

Aus dem Veterinärmedizinischen Department der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

Angefertigt an der Fakultät für Land- und Ernährungswirtschaft der
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

in Freising

(Prof. Dr. Gerhard Bellof)

**Weideochsenmast zur Erzeugung und Vermarktung von Rindfleisch
mit erhöhten Gehalten an Omega-3 Fettsäuren und konjugierten
Linolsäuren**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde

der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität

München

von

Matthias Schmutz

aus Geislingen an der Steige

München 2014

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Manfred Stangassinger

Tag der Promotion: 12. Juli 2014

Meiner Familie

Meinen Freunden

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IV
1 EINLEITUNG	1
2 LITERATURÜBERSICHT	4
2.1 Rindfleischmarkt: Erzeugung und Bedeutung von Rindfleisch	4
2.2 Vergleichende Betrachtung von Mastleistung und Schlachtleistung (Schlachtkörperwert) von Rindern und deren Beeinflussbarkeit.....	7
2.2.1 Mastleistung	7
2.2.2 Schlachtleistung/Schlachtkörperwert	7
2.2.3 Tierspezifische Einflussfaktoren.....	9
2.2.3.1 Rasse und Kreuzung.....	9
2.2.3.2 Geschlecht.....	10
2.2.4 Produktionsbedingte Einflussfaktoren.....	11
2.2.4.1 Mastintensität.....	11
2.2.4.2 Schlachalter und Mastendmasse.....	12
2.2.5 Fleischqualität	12
2.2.5.1 Fleischreifung und pH-Wert	13
2.2.5.2 Wasserbindungsvermögen.....	15
2.2.5.3 Fleischfarbe.....	16
2.2.5.4 Scherkraft.....	17
2.2.5.5 Fettgehalt und Fettfarbe.....	19
2.2.6 Beziehungen zwischen den Merkmalen der Fleischqualität und weiteren Einflussfaktoren.....	20
2.2.6.1 Tierspezifische Einflussfaktoren.....	20
2.2.6.1.1 Rasse und Kreuzung.....	20
2.2.6.1.2 Geschlecht	21
2.2.6.2 Produktionsbedingte Einflussfaktoren	22
2.2.6.2.1 Produktionssystem und Fütterung	22
2.2.6.2.2 Schlachalter und Mastendmasse.....	24
2.3 Durchführung der Ochsenmast	24
2.3.1 Formen der Ochsenmast.....	24

2.3.2 Besonderheiten der Ochsenmast.....	29
2.3.3 Weidebasierte Ochsenmast.....	33
2.4 Rindfleisch als Quelle gesundheitsrelevanter Fettsäuren.....	35
2.4.1 Definition und Chemismus der Fette, Triglyceride und Fettsäuren.....	35
2.4.2 Essenzielle Fettsäuren.....	37
2.4.3 Omega-3 und Omega-6 Fettsäuren: Bau, metabolische Bedeutung und Vorkommen	38
2.4.4 Konjugierte Linolsäure: Bau, metabolische Bedeutung und Vorkommen	40
2.4.5 Bedeutung der Omega-3 Fettsäuren und konjugierten Linolsäuren für die menschliche Gesundheit	41
2.4.6 Metabolisierung von Fettsäuren bei Wiederkäuern.....	43
2.4.6.1 Synthese.....	43
2.4.6.2 Biologische Hydrierung.....	43
2.4.6.2.1 Hydrolyse.....	44
2.4.6.2.2 Biohydrogenierung.....	44
2.4.6.3 Synthese der konjugierten Linolsäure im Gewebe.....	46
2.4.6.4 Absorption der Fettsäuren im Dünndarm.....	46
2.4.6.5 Möglichkeiten zur Beeinflussung des Fettsäuremusters in Wiederkäuerprodukten (Milch und Fleisch)	48
2.4.6.6 Kurzer Überblick über wissenschaftliche Diskussionen bezüglich Relevanz für die Humanernährung und gesetzliche Vorgaben zur Auslobung entsprechender Produkte.....	49
3 PUBLIKATIONEN.....	51
3.1 PUBLIKATION 1 (EFFECT OF BREED, GRAZING SYSTEM AND CONCENTRATE SUPPLEMENTATION ON FATTENING PERFORMANCE, CARCASS VALUE AND MEAT QUALITY OF STEERS)	52
3.2 PUBLIKATION 2 (THE EFFECTS OF BREED, GRAZING SYSTEM AND CONCENTRATE SUPPLEMENTATION ON THE FATTY ACID PROFILE OF THE MUSCULUS LONGISSIMUS DORSI AND THE KIDNEY FAT OF STEERS)	82
4 DISKUSSION.....	107
4.1 Diskussion der Methoden.....	107
4.1.1 Versuchsteil 1	107
4.1.2 Versuchsteil 2.....	110

4.2 Diskussion der Ergebnisse.....	111
4.2.1 Versuchsteil 1	111
4.2.2 Versuchsteil 2.....	113
4.3 Weitergehende Betrachtungen.....	116
4.3.1 Energieaufnahme und Tageszunahmen	116
4.3.2 Wirtschaftlichkeit der Ochsenmast.....	117
4.3.3 Ziel und Wertigkeit von Functional Food.....	119
4.4 Schlussfolgerungen	121
5 ZUSAMMENFASSUNG.....	123
6 SUMMARY.....	126
7 LITERATURVERZEICHNIS.....	129
8 DANKSAGUNG.....	157

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADF _{org}	acid detergent fiber
ADL	acid detergent lignin
ALA	α -Linolensäure
C	Kohlenstoff
CGS	continous grazing system
CLA	conjugated linoleic acid; konjugierte Linolsäure
cm	Zentimeter
cm ²	Quadratzenimeter
d	day; Tag
DB	Doppelbindung
DH	Deutsche Holstein
d.h.	das heißt
DHA	docosaheaxaenoic acid, Docosaheaxensäure
DM	dry matter
dt	Dezitonne
DWG	daily weight gain
Σ	Summe von
EG	Europäische Gemeinschaft
EPA	eicosapentaenoic acid, Eicosapentaensäure
et al.	et alii, -ae, -a; und andere
EU	Europäische Union
FAME	fatty acid methyl ester
FS	Fettsäure
FV	Deutsches Fleckvieh
g	Gramm
GH	German Holstein
GS	German Simmental
GVE	Großvieheinheit
ha	Hektar
HGT	Hohenheimer Gas Test
I	group Indoor

IMF-Gehalt	Intramuskulärer Fettgehalt; intramuscular fat content
kcal	Kilocalorie
kg	Kilogramm
KRW	Kurzrasenweide
L	Konzentratniveau niedrig (low)
LA	Linolsäure
LD	longissimus muscle/ musculus longissimus dorsi
LM	Lebendmasse
LS-means	last square means
LS-oil	linseed-oil concentrate
M	Konzentratniveau mittel (medium)
ME	metabolic energy
mg	Milligramm
Mio.	Million
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
MLD	Musculus longissimus dorsi, (M.l.d. musculus longissimus dorsi)
MR	milk replacer
M.s.	Musculus semitendinosus
MUFA	monounsaturated fatty acid; einfach ungesättigte Fettsäure
N	Newton
NDF _{org}	neutral detergent fiber
O	group Outdoor
p	significance; Irrtumswahrscheinlichkeit
PUFA	polyunsaturated fatty acid; mehrfach ungesättigte Fettsäure
RGS	rotational grazing system
RS-oil	rapeseed-oil concentrate
SEM	standard error of the mean
SFA	saturated fatty acid; gesättigte Fettsäure
t	Tonne
TM	Trockenmasse
trans-FA	trans-fatty acid
u.a.	unter anderem

UTW	Umtriebsweide
VO	Verordnung
WBSF _{max}	Warner Bratzler shear force max.
XZ	raw sugar
XP	crude protein
z.B.	zum Beispiel

1 EINLEITUNG

Die Rahmenbedingungen in der Grünlandbewirtschaftung werden von der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union (GAP), den Anforderungen des Natur- und Umweltschutzes sowie den Bedürfnissen der Nahrungsmittel- und Rohstoffmärkte bestimmt. Die infolge des Bioenergiebooms ausgelöste Nachfrage nach pflanzlichen Rohstoffen und die globale Verknappung von Nahrungsmitteln haben eine Nutzungskonkurrenz um die landwirtschaftliche Fläche entfacht und dem Grünland in allen Regionen Deutschlands eine neue Vorzüglichkeit gegeben (Hochberg, 2007). Allerdings setzt die Sicherung der Multifunktionalität des Grünlandes ökonomisch umsetzbare Grünlanderhaltungs- und Landschaftspflegestrategien voraus (Hochberg, 2007). Dabei kommt insbesondere extensiven Grünlandnutzungssystemen eine zentrale Funktion zu. Ein Beispiel für ein derartiges Nutzungssystem stellt die Rindermast auf der Weide dar. Allerdings weisen deutsche Rindermastbetriebe deutlich höhere Produktionskosten auf als bedeutende internationale Wettbewerber in Übersee, sodass ohne Anpassung der betrieblichen Organisation an zunehmend liberalisierte Preisverhältnisse zu erwarten wäre, dass die deutsche Rindermast langfristig unrentabel und zunehmend durch außereuropäische Produzenten verdrängt wird (Brüggemann, 2011).

Im Rahmen dieser ökologischen- und ökonomischen Ausgangsbedingungen gewinnt die Spezialisierung der rindfleischproduzierenden Betriebe - insbesondere jene, die sich außerhalb von landwirtschaftlichen Gunstlagen befinden - zunehmend an Bedeutung. Zusätzlich muss das sich während der vergangenen Jahrzehnte deutlich veränderte Verbraucherverhalten hinsichtlich der Vermarktung beachtet werden. Der Konsumententyp des sogenannten "Smart-Shoppers", der hochwertige Artikel billig erstehen möchte, gilt dabei als Prototyp (Weindlmaier et al., 2001). Unter diesen hochwertigen Artikeln sind auch die als Functional Food definierten Lebensmittel mit gesundheitlichem Zusatznutzen für den Konsumenten zu verzeichnen (Dustmann, 2005; Weindlmaier und Dustmann, 2006). Functional Food entspricht damit dem Bedürfnis, gesund zu leben und sich entsprechend zu ernähren. Dieser Aspekt ist gerade auch durch die aktuelle Verunsicherung über die gesundheitlichen Konsequenzen des Konsums verschiedener Lebensmittel stark in den Fokus gerückt.

Das veränderte Verbraucherverhalten macht eine Anpassung bei der Produktion von Lebensmitteln nötig. Für die Produktion von Rindfleisch bedeutet dies, dass neben der Mast- und Schlachtleistung besonders die Merkmale der Fleischqualität in den Vordergrund rücken. Zusätzlich sollte dabei der Erwartung nach ressourcenschonender, nachhaltiger Produktion Rechnung getragen werden.

Eines der bedeutendsten Merkmale der Fleischqualität stellt die Zartheit dar. Sie wird in erheblichem Umfang vom intramuskulären Fettgehalt des Muskelfleischs bestimmt. Insbesondere Ochsen weisen eine durch einen kastrationsbedingten veränderten Hormonstoffwechsel hervorgerufene hohe intramuskuläre Fetteinlagerung auf (Schwarz, 2003).

Aus Untersuchungen von Matthes und Pastushenko (1999) geht hervor, dass tierische Fette nicht nur wertvolle Energieträger sind, sondern auch als Träger von essentiellen Fettsäuren und fettlöslichen Vitaminen einen wichtigen Beitrag zu einer ausgewogenen Ernährung liefern. Einigen einfach- und mehrfach-ungesättigten Fettsäuren kommt dabei eine entscheidende Stoffwechselfunktion zu. Hierzu gehören nach Matthes und Pastushenko (1999) die Omega-3-Fettsäuren, zu denen neben der Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) auch die α -Linolensäure (ALA) zählt. Diese Fettsäuren nehmen unter anderem Einfluss auf die Funktionen im Herz-Kreislauf-System und bei der Immunabwehr.

Wie Untersuchungen von Frickh et al. (2002a,b; 2003), Nürnberg et al. (2002), Hollo et al. (2004), Razminowicz et al. (2006), De la Torre et al. (2006) und Velik et al. (2008) zeigen, wurden in den vergangenen Jahren erhebliche wissenschaftliche Anstrengungen unternommen, um das Lebensmittel Rindfleisch ressourcenschonend zu produzieren und dabei das Fettsäuremuster des intramuskulären Fetts dahingehend zu verändern, dass es für den Verbraucher ein Lebensmittel mit gesteigerter Qualität für die menschliche Gesundheit darstellt.

Bei der gezielten Veränderung des Fettsäuremusters kristallisierte sich als entscheidender Faktor neben der Rasse das Fütterungsregime heraus (Scollan et al., 2001). Dabei zeigen u.a. Arbeiten von Nürnberg et al. (1998, 2002, 2005) und Velik et al. (2008), dass speziell eine auf Gras und Grasprodukten basierende Fütterung entscheidend zu einer Steigerung der für die menschliche Gesundheit vorteilhaften Fettsäuren (ALA, EPA, DHA, CLA) im Rindfleisch beiträgt. Durch

eine zusätzliche Versorgung der Tiere mit Linolensäure-reichen oder -angereicherten Futtermitteln konnte eine weitere Steigerung dieser Fettsäuren im Fleisch erreicht werden (Scollan et al., 2001).

Um den beschriebenen Verbrauchererwartungen gerecht zu werden, sollte in vorliegender Arbeit ein Produktionssystem für die Rindermast in einem sogenannten low-input-System untersucht werden. Hierbei sollte den Standortbedingungen in Deutschland besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Aus diesem Grund wurden Ochsen der beiden bedeutendsten deutschen Rinderrassen (Deutsche Holstein und Deutsches Fleckvieh) auf Unterschiede in ausgewählten Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleischbeschaffenheit untersucht. Das Produktionssystem sollte ein überwiegend auf Gras und Grasprodukten basiertes Weidemastverfahren mit einer möglichst geringen Beifütterung an zusätzlichen Kraftfuttermitteln darstellen. Dies ermöglichte desweiteren einen Vergleich zweier Weidesysteme, der Umtriebsweide und der Kurzrasenweide. Um einerseits die Kosten für teure Zusatzfuttermittel möglichst gering zu halten und andererseits einen möglichen Einfluss eines mit Linolensäure angereicherten Kraftfutters zu untersuchen, erhielten die Tiere eine gezielte, phasenorientierte Kraftfutterzuteilung, die sich sowohl in der Menge (Kraftfutterniveau mittel vs. niedrig) als auch in der Zusammensetzung (Typ Leinöl vs. Typ Rapsöl) unterschied.

In einem weiteren Versuchsteil sollte der potentielle gesundheitliche Zusatznutzen des Endprodukts Weideochsenfleisch untersucht werden, um diesen gegebenenfalls nach den rechtlichen Bestimmungen der europäischen Gesetzgebung auszuloben und vermarkten zu können.

Dafür wurde das Fettsäuremuster von intramuskulärem Fett und Nierenfett auf mögliche gesteigerte Werte an gesundheitlich positiven Fettsäuren (insbesondere Omega-3 Fettsäuren und konjugierte Linolsäuren) analysiert und mit gesetzlichen Vorgaben verglichen.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Rindfleischmarkt: Erzeugung und Bedeutung von Rindfleisch

Um die Rolle des deutschen Rindfleischsektors und dabei insbesondere die Bedeutung der Produktion von Ochsenfleisch besser einschätzen zu können, soll zunächst eine Einordnung in das internationale Marktgeschehen stattfinden. Weltweit lag die Nettoerzeugung von Fleisch im Jahr 2011 bei rund 301,8 Mio. Tonnen (t). Davon entfielen auf Rindfleisch ca. 66,8 Mio. t (~ 22 %). Insbesondere der südamerikanische und asiatische Kontinent steigerte die Fleischproduktion im Vergleich zum Vorjahr (2010) um 1,4 bzw. 3,1 %, wohingegen in Europa ein Rückgang um 0,1 % verzeichnet wurde. Allerdings stieg trotz eines weltweiten Anstiegs der Fleischproduktion (1,6 %) der Anteil der Rindfleischproduktion um lediglich 0,4 %. Die Ursache hierfür liefern unter anderem steigende Produktionszahlen für Geflügel- und Schweinefleisch (FAO, 2013; FAOSTAT, 2013).

Europäischer Fleischmarkt

Trotz einer im Vergleich zum Vorjahr (2011) um rund 3,6 % sinkenden Eigenproduktion von 7,5 Mio. Tonnen, trat die EU-27 im Jahr 2012 mit einem Selbstversorgungsgrad von 101 % als Nettoexporteur für Rind- und Kalbfleisch auf. Nach Frankreich stellt Deutschland das bedeutenste Produktionsland für Rindfleisch in der Europäischen Union dar. Um die erhöhte Nachfrage zu decken, wurde Rindfleisch hauptsächlich aus Südamerika, Australien und den Vereinigten Staaten nach Europa importiert (FAO 2013; EUROSTAT 2013).

Rindfleischmarkt/-produktion in Deutschland

Innerhalb Europas (EU-27) tritt Deutschland durch einen Selbstversorgungsgrad für Fleisch von 119 % und für Rind- und Kalbfleisch von 107 % im Jahre 2012 als Nettoexporteur auf, wobei rund 90 % der Ausfuhren von Rindfleisch und Rindfleischerzeugnissen in EU-Länder erfolgt. Die Gesamtproduktion an Rindfleisch betrug im Jahr 2012 1,14 Mio. t, was einen Rückgang im Vergleich zum Vorjahr von 1,6 % bedeutet (EUROSTAT, 2013).

Obwohl der Pro-Kopf-Verbrauch (brutto) 2012 im Vergleich zum Vorjahr (12,6 kg) auf 13,2 kg anstieg, war dieser im Vergleich zum EU-27 weiten Durchschnitt

(15,3 kg) in Deutschland um über zwei Kilogramm geringer. Sowohl Frischfleisch als auch Fleischwaren und Wurst werden dabei überwiegend als SB-Ware bei Discountern und im Lebensmitteleinzelhandel vom Verbraucher bezogen. Dabei ergibt sich letztlich ein jährlicher Pro-Kopf-Verzehr für Frischfleisch von rund 8,3 kg (FAO, 2013).

Der gesamte Rinderbestand lag in Deutschland zum Ende des Jahres 2013 bei rund 12,7 Mio. Rindern (Statistisches Bundesamt, 2013a). Der Anteil der Milchkühe betrug dabei rund 4,2 Mio. Tiere (33,6 %). Die bedeutendsten Rassen waren die Milchnutzungsrasse Holstein-Schwarzbunte (5,2 Mio. Tiere) und die Zweinutzungsrasse Deutsches Fleckvieh (3,5 Mio. Tiere). Insgesamt gehörten somit rund 70 % der in Deutschland gehaltenen Rinder einer dieser beiden Rassen an. Die Anzahl der Tiere, die einer reinen Fleischnutzungsrasse angehörten, lag bei lediglich 1,6 Mio. Tieren (ca. 13 %), dominiert von den Rassen Limousin, Charolais und Fleischfleckvieh. Dies macht deutlich, dass die Rindfleischproduktion in Deutschland zu einem überwiegenden Anteil aus einem Rinderbestand hervorgeht, der in erster Linie auf die Milchproduktion ausgerichtet ist und der Anteil der Kühe, die nicht zur Milchproduktion gehalten werden (u.a. Mutterkuhhaltung), lediglich 5 % am gesamten Rinderbestand beträgt (Statistisches Bundesamt, 2013a).

Die Anzahl der Rinderschlachtungen betrug in Deutschland im Jahr 2012 rund 3,6 Mio. Rinder, was einer Fleischerzeugung von rund 1,1 Mio. t entspricht und den seit Jahren rückläufigen Trend der deutschen Rindfleischproduktion belegt (Statistisches Bundesamt, 2013b). Grundsätzlich machen die gewerblichen Schlachtungen 99 % aus. Die Rindfleischproduktion setzt sich wie folgt zusammen: Kälber und Jungrinder (5 %), Bullen (47,5 %), Ochsen (0,7 %), Färsen (12,8 %) und Kühe (34 %). Dabei wird ersichtlich, dass insgesamt die Kategorien „Jungbullenfleisch“, gefolgt von „Kuhfleisch“ und „Färsenfleisch“ dominieren (Statistisches Bundesamt, 2013b).

Schlachtkühe und Schlachtfärsen können dabei als Koppelprodukt der Milcherzeugung betrachtet werden, wohingegen Kälber, Jungrinder, Ochsen und insbesondere Bullen in eigenen spezialisierten Produktionssystemen gemästet werden. Daraus geht hervor, dass die Produktion von Rindfleisch in Deutschland durch die intensive Bullenmast, insbesondere mit Tieren der Rasse Deutsches Fleckvieh, bestimmt wird.

Bei der Betrachtung der Ochsenfleischerzeugung innerhalb Deutschlands entfallen auf die Bundesländer Bayern (40 %), Schleswig-Holstein (14 %) und Niedersachsen (13 %) insgesamt 2/3 der gesamten Produktion von lediglich 0,7 % (Statistisches Bundesamt, 2013b).

Die Produktion von Ochsenfleisch in Deutschland macht somit nur einen sehr geringen Anteil aus. Ein großer Teil des Rindfleischimports nach Deutschland stammt jedoch aus Drittländern wie Argentinien und Brasilien, wo ein großer Teil der Rindfleischproduktion aus Mastverfahren mit Ochsen und Färsen aus extensiven Weidesystemen hervorgeht (Field, 2007).

Nachteilig für die deutsche Ochsenfleischproduktion wirken sich insbesondere die Auszahlungspreise, die in den letzten Jahren stets unter denen von Jungbullen bei einer erwarteten Schlachtkörperklassifizierung von R3 lagen, aus. Zusätzlich haben Ochsen im Allgemeinen ein höheres Schlachalter bei geringerem Schlachtgewicht. Somit wird eine wirtschaftliche Produktion von Ochsenfleisch, die mit intensiven Produktionssystemen für Jungbullen und Bullen auf dem Rindfleischmarkt konkurrieren soll, sehr schwierig. Dies hat zur Folge, dass der überwiegende Teil des in Deutschland produzierten Ochsenfleisches durch Direktvermarktung und vertraglich geregelte Markenfleischprogramme abgesetzt wird, um auf diese Weise eine wirtschaftlich erfolgreiche Produktion zu ermöglichen.

Somit bedingen die in Deutschland sehr unterschiedlichen Standortfaktoren:

1. natürliche Standortbedingungen
2. Bedingungen der Produkt und Faktormärkte
3. Agrarstrukturelle Bedingungen
4. Soziale und institutionelle Bedingungen
5. Wirtschafts- und Agrarpolitische Einflussnahme

(Isermeyer, 1988) die Entwicklung der Rindfleischproduktion. Sie ermöglichen ein Hervorheben des qualitativ hochwertigen Ochsenfleisches (Schwarz, 2011) lediglich durch spezialisierte Vermarktungsmaßnahmen; insbesondere, wenn dabei ein möglicher gesundheitlicher Zusatznutzen für den Konsumenten,

hervorgerufen durch überwiegend auf Gras und Grasprodukten basierende Mastverfahren, eröffnet werden soll.

2.2 Vergleichende Betrachtung von Mastleistung und Schlachtleistung (Schlachtkörperwert) von Rindern und deren Beeinflussbarkeit

2.2.1 Mastleistung

Als Mastleistung wird der Zuwachs an Körpergewebe in einer bestimmten Zeitspanne, der sogenannten Mastdauer, bezeichnet.

Grundsätzlich unterscheidet man bei der Rindfleischproduktion die Mast ab Kalb von der Mast ab Fresser, wobei die Kälbermast ein produktionstechnisch selbständiges Gebiet darstellt. Im Allgemeinen beginnt die Rindermast nach der vollständigen Entwöhnung der Tiere von Vollmilch oder Milchaustauscher, d.h. wenn der Zeitpunkt der entwicklungs- und ernährungsphysiologischen Bedingungen für eine alleinige Rauhfutteraufnahme erreicht ist.

