls-Test,  $\alpha=5\%$ ).

17 und 14 % der Tiere der Rassen BA, LI, CH und PI Verluste von über 4,5 % auf. Hingegen hat kein einziges Tier der Rassen AN und SI diesen Grenzwert überschritten.

Nach dem Vakuumieren und einer von thermischen Belastungen (Tiefkühlen/Kochen) gefolgt 14-tägigen Reifezeit sieht allerdings die Sache anders aus. Die AN weisen die grössten und die BA und PI die kleinsten Verluste auf. Die Differenzen liegen je nach Variable und Muskel zwischen 20 und 45 %.

### Fleischfarbe

Die Farbe kann mit Hilfe eines Chromameters sehr präzise gemessen werden. Das verwendete CIELAB-System, ein internationaler Standard (Internationale Energiekommission), wurde so entwickelt, dass die gemessenen Werte möglichst mit der visuellen Wahrnehmung der Menschen übereinstimmen. Die gemessenen Werte sind für das Fleisch die Helligkeit L\* (0-100; schwarz-weiss), die Intensität der Rotfärbung a\*(0-60) und die Intensität der Gelbfärbung b\* (0-60).

Üblicherweise gehen die Stan-

dards für das Rindfleisch von einer Helligkeit (L\*) von 34 bis 40 aus.

> **Serienvergleich:** Die durchschnittliche Altersdifferenz von 4 Monaten zwischen den beiden Serien FG3 und IMF führt zu Veränderungen für praktisch alle analysierten Variablen (Tab. 3). Das Fleisch der Tiere der Serie IMF ist bedeutend dunkler. Die Intensitätserhöhung der Rot- und Gelbkomponenten zeigt eine Zunahme der Sättigung. Gesamthaft lassen sich die Helligkeits- und Sättigungsdifferenzen zwischen FG3 und IMF durch die Gleichung  $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$  ausdrücken. Nach 14-tägiger Reifezeit ergeben sich damit für LT und BF  $\Delta E$  -Werte von 1,1 und 1,9. Diese Differenzen sollten für das menschliche Auge wahrnehmbar sein.

Die Reifezeit verursacht Farbveränderungen. Das Fleisch tendiert dazu, heller zu werden, während die Sättigung der Rot- und Gelbkomponenten leicht zunimmt. Diese Änderungen ergeben sich aus der kombinierten Wirkung der Veränderungen der Muskelstruktur, des chemischen Zustandes des Hauptpigments des Fleisches, des Myoglobins und der

Verluste der interstitiellen Flüssigkeit (Tropfsaftverluste). Dies wird als Farbstabilität bezeichnet, ein anderes Qualitätskriterium. Sie wurde, in unserer Studie, anhand der Differenz zwischen den Werten 2 und 14 Tage post mortem bei Vakuumkonservierung gemessen. Die Daten in der Tabelle 3 zeigen, dass die Farbentwicklung bei beiden Altersstufen der Serien FG3 und IMF gleich ist, ausser was die Gelbkomponente des LT betrifft.

> **Rassenvergleich:** Die Rassen unterscheiden sich bezüglich der Fleischfarbe von einander. Aus der Tabelle 3 geht hervor, dass das Roastbeef der Piemonteser die dunkelste Färbung und die schwächste Sättigung der Intensität der Rot- und Gelbkomponenten besitzt. Wie bereits vorher erwähnt sollte ein Rindfleisch zum Zeitpunkt des Verkaufs einen L\*-Wert zwischen 34 und 40 aufweisen. Betrachtet man die Werte nach 14-tägiger Reifung, sieht man, dass die AN und CH im Schnitt diese kritischen Werte erreichen. Einzeln betrachtet war das Roastbeef von mehr als 39 resp. 48 % der Tiere der Rassen AN und CH zu hell. Dieses

Tabelle 3. Farbe und Farbstabilität der Muskeln LT und BF<sup>1</sup>

		Rassen						Serien <sup>2</sup>		Auswirkungen		
		AN	SI	CH	LI	BA	PI	FG3	IMF	Rassen	Serien	Interaktion
<b>Muskel LT</b>												
Helligkeit <sub>14 Tage</sub>	L*	39,8 <sup>a</sup>	38,0 <sup>bc</sup>	40,0 <sup>a</sup>	38,6 <sup>b</sup>	38,2 <sup>bc</sup>	37,0 <sup>c</sup>	39,1	38,1	..	..	n.s
Rotfärbung <sub>14 Tage</sub>	a*	14,2 <sup>ab</sup>	14,4 <sup>a</sup>	14,2 <sup>ab</sup>	14,2 <sup>a</sup>	13,4 <sup>bc</sup>	13,3 <sup>c</sup>	13,7	14,2	..	.	n.s
Gelbfärbung <sub>14 Tage</sub>	b* FG3	3,5	3,9	4,0	3,6	4,3	3,5	3,8		n.s	n.s	..
	IMF	4,5 <sup>a</sup>	4,3 <sup>ab</sup>	4,5 <sup>a</sup>	4,2 <sup>ab</sup>	3,6 <sup>b</sup>	2,9 <sup>c</sup>		4,0	..	..	..
Helligkeit <sub>2-14 Tage</sub>	ΔL*	2,8 <sup>a</sup>	1,7 <sup>c</sup>	2,6 <sup>ab</sup>	2,0 <sup>bc</sup>	2,2 <sup>ac</sup>	2,4 <sup>ac</sup>	2,2	2,3	..	n.s	n.s
Rotfärbung <sub>2-14 Tage</sub>	Δa*	0,8	0,9	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	0,6	n.s	.	n.s
Gelbfärbung <sub>2-14 Tage</sub>	Δb* FG3	-0,1 <sup>b</sup>	0,6 <sup>ab</sup>	0,8 <sup>ab</sup>	0,3 <sup>ab</sup>	1,3 <sup>a</sup>	0,8 <sup>ab</sup>	0,6		.	..	..
	IMF	1,1 <sup>a</sup>	-0,4 <sup>b</sup>	-0,2 <sup>b</sup>	-0,3 <sup>b</sup>	0,0 <sup>b</sup>	-0,6 <sup>b</sup>		-0,1	..	..	..
Farbabweichung <sub>2-14 Tage</sub>	ΔE*	3,3	2,6	3,0	2,5	2,8	2,9	2,9	2,8	n.s	n.s	n.s
<b>Muskel BF</b>												
Helligkeit <sub>14 Tage</sub>	L*	38,6 <sup>a</sup>	36,9 <sup>b</sup>	38,0 <sup>ab</sup>	37,2 <sup>b</sup>	37,7 <sup>ab</sup>	37,2 <sup>b</sup>	38,2	37,0	..	..	n.s
Rotfärbung <sub>14 Tage</sub>	a*	16,6 <sup>ab</sup>	17,1 <sup>a</sup>	16,6 <sup>ab</sup>	16,4 <sup>b</sup>	16,4 <sup>b</sup>	15,6 <sup>c</sup>	15,9	17,0	..	..	n.s
Gelbfärbung <sub>14 Tage</sub>	b* FG3	4,5 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	4,6		.	..	.
	IMF	6,1 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>		5,5	.	..	.
Helligkeit <sub>2-14 Tage</sub>	ΔL*	2,7	1,6	2,2	1,9	1,8	1,7	2,1	1,8	n.s	n.s	n.s
Rotfärbung <sub>2-14 Tage</sub>	Δa* FG3	0,1 <sup>ab</sup>	-0,1 <sup>b</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,4 <sup>ab</sup>	1,5 <sup>a</sup>	0,7 <sup>ab</sup>	0,5		.	n.s	..
	IMF	1,2 <sup>a</sup>	0,2 <sup>ab</sup>	0,3 <sup>ab</sup>	-0,4 <sup>b</sup>	0,0 <sup>ab</sup>	0,8 <sup>ab</sup>		0,4	.	..	..
Gelbfärbung <sub>2-14 Tage</sub>	Δb* FG3	-0,0 <sup>b</sup>	-0,5 <sup>b</sup>	0,4 <sup>ab</sup>	0,4 <sup>ab</sup>	1,9 <sup>a</sup>	1,0 <sup>ab</sup>	0,5		..	.	..
	IMF	2,1 <sup>a</sup>	-0,1 <sup>b</sup>	0,2 <sup>b</sup>	-0,6 <sup>b</sup>	-0,8 <sup>b</sup>	-0,5 <sup>b</sup>		0,1	..	..	..
Farbabweichung <sub>2-14 Tage</sub>	ΔE* FG3	2,4	2,3	3,3	3,0	3,4	2,7	2,9		n.s	n.s	..
	IMF	4,2 <sup>a</sup>	2,6 <sup>b</sup>	2,3 <sup>b</sup>	1,9 <sup>b</sup>	2,3 <sup>b</sup>	2,6 <sup>b</sup>		2,7	..	..	..

