

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



ETH Zürich
Institut für Nutztierwissenschaften
Tierernährung

Untersuchungen der Fleischqualität von Bio Weide-Beef

im Hinblick auf den
Einfluss des Schlachalters der Tiere

und im
Vergleich zu High-Quality Beef

Abschlussbericht

Martin Scheeder

Januar 2007

Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit

dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL),
der Migros Ostschweiz,
der LINUS SILVESTRI AG,
dem Gutsbetrieb Steinegg ,
der MICARNA AG
und der Melior AG

und mit finanzieller Unterstützung durch den Migros-Genossenschafts-Bund (MGB) durchgeführt.

Allen beteiligten Organisationen und Einzelpersonen, die zum Gelingen dieses Projektes beigetragen haben sei herzlich gedankt, namentlich

- Herrn Eric Meili, FiBL, für die Initiierung und Leitung des Projektes,
- Herrn Jakob Spring, LSAG, für die Organisation der Schlachtungen und die Bereitstellung der Tierdaten
- Herrn Ernst Hug, Migros Ostschweiz, für die Organisation der Probennahme bei der Zerlegung,
- Herrn Hubert Lombard, Gutsbetrieb Steinegg, für Durchführung der Kraftfutter-Weidemast,
- Herrn Corsin Willi, Melior, für die Kalkulation der Rationen und die Organisation der Wägungen der Tiere,
- Herrn Urs Schüpbach, MICARNA, und seinen Lehrlingen für die Zerlegungen,
- den Damen Regina Razminowicz, Seher Ayra und Nahjah Labcheg sowie Herrn Mathieu Bezençon, ETH Zürich, für die Durchführung von Laboranalysen und
- MGB und FiBL für den finanziellen Beitrag zu Probenmaterial, Laboranalysen und Fahrtkosten.

1 Zusammenfassung

Für die die Untersuchung eines etwaigen Einflusses des Schlachtalters auf die Fleischqualität von Bio Weide-Beef (BWB) und für einen Vergleich mit Premium Rindfleisch wurden Proben vom *M. longissimus dorsi* (LD) und vom *M. pectoralis profundus* (PP) von 89 BWB-Tieren im Alter von 23.9 (15.9-29.8) Monaten, die im Rahmen des BWB Markenfleischprogrammes aus der laufenden Produktion geschlachtet wurden, gezogen. Als Vergleichsproben wurden je zehn Entrecôtes (LD) von Irish-Beef und US-Beef eingekauft. Darüber hinaus wurden auf einem Praxisbetrieb zehn Tiere in einem speziellen Verfahren ausgemästet, bei dem, neben Weidegang und/oder freiem Zugang zu Grassilage und Heu, über eine Futterstation im Laufe der Mast steigende Mengen an Kraftfutter (bis 7.7 kg in der Endmast) angeboten wurden. Ziel war, zu prüfen, inwieweit damit unter hiesigen Bedingungen Rindfleisch erzeugt werden kann, das dem US-Beef ähnlich ist (HQ-BWB). Von diesen Tieren wurden ebenfalls LD und PP als Proben gezogen.

Das Schlachtkörpergewicht der BWB Tiere lag bei 300.5 kg (249-363 kg); die HQ-BWB Tiere erreichten mit einem Alter von 20.2 (16.3-23.9) Monaten 291 (276-315) kg. Für eine detaillierte Bestimmung der Schlachtkörperzusammensetzung wurde je eine Schlachthälfte der HQ-BWB Tiere nach einer definierten Schnittführung zerlegt. Als Merkmale der Fleischqualität wurden End-pH-Wert, Fleischfarbe, Textur nach Warner-Bratzler und Volodkevich, Kollagengehalt und -löslichkeit sowie die chemische Zusammensetzung einschliesslich Fettgehalt und Fettsäurenzusammensetzung des Fleisches analysiert.

Der pH-Wert lag durchwegs im normalen Bereich. In der chemischen Zusammensetzung des BWB Fleisches zeigte sich kein Alterseffekt. Die Fleischfarbe zeigte tendenziell eine Abnahme der Helligkeit im LD und einen intensiveren Rotton im PP mit zunehmendem Alter, wurde aber insgesamt nur sehr geringfügig vom Alter beeinflusst. Auch auf die Fleischtextur und die Bindegewebeigenschaften zeigte sich nur ein sehr geringer Einfluss des Alters. Daraus kann geschlossen werden, dass sich das Alter Tier über den in dieser Untersuchung abgegriffenen Bereich nicht wesentlich auf die gemessenen Merkmale der Fleischqualität auswirkt.

Durch die Krafftutterzulage bei den HQ-BWB Tieren wurden etwas bessere Nettozunahmen aber nur eine leichte Erhöhung des Fettansatzes und des intramuskulären Fettgehaltes erreicht. Im Vergleich zu HQ-BWB, Irish-Beef und US-Beef zeigte das BWB – auf immer noch gutem Niveau – eine etwas weniger gute (zarte) Textur. US-Beef wies den mit Abstand höchsten intramuskulären Fettgehalt aber im Vergleich zu dem Fleisch aus allen andern untersuchten Verfahren mit Grassfütterung auch die ernährungsphysiologisch ungünstigste Fettsäurezusammensetzung auf.

2 Einleitung und Fragestellung

Bio Weide-Beef® ist ein Label, das sich zum Ziel gesetzt hat, durch eine extensive bis mittelintensive Weidemast von Rindern und Ochsen ein hochwertiges, auf umwelt- und tiergerecht Weise erzeugtes Qualitäts-Bio-Rindfleisch zu produzieren. Zootechnische Kennzahlen der Produktion von Bio Weide-Beef® (BWB), wie Alter, Gewicht, Ausschachtung und Schlachtkörperklassierung der Tiere, sowie Einflussfaktoren dieser Merkmale wurden in einer vorangegangenen Arbeit zusammengestellt (Freiburghaus, 2004).

Neben diesen für die Wirtschaftlichkeit der Produktion im Vordergrund stehenden Faktoren dürfte eine weitere wesentlichen Voraussetzungen für den beständigen Erfolg dieses Markenfleischprogrammes eine möglichst hohe und gleichmässige Fleischqualität im Sinne der visuellen Erscheinung (Farbe), der gustatorischen Merkmale und des Nährwertes sein. Diesbezüglich konnte bereits gezeigt werden, dass die Fleischqualität von Bio Weide-Beef im Vergleich zu konventionell erzeugtem Rindfleisch und Markenrindfleisch aus intensiven Mastverfahren auf einem hohen Niveau liegt (Razminowicz et al., 2006). Ein Vergleich mit Rindfleisch, dem eine besonders hohe Qualität zugeschrieben wird (High Quality Beef, z.B. US-Beef), wurde aber noch nicht durchgeführt.

Daneben stellte sich die Frage, wie sich im Rahmen der Produktion von BWB das Alter der Tiere auf die Fleischqualität auswirkt, da es sich um ein extensives Verfahren handelt, in das teilweise auch Alping einbezogen wird, und die Tiere dementsprechend bis zur Schlachtung vergleichsweise alt werden können.

Ein Ziel dieser Untersuchung war es also, etwaige Alterseffekte auf die Fleischqualität anhand einer grösseren Zahl von Fleischproben von Tieren unterschiedlichen Alters zu erfassen. Dafür wurden zwei Muskeln mit unterschiedlichem Bindegewebsgehalt in die Untersuchung einbezogen, da davon auszugehen war, dass sich das Alter im wesentlichen auf die Festigkeit des Bindegewebes auswirkt.

Darüber hinaus sollte ermittelt werden, wie die Qualität von BWB im Vergleich zu High Quality Beef zu bewerten ist und ob ggf. Fleisch mit einer vergleichbaren Qualität auch unter Bio-Bedingungen erzeugt werden kann. Dafür wurden Bio Weide-Beef Tiere nach den Vorgaben der Produktion von High Quality Beef auf einem Bio Weide-Beef Betrieb intensiv ausgemästet und in einen Vergleich mit importiertem Premium-Rindfleisch (US-Beef und Irish-Beef) einbezogen.

3 Material und Methoden

3.1 Herkunft des Fleisches

Bio Weide-Beef

In die Untersuchung wurden Proben von 89 BWB-Tieren einbezogen, die an zwei Schlachttagen von der MICARNA in Bazenhaid geschlachtet wurden (13.01.05, n=48, u. 20.01.05, n=41).

Während den Zerlegungen am 17. u. 24.01.2005 bei der MIGROS Ostschweiz in Gossau (GMOS) wurden aus den jeweils rechten Hälften Proben vom *M. longissimus dorsi* (LD, Entrecôte) in der Mitte zwischen dem 9. Brustwirbel und dem letzten Lendenwirbel sowie vom *M. pectoralis profundus* (PP, Brustkern) aus der Mitte der Brust entnommen.

Die LD Proben reiften für weitere vier Wochen im Kühlraum der GMOS in Gossau. Die PP Proben wurden am Tag der Zerlegung in den Labors des INW für die weiteren Analysen aufbereitet, wobei ein Teil jeder Probe bis zum 12.Tag post mortem weiter gereift wurde.

Angaben zu Alter und Herkunft der Tiere wurden der Tierverkehrsdatenbank entnommen und von der Linus Silvestri AG bereitgestellt. Demnach kamen die Tiere von 21 Betrieben, wiesen im Mittel ein Alter von 23.9 Monaten (Streubreite: 15.9 – 29.8 Monate) und ein Schlachtgewicht von 300.5 kg (249 – 363 kg) auf und erreichten damit Nettozunahmen von 425 g/Tag (292 – 652 g/T). 50 der beprobten Tiere waren Rinder, 39 waren Ochsen. Aus den Häufigkeitsverteilungen von Alter und Schlachtgewicht der Tiere ist zu ersehen, dass die Ochsen bei der Schlachtung im Durchschnitt jünger waren und höhere Schlachtgewichte brachten (Abb. 1). Die Rinder waren mit 24.4 ± 2.4 Monaten im Mittel über einen Monat älter als die Ochsen (23.2 ± 2.9 Mo.). Nach dem Befund des Schlachthofes wiesen 34 Tiere, 11 davon Ochsen, bereits eine oder zwei Schaufeln auf.

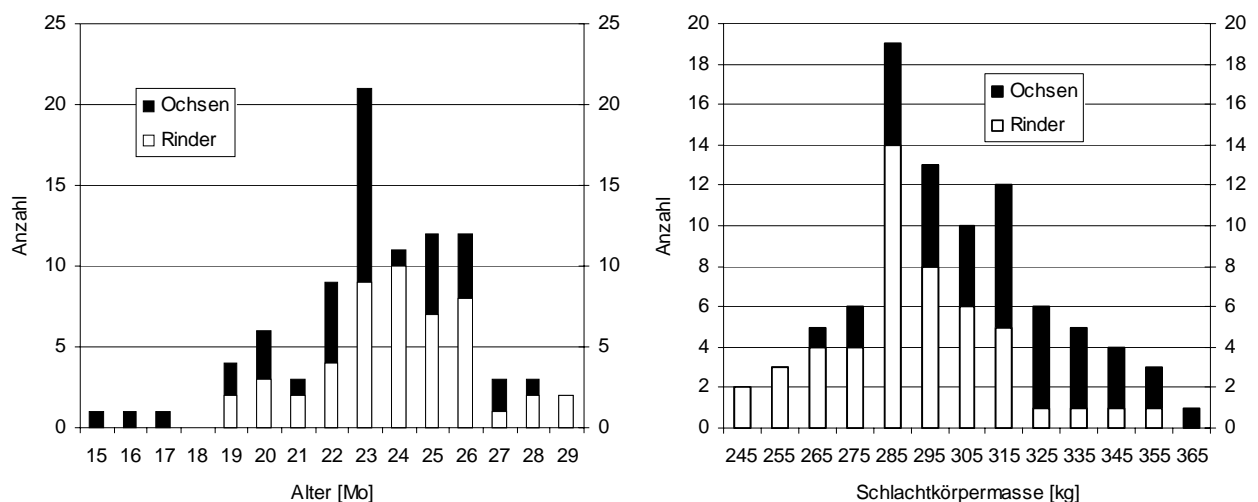


Abb. 1: Verteilung der beprobten Tiere in Altersklassen und nach Schlachtkörpergewicht

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, bestand keine Abhängigkeit des Schlachtkörpergewichtes vom Alter, so dass die beiden Merkmale statistisch unabhängig voneinander behandelt werden können.

Anhand der Angaben in der Tierverkehrsdatenbank (TVD) konnte von allen Tieren die Rasse der Mutter, von 78 Tieren zusätzlich noch die Vaterrasse und von 55 der Vater bestimmt werden. Demnach stammten 57 Tiere (64 %) von Limousin (Lim), neun (10 %) von Blonde d'Aquitaine (Bd'A) und fünf (5.6 %) von Simmental (Sim) Bullen ab. Die restlichen Tiere mit Angaben zur Vaterrasse stammten von Angus, Braunvieh oder Eringer Bullen ab (Anhang, Tab. A1).

Innerhalb der Vaterrasse Limousin waren Nachkommen von mindestens 14 Bullen vertreten, wobei 7 Väter mit vier oder mehr Nachkommen vertreten waren (Tab. A2). Einzelne der Bullen hatten aber nur auf jeweils einem Betrieb Nachkommen, so dass hier ein Effekt von Bulle und Betrieb nicht getrennt werden konnte. Für eine Untersuchung von Effekten der Vaterrasse auf die Fleischqualität eignet sich die Datenstruktur also nicht.

