

Nutztiere

Ausmastdauer und Fleischqualität bei Ochsen nach Sömmerung

Pierre-Alain Dufey, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-1725 Posieux

Auskünfte: Pierre-Alain Dufey, E-Mail: pierre-alain.dufey@alp.admin.ch, Fax +41 26 407 73 00, Tel. +41 26 407 72 76

Zusammenfassung

Im beschriebenen Versuch wurden die Auswirkungen einer bestimmten Fütterungsstrategie während der Ausmast auf die Fleischqualität untersucht. Die Ausmast der Ochsen erfolgte nach der Sömmerung auf einer extensiven Bergweide. Der Versuch wurde mit 48 Limousin x Fleckvieh-Ochsen durchgeführt. Dabei standen sowohl die Dauer der Ausmast als auch möglicherweise auftretendes kompensatorisches Wachstum im Mittelpunkt des Interesses. Die Schlachtung der Tiere erfolgte nach null, vier, acht und zwölf Wochen Ausmast im Freiluftstall. Die Grundration, welche *ad libitum* vorgelegt wurde, bestand aus einer Gras- und Maissilage-Mischung (1:1 in der Trockensubstanz) und wurde mit einem Kraftfutter ergänzt. Während der Ausmast betrug die tägliche Zunahme im Vergleich zur Weideperiode mehr als das Doppelte. Im Muskel *longissimus dorsi* veränderten sich die Grösse, Zusammensetzung und Gesamtanzahl der verschiedenen Muskelfasertypen. Die Kollagenmenge sank stark ab, während das intramuskuläre Fett innerhalb der zwölf Wochen von 1,4 auf 2,3 % anstieg. Jedoch wurden weder die Scherkraft noch der myofibrilläre Fragmentationsindex oder die Zartheit verändert. Die Ausmast nach der Weidehaltung beeinflusste die Fleischqualität nicht.

Die Fütterung während der Ausmast ist in denjenigen Mastsystemen, welche nur einen Teil des Wachstumspotenzials der Rinder nutzen, von besonderer Bedeutung. Wie verschiedene Autoren gezeigt haben (Aberle *et al.* 1981; Fishell *et al.* 1985; Larick *et al.* 1987; Van Koeveering *et al.* 1995; Vestergaard *et al.* 2000b; Vestergaard *et al.* 2000a), verbessert eine Ration, welche während der Ausmast das Wachstum beschleunigt, die Eigenschaften des Fleisches, insbesondere die Zartheit. Bei

einer Weide-Ausmast wird das Wachstumspotenzial der Ochsen nur teilweise ausgeschöpft. Eine höhere Energiezufuhr während der Ausmast führt häufig zu einem kompensatorischen Wachstum und in jedem Fall zu einer Wachstumsbeschleunigung. Diese Modifikationen ziehen Veränderungen des Proteinstoffwechsels nach sich.

Der vorliegende Artikel beschreibt auf physikalischer, histologischer, chemischer und sensorischer Ebene die verschiede-

nen Aspekte der Fleischqualität von Ochsen in der Ausmast nach einer Sommerweidephase. Die Ergebnisse der Mastleistung wurden von Chassot und Dufey (2006) publiziert.

Ochsen aus der Kreuzung Limousin x Fleckvieh

Im Versuch standen insgesamt 48 Ochsen, die aus einer Milchviehherde der Kreuzung Limousin (LI) x Fleckvieh (FT) hervorgegangen waren. Das mittlere Alter der Tiere lag zu Beginn bei 21,5 Monaten. Die Ausmast wurde in Abhängigkeit des Tiergewichts zeitlich gestaffelt. Die schwersten Tiere (536 ± 10 kg) verliessen die Sommerweide als erste und wurden gleichmässig auf die verschiedenen Versuchsvarianten verteilt. Die beiden Gruppen mit mittlerem und geringem Gewicht (507 ± 7 kg und 484 ± 14 kg) folgten zwei und fünf Wochen später.

Pro Gewichtsguppe erfolgte die Ausmast je nach Variante in null, vier, acht oder zwölf Wochen. Basierend auf der Tageszunahme (TZ) während der Sömmerung wurden Blöcke von je vier Tieren angelegt. Pro Block wurden die Tiere zufällig auf die vier verschiedenen langen Ausmastperioden verteilt. Jede Ausmastperiode umfasste zwölf Tiere. Die Fütterungsbedingungen wurden bei Chassot und Dufey (2006) beschrieben.