<sup>1</sup> LT: *Longissimus thoracis*; BF: *Biceps femoris*

<sup>2</sup> FG3: Schlachtung der Tiere bei der Note 3 für den Ausmastgrad (CH-TAD); IMF: Schlachtung der Tiere bei einem intramuskulären Fettgehalt von 3 bis 4%

Problem taucht bei einem Muskel wie dem BF, Typ oxydativ, nicht auf.

Die Farbveränderungen während der Reifung sind in der Tabelle 3 ersichtlich. Bei den AN sind sie bezüglich der Helligkeit und der Intensität der Gelbkomponente am stärksten, insbesondere in der Serie IMF. Bei dieser Rasse nehmen die gesamten Farbdifferenzen (ΔE\*) nur für den BF erheblich zu.

### Hämeisen

Der menschliche Organismus nimmt Eisen am besten in Häminform auf. Fleisch ist das einzige Nahrungsmittel, welches Hämeisen liefert.

> **Serienvergleich:** Wie in den Abbildungen 1 und 2 ersichtlich ist, hat das Hämeisen im LT und im BF in den 4 Monaten zwischen den beiden Serien FG3 und IMF erheblich zuge-

nommen, und zwar um 17 resp. 21%. Der LT enthält rund 50% weniger als der BF. Diese Differenz ist darauf zurückzuführen, dass der LT vorab weisse Fasern und demzufolge einen eher glykolytischen Stoffwechsel aufweist.

> **Rassenvergleich:** Der LT der PI enthält erheblich mehr Hämeisen als derjenige aller anderen Rassen (Abb. 1). Die Unterschiede zwischen den Rassen erklären sich nicht nur mit dem Alter, da einerseits die BA das gleiche Alter wie die PI haben und andererseits diese Beobachtung im BF nicht bestätigt wird (Abb. 2). Obwohl die Fütterung gleich ist, variiert die Eisenaufnahme je nach Rasse und, bei den einzelnen Rassen, je nach Muskeltyp. Der BF der SI und der LI weist erheblich höhere Gehalte auf als derjenige der AN.

### Gehalte des Fleisches

> **Serienvergleich:** Die Gehalte verändern sich mit dem Alter der Tiere (Tab. 4). Zwischen 14,4 und 18,4 Monaten (Serie FG3 und IMF) hat der intramuskuläre Fettgehalt im LT und im BF um 88 resp. 67% zugenommen. Diese sehr starke Zunahme wird hauptsächlich durch eine Abnahme des Wassergehaltes ausgeglichen.

> **Rassenvergleich:** Es können grosse Unterschiede beobachtet werden. Bei gleichem Ausmastgrad (FG3) liegt - ausser bei den CH - der intramuskuläre Fettgehalt der spätreifen Rassen, die eine grosse Fleischigkeit aufweisen, um rund 1 Punkt tiefer. In der Serie IMF sind die Unterschiede darauf zurückzuführen, dass es den Rassen BA und PI nicht möglich ist, den nach 14-monatiger Mästung erwarteten Gehalt von 3 bis 4% zu erreichen. Die

vorliegende Interaktion ist auf die LI zurückzuführen, die eine grosse Abweichung von mehr als 2,5 Punkten zwischen diesen beiden Reifestadien aufweisen. Da die Eiweissgehalte nicht oder nur sehr schwach variieren, ergeben sich die beobachteten Differenzen hauptsächlich aus den genetischen Unterschieden. Der Proteingehalt der spätreifen Rassen (LI, BA, PI) ist höher als derjenige der frühreifen, insbesondere im BF, wo die Differenz zwischen den Rassen AN und PI, die am stärksten abweichen, 2 Punkte beträgt.

Die Gehalte an Mineralstoffen sind in den Muskeln der spätreifen Rassen gesamthaft leicht höher als in denjenigen der frühreifen Rassen.

### Physiko-chemische Messungen im Zusammenhang mit der Zartheit

#### Kollagen (Tab. 5)

Kollagen, das wichtigste Eiweiss des Bindegewebes, ist für die Grundhärte des Muskels verantwortlich. Muskeln mit grossem Kollagengehalt sind härter oder potenziell härter als diejenigen mit wenig Kollagen.

> **Muskelvergleich:** Die Grundhärte des BF ist grösser als diejenige des LT. In den Serien *FG3* und *IMF* enthält der BF 250 bis 100 mg mehr Kollagen als der LT pro 100 g frischem Muskel.

> **Serienvergleich:** In der Serie *IMF* waren die Tiere zum Zeitpunkt der Schlachtung im Durchschnitt 4 Monate (2-7 Monate) älter. Das Alter bei der Schlachtung wirkt sich je nach Muskel unterschiedlich auf den Kollagengehalt aus. Im LT ändert sich dieser Gehalt nicht, während er im BF stark abnimmt. Dies lässt darauf schliessen, dass entweder das Verhältnis der myofibrillären gegenüber der kollagenen Proteine erheblich zugenommen hat oder anders gesagt, dass sich das Kollagen zwischen diesen beiden Stadien stark auflöst. Dies würde darauf hinweisen, dass die Muskelentwicklung im Oberschenkel