Bei der Beschreibung der Mastleistung stellen die täglichen Zunahmen und die Futterverwertung die wesentlichen Merkmale dar. In der Rindermast werden die Tageszunahmen durch Wägung der Tiere bestimmt. Allerdings erhält man genauere Werte, wenn man die sogenannte durchschnittliche Lebenstagszunahme beschreibt, die sich durch Abzug des Geburtsgewichts vom aktuellen Lebendgewicht und anschließendem Bezug auf die Mastdauer bzw. das Alter des Tieres ergibt. Dadurch werden die Wachstumsgeschwindigkeit und die Wachstumsintensität des Tieres genauer beschrieben.

Die Futterverwertung wird als Futteraufwand/-verbrauch pro Kilogramm Zuwachs definiert. Da das Merkmal Futterverwertung mit dem Merkmal tägliche Zunahmen eng zusammenhängt (Schwarz, 2011), werden oftmals lediglich die täglichen Zunahmen ermittelt.

2.2.2 Schlachtleistung/Schlachtkörperwert

Der ökonomische Wert eines Masttieres wird durch die Schlachtleistung bestimmt. Dieser sogenannte Schlacht(tier)körperwert setzt sich nach Branscheid (1998) aus dem Schlachtertrag, der Schlachtkörperqualität und dem Schlacht(tier)abgang zusammen. Wesentliches Merkmal des Schlachtertrags und somit auch des Schlachtierwerts ist neben der Schlachtausbeute vor allem das Schlachtkörpergewicht. Nach Augustini (1987) wird unter Schlachtkörpergewicht

das Warmgewicht des geschlachteten und ausgeweideten Tieres verstanden. Dieses wird auch als Zweihälftengewicht (warm) bezeichnet und stellt somit das Gewicht des längsgespaltenen Schlachtkörpers unmittelbar nach der Schlachtung abzüglich der Fleisch- und Fettabschnitte dar.

Der Schlachtabgang wird bestimmt aus der Differenz von Lebendgewicht und Schlachtkörpergewicht. Er umfasst die Schlachtnebenprodukte (z.B. Eingeweide), die Fleisch- und Fettabschnitte sowie die Schlachtabfälle (Branscheid, 1998).

Die Nettozunahme ergibt sich nach Ernst und Kalm (1994) aus dem Schlachtkörpergewicht und der Zahl der Lebenstage. Durch den Bezug auf das Schlachtkörpergewicht wird dieses Merkmal spezifiziert und der Zuwachs aus schlecht verwertbaren Körperpartien, dem Schlachtabgang, bewusst ausgeschlossen.

Die Schlachtkörperqualität setzt sich zusammen aus der Schlachtkörperzusammensetzung und der Fleischqualität. Die Schlachtkörperzusammensetzung wird durch objektive Untersuchungen (z.B. chemische Zusammensetzung, Gewebeanteile und gewebliche Zusammensetzung) einerseits und durch subjektive Untersuchungen (Klassifizierung nach Fleischigkeit und Fettabdeckung) andererseits bestimmt (Branscheid, 1998). Die Fleischqualität setzt sich nach Branscheid (1998) aus ernährungsphysiologischen, sensorischen, technologischen und hygienischen Aspekten zusammen.

Die Klassifizierung der Schlachttierkörper erfolgt durch ausgebildetes Fachpersonal nach den gesetzlichen Rahmenbedingungen der Europäischen Union und wird auf nationaler Ebene u.a. durch die „Verordnung über gesetzliche Handelsklassen für Rindfleisch“ (BMJ, 2002) festgelegt. Dabei beschreibt die Fleischigkeit die Entwicklung der Profile der Schlachtkörper und insbesondere ihrer wesentlichen Teile (BMJ, 2002). Das sogenannte EUROP-Schema dient dabei als Vorlage.

Als zweite Komponente der Klassifizierung wird die Fettgewebeklasse verwendet. Hierbei werden die Fettabdeckung des Schlachtkörpers auf der Außenseite und die Fettansätze an der Innenseite (Branscheid et al., 2007) nach einem 5-Punkte Schema beurteilt. Die gesetzlichen Grundlagen finden sich hierfür in der Rinderschlachtkörper-Handelsklassenverordnung (VO EG 1249/2008). Seit

2010 wurde durch die Verordnung EG 1234/2010 diese Klassifizierung durch Einführung von detaillierten Unterklassen (+, 0, -) spezifiziert.

Nach den Arbeiten von Augustini und Temisan (1986) sowie Augustini (1987) werden sowohl die Schlachtkörperqualität als auch die Fleischqualität von der Genetik (Rasse, Kreuzung, Geschlecht), produktionstechnischen Faktoren (Mastendmasse, Schlachalter, Mastintensität) und der Behandlung der Tiere vor der Schlachtung (Transport, Aufenthalt am Schlachthof) bzw. der Schlachttierkörper nach der Schlachtung (Kühlung, Reifung) beeinflusst.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit sollen an dieser Stelle lediglich die nach Augustini (1987) für die Mast- und Schlachtleistung verantwortlichen tierspezifischen und produktionsbedingten Einflussfaktoren erklärt werden. Diejenigen, welche sich auf die Fleischqualität beziehen, werden unter dem Aspekt der Fleischqualität (Kap. 2.2.5 ff) näher ausgeführt.

2.2.3 Tierspezifische Einflussfaktoren

2.2.3.1 Rasse und Kreuzung

Grundsätzlich lassen sich Einnutzungsrasen von Doppelnutzungsrasen und diese wiederum von Extensiv- oder Robustrassen unterscheiden. Die Einnutzungsrasen können wiederum nach ihrem Körperbau in einen Umsatz- oder Milch-Typ (Milchrassen) und in einen Ansatz- oder Fleisch-Typ (Fleischrasen) unterteilt werden. Doppelnutzungsrasen zeichnen sich gemäß ihrer Bezeichnung durch einen doppelten Nutzen aus. Sie bilden daher einen „Mischtyp“ zwischen Umsatz- und Ansatz-Typ. Die Unterscheidung erfolgt anhand des unterschiedlichen Protein- und Fettansatzvermögens (Waßmuth und Pabst, 2013).

Innerhalb der Fleischrasen lassen sich groß- mittel- und kleinrahmige Rassen differenzieren, die sich in der Geschlechtsreife und ihrem Wachstum unterscheiden. Dabei gilt der Grundsatz, dass kleinrahmige Rassen frühreifer sind und bei intensiver Fütterung zu starker Verfettung neigen (Waßmuth und Pabst, 2013).

Die Extensivrasen sind kleinrahmig, spätreif und zeichnen sich nach Augustini (1987) durch anspruchslosigkeit gegenüber Fütterung und Klima aus.

Je nach Produktionssystem und Zuchtziel kann somit durch gezielte Anpaarung Einfluss auf die Mastleistung von Rindern genommen werden. Augustini (1987) führt dazu an, dass Merkmale wie tägliche Zunahme, Schlachtausbeute, Muskelfülle und Fleischanteil auf diese Weise verbessert werden können. Hingegen kommen Schwarz et al. (1998) zu dem Ergebnis, dass das Fütterungssystem einen größeren Einfluss auf entsprechende Schlachtleistungsmerkmale nimmt als der Genotyp.

2.2.3.2 Geschlecht

Sowohl die Wachstumskapazität als auch der Wachstumsrhythmus sind genetisch determiniert. Nach Schwarz (2011) unterliegt die Zusammensetzung der Körpersubstanz im Verlauf des Wachstums starken Veränderungen. Vor allem zu Beginn der Mast wird verstärkt Muskelgewebe in Form von Proteinansatz gebildet. Mit zunehmender Mastdauer und Mastintensität wird vermehrt Fett eingelagert. Da die Energiedichte von Fett im Vergleich zu Protein deutlich höher ist, benötigen ältere Tiere für dieselben Tageszunahmen somit entweder höhere Futteraufnahmen oder eine höhere Energiedichte des Futters.

Ordnet man nun die Tierkategorien Bulle, Ochse, Färse auf Grundlage dieser Entwicklung an, so nimmt der Fettgehalt in der Körpersubstanz zur Färse hin zu, wohingegen der Proteingehalt sinkt (Schwarz, 2011). Grund hierfür sind die auch in Kapitel 2.2.6.1 beschriebenen endokrinen Veränderungen bei Färsen und Ochsen, die zu einer vermehrten Fetteinlagerung führen. Für die Mast bedeutet dies nun, dass Ochsen und Färsen eine im Vergleich zu Bullen weitaus schlechtere Futterverwertung besitzen und zusätzlich ein deutlich reduziertes Wachstumsvermögen. Dies kann nach Schwarz (2011) bei gleicher Nährstoffzufuhr zu bis zu 20 % geringeren Tageszunahmen bei gleichzeitig bis zu 15 % höherem Futterverbrauch je kg Zuwachs führen. Folglich erreichen Ochsen und Färsen bezüglich ihrer Schlachtleistung eine meist höhere Fettklassenbewertung und eine geringere Schlachtausbeute. Zudem steigert die erhöhte Einlagerung von Fett in die Muskulatur den intramuskulären Fettgehalt (IMF). Dies wurde u.a. in Studien von Kögel et al. (2000), Frickh et al. (2002a, 2003) und Velik et al. (2008) deutlich.

Diese veränderten Bedingungen machen sich zudem in einem unterschiedlichen Wachstumsverlauf bemerkbar. Sowohl Schwarz und Kirchgeßner (1990) als auch

Steinwigger et al. (2002, 2007) konnten zeigen, dass die höchsten Tageszunahmen bei Färsen im Bereich von 300 kg Lebendmasse liegen, wohingegen diese bei Ochsen und Bullen bei einem deutlich höheren Gewichtsbereich liegen und somit auch erst bei höheren Mastgewichten rückläufig werden.

2.2.4 Produktionsbedingte Einflussfaktoren

2.2.4.1 Mastintensität

Der Einflussfaktor „Mastintensität“ wirkt sich über das Produktionssystem sowohl auf den Wachstumsverlauf als auch auf die Wachstumsintensität aus. Je nach Standortbedingungen hat der rindermäsende Betrieb auf eine unterschiedliche Anzahl an Ressourcen unmittelbaren Zugriff. Insbesondere in Ackerbauregionen zahlt sich dies durch den Anbau von Mais als Grundfuttermittel aus. In typischen Grünlandregionen werden aufgrund notwendigen Zukaufs von Futtermitteln kostenintensive Mastverfahren sehr rasch unrentabel. Somit sollte sich das zu wählende Mastverfahren immer auch an den Standortbedingungen orientieren, die auf die Mastintensität Einfluss nehmen.

Außerdem gilt es zu beachten, dass bei einer hohen Energiezufuhr der Muskelfleischanteil bei Ochsen und Färsen durch die zunehmende Fetteinlagerung deutlich stärker abnimmt als bei niedriger Energiezufuhr. Augustini et al. (1993a) und Schwarz (1997) haben aufgezeigt, dass sich der Fettgehalt zwischen den Teilstücken des Schlachtkörpers in Abhängigkeit von der Fütterungsintensität erheblich unterscheidet. Frickh et al. (2002b) hingegen stellten keinen Einfluss der Fütterungsintensität auf den Anteil wertvoller Teilstücke fest.

Im umgekehrten Falle, d.h. bei Energierestriktion, wird zunächst Fett mobilisiert, sodass der Muskelgewebeanteil zunimmt. Diese Möglichkeit der Beeinflussung des Wachstums kommt beim kompensatorischen Wachstum zum Tragen. Abhängig von Zeitpunkt, Dauer und Grad der Restriktion zeigen die Tiere im Anschluss höhere Zunahmen (Schwarz, 1997).

In Anbetracht dessen bieten sich für die Mast von Ochsen und Kalbinnen weniger intensive Produktionssysteme an extensiven Standorten an. Insbesondere die Weidemast stellt dabei ein alternatives Mastverfahren da. Allerdings muss hierbei der erhöhte Erhaltungsbedarf der Tiere beachtet werden.

2.2.4.2 Schlachalter und Mastendmasse

Die Betrachtung des Einflussfaktors Schlachalter macht zunächst eine Unterscheidung des Altersbegriffs notwendig. Prinzipiell muss bei Masttieren das chronologische Alter vom physiologischen Alter unterschieden werden. Dabei entspricht das chronologische Alter dem tatsächlichen Alter des Tieres. Das physiologische Alter hingegen meint den Zeitpunkt der Schlachtreife des Tieres, d.h. das Erreichen eines bestimmten Entwicklungsstadiums mit einer entsprechenden chemischen und morphologischen Zusammensetzung des Tierkörpers. Da es keine Übereinstimmung beider Alter gibt, wird das Schlachalter in der Rindermast nicht als separater Parameter verwendet. Bezogen auf die Mastendmasse wiederum zeigt sich der Einfluss von chronologischem Alter und Mastintensität (Augustini, 1987). Aufgrund dieser Interaktionen müssen in der Rindermast das Alter und das Tiergewicht stets gemeinsam betrachtet werden.

Für die Rindermast bedeutet dies, dass die Tiere jeweils am Ende ihres Wachstums geschlachtet werden. Für die Rasse Fleckvieh entspricht dies nach Untersuchungen von Augustini et al. (1992, 1993a,b) Lebendmassen für Kalbinnen von ca. 500 kg, für Ochsen von ca. 550 kg und für Bullen von ca. 650 kg.

Branscheid et al. (2007) zeigen außerdem, dass mit steigender Mastdauer auch die Schlachtkörpermasse und die Fleischigkeitsklassifizierung zunehmen. Für die Ausschachtung gilt dieser Zusammenhang insbesondere bei einem hohen Fütterungsniveau (Frickh et al., 2002b).

In Folge dessen muss, aufgrund der mit zunehmendem Alter und Lebendgewicht steigenden Verfettungsgefahr von Ochsen und Färsen, das Mastendgewicht sehr genau im Auge behalten werden. Dies gilt besonders im Hinblick auf das mit zunehmender Mastendmasse sinkende Verhältnis von wertvollen zu weniger wertvolleren Teilstücken (Schwarz, 1997).

2.2.5 Fleischqualität

Grundsätzlich setzt sich die Qualität aus einer Summe oder Gesamtheit von qualitätsbeeinflussenden Merkmalen zusammen (Hofmann, 1987; Scharner, 1997). Somit stellt der Qualitätsbegriff in der Wissenschaft einen allgemeinen, wertneutralen Begriff dar, der objektiv erfassbare Merkmale beinhaltet. Dies führt

dazu, dass die Fleischqualität quantifizierbar wird. Im Gegensatz dazu stellen Begriffe wie „Qualitätsfleisch“ oder „Qualitätsfleischwaren“ eindeutig wertbezogene Begriffe dar, denen bestimmte Wertvorstellungen und Bedürfnisse zu Grunde liegen (Temisan und Augustini, 1989a). Diese Wertschätzung ist von der Qualität sekundär abgeleitet und subjektiv (Hofmann, 1987). Somit wird von Hofmann (1973) Fleischqualität als Summe aller sensorischen, ernährungsphysiologischen, hygienisch-toxikologischen und verarbeitungstechnologischen Eigenschaften des Fleisches definiert. Frickh (2000) unterscheidet Fleisch mit normaler Qualität von Fleisch mit abweichender und besonderer Qualität.

In vorliegender Untersuchung wurden lediglich einige objektiv quantifizierbaren Eigenschaften erhoben, deren Zustandekommen und Aussagekraft nachfolgend näher erläutert werden soll.

2.2.5.1 Fleischreifung und pH-Wert

Der Prozess der Fleischreifung stellt jenen Vorgang auf muskellinterer Ebene dar, bei dem aus Muskulatur Fleisch wird und der bereits unmittelbar nach der Schlachtung eines Tieres beginnt. Nach Schwägele (1999) können dabei zwei Phasen unterschieden werden. Während der ersten Phase kommt es durch Unterbrechung der Blutversorgung zur postmortalen anaeroben Glykolyse mit Laktatbildung. Aufgrund der unterbrochenen Blutzirkulation wird das gebildete Laktat nicht mehr abtransportiert, reichert sich im Muskel an und senkt den pH-Wert in selbigem auf Werte um 5,5 ab. Nach vollständigem Verbrauch der Energievorräte kommt es zu einer Quervernetzung der Filamente, sichtbar in einer Verkürzung des Muskels. Die Totenstarre (Rigor mortis) tritt ein und die Muskulatur erreicht ihr Maximum an Zähigkeit. Dieser Zustand hält nach Hecht (1986) ungefähr 36 bis 40 Stunden an. Im Anschluss an diesen Zeitraum folgt die zweite Phase, die eigentliche Reifungsphase. Sie stellt eine Phase der Denaturierung der Proteine durch muskeleigene Enzyme dar. Diese Muskelfragmentierung besteht aus einem Aufbrechen der Muskelfasern an oder im Bereich der Z-Linie sowie weiteren Calcium-abhängigen Abbauprozessen (Fischer, 1981; Schwägele, 1999). Dabei nehmen die Zartheit des Fleisches sowie das Wasserbindungsvermögen und das Aroma mit zunehmender Dauer dieser Phase zu (Augustini und Fischer, 1999; Kühne, 2004).

Dieser Prozess wird entscheidend von pH-Wert, Temperatur und Zeitdauer beeinflusst (Augustini und Fischer, 1998). Das Vorliegen eines bestimmten pH-Wertes stellt dabei für einige Enzyme die Voraussetzung für ihre Aktivität dar. Temperatur und Zeitdauer verhalten sich beim Prozess der Fleischreifung gegensätzlich zueinander, sodass mit zunehmender Temperatur (im Rahmen der Fleischhygienegesetzlichen Bedingungen) die Zeitdauer der Reifung verringert wird. Grundsätzlich sollten Rinderschlachtkörper vor Eintritt der Totenstarre weder zu rasch noch zu langsam gekühlt werden, da es sonst zu unerwünschter Muskelverkürzung kommt. Im Falle der zu raschen Abkühlung (Temperatur des Muskels unter 15 °C vor Eintritt der Totenstarre) spricht man von Kälteverkürzung (cold shortening), im Falle der zu langsamen Abkühlung (Temperatur des Muskels über 20 °C vor Eintritt der Totenstarre) von Rigorverkürzung (rigor shortening) (Hecht, 1986).

Der pH-Wert stellt einen direkten Indikator für den Verlauf der postmortalen Glykolyse dar. Er beeinflusst damit direkt oder indirekt andere Fleischqualitätsmerkmale wie Farbe, Zartheit, Geschmack, Wasserbindungsvermögen und Haltbarkeit (Augustini et al., 1977; Scheper, 1982; Hofmann, 1987). Nach Untersuchungen von Scheper (1974) und Fürst und Berschauer (1981) schwankt der pH-Wert der Muskulatur je nach Messstelle und -zeitpunkt zwischen 5,0 und 7,5. Es wird somit ersichtlich, dass die Entwicklung des pH-Werts in den einzelnen Muskeln weder gleichzeitig noch einheitlich abläuft.

Direkt nach der Schlachtung ist der pH-Wert der Rindermuskulatur nach Hofmann (1987) neutral bis leicht alkalisch. Er sinkt innerhalb von 45 Minuten nach der Schlachtung ab und erreicht 36 bis 48 Stunden nach der Schlachtung dann End-pH-Werte (pH_u) von 5,3 bis 6,0 (Stüber, 2000).

Der Einfluss eines verzögerten bzw. zu raschen pH-Wertabfalls zeigt sich an zwei die Fleischqualität entscheidend negativ beeinflussenden sogenannten Fleischfehlern. Fällt der pH-Wert 45 Minuten nach der Schlachtung (pH_1) beschleunigt unter 5,8, so entwickelt sich durch eine zu rasch ablaufende Glykolyse sogenanntes PSE-Fleisch (pale, soft, exudative) mit den negativen Eigenschaften einer blassen Farbe, geringem Wasserbindungsvermögen, geringer Zartheit und schlechtem Aroma (Hofmann, 1986a). Dies führt zu höheren Kühl-, Lager-, und Garverlusten sowie eine geringeren Haltbarkeit.

Liegt der End-pH-Wert ca. 36 bis 48 Stunden nach der Schlachtung über 6,2 spricht man von DFD-Fleisch (dark, firm, dry). Dieses dunkle, trockene und leimige Fleisch hat ein höheres Wasserbindungsvermögen, eine geringere Zartheit und ebenfalls eine geringere Haltbarkeit (Augustini und Fischer, 1979). Der DFD-Fleischfehler betrifft hauptsächlich Rindfleisch, welches in Folge dessen als sogenanntes dark-cutting-beef bezeichnet wird (Augustini und Fischer, 1979).

Neben vielen weiteren Faktoren hat daher die Behandlung der Tiere vor (Tiertransport, Wartezeit am Schlachthof) und während der Schlachtung (Schlachttechnologie), d.h. der Stressbelastung, der die Tiere ausgesetzt sind, entscheidenden Einfluss auf den Verlauf der späteren Fleischreifung; die Glykogenreserven in den Muskelzellen können bereits zum Schlachtzeitpunkt erschöpft sein und die oben genannten Fleischfehler können sich entwickeln.

2.2.5.2 Wasserbindungsvermögen

Nach Honikel (1986a) beschreibt das Wasserbindungsvermögen die Fähigkeit von Fleisch, sein eigenes oder das ihm beispielsweise im Rahmen der Verarbeitung zugefügte Wasser ganz oder teilweise zu halten.

Es stellt somit ein bedeutendes, qualitätsbestimmendes Merkmal dar, da die Bindung von Wasser in den Muskelzellen und im Muskeleiweiß in unmittelbarem Zusammenhang zum Lagerungsverlust, aber auch zu Farbe und Geschmack bei der Zubereitung und Verarbeitung, steht (Grau und Hamm, 1956; Irie et al., 1996).

Da sich Fleisch zu 75 % aus Wasser, 22 % aus Eiweiß, aber nur zu ca. 2 % aus Fett zusammensetzt, nehmen die Muskeleiweiße und Fette entscheidenden Einfluss auf das Wasserbindungsvermögen, da insbesondere die geringe Menge an Fett zum Aufbau der Muskelzellmembran benötigt wird, um das Austreten von Wasser zu verhindern (Honikel, 1986a).

Durch die Bestimmung von Tropf-, Koch- und Grillsaftverlusten kann dieses Merkmal quantifiziert werden.

Der Tropfsaftverlust beschreibt die beim Anschnitt freigesetzte Menge an Wasser. Der Grillverlust gilt als Maß für das in den Zellen und zwischen den Zellen gebundene Wasser. Für Fleischvermarkter ist somit der Tropfsaftverlust, als Information für die zu erwartenden Lagerverluste, von Bedeutung.

Fleischverarbeiter und Endverbraucher hingegen sind an den Verlusten beim Erhitzen des Fleisches interessiert, da bei zu großen Wasserverlusten das zubereitete Fleisch trocken wird und zu stark an Gewicht verliert (Honikel, 1986a,b).

Da mit zunehmendem Alter der Tiere mehr Fett für die Membranbildung zur Verfügung steht und die Zellen eine höhere Festigkeit bekommen, nimmt der Tropfsaftverlust ebenfalls ab (Honikel, 1998).

Die weiter oben aufgeführten Fleischfehler, PSE und DFD, haben auf das Merkmal Wasserbindungsvermögen ebenfalls den dort beschriebenen negativen Einfluss.

2.2.5.3 Fleischfarbe

Durch die Messung der Fleischfarbe wird versucht, das visuelle Empfinden des menschlichen Auges nachzuempfinden, welches bei Kaufentscheidungen des Verbrauchers eine bedeutende Rolle spielt. Dabei sind als Fleischfarbe beim Verbraucher helle und kräftige Rottöne erwünscht (Frickh, 2001a).

Die Fleischfarbe wird im Wesentlichen von der Konzentration und vom Redoxzustand des Myoglobins, als intravitales Sauerstoffspeicher der Muskulatur, bestimmt (Hamm, 1975; Potthast, 1987; Wendt et al., 2000).

Unmittelbar nach der Schlachtung liegt das Myoglobin in reduzierter Form vor. Es erscheint purpurrot. Durch Reaktion mit dem Luftsauerstoff an der Fleischoberfläche entsteht durch Oxygenierung von Myoglobin das hellere, kirschrote Oxymyoglobin. Durch weitere oxidierende Einflüsse während der Lagerung entsteht das braune bis graue Metmyoglobin (Hamm, 1975; Potthast, 1987).