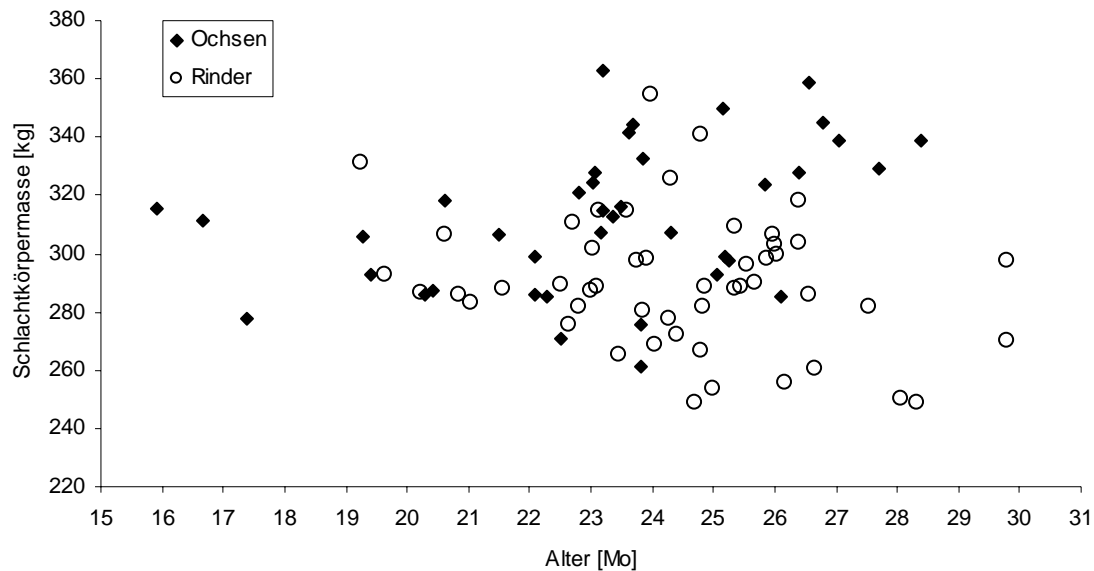


Abb. 2: Verteilung der beprobten Tiere nach Schlachtkörpermasse und Alter

Die am häufigsten vertretene Mutterrasse war Braunvieh, mit deutlichem Abstand gefolgt von Rotfleckvieh; vereinzelt waren auch Holstein Friesian, Simmental, Angus oder nicht weiter definierte Kreuzungen vertreten (Tab. 1).

Tab. 1: Verteilung der untersuchten Tiere nach Mutterrasse

Braunvieh	51
Rotfleckvieh	23
Kreuzungen	7
Simmental	3
Holstein Friesian	4
Angus	1

Mit Ausnahme von drei Tieren wurden die Schlachtkörper T+ oder besser klassiert und die Fettklassen 2 oder 5 kamen nur vereinzelt vor (Tab. 2)

Befall mit kleinem Leberegel wurde bei 38 Tieren diagnostiziert, grosser Leberegel bei dreien. Neben Abszessen (bei sieben Tieren) wurden u.a. vereinzelt Verwachsungen, Pleuritis und Pneumonie festgestellt. Ein Drittel (30) der Tiere war ohne Befund.

Die Analysen der Fettsäurezusammensetzung sowie des Kollagengehaltes und der Löslichkeit des Kollagens sind zu aufwendig, als dass sie an den Proben aller Tiere durchgeführt werden konnten. Für die Fettsäureanalysen wurden daher Proben von 20 Tieren für die Kollagenanalysen von 30 Tieren ausgewählt. Mit einem mittleren Schlachtagter und -gewicht von 23.7 und 23.6 Mo. bzw. 302 und 301 kg sowie einer Streuung von 17.4-28.3 und 15.9-29.8 Mo. bzw. 249-355 kg (jeweils für Fettsäuren- und Kollagenanalysen), bildeten die ausgewählten Tiere nach diesen Merkmalen eine repräsentative Stichprobe aus der Gesamtstichprobe der BWB Tiere.

Irish- und US-Beef

Für den Vergleich von BWB mit Premium Rindfleisch aus intensiver feedlot-Mast einerseits und von einer Grünland-basierter Mastform andererseits wurden Stücke à ca. 550 g von 10 US-Beef und 10 Irish-Beef Entrecôtes über einen Zeitraum vom 10.2. bis 1.3.2005 in acht verschiedenen MIGROS Filialen im Raum Luzern und Zürich eingekauft und nach den gleichen Methoden wie das BWB analysiert. Bemerkenswert ist, dass bei den eingekauften Stücken beider Herkünfte der Anteil an Auflagefett im Mittel ca. 11 % des Gewichtes ausmachte und dabei von 6,3 – 19,8 % und 1,9 – 20,5 % für Irish- bzw. US-Beef streute. Die Einkaufspreise lagen bei US-Beef zwischen 61 und 66 CHF/kg und bei Irish-Beef zwischen 55 und 63 CHF/kg.



Abb. 3: Beispiele für US-Beef (oben) mit 20,5 bzw. 1,9 % Auflagefett und Irish-Beef mit 17,8 und 6,3 % Auflagefett.

High Quality-Bio Weide-Beef

Für den Versuch, mit einem Intensivmastverfahren Rindfleisch ähnlicher Qualität wie US-Beef zu erzeugen, wurden auf dem Gutsbetrieb Steinegg 10 Tiere (vier Rinder, sechs Ochsen) ab einem Gewicht von 304 ± 14 kg über eine Kraftfutterstation (ITIN + HOCH GmbH, Fütterungstechnik, CH- 4410 Liestal) mit bis zu 7,7 kg Kraftfutter pro Tier und Tag in der Endmast zugefüttert. Die Zusammensetzung von Grund- und Kraftfutter sowie der Rationenplan sind im Anhang angegeben (Tab. A3). Der Kraftfutterverbrauch und der individuelle Verzehr konnte aufgrund eines Defekts an der Kraftfutterstation, der gegen Ende der Mast auftrat, leider nicht genau gemessen werden.

In Anlehnung an den im internationalen Handel definierten Begriff "High Quality Beef" (HQB) für Rindfleisch aus Mastverfahren in denen die Tiere für mindestens 100 Tage vor der Schlachtung Rationen mit einem Kraftfutteranteil von mind. 70 % erhalten müssen, wird hier der Begriff „High Quality-Bio Weide-Beef“ (HQ-BWB) für das Fleisch dieser Tiere gewählt.

Diese Versuchstiere wurden im Schlachthof St. Gallen, Gossau, geschlachtet und erzielten bei einer Ausschlagung von im Mittel 53,2 % (50 – 56,2 %) Schlachtkörpergewichte von 291 kg

(276 – 315 kg) und mit einem Schlachalter von 20.2 Monaten (16.3 – 23.9 Mo) Nettozunahmen von 487 g/Tag (402 – 607 g/T).

Eines der Tiere wies einen Leberabszess auf, was dazu führte, dass ein Teil des Schlachtkörpers konfisziert wurde. Trotz der intensiven Ausmast wurden nur zwei der Tiere, beides Rinder, in die Fettklasse 4 eingeteilt. Alle Schlachtkörper wurden T+ oder besser klassiert (Tab. 2).

Von diesen Tieren wurden die linken Schlachtkörperhälften bei der Micarna, Bazenhaid nach einer definierten Schnittführung zerlegt und die Gewichte der einzelnen Teilstücke (entvliert) sowie der Fleischabschnitte (Wurstfleisch) und des Anteils an Knochen, Fett und Sehnen erfasst. Für einen Vergleich standen Zerlegeergebnisse von Ochsen, die auf der ETH Forschungsstation Chamau ausschliesslich mit Gras, Heu und Grassilage gefüttert worden waren, zur Verfügung. Da die Zerlegung der Schlachthälften dieser Tiere aber an einem anderen Ort, also nicht von denselben Leuten durchgeführt wurde, ist ein Vergleich der Teilstückanteile nur der Grössenordnung nach möglich.

Tab. 2: Fleischigkeits- und Fettgewebssklasse nach Geschlecht

		Fettklasse							
		2		3		4		5	
		Ochse	Rind	Ochse	Rind	Ochse	Rind	Ochse	Rind
BWB	C	1	-	9	3	-	1	-	1
	H	-	-	13	17	3	6	1	-
	T+	-	1	10	15	1	4	-	-
	T	-	-	1	1	-	1	-	-
HQ-BWB	C			3	-		-		
	H			2	-		2		
	T+			1	2		-		
	T			-	-		-		

3.2 Untersuchungsmethoden

Die Fleischproben wurden nach der Probenahme bzw. dem Einkauf in Kühlboxen in das Labor der Gruppen Tierernährung und Ernährungsbiologie des Institutes für Nutztierwissenschaften gebracht und dort für die weiteren Analysen aufbereitet, nachdem zunächst der pH-Wert mittels einer Einstichsonde (IP67 Elektrode, Model SenTix 21) an einem WTW-340 pH Meter (Wissenschaftliche Technische Werkstätten, Weilheim, Germany) gemessen wurde.

Für die chemischen Analysen wurde von den Proben eine Scheibe von ca. 150 g geschnitten, die dann von aussen anhaftendem Fett- und Bindegewebe befreit und in einer Moulinette homogenisiert wurde. Das Fleischhomogenat wurde bis zur späteren Analyse in Siegelrandbeuteln vakuumiert bei -22 °C aufbewahrt.

Für die Messung von Farbe, Grillverlust und Textur wurde von allen Proben eine 2.5 cm dicke Scheibe geschnitten. Am Anschnitt dieser Scheibe wurde anhand der USDA Marbling-Standards auch die Marmorierung bewertet (0-600 Punkte, s. Anhang).

Farbmessung

Die Fleischfarbe wurde mit einem Minolta Chroma Meter (Model 300-CR, Minolta, Dietikon, Schweiz) an dem frischen Anschnitt der Scheibe für die Texturanalyse gemessen, nachdem diese für eine Stunde bei 4 °C dem Luftsauerstoff ausgesetzt war. Als Lichtquelle wurde D65 gewählt und die Farbwerte sind im L*a*b*-System angegeben, wobei L* die Helligkeit angibt und die a*- und b*-Werte jeweils die Intensität des Rot- bzw. Gelbtönen (s. Abb. 4).

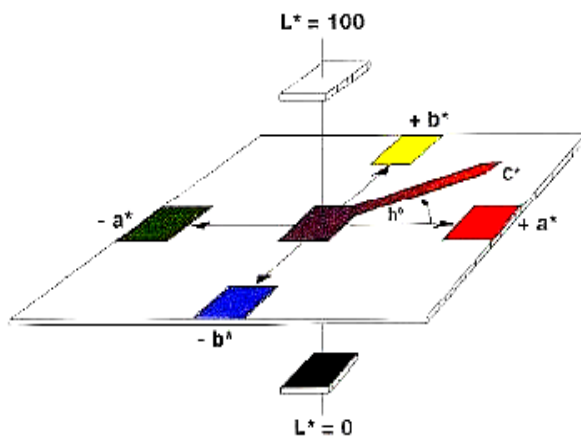


Abb. 4: Schematische Darstellung des $L^*a^*b^*$ Farbraumes und Illustration der Farbmessung mit dem Minolta Chroma-Meter

Texturmessung

Für die Texturmessung wurden die Proben entsprechend dem im Anhang angegebenen Protokoll zubereitet, wobei der PP (Brust) für eine Stunde in siedendem Salzwasser gekocht wurde. Die Entrecôte Scheiben wurden in Siegelrandbeuteln verschlossen in einem auf 72 °C geheizten Wasserbad für eine Stunde gegart.

Die Textur wurde in dem LD nach der Methode von Warner-Bratzler (WB) und nach Volodkevich (VOL) mit einem TA-XT2-Textur Analyser (Stable Micro System, Surrey, UK) gemessen. Für WB wurden Zylinder mit 1,25 cm Durchmesser ausgebohrt, für VOL mit einem Doppelklingensstreifen mit einem Querschnitt von 1 x 1 cm geschnitten (Abb. 5). In beiden Fällen wurden die Proben entlang des Muskelfaserlaufes geschnitten und quer dazu geschert bzw. gequetscht. Im Siedfleisch (PP) wurde die Textur nur mittels VOL gemessen. Pro Scheibe und Methode wurden sechs (LD) bzw. acht (PP) Messungen durchgeführt und deren Ergebnisse gemittelt. Erfasst wurde die während des Scher- bzw. Quetschvorganges aufgetretenen maximale Kraft sowie, nur für VOL, die insgesamt aufgewandte Energie. Einfach gesagt gilt für beide Methoden, je höher die aufgewandte Kraft bzw. Energie, desto geringer die erwartete Zartheit.



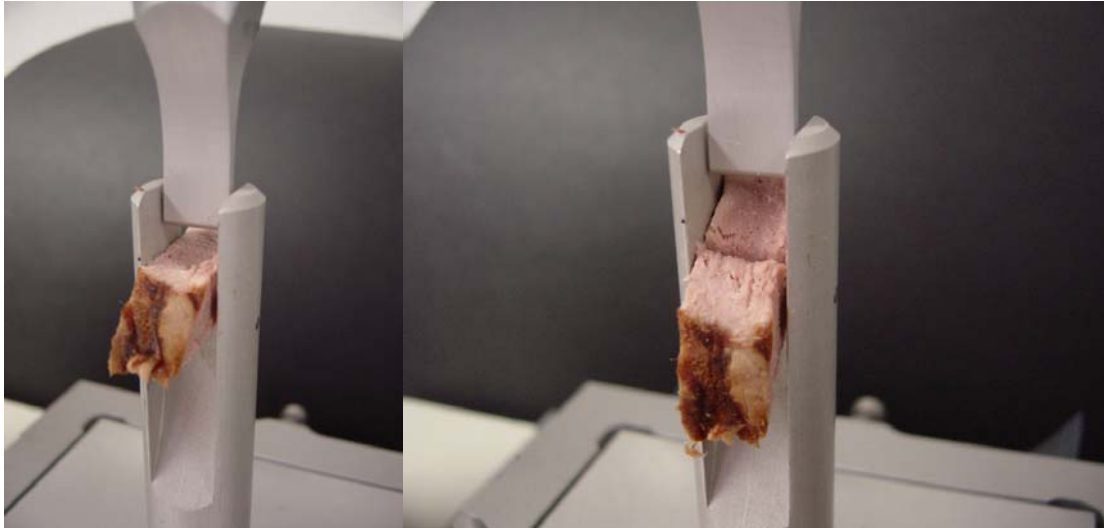


Abb. 5: Illustration des Schervorganges nach der Warner-Bratzler Methode (oben) und der Fleischtexturmessung nach Volodkevich (unten)

Fettgehalt und Fettsäurezusammensetzung

Für die Ermittlung von Fettsäuregehalt und die Fettsäurezusammensetzung wurden (je nach erwartetem Fettgehalt) ca. 2 g des Fleischhomogenates nach Zugabe eines internen Standards in Hexan/Isopropanol homogenisiert und die Lipide nach der Extraktion verseift und zu Methylestern verestert (s. Analysenprotokoll im Anhang). Die Bestimmung des Fettsäuremusters erfolgte nach gaschromatographischer Trennung der Fettsäuremethylester über eine Supelcowax-10™ sowie eine CP-Sil88 Säule in einem HP 6890 (Hewlett-Packard, Wilmington, DE, USA). Der Fettsäuregehalt wurde anhand des internen Standards aus den Ergebnissen der Gaschromatographie berechnet.