Abb. 1: Hämeisengehalt im Muskel LT

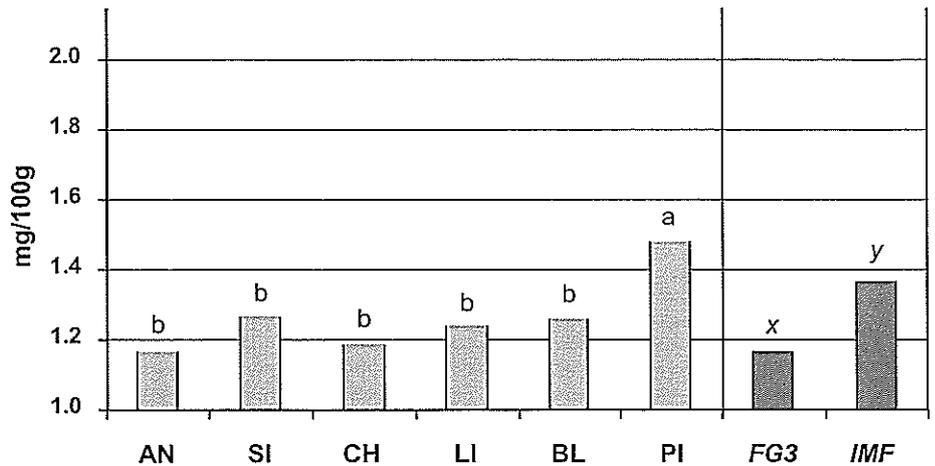
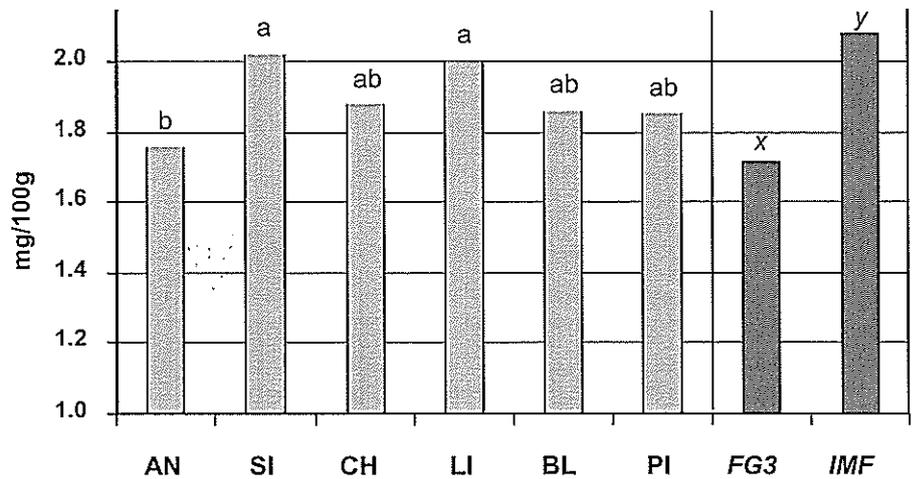


Abb. 2: Hämeisengehalt im Muskel BF



später eintritt als im Rücken. Wie die vorliegende Interaktion zeigt, bilden die PI eine Ausnahme. Da sie nur sehr schwach ist, scheint die Entwicklung des Kollagens bei dieser Rasse anders zu verlaufen.

> **Rassenvergleich:** Die AN, SI und CH weisen im LT einen viel grösseren Kollagengehalt auf als die LI und vor allem die PI und BA. Beim BF bestehen weit markantere Differenzen zwischen den Rassen, insbesondere in der Serie *FG3*, in welcher die CH, SI und AN im Durchschnitt 49 % mehr Kollagen aufweisen als die PI. Diese riesigen Differenzen nehmen mit dem Alter leicht ab; der Kollagengehalt der CH und AN ist beim Stadium IMF nur noch um 28 resp. 37 % höher als bei den PI und BA.

#### Löslichkeit des Kollagens (Tab. 5)

Die Löslichkeitsmessung zeigt die Fähigkeit des Kollagens, sich in feuchtem Milieu und bei gegebener Temperatur aufzulösen. Sie stellt eine indirekte Messung der Verbindungen zwischen den Kollagenfasern dar. Je mehr Verbindungen bestehen, desto weniger wird sich das Kollagen auflösen. Die Löslichkeit ist demzufolge der qualitative Ausdruck davon.

> **Serienvergleich:** In unserer Studie hat sich die Alterszunahme zwischen den Serien *FG3* und *IMF* nicht auf die Löslichkeit ausgewirkt, da eine Abnahme in jedem Fall sehr beschränkt blieb.

> **Rassenvergleich:** Die PI zeichnen sich bei diesem Parameter dadurch aus, dass sie beim LT den höchsten und beim BF den tiefsten Wert aufweisen.

## Myofibrillärer Fragmentationsindex (Tab. 5)

Der myofibrilläre Fragmentationsindex (MFI) gibt den Fragmentationsgrad der Fasern an. Im Prinzip sollte das Fleisch umso zarter sein, je höher er ist.

> **Serienvergleich:** Nach 14-tägiger Reife ergibt eine spätere Schlachtung (*Serie IMF*) einen um etwa 30 Punkte tieferen Index für den LT und den BF.

> **Rassenvergleich:** Die vorhandenen Interaktionen sind auf die BA

und vor allem auf die PI zurückzuführen, bei welchen die Abnahme zwischen den *Serien FG3* und *IMF* noch grösser ist. In der *Serie IMF* weisen die PI im BF den tiefsten Index aller untersuchten Rassen auf.

Tabelle 4. Gehalte der frischen Muskeln LT und BF<sup>1</sup>

			Rassen						Serien <sup>2</sup>		Auswirkungen		
			AN	SI	CH	LI	BA	PI	FG3	IMF	Rassen	Serien	Interaktion
<b>Muskel LT</b>													
Wasser	(%)	FG3	74,9 <sup>ab</sup>	75,0 <sup>ab</sup>	75,3 <sup>a</sup>	75,2 <sup>a</sup>	75,2 <sup>a</sup>	74,5 <sup>b</sup>	75,0	·	·	·	
		IMF	74,3 <sup>a</sup>	73,6 <sup>ab</sup>	73,7 <sup>ab</sup>	72,9 <sup>b</sup>	73,9 <sup>ab</sup>	74,1 <sup>a</sup>	73,8	·	·	·	
Mineralstoffe	(%)	FG3	1,04 <sup>b</sup>	1,03 <sup>b</sup>	1,07 <sup>ab</sup>	1,07 <sup>a</sup>	1,07 <sup>ab</sup>	1,09 <sup>a</sup>	1,1	·	n.s	·	
		IMF	0,99 <sup>d</sup>	1,03 <sup>cd</sup>	1,06 <sup>bc</sup>	1,07 <sup>bc</sup>	1,10 <sup>b</sup>	1,18 <sup>a</sup>	1,1	·	·	·	
Intramuskuläres Fett	(%)	FG3	2,6 <sup>a</sup>	2,3 <sup>ab</sup>	1,8 <sup>ac</sup>	1,3 <sup>bc</sup>	1,1 <sup>c</sup>	1,3 <sup>c</sup>	1,7	·	·	·	
		IMF	3,7 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>	3,9 <sup>a</sup>	2,4 <sup>b</sup>	2,3 <sup>b</sup>	3,2	·	·	·	
Proteine	(%)		21,2 <sup>d</sup>	21,8 <sup>c</sup>	21,6 <sup>c</sup>	22,4 <sup>b</sup>	22,7 <sup>ab</sup>	22,8 <sup>a</sup>	22,1	22,0	·	n.s	n.s
<b>Muskel BF</b>													
Wasser	(%)	FG3	75,7 <sup>ab</sup>	75,9 <sup>ab</sup>	76,4 <sup>a</sup>	76,5 <sup>a</sup>	75,8 <sup>ab</sup>	75,3 <sup>b</sup>	76,0	·	·	·	
		IMF	74,8	75,0	75,3	74,7	75,0	75,2	75,0	n.s	·	·	
Mineralstoffe	(%)	FG3	1,00 <sup>c</sup>	1,03 <sup>bc</sup>	1,05 <sup>ab</sup>	1,08 <sup>ab</sup>	1,15 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>	1,1	·	n.s	·	
		IMF	0,98 <sup>c</sup>	1,11 <sup>ab</sup>	1,04 <sup>bc</sup>	1,19 <sup>a</sup>	1,06 <sup>ab</sup>	1,09 <sup>ab</sup>	1,1	·	·	·	
Intramuskuläres Fett	(%)		3,5 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	2,7 <sup>b</sup>	2,0 <sup>c</sup>	1,7 <sup>cd</sup>	1,3 <sup>d</sup>	1,8	3,0	·	·	n.s
Proteine	(%)		19,6 <sup>d</sup>	19,9 <sup>d</sup>	19,8 <sup>d</sup>	20,7 <sup>c</sup>	21,3 <sup>b</sup>	21,9 <sup>a</sup>	20,7	20,4	·	·	n.s