Insgesamt entscheiden also die Myoglobinkonzentration des Muskels und die prozentualen Anteile von Myoglobin, Oxymyoglobin und Metmyoglobin über die Farbe von frischem Fleisch, da sie verschiedene Wellenlängen des Lichts reflektieren und somit eigene Absorptionsspektren besitzen (Hamm, 1975).

Des Weiteren spielt die Struktur der Muskeloberfläche eine wichtige Rolle bei der Remission von Licht und damit bei der Farbentstehung (Hamm, 1975; Wendt et al., 2000). Unmittelbar nach der Schlachtung sind die Myofibrillen sehr dicht gepackt, sodass sie große Anteile des Lichts absorbieren und daher dunkel

erscheinen (Feldhusen, 1994). Sehr niedrige pH-Werte in Verbindung mit einem niedrigen Wasserbindungsvermögen führen zu entquollenen Muskelfasern und einem hohen Anteil an ungebundenem Wasser. Dies führt dazu, dass ein großer Anteil des Lichts reflektiert wird und das Fleisch hell und blass erscheinen lässt (PSE-Fleischfehler). Erhöhte End-pH-Werte wiederum führen durch ein erhöhtes Wasserbindungsvermögen zu einer extremen Quellung der Muskelfasern (DFD-Fleischfehler). Dabei wird an der Oberfläche nur wenig Licht gestreut und das Fleisch erscheint dunkler (Hamm, 1975).

Zusätzlich nehmen sowohl intrinsische Faktoren, wie die Art des Muskels, das Alter des Tieres, die Fütterung und der pH-Wert als auch extrinsische Faktoren, wie die Behandlung der Tiere vor dem Schlachten (Stress), Kühlverfahren und bakterielle Besiedlung des Fleisches Einfluss auf die Fleischfarbe (Potthast, 1987; Schnäkel et al., 2006a).

Die Messung der Fleischfarbe beruht auf den Empfehlungen der Internationalen Beleuchtungskommission (Commission Internationale de L'Eclairage, CIE, 1986). Dabei wird mit einem Chromameter nach einem dreidimensionalen Verfahren die Helligkeit (Luminanz) L (0 – 100 entspricht schwarz – weiß), der Rotton a (+ 60 - -60 entspricht rötlich - grünlich) und der Gelbton b (+ 60 - - 60 entspricht gelblich – bläulich), wobei Rotton und Gelbton der Sättigung der Farbe entsprechen, gemessen (Feldhusen et al., 1987).

2.2.5.4 Scherkraft

Die Ermittlung der Scherkraft stellt einen objektiven Maßstab zur Bestimmung der Zartheit von Rindfleisch dar (Temisan und Augustini, 1989a). Dabei sind der Anteil an Bindegewebe und die Struktur der Myofibrillen für die Zartheit verantwortlich (Ristic, 1987). Während bei jungen Tieren die Zähigkeit des Fleisches hauptsächlich durch die Struktur der Myofibrillen bedingt wird, bestimmt mit zunehmendem Alter der Tiere der steigende Anteil an Bindegewebe diese. Entscheidend dabei ist, dass das Bindegewebe erst bei längerem Erhitzen in Lösung geht, wohingegen die Myofibrillenstruktur schon durch die proteolytischen Vorgänge während der Fleischreifung aufgebrochen wird (Honikel, 1986,b). Abgesehen von entscheidenden spezifischen Gegebenheiten wie Tiermaterial, Haltungs- und Fütterungsbedingungen, dem Schlachtprozess und der anschließenden Lagerung geht mit zunehmender Lager- und Reifezeit

eine Verbesserung der Zartheit einher (Augustini und Freudenreich, 1998). Dasselbe gilt für die Variabilität der Zartheit zwischen den Rindfleischtypen (Frickh et al., 2004). Nach Schöne et al. (2006) bringt allerdings eine 14 Tage überdauernde Fleischreifung keine signifikante Verbesserung der Zartheit mehr ein.

Zur objektiven Ermittlung der Scherkraft wird mit Hilfe eines Warner-Bratzler-Scherapparats die maximale Kraft des Widerstands einer Fleischprobe gegen ein Schermesser erfasst. Dabei wird das Fleisch entlang des Muskelfaserverlaufs geschnitten und quer dazu gequetscht. Damit soll der natürliche Kauvorgang des Menschen nachempfunden werden. Je höher die dabei aufgewendete Kraft ist, desto geringer ist die zu erwartende Zartheit. Für eine hohe Fleischqualität sind daher niedrige Kraft-Werte von Vorteil.

Zur subjektiven sensorischen Ermittlung werden Testpersonen und ein Punkteschema verwendet. Dabei besteht insbesondere bei der sensorischen Bestimmung ein enger Zusammenhang zwischen dem intramuskulären Fettgehalt der Fleischprobe und der Zartheit, sodass objektiv höher ermittelte Werte subjektiv durchaus als zarteres Fleisch angenommen werden können. Generell gilt nach Ristic (1987) bei den Verbrauchern die Zartheit als wichtigstes Merkmal der Fleischqualität.

Zur Verkürzung der Reifedauer kommen post mortem Verfahren wie die Elektrostimulierung zum Einsatz, die zu einer raschen Entleerung der Glykogenspeicher und der damit einhergehenden pH-Wert-Senkung führt. Dadurch setzt die Totenstarre früher ein und es ist eine höhere Kühlgeschwindigkeit ohne nachteilige Kälteverkürzung möglich (Binke, 2003). Dieser positive Effekt konnte auch von Razminowicz et al. (2008) bei Kreuzungsochsen, die hauptsächlich mit Gras und Grasprodukten gefüttert wurden, gezeigt werden. Des Weiteren können neben sogenannten Zartmachern (z.B. pflanzliche Proteasen) zur Beschleunigung der Reifung auch technische Geräte, die das Binde- und Muskelgewebe mechanisch zerreißen, eingesetzt werden (Honikel, 2003).

2.2.5.5 Fettgehalt und Fettfarbe

Das Fettgewebe hat von den drei Hauptgewebearten (Knochen, Muskulatur, Fett) während des Wachstums die höchste Variabilität. Dabei haben die verschiedenen Fettgewebearten unterschiedliche Prioritäten (Robelin, 1986). Ihr Hauptwachstum erfolgt in der Reihenfolge intermuskuläres Fett, Organ- bzw. Körperhöhlenfett, subkutanes Fett und intramuskuläres Fett. Die Dynamik des Wachstums hängt dabei stark von Rasse und Geschlecht ab (Kean et al., 1990). Daraus folgt, dass zum Erreichen eines bestimmten intramuskulären Fettgehalts mögliche Verluste durch höhere Fettabschnitte bei der Schlachtung, hervorgerufen durch eine zu starke subkutane Fettauflage, in Kauf genommen werden müssen (Temisan und Augustini, 1989a). Zur Ermittlung des intramuskulären Fettgehalts kommen chemische Standardverfahren zum Einsatz. Die subjektive Bestimmung der sichtbaren Fettanteile am Muskelanschnitt, die sogenannte Marmorierung, erfolgt mit Hilfe von Punkteschemata. Temisan und Augustini (1987) beschreiben eine deutlich positive Beziehung zwischen dem intramuskulären Fettgehalt und der sensorischen Beurteilung, sodass dieser in einem engen Zusammenhang zu Geschmack, Bratfähigkeit und Zartheit von Rindfleisch steht (Ender und Augustini, 2007). Nach Untersuchungen von Temisan und Augustini (1989b) und Frickh (2001a) gilt ein IMF-Gehalt zwischen 2,5 % und 4,5 % als empfehlenswert.

Die Ermittlung der Fettfarbe erfolgt in analoger Weise zur Fleischfarbe. Auch sie stellt ein sensorisches Kriterium da, das vom Verbraucher beim Einkauf als erstes Fleischqualitätsmerkmal erfasst werden kann. Nach Kreuzer (2007) assoziiert der Verbraucher mit einer gelblichen Fettfarbe zähes Fleisch von alten Tieren. Allerdings haben Tiere aus Weidehaltung bzw. Tiere, die hauptsächlich mit Gras und Grasprodukten gefüttert werden, durch eine erhöhte Aufnahme von Karotinoiden grundsätzlich eine höhere Farbsättigung des Gelbtönen, d.h. ein intensiv gelb gefärbtes Fett. Dieser „negativen“ Begleiterscheinung eines ansonsten vom Verbraucher durchaus präferierten Produktionssystems für Rindfleisch kann nach Kögel et al. (1991) durch eine dreimonatige Endmast mit karotinarmen Futtermitteln entgegengewirkt werden, was von Schwarz et al. (1998) jedoch nur teilweise bestätigt werden konnte.

2.2.6 Beziehungen zwischen den Merkmalen der Fleischqualität und weiteren Einflussfaktoren

Jene Einflussfaktoren, die auch die Merkmale der Mastleistung und Schlachtkörperbeschaffenheit beeinflussen, müssen bei den Merkmalen der Fleischqualität ebenso berücksichtigt werden. Diese können wiederum nach Augustini (1987) in tierspezifische und produktionsbedingte Faktoren unterteilt werden. Zusätzlich haben Faktoren, die im prä-, peri- und post-mortalen Zeitraum stattfinden, ebenfalls Einfluss auf das Tier vor der Schlachtung bzw. den Schlachttierkörper.

2.2.6.1 Tierspezifische Einflussfaktoren

2.2.6.1.1 Rasse und Kreuzung

Nach Temisan und Augustini (1989a) hat die genetische Ausstattung auf fast alle Merkmale der Fleischqualität einen Einfluss. Insbesondere bei den Merkmalen Zartheit und IMF-Gehalt werden deutliche Rassenunterschiede sichtbar (Ender und Augustini, 2007). Während Milchrassen dazu tendieren, einen höheren Fettanteil im Fleisch aufzuweisen, haben Fleischrassen einen im Vergleich dazu höheren Proteinanteil. Robustrassen wiederum zeichnen sich durch einen hohen Grad an Marmorierung aus. Diesen Sachverhalt konnten auch Chambaz et al. (2003) bei einem Rassenvergleich mit Ochsen verschiedener fleischbetonter Rassen zeigen. Auch sie konnten bei einem angestrebten IMF-Gehalt von 3,5 % bei allen erhobenen Merkmalen der Fleischqualität deutliche Unterschiede zwischen den Rassen erkennen. Dabei muss allerdings grundsätzlich das Produktionssystem beachtet werden, da es stets erheblichen Einfluss auf die Merkmale nimmt. Nach Velik (2008) sollte also je extensiver das Produktionssystem ist eine umso frühreifere Rasse verwendet werden, sodass möglichst früh die physiologische Schlachtreife erreicht werden kann. Außerdem weisen diese Rassen eine feinere Marmorierung und Muskelfaserstruktur auf.

Nach Untersuchungen von Monson et al. (2004) weisen Fleischrassen im Vergleich zu Doppelnutzungs- und Milchrassen geringere Scherkraftwerte bei einer gleichzeitig verkürzten Reifungsdauer auf. Im Gegensatz dazu steht die Aussage der Untersuchungen an Jungbullen von Schöne et al. (2006). Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die für den Verzehr relevante Fleischqualität weniger von der Rasse als vielmehr von den Teilstücken und der

Reifungsdauer des Fleisches abhängt. Stolowski et al. (2006) konnten ebenfalls größere Unterschiede bei verschiedenen Muskelproben innerhalb einer Rasse feststellen, als zwischen den untersuchten Rassen.

2.2.6.1.2 Geschlecht

Wie auch schon im Unterkapitel 2.2.3.2 gezeigt, hat das Geschlecht den entscheidenden Einfluss auf das Fettansatzvermögen und somit auch auf die Merkmale IMF-Gehalt und Marmorierung. Untersuchungen von Augustini et al. (1992), Frickh et al. (2003), Schnäkel et al. (2006b) und Velik et al. (2008) belegen dies zusätzlich. In Abhängigkeit von Haltungs- und Fütterungssystem weisen Bullen das geringste Fett- bzw. das höchste Proteinansatzvermögen auf, was dazu führt, dass diese Tierkategorie auch die geringste intramuskuläre Fetteinlagerung zeigt und der IMF-Gehalt somit im Vergleich zur Kategorie Ochse oder Kalbin deutlich niedriger ist. Dies kann möglicherweise den Genusswert des Endprodukts beeinträchtigen (Augustini et al., 1992; Frickh et al., 2003). So konnten Ender und Augustini (2007) einen positiven Zusammenhang zwischen Fettansatz am Schlachtkörper, IMF-Gehalt und sensorischen Eigenschaften des Fleisches herstellen. Demnach sollte der IMF-Gehalt für Fleisch hoher Qualität zwischen 2,5 % und 4,5 % liegen (Temisan und Augustini, 1989a, Frickh et al., 2001a). Grundsätzlich besteht die Gefahr einer möglichen Verfettung und den damit einhergehenden höheren Verlusten durch Fettabschnitte in Verbindung mit der schlechteren Klassifizierung des Schlachtkörpers überwiegend für Ochsen und insbesondere für Kalbinnen, wohingegen in der Jungbullenmast oftmals die untere Grenze von 2,5 % nur schwer erreicht wird (Frickh et al., 2001a).

Während der große Einfluss des Geschlechts auf den IMF-Gehalt und die Marmorierung deutlich wird, tritt er bei der Fleischfarbe wesentlich geringer auf. So zeigten Untersuchungen von Frickh et al. (2002a) und Schnäkel et al. (2006a) keine Unterschiede bezüglich der Fleischfarbe zwischen Ochsen und Kalbinnen auf. Jedoch konnten diese Autoren feststellen, dass das Fleisch von Bullen im Vergleich zu Ochsen und Kalbinnen dunkler war. Frickh et al. (2004) beschreibt zudem, dass Fleisch von Kalbinnen eine weniger intensive rote Farbe im Vergleich zu Bullenfleisch besitzt. Insgesamt sollten sich die Farbwerte in den von Frickh et al. (2001a) empfohlenen Referenzbereichen ($L= 34 - 40$, $a \geq 10$, $b \geq$

14) befinden, damit von Fleisch mit einer außergewöhnlichen Qualität gesprochen werden kann.

Ein Einfluss des Geschlechts auf die Fettfarbe ist grundsätzlich nicht gegeben, diese wird allein durch das Fütterungsregime beeinflusst (Frickh et al., 2002a).

Hingegen scheint ein Einfluss des Geschlechts auf die Zartheit, die sehr eng mit dem IMF-Gehalt zusammenhängt, vorhanden zu sein, dieser wird allerdings widersprüchlich diskutiert. Während Schnäckel et al. (2006a) Fleisch von Kalbinnen eine festere Textur im Vergleich zu Ochsen- und Bullenfleisch zuschreibt, wird dies von Frickh et al. (2003) nicht bestätigt. Die letztgenannten Autoren finden keine Unterschiede zwischen den Tierkategorien bezüglich der gemessenen Scherkraftwerte. Interessanterweise zeigen Frickh et al. (2001b) bei ihren Untersuchungen zur Fleischqualität eine gegensätzliche Korrelation von IMF-Gehalt und Scherkraft in Abhängigkeit der Fleischprobenaufbereitung. Während sie für Scherkraftwerte roher Fleischproben eine deutlich positive Korrelation zum IMF-Gehalt schätzen, kehrt sich diese für gegrillte Fleischproben um. Somit hatten Fleischproben mit einem hohen IMF-Gehalt in rohem Zustand auch hohe Scherkraftwerte und eine größere Zähigkeit, wohingegen Fleischproben mit hohem IMF-Gehalt in gegrilltem Zustand niedrige Scherkraftwerte und eine verringerte Zähigkeit aufwiesen.

2.2.6.2 Produktionsbedingte Einflussfaktoren

2.2.6.2.1 Produktionssystem und Fütterung

Wie unter dem Punkt Mastleistung und Schlachtkörperbeschaffenheit schon ausgeführt, kann selbstverständlich über die Fütterung und das Produktionssystem Einfluss auf den Fettansatz der Tiere genommen werden. Während der IMF-Gehalt bei Bullen durch eine intensive Mast erhöht werden kann, lässt sich der Fettansatz durch extensive Mastverfahren ohne Nachmast, wie sie beispielsweise die Mast auf der Weide darstellt, bei Ochsen und Kalbinnen geringer halten, sodass bei der Schlachtung relativ magere Schlachtkörper erzielt werden (Ender und Augustini, 2007).

Die Fütterung hat den entscheidenden Einfluss auf das Fleischqualitätsmerkmal Fettfarbe. So weisen Untersuchungen von Frickh et al. (2002a, 2003) und Schwarz et al. (1998) nach, dass eine gras- bzw. grassilagereiche Futtermittelration

unabhängig von der Tierkategorie zu gesteigerten Werten von Gelbton und Buntheit im Fett führen. Die Ursache liegt in einer gesteigerten Aufnahme von Karotinoiden über das Futter und Ablagerung derselben im Fett (Schwarz et al., 1998; Kreuzer, 2007).

Bezüglich eines möglichen Einflusses des Produktionssystems auf die Fleischfarbe beschreiben einige Autoren eine deutlich dunklere Fleischfarbe von Weidemasttieren (Schwarz et al., 1998; Schwarz, 2003; Nürnberg et al., 2005; Dannenberger et al., 2006). Während Schwarz et al. (1998) und Schwarz (2003) den Grund hierfür in einer durch das Mastverfahren verlängerten Mastdauer und somit im höheren Alter der Tiere angeben, begründen Nürnberg et al. (2005) dies durch die erhöhte Bewegungsaktivität der Tiere und dem damit einhergehenden höheren Myoglobingehalt in der Muskulatur von Weidetieren.

Nach Untersuchungsergebnissen von Schnäkel et al. (2006a), verläuft der Reifungsprozess bei Fleisch von extensiv gemästeten Tieren langsamer als bei intensiv gemästeten, sodass dadurch eine möglicherweise verlängerte Reifungsdauer für Fleisch extensiv gemästeter Tiere abgeleitet werden könnte. Allerdings wurde in dieser Untersuchung kein Unterschied bezüglich der entscheidenden post-mortalen pH-Wert-Senkung zwischen den Gruppen festgestellt und auch die ermittelten Scherkraftwerte zeigten keine Abweichungen von den verwendeten Referenzwerten.

Frickh et al. (2003) konnten über alle Tierkategorien (Stier, Ochse, Kalbin) und Produktionssysteme (intensiv, extensiv) keine Unterschiede für das Merkmal Wasserbindungsvermögen finden. Die Begründung der Autoren lag in der tierschonenden Schlachtung sowie der langen Ruhephase vor der Schlachtung. So kann davon ausgegangen werden, dass nicht das Produktionssystem, sondern das Stressniveau, dem die Tiere im prä- und peri-mortalen Zeitraum ausgesetzt sind, den entscheidenden Einflussfaktor darstellt. Allerdings nimmt nach Angaben von Dufey (2008) die Fütterungsintensität sehr wohl Einfluss auf die Tropfsaftverluste, wonach intensiv gemästete Tiere die höheren Verluste aufweisen.

2.2.6.2.2 Schlachalter und Mastendmasse

Wie weiter oben bereits ausgeführt beeinflusst das Tieralter die Löslichkeit des Bindegewebes einerseits als auch die Muskelfaserausbildung andererseits. Honikel (1986b) und Ender und Augustini (2007) führen dabei die mit zunehmendem Alter steigende Anzahl an Quervernetzungen im Kollagen und die abnehmende Löslichkeit des Kollagens als Ursachen an. Dieser Einfluss auf die Zartheit des Fleisches kann möglicherweise durch einen mit dem Alter steigenden IMF-Gehalt ausgeglichen werden, sodass die sensorische Bewertung diesen Sachverhalt weniger deutlich abbildet. Velik et al. (2008) beschreiben jedoch innerhalb der Tierkategorie mit zunehmendem Schlachalter signifikant höhere Scherkraftwerte, d.h. eine reduzierte Zartheit.

Der Einfluss des Alters auf das Wasserbindungsvermögen ist gering (Ender und Augustini, 2007) und wird, wie weiter oben bereits dargestellt, hauptsächlich vom Stressniveau der Tiere vor der Schlachtung bestimmt.

Die Fleischfarbe wird allerdings nach Ender und Augustini (2007) sehr wohl vom Alter der Tiere bestimmt; demnach wird sie mit zunehmendem Alter dunkler.

Insgesamt betrachtet, sieht Scheeder (2007) den Einfluss des Alters insbesondere auf das Merkmal Zähigkeit als gering an. Er betont vielmehr die herausragende Bedeutung der postmortalen biochemischen Prozesse der Fleischreifung und somit den großen Einfluss der Schlacht- und Kühltechnologie auf die spätere Zartheit des Fleisches. Zudem hängt diese ebenfalls entscheidend von Muskeltyp und dessen Ausprägung ab (Temisan und Augustini, 1989a).

2.3 Durchführung der Ochsenmast

2.3.1 Formen der Ochsenmast

Grundsätzlich lassen sich Produktionssysteme von Masttieren nach ihrer Fütterungsintensität in intensive und extensive Formen unterscheiden. Hinsichtlich der Mast von Ochsen müssen insbesondere die deutlich unterschiedliche weltweite Bedeutung der wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen sowie die naturräumlichen Lagen und klimatischen Bedingungen beachtet werden (Deblitz und Brüggemann, 2007).

Im Folgenden sollen die wesentlichen Formen der Ochsenmast auf internationaler und nationaler Ebene kurz dargestellt und erläutert werden. Dabei soll der Schwerpunkt auf den weidebasierten Produktionssystemen liegen.

Auf internationaler Ebene lassen sich in bedeutenden rindfleischproduzierenden Staaten intensive Mastverfahren als sogenannte Feedlotsysteme von extensiven Mastverfahren in oftmals landwirtschaftlich benachteiligten Regionen unterscheiden.

Insbesondere in Nord- und Südamerika, aber auch in Australien und Spanien, werden die trockenen klimatischen Bedingungen für intensive Feedlotsysteme mit Ochsen genutzt.

Diese Feedlotsysteme können in unterschiedlichen Varianten Verwendung finden. Die einfachste Form dieser „Lots“ stellen unbefestigte, unüberdachte eingezäunte Flächen dar. Es kommen aber auch durchaus betonierte teilweise überdachte Haltungssysteme zum Einsatz (Lawrence et al., 2006). Die kleinste Einheit solcher bis zu 50 000 Tiere fassenden Einrichtungen stellen die sogenannten „Pens“ mit Tiergruppen von 100 – 500 Tieren dar. Die wesentlichen baulichen Bestandteile sind der Futtertrog mit betonierten Standflächen, unbefestigte Laufflächen mit hügelartigen Liegeplätzen, fest installierte Metallzäune und das Güllelager. Je nach klimatischen Standortbedingungen kommen technische Ergänzungen (z.B. Windschutzzaun oder Beregnungsanlagen zur Staubbindung) zum Einsatz (Brüggemann, 2006; Field und Taylor, 2003). Die Tiere stammen aus der Mutterkuhhaltung und gelangen entweder direkt oder über Aufzuchtbetriebe in die Feedlots (Field, 2007). Nach Brüggemann (2006) werden die Ochsen erst mit einem durchschnittlichen Gewicht von ca. 360 kg und einem Alter von 15 Monaten zugekauft. Für die anschließende Mastphase werden von Brüggemann (2006) und Grabner (2011) folgende Mastleistungsparameter beschrieben:

- ca. 4,5 Monate Mastdauer
- Tageszunahmen von ca. 1400 g
- Schlachalter 18 – 24 Monate
- Mastendgewicht 550 kg

Zum Erzielen dieser Mastleistungen werden die Tiere hauptsächlich mit mais- und kraftfutterbetonten Rationen gefüttert. Um die Gefahr der Erkrankung an einer

Panzenazidose der aus der weidebasierten Mutterkuhhaltung stammenden Tiere zu reduzieren, wird nach Brüggemann (2006) Luzerneheu als Rohprotein- und Rohfaserquelle verwendet. Des Weiteren kommen nach Grabner (2011) standardmäßig bei ca. 95 % der Tiere Hormone und weitere wachstumsfördernde Substanzen zum Einsatz.