Der intramuskuläre Fettgehalt wurde durch Soxhlet-Extraktion mit Petrolether aus dem zuvor gefriergetrockneten Fleischhomogenat bestimmt.

Kollagengehalt und -löslichkeit

Die Bestimmung des Gehaltes und der Löslichkeit des Kollagens erfolgte nach der im Anhang beschriebenen Methode. In Kürze, lyophilisiertes Fleischhomogenat wird in physiologischer Kochsalzlösung erwärmt, wobei ein Teil des Kollagens in Lösung geht. Nach Zentrifugation wird im Überstand und im Pellet der Gehalt an Hydroxiprolin gemessen, eine Aminosäure, die nahezu ausschliesslich im Kollagen vorkommt. Der Gesamtgehalt errechnet sich aus dem Kollagengehalt im Überstand und im Pellet. Aus dem Verhältnis des Anteils an Kollagen im Überstand zum Gesamtkollagen errechnet sich die Löslichkeit, die umso höher ist, je weniger stark das Kollagen vernetzt und dementsprechend je weniger stabil es ist.

Statistische Auswertungen

Die Untersuchung eines etwaigen Einflusses des Alters auf die Merkmale der Fleischqualität sollte zum einen anhand des chronologischen Alters und zum anderen anhand eines Merkmals, welches das physiologische Alter beschreibt, erfolgen. Daher wurden zwei statistische Modelle angewendet, eines mit dem Geschlecht als fixen Effekt und dem Alter in Monaten als Co-Variable, das zweite mit Geschlecht und dem Merkmal Schaufeln (vorhanden oder nicht) als fixe Effekte.

Der Vergleich des Fleisches der verschiedenen Herkünfte erfolgte anhand des multiplen Mittelwertvergleichs nach Scheffé.

Einige Beziehungen zwischen Merkmalen sind grafisch und unter Angabe des Bestimmtheitsmasses (R^2) aufgezeigt.

4 Resultate

Die Darstellung der Resultate ist in die zwei übergeordneten Kapitel über die Alters und Geschlechtseffekte innerhalb des Produktionsverfahrens BWB und über den Vergleich der verschiedenen Herkünfte gegliedert.

4.1 Bio Weide-Beef – Geschlechts- und Alterseffekte

Zunahmen und Schlachtkörpergewicht

Wie bereits aus Abb.2 ersichtlich war bestand in der Stichprobe der untersuchten Tiere keine Beziehung zwischen Alter und Schlachtkörpergewicht, wobei die weiblichen Tiere leichter waren und geringere Zunahmen hatten (Tab. 3). Dementsprechend zeigte sich wie zu erwarten kein Effekt des Alters, weder gemessen in Monaten noch anhand der Schaufeln, auf das Schlachtgewicht, während die Nettozunahmen (Schlachtkörpergewicht/Lebensalter) bei den Tieren mit Schaufeln im Mittel rund 50 g/Tag unter denjenigen der Tiere ohne Schaufeln lagen.

Tab.3: Zunahmen, Schlachtkörpergewicht und Gewicht einer 2.5 cm dicken Scheibe des M. longissimus dorsi (LD) in Abhängigkeit von Geschlecht und Alter der Tiere

	Ochsen	Rinder	Standard- fehler	p-Werte der Effekte von	
				Geschlecht	Alter
n	39	50			
Nettozunahmen [g/Tag]	443	411	5.4	0.000	0.000
Schlachtkörpergewicht [kg]	313	290	3.8	0.000	0.672
Probengewicht LD [g]	273	253	4.75	0.003	0.440

	<u>Schaukeln</u>		p-Werte der Effekte von		
	ohne	mit	Geschlecht	Schaukeln	Geschlecht × Schaukeln
n	55	34			
Nettozunahmen [g/Tag]	447	395	0.001	0.000	0.687
Schlachtkörpergewicht [kg]	304	299	0.000	0.319	0.383
Probengewicht LD [g]	263	262	0.012	0.887	0.547

Im Zusammenhang mit dem Gewicht der Tiere wird immer wieder die Grösse der Teilstücke und damit der zugeschnittenen Steaks diskutiert. Da von den Entrecôtes für die Texturmessungen definierte Scheiben von 2.5 cm Dicke geschnitten wurden, spiegelt das Gewicht dieser Proben die Grösse von einheitlich dicken Steaks wieder und lässt sich in Beziehung zum

Schlachtgewicht setzen (Abb.6). Das Gewicht für die Steaks lag im Mittel bei ca. 260 g, wobei eine Streubreite von unter 200 g bis annähernd 350 g und eine deutliche Abhängigkeit vom Schlachtkörpergewicht zu verzeichnen war. Da sich das Alter der Tiere nicht auf das Schlachtgewicht auswirkte, ergab sich auch kein ‚Altersffekt‘ auf das Gewichte der Steaks.

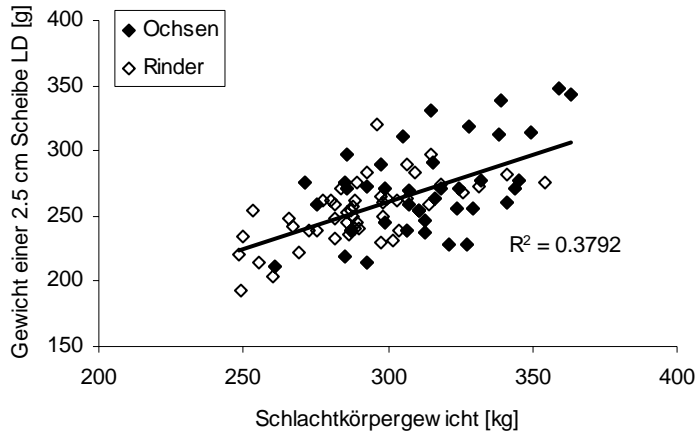


Abb. 6: Beziehung zwischen dem Schlachtkörpergewicht und dem Gewicht von 2.5 cm dicken Steaks aus dem Entrecôte (LD)

Chemische Zusammensetzung, Farbe und pH

In keinem der beiden untersuchten Muskeln zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Alters auf die chemische Zusammensetzung. Der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) liegt zwar bei den Tieren, die bereits Schaufeln zeigten, numerisch höher, dieser Effekt ist aber statistisch nicht signifikant. Auch der Geschlechtseffekt auf den IMF ist gering; es zeigt sich nur tendenziell ein etwas höherer IMF für die weiblichen Tiere (Tab. 4).

Etwas deutlicher wirkt sich das Alter auf die Fleischfarbe insbesondere des Brustkernes (PP) aus, der bei Tieren mit Schaufeln einen etwas intensiveren Rotton, aber keine geringere Helligkeit aufweist. Demgegenüber zeigt der LD eine etwas abnehmende Helligkeit mit zunehmendem Alter (Abb. 7). Diese Effekte dürften der Grossenordnung nach aber eher von akademischem Interesse als von praktischer Relevanz sein.

Der End-pH-Wert liegt bei beiden Muskeln im üblichen Bereich. Die Streubreite ist im LD aber grösser als im PP, wobei dennoch keine Probe mit einem pH-Wert über 6 lag, also kein DFD-Fleisch auftrat (Abb. 8). Eine deutliche, wenn auch nicht enge Abhängigkeit der Fleischfarbe vom pH zeigte sich nur im LD, nicht aber im PP.

Tab. 4: Chemische Zusammensetzung, pH-Wert und Farbe des *M. longissimus dorsi* (LD) und des *M. pectoralis profundus* (PP) von Weidemastrindern im Altersbereich von 15.9 bis 29.8 Monaten

	Ochsen	Rinder	Standard- fehler	p-Werte der Effekte von	
				Geschlecht	Alter
LD, n	39	49			
Trockensubstanz	26.5	27.1	0.20	0.054	0.107
Asche	1.16	1.17	0.028	0.847	0.427
Protein	22.0	21.6	0.26	0.294	0.972
Fett	1.65	1.96	0.14	0.106	0.806
Marmorierung	157	172	9.5	0.242	0.177
pH	5.56	5.56	0.01	0.907	0.126
L*	38.4	38.3	0.32	0.796	0.075
a*	23.0	23.6	0.22	0.093	0.892
b*	11.5	11.7	0.14	0.415	0.216
PP, n	39	50			
Trockensubstanz	25.0	25.5	0.11	0.003	0.015
Asche	1.36	1.30	0.026	0.065	0.419
Protein	20.8	20.7	0.15	0.646	0.107
Fett	1.29	1.49	0.09	0.092	0.346
pH	5.46	5.46	0.008	0.938	0.748
L*	35.4	34.7	0.25	0.040	0.365
a*	20.9	20.8	0.22	0.686	0.041
b*	9.8	9.6	0.16	0.450	0.031
	<u>Schaukeln</u>			p-Werte der Effekte von	
	ohne	mit	Geschlecht	Schaukeln	Geschlecht × Schaukeln
LD, n	55	33			
Trockensubstanz	26.9	26.6	0.133	0.318	0.524
Asche	1.17	1.13	0.616	0.342	0.233
Protein	21.9	21.5	0.532	0.237	0.492
Fett	1.75	1.94	0.257	0.338	0.223
Marmorierung	158	178	0.418	0.137	0.189
pH	5.55	5.57	0.942	0.143	0.899
L*	38.4	38.2	0.720	0.640	0.522
a*	23.4	23.1	0.059	0.385	0.544
b*	11.7	11.5	0.385	0.223	0.595
PP, n	55	34			
Trockensubstanz	25.3	25.2	0.050	0.556	0.035
Asche	1.34	1.30	0.102	0.297	0.586
Protein	20.8	20.7	0.398	0.699	0.634
Fett	1.32	1.51	0.157	0.123	0.534
pH	5.46	5.45	0.640	0.310	0.273
L*	34.7	35.5	0.032	0.025	0.781
a*	20.6	21.3	0.646	0.026	0.616
b*	9.5	10.0	0.440	0.020	0.662

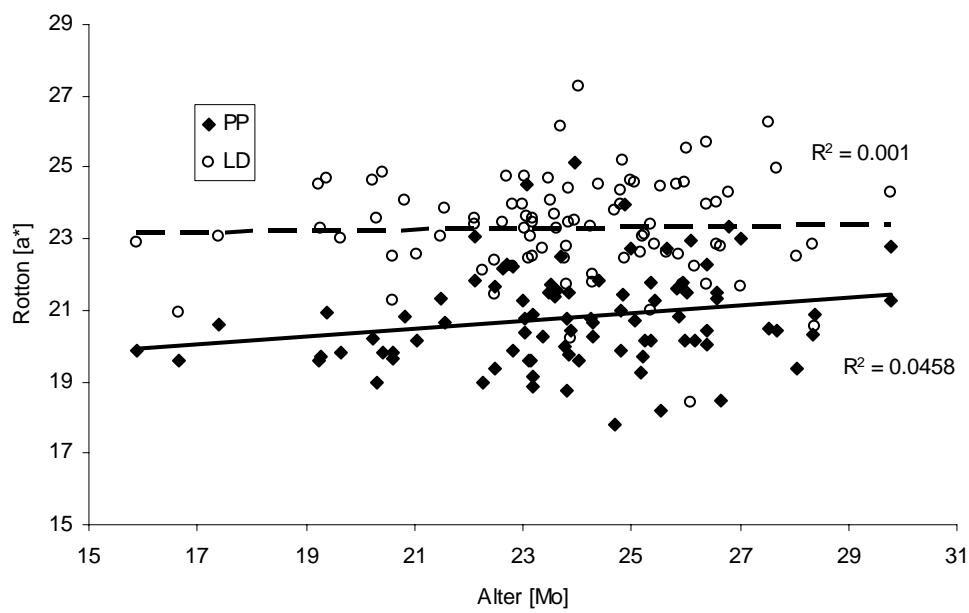
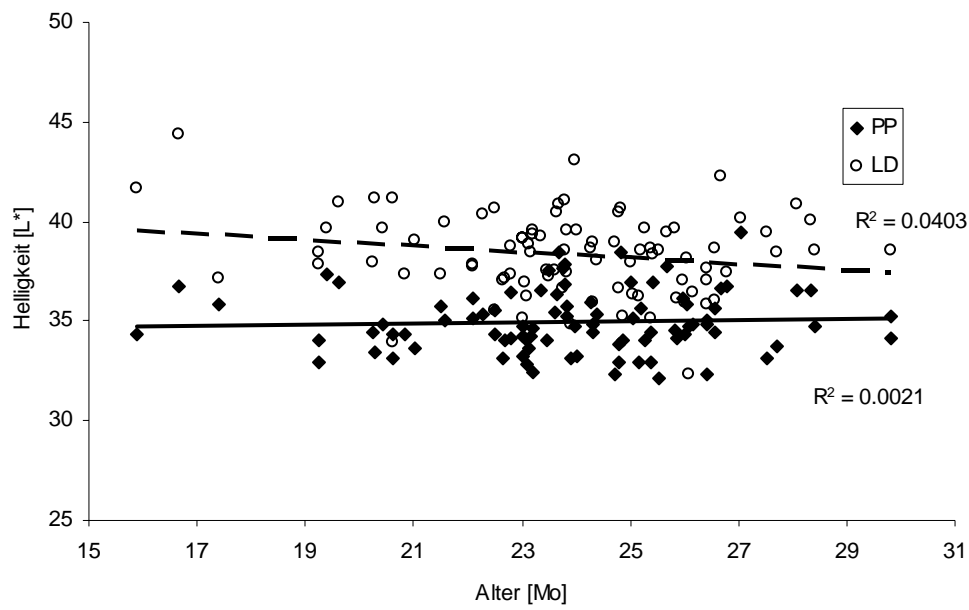


Abb. 7: Beziehung zwischen Alter und Farbhelligkeit sowie Rotton im *M. longissimus dorsi* (LD) und im *M. pectoralis profundus* (PP) von Weidemastrindern und -ochsen