Schlachtung und Probennahme

Die Tiere wurden nach etwa einstündigem Transport in einem

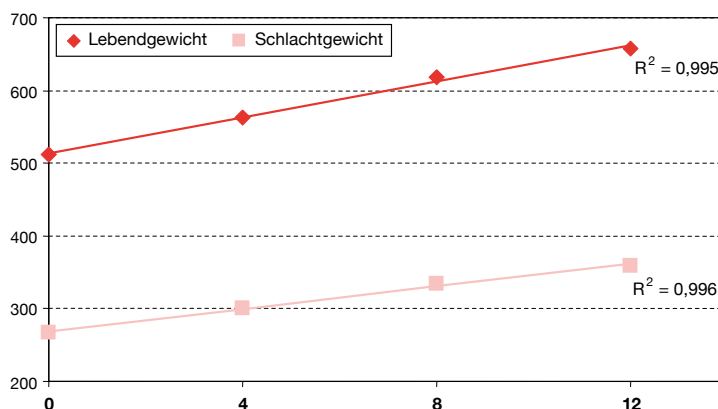


Abb. 1. Entwicklung des Lebendgewichts (♦) und des Schlachtgewichts (■).

industriellen Schlachthof unter standardisierten Bedingungen geschlachtet. Die Analysemethoden sind beim Autor erhältlich.

Datenanalyse

Für jede Variable wurde eine Kovarianzanalyse durchgeführt, bei welcher die TZ während der Sömmerung als Kovariable fungierte. Die multiplen Mittelwertvergleiche erfolgten mit dem Newman-Keuls-Test.

Leistungen und Merkmale der Ochs

Die gewünschte Erhöhung der Wachstumsgeschwindigkeit während der Ausmast wurde erreicht: die tägliche Zunahme der Ochs stieg von etwa 780 g während der Weidephase auf über 1600 g an. Die angestrebten 1200 g wurden deutlich überschritten, womit ein kompensatorisches Wachstum klar zum Ausdruck gebracht wurde, welches sich scheinbar auch noch bei 12 Wochen Ausmast auswirkt. Wie Abbildung 1 zeigt, sind die erhöhten Lebens- und Schlachtkörpergewichte während der ganzen Untersuchungsphase linear. Diese Leistungen werden in der Publikation von Chassot und Dufey (2006) beschrieben.

Eigenschaften des Nierstücks

Zerlegung des Nierstücks (9.-13. Rippe)

Mit zunehmender Mastdauer steigt auch das Gewicht des Nierstücks an, vor allem wenn diese bis acht Wochen dauert (Tab. 1). Die Dicke des subkutanen Fettgewebes oder Auflagefett nimmt in den beiden gemessenen Bereichen besonders während der 4. und 8. Woche der Ausmast ebenfalls zu. Das in Abbildung 2 dargestellte Teilstück zeigt auch die nach der 4. Woche im LT-Muskel vorgegangene Veränderung. Proportional gesehen nimmt er gleichmässig ab und erreicht nach 12-wöchi-

ger Ausmast $-2,7$ Punkte. Der Knochenanteil verringert sich und die mit dem Fett in Zusammenhang stehenden Variablen nehmen mit der Ausmastdauer zu. Einzig der Restfleischanteil bleibt unverändert.

Planimetrie

Die Planimetrie-Messungen wurden mittels Bildanalyse an der 9. und 13. Rippe des Nierstücks erhoben (Abb. 3). Zwischen diesen beiden Messbereichen bestehen beträchtliche Unterschiede. Im Bereich der 13. Rippe ist die Fläche des LT-Muskels verglichen mit der 9. Rippe im Durchschnitt um 40 % grösser und die des intermuskulären Fetts um 66 % kleiner. Das Wachstum des LT-Muskels steigt während der ersten vier Ausmastwochen stark an und stagniert anschliessend, während das intermuskuläre Fettdepot fortlaufend vergrössert wird.

Tab. 1. Gewicht des Nierstücks¹ und Dicke des Auflagefettes

	Dauer der Ausmast (Wochen)				Statistik (p)
	0	4	8	12	
Nierstück ¹ kg	4,4 ^a	5,1 ^b	5,8 ^c	6,0 ^d	0,00
Auflagefett mm 9. Rippe	5,0 ^a	5,5 ^a	7,8 ^b	9,8 ^c	0,00
Auflagefett mm 13. Rippe	2,1 ^a	2,8 ^a	4,4 ^b	4,2 ^b	0,00

¹Nierstück zwischen der 9. und 13. Rippe

Diejenigen Werte in der gleichen Zeile, die mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, weisen signifikante Unterschiede auf.