<sup>1</sup>LT : *Longissimus thoracis* ; BF : *Biceps femoris*

<sup>2</sup>FG3 : Schlachtung der Tiere bei der Note 3 für den Ausmastgrad (CH-TAD) ; IMF: Schlachtung der Tiere bei einem intramuskulären Fettgehalt von 3 bis 4%  
Die Werte derselben Linie mit unterschiedlichen Indexen sind signifikant verschieden (Newman-Keuls-Test,  $\alpha=5\%$ ).

Tabelle 5. Analysen und Messungen im Zusammenhang mit der Zartheit der Muskeln LT und BF<sup>1</sup>

			Rassen						Serien <sup>2</sup>		Auswirkungen		
			AN	SI	CH	LI	BA	PI	FG3	IMF	Rassen	Serien	Interaktion
<b>Muskel LT</b>													
Kollagen	(mg/100g)		559 <sup>a</sup>	550 <sup>a</sup>	545 <sup>a</sup>	495 <sup>b</sup>	431 <sup>c</sup>	456 <sup>c</sup>	504	508	·	n.s	n.s
Kollagenlöslichkeit	(%)		34 <sup>ab</sup>	36 <sup>a</sup>	33 <sup>ab</sup>	35 <sup>a</sup>	31 <sup>b</sup>	36 <sup>a</sup>	35	34	·	n.s	n.s
MFI <sup>3</sup> 14 Tage		FG3	147	154	157	163	163	159	157	·	·	·	
		IMF	133	138	131	135	113	114	127	n.s	·	·	
Sarkomere (Länge)	(i m)		1,89 <sup>a</sup>	1,81 <sup>b</sup>	1,81 <sup>b</sup>	1,79 <sup>b</sup>	1,84 <sup>ab</sup>	1,78 <sup>b</sup>	1,84	1,80	·	·	n.s
Scherkraft 14 Tage	(kg)		2,83 <sup>a</sup>	2,96 <sup>a</sup>	2,94 <sup>a</sup>	2,78 <sup>a</sup>	2,67 <sup>ab</sup>	2,49 <sup>b</sup>	2,68	2,88	·	·	n.s
<b>Muskel BF</b>													
Kollagen	(mg/100g)	FG3	832 <sup>a</sup>	835 <sup>ab</sup>	854 <sup>a</sup>	720 <sup>b</sup>	730 <sup>b</sup>	566 <sup>c</sup>	756	·	·	·	
		IMF	677 <sup>a</sup>	604 <sup>ac</sup>	680 <sup>a</sup>	632 <sup>ab</sup>	496 <sup>c</sup>	529 <sup>bc</sup>	603	·	·	·	
Kollagenlöslichkeit	(%)		34 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	32 <sup>ab</sup>	29 <sup>bc</sup>	27 <sup>c</sup>	33	31	·	·	n.s
MFI <sup>3</sup> 14 Tage		FG3	155 <sup>b</sup>	168 <sup>a</sup>	171 <sup>a</sup>	171 <sup>ab</sup>	182 <sup>a</sup>	174 <sup>a</sup>	170	·	·	·	
		IMF	143 <sup>a</sup>	152 <sup>a</sup>	152 <sup>a</sup>	146 <sup>a</sup>	143 <sup>a</sup>	118 <sup>b</sup>	142	·	·	·	
Sarkomere (Länge)	(i m)	FG3	2,04 <sup>a</sup>	1,92 <sup>ab</sup>	1,93 <sup>ab</sup>	1,96 <sup>ab</sup>	1,89 <sup>b</sup>	1,89 <sup>b</sup>	1,94	·	·	·	
		IMF	1,99 <sup>ab</sup>	2,01 <sup>ab</sup>	2,07 <sup>a</sup>	1,90 <sup>b</sup>	1,93 <sup>ab</sup>	1,94 <sup>ab</sup>	1,97	·	n.s	·	
Scherkraft <sub>14 Tage</sub>	(kg)	FG3	2,99 <sup>a</sup>	2,16 <sup>c</sup>	2,77 <sup>ab</sup>	2,52 <sup>ac</sup>	2,51 <sup>ac</sup>	2,13 <sup>bc</sup>	2,51	·	·	·	
		IMF	2,94 <sup>bc</sup>	3,27 <sup>ac</sup>	3,88 <sup>a</sup>	3,50 <sup>ab</sup>	3,57 <sup>ab</sup>	2,63 <sup>c</sup>	3,30	·	·	·	

<sup>1</sup>LT : *Longissimus thoracis* ; BF : *Biceps femoris*

<sup>2</sup>FG3 : Schlachtung der Tiere bei der Note 3 für den Ausmastgrad (CH-TAD) ; IMF: Schlachtung der Tiere bei einem intramuskulären Fettgehalt von 3 bis 4%

<sup>3</sup>MFI : Myofibrillärer Fragmentationsindex

Die Werte derselben Linie mit unterschiedlichen Indexen sind signifikant verschieden (Newman-Keuls-Test,  $\alpha=5\%$ ).

### Sarkomerenlänge (Tab. 5)

Die Sarkomerenlänge zeigt den Kontraktionsgrad der Myofibrillen und im weiteren Sinn der Muskelfasern an. Je grösser die Faserkontraktion, desto härter das Fleisch. Beim lebenden Tier beträgt die normale Länge rund 2 µm. Die durchschnittliche Länge pro Tier entspricht der Messung von 120 Sarkomeren. Die Durchschnittswerte der Rassen liefern nur einen Teil der Information; der andere Teil wird durch den Anteil der leicht oder stark angespannten Sarkomere gegeben (Abb. 3).

> **Rassenvergleich:** Die AN weisen beim LT im Durchschnitt längere Sarkomere als die anderen untersuchten Rassen auf, mit Ausnahme der BA. Der Anteil der leicht bis stark angespannten Sarkomere ist bei den AN ebenfalls tiefer (Abb. 3).

Die Sarkomere des BF sind um rund 0,14 m länger als die des LT. Bei diesem Muskel sollten sich somit weniger Probleme mit post mortem-Kontraktionen ergeben.

### Scherkraft (Tab. 5)

Die instrumentale Messung der Scherkraft gibt Auskunft über die Zartheit des Fleisches. Die Messung erfolgt bei einem gekochten Fleischstück. 10 Proben mit gleichem Durchmesser werden mit einem runden Stanzmesser entnommen und mit einer unscharfen Klinge zerschnitten. Gemessen wird die maximale Kraft, die dabei erforderlich ist.