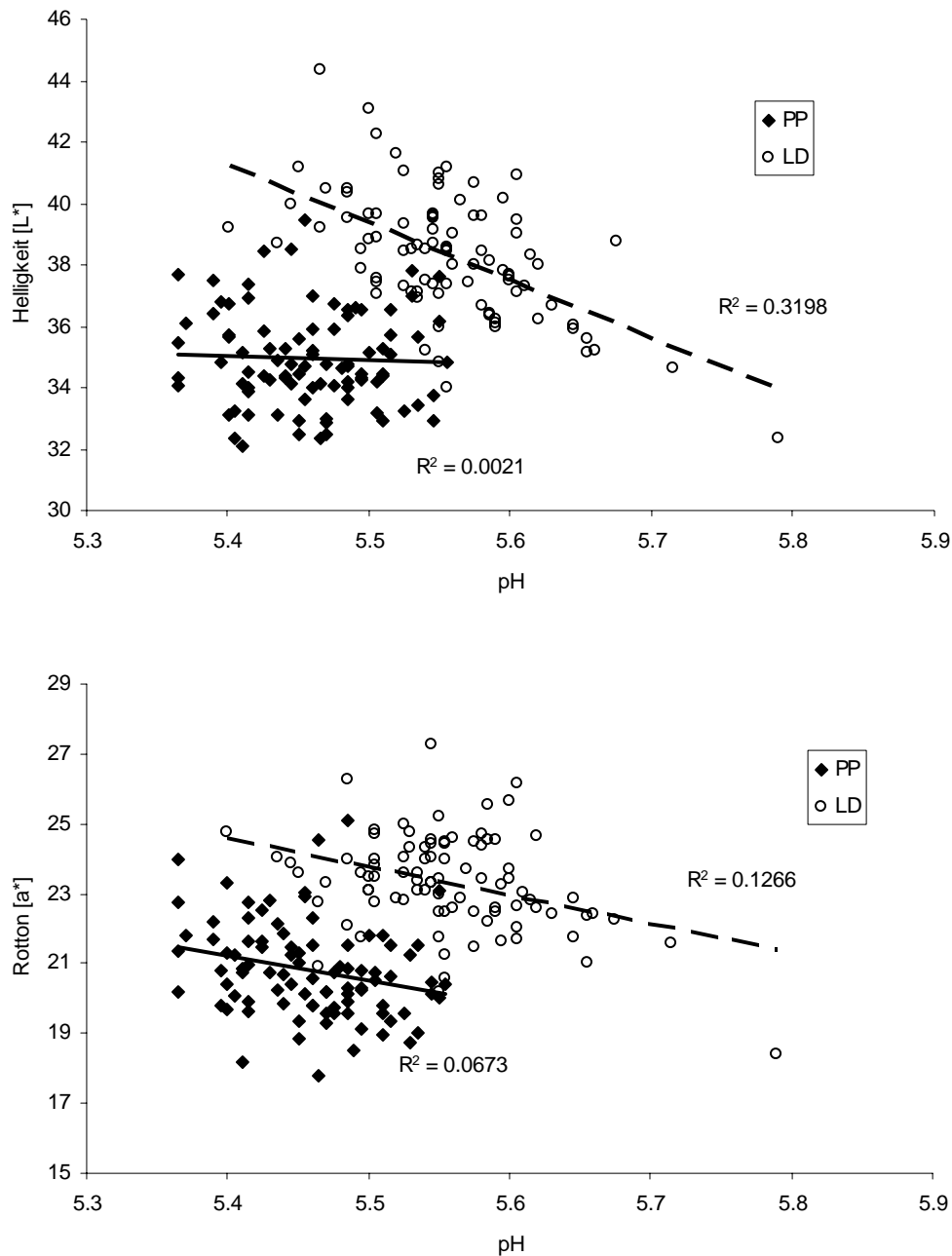


Abb.8: Beziehung zwischen pH-Wert und Farbhelligkeit sowie Rotton im *M. longissimus dorsi* (LD) und im *M. pectoralis profundus* (PP) von Weidemastrindern und -ochsen

Textur

Die Alterseffekte auf die als Maß für die Zartheit gemessenen Texturmerkmale sind insgesamt sehr gering und entgegen den Erwartungen im LD deutlicher als im bindegewebsreicheren PP (Tab. 5). Nach dem statistischen Modell, welches das Alter in Monaten als Einflussfaktor auf die Textur berücksichtigt, zeigen sich zwar signifikante Alterseffekte, betrachtet man jedoch die Beziehung zwischen Alter und Texturmerkmalen, so zeigt sich kaum eine nennenswerte Abhängigkeit (Abb. 9). Es sind nicht die ältesten Tiere, die die höchsten Scherkraftwerte aufweisen und auch die Schaufeln lassen in dieser Untersuchung keinerlei Rückschluss auf die Textur des Fleisches zu (Tab. 5).

Ebenso zeigen der Bindegewebsgehalt (Kollagen) und interessanterweise auch die Löslichkeit des Kollagens in dem untersuchten Altersbereich keine signifikante Beziehung zum Alter. Diese Beobachtung stimmt aber mit den Ergebnissen einer Studie von Bocard et al. (1979) überein, die für Bullen und Ochsen im Altersbereich von 16 – 24 Monate ebenfalls keine wesentliche Veränderung der Löslichkeit des Kollagens zeigt (Abb. 10).

Ein Zusammenhang zwischen der Fleischtextur und dem Schlachtgewicht ist ebenfalls nicht erkennbar (Abb. 9).

Demgegenüber zeigt sich in einigen Texturmerkmalen ein Geschlechtseinfluss mit einer etwas zarteren Textur für das Fleisch der weiblichen Tiere, wie dies zu erwarten war.

In sechs LD-Proben wurden eine WB-Scherkraft über 50 N gemessen, fünf davon stammten von Tieren aus Müttern der Rasse Braunvieh, eine von einem Tier mit einer Rotfleckviehmutter.

Tab. 5: Texturmerkmale des vier Wochen gereiften *M. longissimus dorsi* (LD) und des vier bzw. 12 Tage gereiften *M. pectoralis profundus* (PP) von Ochsen und Rindern aus der Weidemast

	Ochsen		Rinder		p-Werte der Effekte von	
					Geschlecht	Alter
LD	39	49				
WB-Scherkraft [N]	39.2	35.5			0.06	0.03
VOL-Energie [J]	1.24	1.18			0.34	0.04
VOL-max. Kraft [N]	26.7	24.8			0.29	0.01
PP	39	50				
VOL-Energie [J], 4.T	2.61	2.43			0.09	0.39
VOL-max. Kraft [N], 4.T	61.9	58.9			0.14	0.05
VOL-Energie [J], 12.T	2.19	1.98			0.04	0.43
VOL-max. Kraft [N], 12.T	52.2	47.1			0.02	0.90
Kollagengehalt [mg/g]	3.9	3.6			0.24	0.97
Löslichkeit des Koll. [%]	8.3	6.6			0.02	0.55
	Schaufeln		p-Werte der Effekte von			
	ohne	mit	Geschlecht	Schaukeln	Geschlecht x Schaukeln	
LD	55	33				
WB-Scherkraft [N]	36.3	39.1	0.11	0.18	0.98	
VOL-Energie [J]	1.18	1.28	0.27	0.14	0.16	
VOL-max. Kraft [N]	25.0	27.5	0.35	0.19	0.32	
PP	55	34				
VOL-Energie [J], 4.T	2.56	2.45	0.22	0.32	0.89	
VOL-max. Kraft [N], 4.T	60.3	60.0	0.41	0.89	0.61	
VOL-Energie [J], 12.T	2.56	2.45	0.01	0.83	0.38	
VOL-max. Kraft [N], 12.T	60.3	60.0	0.01	0.89	0.38	
Kollagengehalt [mg/g]	7.8	7.1	0.02	0.30	0.88	
Löslichkeit des Koll. [%]	3.8	3.6	0.32	0.59	0.38	

PP – *M. pectoralis profundus*, Brustkern
 LD – *M. longissimus dorsi*, Entrcôte

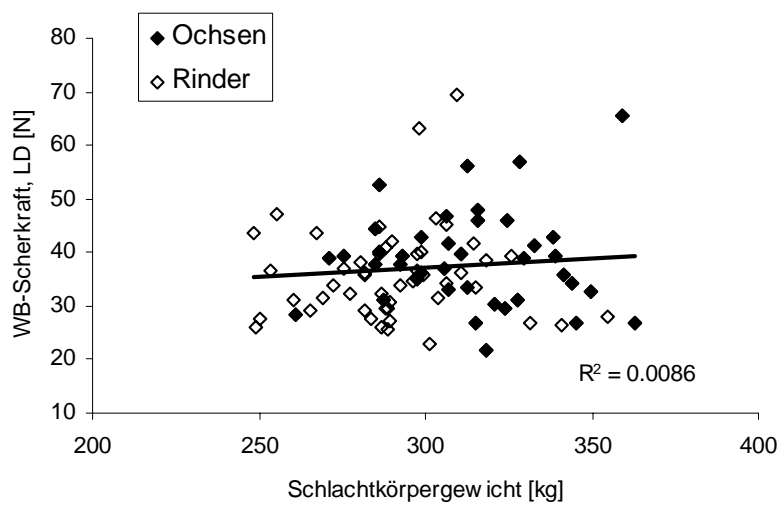
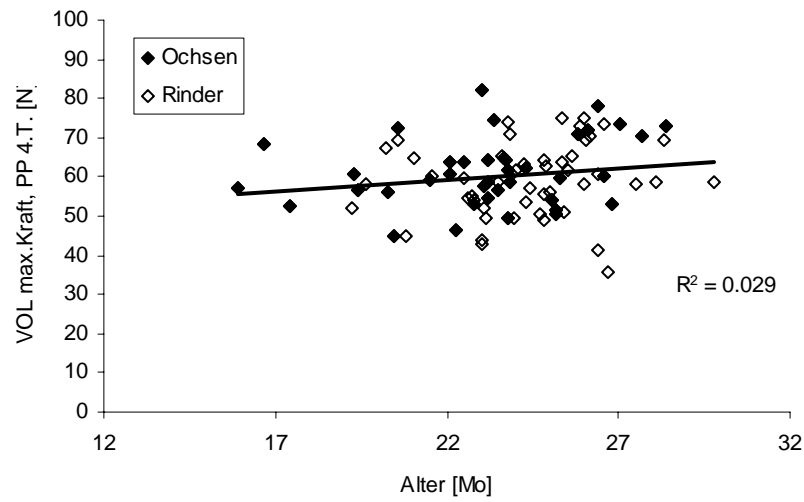
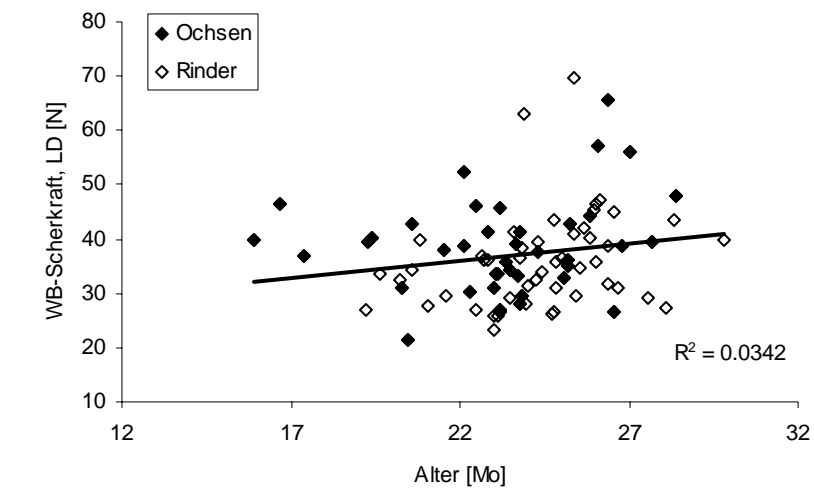


Abb. 9: Beziehung zwischen dem Alter bzw. Schlachtkörpergewicht und Merkmalen der Fleischtextur im *M. longissimus dorsi* (LD, Entrecôte) und *M. pectoralis profundus* (PP, Brustkern)

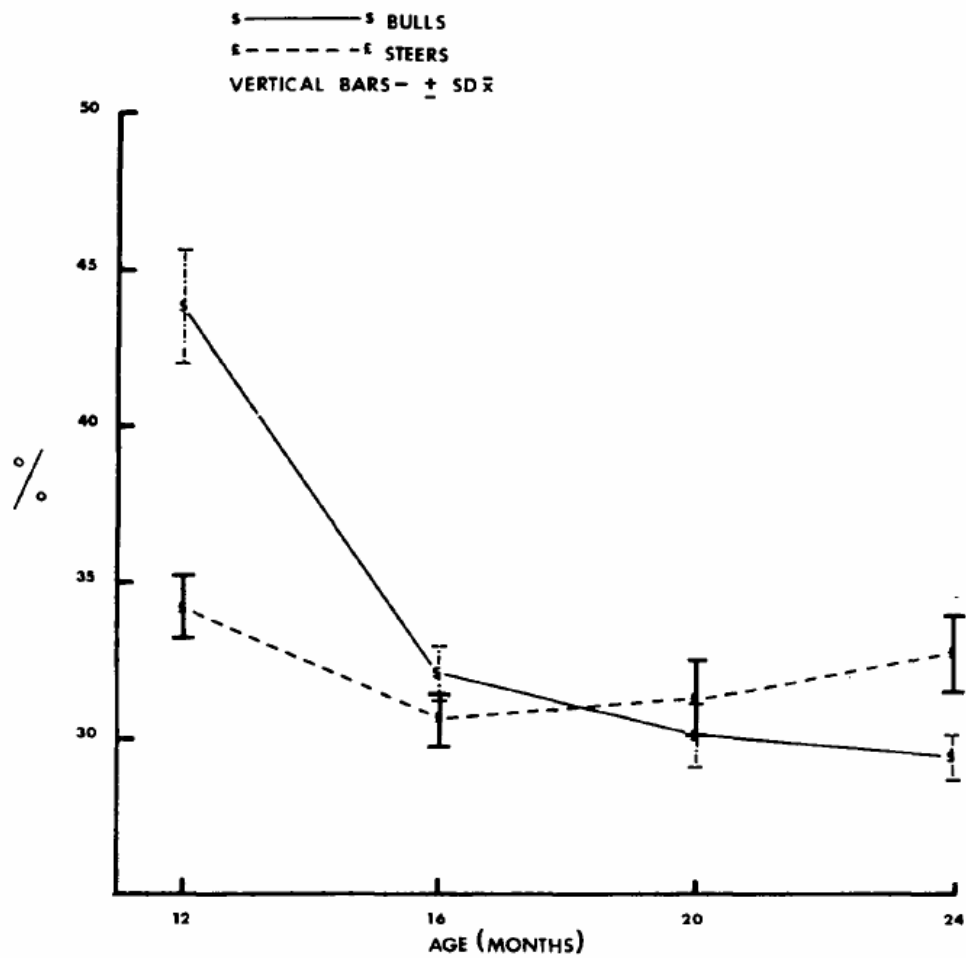


Fig. 5. Collagen solubility of five muscles of both breeds.