Entwicklung des pH-Wertes und der Temperatur

Die Geschwindigkeit des Temperaturabfalls im LT-Muskel ist bei Tieren mit und ohne Ausmast unterschiedlich (Tab. 2). Bei Tieren mit Ausmast sinkt die Temperatur signifikant langsamer. Dies wird besonders in der 3. und 5. Stunde nach der Schlachtung deutlich. Die Unterschiede zwischen null und zwölf Wochen Ausmast betragen mehr als 5°C. Diese Differenzen hängen hauptsächlich mit den verän-

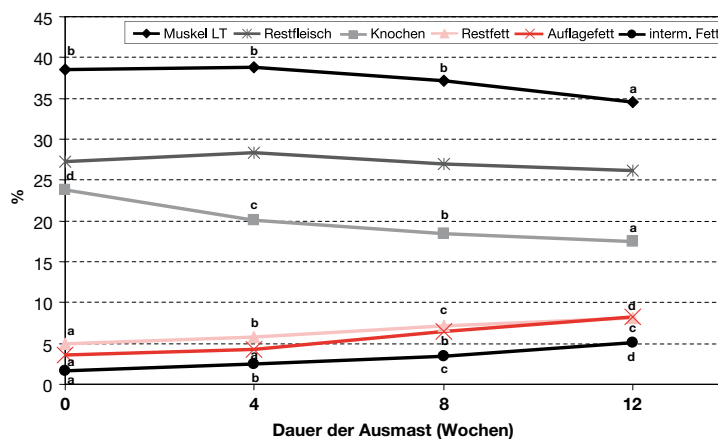


Abb. 2. Nierstück sowie Anteile der verschiedenen Gewebe.

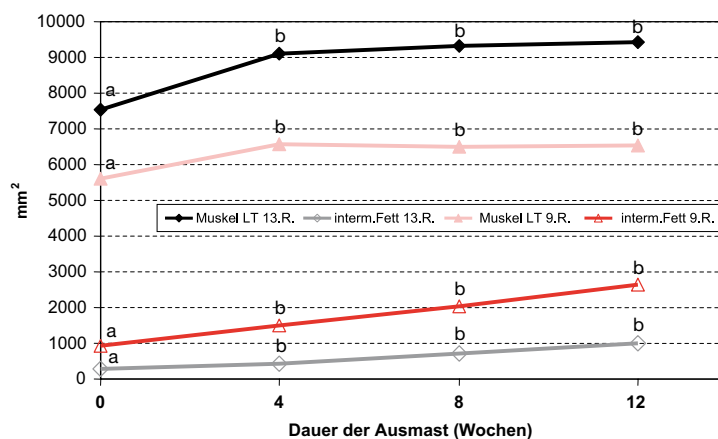


Abb. 3. Fläche des LT Muskels und des intermuskulären Fetts, gemessen durch Planimetrie im Bereich der 9. und 13. Rippe.

Tab. 2. Temperaturen und pH-Werte, zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Schlachtung am LT Muskel gemessen

		Dauer der Ausmast (Wochen)				Statistik (p)
		0	4	8	12	
Temperatur 1h	°C	37,1 ^a	38,2 ^b	38,3 ^b	38,9 ^b	0,02
pH-Wert 1h		6,32	6,22	6,30	6,38	0,14
Temperatur 3h	°C	24,8 ^a	27,0 ^b	29,3 ^c	30,2 ^c	0,00
pH-Wert 3h		5,95	5,84	5,89	5,93	0,36
Temperatur 5h	°C	18,8 ^a	21,4 ^{ab}	22,6 ^{bc}	23,7 ^c	0,01
pH-Wert 5h		5,70 ^c	5,56 ^b	5,50 ^a	5,51 ^{ab}	0,02
pH-Wert 24h		5,59	5,53	5,47	5,46	0,08

Diejenigen Werte in der gleichen Zeile, die mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, weisen signifikante Unterschiede auf.