Im Gegensatz zu diesem sehr intensiven Mastverfahren steht die extensive Weidemast. Sie stellt ein gegensätzliches Verfahren dar und wird hauptsächlich in landwirtschaftlich geprägten Flächenländern Südamerikas (Brasilien und Argentinien) aber auch in Australien, wo weite Landesteile aufgrund klimatischer Bedingungen (Trockenheit) nur als extensives Weideland genutzt werden können, betrieben (Field, 2007). Die ebenfalls aus der Mutterkuhhaltung stammenden Absetzer werden auf großen Weideflächen mit geringer Besatzdichte bis zur Schlachtreife gemästet.

Von diesen beschriebenen Produktionsverfahren der Ochsenmast weichen die Verfahrensweisen auf nationaler Ebene deutlich ab. Eine wesentliche Ursache hierfür sind die grundsätzlich verschiedenen Betriebsstrukturen in Deutschland. Neben diesen spielen aber auch die standortbedingten Faktoren und die politischen Rahmenbedingungen eine wesentliche Rolle. In landwirtschaftlichen Gunstlagen werden deshalb der Anbau von Futtergetreide und die Gewinnung von Maissilage aus ökonomischen Gründen für die Bullenmast, die Milchviehhaltung oder die Biogaserzeugung verwendet. Als Folge dieser Marktsituation beschränkt sich die Ochsenmast weitestgehend auf die Verwertung von Dauergrünlandflächen und extensiven Landschaftspflegeflächen. Diese Chance der Rindfleischerzeugung auf ertragsschwachen Standorten sehen auch Vögtlin et al. (2009). Aufgrund dessen und in Kenntnis der weiter oben beschriebenen ernährungsphysiologischen, morphologischen Entwicklung von Ochsen im Verlauf der Mast bietet sich als Verfahren die Weidemast an. Außerdem stellt aus ökonomischer Sicht Weidefutter das preiswerteste Grundfutter bei der Rinderfütterung dar (Steinwider, 2003b). In der Literatur finden sich unterschiedliche Einteilungen der Ochsenmastverfahren. Im folgenden wird die Einteilung nach Steinwider (2003a) exemplarisch dargestellt und auf die herkömmliche Form, wie sie auch in modifizierter Form in vorliegender Arbeit verwendet wurde, näher eingegangen:

Die intensive Ochsenmast von Kälbern aus Mutterkuhhaltungen stellt dabei eine besondere Form dar, da die Tiere Tageszunahmen von 1000 – 1100 g erreichen, durchgehend intensiv mit energiereichem Grundfutter und Kraftfutter gemästet werden und deshalb ein deutlich geringeres Schlachalter aufweisen als Tiere aus herkömmlichen Mastsystemen. Weiterhin ist bei diesem Verfahren kein Weidegang vorgesehen.

In ähnlicher Weise verhält sich das mittelintensive Mastverfahren. Aufgrund eines etwas reduzierteren Kraftfuttereinsatzes erreichen die Tiere aus Mutterkuhhaltung 4 – 5 Monate später das Schlachalter und haben daher auch ein höheres Mastendgewicht. Es werden Tageszunahmen von 900 – 1000 g angestrebt. Wesentlicher Unterschied zum intensiven Verfahren ist die drei- bis fünfmonatige Weideperiode im Gewichtsbereich von 350 – 500 kg, in der nach Steinwider (2003a) gänzlich auf Kraftfutter verzichtet werden kann. In der sich daran anschließenden intensiven Ausmastphase soll dann ein kompensatorisches Wachstum der Ochsen genutzt werden.

Die extensive Ochsenmast kann nach Steinwider (2003b) lediglich dazu dienen im Rahmen von Landschaftspflegeprogrammen extensiver Grünlandflächen einen Beitrag zu leisten. Dabei sieht der Autor nicht die Leistung der tierischen Produktion im Vordergrund, sondern die Pflege und die Bewirtschaftung von extensivem Grünland. Besonders frühreife, robuste Rassen bieten sich nach seinen Angaben für eine solche durchgehend extensive Mast an.

Das Verfahren der herkömmlichen Ochsenmast stellt von Beginn an eine eigene Form dar, da es sich um ein Mastverfahren ab Kalb handelt. Dadurch steigt der Managementaufwand für die Tränke- und anschließende Aufzuchtphase drastisch an. Die Kälber stammen in Deutschland insbesondere aus der Milchviehhaltung und haben daher Genotypen sehr milchbetonter Rassen, wie Deutsche Holstein, oder von Doppelnutzungsrassen, wie dem Deutschen Fleckvieh. Nach Schwarz (2011) bilden männliche Fleckviehkälber, die insbesondere in Süddeutschland im Alter von 5 – 7 Wochen und einem Lebendgewicht von 80 – 90 kg vermarktet werden, die Grundlage für die herkömmliche Ochsenmast. Das Ziel ist es, trotz der individuellen Tränke- und Fütterungsregime der Herkunftsbetriebe, zu Beginn der ersten Mastphase (150 – 250 kg) einen gesunden Wiederkäuer mit optimaler Pansenentwicklung zu erhalten, da ein bedeutender limitierender Faktor für das Wachstum und die Nährstoffversorgung das Pansenvolumen darstellt und ein

kompensatorisches Wachstum in dieser Phase nicht möglich ist (Steinwider, 2003a). Um dies zu erreichen müssen die Tiere mit qualitativ hochwertigem Grundfutter und zusätzlichen Kraftfuttergaben versorgt werden. Im sich anschließenden Mastabschnitt von 250 – 550 kg wird von Steinwider (2003a) die Weidehaltung empfohlen, wobei bei ausreichender Grundfutterqualität und Tageszunahmen von > 800 g auf eine Kraftfuttergabe verzichtet werden kann. Um eine marktkonforme Schlachtkörperbeschaffenheit und eine ausreichende Fleischqualität zu erreichen, sollte sich nach Steinwider (2003a) ab einem Gewicht von ca. 550 kg eine Ausmastphase anschließen. Deshalb wird, je nach Ankaufsdatum der Kälber, die zweite Weidesaison nicht immer vollständig genutzt. Bei dieser meist notwendigen Endmast (Dufey, 2008) werden grundsätzlich drei verschiedene Verfahren für die Ochsenmast mit Weidehaltung beschrieben:

1. Endmast nach der Winterfütterungsperiode gänzlich im Stall
2. Eine komplette 2. Weideperiode bis zur Schlachtung
3. Eine verkürzte 2. Weideperiode mit Endmast im Stall

Zu den beiden ersten Verfahren wurden von Rieder et al. (2000) Untersuchungen mit Ochsen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass Ochsen aus dem ersten Verfahren, um eine zu starke Verfettung zu vermeiden, mit durchschnittlich 20 Lebensmonaten und einem Mastendgewicht von 600 kg geschlachtet werden mussten. Ochsen, die der Gruppe mit einer 2. Weideperiode zugeteilt waren, waren zum Zeitpunkt des Mastendes 24 Monate alt und hatten ein Endgewicht von 677 kg. Die Unterschiede von Alter und Mastendgewicht hatten nach Rieder et al. (2000) jedoch nur geringe Auswirkungen auf die Fleischqualität. Um eine zu starke Veränderung der Fettfarbe, bedingt durch den Karotingehalt des Weideaufwuchses, zu verhindern, empfehlen Steinwider (2003b) und Velik et al. (2010a) das dritte Verfahren, die Endmast im Stall. Sie soll geringere Zunahmen während der Weideperiode durch ein kompensatorisches Wachstum in dieser letzten Phase 2 – 3 Monate vor der Schlachtung ausgleichen (Velik et al., 2010a), sowie für eine bessere Fettabdeckung und Marmorierung des Schlachtkörpers sorgen (Steinwider, 2003a). Neben Grassilage und Kraftfutter kann auch Maissilage verwendet werden (Steinwider, 2003b).

Alle vier beschriebenen Mastverfahren finden in der Praxis ihre Anwendung. Die Entscheidung, welches Verfahren verwendet werden sollte, hängt zu einem großen Teil von individuellen Standortbedingungen ab und kann somit nicht allgemein gültig formuliert werden. Es gilt jedoch stets, dass, neben den oben aufgeführten Grundsätzen der Fütterung, die physiologische Schlachtreife eines Tieres am Ende der Mast nicht überschritten werden sollte, damit eine angemessene Schlachtkörperbeschaffenheit und Fleischqualität garantiert wird.

2.3.2 Besonderheiten der Ochsenmast

Im Gegensatz zur Stiermast kann mit Kalbinnen und Ochsen aufgrund der frühzeitigeren und stärkeren Fetteinlagerung auch unter extensiven Fütterungsbedingungen eine gute Fleischqualität erzeugt werden (Frickh et al., 2003). Demgegenüber sind in der Stiermast deutlich höhere Tageszunahmen bei geringerem Futteraufwand möglich, sodass in Europa die Mast von unkastrierten männlichen Tieren, besonders in Ackerbaugebieten, vorherrscht (Steinwider et al., 2002). Diese beiden Aussagen sind von entscheidender Bedeutung für eine prägnante Beschreibung der Ochsenmast. Sie berücksichtigen sowohl den kastrationsbedingten veränderten Hormonstoffwechsel bei Ochsen, als auch die damit einhergehende schlechtere Futtermittelverwertung und Veränderungen bei Protein- und Fettansatz.

Männliche Kälber, die für eine Ochsenmast verwendet werden sollen, sollten optimaler Weise im Zeitraum vom 3. - 6. Lebensmonat (Steinwider, 2003b) bzw. im 5. - 7. Lebensmonat (Hampel, 2005) kastriert werden. Um eine etwas stärkere Ausbildung des männlichen Charakters zu erhalten, wird der Eingriff bei Kälbern milchbetonter Rassen etwas später vorgenommen (Steinwider, 2003b). Dabei kommen zwei unterschiedliche Kastrationsmethoden zum Einsatz. Die gebräuchlichste ist nach Nuss (2007) die Methode nach Burdizzo, bei der die Samenstränge mit Hilfe einer speziellen Zange gequetscht werden und somit eine nutritive Versorgung der Hoden verhindert wird (Hampel, 2005). Aber auch die blutige Variante, bei der durch einen chirurgischen Eingriff die Samenstränge ligiert und die Hoden im Anschluss entfernt werden, hat durchaus ihre Berechtigung, verhindert sie doch die in Ausnahmefällen bei der Burdizzo-Methode auftretende funktionelle Wiederherstellung der Hodenfunktion gänzlich.

Mit der Kastration einhergehend kommt es zu einer grundlegenden Veränderung des Hormonstoffwechsels der Tiere, der sowohl auf die Mastleistung als auch auf die Fleischqualität Auswirkungen hat. Erste Untersuchungen über den Einfluss der Kastration auf die Fleischproduktion und die Fleischleistung bei Rindern, Schafen und Schweinen stammen von Urick et al. (1957) und Turton (1962). In den folgenden Jahrzehnten beschäftigten sich viele weitere Autoren mit der Thematik, wie Arbeiten von Schwark et al. (1972), Burgstaller et al. (1985), Schwarz und Kirchgeßner (1990), Augustini et al. (1993a,b), Thomet et al. (2000) und Schwarz (2003) zeigen. Die übereinstimmenden Ergebnisse liegen beim Rind darin, dass Ochsen grundsätzlich eine im Vergleich zu Bullen deutlich reduzierte Wachstumsintensität aufzeigen und in ihrem erhöhten Fettansatz bzw. inter- und intramuskulären Fetteinlagerungen nur noch von Kalbinnen übertroffen werden. Grund hierfür ist die unterschiedliche Zusammensetzung der Körpersubstanz, die sich im Verlauf der Mast grundlegend ändert, sodass mit zunehmender Lebendmasse der Fettanteil deutlich auf Kosten des Wasser- und Proteinanteils zunimmt. In der Folge nimmt der Energiegehalt von Körpersubstanz und Zuwachs ebenfalls kontinuierlich zu. Bei vergleichbaren Tageszunahmen nimmt somit bei Bullen, Ochsen und Kalbinnen der Fettansatz in aufsteigender Reihenfolge zu, der Proteinansatz hingegen ab (Schwarz, 2011).

Neben dem Geschlecht und der Genetik - milchbetonte Rassen weisen einen deutlich höheren Fett- und niedrigeren Energiegehalt in der Körpersubstanz auf - spielt die Fütterungsintensität eine entscheidende Rolle. Sie kann den Wachstumsverlauf und somit auch das Mastendgewicht entscheidend beeinflussen. Dabei gilt es zu beachten, dass nach einer Phase restriktiver Fütterung ein sogenannter kompensatorischer Wachstumseffekt auftritt, der sich in einer deutlichen Steigerung der Tageszunahmen und damit einem erhöhten Zuwachs widerspiegelt (Schwarz, 2011).

Der dafür notwendige energetische Gesamtbedarf setzt sich zusammen aus dem Erhaltungsbedarf und dem Leistungsbedarf. Kirchgeßner et al. (1994) haben für die Rasse Fleckvieh einen abnehmenden Erhaltungsbedarf von Bullen über Ochsen zu Kalbinnen ermittelt. Der Leistungsbedarf bezieht sich auf den täglichen Energieansatz in Form von Fett und Eiweiß unter Berücksichtigung der entsprechenden energetischen Teilwirkungsgrade für deren Synthese. Dabei ist die Verwertung der umsetzbaren Energie für den Proteinansatz deutlich schlechter

als für den Fettansatz (Stangl, 2011). Zusätzlich nimmt der Erhaltungsbedarf mit zunehmender Lebendmasse bis zu einem Verhältnis von 60:40 (im Vergleich zum Leistungsbedarf) zu, sodass der Gesamtaufwand an Energie pro kg Zuwachs ebenfalls stetig ansteigt (Stangl, 2011). Dies hat zur Folge, dass mit zunehmender Lebendmasse die Futtermittelverwertung bei Ochsen und Färsen im Vergleich zu Bullen deutlich sinkt.

Es stellt sich nun die Frage, wie sich eine Mast von Ochsen darstellen kann, die diesen Sachverhalten in genügendem Maße Rechnung trägt.

Nach Steinwider (2003a) gelten in Kenntnis der oben genannten Verhältnisse folgende Prinzipien für eine Ochsenmast:

- Je länger die Mastdauer wird, desto kostengünstiger müssen die Produktionsbedingungen sein
- Mastbetonte großrahmige Tiere benötigen eine höhere Fütterungsintensität
- Frühreife Rassen erreichen auch unter extensiveren Bedingungen und bei geringerem Lebendgewicht die Schlachtreife
- Wenn in der Aufmast extensive Phasen vorliegen, dann muss zumeist eine intensivere Ausmast vor dem Verkauf erfolgen

Neben der Rasse spielt somit auch das Fütterungsverfahren eine entscheidende Rolle. Da Ochsen tendenziell zu einer Verfettung neigen, bieten sich extensive Haltung- und Fütterungssysteme an. So kann die extensive Ochsenmast einen entscheidenden Beitrag zur Erhaltung der Kulturlandschaft leisten (Jans und Troxler, 1996).

Insbesondere die Weidemast eignet sich als sogenanntes low-input-System und trägt den ernährungsphysiologischen und metabolischen Eigenschaften des Wachstumsverhaltens der Tiere Rechnung. Unter den Voraussetzungen einer fachgerechten Weideführung wird aufgrund des Nährstoffgehalts im Weidegras der tierische Bedarf an Rohprotein stets gedeckt sein; limitierend für den Zuwachs der Masttiere ist die Energieversorgung (Schwarz, 2011). Entscheidend für eine erfolgreiche Weidemast ist daher, nach Angaben von Schwarz (2011), stets eine möglichst hohe Futteraufnahme zu erreichen. Diese hängt wiederum von Weidesystem, dem Weidefutterangebot und dessen Qualität ab. Nach Steinwider (2003a) steigt die tägliche Futteraufnahme von 3 - 3,5 kg bei einem Kalb mit 150

kg Lebendmasse, auf 11 kg am Ende der Mast bei Ochsen mit 600 - 650 kg LM an.

Um den sich im Mastverlauf ändernden Energie- und Nährstoffbedarf der Tiere Rechnung zu tragen, ist daher eine dem Lebendgewichtsbereich angepasste Fütterung notwendig.

Das bedeutet nach Steinwider (2003a), dass Tiere im Gewichtsbereich 150 – 250 kg LM mit qualitativ hochwertigem Grundfutter und zusätzlichem Kraftfutter versorgt werden sollten. Tiere, die sich im Gewichtsbereich zwischen 250 und 550 kg befinden, können entweder mit hochwertigem Grundfutter unter Verzicht von Kraftfutter oder aber nach einer zweiwöchigen Futterumstellungphase auf der Weide gemästet werden. Je nach Weidetyp und Grundfutterqualität kann dann ein kompensatorisches Wachstum in der sich an die erste Weidesaison anschließenden Winterfütterungsphase anschließen, was auch von Ryan (1990) und Ryan et al. (1993) gezeigt werden konnte. Bei hohen Tageszunahmen sollte allerdings eine restriktive Fütterung im Winter erfolgen, sodass ein kompensatorisches Wachstum in der folgenden Weidesaison erreicht werden kann.

Werden die Tiere eine zweite Saison auf der Weide gehalten, so muss nach Steinwider (2003a) und Velik et al. (2010a) eine Endmast vor der Schlachtung erfolgen, bei der die Tiere im Stall mit Kraftfutter und Silage ausgemästet werden. Nach Ansicht dieser Autoren ist dies zwingend notwendig, um eine ausreichende Fettabdeckung der Schlachtkörper der gemästeten Tiere zu erreichen und um der durch das Weidegras hervorgerufenen Gelbfärbung des Fettes entgegenzuwirken. Sollten die Ochsen in dieser Phase mit hohen Maissilageanteilen in der Ration gefüttert werden, so muss der ansonsten in diesem letzten Mastabschnitt geringe Eiweißbedarf durch eine entsprechende Kraftfutterbeifütterung ausgeglichen werden (Steinwider, 2003a).

Je nach Intensität des Mastverfahrens gilt also, dass die Jungtiere bis ca. 300 kg LM intensiv gefüttert werden sollten, in der anschließenden Phase bis ca. 600 kg LM eine extensivere Fütterung erhalten können, um dann in der Ausmastphase erneut intensiv versorgt zu werden, damit ein Schlachalter von 23 – 26 Monaten erreicht werden kann. Grundsätzlich spielt die genetische Herkunft der Tiere eine

entscheidende Rolle. Sie ist neben den Standortbedingungen ein entscheidender Faktor einer erfolgreichen Ochsenmast als Produktionssystem für Rindfleisch.

2.3.3 Weidebasierte Ochsenmast

Mastverfahren mit Ochsen, die als Futterquelle hauptsächlich Weidegras und dessen konservierte Produkte einschließen, stellen semi-intensive bis extensive Produktionssysteme für Rindfleisch dar. Da das hauptsächliche Grundfutter Weidegras ist, spielt neben der Tiergenetik das verwendete Weidesystem eine entscheidende Rolle, um erwünschte Tageszunahmen und eine entsprechende Mastleistung der Tiere zu erreichen. Der Verfettungsneigung von Ochsen kann durch derartige Mastverfahren aktiv entgegengesteuert werden.

Die vom Weidesystem abgeleiteten Faktoren, wie die Besatzdichte, der Flächenenertrag, die Aufwuchshöhe, das Vegetationsstadium und die Artenzusammensetzung, haben einen wesentlichen Einfluss auf die Tageszunahmen der Tiere (Jans und Troxler, 1996; Chassot und Troxler, 2006; Fraser et al., 2009). Außerdem haben neben den genannten Faktoren auch der entsprechende Mastabschnitt und die Dauer der Weidemast Einfluss auf die Mastleistung.

Während Fraser et al. (2009) Welsh Black- und Charolais-Ochsen mit einem Lebendgewicht von 500 kg auf ein Mastendgewicht von 600 kg entweder auf einer Intensivweide mit Aufwuchshöhen von 7 bis 10 cm oder auf einer mittelextensiven Weide mästeten und dabei Tageszunahmen von 1270 g bzw. 820 g erreichten, mästeten Chassot und Troxler (2006) Limousin x FV-Ochsen von 400 kg bis 500 kg auf Almweiden mit unterschiedlicher Besatzdichte (1,8; 1,2; 0,6 GVE/ha) und erhielten mit abnehmender Besatzdichte signifikant höhere Tageszunahmen (820 g bei 0,6 GVE/ha vs. 620 g bei 1,8 GVE/ha). Steen et al. (2003) erreichten bei Ochsen verschiedener Fleischkreuzungen bei einer Weidedauer von 139 Tagen und einem Mastabschnitt von 460 kg auf 613 kg LM Tageszunahmen von 1100 g. Keane und Moloney (2009) hingegen fanden bei Frisian x Angus und Frisian x Blauer Belgier-Kreuzungsochsen bei einer Weidedauer von 94 Tagen und einem Mastabschnitt von 434 kg auf 501 kg LM deutlich geringere Tageszunahmen von 714 g.

Handelt es sich bei dem verwendeten Weidesystem um ein eher semi-intensives Weidesystem wie das der Umtriebsweide, bei dem die Tiere je nach Futterangebot und Futterbedarf auf mehreren Teilflächen rotierend geweidet werden, ist mit

einer geringeren Futterqualität zu rechnen als bei dem intensiven Weidesystem der Kurzrasenweide, die als Standweide geführt wird und deren Fläche je nach Futterangebot und Futterbedarf reguliert wird (Weindl et al., 2012). Ziel des Systems der Kurzrasenweide ist eine Aufwuchshöhe von 5-10 cm, wodurch der tägliche Futterverbrauch dem täglichen Aufwuchs entspricht und dadurch eine kontinuierliche Futterqualität erhalten werden kann. Häusler et al. (2008) beschreiben bei einem Systemvergleich von Kurzrasenweide und Koppelweide mit Kalbinnen durchschnittliche Tageszunahmen von 923 g auf der Kurzrasenweide und 1013 g auf der Koppelweide. Thomet et al. (2000) beschreiben eine bis zu 8 % niedrigere Flächenleistung der KRW im Vergleich zur UTW in ihrem vierjährigen Systemvergleich, bei einer durchschnittlichen Besatzstärke von 6,8 Tieren/ha. Die Fleckvieh und Braunvieh-Ochsen waren zu Beginn der Weidesaison rund 300 kg schwer. Die Autoren beschreiben einen durchschnittlichen Flächenertrag von 125 dt TM/ha, gleichzeitig aber auch die Probleme des Futterangebots der KRW mit einem Futterberg zu Beginn der Beweidung und einem stark nachlassenden Zuwachs am Ende der Weidesaison. Die hohe Besatzstärke hatte bei ihrem Versuch zur Folge, dass die auf einer KRW angestrebte Bestandshöhe von 6 - 8 cm zum Teil deutlich unterschritten wurde (4 - 5,5 cm). Sie vermuteten dadurch sinkende Lebensgewichtszunahmen. Schaut man sich allerdings Arbeiten von Yarrow et al. (1996) an, so stellen diese Autoren fest, dass bei einem deutlichen Unterschreiten der Aufwuchshöhe zwar die Mastleistungen geringer, die Flächenleistungen dagegen höher sind. Laut Parsons et al. (1983) kann bei geringerer Bestandshöhe zudem mehr qualitativ hochwertige Biomasse aufgenommen und in Fleisch umgesetzt werden. Den letztendlichen Leistungsunterschied begründen die Autoren Thomet et al. (2000) mit einer Differenz bei den Tageszunahmen von bis zu 200 g, KRW 500 - 700 g/Tag und UTW 700 - 900 g/Tag, insbesondere zum Ende der Weidesaison.

Bezüglich des Weidesystems KRW sei anzumerken, dass nach Phillips und Leaver (1986) bekannt ist, dass mit abnehmender Rasenhöhe die Futtermenge pro Biss abnimmt, die Bissrate pro Minute und die gesamte Fresszeit pro Tag hingegen zunehmen. Dabei liegt der kritische Bereich der Kompensation bei einer Rasenhöhe von 7 - 8 cm. Danach sinken die täglich verzehrte Futtermenge und damit auch die tierischen Leistungen.

Zum Ende der Weidemast muss die von einigen Autoren (Steinwider, 2003a; Velik et al., 2010a) empfohlene Stallendmast vor der Schlachtung aus Gründen einer ausreichenden Fettabdeckung der Schlachttierkörper gegebenenfalls Rechnung getragen werden, um finanzielle Verluste durch geringere Schlachtkörperklassifizierungen zu vermeiden.