Abb. 10 : Beziehung zwischen dem Alter von Bullen und Ochsen und der Löslichkeit des Kollagens (4 h @ 90 °C) im Mittel von fünf verschiedenen Muskeln (Boccard et al., 1979) .

4.2 Vergleich von BWB mit HQ-BWB sowie Irish- und US-Beef

Im Vergleich zu Ochsen, die auf der ETH Forschungsstation Chamau ausschliesslich mit Gras, Heu und Grassilage gemästet wurden, wiesen die HQ-BWB-Schlachtkörper bei einem vergleichbaren Fleischanteil, einen etwas höheren Fett- und Sehnenanteil und einen geringeren Knochenanteil auf. Da die Zerlegung der Schlachtkörper an unterschiedlichen Orten und nicht von denselben Leuten durchgeführt wurde, ist die Vergleichbarkeit aber eingeschränkt. So wurden die Teilstücke bei der Zerlegung der HQ-BWB-Schlachtkörper offenbar etwas weniger ‚scharf‘ zugeschnitten, was zu einem geringeren Anteil an Wurstfleisch und beim Hinterviertel zu einem höheren Anteil an den einzelnen Teilstücken sowie im Vorderviertel zu mehr Siedfleisch und Teilstücken aus dem Hals führte.

Trotz der eingeschränkten Vergleichbarkeit kann insgesamt wohl festgestellt werden, dass der Ansatz von intermuskulärem und subcutanem Fett, das bei der Zerlegung entfernt wird, in anbetracht der eingesetzten Kraftfuttermenge vergleichsweise sehr gering ausfiel. Dabei ist auch noch zu beachten, dass bei den HQ-BWB 40 % der Tiere weibliche waren, während die Vergleichsgruppe ausschliesslich aus Ochsen bestand.

Tab.6: Knochen- und Fettanteil sowie Anteil verschiedener Teilstücke in den Schlachtkörperhälften von Gras-gefütterten Ochsen und von Rindern und Ochsen aus der Weidemast, denen zusätzlich hohe Mengen an Kraftfutter angeboten wurden [in % des Hälftengewichtes].

	Gras-gefütterte Ochsen, Chamau		HQ-BWB	
n	17		10	
Hälfte, kalt [kg]	144.1	±6.3	142.3	±5.4
Fleisch	72.0	±1.72	71.2	±1.57
Fett und Sehnen	9.4	±1.44	10.7	±1.41
Knochen	19.1	±1.28	17.5	±0.83
Hinterviertel (Pistole)				
Filet	1.41	±0.08	1.60	±0.19
Roastbeef	3.82	±0.26	4.34	±0.33
Eckstück	4.11	±0.27	4.65	±0.24
runder Mocken	1.41	±0.13	1.64	±0.13
Unterspälte	3.38	±0.24	3.63	±0.40
flache Nuss	1.37	±0.12	1.47	±0.11
runde Nuss	1.21	±0.10	1.28	±0.10
Huft	1.90	±0.10	2.13	±0.24
Huftzapfen	0.26	±0.06	0.25	±0.14
Huftdeckel/Tafelspitz	0.87	±0.12	0.99	±0.23
Geschnetzeltes	2.13	±0.26	2.85	±0.11
Schenkel o. Bein	1.52	±0.10	1.50	±0.15
Wurstfleisch III	7.20	±0.70	4.13	±0.42
Vorderviertel				
Dicke Schulter	2.14	±0.12	2.01	±0.15
Schulterfilet	0.96	±0.07	0.97	±0.06
Schulterspitz	1.40	±0.13	1.46	±0.13
Schenkel o. Bein	1.10	±0.10	1.16	±0.09
Geschnetzeltes	1.27	±0.28	1.86	±0.25
Ragout / Voressen	3.58	±0.26	3.44	±0.38
Siedfleisch	6.87	±0.77	8.89	±0.88
Hals*	5.51	±0.66	8.82	±0.66
Wurstfleisch III u. IV	17.04	±1.44	10.79	±0.86

*beinhaltet Halsbraten, Hochrücken und Hochrückendeckel

Fettgehalt und –zusammensetzung

Der Fettgehalt im Fleisch lag bei BWB am niedrigsten, signifikant verschieden jedoch nur von US-Beef, das wie erwartet den mit Abstand höchsten intramuskulären Fettgehalt aufwies (Abb. 11). Gleichzeitig wies BWB im intramuskulären Fett den geringsten Anteil an *trans*-Fettsäuren und den höchsten Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) insbesondere auch omega-3 (n-3) PUFA auf, was als vorteilhaft angesehen werden kann (Abb. 11-13).

Besonders interessant ist die unterschiedliche *trans*-Isomerenverteilung in dem Rindfleisch der verschiedenen Herkünfte. Während das Fleisch von den Tieren, die in den jeweiligen Produktionsverfahren hohe Mengen an Gras aufnehmen, das Wiederkäuer-typische Bild mit dem *trans*-11-Isomer (TVA, *trans*-Vaccensäure) als dominierende *trans*-Fettsäure zeigt, weist das US-Beef eine eigentümliche Verteilung mit einem sehr hohen Anteil an dem *trans*-10-Isomer auf. Dies dürfte aus ernährungsphysiologischer Sicht als ein qualitativ bedeutsamer Unterschied zu werten sein, da das *trans*-11-Isomer auch im menschlichen Organismus zu einer so genannten konjugierten Linolsäure (der *cis*-9, *trans*-11 CLA) umgewandelt (desaturiert) werden kann, welcher im Unterschied zu den meisten anderen *trans*-Fettsäuren sogar gesundheitlich positive Eigenschaften zugeschrieben werden. Eine Desaturierung des *trans*-10-Isomers kann dagegen nicht erfolgen.

Es ist bekannt, dass die Fettsäurezusammensetzung auch in Rindfleisch sehr variabel ist und durch die Wechselwirkungen zwischen Futter und mikrobieller Verdauung in den Vormägen stark von der Fütterung abhängt. So besteht ein enger Zusammenhang zwischen n-3 Fettsäuren, die in Form der α -Linolensäure in hohen Anteilen in Grünfütter enthalten sind, und dem *trans*-Isomerenmuster im Fleisch, da die vorteilhafte TVA ein bevorzugtes Zwischenprodukt der mikrobiellen Biohydrierung von α -Linolensäure im Pansen ist. Gleichzeitig verbessern die n-3 Fettsäuren, die der Biohydrierung im Pansen entgehen, das n-6/n-3 Verhältnis. Das n-6/n-3 Verhältnis soll nach zurzeit gängigen Ernährungsempfehlungen in der Gesamtdiät unter 5:1 liegen sollte. Mit Ausnahme des US-Beefs ist das Rindfleisch der hier untersuchten Herkünfte diesbezüglich also als vorteilhaft zu bewerten.

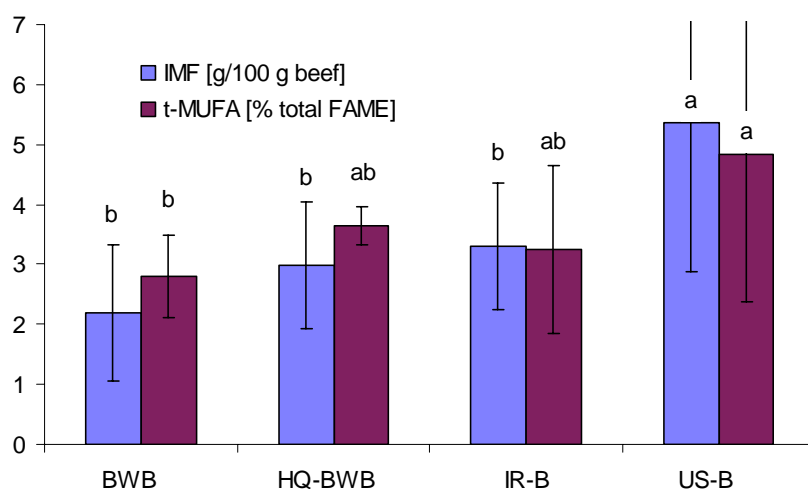


Abb. 11: Intramuskulärer Fettgehalt und Anteil an *trans*-Fettsäuren in Rindfleisch unterschiedlicher Herkunft

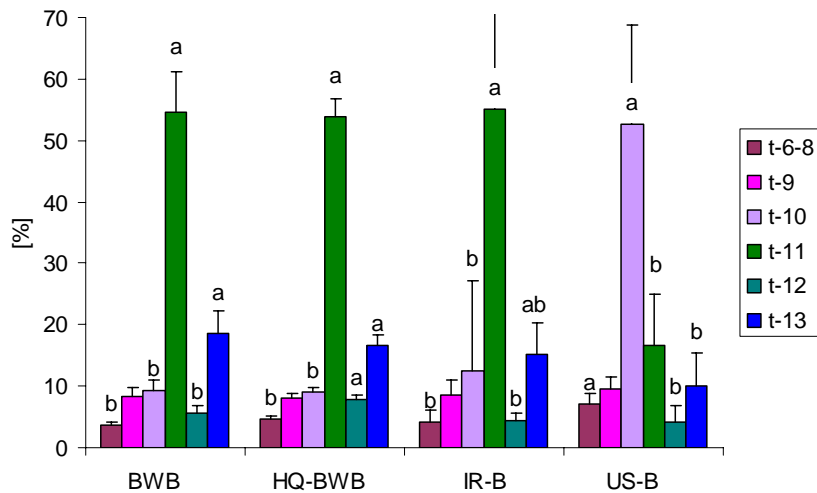


Abb. 12: 18:1 *trans*-Isomerenmuster in Rindfleisch unterschiedlicher Herkünfte

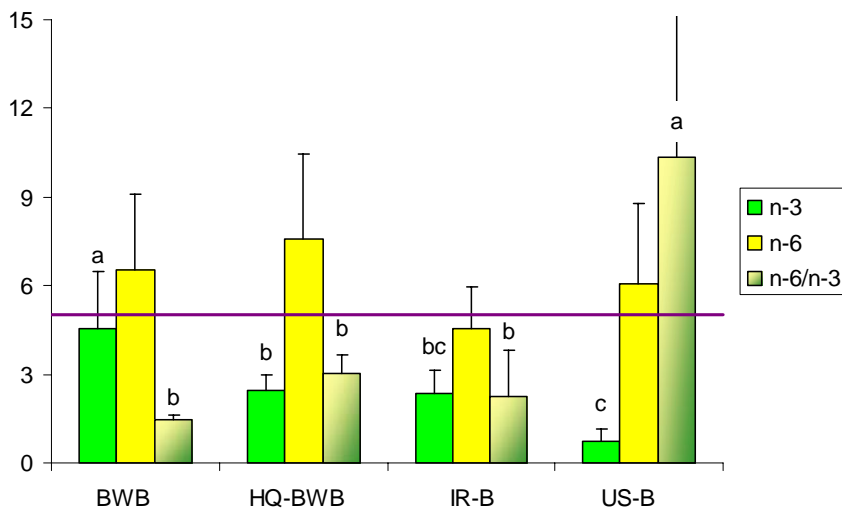


Abb. 13: Anteil an n-3 und n-6 Fettsäuren sowie das n-6/n-3 Verhältnis in Rindfleisch unterschiedlicher Herkünfte

Physikalische Merkmale der Fleischqualität

Die Intensivierung der Weidemast durch hohe Kraftfuttermengen (HQ-BWB) führte nur zu einem tendenziell höheren IMF (Abb. 11), aber zu einer signifikant höheren visuellen Bewertung der Marmorierung (Tab. 7). Eine dem US-Beef vergleichbare Marmorierung wurde aber nicht erreicht.

Im LD weist das HQ-BWB eine etwas geringere Farbintensität als das BWB auf, während der PP bei HQ-BWB tendenziell heller ist und einen deutlich intensiveren rot- und gelb-Ton zeigt. Dies könnte mit dem etwas tieferen pH in Verbindung stehen, da ein tieferer pH zu einer kompakteren Struktur der Proteine und damit zu einer verstärkten Reflektion des Lichtes führt. Da der pH nur im PP nicht aber im LD niedriger ist und die Tiere des Weiteren nicht am gleichen Schlachthof geschlachtet wurden, bleibt unklar ob dies ein Effekt der unterschiedlichen Fütterung ist oder die Unterschiede auf andere Faktoren zurückzuführen sind.

Das untersuchte Irish-Beef und US-Beef unterschied sich mit nur tendenziell etwas höheren Helligkeitswerten farblich kaum vom BWB.

Im Vergleich mit den anderen Herkünften weist BWB in der Textur etwas höhere Werte auf, die aber im LD im Mittel schon als zart zu bewerten sind. Zwischen den anderen Herkünften bestanden keine Unterschiede in den Texturmerkmalen.

Im nur für vier Tage gereiften Brustkern wies HQ-BWB gegenüber BWB ebenfalls eine etwas zartere Textur auf. Durch die verlängerte Reifung (12 Tage) ergab sich im Brustkern aber nicht nur eine Verbesserung der Textur, sondern die Unterschiede zwischen BWB und HQ-BWB verschwanden.