> **Serienvergleich:** Die Wahl des Schlachtzeitpunkts oder des Entwicklungsstadiums kann sich auf die Scherkraft auswirken. Bei den untersuchten Muskeln waren die Werte in der Serie IMF, also in der Serie, in welcher die Tiere um rund 4 Monate (2-7 Monate) älter waren, erheblich höher. Die Differenzen belaufen sich für den LT und den BF auf +0,2 kg resp. +0,8 kg. Dies zeigt, dass der LT weniger anfällig auf das Alter ist. Beim Stadium FG3 sind die beiden Muskeln ähnlich hart; der BF ist sogar etwas zarter. Danach tritt hin-

Abb. 3: Anteil angespannter Sarkomere im Muskel LT

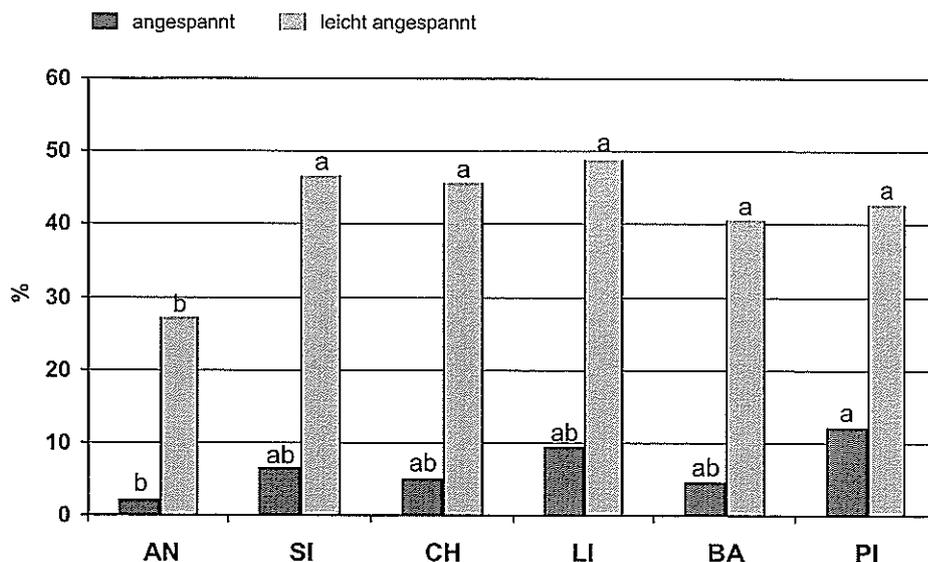


Abb. 4: Lokalisierung der vier auf die Scherkraft untersuchten Zonen im Muskel Longissimus thoracis.

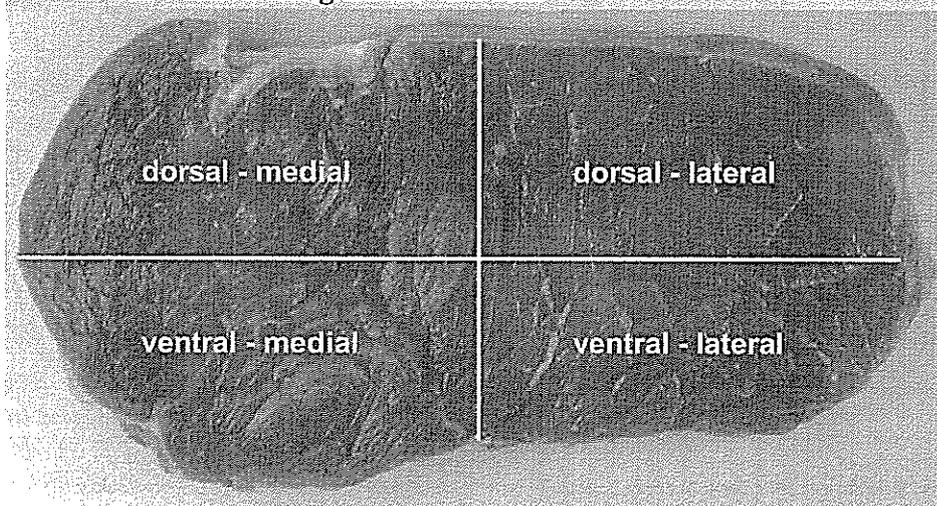


Abb. 5: Unterschiedliche Härte verschiedener Zonen des Muskels Longissimus thoracis gemäss Scherkraftmessung (kg).

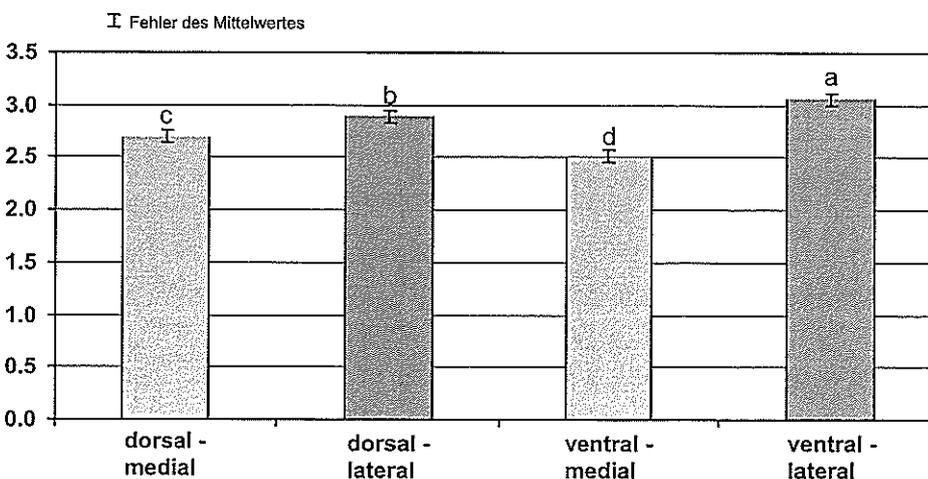


Tabelle 6. Sensorische Analyse des Roastbeefs (Muskel LT)<sup>1</sup>

		Rassen						Serien <sup>2</sup>		Auswirkungen		
		AN	SI	CH	LI	BA	PI	FG3	IMF	Rassen	Serien	Interaktion
<b>Muskel LT</b>												
Geschmack	(Punkte)	4,56 <sup>ab</sup>	4,21 <sup>b</sup>	4,41 <sup>ab</sup>	4,44 <sup>ab</sup>	4,37 <sup>ab</sup>	4,63 <sup>a</sup>	4,49	4,39	.	n.s	n.s
Saftigkeit	(Punkte) FG3	4,60	4,57	4,90	4,91	4,94	4,55	4,74		n.s	n.s	.
	IMF	3,64 <sup>b</sup>	4,03 <sup>ab</sup>	4,56 <sup>ab</sup>	4,91 <sup>a</sup>	4,93 <sup>a</sup>	5,20 <sup>a</sup>		4,54	..	n.s	.
Zartheit	(Punkte)	4,60 <sup>b</sup>	3,98 <sup>c</sup>	4,64 <sup>b</sup>	4,79 <sup>b</sup>	4,91 <sup>b</sup>	5,68 <sup>a</sup>	4,96	4,57	...	..	n.s
Bevorzugung	(Punkte)	4,64 <sup>bc</sup>	4,38 <sup>c</sup>	4,75 <sup>bc</sup>	4,84 <sup>bc</sup>	4,98 <sup>ab</sup>	5,29 <sup>a</sup>	4,93	4,69	..	n.s	n.s

<sup>1</sup> LT: *Longissimus thoracis*

<sup>2</sup> FG3: Schlachtung der Tiere bei der Note 3 für den Ausmastgrad (CH-TAG); IMF: Schlachtung der Tiere bei einem intramuskulären Fettgehalt von 3 bis 4%  
Die Werte derselben Linie mit unterschiedlichen Indexen sind signifikant verschieden (Newman-Keuls-Test,  $\alpha=5\%$ ).