2.4 Rindfleisch als Quelle gesundheitsrelevanter Fettsäuren

Im folgenden Abschnitt soll beschrieben werden, warum und auf welche Weise Rindfleisch eine potentielle Quelle gesundheitsrelevanter Fettsäuren für den Menschen darstellen könnte.

2.4.1 Definition und Chemismus der Fette, Triglyceride und Fettsäuren

Die nachfolgenden Begriffsbestimmungen und Funktionsbeschreibungen entstammen soweit nicht anders aufgeführt den Arbeiten von Stangl (2011) und Breitmaier und Jung (2009).

Fette

Der Begriff Fette (Lipide) bezeichnet organische Stoffe, die durch Unlöslichkeit in Wasser (hydrophob) und durch Löslichkeit in unpolaren organischen Lösungsmitteln (lipophil) gekennzeichnet sind. Chemisch gesehen unterscheidet man hydrolysierbare (unter Wasseraufnahme spaltbar) von nicht-hydrolysierbaren Lipiden. Hydrolysierbare Lipide besitzen eine oder mehrere Esterbindungen. Diese Esterbindungen entstehen durch die Verknüpfung der OH-Gruppe eines Alkohols und der COOH-Gruppe einer Fettsäure. Zur Lipidklasse der hydrolysierbaren Lipide zählen die einfachen Ester (Triglyceride, Wachse, Sterolester), die Phospholipide (Glycero- und Sphingophospholipide) und die Glycolipide (Cerebroside, Ganglioside). Zur Klasse der nicht-hydrolysierbaren Lipide gehören die Fettsäuren und deren Derivate (Fettsäuren, Eicosanoide) genauso wie die Polyisoprenoide (Terpene, Steroide).

Triglyceride

Den Hauptanteil der Nahrungslipide bilden die Triglyceride. Diese stellen Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin mit drei gebundenen Fettsäuren dar. Bei der hydrolytischen Spaltung dieser Triglyceride entstehen Di- und Monoglyceride sowie freie Fettsäuren. Die Triglyceride stellen aufgrund ihres hohen

Energiegehalts und der nahezu wasserfreien Speicherung eine ideale Form der Energiereserve dar. Sie werden im tierischen Organismus hauptsächlich im Depotfett, in Pflanzen hauptsächlich in den Samen und ölhaltigen Früchten gespeichert. Das Depotfett hat neben der Energiespeicherung auch Bedeutung für die Wärmeisolierung, hat Schutzfunktion für empfindliche Organe und dient als Speicher für fettlösliche Vitamine.

Fettsäuren

Fettsäuren (FS) lassen sich nach folgenden Merkmalen klassifizieren:

1. Zahl der C-Atome → gerad-, ungeradzahlig; kurz-, mittel-, langkettig
2. Zahl der Doppelbindungen (DB) → gesättigte FS (keine DB), einfach ungesättigte oder Monoenfettsäuren (eine DB), mehrfach ungesättigte oder Polyenfettsäuren (> 2 DB)
3. Lage der 1. DB → n-6 Fettsäuren: 1. DB am 6. C-Atom vom Methylenende gezählt
4. Isolation der DB durch Einfachbindungen → isolierte-, konjugierte-, kumulierte DB
5. Stellung der Molekülgruppen beidseits der DB → cis-, trans-DB
6. Synthetisierbarkeit im Tier → essenzielle, nicht essenzielle FS

In den meisten Fällen liegen die Doppelbindungen in Fettsäuren isoliert vor, sodass zwischen zwei Doppelbindungen mindestens zwei Einfachbindungen liegen (- C = C - C - C = C -).

Im Gegensatz dazu liegt bei den sogenannten konjugierten Fettsäuren zwischen zwei Doppelbindungen lediglich eine Einfachbindung (- C = C - C = C -).

Bei den kumulierten Fettsäuren liegt dagegen keine Einfachbindung zwischen zwei Doppelbindungen (- C = C = C -).

Während bei der cis-Konfiguration die Molekülgruppen auf einer Seite der Kohlenwasserstoffkette liegen, stehen sich die Wasserstoffatome bei der trans-Konfiguration diagonal gegenüber. Die 30° Krümmung der cis-konfigurierten Fettsäuren verhindert eine dichte Packung der Moleküle und hat somit einen niedrigeren Schmelzpunkt zur Folge (Voet und Voet, 1994). Trans-konfigurierte

Fettsäuren hingegen haben eine langgestreckte Struktur, können dichter gepackt werden und weisen einen im Vergleich zum cis-Isomer höheren Schmelzpunkt auf.

Grundsätzlich gibt es verschiedene Bezeichnungen für ein und dieselbe Fettsäure. Dabei lassen sich die Trivialnamen (z.B. Stearinsäure/stearic acid) von den systematischen Namen unterscheiden. Die sogenannten systematischen Namen leiten sich von der Anzahl der C-Atome und der Anzahl der Doppelbindungen ab (z.B. Octadecenoic, Octadecadienoic). Des Weiteren lassen sich verschiedene chemische Strukturbezeichnungen für eine Fettsäure darstellen. Die essenzielle Fettsäure Linolsäure kann beispielsweise entweder als C 18:2 c9c12 oder in der Form C 18:2 n6 dargestellt werden.

Zusätzlich lassen sich Fette anhand ihres Schmelzpunkts, als Maß für die Härte des Fetts, ihrer Jodzahl, als Maß für die Anzahl der Doppelbindungen und somit dem Gehalt an ungesättigten Fettsäuren, oder ihrer Verseifungszahl, zur Ermittlung des mittleren Molekulargewichts, charakterisieren.

2.4.2 Essenzielle Fettsäuren

Essenzielle Fettsäuren können vom tierischen Organismus nicht aus Kohlenhydraten aufgebaut werden und müssen somit über die Nahrung zugeführt werden. Sie haben neben ihrer Funktion als Energieträger noch zwei weitere bedeutende Funktionen: Sie sind Vorstufen wichtiger Membranlipide und lokal wirkender „Gewebshormone“. Zu ihnen gehören sowohl die Omega-6 Fettsäure Linolsäure (C 18:2) als auch die omega-3 Fettsäure Linolensäure (C 18:3). Beiden gemeinsam sind 18 C-Atome, isolierte Doppelbindungen in cis-Stellung und das hauptsächliche Vorkommen in pflanzlichen Ölen.

Der exakte Bedarf der landwirtschaftlichen Nutztiere an essenziellen FS ist nicht bekannt, wird aber im Allgemeinen durch die in den Futtermitteln üblicherweise enthaltenen Rohfettmengen gedeckt. Der Minimalbedarf an Linolsäure scheint bei vielen Spezies bei etwa 1 % der umsetzbaren Energie zu liegen. Der Bedarf an α -Linolensäure liegt um den Faktor 5-10 darunter.

Bei einer fehlenden Zufuhr an essenziellen FS wurden im Tierexperiment Wachstumsverzögerung, Hautepithelschäden und Fertilitätsstörungen beobachtet.

2.4.3 Omega-3 und Omega-6 Fettsäuren: Bau, metabolische Bedeutung und Vorkommen

Nach den oben aufgeführten Merkmalen, mit Hilfe derer sich Fettsäuren klassifizieren lassen, unterscheiden sich die Omega-3 (n-3) Fettsäuren von den Omega-6 (n-6) Fettsäuren dadurch, dass sie die erste Doppelbindung am 3. C-Atom anstatt am 6. C-Atom besitzen. Beide Fettsäure-Gruppen stellen sowohl für den tierischen als auch für den menschlichen Organismus essenzielle Fettsäuren dar. Trotz der relativ geringen strukturellen Abweichung haben beide ganz unterschiedliche Funktionen und müssen daher strikt getrennt werden. Zu den wichtigsten Fettsäuren der n-3 Gruppe zählen die α -Linolensäure (ALA, C 18:3), die Eicosapentaensäure (EPA, C 20:5) und die Docosahexaensäure (DHA, C 22:6). Zu den wichtigsten Fettsäuren der n-6 Gruppe gehört die Linolsäure (LA, C 18:2) und die vom tierischen und menschlichen Organismus daraus synthetisierbare Arachidonsäure (AA, C 20:4). Die Fettsäuren EPA und DHA zählen zu den langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren (longchain-polyunsaturated fatty acids, lc-PUFA). Insbesondere bei den n-3 Fettsäuren gibt es deutliche Unterschiede in der Wertigkeit derselben. Während die lc-PUFA EPA und DHA besonders wertvolle, da physiologisch wirksame, Fettsäuren darstellen, kann die ALA nur zu ca. 10 % vom menschlichen Organismus in diese umgewandelt werden (Gebauer et al., 2006).

Die n-3 und n-6 Fettsäuren übernehmen im menschlichen Organismus unterschiedlichste Funktionen, die für die Wirkung bei einer Vielzahl an Krankheitsbildern von Bedeutung sind, und konkurrieren dabei um verschiedene Enzymsysteme (Pfeuffer, 1997).

Mehrfach ungesättigte Fettsäuren werden für den Aufbau der Membranlipide benötigt. Außerdem bilden sie im menschlichen Körper Stoffwechselmediatoren mit hormonähnlicher Wirkung. Diese sogenannten Eicosanoide (C:20) bestehen aus vier Gruppen: den Prostaglandinen, den Prostazyklinen, den Thromboxanen und den Leukotrienen.

Eicosanoide nehmen sowohl Einfluss auf die Funktion der glatten Muskelzellen, der Endothelien, von Monozyten und Thrombozyten, als auch auf Entzündungs- und Immunreaktionen.

Von grundlegender Bedeutung ist, dass obwohl beide Fettsäure-Gruppen Eicosanoide bilden, diese doch zumeist antagonistische Wirkung besitzen.

Die Gruppe der n-6 Fettsäuren bildet jene Eicosanoide, die pro-inflammatorische und pro-thrombotische Wirkung besitzen. Dies bedeutet, dass sie stark gefäßverengend und blutgerinnungsfördernd wirken und zusätzliches entzündungsförderndes Potential besitzen. Ganz anders die Wirkung der Eicosanoide der n-3 Fettsäure-Gruppe. Sie haben eine deutlich höhere Affinität und bewirken das Gegenteil. Sie besitzen gefäßerweiternde Wirkung, hemmen die Blutgerinnung und dämpfen Entzündungsreaktionen ein.

In vielen unterschiedlichen Lebensmitteln sind n-3 Fettsäuren enthalten. In der Milch liegen sie beispielsweise zu 90 % in Form der α -Linolensäure vor. Dasselbe gilt für pflanzliche Öle, wie Leinöl, Walnussöl und Rapsöl, aber auch in verschiedenen Gemüsesorten, wie Spinat und Portulak, sind sie enthalten (Pfeuffer 1997, Stehle 2006).

Die langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren EPA und DHA, kommen insbesondere in Produkten von Wiederkäuern vor. Die Gründe dafür liegen in einer im Vergleich zum Monogastrier veränderten Metabolisierung der Nahrungsfette. Des Weiteren sind sie in Fisch und Fischprodukten in verhältnismäßig hohen Konzentrationen enthalten. Insbesondere fettreiche Seefische wie Makrele, Lachs, Hering, Thunfisch und Sardine weisen hohe Gehalte an n-3 Fettsäuren auf (Weidinger et al., 2005).

Doch nicht nur die absoluten Gehalte an n-3 Fettsäuren in den unterschiedlichen Produkten sind entscheidend, sondern auch das Verhältnis von n-6 zu n-3 Fettsäuren. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE, 2008) empfiehlt ein Verhältnis von weniger als 5:1. Nach Ergebnissen von Stehle (2006) liegt das Verhältnis in Deutschland bei 7,5:1. Andere Autoren beschreiben ein noch weiteres Verhältnis von über 10:1. Der Grund hierfür liegt nach Kogler (2005) darin, dass die üblicherweise verzehrten Lebensmittel deutlich mehr n-6 als n-3 Fettsäuren enthalten. Inzwischen gibt es eine Vielzahl an funktionellen Lebensmitteln mit erhöhten Gehalten an n-3 Fettsäuren. Die einfachste Form der Anreicherung stellt die Verwendung hochraffinierter Fischöle natürlichen Ursprungs dar (Schmitt et al., 2002).

2.4.4 Konjugierte Linolsäure: Bau, metabolische Bedeutung und Vorkommen

Die konjugierte Linolsäure (Conjugated linoleic acid, CLA) stellt einen Sammelbegriff für alle Isomere der Octadecadiensäure (C 18:2), die nicht isolierte, sondern konjugierte Doppelbindungen besitzen, dar (Schubert und Jahreis, 1999). Nach den Arbeiten von Dannenberger et al. (2005), Cruz-Hernandez et al. (2006) und Dannenberger et al. (2009) können im Milch- und Muskelfett bis zu 18 Isomere, von 24 möglichen, nachgewiesen werden.

Die konjugierten Linolsäuren können sowohl in der cis-Konfiguration als auch in der trans-Konfiguration auftreten und stellen so eine besondere Gruppe der trans-Fettsäuren dar. Im Gegensatz zu diesen werden den konjugierten Linolsäuren jedoch positive Eigenschaften für den menschlichen Stoffwechsel zugeschrieben.

Booth et al. (1935) beschrieben erstmals das Vorkommen konjugierter Doppelbindungen in Produkten von Wiederkäuern. Diese wurden einige Jahrzehnte später von Parodi (1977) als sogenannte konjugierte Linolsäuren klassifiziert.

Raes et al. (2004) konnten zeigen, dass diese CLA im Wiederkäuerpansen als Zwischenprodukt der biologischen Hydrierung von Linolsäure zu Stearinsäure durch die Linolsäure-Isomerase des Pansenbakteriums *Butyrivibrio fibrisolvens* gebildet werden.

Die höchste ernährungsphysiologische Relevanz haben die Isomere cis9 trans11 CLA und trans10 cis12 CLA, da sie die höchste biologische Aktivität besitzen (Schubert und Jahreis, 1999). Bauman et al. (1999) beschreiben das cis9 trans11 Isomer als wichtigstes Isomer der CLA, da es einen Anteil von 80 – 90 % ausmacht.

Das besonders häufige Auftreten von konjugierten Linolsäuren in Produkten von Wiederkäuern bzw. in Produkten, die Zutaten von Wiederkäuern, wie Milch, Fleisch oder Fette enthalten, macht diese zur Hauptquelle an CLA in der Humanernährung (Chin et al., 1992; Fritsche und Steinhardt, 1998; Wagner, 2006).

2.4.5 Bedeutung der Omega-3 Fettsäuren und konjugierten Linolsäuren für die menschliche Gesundheit

Bei der Betrachtung der Auswirkungen von n-3 Fettsäuren und CLA - insbesondere wenn sie Produkten von Wiederkäuern entstammen - auf die menschliche Gesundheit, kommt man nicht umhin, zunächst die menschliche Ernährung zu betrachten.

Heutzutage wird eine möglichst fettarme Ernährungsweise propagiert. Nach den Empfehlungen von DGE (2008) sollte bei Jugendlichen und Erwachsenen Fett nicht mehr als 30 % der aufgenommenen Nahrungsenergie ausmachen. Dabei gilt auch, dass nicht nur die Quantität sondern auch die Qualität von Fett eine entscheidende Rolle spielt. Diese Qualität beschreibt die Zusammensetzung des Nahrungsfetts und bildet somit die Anteile von gesättigten (SFA), einfach ungesättigten (MUFA) und mehrfach-ungesättigten (PUFA) Fettsäuren ab. Nach DGE (2008) soll von den 30 % Fett in der Nahrungsenergie höchstens jeweils ein Drittel von gesättigten Fettsäuren (< 10 % der Gesamtnahrungsenergie) und mehrfach-ungesättigten Fettsäuren (7 - 10 % der Gesamtnahrungsenergie) stammen und mindestens ein Drittel aus einfach-ungesättigten Fettsäuren (> 10 % der Gesamtnahrungsenergie) bestehen.

Für die essenziellen n-3 und n-6 Fettsäuren gilt weiterhin, dass sie 0,5 % bzw. 2,5 % der Gesamtnahrungsenergie ausmachen sollen, sowie im n-6/n-3-Verhältnis von höchstens 5:1 vorkommen sollen (DGE, 2008).

Der gesundheitsförderliche bzw. präventive Charakter von n-3 Fettsäuren wurde in den letzten Jahren in zahlreichen Studien untersucht. Darunter befinden sich u.a. folgende die menschliche Gesundheit positiv beeinflussende Wirkungen:

- Senkung der Serumtriglyceridwerte
- Entzündungshemmende Wirkung bei speziellen chronisch-entzündlichen Erkrankungen
- Hemmung der Thrombozytenaggregation
- Verbesserung der Symptome der rheumatoiden Arthritis
- Verbesserung bei Hauterkrankungen (z.B. Neurodermitis)
- Stabilisierung der Gefäßwände bei Arteriosklerose

Trotz dieser Vielzahl an günstigen gesundheitlichen Einflüssen muss beachtet werden, dass die überwiegende Anzahl der Studien zur Wirkung von n-3 Fettsäuren auf der Grundlage von Fischölkapseln, Nahrungsergänzungsmitteln oder Medikamenten durchgeführt wurden. Mit Ausnahme von Fisch und Olivenöl wurde somit der Einfluss von n-3-fettsäurehaltigen Nahrungsmitteln nur in geringem Umfang dargestellt. Nach Weidinger et al. (2005) stellen Fisch und die daraus gewonnenen Produkte in Anbetracht der weltweiten Überfischung und Kontamination der Meere auch keine Alternative dar. Als weiteren Nachteil sehen diese Autoren den mangelnden Zugang aller Menschen zu diesen Produkten, sodass weltweit ein großer Teil der Bevölkerung seinen Bedarf über pflanzliche n-3 Fettsäuren decken müsste.

In einer französischen Ernährungsstudie kommen Astorg et al. (2004) zu dem Ergebnis, dass Milchprodukte und Fleisch die wichtigsten Quellen für die menschliche Versorgung mit α -Linolensäure darstellen.

Wie weiter oben bereits ausgeführt stellen aber insbesondere die langkettigen mehrfach-ungesättigten Fettsäuren, EPA und DHA, die eigentliche biologische Wirkung her, sodass die 10 prozentige Umwandlungsleistung des menschlichen Organismus von ALA in jene lc-PUFA nur sehr begrenzten Einfluss hat.

Schaut man sich im folgenden die Wirkung der CLA auf die menschliche Gesundheit an, so muss unter den zahlreichen Studien, die sich mit dieser Thematik beschäftigen, unterschieden werden zwischen Zellkultur-, Tier-, und Humanstudien. Dabei können des Öfteren vielversprechende Ergebnisse aus Zellkultur- und Tierstudien in Humanstudien nicht oder nur in wesentlich geringerem Umfang bestätigt werden, was bei einer näheren Betrachtung zu widersprüchlichen Aussagen führen kann.

Die wichtigsten Studien zur Wirkung der CLA auf die allgemeine menschliche Gesundheit sind Arbeiten von Ha et al. (1987) zur antikanzerogenen Wirkung. Es folgten Cook et al. (1993) zu immunmodulierenden Eigenschaften und Lee et al. (1994) zu antiatherogenen Eigenschaften. Weiterhin stellten Park et al. (1997) anabole Eigenschaften und Houseknecht et al. (1998) antidiabetogene Eigenschaften fest. Außerdem konnten Truitt et al. (1999) antithrombotische Eigenschaften nachweisen.

Da die einzelne Darstellung der zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen den Rahmen dieser Arbeit übersteigen würde, wird an dieser Stelle auf Übersichtsarbeiten u.a. von Bhattacharya et al. (2006) verwiesen.

Allerdings wurden, wie auch bei den Studien zur Wirkung der n-3 Fettsäuren, verhältnismäßig wenige Untersuchungen mit Nahrungsmitteln durchgeführt, die einen natürlich hohen CLA-Gehalt aufweisen. Dies könnte ein Grund sein, weshalb die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) in einem wissenschaftlichen Gutachten Angaben zu verschiedenen gesundheitlichen Zusatznutzen (z.B. Beeinflussbarkeit des Körpergewichts, Schutzfunktion für DNA, Proteine und Lipide vor oxidativen Schäden etc.) in Verbindung mit der Aufnahme von CLA einschränkt oder nicht zulässt (EFSA, 2010b).

2.4.6 Metabolisierung von Fettsäuren bei Wiederkäuern

2.4.6.1 Synthese

In Abhängigkeit von der metabolischen Situation des Tieres setzen sich die Fettsäuren im Rindfleisch aus drei unterschiedlichen Ursprüngen zusammen. Sie können zum einen durch die biologische Hydrierung im Pansen gebildet werden, sie gehen aus der Biosynthese im Fettgewebe hervor oder aber sie stammen direkt aus dem Futter (Bauman et al., 1999; Weiß, 2005). Dabei gilt grundsätzlich, dass bei anaboler Stoffwechsellage die Fettsäurebiosynthese dominiert, bei kataboler Stoffwechsellage hingegen die Lipolyse. Weiterhin müssen die für den Wiederkäuer essenziellen Fettsäuren von diesem über das Futter aufgenommen werden.

2.4.6.2 Biologische Hydrierung

Die Zusammensetzung des Fetts aus Grünfütter besteht im Wesentlichen aus Phospholipiden und Glykolipiden. Insbesondere die ungesättigten Fettsäuren α -Linolensäure und Linolsäure machen einen großen Anteil aus. Im Gegensatz dazu setzen sich die pflanzlichen Fette, wie sie vermehrt in kraftfutterreichen Rationen eingesetzt werden, vermehrt aus Linolsäure und Ölsäure zusammen (Bauman et al., 1999).

Werden nun von Wiederkäuern Fette über das Futter aufgenommen, unterliegen sie im Pansen zwei entscheidenden Stoffwechselschritten (Dawson und Kemp, 1970; Dawson et al., 1977). Der initiale Schritt stellt die Hydrolyse der

Esterbindungen, katalysiert durch mikrobielle Lipasen, dar. Dieser Schritt ist die Voraussetzung für den folgenden: die Biohydrogenierung der ungesättigten Fettsäuren.

Für beide Schritte der biologischen Hydrierung sind hauptsächlich Pansenbakterien verantwortlich. Protozoen und Pilze sowie Lipasen von Pflanzen oder aus dem Speichel scheinen von untergeordneter Bedeutung zu sein (Harfoot und Hazlewood, 1988; Bauman et al., 2003).

2.4.6.2.1 Hydrolyse

In einem ersten Schritt werden die Esterbindungen der über das Futter aufgenommenen Fette (Phospholipide, Glykolipide und Triglyceride) im Pansen durch Bakterien hydrolysiert. Da dies extrazellulär erfolgt, werden Glycerin und freiwerdenden Zucker der Glykolipide durch Pansenbakterien vollständig metabolisiert. Harfoot und Hazlewood (1997) konnten zeigen, dass das Bakterium *Anaerovibrio lipolytica* hauptsächlich Triglyceride, das Bakterium *Butyrivibrio fibrisolvens* vor allem Phospho- und Glycolipide hydrolysiert. Trotz der hohen Hydrolyserate von über 85 % haben dabei unterschiedliche Faktoren Einfluss (Bauman und Lock, 2006). Beispielsweise sinkt die Hydrolyseleistung mit steigendem Fettgehalt des aufgenommenen Futters oder senkt ein niedriger Pansen-pH das Wachstum und die Aktivität der Bakterien (Beam et al., 2000; Demeyer und Doreau, 1999). Da ungesättigte Fettsäuren auf viele Pansenbakterien toxische Wirkung haben, erfolgt nun in einem weiteren Schritt die Biohydrogenierung der mehrfach ungesättigten Fettsäuren.

2.4.6.2.2 Biohydrogenierung

Nachdem für viele Jahre angenommen wurde, dass lediglich das Bakterium *Butyrivibrio fibrisolvens* für die Biohydrogenierung verantwortlich sei (Kepler et al., 1966), konnten Harfoot und Hazlewood (1988) weitere Bakterien mit dieser Fähigkeit nachweisen.