Tab. 3. Grösse und Verteilung der verschiedenen Muskelfasertypen des LT Muskels

		Dauer der Ausmast (Wochen)				Statistik (p)
		0	4	8	12	
Grösse						
I	µm ²	1230 ^a	1465 ^{ab}	1692 ^{bc}	1840 ^c	0,02
IIA	µm ²	2222 ^a	2441 ^{ab}	2585 ^{ab}	2740 ^b	0,03
IIB	µm ²	3573	3967	3783	3802	0,39
Zusammensetzung (Menge)						
I	%	25,4 ^a	24,9 ^a	23,7 ^a	28,5 ^b	0,03
IIA	%	34,5	31,0	32,9	27,5	0,07
IIB	%	40,0	44,1	43,4	44,1	0,14
Zusammensetzung (Oberfläche)						
I	%	13,6 ^a	13,5 ^a	14,2 ^a	17,8 ^b	0,02
IIA	%	30,3	26,6	29,5	25,1	0,19
IIB	%	56,1	59,9	56,3	57,1	0,17

Diejenigen Werte in der gleichen Zeile, die mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, weisen signifikante Unterschiede auf.

Tab. 4. Entwicklung der Muskelfasern des LT Muskels im Verlaufe der ersten vier Wochen der Ausmast

	Entwicklung 0 – 4 Wochen	
	absolut	relativ (%)
Grösse (µm²)		
I	+235	+19,1
IIA	+219	+9,9
IIB	+394	+11,0
Durchschnitt	+276	+11,6
Gesamtmenge¹		
I	+34213	+4,4
IIA	-33402	-3,1
IIB	+188396	+15,3
Total	+189207	+6,2

¹ Berechnet auf der Basis der Muskelfaserndichte und LT-Muskelfläche

und Kaiser 1970) ermöglichte die Unterscheidung und Gruppierung von drei Fasertypen (Tab. 3): langsame oxidative Fasern (I), schnelle oxidative-glykolytische Fasern (IIA) und glykolytische Fasern (IIB). Die praktizierte Ausmast führte zu einer Zunahme der Grösse der I und IIA Fasern, jedoch nicht der IIB Fasern. Nach zwölf Wochen bewegt sich diese Zunahme im Bereich von 34 und 23 % bei den I bzw. IIA Fasern (Abb. 4a und 4b). Im Hinblick auf die unterschiedlichen Fasern hängt die Zusammensetzung des Muskels von der relativen Fläche und der relativen Anzahl jedes Fasertyps ab. Mit Ausnahme der Tiere, die zwölf Wochen lang ausgemästet wurden, sind die Fasern folgendermassen verteilt: 25 % Typ I, 33 % Typ IIA und 42 % Typ IIB. Nach zwölf Wochen Ausmast waren die Veränderungen in Bezug auf die Zusammensetzung am grössten. Die relative Anzahl der langsamen Fasern (I) steigt signifikant durchschnittlich um 3,5 Punkte an. Die relative Fläche, die jeder Fasertyp einnimmt, liefert andere Informationen. Im Durchschnitt setzt sich die Fläche des LT-Muskels in den ersten acht Ausmastwochen aus 14 % Fasern des Typs-I, 29 % des Typs-IIA und 57 % des Typs-IIB zusammen. Nach zwölf Wochen Ausmast ist die Zusammensetzung eine andere: die Fläche des Fasertyps I steigt um 4,2 Punkte an. Diese Veränderungen nach zwölf Wochen werden zu einem grossen Teil durch eine Verringerung der Anzahl und der vom Fasertyp IIA eingenommenen Fläche kompensiert.

Zusammenhang zwischen LT-Muskel und Veränderung der Muskelfasern

Wie Abbildung 3 zeigt, nimmt die Fläche des LT-Muskels während der ersten vier Ausmastwochen stark zu (+20,9 %). Um die Veränderung der verschiedenen Fasern zu untersuchen, wurden

derten Schlachtgewichten und Ausmastgraden zusammen. Die pH-Wert-Entwicklung wird hingegen kaum oder gar nicht beeinflusst. Bei allen Tieren sinkt der pH-Wert rasch ab. Unterschiede treten nur im Bereich des Endwertes auf: Tiere mit Ausmast wiesen einen geringfügig tieferen pH-Wert auf.

Fasertypisierung

Die Muskeln bestehen aus verschiedenen Muskelfasern, die je nach Stoffwechsellyp (glykolytisch oder oxidativ) und Kontraktionsart (langsam oder schnell) gruppiert werden. Die angewandte Methode (Brooke

weitere Berechnungen vorgenommen (Tab. 4). Nach vier Wochen Ausmast haben alle Fasertypen durchschnittlich um 11,6 % an Grösse zugenommen. Diese Hypertrophie (= Zunahme an Grösse) erklärt den Grössenzuwachs des LT-Muskels aber nur teilweise. Die Gesamtanzahl der Fasern weist auf eine Hyperplasie (= Zunahme an Anzahl) hin. Im Durchschnitt erhöhte sich die Faseranzahl um 6,2 %. Sie hängt vom Fasertyp ab, da es nach vier Wochen Ausmast mehr Typ-I und Typ-IIB Fasern und weniger Typ-IIA Fasern gibt. Die Zunahme der Typ-IIB Fasern ist mit Abstand am deutlichsten.