Tabelle 7. Korrelation zwischen gewissen Variablen und der sensorischen Zartheit des Roastbeefs (Muskel LT)<sup>1</sup>

		Sensorische Zartheit (Punkte)						
		AN	SI	CH	LI	BA	PI	Allgemein
		23	23	23	21	21	22	133
<b>Muskel LT</b>								
Alter	(Tage)	0,06	0,02	-0,03	-0,09	-0,62**	-0,14	0,15
Subkutanes Fettgewebe	(mm)	-0,28	-0,07	-0,35	-0,29	-0,26	-0,13	-0,35***
Intramuskuläres Fett	(%)	0,13	0,41	-0,08	-0,21	-0,38	0,00	-0,21*
pH <sub>3</sub> Stunden		-0,25	-0,32	0,25	-0,13	0,05	0,13	-0,13
Temperatur <sub>3</sub> Stunden		0,20	0,15	-0,37	-0,15	-0,32	0,05	0,04
Kochverluste	(%)	-0,24	-0,32	-0,31	-0,12	-0,20	0,08	-0,27**
Total Kollagen	(mg/100g)	-0,15	-0,06	-0,34	0,00	-0,13	0,01	-0,34***
Unlösliches Kollagen	(mg/100g)	-0,03	-0,16	-0,29	-0,44	-0,51*	-0,01	-0,41***
MFI <sup>2</sup> <sub>14</sub> Tage		0,27	0,34	0,33	0,14	0,37	0,09	0,17
Sarkomere (Länge)	(i m)	0,21	0,25	0,19	0,19	-0,12	0,09	0,02
Scherkraft <sub>14</sub> Tage	(kg)	-0,34	-0,61**	-0,72***	-0,51*	-0,26	-0,36	-0,54***

<sup>1</sup> LT: *Longissimus thoracis*

<sup>2</sup> MFI: Myofibrillärer Fragmentationsindex

gegen eine Kehrtwende ein, da ausser bei den AN und PI der BF um mehr als 1 kg an Härte zugenommen hat.

> **Rassenvergleich:** Die PI weisen für jeden Muskel und bei jedem Stadium das zarteste Fleisch auf. Die bestehende Interaktion beim BF ist hauptsächlich auf die AN zurückzuführen, da die Scherkraft unverändert bleibt.

> **Muskel-LT:** Der LT (Roastbeef) weist der Länge nach (kaudal-kranial) eine unterschiedliche Härte auf, aber auch innerhalb eines Fleischstückes gibt es verschiedene Härtezonen (Abb. 4): dorsal-medial / dorsal-lateral / ventral-medial / ventral-lateral. Wie die Resultate bei Abbildung 5 zeigen, befindet sich die zar-

teste Zone beim ventral-medialen Teil des Roastbeefs, während der ventral-laterale Teil am härtesten ist. Gesamthaft beträgt die durchschnittliche Differenz 0,5 kg. Die Differenzen zwischen den Zonen sind genau gleich, ungeachtet der Reife (Serie FG3 oder IMF), wobei die Interaktion Zonen-Serie  $p=0,91$  beträgt.

### Sensorische Analyse

Man spricht von sensorischen Analyse, wenn die Personen, die sich daran beteiligen, über geschulte Sinne verfügen. Nur so kann die Intensität einer sensorischen Variablen gemessen werden. Die drei objektiven Variablen unserer Studie sind Geschmack, Saftigkeit und Zartheit. Der Geschmack gilt als gesamte Sinneswahrnehmung über Gaumen (Ge-

schmack) und Nasenrachenraum (Düfte). Die Variablen werden als objektiv betrachtet, weil sie die Intensität einer gegebenen Charakteristik des getesteten oder untersuchten Objekts beschreiben. Anders ist es bei der persönlichen Bevorzugung, die eine subjektive Variable ist. Im ersten Fall wird der Degustator als Messinstrument verwendet, während er im zweiten als Konsument agiert.

> **Serienvergleich:** Die sensorischen Eigenschaften sind im Allgemeinen für das Roastbeef der Tiere in der Serie IMF weniger günstig bewertet worden (Tab. 6), wobei nur die Zartheit grundlegend verschieden war. Das Fleisch der Tiere der Serie IMF wurde um 0,4 Punkte als weniger zart eingestuft. Die Unterschiede zwischen den Rassen sind, mit Aus-

nahme der Zartheit, wo sie sich in derselben Grössenordnung bewegen, beim Stadium *FG3* bedeutend weniger stark als beim Stadium *IMF*.

> **Rassenvergleich:** Das Fleisch der untersuchten Rassen weist sensorische Unterschiede auf. Der sensorische Wert, bei welchem ungeachtet des Reifegrads die grössten Unterschiede gemessen wurden, war die Zartheit. Das Fleisch der PI und der SI ist zarter resp. härter als dasjenige der anderen Rassen. Die Extremwerte liegen 1,7 Punkte auseinander, was relativ viel ist. Das Fleisch der beim selben Ausmastgrad geschlachteten Tiere (*FG3*) weist keinen Unterschied in Bezug auf die Saftigkeit auf. Unterschiede können beobachtet werden, wenn die Tiere später geschlachtet werden (*Serie IMF*). So ist das Fleisch der LI, BA und vor allem der PI erheblich saftiger als dasjenige der AN. Die Eigenschaft mit den kleinsten Unterschieden ist das Flavour. Das Fleisch der PI weist bedeutend mehr Flavour auf als dasjenige der SI.

### Zusammenhang zwischen der Zartheit und gewissen Variablen

Die Korrelationen zwischen der sensorischen Zartheit und verschiedenen Variablen sind in der *Tabelle 7* ersichtlich. Diejenigen, die für die Gesamtheit der Daten signifikant für die Zartheit sind, sind allesamt negativ und zeigen mehr oder weniger unabhängige Zusammenhänge zwischen den Rassen und ihren grossen Differenzen bezüglich der Frühreife. Innerhalb der Rassen sind diese Korrelationen mehr oder weniger stark, weisen aber alle allgemein, ausser beim intramuskulären Fett, in dieselbe Richtung. Die Scherkraft ist die Variable, die am stärksten mit der Zartheit korreliert ist, insbesondere bei den CH, SI und LI.

Unter den potenziellen Erklärungsfaktoren für die Zartheit spielt das Alter der Tiere keine Rolle, obwohl es zwischen 316 und 729 Tagen variiert, und zwar sowohl allgemein

als auch, ausser bei den BA, innerhalb der Rassen. Beim pH, bei der Temperatur 3 Stunden post mortem, beim MFI und bei der Sarkomerenlänge besteht auch kein linearer oder kurvilinearer Zusammenhang.

Der intramuskuläre Fettgehalt variierte für alle untersuchten Tiere von 0,86 bis zu 7,04 %. Er weist keinen positiven Zusammenhang mit der Zartheit auf. Im Gegenteil: die Korrelation ist negativ, d.h. dass das Fleisch bei Zunahme des intramuskulären Fetts tendenziell an Zartheit verliert. Dieser Zusammenhang lässt sich bei der SI nicht bestätigen. Da das subkutane Fett ziemlich gut mit dem intramuskulären Fett korreliert ist ( $r = 0,56$ ), zeigt sie dieselbe Tendenz wie das IMF auf, mit einer sogar noch stärkeren Korrelation.