Die Biohydrogenierung beinhaltet viele einzelne biochemische Schritte. So konnte in Versuchen gezeigt werden, dass keine einzelne Spezies der Pansenbakterien dazu fähig ist, die komplette Biohydrogenierung selbstständig durchzuführen. Kemp und Lander (1984) teilten daher die Bakterien in Abhängigkeit ihrer Reaktion und Endprodukte im Ablauf der Biohydrogenierung in zwei Gruppen ein. Bakterien der Gruppe A, die die Anzahl der Bakterienspezies in Gruppe B

deutlich übersteigen, können Linolsäure und α -Linolensäure zu trans-Vaccensäure (trans11 18:1) konvertieren. Wohingegen Bakterien der Gruppe B cis- und trans-Isomere, hauptsächlich trans11 18:1, als Substrat nutzen und daraus Stearinsäure als Endprodukt bilden.

Dieses unterschiedliche Verhältnis der Bakterien-Gruppen stellt somit die Ursache dafür dar, dass bei einer PUFA reichen Fütterung der Tiere die MUFA-Konzentration im Pansen steigt und die SFA-Konzentration sinkt (Noble et al., 1974; Fellner et al., 1995).

Da für die Biohydrogenierung immer eine freie Fettsäure benötigt wird, übersteigt die Hydrolyse-Rate immer die Biohydrogenierungs-Rate. Außerdem haben die Einflussfaktoren der Hydrolyse somit immer auch Auswirkungen auf die Biohydrogenierung.

Über 80 % der Biohydrogenierung läuft in Verbindung mit feinen Futterpartikeln mit Hilfe extrazellulärer Enzyme von Bakterien, entweder mit Futterpartikeln assoziiert oder frei in Lösung, ab (Harfoot und Hazlewood, 1997). Als Substrat dienen insbesondere LA und ALA, wobei die Biohydrogenierungs-Rate zunimmt, je ungesättigter die Fettsäure ist. Doreau und Ferlay (1994) und Beam et al. (2000) beschreiben dabei eine Metabolisierungsrate von 70 – 95 % für LA und 85 – 100 % für ALA.

Im Folgenden soll nun der biochemische Stoffwechsel der Linolsäure und α -Linolensäure exemplarisch anhand der Ausführungen von Bauman et al. (2003) dargestellt werden:

Der erste Reaktionsschritt bei der Biohydrogenierung dieser Fettsäuren ist die Isomerisierung der cis-12-Doppelbindung zu einer trans11-Konfiguration, sodass eine konjugierte dien- oder trien-Fettsäure entsteht. Im Falle der LA wäre dies die cis9 trans11 C18:2 (CLA), entsprechend für die ALA die cis9 trans11 cis15 C18:3. Der nächste Schritt ist die Reduktion der cis9-Doppelbindung, sodass eine trans11-Fettsäure entsteht. Für LA bedeutet dies, es entsteht trans11 C18:2 (trans-Vaccensäure), für ALA trans11 cis15 C18:2. Als letzter Schritt erfolgt die Hydrogenierung der trans11-Doppelbindung, wodurch entweder Stearinsäure, im Falle von LA und ALA, oder aber trans15 C18:1, nur bei ALA, entsteht. Die entscheidenden Enzyme dabei sind die Δ 6- und die Δ 5-Desaturase.

Wachira et al. (2000) und Shingfield et al. (2003) konnten zeigen, dass es u.a. mit Fischöl möglich ist, die einzelnen Stoffwechselschritte zu beeinflussen. Hierbei spielen insbesondere die einzelnen Bakteriengruppen eine Rolle.

Die beiden bedeutendsten Zwischenprodukte der Biohydrogenierung sind die sowohl aus der LA als auch aus der ALA entstehende trans-Vaccensäure und die aus der LA entstehende cis9 trans11 CLA. Während sich im Pansen hauptsächlich trans-Vaccensäure anreichert, liegen diese beiden Metaboliten im Fettgewebe von Wiederkäuern in einem Verhältnis von ungefähr 3:1 vor (Bauman et al., 2003). Der Grund hierfür wird im Folgenden geklärt.

2.4.6.3 Synthese der konjugierten Linolsäure im Gewebe

Griinari und Bauman (1999) wiesen in Milchfett ein lineares Verhältnis von trans11 C18:1 und cis9 trans11 CLA nach. Aufgrund dessen wurde vermutet, dass ein Teil der CLA im Fett von Wiederkäuern einen endogenen Ursprung haben müsse (Griinari et al., 1997). Die Autoren stellten die Hypothese auf, dass die endogene cis9 trans11 CLA durch Desaturierung aus der trans11 C18:1 mit Hilfe des Enzyms $\Delta 9$ -Desaturase gebildet werden würde (Bauman et al., 1999) und konnten auch belegen, dass diese endogene Synthese die größte Quelle für die CLA im Wiederkäuerfett darstellt. Bei sich im Wachstum befindenden Wiederkäuern stellt somit insbesondere das Fettgewebe den Ort der endogenen CLA-Synthese dar, wohingegen bei laktierenden Wiederkäuern dies überwiegend im Milchdrüsenewebe geschieht (Bickerstaffe und Annison, 1970; Kinsella, 1972).

2.4.6.4 Absorption der Fettsäuren im Dünndarm

Die Absorption der Fettsäuren findet hauptsächlich im Jejunum mit Hilfe der ins Duodenum abgegebenen Gallenflüssigkeit und pankreatischen Enzyme statt. Dies geschieht durch die Bildung von Micellen, die eine Aufnahme in einem wasserlöslichen Zustand erst ermöglicht (Davis, 1990). Die Gallenflüssigkeit enthält sowohl Gallensalze als auch Lecithin. Die Sekretion von pankreatischen Enzymen und Bicarbonat bewirkt, dass der pH-Wert ansteigt und Lecithin in Lysolecithin überführt wird. Lysolecithin und Gallensalze lösen die an Futterpartikeln und Bakterien anhaftenden Fettsäuren und bilden so jene Micellen. Diese ermöglichen die Absorption der Fettsäuren in die Dünndarmepithelzellen, wo sie in Triglyceride rückverestert werden und als Chylomikronen verpackt über

die Lymphe in die Blutbahn gelangen (Bauman und Lock, 2006; Lock et al., 2006). Moore und Christie (1984) konnten zeigen, dass weder im Blätter- noch im Labmagen eine signifikante Absorption oder Modifizierung von lang- und mittelkettigen Fettsäuren stattfindet. So kann davon ausgegangen werden, dass der Anteil der Lipide, der den Pansen verlässt, jenem im Dünndarm entspricht. Dieses lipidhaltige Material besteht nach Doreau und Ferlay (1994) zu 80 – 90 % aus freien, an Futterpartikel gebundenen Fettsäuren und zu einem geringen Teil an mikrobiellen Phospholipiden bzw. Triglyceriden und Glykolipiden pflanzlichen Materials. Trotz der im Pansen stattfindenden großen Veränderungen ist nach Lock et al. (2006) die Pansenausflussrate aller Fettsäuren ähnlich der über das Futter aufgenommenen. Insbesondere bei fettarmer Fütterung, beispielsweise grünfutterreichen Rationen, kann der Lipidanteil im Dünndarm den der Futteraufnahme übersteigen. Grund hierfür ist die mikrobielle Lipidsynthese im Pansen (Lock et al., 2006). Allerdings ist die Zusammensetzung dieser mikrobiellen Lipide aufgrund der unterschiedlichen Fütterungseinflüsse auf die Pansenflora extrem variabel (Noble, 1981). Insgesamt ist also nach Lock et al. (2005) die Absorptionsrate an Fettsäuren im Dünndarm relativ konstant und zeigt keinen Anstieg bei einem gesteigerten duodenalen Fluss an Fettsäuren.

Bezüglich der Verdaulichkeit und Absorption aller Fettsäuren im Dünndarm weisen Lock et al. (2006) bei Untersuchungen an laktierenden Milchkühen einen Bereich von 58 – 86 % aus und stimmen dabei mit Untersuchungen von Doreau und Ferlay (1994) überein (55 – 92 %). Für die Fettsäuren C 16:0, 18:0, 18:1, 18:2 (LA) und C 18:3 (ALA) beschreiben Lock et al. (2006) mittlere Raten für die Verstoffwechslung von 75, 72, 80, 78 und 88 %. Da die Stearinsäure (C 18:0) die dominierende Fettsäure darstellt, wird diese bei der Absorption im Dünndarm ebenfalls zu einem hohen Anteil aufgenommen, sodass die Zusammensetzung der absorbierten Fettsäuren im Dünndarm der den Pansen verlassenden entspricht (Noble, 1981; Lock et al., 2006).

2.4.6.5 Möglichkeiten zur Beeinflussung des Fettsäuremusters in Wiederkäuer-Produkten (Milch und Fleisch)

Will man das Fettsäuremuster, und dabei insbesondere den n-3 Fettsäuregehalt und den Gehalt an CLA, in Produkten von Wiederkäuern verändern, so lassen sich verschiedene Möglichkeiten unterscheiden. Hierzu wurden in den letzten Jahrzehnten unterschiedlichste wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt. Grundsätzlich wurden der Einfluss von Genetik/Rasse, Geschlecht, Alter und Fütterungsregime untersucht. Als entscheidender Einflussfaktor stellte sich das Fütterungsregime heraus, mit Hilfe dessen sich das Fettsäuremuster und die Gehalte an n-3 Fettsäuren und CLA verändern lassen. Durch spezifische Stoffwechselfvorgänge im Pansen von Wiederkäuern werden dabei allerdings im Vergleich zu Monogastriern erheblich ungünstigere Voraussetzungen erreicht. Dies hat unter anderem zur Folge, dass der Anteil an gesättigten Fettsäuren zu Lasten der ungesättigten Fettsäuren steigt. Ashes et al. (1992) und Enser et al. (1998) konnten zeigen, dass auch bei Wiederkäuern die Fettsäurezusammensetzung des Fleisches veränderbar ist. In Studien von May et al. (1994), Mandell et al. (1998) und Perry et al. (1998) wurden Rassenunterschiede näher untersucht. Zusätzlich konnten Robelin (1986) und Choi et al. (2000) bei Untersuchungen zur Fettsäurezusammensetzung des *Musculus longissimus dorsi* Rassenunterschiede, bedingt durch genetische Differenzen, nachweisen. Nürnberg et al. (1998) haben außerdem gezeigt, dass im Fleisch von Fleischrindern mit einem niedrigeren intramuskulären Fettgehalt der Gehalt an LA höher ist als im Vergleich zu Milchrinderrassen. Den unterschiedlichen Fettgehalt konnten auch Hollo et al. (2005) und Nürnberg et al. (2005) als einen Einflussfaktor bei ihren Untersuchungen mit Bullen der Rassen Holstein-Friesian, Ungarisches Grauvieh und Fleckvieh darstellen.

Aufgrund der zahlreichen Untersuchungen zur Thematik der Einflussfaktoren der Fettsäurezusammensetzung sollen im Folgenden lediglich einige Möglichkeiten des Einflussfaktors Fütterung kurz dargestellt werden.

Bauman et al. (1999) unterscheiden in ihrer Untersuchung über die Beeinflussung des CLA-Gehalts von Milch durch das Fütterungsregime entsprechend ihres Wirkungsmechanismus zwischen drei verschiedenen Ansatzpunkten. Diese können für die Gehalte im Rindfleisch annähernd übernommen werden.

Als erster Ansatz werden die Komponenten der Futtermittelration genannt, deren Lipidfraktion das Substrat der Biohydrogenierung darstellt. Dabei lassen sich ungesättigte von gesättigten Fetten, Pflanzenöle (Art, Menge, Ca-Salze von Ölen), ölhaltige Samen (roh, behandelt) und tierische Fette unterscheiden.

Der zweite Ansatzpunkt stellt die Modifikation der Biohydrogenierung im Pansen dar. Dabei spielen insbesondere das Grundfutter:Kraftfutter-Verhältnis, eine restriktive Fütterung und die Verabreichung von Fischöl und Ionophoren eine Rolle.

Eine Kombination aus beiden stellt der dritte Ansatz dar. Er betrachtet die Wirkung von Grünfütterung versus konserviertes Futter und den Einfluss seines Wachstumsstadiums bzw. des Erntezeitpunkts.

2.4.6.6 Kurzer Überblick über wissenschaftliche Diskussionen bezüglich Relevanz für die Humanernährung und gesetzliche Vorgaben zur Auslobung entsprechender Produkte

Trotz umfangreicher Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der n-3 Fettsäuren in den vergangenen Jahrzehnten gibt es auch heute noch viele offene Fragen. Die anfänglich euphorisch gefeierten positiven Wirkungsweisen dieser Fettsäuren auf vielen Gebieten der menschlichen Gesundheit (Ruxton et al., 2005; Schram et al., 2007; Riediger et al., 2009; Delgado-Lista et al., 2012) hatten und haben eine Vielzahl an Produktneuentwicklungen auf dem Gesundheits- und Lebensmittelmarkt zur Folge. Insbesondere betraf dies aus marinen Erzeugnissen hergestellte Produkte, wie Fischöl oder Fischölkapseln. Diese enthalten einen besonders hohen Gehalt an den relevanten Fettsäuren. Mit steigender Nachfrage und zunehmender Popularität wuchs der Markt, sodass es heutzutage eine reiche Anzahl an mit n-3 Fettsäuren angereicherten Produkten, die auch Molkereiprodukte, Fleischwaren und Grundnahrungsmittel wie Bäckereiprodukte mit einschließt, zu kaufen gibt.

In den vergangenen Jahren wurden jedoch auch kritische wissenschaftliche Studien publik, die bis heute zu einer kontroversen Diskussion über die tatsächliche Wirkung der n-3 Fettsäuren führen. So ist beispielsweise die genaue Wirkungsweise der langkettigen mehrfach-ungesättigten Fettsäuren auf Erkrankungen wie Adipositas, Morbus Alzheimer oder koronare Herzerkrankungen nicht vollständig geklärt. Überdies wiesen Studien von Laufs

und Schirmer (2012), Kromhout et al. (2012) und Mori (2013) keine oder eine nur unvollständige Wirkung dieser Fettsäuren insbesondere bei koronaren Herzerkrankungen nach. Brasky et al. (2013) zeigten sogar eine mögliche Gefahr an Krebs zu erkranken auf. Auch scheinen gerade die hohen Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren in marinen Produkten zu einem schnellen Verlust der Qualität und Nährstoffe zu führen, wie auch den bei der Fettsäureoxidation entstehenden Abbauprodukten und Aldehyden eine mögliche Funktion bei der Entstehung von Krebserkrankungen zukommen soll (Dacaranhe und Terao, 2001; Kampa et al., 2007). Dies wiederum führte zu Anstrengungen in der Wissenschaft, um die Haltbarkeit dieser Produkte zu verbessern und die darin enthaltenen mehrfach ungesättigten Fettsäuren zu schützen (Arab-Tehrany et al., 2012). Allerdings stellen tägliche Aufnahmen an langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren (EPA und DHA) von über 5 g auch kein Sicherheitsrisiko für die Gesundheit erwachsener Menschen dar (EFSA, 2012).

Abgesehen jedoch von der wissenschaftlichen Diskussion über die potentielle und tatsächliche Wirkung dieser Fettsäuren sind die Vorgaben zur Auslobung und Vermarktung der n-3 Fettsäurehaltigen oder mit n-3 Fettsäuren versetzten Produkte gesetzlich klar geregelt. So hat die europäische Überwachungsbehörde für Lebensmittelsicherheit EFSA (European Food Safety Authority,) in mehreren Stellungnahmen (EFSA 2009; 2010ab; 2012) die aus wissenschaftlichen Studien hervorgegangenen Ergebnisse und Wirkungsweisen der genannten Fettsäuren inklusive der konjugierten Linolsäure definiert. Die gesetzlichen Vorgaben für die Kennzeichnung und Auslobung von nährwert- und gesundheitsbezogenen Angaben wurden schon früh in der sogenannten „Health Claims“-Verordnung (VO EG 1924/2006) zusammengestellt und durch die Folgeverordnung (VO EG 432/2012) spezifiziert. Laut dieser europäischen Gesetzgebung darf ein Produkt die Bezeichnung „Quelle von Omega-3 Fettsäuren“ nur führen, wenn es einen Mindestgehalt von 0,3g/100g an ALA aufweisen kann oder aber die Summe von EPA und DHA mindestens 40 mg beträgt bei einem maximalen Energiegehalt von 100 kcal. Für die Bezeichnung „hoher Gehalt an Omega-3 Fettsäuren“ gelten die oben aufgeführten Werte als zu verdoppeln.

3 PUBLIKATIONEN

3.1 PUBLIKATION 1

Das folgende Manuskript 'Effect of breed, grazing system and concentrate supplementation on fattening performance, carcass value and meat quality of steers' wurde am 6. November 2013 vom Journal Archives Animal Breeding zur Veröffentlichung angenommen.

The following manuscript entitled 'Effect of breed, grazing system and concentrate supplementation on fattening performance, carcass value and meat quality of steers' has been accepted for publication to the Journal Archives Animal Breeding on November 6th, 2013.

Received: July 23rd 2013, Accepted: November 6th 2013

Article first published online November 2013; Archiv Tierzucht 56 (2013), 96

Copyright © 2013 by the author; licensee Leibnitz Institute for Farm Animal Biology (FBN), Dummerstorf, Germany.

Effect of breed, grazing system and concentrate supplementation on fattening performance, carcass value and meat quality of steers

Matthias Schmutz, Peter Weindl, Salome Carrasco, Gerhard Bellof and Eggert Schmidt

University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, Department of Animal Production, D-85350 Freising, Germany

Abstract

The aim of the study was to test the influence of breed, grazing system and concentrate level on fattening performance, carcass value and meat quality of steers.

Ninety-six German Simmental (GS) and German Holstein (GH) steers were fattened using two different grazing systems: continuous grazing system (CGS) and rotational grazing system (RGS). They were supplemented with medium (M) or low (L) concentrate levels. The trial period involved 22 months divided into four phases: phase 1 (indoor), 2 (grazing), 3 (indoor vs. outdoor) and 4 (grazing). In phases 1 and 3 the animals were offered grass silage ad libitum. All animals were supplied with concentrate during phase 1. In phases 3 and 4 the animals were supplied with M or L. Group M consumed a total of 275 kg and group L 191 kg per steer of concentrate.

GS steers were significantly superior in all essential parameters of the fattening performance and the carcass value (e.g. final weight: 631 kg vs. 608 kg). GH steers showed better meat quality (intramuscular fat content, tenderness, meat color) than GS steers. The impact of the grazing system was only for a few parameters (carcass weight, dressing percentage and fat color). The CGS showed higher grazing yield and higher content of nutrients than the RGS, as a consequence, CGS steers presented heavier carcass weight than RGS steers. Concentrate levels had no effects on the evaluated parameters.

Keywords: steer fattening, rotational grazing system, continuous grazing system, concentrate level, meat quality

Introduction

In the context of structural changes in agriculture, labor and cost extensive cattle fattening on pasture is gaining more and more importance, especially in grassland regions. Recent studies have focused on the effects of feeding practice, sex and genetics on carcass value and meat quality of pasture fattened cattle (e.g. Steen et al., 2003; Keane and Moloney, 2009; Velik et al., 2010a). Studies by Scheeder (2007), Scheeder et al. (2007) and Velik et al. (2009) showed that especially meat from steers can be classified as high quality beef. The reason therefore is in particular a changed hormone metabolism caused by castration which leads to a higher fat concentration in muscle tissue (Schwarz, 2003). This increased intramuscular fat content has a positive effect on tenderness as well as taste and flavor (Razminowicz et al., 2006).

On a worldwide scale high quality beef is mainly produced by steers. However, in the German beef market meat from intensively fattened young bulls and selected dairy cows predominates. Such intensive production is possible in regions with high maize cultivation. Conversely, in less favored grassland regions it is necessary to investigate new production alternatives based on natural resources and low additional feedstuffs. Thus, in the last few years the continuous grazing system (CGS) has established itself in Germany, especially in dairy farming as well as in cattle rearing. The CGS used as intensive permanent pasture is characterized by high yields and high quality of grassland. The rotational grazing system (RGS) can be used as a semi-intensive grazing system (Weindl et al., 2012).

Despite a stagnating per capita consumption of beef in Germany, there is still a growing demand for high quality and sustainably produced beef. This beef is mainly produced by steers or heifers fattened on pasture with high nutrient quality. It is mostly marketed locally or through branded meat programs (Scheeder, 2007; Velik et al., 2009).

The purpose of the current study was aimed to develop alternative concepts for beef production based on grassland.

The following questions were investigated in detail:

What fattening performance and carcass quality can be obtained with German Simmental and German Holstein steers reared in a production system based on grass, grass products and the supply of low and medium amounts of concentrate?

Which grazing system (CGS vs. RGS) is suitable for fattening steers?

How does semi-intensive fattening of steers influence the parameters of meat quality?

Material and methods

The study was conducted at the research station "Zurnhausen" of the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, near Freising, southern Germany (48°26_N; 11°46_E), 493 m above sea level.

Calf purchase and rearing

A total of 104 bull calves (52 GS, 52 GH), delivered by the Producers' Association for Fatstock, Allgäu w.V. (Kaufbeuren, Germany), were stabled in deep litter in October 2010. At the point of purchase the mean age was 4.3 weeks (GS 5.1 weeks, GH 3.5 weeks) and the mean weight was at 71 kg (GS 76 kg, GH 65 kg). Three animals left the group within the first few weeks due to health problems. During the first seven weeks the calves received 6 liters of milk replacer (MR) mixture (125 g MR/l) per day and were weaned at week eight. In addition they were fed with grass silage, hay and concentrate until the fattening period in January 2011. In the rearing phase (101 days) the average feedstuff intake per animal and day was: 750 g MR, 1.5 kg concentrate, 1.1 kg hay and 1.8 kg grass silage. The mean weight gain was 853 g/d (GH) and 909 g/d (GS).

Fattening of steers

The study was designed to compare two different genetic breeds (GS vs. GH), two grazing systems (CGS vs. RGS) and two levels of concentrate (M vs. L). A symmetric set-up (breed, grazing system, concentrate level) was used for the experiment. The study involved four phases (January 2011 to October 2012; Table 1).

Phase 1

In January 2011, 96 animals were allocated according to breed in 16 pens (fully slatted floor; 6 animals/pen) at the research station "Hirschau" of the Technical University of Munich (TUM) near Freising. The initial weight of GS was 171 kg and of GH 157 kg. At the age of five months the animals were bloodlessly castrated. The animals were fed grass silage ad libitum as well as 107 kg of concentrate (1 kg/animal/day; Table 2). Tables 3 and 4 show the nutritional composition of the grass silage and the concentrate. The grass silage was allotted through a feed mixer. The concentrate was given manually twice a day. The feed intake was registered per pen.

Phase 2

In early May 2011 the animals were randomized to the grazing areas at “Zurnhausen” (CGS and RGS). The animals were divided into two groups (48 animals each, one half each GS and GH). The mean livestock density was 27 animals/ha (RGS) at a mean retention period of 4 days and 8 animals/ha (CGS). The nutritional composition of the pasture is displayed in Table 3. Further information about feed quality of pastures is reported in a previous study by Weindl et al. (2012). Endoparasitic and ectoparasitic treatments were carried out routinely at the beginning (oral administration) and at the end (pour-on preparation) of the grazing season, as well as after a confirmed infestation in mid-summer.

Phase 3

At the end of October, 72 animals were again stabled at the research pen “Hirschau” (group indoor) and 24 animals remained in free-range husbandry at “Zurnhausen” (group outdoor). The husbandry groups “outdoor” and “indoor” had been randomly selected at the beginning of the study, with 24 animals each (in each husbandry group: 6 GH, 6 GS, 6 CGS, 6 RGS). More detailed information on outdoor husbandry has been published by Weindl et al. (2013). Both groups were offered grass silage ad libitum and restricted amounts of concentrate (group M 1.5 vs. group L 0.75 kg/animal/day) over a period of 93 days. The outdoor group was offered the medium level (M) using electronic feeding on demand. Two animals from the indoor group were rejected, one due to health problems and the other due to signs of increased reactivation of testis.

Phase 4

In spring (April 2012) the animals were relocated to the grazing areas. The groups remained the same as in phase 2, as well as the anti-parasite treatment. The mean livestock density was 14 animals/ha (RGS) at a retention period of 7 days and 5 animals/ha (CGS). In addition to pasture a mixture of minerals was supplied ad libitum (licking bowls). 28 days prior to slaughtering concentrate was fed according to their grouping in phase 3 by electronic feeding on demand. The concentrate mixtures in phase 4 differed in composition (linseed oil vs. rapeseed oil) in order to intentionally alter the fatty acid composition of the carcasses (Table 4).