Tab. 7 : Textur, Marmorierung, Farbe und pH-Wert von Rindfleisch unterschiedlicher Herkünfte

	BWB	HQ-BWB	Irish-Beef	US-Beef	Stdandard-fehler	p-Wert
<u>n</u>	88	10	10	10		
<u>Entrecôte (LD)</u>						
Marmorierung	165c	261b	228bc	357a	23.3	<0.001
pH-Wert	5.56	5.53	5.53	5.53	0.02	0.196
Helligkeit [L*]	38.4	39.0	39.4	39.7	0.62	0.107
Rot-Wert [a*]	23.3a	21.2b	23.8a	24.1a	0.44	<0.001
Gelb-Wert [b*]	11.6	10.9	11.9	12.0	0.30	0.031
WB-Scherkraft [N]	37.2a	28.2b	30.6ab	30.0ab	3.17	<0.001
VOL-Energie [J]	1.21a	1.17ab	0.94b	1.05ab	0.117	0.182
VOL-max. Kraft [N]	25.8	25.5	20.3	21.8	3.43	0.101
<u>Brustkern (PP)</u>						
pH-Wert 4.T	5.46a	5.36b			0.015	<0.001
Helligkeit [L*]	34.9	35.6			0.48	0.191
Rot-Wert [a*]	20.8b	23.3a			0.41	<0.001
Gelb-Wert [b*]	9.7b	11.5a			0.31	<0.001
VOL-Energie [J], 4.T	2.51	2.27			1.44	0.116
VOL-max. Kraft [N], 4.T	60.2a	52.1b			2.85	0.009
VOL-Energie [J], 12.T	2.07	2.18			1.459	0.484
VOL-max. Kraft [N], 12.T	49.3	48.2			2.98	0.723

Wie aus Abb. 14 zu ersehen ist, zeigte sich keine eindeutige Abhängigkeit der WB-Scherkraft des LD vom intramuskulären Fettgehalt. Des weiteren geht aus dem Vergleich der Ergebnisse für HQ-BWB, Irish Beef und US-Beef hervor, dass eine ausgeprägte Marmorierung, wie sie beispielsweise das US-Beef zeigt, für eine gute Fleischtextur nicht notwendigerweise erforderlich ist.

Über den gesamten Bereich von weniger als 1 % IMF bis hin zu annähernd 6 % IMF finden sich Entrecôtes mit geringen Scherkraftwerten, die eine gute Zartheit erwarten lassen. Es zeigt sich aber auch, dass wenn hohe Scherkraftwerte beobachtet werden, diese oft mit einem niedrigen IMF einhergehen (Abb. 14). Dies deckt sich erstaunlich gut mit bereits früher an Rindfleisch aus dem Einzelhandel gemachten Beobachtungen (Razminowicz et al., 2006) und deutet darauf hin, dass kein direkter kausaler Zusammenhang zwischen IMF und Zartheit besteht, andererseits aber Tiere mit einer Prädisposition für die Entwicklung von zähem Fleisch offenbar in der Regel einen niedrigen IMF aufweisen. Dies betrifft nur wenige Tiere (in dem untersuchten Material ca. 8 %), könnte aber einen Ansatzpunkt für Arbeiten zur Optimierung der Zartheit von Rindfleisch bieten.

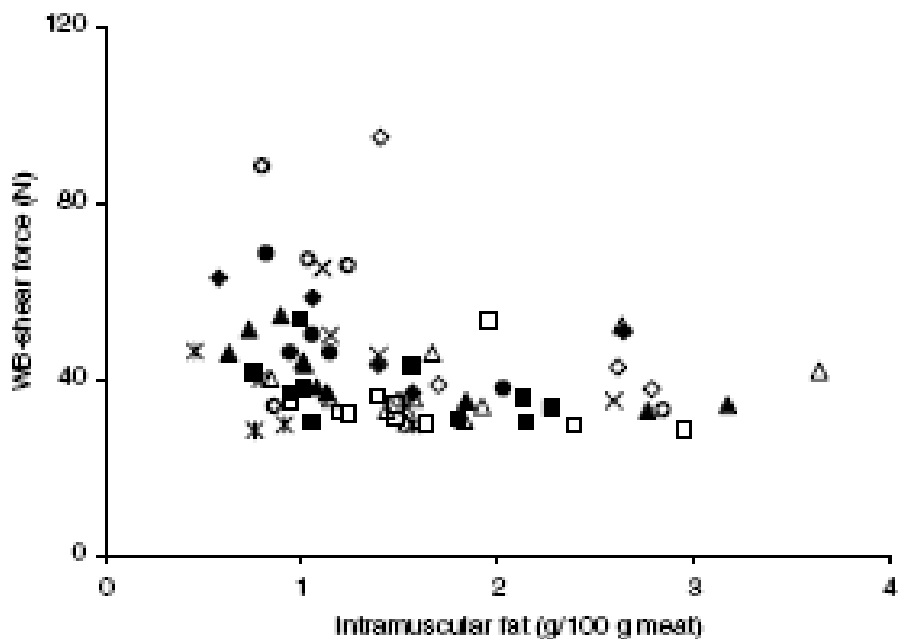
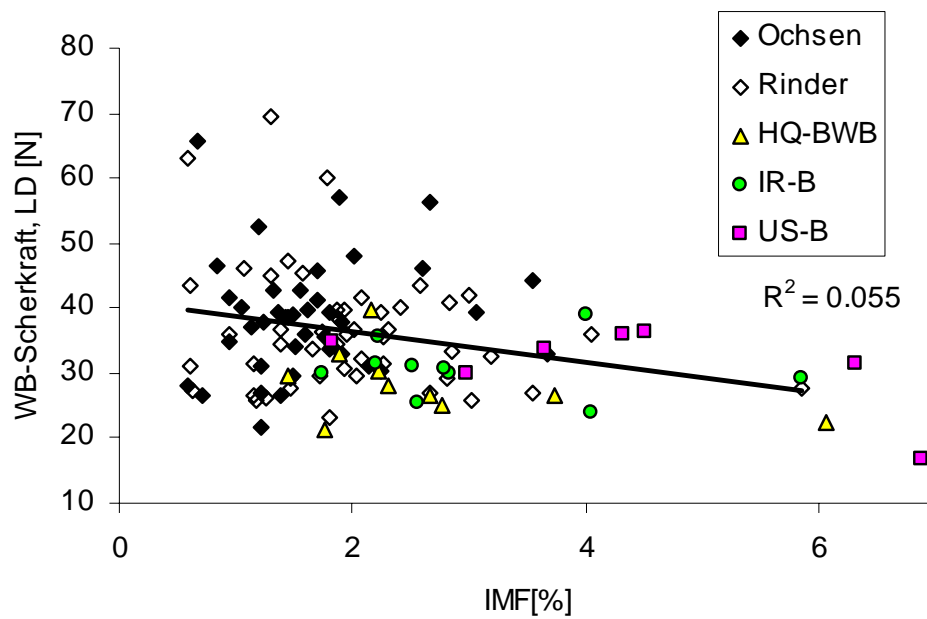


Fig 1. Intramuscular fat content plotted against the corresponding Warner-Bratzler shear force in beef of different origin grilled to a core temperature of 72°C. PS, pasture beef from sucklers (x, spring; X, autumn); PF, pasture beef from finished steers/heifers (□, spring; ■, autumn); LB, other label beef from intensively fattened young bulls (Δ, spring; ▲, autumn); CH, conventional beef from heifers (◇, spring; ◆, autumn); CB, conventional beef from young bulls (○, spring, ●, autumn).

Abb. 14: Beziehung zwischen dem intramuskulären Fettgehalt (IMF) und der WB-Scherkraft im *M. longissimus dorsi* in dem hier untersuchten Material (oben) und der Untersuchung von Razminowicz et al. 2006 (unten)

5 Diskussionspunkte

Im Vordergrund dieser Untersuchung stand die Frage nach dem Effekt des Alters von Weidemastochsen und –rindern auf deren Fleischqualität und wie diese im Vergleich mit Premium Rindfleisch zu bewerten ist.

Nach den vorliegenden Ergebnissen kann gesagt werden, dass der Alterseffekt – in dem untersuchten Altersbereich von ca. 16 bis 30 Monaten – auf alle untersuchten Merkmale der Fleischqualität sowohl der Grössenordnung nach als auch hinsichtlich der Enge der Abhängigkeit vom Alter eher von akademischem Interesse als von praktischer Relevanz ist. Da sich noch nicht einmal ansatzweise ein stetig linearer Zusammenhang zwischen der Fleischtextur und dem Alter zeigt und es auch nicht die ältesten Tiere sind, die die zäheste Textur aufweisen, kann sogar angenommen werden, dass auch bei einem Alter der Tiere, welches das in diese Untersuchung einbezogene Maximalalter um einige Monate übersteigen würde, keine grundlegenden Probleme mit der Zartheit auftreten werden.

Auch die Hypothese, dass von älteren Tieren in erster Linie zähes Siedfleisch dadurch zu erwarten ist, dass diese Teilstücke reich in Bindegewebe sind und das kollagene Bindegewebe mit zunehmendem Alter fester vernetzt und damit weniger löslich wird, kann mit dieser Untersuchung nicht bestätigt werden. Es zeigte sich im Gegenteil und in Übereinstimmung mit der Arbeit von Boccard et al. (1979), dass sich die Löslichkeit des Kollagens in dem untersuchten Altersbereich nicht vermindert. Da Siedfleisch ausserdem in aller Regel vergleichsweise lange und bei hohen Temperaturen in Wasser gekocht wird, ist anzunehmen, dass die bindegewebsbedingte Komponente der Fleischtextur in zubereitetem Siedfleisch nur eine untergeordnete Rolle spielt. Interessanterweise zeigte sich dann ja auch im LD ein etwaiger Alterseffekt etwas deutlicher als im PP, wenn auch immer noch in vernachlässigbarem Ausmass.

Die Ursachen für (mehr oder weniger) vereinzelt auftretendes zähes Fleisch sind daher wohl woanders zu suchen. Die Ausprägung der Textur von Fleisch hängt von komplexen Strukturen ab und steht in engem Zusammenhang mit biochemischen *post mortalen* Vorgängen im Muskel. Zu nennen sind in erster Linie proteolytische Effekte, wie sie z.B. bei der Fleischreifung greifen, oder auch der Kontraktionszustand der Myofibrillen, wenn diese in den *rigor mortis* gehen. So kann es beispielsweise gerade in Schlachtkörpern aus extensiven Produktionsverfahren, die eine weniger ausgeprägte Fettabdeckung aufweisen, zu einer Kälteverkürzung der Sarkomeren (Cold-shortening) und einer Verminderung der proteolytischen Aktivität (insbesondere der Calpaine) kommen (Hwang und Thompson, 2001). Dabei spielt der Verlauf von Temperatur und pH-Wert im Zeitraum nach der Schlachtung eine wichtige Rolle (Abb. 15).

Die dabei wirksamen Mechanismen beeinflussen im Wesentlichen die Myofibrillen, wobei aber in Abhängigkeit vom Kontraktionsstatus der Myofibrillen (Sarkomerlänge) auch Wechselwirkungen zwischen Bindegewebe und Muskelfasern entstehen, was den im LD beobachteten Alterseffekt ansatzweise erklären könnte.

Es bleibt festzuhalten, dass technologische Faktoren des Schlacht- und Kühlprozesses sowie der Fleischreifung für die Ausprägung der Textureigenschaften von Rindfleisch von grundlegender Bedeutung sind. Dementsprechend zeigte sich auch ein deutlicher Reifungseffekt im PP. Eine etwas längere Reifung könnte also auch bei Siedfleisch die Zartheit verbessern. Andererseits könnte sporadisch auftretende Zähigkeit in Siedfleisch auch durch eine spezifische Anfälligkeit für cold shortening und/oder unterschiedliche Enzymaktivitäten in Muskeln, die hier nicht untersucht wurden, hervorgerufen werden. Vom Autor wurde die (bislang aber nicht wissenschaftlich untermauerte) sensorische Beobachtung gemacht, dass in ein und demselben Stück Siedfleisch verschiedene Muskeln mit deutlich unterschiedlicher Zartheit vorkommen können. Dies könnte einen Ansatz für weitergehende Untersuchungen bieten.

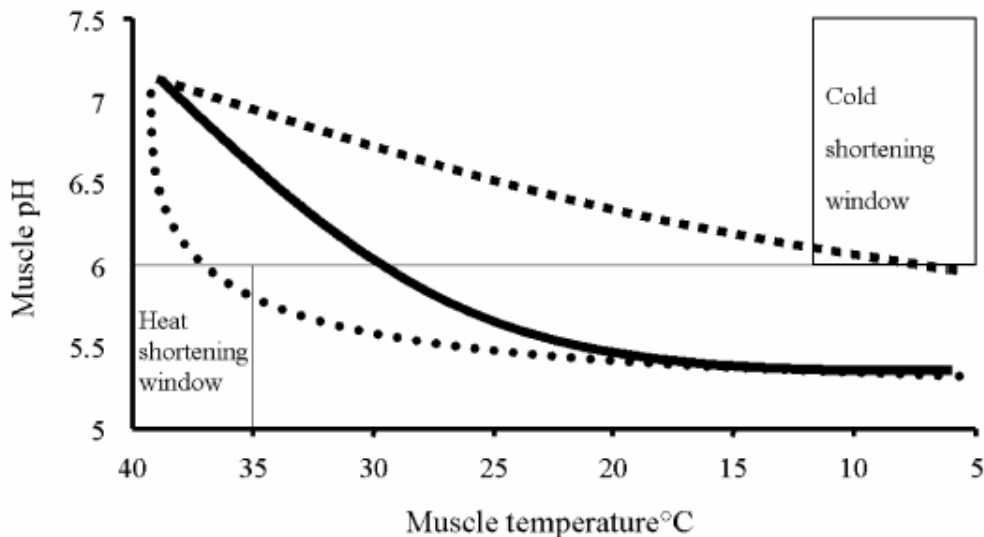


Abb. 15: Optimaler Verlauf von pH-Wert und Temperatur in Rindfleisch zur Vermeidung von kälte- oder wärmebedingter Verkürzung der Sarkomeren (Thompson, 1998)

Bezüglich der Bedeutung des intramuskulären Fettgehaltes (IMF) kann aus den Ergebnissen in Übereinstimmung mit vorangegangenen Untersuchungen geschlossen werden, dass der IMF als kausaler Faktor für die Zartheit nur eine untergeordnete Rolle spielt. Eine dem US-Beef vergleichbare Marmorierung zu erzielen, erscheint also aus diesem Blickwinkel nicht nötig. Tatsächlich war es auch selbst mit einer massiven Kraftfutterzulage nicht möglich, einen ähnlich hohen Fettgehalt wie im US-Beef zu erzielen. Dies ist von daher nicht erstaunlich als bei der Beef-Produktion in den USA nicht nur Tiere anderer genetischer Herkunft verwendet werden, sondern auch Futtermittel und -zusatzstoffe eingesetzt werden, die hierzulande nicht gestattet sind (und schon gar nicht unter Bio-Bedingungen). Auch hinsichtlich der Fettsäurezusammensetzung und damit aus ernährungsphysiologischen Gesichtspunkten erscheint es nicht sinnvoll das Produktionsverfahren für US-Beef zu imitieren.