Gewichtsverluste

Das Wasserhaltevermögen des Fleisches kommt je nach Aufbereitungsform auf unterschiedliche Weise zum Ausdruck (Tab. 5). Die Tropfsaftverluste nach einer 14-tägigen Reifung unter Vakuum entsprechen den Gewichts- oder Fleischsaftverlusten nach zwei Tagen und spiegeln die potenziellen Verluste während der Einzelabpackung wider. Eine acht bis zwölf-wöchige Ausmast erhöht die Tropfsaftverluste während der Reife unter Vakuum durchschnittlich um ca. 60 %. Die Verluste nach dem Tiefgefrieren und die Kochverluste sind hingegen vergleichbar.

Inhaltsstoffgehalte des Fleisches

Die Zusammensetzung des LT-Muskels wird durch die Ausmast nur geringfügig verändert (Tab. 6). Der Proteingehalt und die Menge an Hämeisen sind ähnlich. Der intramuskuläre Fettgehalt steigt hingegen an, jedoch erst ab der achten Ausmastwoche. Nach zwölf Wochen ist die maximale Differenz von 0,9 Punkten erreicht.

Die Messungen, welche im Hinblick auf die Oxidation des Fleisches mit der TBARS Methode

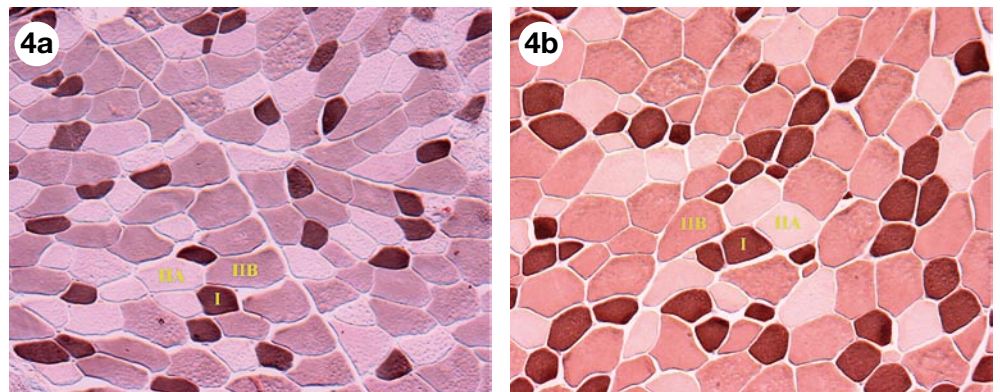


Abb. 4a. Typisierung der Muskelfasern eines Ochsens ohne Ausmast.

Abb. 4b. Typisierung der Muskelfasern eines Ochsens nach zwölfwöchiger Ausmast.

durchgeführt wurden, haben keine Unterschiede beim Fleisch nach dem Kochen ergeben.

Zartheitsparameter und sensorische Analysen

Die Zartheitsparameter werden in Tabelle 7 dargestellt. Die Mengen an Kollagen, Protein und Bindegewebe sowie an unlöslichem Kollagen sinken nach vier Wochen Ausmast deutlich ab. Der Gesamtkollagengehalt bleibt anschliessend stabil, das unlösliche Kollagen steigt erneut leicht an. Die Löslichkeit wird nicht verändert.

Der Kontraktionszustand der Muskelmyofibrillen, welcher an Hand der Sarkomerenlänge gemessen wird, ist normal und weist keine behandlungsabhängigen Veränderungen auf. Das gleiche gilt für den myofibrillären Fragmentationsindex (MFI), der weder durch die Intensität noch durch die Dauer der Ausmast verändert wird.

Durch die instrumentelle Bewertung der Zartheit, welche durch Scherkraftmessung erfolgt, lassen sich keine Unterschiede im Hinblick auf die Zähigkeit erheben. Mit durchschnittlich 2,8 kg ist der gemessene Widerstand sehr gering. Die Ergebnisse der sensorischen Analyse zeigen, dass die Ausmastfütterung unabhängig von ihrer Dauer weder die Zartheit noch die Saftigkeit oder das Aroma des Fleisches beeinflusst.