Data collection

Feedstuff

The nutritional composition of pasture, silage and concentrate are shown in Table 3. They were analyzed according to the NIRS-method and AOAC (1990). Additional detailed information on the methods and sampling as well as on pastures as natural landscape units can be found at Weindl et al. (2012). A sample was taken from each grass silage feedstuff mixture and the dry matter (DM) was analyzed. Samples were collected every 14 days, mixed and analyzed at the laboratory of the Board of Trustees of the Producers' Association for Animal Husbandry Bavaria (LKV) of the Bavarian State Research Centre for Agriculture (LfL) in Grub. For the arithmetic average please refer to Table 3. The composition and the components of the concentrates used can be found in Tables 2 and 4. These were analyzed by the TUM-Bioanalytik in Weihenstephan.

Animal data

All animals were weighed monthly. The last weighing was conducted on the day before slaughter and represents the final weight.

Slaughter

After a fasting period of 24 hours 94 steers were slaughtered at the research slaughterhouse of the Bavarian State Research Center for Agriculture (LfL) in Poing-Grub. Prior to the slaughter the animals were weighed. The weight of kidney fat and the carcass weight of the warm carcass were recorded. The classification of the carcasses was carried out according to the EUROP-scheme (15-point scale). After slaughter the carcasses were cooled to 2-4 °C for 24 hours. The cold carcass weight, the carcass length, the leg parameter, the leg spiral dimension, the longissimus area and the pistol weight were determined. The marbling was defined at the cut surface of the pistol according to a 5-point scale. For quality determinations of meat quality samples of *Musculus longissimus dorsi* (M.I.d.) between the 9th and 10th ribs were collected, likewise approximately 500 g of the *Musculus semitendinosus* (M.s.) was extracted.

Meat quality

To determine meat and fat color a spectrophotometer (Minolta CM-508i) was used. The color values are given according to the L*a*b-system (CIELAB-

system, CIE, 1976). The fat color was determined in a fresh cut area at the leg. The meat color of the M.I.d. was also determined with a fresh cut 24 hours after slaughter. The IMF was determined through NIRS measuring of the M.I.d. samples (9th rib). Samples with similar NIRS test results were then analyzed in a wet chemical analysis (acid hydrolyses with extraction of soxhlet, modified method according to § 35 LMG, L 06.00-6). To determine the tenderness, a 2.5 cm wide slice from each muscle sample (M.I.d. (10th rib) and M.s.) was vacuum-sealed in a plastic bag and, after weighing, stored at 4°C in a refrigerator with air circulation for 13 days. After 13 days the weight reduction through storage was determined. The pH-value was then measured. The samples were cooked in hot water up to a core temperature of 70°C. After cooling down for an hour the reduction through cooking was determined. After 24 hour storage in a refrigerator 10 single samples were taken per muscle sample and cut in fiber direction with a double-bladed scalpel (sample diameter 1x1 cm). To determine tenderness, the shear force was measured with an Instron (type 4301). Evaluated were Warner-Bratzler shear force at maximum level (in N) and shear force (in kg/cm²).

Statistical analysis

The data were statistically analyzed with the software SPSS, V 20.0 (IBM, New York, USA). All parameters were subjected to a three-factorial analysis of variance according to the General Linear Model. The following statistical model was used:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + b(x_{ijk} - \bar{x}) + e_{ijk}$$

as signifies:

Y_{ijk} : observed value of ijk animal

μ : population average

A_i : fixed effect of the i breed (GS, GH)

B_j : fixed effect of the j grazing system (CGS, RGS)

C_k : fixed effect of the k concentrate level (M, L)

b : partial regression on the age of the animals

(except for initial weight P-1)

e_{ijk} : residual error

Differences were each tested by means of the F-test. After robust F-test results the means were compared by use of the Tukey-test. An interaction between factors was not shown. The growth pattern for both breeds was described by using a cubic regression:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

y = body weight of animal; x = age

Results

Feedstuff

Table 3 shows components and feed value of samples from pasture and grass silage. It shows that the energy and crude protein contents of the samples from pasture are higher in P-4 than in P-2. Additionally the CGS pasture presented better nutritional quality than RGS pasture. The yields in P-2 were 13.5 t/ha (CGS) and 10.7 t/ha (RGS). The nutritional composition of the grass silage was similar, except for P-1; it corresponded to another harvest period. The components of the concentrate mixtures for P-1 and P-3 were nearly identical (Table 4). In P-4 concentrates with two different lipids (fatty acid composition) were used (linseed vs. rapeseed). The set fat components resulted in different metabolic energy (ME) levels. These differences did not impact the analyzed parameters in the present study.

Feedstuff intake

The animals' average feed intake according phase results are summarized in Table 5. The total concentrate intake over the whole fattening period was 191 kg per steer for group L and at 275 kg per steer for group M. However, 13 animals (5 GS and 8 GH) had difficulties accepting the feeding station in P-4, for this reason they consumed less than 6 % of the supplied concentrate during this final phase. In reference to the total ME intake, the concentrate accounts for about 5.1 % in group M and 3.6 % in group L of the total intake of the ME.

Fattening performance

Figure 1 represents the growth development of live weight of GS and GH steers with a regression curve. GS shows in P-2, P-3 and P-4 higher daily weight gain (DWG) than GH (740 vs. 720 g; 780 vs. 730 g; 960 vs. 850 g).

Table 6 describes the results of the fattening performance. German Simmental showed significantly better results in all parameters of the fattening performance ($p < 0.05$); except for the initial weight in P-2 and for the weight after the period of fasting. The development described in Figure 1 resulted in a significantly higher final weight in favor of breed GS. The targeted final weight of 625 kg was exceeded by 6 kg by the group GS, while group GH undercut it by 17 kg. In reference to the actual age at slaughter the two groups differed by only three days

(GS 742 vs. GH 745 days of age). In regard to the grazing system, animals of the CGS showed higher initial weight in phase 4 than animals of the RGS. The levels of concentrate had no significant effect on the studied parameters.

Carcass value

The results of the carcass value are displayed in Table 7. All the studied parameters were affected for breed, except the net weight gain and kidney fat. GS animals presented higher values than GH animals. The grazing system significantly influenced only the carcass weight and the dressing percentage. In both cases group CGS is superior to group RGS. Animals of CGS tend to show a higher pistol weight (70.1 vs. 68.9 kg), a larger longissimus area (54.5 vs. 52.3 cm²) as well as a better conformation score (5.7 vs. 5.2 points). Level of concentrate did not significantly impact any of the parameters listed in Table 7 ($p>0.05$).

Meat quality

In regard to the meat quality GH steers showed a significantly ($p<0.05$) higher IMF content (3.89 vs. 2.47 %) and marbling (2.77 vs. 2.09 points) than GS steers, as could be observed in Table 8. In the M.I.d. evaluated parameters, animals of the breed GH showed significantly ($p<0.05$) lower tenderness values: WBSF max. (66.35 vs. 82.95 N) and shear force (4.89 vs. 6.11 kg/cm²), than animals of the breed GS. However, this effect could be not observed in the *Musculus semitendinosus* ($p>0.05$). The meat of breed GS showed a significantly higher cooking loss (25.93 vs. 24.70 %). In regard to meat color, the breed GH showed significantly higher a* and b* values (13.32 and 3.49 vs. 12.79 and 2.65). GH steers had a significantly lighter and more yellow fat color (64.49 and 14.16 vs. 63.83 and 12.83). The grazing system impacted only the fat color (CGS higher yellowness b*, RGS higher L* value).

Discussion

Fattening performance

The genotype has a decisive effect on the fattening performance and the carcass value of fattened animals as was shown by Chladek and Ingr (2003) and Nürnberg et al. (2005). Their reported final weights were lower than the reached final weights in the present study at the same age. To reach a high final weight appropriate feedstuff intake and daily weight gains (DWG) are necessary. A significant impact of breed on the daily weight gain has already been observed by Nürnberg et al. (2005). The grazing system does influence the fattening performance as either. Parameters like livestock density, yield, average height, vegetative stage and species composition influence significantly the daily weight gain of fattened animals (Chassot and Troxler, 2006; Fraser et al., 2009). Chassot and Troxler (2006), Fraser et al. (2009) as well as Steen et al. (2003) reached significantly higher DWG in crossbred steers. Keane and Molonay (2009) on the other hand describe results similar to the present study. However, when continuous grazing system and rotational grazing system were compared in the study of Häusler et al. (2006), heifers generally showed considerably higher DWG than the DWG in this study. The conspicuously low DWG on CGS in phase 2 were on the one hand caused by an extended dry period which led to a low average height of the pasture and on the other by an established infestation with endoparasites in group CGS, which had to be treated, despite a precautionary deworming treatment. Except the initial weight in P-4, no significant differences between both grazing systems were detected, as far as the parameters for the fattening performance are concerned, which is in accordance with Häusler et al. (2006). The generally higher fattening performance of group CGS was consistent with the higher nutritional value of the pasture in this grazing system (Table 3).

In contrast Thomet et al. (2000) described a yield which is up to 8 % lower on CGS compared to RGS. For the authors the targeted average height of growth on pasture of 6-8 cm was in part considerably undercut due to the high feedstock density. Despite a relatively high feedstock density, especially in phase 4, the present study shows a sustained increase in daily weight gains on both grazing systems. While it is true that by significantly undercutting the average height the fattening performance deteriorates, the yield per unit though rises and therefore

the animals can still absorb enough biomass to transpose into meat, provided the feedstock density is kept low (Parsons et al., 1983; Yarrow et al., 1996).

Carcass value

While the dual purpose breed GS invests absorbed nutrients into a higher meat accretion, dairy breeds like GH use them for increased organ and bone growth (Breier and Sauerwein, 1995; Pfuhl et al., 2007). This fact significantly impacts, besides the fattening performance, almost all studied parameters of the carcass quality. The results for the carcass yield are in accordance with results that Warzecha et al. (1999) showed for bulls. The obtained values of net weight gain were similar to those observed by Scheeder et al. (2007). Similarly the weight of kidney fat and the longissimus area were consistent with the reports by Frickh (2001a). The results for the conformation score of the breed GS can also be found at French et al. (2001) and Keane and Moloney (2009) for crossbred steers of a meat breed kept on pasture. French et al. (2001) described a higher fatness score but Keane and Moloney (2009) showed similar results to the reached values in this study. According to Steen et al. (2003), Keane and Moloney (2009) and Velik et al. (2010a) pasturing steers and heifers ordinarily results in a lower fat cover of the carcass and a decreased conformation, which is in accordance with the results for GH breed. One reason for the significant effect of grazing system on carcass weight and dressing percentage could be the animals' differing amounts of feedstuff intake. While it takes the animals on CGS a relatively long time to intake feedstuff due to the low average height of the pasture, these animals rarely reach a rumen fill comparable to animals on RGS. This implies that the ruminal passage rate in CGS group was higher and the loss through fasten must be smaller than in the group RGS, which turned out to be true. This assumption might possibly prove why the group RGS reached a lower final weight, as the proportionate weight loss after fasting period is higher due to a better rumen fill. Another reason is the better quality of CGS pasture. Wiegand et al. (2006a) pointed out that the different composition of pasture grass and leguminous crops could be a possible cause. The calculation of the allotted amounts of concentrate were done according to Chassot and Dufey (2006 and 2008), in order to save on concentrate. However as a result the low amount of concentrate (M: 275 kg/animal; L: 191 kg/animal) neither significantly impacted the parameters of the fattening performance nor those of the carcass quality.

Meat quality

The significant effect of breed on the IMF content and on the measured parameters in M.l.d. are similar to the findings of Frickh (1997) and Nürnberg et al. (2005) with higher contents for German Holstein breed. The observed low shear force value of GH was consistent with its high IMF-content. While Roffeis et al. (1999) observed similar results, Frickh (2001a), Chambaz et al. (2003) and Velik et al. (2010b) found lower values. These differences are likely due to the different measuring methods. Additionally, it is probably insufficient meat maturation, although reduction of pH-value and juice retention properties do not indicate that. However according to Wiegand et al. (2006b) the meat of extensively fattened animals generally has a delayed meat maturation when compared to intensively fattened animals. This might possibly have led to lower results in this study had the measuring been done after a prolonged meat maturation. The lower daily weight gains in pastured animals and thereby the higher age at slaughter can be eliminated as the main cause of high shear force values, at least according to the studies done by Velik et al. (2009) and Scheeder et al. (2007). Moloney et al. (2011) similarly were not able to detect increased shear force values for cattle fattened on pasture after 14 days of meat maturation. Lower levels of drip loss and grilling loss of GH bulls in comparison to GS bulls were also shown by Frickh (1997). Augustini and Branscheid (1991) showed that the M.s. features a higher grilling loss in comparison to the M.l.d., which here in turn might be applied to the correspondingly higher cooking losses in the M.s. In regard to the meat color, the lightness values of the meat were similar to those observed by Kim et al. (2003) and Frickh (2001a). Contrary to our findings, Szucs et al. (2001) did not report differences between breeds for a^* . However, Frickh (1997) as well states differences between breeds for a^* (GH 5.4 vs. GS 4.2) but they were lower to our findings. Probably the high values are due to the animals' age (Priolo et al., 2001) or due to the measuring methods. The observed darker meat color in this study had already been shown by other authors (Schwarz, 2003; Nürnberg et al., 2005), with pastured animals. Whether this was caused by the animals' age (Schwarz, 2003) or by a higher myoglobin concentration in the pastured animals' muscle (Nürnberg et al., 2005) remains unclear. An influence of breed on meat yellowness could not be confirmed in the literature for the studied breeds. Only Frickh (2001b) has conducted a comparison of breeds (GS vs. Pinzgauer) and found higher b^* values in Pinzgauer animals. The higher b^* values

obtained in the meat of GH in the present study were related with its higher IMF content.

In regard to fat color, similar results were found in the studies of Frickh (2001a) and Velik et al. (2009). The significantly higher values for the breed GH can be explained by the works of Walker et al. (1990) and Barton and Pleasents (1993), according to whom dairy breeds display a markedly more yellow fat color than meat breeds do. In general the intensive fat yellow color of pastured animals was caused by the high carotenoid content of forage (Noziere et al., 2006; Dunne et al., 2006). The reason for the significant effect of grazing system on the fat color was consequently caused by an elevated β -carotene intake of animals from CGS group. Noziere et al. (2006) summarized that the carotenoid concentration decreases with forage age. That implies that as a result of its lower age the CGS pasture contained a higher share of foliage compared to RGS pasture and involved higher content of nutrients and consequently higher content of β -carotenes.

Conclusion

Pasture based fattening of steers with low allowances of concentrate yielded satisfactory results for the fattening performance and the carcass quality. While steers of the breed German Simmental showed superiority in these parameters, the meat of German Holstein steers displayed an improved meat quality. The grazing system has a limited impact on the mentioned parameters. Due to the higher nutritional value of the pasture, animals reared on continuous grazing system showed slightly better carcass values. The low and differing provisions of supplementary concentrate (L: 191; M: 275 kg per steer) did not have any influence on the evaluated parameters.

Acknowledgement

The present study was funded by the BMBF program „FHprofUnt“ (project No. 170 90 X 10).

References

- AOAC (1990): Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA, USA
- Augustini C, Branscheid W (1991) [Meat quality and its biological fundamentals in fattened beef]. Final report of the Federal Institute of Meat Research, Kulmbach, Germany [in German]
- Barton RA, Pleasants AB (1993) Fat colour and meat colour in different breeds of steers in five consecutive years raised on pasture and slaughtered at 30 months of age. Proc N Z Soc Anim Prod, 3, 389-391
- Breier BH, Sauerwein H (1995) Regulation of growth in ruminants by the somatotropic axis. In: Engelhardt W, Leonhard-Marek S, Breves G, Giesecke D (eds.) Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction. F. Enke Verlag, Stuttgart, Germany, 102-123
- Chambaz A, Scheeder MRL, Kreuzer M, Dufey PA (2003) Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. Meat Sci 63, 491-500
- Chassot A, Dufey PA (2006) [Final of steers after the summering period: Final duration and fattening performance]. Agrarforschung 13, 470-475 [in German]
- Chassot A, Dufey PA (2008) [Feeding intensity during the final of steers after the summering period]. Agricultural Research 15, 372-377 [in German]
- Chassot A, Troxler J (2006) [Extensive fattening of steers with summering]. Agrarforschung 13, 374-379 [in German]
- Chladek G, Ingr I (2003) Meat quality and beef production parameters of Holstein steers fattened up 10-12 months of age. Czech J Anim Sci 48, 474-480
- Commision International de l'Eclairage (1976) Colorimetry, 2nd edn. CIE, Vienna, Austria
- Dunne PG, O'Mara FP, Monahan FJ, Moloney AP (2006) Changes in colour characteristics and pigmentation of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of heifers fed grass, grass silage or concentrate-based diets. Meat Sci 74, 231-241

- Fraser MD, Davies DA, Vale JE, Nute GR, Hallett KG, Richardson RI, Wright IA (2009) Performance and meat quality of native and continental cross steers grazing improved upland pasture or semi-natural rough grazing. *Livest Sci* 123, 70-82
- French P, O'Ricordan EG, O'Kieley P, Caffrey PJ, Moloney AP (2001) Intake and growth of steers offered different allowances of autumn grass and concentrates. *Anim Sci* 72, 129-138
- Frickh JJ (1997) [Qualitative characteristics of beef and a comparison of breeds in reference to the age at slaughter]. Dissertation, University of Vienna, Austria [in German]
- Frickh JJ (2001a) [Influence of feeding intensity on the fattening performance and the carcass quality as well as the meat quality in the fattening of steers and heifers]. Final report research project no. 1127. Agricultural Experimental Stations GmbH, Wieselburg, Austria [in German]
- Frickh JJ (2001b) [Adaptation of research methods for routine testing of meat quality in the context of stationary tests]. Final report research project no. 1168. Agricultural Experimental Stations GmbH, Wieselburg, Austria [in German]
- Häusler J, Velik M, Steinwider A, Gasteiner J, Resch R, Eingang D (2006) [Comparison of grazing systems: Short grass pasture – Couple pasture], final report. Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Austria [in German]
- Keane MG, Moloney AP (2009) A comparison of final systems and duration for spring-born Aberdeen Angus×Holstein-Friesian and Belgian Blue×Holstein-Friesian steers. *Livest Sci* 124, 223-232
- Kim YS, Yoon SK, Song YH, Lee SK (2003) Effect of season on colour of Hanwoo (Korean native cattle) beef. *Meat Sci* 63, 509-513
- Moloney A, Mooney MT, Troy DJ, Keane MG (2011) Final cattle at pasture at 30 months of age or indoors at 25 months of age: Effects on selected carcass and meat quality characteristics. *Livest Sci* 141, 17-23

- Noziere P, Graulez B, Lucas A, Martin B, Grolier P, Doreau M (2006) Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Anim Feed Sci Technol* 131, 418-450
- Nürnberg K, Dannenberger D, Nürnberg G, Ender K, Voigt J, Scollan ND, Wood JD, Nute GR, Richardson RI (2005) Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different breeds. *Livest Prod Sci* 94, 137-147
- Parsons AJ, Leafe EL, Collett B, Penning PD, Lewis J (1983) The physiology of grass production under grazing. 2. Photosynthesis crop growth and animal intake of continuously grazed swards. *J Appl Ecol* 20, 127-139
- Pfuhl R, Bellmann O, Kühn C, Teuscher F, Ender K, Wegner J (2007) Beef versus dairy cattle: a comparison of feed conversion, carcass composition and meat quality. *Arch Tierz* 50, 59-70
- Priolo A, Micol D, Agabriel J (2001) Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Anim Res* 50, 185–200
- Razminowicz RH, Kreuzer M, Scheeder MRL (2006) Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. *Meat Sci* 73, 351–361
- Roffeis M (1999) [High yields and the best management are prerequisites for good marketing opportunities]. Contributions to the Day of the Beef Cattle: Requirements in regards to a market oriented beef production, Gross Kreutz, Germany, 58 [in German]
- Scheeder M (2007) [Studies on meat quality of pastured organic beef in reference to the influence of the animals' age at slaughter and in comparison to high quality beef]. Final report. ETH Zurich, Institute of Animal Sciences, Switzerland [in German]
- Scheeder M, Meili E, Bezencon M, Spring J, Kreuzer M (2007) [Relationship between the age of cattle and steers fattened on pasture and parameters of meat texture (tenderness)]. In: Kreuzer M, Wenk C, Lanzini T (eds.), Series of studies Institute of Animal Sciences, ETH Zurich, volume 29, 140-143 [in German]

- Schwarz FJ (2003) [Influence of feeding practices on the quality of beef]. *Züchtungskunde* 75, 357-367 [in German]
- SPSS Inc. (2006): SPSSX user's guide. New York: McGrawHill.
- Steen RWJ, Lavery NP, Kilpatrick DJ, Porter MG (2003) Effects of pasture and high-concentrate diets on performance of beef cattle, carcass composition at equal growth rates, and the fatty acid composition of beef. *N Z J Agric Res* 46, 69-81
- Szücs E, Ender B, Papstein HJ, Nürnberg G, Ender K (2001) [Comparison of carcass and nutritional value as well as meat quality of young bulls of the breeds German Simmental and German Holstein (Dapple Black) in the course of growth. 2. posting: Nutritional value and meat quality]. *Züchtungskunde* 73, 45-53 [in German]
- Thomet P, Hadorn M, Troxler J (2000) [Benchmarking short grass and couple pasture with steers]. *Agrarforschung* 7, 472-477 [in German]
- Velik M, Kitzer R, Kaufmann J, Eingang D (2009) [Meat quality and fatty acid composition of Austrian beef branding programs]. Final report beef label. Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Austria [in German]
- Velik M, Friedrich EM, Häusler J, Kitzer R, Kaufmann J, Adelwöhr A, Steinwider A (2010a) [Fattening heifers on pasture – fattening performance, carcass quality and meat quality]. Livestock conference, Irdning, Austria, 57-64 [in German]
- Velik M, Gangnat I, Friedrich EM, Kitzer R, Häusler J (2010b) [Results of beef production on pasture – heifer, steer, young cattle]. Conference on organic farming, Irdning, Austria, 45-50 [in German]
- Walker PJ, Warner RD, Winfield CG (1990) Sources of variation in subcutaneous fat colour of beef carcasses. *Proc Aust Soc Anim Prod* 18, 416-419
- Warzecha H, Löhnert HJ, Müller J (1999) [Guideline for the efficient and environmentally sound production of beef from bulls and steers]. In: Warzecha H, Löhnert HJ, Müller J (eds.) Agricultural Institute of the State of Thuringia, Jena, Germany, 7 [in German]

- Weindl P, Luderschmid C, Bellof G (2012) [Comparative studies on the nutritional content and feed value of growth on continuous grazing system and rotational grazing system]. 50. anniversary of the Bavarian Association for Animal Nutrition e.V., Freising, Germany, 110 [in German]
- Weindl P, Bellof G, Schmidt E (2013) [Comparative studies on the economic viability of year-round free range husbandry compared to indoors husbandry during the winter of fattened steers of different breeds, taking into account a grassland based feeding regimen]. 125. VDLUFA Congress, Berlin, conference proceedings, ed. VDLUFA (publisher), Darmstadt; [in German] accepted
- Wiegand D, Schnäckel W, Schnäckel D, Fahr RD, Knape Ch, Heckenberger G (2006a) [Meat quality of beef from extensive pasturing – 1. Collection and comparison of quantitative and slaughter relevant parameters in reference to the feeding regimen, sex, genotype]. *Fleischwirtschaft* 86, 98-104 [in German]
- Wiegand D, Schnäckel W, Schnäckel D, Fahr RD, Knape Ch, Heckenberger G (2006b) [Meat quality of beef from extensive pasturing – 2. Technological aspects and characteristics]. *Fleischwirtschaft* 86, 91-96 [in German]
- Yarrow NH, Penning PD, Johnson RH (1996) The effect of plane of winter nutrition and sward height on the performance of steers grazing grass/white clover swards. *Grass and Forage Sci* 51, 424-433