Interessanterweise führte der hohe Kraftfuttereinsatz bei dem versuchsweise durchgeführten HQ-BWB Verfahren mit Weidegang aber nicht zu einer starken Veränderung der Fettzusammensetzung in Richtung US-Beef. Es ist zu vermuten, dass das Weidefutter und die angebotene Grassilage zum einen genügen n-3 Fettsäuren boten und zum anderen eine starke Veränderung der Zusammensetzung der Pansenflora verhüteten, womit wohl auch zu erklären ist, dass sich das Isomerenmuster der *trans*-Fettsäuren, die ja Produkte der Pansenflora sind, im Vergleich zu BWB nicht veränderte (obwohl der Leberabszess bei dem einen HQ-BWB Tier als Hinweis auf eine chronische Pansenazidose gewertet werden kann).

Die HQ-BWB Tiere erzielten im Mittel gut 60 g höhere tägliche Nettozunahme als BWB und konnten damit ein Schlachtkörpergewicht von ca. 300 kg rund drei Monate früher erreichen. Die Zartheit war bei diesen Tieren auch etwas besser, es kann jedoch nicht abschliessend beurteilt werden, ob bzw. inwieweit dies an dem Produktionsverfahren lag oder darauf zurückzuführen war, dass diese Tiere an einem anderen Schlachthof geschlachtet wurden. Auch angesichts der Tatsache, dass auch BWB schon eine gute Zartheit aufweist, erscheint der hohe Kraftfutterverbrauch nicht gerechtfertigt und das Verfahren weder rentabel noch praktikabel.

Ebenso wie in einer vorangegangenen Untersuchung (Freiburghaus, 2004) konnte beim BWB eine sehr grosse Streubreite der Schlachtgewichte festgestellt werden. Dementsprechend war auch die Teilstückgrösse sehr variabel. Falls eine Vereinheitlichung des Schlachtgewichtes mit dem Ziel einer Vereinheitlichung der Teilstückgrössen angestrebt wird (sofern ein breiteres Spektrum von Teilstückgrössen für ein flexibles Eingehen auf Kundenwünsche nicht sogar erwünscht ist), kann dies sicherlich in den meisten Fällen durch eine entsprechende Anpassung

der Mastdauer erreicht werden, ohne Einbussen in der eigentlichen Fleischqualität befürchten zu müssen.

6 Schlussfolgerungen

Bio Weide-Beef zeigt auch im Vergleich zu Premium Rindfleisch eine ansprechende Qualität, auch wenn bezüglich der Zartheit noch ein gewisses Optimierungspotential bleibt. Ein Gutteil davon dürfte sich auf der Stufe der Fleischgewinnung und -behandlung realisieren lassen.

Eine Altersbeschränkung erscheint dagegen im Hinblick auf die Fleischqualität nicht notwendig. Dementsprechend wäre auch z.B. ein Verzicht auf Alpung nicht mit abnehmender Zartheit durch Erhöhung des Alters zu rechtfertigen, wenngleich ein etwaiger Effekt der Alpung auf die Fleischqualität zu untersuchen bleibt.

Hinsichtlich des ernährungsphysiologischen Wertes, d.h. hier der Fettzusammensetzung des Fleisches bietet das Fleisch von Rindern aus Weidemastverfahren gegenüber dem US-Beef Vorteile. Auch im Hinblick auf die anderen Merkmale der Fleischqualität erscheint es weder notwendig noch sinnvoll einen höheren intramuskulären Fettgehalt anzustreben.

Welche Bedeutung Einflüsse der Vater/Mutter-Rasse und Faktoren wie z.B. Produktionszone, Herkunft der Kälber (Remonten aus Milchkühen oder Absetzer von Mutterkühen) auf die Fleischqualität unter den Bedingungen der Bio Weide-Beef Produktion ausüben, bleibt zu klären.

Literatur

Boccard, R.L., Naude, R.T., Cronje, D.E., Smit, M.C., Venter, H.J. und Rossouw, E.J. (1979): The influence of age, sex and breed of cattle on their muscle characteristics. *Meat Sci.* **3**: 261-280.

Freiburghaus, O. (2004): Einfluss verschiedener Produktionsfaktoren auf Mastleistung und Schlachtkörperwert von Bio Weide-Beef®. *Diplomarbeit, Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich.*

Hwang, I.H. und Thompson, J.M. (2001): The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness in beef longissimus dorsi muscle. *Meat Sci.* **58**: 135-144.

Razminowicz, R.H., Kreuzer, M. und Scheeder, M.R.L. (2006): Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. *Meat Sci.* **73**: 351-361.

Thompson, J.M. (1998): Grading - The Meat Standards Australia (MSA) Experience. *Armidale Feeder Steer School. February 1998, Armidale.*

Anhang

Tab. A1: Verteilung der beprobten Tiere nach Vaterrasse und Geschlecht

	Vaterrasse							Total
	Angus	Bd'A	Braunv.	Eringier	Lim.	Sim.	Undef.	
Ochsen	1	2	1		26	2	7	39
Rinder	1	7		2	31	3	6	50
Total	2	9	1	2	57	5	13	89

Tabelle A2: Verteilung der Nachkommenschaften von Bullen mit mehr als vier Nachkommen in der Untersuchung

	Rinder	Ochsen	
Acs-Bobo	-	5	5
David	3	5	8
Deluxe	2	6	8
Ibsen	5	2	7
Lemming	2	2	4
Nevergny	6	2	8
Ursus	3	1	4

Tabelle A3: Futterzusammensetzung und Rationenplan für die HQ-BWB Mast

Kraftfutter 2292.70 Rindviehmast Combifloc, M-2292 C)

Komponenten	Anteil [%]	Kalkulierte Gehalte
Gerste (Bio/U-Bio)	19.2	Rohprotein, RP: 115 g
Weizenflocken (Bio/U-Bio)	19.2	Rohfett, SF: 50 g
Zuckerrübetrockenschnitzel	14.6	Rohfaser, RF: 55 g
Mais (Bio/U-Bio)	10	Rohasche, RA: 55 g
Maisflocken (Bio/U-Bio)	9.6	APD: 90 g
Weizenkleie (Bio)	7.5	APDN: 80 g
Sonnenblumenkuchen (Bio)	5	NEV: 8.0 M
Zuckerrübenmelasse	3.5	Ca: 9.0 g
Mineralstoffe	2.44	P: 5.5 g
Erbsen (Bio/U-Bio)	2.25	Mg: 2.5 g
Pflanzenöl (Bio)	1.9	Na: 2.5 g
Sojabohnen (Bio)	1.7	
Apfeltrester	1	
Hafer (Bio)	1	
Rest Mineralstoffe / Vit. Spuren		

Analysierte Werte

Trockensubstanz (%)	89
Rohasche (%)	5.25
Fettsäuregehalt (%)	5.15
Fettsäurenanteil (g/100g Fettsäuren)	
C16 :0	13.4
C18 :0	3.6
C18 :1n-9	33.2
C18 :2n-6	42.2
C18 :3n-3	3.61

Analysenwerte Grundfutter

	Anteil (FS %)	TS %	g RP	g RF	g APD	g APDN	MJ NEV
Gras	75	15	195	239	95	110	6.2
Dürrfutter	25	88	125	271	86	77	5.3

Rationenplan

Gewichtsabschnitt	kg M-2292C pro Tier und Tag	Portionengrösse [g]
ab 300 kg	4.8	500
ab 350 kg	5.5	750
ab 400 kg	6.1	750
ab 450 kg	6.8	1000
ab 500 kg	7.7	1000



Abb. A1: Beispielhafte Auswahl aus den USDA Standardfotos zur Bewertung der Marmorierung
Links: Modest (entspr. 200 Punkten); rechts; Moderately Abundant (entspricht 500 Punkten)

Tab. A4: Detaillierte Angaben zu Fettsäurezusammensetzung und -gehalt im Rindfleisch (*M. longissimus dorsi*) der verschiedenen Herkünfte

Herkunft	BWB	HQ_BWB	Irish-Beef	US-Beef	Std.fehler
n	20	10	10	10	
<hr/>					
Fettsäuregehalt [g/100 g Fleisch]	2.19b	2.98b	3.30b	5.36a	0.466
<hr/>					
Fettsäurenanteile [g/100 g Fettsäurenmethylester]					
SFA	43.6	43.7	44.4	43.2	0.680
MUFA	43.9b	44.8ab	47.3ab	49.0a	1.04
t-MUFA	2.81b	3.65ab	3.26ab	4.84a	0.422
PUFA	12.3a	11.3ab	8.2b	7.7b	1.105
n-3	4.55a	2.46b	2.36bc	0.73c	0.414
n-6	6.53	7.60	4.56	6.04	0.782
n-3 LC-PUFA	2.60a	1.42b	1.40b	0.45b	0.276
n-6 LC-PUFA	2.08	1.91	1.41	1.39	0.273
n-6/n-3	1.45b	3.04b	2.26b	10.34a	0.941
Verzweigte	1.61a	1.48a	1.67a	1.17b	0.072
Ungerade	4.09	3.66	4.10	3.77	0.159
<hr/>					
Fettsäuregehalt [mg/100 g Fleisch]					
SFA	971b	1305b	1450b	2344a	211.9
MUFA	990b	1363b	1591b	2645a	242.6
t-MUFA	63b	109b	105b	230a	19.4
PUFA	228b	313ab	257b	364a	19.6
n-3	82a	69a	74a	31b	5.08
n-6	118c	205b	142bc	285a	15.4
n-3 LC-PUFA	45a	39a	43a	18b	0.24
n-6 LC-PUFA	35c	50b	43bc	64a	3.15

Tab. A4 Fortsetzung: Detaillierte Angaben zu Fettsäurezusammensetzung und -gehalt im Rindfleisch (*M. longissimus dorsi*) der verschiedenen Herkünfte

Herkunft	BWB	HQ_BWB	Irish-Beef	US-Beef	Std.fehler
n	20	10	10	10	
14:0	2.00b	2.19b	2.36b	2.98a	0.125
15:0	0.41	0.36	0.43	0.44	0.028
16:0	23.5	23.3	24.2	24.6	0.539
17:0	1.04ab	0.84b	1.04ab	1.19a	0.062
18:0	14.4a	14.9a	14.1ab	12.4b	0.5
19:0	0.33a	0.35a	0.29a	0.13b	0.029
20:0	0.15a	0.12ab	0.12ab	0.07b	0.011
iso15:0	0.17ab	0.14b	0.20a	0.07c	0.011
aiso15:0	0.16a	0.17a	0.19a	0.11b	0.013
iso16:0	0.16a	0.15a	0.16a	0.10b	0.009
iso17:0	0.38ab	0.34bc	0.41a	0.31c	0.018
aiso17:0	0.58a	0.49ab	0.56ab	0.46b	0.025
iso18:0	0.12b	0.13a	0.11b	0.10b	0.006
14:1	0.46b	0.49b	0.55ab	0.75a	0.058
15:1	0.11ab	0.16a	0.08bc	0.04c	0.018
16:1	3.60	3.24	3.61	3.93	0.18
17:1	0.85ab	0.71b	0.86ab	0.97a	0.052
18:1	38.7b	39.9ab	42.0ab	43.1a	0.961
18:1t6-8	0.10b	0.17b	0.13b	0.34a	0.028
18:1t9	0.22b	0.29b	0.25b	0.42a	0.025
18:1t10	0.25b	0.33b	0.35b	2.82a	0.265
18:1t11	1.57a	1.96a	1.93a	0.70b	0.213
18:1c9	34.1	34.5	36.8	35.5	1.094
18:1c11	1.34b	1.32b	1.37b	1.62a	0.052
19:1	0.06b	0.10a	0.05bc	0.04c	0.005
20:1n-9	0.13b	0.27a	0.14b	0.17b	0.015
18:2n-6	4.40ab	5.54a	3.10b	4.62ab	0.528
20:2n-6	0.08	0.08	0.09	0.05	0.010
20:3n-6	0.41	0.45	0.29	0.28	0.054
20:4n-6	1.48	1.26	0.94	0.94	0.200
22:4n-6	0.11	0.13	0.09	0.11	0.015
18:3n-3	1.95a	1.04b	0.96b	0.28c	0.154
20:3n-3	0.06a	0.03b	0.02b	0.01b	0.004
20:4n-3	0.26a	0.11bc	0.14b	0.02c	0.026
20:5n-3	0.85a	0.44b	0.44b	0.13b	0.101
22:5n-3	1.29a	0.73b	0.71b	0.26b	0.134
22:6n-3	0.147a	0.116ab	0.081bc	0.029c	0.017
18:2c9,t11	0.51ab	0.59ab	0.69a	0.36b	0.073

Analysenprotokolle

Fettsäurenbestimmung in Rindfleisch (Versuch TE1204)

1. Gut durchmischte Probe (Fleischhomogenat) in 30 ml Pyrex Röhrchen einwiegen (Menge soll ca. 40 mg Fett entsprechend).
2. 2 ml interne Standardlösung mit Vollpipette zugeben (0.5 g/500ml Triundecanoin in Hexan:Isopropanol 3:2 (HIP) mit 10-20 mg BHT pro Liter)
3. 15 ml HIP dazugeben
4. ca. 1 Minute lang mit 12 mm Ø Aggregat bei min. 14'000 Umdrehungen am Polytron homogenisieren
5. Stab mit ca. 5 ml HIP in kleinem Reagenzglas reinigen, dieses zu Homogenat geben. Erneut mit 5 ml HIP spülen, diese zweite Portion entsorgen.
6. Pyrex Röhrchen verschliessen und 1 h stehen lassen, dann gut schütteln und Homogenat bei 3000 U 6 Minuten lang zentrifugieren.
7. Überstand in ein zweites Pyrex Röhrchen giessen.
8. Pyrex Röhrchen im Turbovap unter N₂ (50 kPa, 50 °C) bis zur Trockene einengen.
9. Lipide mit Dichlormethan vom Rand nach unten spülen, wieder zur Trockene eindampfen, dann mit Veresterung fortfahren.