Die Kochverluste, der Kollagengehalt und vor allem der Gehalt an unlöslichem Kollagen tragen zur Verminderung der Zartheit bei. Diese letzte Variable ist ebenfalls für die Zartheit des Fleisches der BA signifikant.

### Diskussion

#### pH-Wert

Die Entwicklung der Temperatur nach der Schlachtung hängt von zwei Faktoren ab, nämlich einerseits von der Muskelmasse und andererseits von der Fettabdeckung. Die Entwicklung des pH wird hingegen von drei Faktoren bestimmt: Senkung der Temperatur, Vorherrschen eines Faserntypus und glykolytisches Potenzial (energetischer Status). Werden die Schlachtkörper unter dieselben Bedingungen gestellt, sinkt die Temperatur in den Schlachtkörpern mit einer grösseren Muskelmasse und einer dickeren Fettabdeckung weniger rasch. Direkte Konsequenz davon ist ein rascheres Absinken des pH-Wertes, wobei dieser Vorgang in den Muskeln, in welchen weisse Fasern vorherrschen, umso rascher vor sich geht (Energiestoffwechsel anaerober Art).

Diese Vorgänge können zwischen den beiden Serien *FG3* und *IMF* be-

obachtet werden. Wir erinnern daran, dass die Serien zwei verschiedenen Reifestadien entsprechen: Die Tiere der *Serie IMF* werden im Durchschnitt bei einem Schlachtgewicht von über 88 kg und mit einer um 4,2 mm dickeren Fettabdeckung zwischen der 12. und der 13. Rippe oberhalb des LT geschlachteter (DUFÉY und CHAMBAZ, 2002).

Bei den PI entspricht die Entwicklung der Temperatur nicht derjenigen bei den anderen Rassen mit starker Muskelentwicklung, was sicher darauf zurückzuführen ist, dass die PI im Vergleich mit den anderen Fleischrassen ein relativ wenig entwickeltes Nierenstück aufweisen (DUFÉY und CHAMBAZ, 2002) und die Muskelisolation wegen der feineren Fettabdeckung weniger gross ist.

#### Fleischfarbe

Die Farbe ist sehr wichtig, da sie wesentlich zur visuellen Qualität des Fleisches beiträgt. Nebst dem Preis ist sie eines der wichtigsten Kaufkriterien, auch wenn sie in keiner Weise mit der Essqualität zusammenhängt (Carpenter et al., 2001). Zurzeit wird die Farbe des Rindfleisches in den Schlachthöfen nicht taxiert. Es gilt hervorzuheben, dass die Farbe bei der stark standardisierten Produktion der letzten Jahrzehnte an Wichtigkeit verloren hat und dass die früheren Zuchtpraktiken bei den Konsumentinnen und Konsumenten Massstäbe in Sachen Fleischfarbe gesetzt haben. Die Änderung der Zuchtpraktiken sowie das Erscheinen von neuen Rinderrassen in der Schweiz könnten auf mangelnde Akzeptanz bei den Konsumenten stossen. Die Protagonisten der Fleischkette reagieren meist ziemlich rasch auf ihren Markt. Allerdings hat bis heute noch keine Studie Grenzwerte für die ideale Fleischfarbe für einen gegebenen Markt im CIELAB-System ( $L^*a^*b^*$ -System) festgesetzt. Die Grenzwerte, die für die Interpretation der Resultate verwendet werden, stammen vom deutschen Markt und sind zurzeit die einzigen, die in der Literatur vor-

kommen (Ender, 1995). Somit treffen sie für den zwar kleinen, aber sehr vielfältigen Schweizer Markt nur annähernd zu.

Das Fleisch gewisser Tiere, insbesondere bei den Rassen AN und CH, ähnelt bezüglich seiner Bleichheit dem Kalbfleisch. Mehrere Studien - unter anderem diejenige von Renner (1982) - haben gezeigt, dass sich die Fleischfarbe mit dem Alter der Tiere bis zu ungefähr 24 Monaten ziemlich stark mit der Zunahme des Hämeisens entwickelt, aber gleichzeitig die Stabilität dazu neigt, während der Konservierung abzunehmen. Die Tiere unserer Studie gehören zu dieser Altersstufe, und die viermonatigen Altersdifferenzen zwischen den Serien bestätigen diese Beobachtung, ausser was die Stabilität betrifft. Die Resultate zeigen aber, dass die Hämeisengehalte stark von der Rasse und dem Muskeltypus zu einem gegebenen Alter abhängig sind. Wie erwartet, ist Hämeisen der wichtigste Erklärungsfaktor für die unterschiedliche Helligkeit des Fleisches der verschiedenen Rassen. Nach 14-tägiger Reifezeit beträgt die Korrelation zwischen diesen zwei Variablen für den LT und den BF -0,81 resp. -0,68.

### Zartheit

Die Zartheit ist eines der wichtigsten Qualitätskriterien des Rindfleisches. Die Konsumentinnen und Konsumenten sind auch bereit, für zartes Fleisch mehr zu bezahlen (Dransfield, 1998). Die Resultate der sensorischen Analyse zeigen für die Rassen drei sehr unterschiedliche Zartheitsgrade (vom zartesten bis zum wenigsten zarten): PI > AN - CH - LI - BA > SI. Der Reifegrad spielt überhaupt keine Rolle, ob man die Resultate nun beim selben Ausmastgrad oder beim gleichen intramuskulären Fettgehalt vergleicht. Die sensorische Analyse führt bei diesem Zartheitsgrad zu viel grösseren Unterschieden als die Messung der Scherkraft. Obwohl die Korrelation mit der Scherkraft nicht sehr eng ist ( $r = -0,56$ ), zeigt sie die gleichen Ten-

denzen. Vergleicht man die Resultate mit den Grenzwerten von Shackelford et al. (1991) und van Koeving et al. (1995) - 3,9 und 4,5 kg für sehr zartes resp. zartes Fleisch -, kann allgemein das Fleisch der Tiere unserer Studie als zart bis sehr zart bezeichnet werden. Es sei daran erinnert, dass das untersuchte Fleisch von kastrierten Tieren stammte und während 14 Tagen gereift worden war. Die Resultate der SI entsprechen den Beobachtungen, die wir bereits in anderen Versuchen angestellt hatten (Dufey, 1987 und 1988).

Keiner der anerkannten Erklärungsfaktoren, die in der vorliegenden Studie berücksichtigt wurden, scheint einen entscheidenden Einfluss auf die Zartheit zu haben. Auch wenn die Ursachen multifaktoriell sind, können einige davon ihre Wirkung nur unter gewissen Bedingungen (z. Bsp. die Sarkomere oder der pH-Wert) oder bei einem bestimmten quantitativen Grenzwert entfalten. Letzteres gilt insbesondere für das Kollagen, was den scheinbaren Widerspruch der Resultate verschiedener Studien erklärt. Folgende Beobachtung gilt es hervorzuheben: Angespannte Sarkomere zeigen ungünstige Tiefkühlbedingungen der Schlachtkörper auf. Bei einem hohen Anteil angespannter Sarkomere kann man von angespannten Muskeln sprechen. Es können sowohl Kälte- als auch Wärmekontraktionen eintreten. Bei ersteren werden die Schlachtkörper zu rasch tiefgekühlt, während dies bei letzteren zu langsam geschieht. In beiden Fällen ist die Korrelation mit der Zartheit sehr eng (Shorthose und Harris, 1991). Aufgrund der beiden Messungen, die 3 Stunden post mortem durchgeführt wurden - pH-Wert und Temperatur -, sind wir geneigt, die Kältekcontraktion auszuschliessen. Hingegen zeigen sie Bedingungen, die für eine Wärmekontraktion offensichtlich günstig sind. Wir erinnern daran, dass Rassen mit starker Muskelentwicklung gar nicht dem üblichen Schlachtkörpertypus auf dem Schweizer Markt entsprechen. Ihre Markteinführung könnte Enttäu-

schungen hervorrufen, wenn die Schlachthöfe bezüglich der Tiefkühlkapazität ihrer Kühlräume nicht konsequent ausgerüstet sind.