Warum wurde die Zartheit nicht beeinflusst ?

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, haben verschiedene Autoren eine Abnahme der Zartheit des Fleisches festgestellt, wenn das Wachstumspotenzial der Tiere nicht ausgeschöpft wurde, was generell bei Weidemast der Fall ist. Um diesen negativen Effekten entgegenzuwirken, ist es generell empfehlenswert, eine Phase der Ausmast mit erhöhter Energiezufuhr durchzuführen. In diesem Versuch wurde die angestrebte TZ von 1200 g bei weitem überschritten. Im Durchschnitt erreichten die Tiere eine Zunahme von mehr als 1600 g, was eindeutig auf ein kompensatori-

Tab. 5. Wasserhaltevermögen des LT Muskels

	Dauer der Ausmast (Wochen)				Statistik (p)
	0	4	8	12	
Tropfsaftverluste %	2,7 ^a	3,7 ^{ab}	4,2 ^{bc}	4,4 ^c	0,01
Reifeverluste %	2,2 ^a	3,1 ^b	3,3 ^{bc}	3,7 ^c	0,00
Auftauverluste %	4,7	4,3	4,0	4,1	0,17
Kochverluste %	8,2	8,4	8,1	7,8	0,75

Diejenigen Werte in der gleichen Zeile, die mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, weisen signifikante Unterschiede auf.

Tab. 6. Gehalte verschiedener Bestandteile des LT Muskels

	Dauer der Ausmast (Wochen)				Statistik (p)
	0	4	8	12	
Proteine %	22,1	22,0	21,9	21,8	0,54
Intramuskuläres Fett %	1,4 ^a	1,4 ^a	1,8 ^{ab}	2,3 ^b	0,02
Hämeisen %	1,51	1,42	1,53	1,56	0,31
TBARS	0,264	0,298	0,335	0,344	0,24

Diejenigen Werte in der gleichen Zeile, die mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, weisen signifikante Unterschiede auf.

Tab. 7. Zartheitsparameter und Ergebnisse der sensorischen Analyse

		Dauer der Ausmast (Wochen)				Statistik (p)
		0	4	8	12	
Kollagen total	mg/100g	583 ^b	495 ^a	490 ^a	516 ^{ab}	0,05
Kollagen unlösl.	mg/100g	400 ^c	354 ^a	360 ^{ab}	385 ^{bc}	0,00
Löslichkeit	%	29,8	27,7	26,4	26,9	0,21
Sarkomere	µm	1,73	1,78	1,78	1,77	0,45
MFI		98	105	79	103	0,10
Scherkraft	kg	2,7	2,7	2,8	2,9	0,87
Zartheit	Pkte	5,3	5,0	4,9	5,3	0,39
Saftigkeit	Pkte	4,7	4,7	4,9	5,0	0,65
Geschmack	Pkte	4,5	4,5	4,6	4,7	0,80

Diejenigen Werte in der gleichen Zeile, die mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, weisen signifikante Unterschiede auf.

ches Wachstum hindeutet. Das Wachstum während der Ausmast ist doppelt so gross wie während der Sömmerungsphase. Trotz idealer Versuchsbedingungen, konnten sensorisch insbesondere in Bezug auf die Zartheit keine Unterschiede festgestellt werden. Der durch die Scherkraft erhobene Zähigkeitsgrad bestätigt die Ergebnisse der sensorischen Analyse. Die Zähigkeit ist bei den Tieren, welche im direkten Anschluss an die Sömmerung ohne Ausmast geschlachtet wurden, extrem gering und wird weder durch die Art der Fütterung während der Ausmast noch durch deren Dauer verändert. Sinclair *et al.* (2001) stellten in einem Versuch mit Ochsen, deren Alter dem der Tiere unseres Versuchs entsprach, nach kompensatorischem Wachstum keine Auswirkungen auf die Zartheit dreier Muskeln fest. In unserem Versuch reagierten alle klassischen Indikatoren, die mit einer schnellen Gewichtszunahme oder der Wachstumsgeschwindigkeit im Zusammenhang stehen. So änderten sich die Grösse des untersuchten Muskels, die Grösse und Verteilung der Fasern, der intramuskuläre Fettgehalt sowie der Kollagengehalt während der Ausmast und wiesen deutlich auf Veränderungen hin im Bereich des muskulären Stoffwechsels insbesondere in Bezug auf Protein. Bei vier in