Veresterung

10. Siedesteinchen zugeben
11. 2 ml methanolische NaOH (0.5 normal) zugeben, 3 min kochen
12. 3 ml BF₃ zugeben, 4 min kochen
13. Reaktion durch Zugabe von 7 ml NaCl-Lösung (20 g/l) stoppen
14. 2 ml Hexan aufgeben
15. kräftig Schütteln
16. kurz bei 3000 U zentrifugieren
17. ca. 1 ml der Hexan-Phase mit den Fettsäurenmethylestern in ein GC-Vial überführen

Responsefaktorbestimmung

1. Jeweils in Doppelbestimmung ca. 40 mg (3 Tropfen mit einer Pasteurpipette), 60 mg (5 Tropfen und 100 mg (8 Tropfen) geschmolzenes Schweineschmalz in 20 ml Pyrex-Röhrchen genau einwiegen.
2. 2 ml interne Standardlösung mit Vollpipette zugeben.
3. im Turbovap unter N₂ (50 kPa, 50 °C) bis zur Trockene einengen, weiter wie ab Schritt 10.

Texturmessung (TE1204)

Brustkern (PP, pectoralis profundus)

Garen: Sieden in Salzwasser

1. 3 l Salzwasser (10 g/l) auf Stufe 3 zum kochen bringen, dann auf Stufe 2 schalten.
2. Zum Garen die Probe direkt aus dem Tiefkühler nehmen, auspacken und (mit Kennzeichnungsetikette) wägen
3. Dann ohne Auftauen direkt ins siedende Salzwasser geben und auf Stufe 2 kochen, Faden mit Kennzeichnung aus dem Kochtopf hängen lassen.
4. nach 1 h entnehmen, 10 min auf einem Rost abkühlen lassen
5. Rückwägen und Probe in Klarsichtfolie wickeln (um weiteres Austrocknen zu verhindern)

Texturmessung

- Mit Volodkevich Einsatz messen
- Probenbezeichnung: LfdNr (101-191), Reifung („u“ o. „g“), autom. Zähler beginnend bei 1 (z.B. 101u01)
- Mit Doppelklingenmesser die Streifen schneiden
- Pro Streifen zwei Messungen, dabei vor der zweiten Messung den Streifen um 90° drehen. Messungen im Abstand von mindestens 1.5 cm vom Rand bzw. der vorangegangenen Messstelle.
- Möglichst vier Streifen messen (d.h. 8 Messungen)

Entrecôte, (LD, longissimus dorsii, lumborum)

Garen für die Texturmessung im Wasserbad

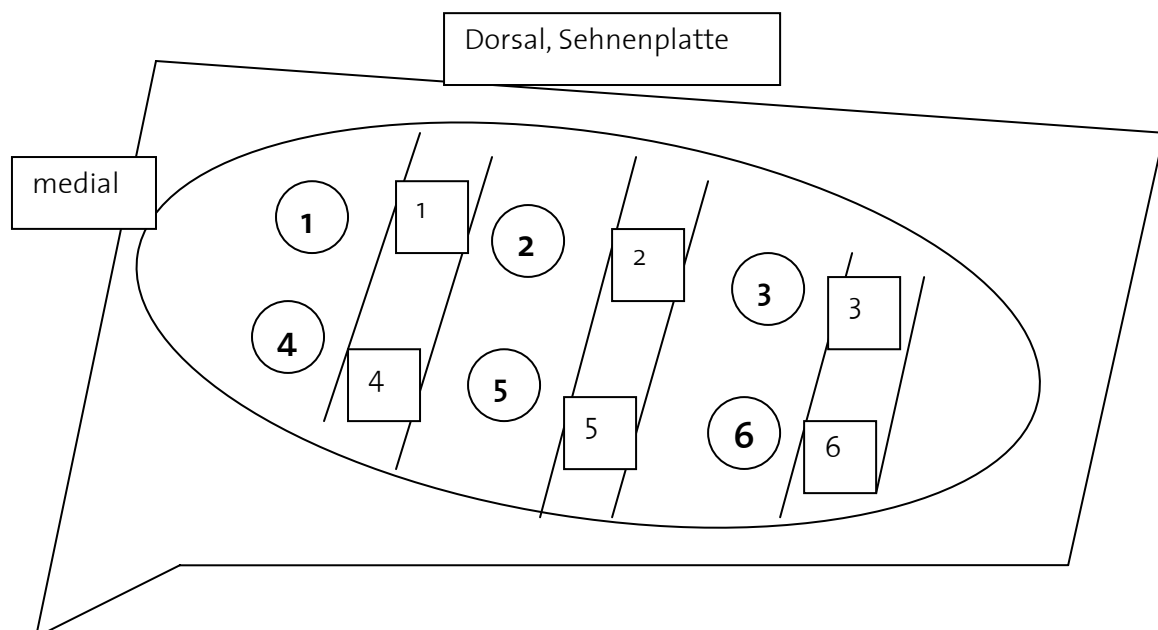
1. Proben ohne Auftauen im Siegelrandbeutel direkt ins Wasserbad bei 72 °C geben
2. nach 1 h entnehmen,
3. in kaltem Hahnenwasser 10 min abkühlen
4. Fleisch entnehmen, trocken tupfen und rückwägen
5. Texturmessungen durchführen

Texturmessung

Mit Warner-Bratzler Einsatz und

zum Vergleich mit PP auch Messungen mit Volodkevich Einsatz durchführen

Probenbezeichnung: LfdNr (01 - 90), Einsatz („WB“ o. „Vo“)



Détermination du taux d'hydroxyproline et solubilité du collagène

Principe :

L'hydroxyproline est libérée lors d'une réaction hydrolytique impliquant de l'acide. L'oxydation de cette dernière est provoquée lorsque l'hydrolysate est mis en présence de chloramit-T. Le produit de cette oxydation se lie par condensation en présence de n-propanol et d'acide perchlorique avec du p-diméthylbenzaldehyde (p-DMABA) ce qui donne un produit rouge. L'extinction du produit de cette condensation est ensuite mesurée à une longueur d'onde de 560 nm.

Etant donné que l'hydroxyproline représente environ 12.4% du collagène, le taux de ce dernier dans l'échantillon peut être aisément calculé en multipliant le taux d'hydroxyproline par un facteur 8.

Matériel :

- Etuve
- Récipients avec pas de vis pour les différentes réactions
- Vortex
- Bain-marie 60°C
- Spectromètre
- PH-mètre
- Ballons jaugés de différents volumes
- Pipettes en verre de différents volumes (ml)
- Filtres en papier
- Laine de verre
- Pipette pour très petits volumes

Réactifs et solutions :

- Acide chlorhydrique 25% (dilué à partir de HCl 37%)
- L-4-Hydroxyproline
- Solution tampon avec pH 6.0 :
 - a. Acide citrique-monohydrate 5.0 g
 - b. Hydroxide de sodium 2.6 g
 - c. Acétate de sodium (sans eau) 8.8 g
 - d. Diluer avec de l'eau bidist. jusqu'à 120 ml
 - e. Mélanger avec du n-propanol 30 mlCette solution peut être conservée une semaine à 4°C et à l'abri de la lumière.
- Cholramin-T (réactif pour l'oxydation de l'hydroxyproline)
 - a. Chloramit-T 0.7 g
 - b. H₂O 5 ml
 - c. 1-propanol 5 ml
 - d. Solution tampon 40 mlCette solution peut être conservée pendant une semaine à 4°C.
- Réactif pour la coloration
 - a. 4-diméthylaminobenzaldehyde 5.0 g
 - b. Acide perchlorique (env. 60%) 17.5 ml
 - c. 2-propanol 32.5 mlCette solution doit être réalisée le jour même de l'utilisation.
- Solution standard
 - a. Base STD = 0.249 g hydroxyproline / 100 ml H₂OCette solution peut être conservée pendant un mois à 4°C.
- Dilutions

- a. 1^{ère} Dilution = 0.1 ml STD + 0.9 ml H₂O = STD 2
 - b. 2^{ième} Dilution = 0.1 ml STD 2 + 0.9 ml H₂O = STD 3
 - c. 3^{ième} Dilution = 0.1 ml STD 3 + 0.9 ml H₂O = STD 4
- La concentration de STD 4 = 0.249 mg / 100 ml

Rang standard :

S1	= 0.249 mg / 100 ml
S2	= 0.1245 mg / 100 ml
S3	= 0.06225 mg / 100 ml
S4	= 0.031125 mg / 100 ml
Blanc	= 0.000 mg / 100 ml

Pour chaque solution du rang standard deux solutions ont été préparées.

Préparation des échantillons :

Pour chaque échantillon de viande 2 analyses complètes ont chaque fois été réalisées en parallèle.

- 1) 2 g de viande lyophilisée et pulvérisée a été mis dans un tube de centrifugation de 25 ml.
- 2) 10 ml d'une solution de NaCl 0.85% a été ajoutée dans le tube de centrifugation, puis le mélange ainsi créé a été brassé à l'aide d'un bâtonnet de verre.
- 3) 5 ml de solution de NaCl 0.85% ont ensuite été utilisées pour rincer le bâtonnet.
- 4) Le tube de centrifugation a ensuite été placé pour 65 min. dans un bain-marie à 77 °C.
- 5) A la sortie du bain-marie le tube de centrifugation a été centrifugé pendant 30 min. à 5000 rotations / min et 40 °C.
- 6) Après la centrifugation, le liquide surnageant a été mis de côté, pendant qu'au culot ont été ajoutés 5 ml de la solution de NaCl 0.85%. On a pris soin de bien mélanger le contenu du tube de centrifugation à l'aide d'un bâtonnet de verre avant de rincer soigneusement ce dernier avec 5 ml de solution de NaCl 0.85%.
- 7) Le contenu du tube de centrifugation ainsi mélangé a ensuite été centrifugé une seconde fois pendant 30 min. à 5000 rotations / min. et 40 °C.
- 8) Après la centrifugation le liquide surnageant a à nouveau été mis de côté pendant que le culot a été laissé dans le tube de centrifugation.

Hydrolyse :

- 1) 10 ml de liquide surnageant ont été pipetés dans un nouveau tube de centrifugation, puis on y a ajouté 10 ml de HCl concentré.
- 2) 10 ml de HCl 6N ont été ajoutés dans le tube de centrifugation contenant le culot, puis mélangés avec ce dernier à l'aide d'un bâtonnet de verre. Le bâtonnet de verre a ensuite été rincé avec 10 ml de HCl 6N.
- 3) L'hydrolyse a ensuite eu lieu à 110 °C dans une étuve durant 8 heures. Il convient bien de réaliser cette étape durant la nuit afin de ne pas perdre de temps.

Filtrations et dilutions (liquide surnageant) :

- 1) Le liquide surnageant a été filtré une première fois à travers de la laine de verre, et ce faisant transféré dans un ballon jaugé de 50 ml. Une fois cette filtration terminée, la différence de volume jusqu'à 50 ml a été comblée avec de l'eau distillée.
- 2) Ensuite les 50 ml contenus dans le ballon jaugé ont été filtrés une deuxième fois à travers un filtre papier, et ce faisant transférés dans une petite bouteille en verre d'un volume de 100 ml.
- 3) 15 ml du filtrat ainsi obtenu ont ensuite été pipetés, à l'aide d'une pipette en verre, dans un ballon jaugé de 100 ml.
- 4) La différence de volume jusqu'à 100 ml a ensuite été comblée avec de l'eau distillée.

- 5) Afin de rectifier le pH trop faible de la solution ainsi obtenue, 4.3 ml de NaOH 36% ont été rajoutés directement dans le ballon jaugé, puis ce dernier a été soigneusement agité afin d'en homogénéiser le contenu.

Filtrations et dilutions (culot) :

- 1) Le culot a été filtré une première fois à travers de la laine de verre, et ce faisant transféré dans un ballon jaugé de 100 ml. Une fois cette filtration terminée, la différence de volume jusqu'à 100 ml a été comblée avec de l'eau distillée.
- 2) Ensuite les 100 ml contenus dans le ballon jaugé ont été filtrés une deuxième fois à travers un filtre papier, et ce faisant transférés dans une petite bouteille en verre d'un volume de 100 ml.
- 3) 2 ml du filtrat ainsi obtenu ont ensuite été pipetés, dans un ballon jaugé de 100 ml.
- 4) La différence de volume jusqu'à 100 ml a ensuite été comblée avec de l'eau distillée.

Oxydation, Coloration, Mesure de l'Absorption :

- 1) 2 fois 1 ml de solution contenue dans chaque ballon jaugé (liquide surnageant et culot) ont été pipetés dans 2 tubes en plastiques de 3 ml.
- 2) 0.5 ml de chloramin-T ont été ajoutés dans chaque tubes de 3 ml contenant 1 ml de solution de liquide surnageant ou de culot ainsi que dans les tubes contenant 1 ml de S₁, S₂, S₃, et S₄.
- 3) Le contenu de tous les tubes a ensuite été mélangé à l'aide d'un vortex avant d'être laisser reposer pendant 20 min.
- 4) 0.5 ml de réactif de coloration ont ensuite été ajoutés dans tous les tubes de 3 ml cités sous 2).
- 5) Tous les tubes de 3 ml ont alors été mélangés à l'aide d'un vortex avant d'être mis dans un bain-marie à 60 °C pendant 20 min.
- 6) Un fois les 20 min. écoulées, les tubes de 3 ml ont été mis à refroidire à température ambiante pendant 30 min.
- 7) Une fois le contenu des tubes refroidit, ce dernier a été transféré dans des cuvettes puis son absorption a été mesurée à l'aide d'un photomètre.

Détermination de la concentration d'hydroxiproline dans les tubes à partir de l'absorption :

- 1) Une courbe standard représentant la concentration d'hydroxiproline en fonction de l'absorption a pu être calculée grâce aux données relatives aux solutions : S₁, S₂, S₃, et S₄.
- 2) Une fois la relation entre absorption et concentration d'hydroxiproline connue, la concentration en hydroxiproline des différents échantillons a pu être calculée à partir de leurs absorptions relatives.