### Auswirkungen der Schlachtung bei 3-4 % IMF

Die Metzger- und Gastronomiekreise äussern oft den Wunsch nach verstärkt marmoriertem Fleisch, da dies eine Qualitätszunahme bedeuten würde. Das Schlachtkriterium auf dem Schweizer Markt und auf den meisten anderen europäischen Märkten entspricht dem Kriterium, das in der *Serie FG3* angewendet wurde. Zu diesem Entwicklungsstadium ist das Fleisch der meisten Tiere wenig marmoriert, wobei der intramuskuläre Fettgehalt je nach Rasse zwischen 1 und 2,5 % (DUFÉY und CHAMBAZ, 1999) beträgt. Um ein sichtbar stärker marmoriertes Fleisch zu erhalten (zwischen 3 und 4 % IMF), müsste das Reifestadium der Tiere verschieden sein. In unserer Studie hat sich der Anteil zwischen den beiden Reifestadien praktisch verdoppelt. Im Durchschnitt betrug der intramuskuläre Fettgehalt in der *Serie FG3* 1,7 % während er sich in der *Serie IMF* auf 3,2 % belief. Die Auswirkungen einer solchen Praxis auf die Zuchtparameter und auf die Schlachtkörperqualität der Fleischrassen wurden bereits in diesem Magazin erläutert (DUFÉY et al., 2002; Dufey und CHAMBAZ, 2002). Die Auswirkungen auf die Fleischqualität werden nachstehend präsentiert.

Unter denselben Schlachtbedingungen verläuft der Wärmeverlust der Schlachtkörper mit zwischen 3 und 4 % IMF im Roastbeef langsamer, was die Kinetik der pH-Reduktion verändert. Eine Auswirkung davon ist ein Gewichtsverlust oder eine Verminderung des Wasserhaltevermögens, insbesondere in den so genannten "weissen" Muskeln oder in denjenigen, in welchen die weissen Fasern überwiegen und die einen glykolytischen Energiestoffwechsel aufweisen (z.B. Roastbeef). Die zusätzlichen Verluste beliefen sich auf

2,5 Punkte. Da die Saftigkeit zum grossen Teil aus dem gesamten Tropfsaftverlust von der Reifung bis zum Kochen resultiert ( $r=-0,65$ ), ist das Fleisch dieser Tiere somit weniger saftig. Hingegen wird die Auswirkung des pH auf die Farbe weitgehend durch eine erhebliche Zunahme des Hämeisengehaltes und somit durch eine Verdunkelung des Fleisches kompensiert, was insbesondere für die Rassen AN und CH interessant ist. Die Scherkraft zeigt eine Zunahme der Härte des LT um durchschnittlich 0,2 kg und die sensorische Analyse eine erhebliche Verminderung der Zartheit. Die Zunahme der Härte kann, wie beim BF, bei anderen Muskeln viel bedeutender sein. Trotz eines viel grösseren intramuskulären Fettgehaltes wird das Flavour nicht intensiver. Was die sensorische Analyse betrifft, so ist eine gewisse Vorsicht geboten, da das Fleisch nicht direkt zwischen den Serien verglichen wurde. Allerdings weisen die Unterschiede in dieselbe Richtung wie die physiko-chemischen Analysen. Wenn die BA und PI die 3 bis 4 % IMF erreicht hätten, wären die oben beschriebenen Auswirkungen sehr wahrscheinlich noch verstärkt worden.

## Schlussfolgerungen

- > Bei den untersuchten Fleischrasen wurde kein Qualitätsmangel entdeckt. Das durchschnittliche Qualitätsniveau kann als sehr gut bezeichnet werden.
- > Die Fleischqualität wird durch die Erhöhung des intramuskulären Fettgehaltes nicht verbessert.
- > Die Rassen unterscheiden sich insbesondere bezüglich der Farbe, des Wasserhaltevermögens und der Zartheit ihres Fleisches voneinander.
- > Die Piemonteser weisen die besten sensorischen Eigenschaften auf, obwohl sie zu den Rassen mit dem tiefsten IMF gehören.

## Literaturnachweis

- > CARPENTER C.E., CORNFORTH D. P., WHITTIER D., 2001. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science* 57, 359-363.
- > CHASSOT A., DUFEY P.-A., HERMENJAT C., 2003. Vergleich sechs verschiedener Fleischrinderrassen. 3. Wirtschaftliche Resultate, 3, 38-47.
- > DRANSFIELD E., 1998. The value of beef tenderness to the consumer. In: *Meat consumption and culture. Proc. 44th International Congress of Meat Science and Technology, Barcelona, Spain*, 810-811.
- > DUFEY P.-A., 1987. Qualité de la viande chez les taurillons. *Revue suisse d'agriculture* 19 (4), 204-207.
- > DUFEY P.-A., 1988. Fleischqualität von Ochsen im Test, ein Vergleich von verschiedenen Rassen bei extensiver Weidemast. *Landwirtschaft Schweiz* 1 (3), 187-191.
- > DUFEY P.-A., CHAMBAZ A., 1999. Production de viande bovine sous label: réflexions sur la qualité. *Revue suisse Agric.* 31 (6), 277-283.
- > DUFEY P.-A., CHAMBAZ A., 2002. Vergleich sechs verschiedener Fleischrinderrassen. 2. Schlachtkörperqualität. *SVAMH-Nachrichten*, 4, 46-58.
- > DUFEY P.-A., CHAMBAZ A., MOREL I., CHASSOT A., 2002. Vergleich sechs verschiedener Fleischrinderrassen. 1. Masteingung. *SVAMH-Nachrichten*, 1, 79-94.
- > ENDER B., 1995. Vergleichende Untersuchungen zum Schlachtwert und zur Fleischbeschaffenheit bei robusten und fleischbetonten Rindern im Hinblick auf deren Marktfähigkeit. Diplomarbeit. Universität Göttingen.
- > RENERRE M., 1982. La couleur de la viande et sa mesure. *Bulletin Technique CRZV Theix INRA* 47, 47-54.
- > SHACKELFORD S.D., MORGAN J. B., CROSS H. R., SAVELL J. W., 1991. Identification of threshold levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks. *Journal of Muscle Foods* 2, 289-296.
- > SHORTHOSE W.R., HARRIS P. V. 1991. Effects of growth and composition on meat quality. In: *Growth Regulation in Farm Animals. Elsevier Applied Science, London and New York*, 515-555.
- > VAN KOEVERING M.T., GILL D. R., OWENS F. N., DOLEZAL H. G., STRASIA C. A., 1995. Effect of time on feed on performance of feedlot steers, carcass characteristics, and tenderness and composition of longissimus muscles. *Journal of Animal Science* 73, 21-28.