der Einleitung zitierten Publikationen variierte das Schlachtgewicht in Abhängigkeit der jeweiligen Behandlung. Folglich hat das Schlachtgewicht einen direkten Einfluss auf den pH-Wert und die Temperatur des Muskels. Die schwersten Tiere weisen die höchsten Temperaturen während der Schlachtkörperkühlung auf, was ein schnelleres Absinken des pH-Wertes nach sich zieht. Die Muskelproteolyse spielt sich dann unter Bedingungen ab, die eine Verbesserung der Zartheit begünstigen. In nur einem Versuch wurde der Faktor Schlachtgewicht konstant gehalten (Vestergaard *et al.* 2000b) und deutete darauf hin, dass die Wachstumsgeschwindigkeit die Zartheit beeinflusst. In unserem Versuch wurden Temperatur und pH-Wert nicht gekoppelt, da während der Häutung eine dorsale Elektrostimulation durchgeführt wurde. Die pH-Werte sanken folglich schneller als dies normalerweise der Fall ist und unabhängig von der Temperatur, wobei letztere deutlich die Unterschiede in Bezug auf die Schlachtgewichte widerspiegelt. Nach drei Stunden lagen die pH-Werte im Durchschnitt bereits bei 5,9, was darauf hinweist, dass die Totenstarre zu diesem Zeitpunkt ihr Maximum erreicht hat. Folglich ist davon auszugehen, dass eine Nivellierung des pH-Wertes die durch das Schlachtgewicht

und / oder das kompensatorische Wachstum hervorgerufenen Unterschiede während der für die Initiierung der proteolytischen Aktivität wichtigsten Phase zu nichte machte. Die fehlenden Unterschiede im Hinblick auf die proteolytische Aktivität scheinen durch die ebenfalls fehlenden Unterschiede des myofibrillären Fragmentationsindex bestätigt zu werden. Als Folge davon haben in diesem Fall weder der Anstieg des intramuskulären Fettgehaltes in Höhe von 64 % noch das Absinken des Kollagengehaltes dazu beigetragen, die Zartheit zu verändern. Das deutliche Absinken des Kollagengehaltes nach vier bis acht Wochen Ausmast zeigt hingegen sehr gut den Verdünnungseffekt, zu welchem es aufgrund des bedeutenden Anstiegs der Muskelmasse während dieser Phase kommt. Dieser Effekt könnte sich in Muskeln mit höherem Kollagengehalt günstig auf die Zartheit auswirken.

Markante Veränderungen der Muskelfasern

Die Ausmast hat die Wachstumsgeschwindigkeit der Tiere verdoppelt, der LT-Muskel hat sich jedoch nur während der ersten vier Wochen signifikant vergrössert. Da die Anzahl an **Muskelfasern** bei der Geburt festgelegt ist (Robelin *et al.* 1991), wird angenommen, dass das postnatale Muskelwachstum einzig über eine Vergrösserung der Muskelfasern erfolgt. In unserem Versuch erklärt das Faserwachstum die Vergrösserung des LT-Muskels aber nur teilweise. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass auch die Gesamtanzahl der Fasern verändert wurde. Die bereits bekannte Tatsache, dass ein Fasertyp in einen andern Fasertyp übergehen kann, könnte einen Teil der beobachteten Veränderungen erklären. Beispielsweise das Absinken der Gesamtanzahl der Typ-IIA Fasern könnte mit der Zunahme der Anzahl Typ-I Fasern einher-

gehen. Der Ursprung der starken Zunahme der Gesamtanzahl an IIB Fasern (+15,3 %) bleibt jedoch noch erklärungsbedürftig. Betrachtet man die Ergebnisse als Ganzes, so würde die Grössenzunahme des LT-Muskels nicht nur auf eine Hypertrophie der Muskelfasern zurückzuführen sein, sondern auch auf eine Hyperplasie hinweisen. Nach Hoch *et al.* (2003) legten mehrere Autoren nahe, dass die Hyperplasie während einer Phase starken Wachstums zu einer Zunahme der Muskelmasse beitragen könnte. Dies würde mit den Beobachtung der Bildung neuer Myotuben (Zellen vor Faserbildung) von Bischoff und Heintz (1994) übereinstimmen, sowie mit denen von Hoch *et al.* (2003) selbst. Die Betrachtung der Teilstücke unseres Versuchs deutet auch bei Tieren mit kompensatorischem Wachstum auf einen Anstieg an kleinen und sehr kleinen Fasern hin, insbesondere des Typs-I (Abb. 4b). Es ist also anzunehmen, dass es zu einer Aktivierung von Satellitenzellen kommt, die zum einen

an der Hypertrophie der Muskelfasern und zum anderen an der Myogenese (Bildung neuer Muskelzellen) *de novo* während des kompensatorischen Wachstums beteiligt sind.

Ausmast beeinflusst Tropfsaftverluste

Die Tropfsaftverluste werden mit zunehmender Ausmastdauer deutlich grösser (+ 60 %) und nähern sich nach durchschnittlich zwölf Wochen der Grenze von 4,5 %, die nicht überschritten werden darf. Sie sind nicht, wie man vermuten könnte, mit dem Absinken des pH-Wertes während der ersten Stunden post mortem verbunden, sondern mit der Geschwindigkeit des Temperaturrückgangs. Je höher die Temperatur fünf Stunden nach der Schlachtung ($T^{\circ}\text{C}5\text{h}$) ist, desto grösser sind die Verluste ($r=0,66$). Der Kollagengehalt scheint ebenfalls ein Erklärungsfaktor zu sein, weil eine negative Korrelation mit Tropfsaftverlusten besteht ($r=-0,60$). Nach der multiplen linearen Regression lassen sich etwa 60 %

der unterschiedlichen Tropfsaftverluste durch die $T^{\circ}\text{C}5\text{h}$, die Länge der Sarkomere, den Kollagengehalt und die Grösse der Fasern I und IIA erklären.

Schlussfolgerungen

■ Die durch kompensatorisches Wachstum hervorgerufenen histologischen und chemischen Veränderungen im Muskel haben die Zartheit nicht verbessert.

■ Schlachtbedingungen und Schlachtkörperbehandlung sind insgesamt scheinbar von grösserer Bedeutung für die Zartheit als die Auswirkungen eines kompensatorischen Wachstums.

■ Zum jetzigen Zeitpunkt können im Hinblick auf die Fleischqualität und insbesondere auf die Zartheit keinerlei Empfehlungen in Bezug auf Ausmastdauer abgegeben werden.

Literatur

Die Literatur ist beim Autor erhältlich.

RÉSUMÉ

Durée de finition de boeufs après estivage et qualité de la viande

Cet essai visait à étudier les effets d'un régime de finition sur la qualité de la viande de 48 bouvillons croisés Limousin x Tachée rouge, après une période d'estivage sur un pâturage extensif de montagne. La durée de la finition ainsi que les effets d'une éventuelle croissance compensatrice ont été étudiés. Les animaux ont été abattus après 0, 4, 8 et 12 semaines de finition en stabulation libre. La ration de base, distribuée *ad libitum*, comprenait un mélange d'ensilages d'herbe et de maïs (1:1 dans la matière sèche) complété par un aliment concentré. Durant la finition, le gain moyen quotidien a plus que doublé. Dans le muscle *longissimus dorsi*, la taille, la composition et le nombre total des différents types de fibres musculaires ont été modifiés. Les pertes d'exsudats ont augmenté avec la durée de finition. La quantité de collagène a fortement diminué tandis que la graisse intramusculaire a passé de 1,4 à 2,3% en 12 semaines. Néanmoins, la résistance au cisaillement, l'indice de fragmentation myofibrillaire et la tendreté n'ont pas été modifiés. La finition pratiquée après pâture n'a pas amélioré la qualité de la viande.

SUMMARY

Finishing duration of steers after the summer grazing season and meat quality

The effects of a finishing strategy on meat quality was studied in 48 Limousin x Red Holstein crossbred steers that had spent the grazing season on an extensively exploited mountain pasture (with a low stocking rate). The duration of the finishing period and the possibility to exploit the compensatory growth potential were of particular interest. The animals were slaughtered either at the end of the grazing season or after a finishing period of four, eight or twelve weeks kept in a barn on straw. The ration consisted of *ad libitum* fed silage which contained 50% grass and 50% maize on a dry matter basis and of a concentrate feed. During the finishing period daily weight gain was more than twice as high as during the grazing season. Finishing influenced the number as well as the size and the composition of the *longissimus dorsi* muscle fibres. Drip loss increased with increasing length of the finishing period. The amount of collagen strongly decreased, whereas intramuscular fat increased from 1,4 to 2,3 % after twelve weeks, but shear force, myofibrillar fragmentation index and tenderness remained unchanged. The finishing period after the grazing season thus did not improve meat quality.

Key words: crossbred steers, beef cattle, compensatory growth, meat quality, tenderness, fiber type.