Correspondence: Prof. Dr. Gerhard Bellof, University of Applied Science Weihenstephan-Triesdorf, Department of Animal Production, D-85350 Freising, Germany; gerhard.bellof@hswt.de

Phone: +49-8161-714329 Fax: +49-8161-714496

Table 1 Design of the experiment

Phase	Month	Roughage	%	Concentrate level M		Concentrate level L	
				kg/d	kg/animal/ phase	kg/d	kg/animal/ phase
1	Jan.-Apr.	Grass silage	100	1	75	1	75
2	May - Sept.	Pasture grass	100	-	-	-	-
	Oct.	Pasture grass	75	-	-	-	-
		Grass silage	25	-	-	-	-
3	Nov. - Mar.	Grass silage	100	1	152	0.25	38
4	Apr. – Aug.	Pasture grass	100	-	-	-	-
	Sept. /Oct. ¹	Pasture grass	100	1	28	0.5	14

¹28 days prior to each slaughter

Table 2 Concentrate composition according to phase (%)

Feedstuff	P-1	P-3	P-4	
			Linseed oil	Rapeseed oil
Grain maize	49.3	42.3	21.1	25.0
Wheat grain	21.7	29.4	-	-
Barley	18.4	23.0	-	-
Extruded rapeseed meal	2.2	-	-	-
Extruded soybean meal	1.4	-	-	-
Soybean hulls	-	-	35.1	28.6
Wheat bran	-	-	26.3	21.4
Molasses pulp (19 % XZ ¹)	-	-	7.2	18.4
Molasses	-	-	2.0	2.0
Rapeseed-Soybean-oil-mixture	2.0	1.0	-	-
Linseed oil	-	-	4.9	-
Rapeseed oil	-	-	-	1.0
Mineral mixture (19/5/10/3)	5.0	4.3	-	-
Mineral mixture (6/6/13/12)	-	-	3.5	3.6

¹XZ, raw sugar

Table 3 Nutritional composition of pasture and grass silage according to phase (DM)

Item		CGS		RGS		Grass silage		
		P-2	P-4	P-2	P-4	P-1	P-3 (I) ¹	P-3 (O) ²
DM-content	g/kg	202	198	210	202	365	485	422
Crude ash	g/kg	108	116	78	92	113	100	98
Crude fat	g/kg	38	33	31	26	34	31	35
Crude fiber	g/kg	200	207	239	253	253	266	275
NDF _{org}	g/kg	445	411	511	493	517	504	524
ADF _{org}	g/kg	232	216	278	265	300	300	296
ADL	g/kg	29	24	33	30	-	-	-
Sugar	g/kg	96	85	104	109	37	55	47
Crude protein, XP	g/kg	220	244	172	177	143	153	157
Protein solubility	% von XP	35.9	37.3	43.3	39.6	-	-	-
HGT ³	ml/200mg	45.8	48.9	44.1	47.4	40.5	43.8	44.9
Energy	MJ	10.90	11.28	10.09	10.33	9.39	9.70	9.91
	ME/kg							

¹group indoor ²group outdoor ³Hohenheim Gas Test

Table 4 Nutritional composition of the concentrate according to phase (DM)

Item		P-1	P-3	P-4	
				Linseed oil	Rapeseed oil
Dry matter	g/kg	874	864	895	894
Crude ash	g/kg	68	68	72	75
Crude fat	g/kg	53	39	80	45
ADF _{org}	g/kg	42	34	206	215
Starch	g/kg	601	654	278	284
Crude protein	g/kg	117	97	131	129
HGT ¹	ml/200mg	57.4	53.7	53.7	52.1
Energy	MJ ME/kg	13.39	12.96	12.61	11.85

¹Hohenheim Gas Test

Table 5 Grass silage, pasture and concentrate intake (kg DM/d) according to phase

Feedstuff	Phase	Breed		Grazing system	
		GH	GS	CGS	RGS
Grass silage	1	4.5	4.6	-	-
Concentrate	1	0.85	0.85	0.85	0.85
Pasture grass	2	-	-	6.9	7.1
Grass silage (I) ¹	3	8.9	9.1	9.0	8.9
Grass silage (O) ²	3	9.5	9.5	-	-
Concentrate (I) M ³	3	0.61	0.61	0.61	0.61
Concentrate (I) L ⁴	3	0.31	0.31	0.31	0.31
Concentrate (O)	3	0.51	0.55	0.53	0.50
Pasture grass	4	-	-	11.6	12.6
Concentrate M ^{3,5}	4	0.74	0.71	0.70	0.75
Concentrate L ^{4,5}	4	0.28	0.31	0.26	0.34

¹group indoor ²group outdoor ³group medium ⁴group low

⁵28 days prior to each slaughter

Table 6 Selected parameters of fattening performance (LS-means)

Item		Breed		SEM ¹	p ²	Grazing system		SEM	p	Concentrate level				
		GH	GS			CGS	RGS			M	SEM	L	SEM	
Initial weight P-1	kg	156.5	170.6	2.3	0.000	165.7	161.4	2.3	0.186	163.5	2.1	163.6	2.7	0.992
Initial weight P-2	kg	247.5	255.4	3.1	0.067	252.9	250.0	3.1	0.495	250.9	2.7	252.3	3.5	0.753
Initial weight P-3	kg	376.4	392.0	3.8	0.005	386.7	381.8	3.8	0.367	380.9	3.4	389.9	4.4	0.113
Initial weight P-4	kg	500.3	524.0	4.0	0.000	520.6	503.8	4.0	0.003	510.6	3.5	514.9	4.6	0.472
Final weight	kg	608.1	631.3	3.3	0.000	619.1	620.3	3.3	0.804	621.5	2.9	617.4	3.8	0.407
Daily weight gain ³	g/d	712.4	759.6	7.5	0.000	732.2	739.8	7.5	0.472	740.4	6.6	730.2	8.6	0.353
Weight after the period of fasting	kg	575.4	582.7	4.2	0.218	577.8	580.3	4.2	0.669	582.0	3.7	576.1	4.8	0.345

¹SEM, standard error of the mean ²significance; p>0.05, no significance between groups ³during fattening period

Table 7 Selected parameters of carcass value (LS-means)

Item		Breed		SEM ¹	p ²	Grazing system		SEM	p	Concentrate level				p
		GH	GS			CGS	RGS			M	SEM	L	SEM	
Hot carcass weight	kg	310.8	333.9	2.0	0.000	325.3	318.9	1.9	0.021	323.3	1.7	321.0	2.3	0.431
Cold carcass weight	kg	305.1	327.9	2.0	0.000	319.4	313.0	1.9	0.019	317.4	1.7	315.0	2.3	0.413
Dressing percentage	%	54.8	56.4	0.2	0.000	55.9	55.2	0.2	0.012	55.7	0.2	55.5	0.2	0.581
Net weight gain	g/d	435.8	445.7	4.3	0.102	442.8	438.7	4.3	0.491	441.4	3.7	440.1	5.0	0.839
Kidney fat	kg	8.6	7.8	0.36	0.151	8.5	7.9	0.36	0.209	8.4	0.31	8.0	0.42	0.527
Longissimus area	cm ²	48.3	58.2	0.9	0.000	54.5	52.3	0.9	0.085	53.1	0.8	53.7	1.1	0.645
Pistol weight	kg	66.1	72.9	0.5	0.000	70.1	68.9	0.5	0.062	69.6	0.4	69.4	0.5	0.694
Carcass length	cm	139.8	136.6	0.4	0.000	138.1	138.1	0.4	0.884	138.5	0.5	137.7	0.3	0.182
Leg parameter	cm	116.4	120.6	0.3	0.000	118.7	118.5	0.3	0.597	118.3	0.3	118.8	0.3	0.279
Leg spiral dimension	cm	160.0	164.2	0.5	0.000	162.3	162.1	0.5	0.786	162.2	0.4	162.2	0.6	0.982
Conformation score (EUROP) ³		3.3 (P+)	7.6 (R)	0.18	0.000	5.7 (O+)	5.2 (O)	0.18	0.085	5.4 (O)	0.16	5.5 (O)	0.21	0.910
Fatness score (EUROP) ⁴		4.8 (2 0)	5.4 (2 0)	0.16	0.008	5.2 (2 0)	4.9 (2 0)	0.16	0.323	5.2 (2 0)	0.14	4.9 (2 0)	0.18	0.187

¹ SEM, standard error of the mean ² significance; p > 0,05, no significance between groups ³ Scale from 1-15 (1=P,..15=E+)

⁴ Scale from 1-15 (1=1-, 2=1 0,..15=5+)

Table 8 Selected parameters of meat and fat quality (LS-means)

Item	Breed		SEM ¹	p ²	Grazing system		SEM	p	Concentrate level				p	
	GH	GS			CGS	RGS			M	SEM	L	SEM		
<i>M. longissimus dorsi</i>														
IMF	%	3,89	2,47	0,17	0,000	3,16	3,20	0,17	0,842	3,31	0,15	2,96	0,19	0,158
Marbling ³		2,77	2,09	0,11	0,000	2,38	2,48	0,11	0,512	2,44	0,10	2,38	0,13	0,732
pH ⁴		5,58	5,60	0,01	0,247	5,59	5,59	0,01	0,956	5,60	0,01	5,57	0,01	0,071
WBSF max. ⁵	N	66,35	82,95	3,5	0,001	73,53	75,77	3,5	0,640	75,70	3,1	72,87	4,0	0,576
Shear force	kg/cm ²	4,89	6,11	0,25	0,001	5,42	5,58	0,25	0,646	5,58	0,22	5,37	0,29	0,572
Cooking loss	%	24,70	25,93	0,3	0,003	25,18	25,45	0,3	0,515	25,20	0,3	25,51	0,3	0,466
Lightness (L*)		34,98	34,36	0,3	0,102	35,03	34,31	0,3	0,059	34,75	0,2	34,54	0,3	0,595
Redness (a*)		13,32	12,79	0,2	0,012	13,05	13,06	0,2	0,952	13,08	0,1	13,01	0,2	0,770
Yellowness (b*)		3,49	2,65	0,19	0,002	3,24	2,90	0,19	0,189	3,23	0,17	2,80	0,22	0,122
<i>M. semitendinosus</i>														
WBSF max.	N	52,56	50,82	0,8	0,136	51,50	51,88	0,8	0,746	51,67	0,7	51,73	1,0	0,962
Shear force	kg/cm ²	3,88	3,75	0,06	0,137	3,80	3,83	0,06	0,754	3,81	0,06	3,81	0,07	0,961
Cooking loss	%	30,06	31,23	0,3	0,010	30,32	30,97	0,3	0,149	30,96	0,3	30,11	0,4	0,073
<i>Fat colour⁶</i>														
Lightness (L*)		64,49	63,83	0,2	0,023	63,74	64,58	0,2	0,004	63,90	0,2	64,59	0,2	0,250
Yellowness (b*)		14,16	12,83	0,2	0,000	14,21	12,78	0,2	0,000	13,62	0,2	13,29	0,2	0,279

¹SEM, standard error of the mean ²significance; p>0.05, no significance between groups ³Marbling score 1-5 (1=very low, 5=very high)

⁴after 13 days of maturing ⁵Warner Bratzler shear force max. ⁶Colour of subcutaneous fat in leg region

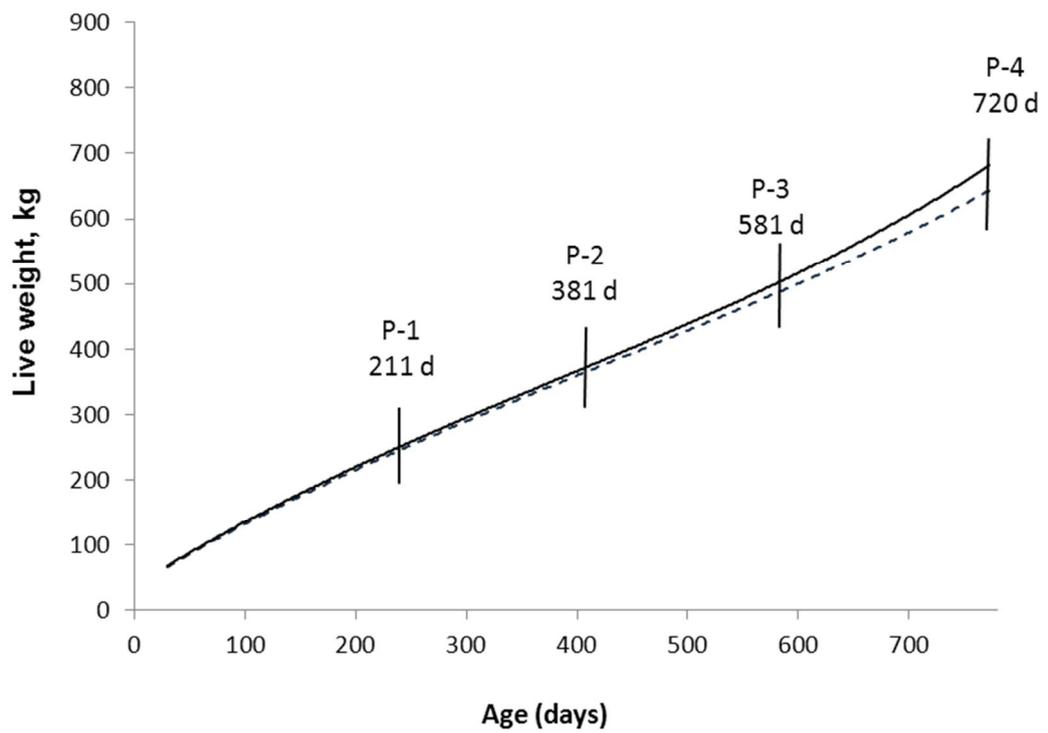


Figure 1. Growth pattern of German Simmental steers (solid line) and German Holstein steers (broken line) according to phases.

$$FV = 37.16 + 1.08x + 9.73 \cdot 10^{-4} x^2 - 8.52 \cdot 10^{-8} x^3 \quad (R^2 = 0.98)$$

$$DH = 37.00 + 1.03x + 8.27 \cdot 10^{-4} x^2 - 6.55 \cdot 10^{-8} x^3 \quad (R^2 = 0.98)$$

3.2 PUBLIKATION 2

Das folgende Manuskript 'The effects of breed, grazing system and concentrate supplementation on the fatty acid profile of the *musculus longissimus dorsi* and the kidney fat of steers' wurde am 25. Juni 2014 vom Journal Archives Animal Breeding zur Veröffentlichung angenommen.

The following manuscript entitled 'The effects of breed, grazing system and concentrate supplementation on the fatty acid profile of the *musculus longissimus dorsi* and the kidney fat of steers' has been accepted for publication to the Journal Archives Animal Breeding on June 25th 2014.

Received: December 20th 2013, Accepted: June 25th 2014

Copyright © 2014 by the author; licensee Leibniz Institute for Farm Animal Biology (FBN), Dummerstorf, Germany.

The effects of breed, grazing system and concentrate supplementation on the fatty acid profile of the *musculus longissimus dorsi* and the kidney fat of steers

Matthias Schmutz, Peter Weindl, Salome Carrasco, Gerhard Bellof and Eggert Schmidt

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft,
D-85350 Freising, Germany

Abstract

The study is aimed at determining the effect of breed (German Simmental: GS vs. German Holstein: GH), grazing system (continuous: CGS-group vs. rotational grazing system: RGS-group) and concentrate supplementation (level and type of concentrate) on the fatty acid profile of longissimus muscle (LD) and kidney fat of steers.

The trial involved 4 phases: in P1 all animals remained indoors; in P2 and P4 they were allocated on CGS or RGS; during P3 one group remained outdoors, the other indoors. In P1 and P3 the steers were offered grass silage and concentrate. In P3 the indoors group received a supplement with a medium (M) or low (L)-concentrate level. For the last 28 days of P4 the steers were offered a concentrate type with 4.9% linseed oil or with 1.0% rapeseed oil.

CGS-pasture resulted in higher fatty acid values than RGS-pasture; linseed-oil concentrate resulted in higher ALA, $\sum n-3$ and lower LA, $\sum n-6$ than rapeseed-oil concentrate.

GS-breed had lower IMF-content and higher $\sum n-3$, $\sum n-6$, n-6/n-3 and PUFA/SFA in LD and kidney fat than GH-breed. The proportion of CLA was higher in GH-breed than in GS-breed (0.56 vs. 0.50 g/100g FAME). RGS-group showed lower ALA and higher n-6/n-3 in LD and kidney fat than CGS-group. Neither the level nor the type of concentrate affected the LD and kidney fat fatty acids. Healthy fatty acids levels were higher in the GH-breed meat. The CGS-group meat had higher contents of ALA and EPA.

However, the legal requirements for human nutrition and other health related claims could not be met.

Keywords: grazing system, fatty acid profile, kidney fat, *longissimus muscle*, steers

Introduction

The increasing demands from consumers for meat with a healthy fatty acid profile and low fat content which offers additional health benefits, are promoting the extensification of the beef production system.

The consumption of meat and milk of ruminants which are rich in saturated fatty acids (SFA), has been linked with coronary heart disease, hypertension, inflammation, mammary cancer and high cholesterol concentration in blood (de Deckere et al., 1998; Tapiero et al., 2002). Nevertheless ruminant meat and milk are also good sources of n-3 PUFA in the human diet (Scollan et al., 2001).

However, it is known that fatty acids of adiposities in ruminants derive from *de novo* synthesis or from certain diets, suggesting that enzymes involved in lipogenesis are sensitive to dietary energy levels and possibly to the energy source itself. Studies on the breed type and cattle feed strategies have demonstrated that it is possible to manipulate the profile of the fatty acids including conjugated linoleic acid (CLA) isomers (Dannenberger et al., 2009). Some studies have indicated the presence of a breed related pattern of fat deposition and fatty acid synthesis. However, there are conflicting results, as certain authors referred to a higher content of n-3 fatty acids in meat breeds than in dairy breeds (Nürnberg et al., 2005) and authors observed the opposite effect (Choi et al., 2000; Moreno et al., 2008). Pasture-finished cattle resulted in meat with a lower proportion of SFA, greater n-3 and less n-6 PUFA, and higher CLA compared to high-grain-finished cattle (French et al., 2003; Nürnberg et al., 2002; Realini et al., 2004; Noci et al., 2007; Fincham et al., 2009); additionally the inclusion of PUFA-rich plant-oil or seeds in ruminant rations (soya oil, linseed oil) increased the concentration of n-3 PUFA, especially ALA and CLA, despite the extensive biohydrogenation of dietary lipids within the rumen. Also restricted grazing plus plant-oil-enriched rations improved the content of some healthy fatty acids in the meat of heifers (Noci et al., 2007). However, the aim to achieve the values of n-3 fatty acids required to use the label "source of n-3 fatty acids" were not achieved. According to the legal claims on nutritional value and health benefits of food (Regulation [EC] 1924/2006 and 432/2012) only food with at least 0.3 g/100 g of ALA or 40 mg/100 g for the sum of EPA and DHA at a maximum energy content of 100 kcal are allowed to be considered "source of n-3 fatty acids". Is it possible to achieve these levels with grazed animals supplemented with rich n-3 fatty acids

concentrate? Therefore, the purpose of the present study was to test the effect of two grazing systems which were also supplemented during the last 28 days of the final grazing period with two plant oil-enriched rations on the fatty acids profile of the meat and kidney fat of the two most important breeds in Germany.

Material and methods

Experimental design and animal management

The study was carried out in the research station "Zurnhausen" at the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf.

A group of 96 steers (German Simmental: GS and German Holstein: GH) were fattened from January 2011 to October 2012. The initial weight of the animals: GS = 171 kg; GH: 157 kg. Details of the fattening process and feeding regimen used are extensively described in Schmutz et al. (2013).

As is observed in Table 1, the experiment was divided in 4 phases (from P1 to P4): During P1 all animals remained indoors, subsequently in P2 they were moved to two different grazing systems (continuous grazing system: CGS or rotational grazing system: RGS). In P3 a group of 24 animals stayed outdoors and the rest of the group were kept indoors. During P4 the animals were raised as in P2. Animals were fed according to Table 1. In P4, 28 days prior to slaughter, two kinds of concentrate were offered to the steers (a concentrate mixture with 4.9 % linseed oil or a concentrate mixture with 1.0 % rapeseed oil). After reaching the final weight, 94 steers were slaughtered during the period running from the end of August until mid-October 2012.

Slaughter procedure, sampling and analyses

Steers were slaughtered at two-week intervals when they reached a live weight of 625 kg (average). They were transported to the experimental abattoir belonging to the Bavarian State Research Center for Agriculture (LfL) in Poing-Grub, which is located 48 km away from the farm. The transport was carried out according to the EU regulations on animal welfare rules. After a fasting period of 24 h, the steers were slaughtered according to EU laws. Procedures were conducted according to the guidelines of the Council Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for experimental and other scientific purposes.

Samples of kidney fat were taken from the left side of the carcasses. These were subsequently vacuum-sealed in plastic bags and deep frozen at -20°C. After chilling the carcasses at -4°C for 24 h, a muscle sample was taken from the

musculus longissimus dorsi (LD) at the 9th rib of the left side. Each sample was cleared of adipose tissue, cut into small cubes and mashed in a knife mill to form a homogenous paste. Then they were vacuum-sealed in plastic bags and kept frozen at -20°C until they were analyzed. Intramuscular fat (IMF) of LD was determined with the NIRS method (Schmutz et al., 2013).

The fatty acid profile of pasture (P4), concentrate (P4), LD and kidney fat were determined according to Firl et al. (2014) in the Bioanalytik laboratory Weihenstephan of the Technical University Munich (TUM).

The fat extraction of the samples was carried out according to Blight and Dyer (1959) modified by Hallermayer (1976). One gram of homogenate sample was mixed with chloroform/methanol (1:1, v/v) and the internal Standard Trinonanoate (Sigma, Taufkirchen, Germany) for 90 seconds (Ultra Turrax, 8,000 rpm). Next the samples were centrifuged for 5 minutes at 4°C (4,000 rpm). The overlap was decanted into a separating funnel and the pellet was extracted twice more and the overlaps combined in the separating funnel. After adding 21 ml of physiological solution of sodium chloride the mixture was then shaken for one minute. After the phase separation (1 h) the chloroform was evaporated to dryness under vacuum conditions at 37°C by use of a rotary evaporator (Rotavapor R 210, Büchl Labortechnik GmbH, Essen, Germany). The residue was dried with nitrogen for 15 minutes and then dissolved in one milliliter tertiary butyl-methylether (t-BME). Of this solution 100 µl together with 50 µl Trimethylsulfonium-hydroxide (TMSH) were pipetted into a microvial, shaken and injected on the gas chromatograph. The fatty acid methyl ester (FAME) was broken down with a Hewlett Packard 6890 GC, equipped with an Agilent 7683 Autosampler (Agilent Technologies, Böblingen, Germany). A CP 7420 separation column was used (coating select FAME 100 % bonded cyano-propyl-phase, 100m x 0.25 mm, Chrompack, Varian, USA) with a 0.25 µm film thickness and flame ionisation detector. The split/splitless injector was used with split 50. The samples were injected at 60°C. The oven temperature was then raised by 6°C/min to 120°C, held for 9 minutes, subsequently increased by 3°C/min to 242°C, held for 90 min, then increased to the final temperature of 250°C and held for 100 min. The injector was set at 270°C and the detector at 280°C. Hydrogen (Westfalen, Münster, Germany) was used as the carrier gas. Peaks were identified by comparison of retention times with known FAME standards. The fatty acids and

the fatty acid distribution were analyzed according to the DGF standard methods, C-VI 10a (DGF, 2000) following the internal standard method. For this purpose the software Chromeleon (version 6.80) was used (Chromeleon, Dionex, Sunnyvale, USA). A FAME-Mix 37 Supelco reference standard (Sigma-Aldrich, Deisenhofen, Germany) was used. More fatty acid methyl ester was purchased from Sigma-Aldrich und conjugated linoleic acid (CLA) from Biotrend (Köln, Germany).

The fatty acid contents in meat were estimated using the IMF content of LD.

Statistical Analysis

The statistical analysis was carried out with SPSS, V 20.0 (IBM, New York, USA). All parameters were subjected to a four-factorial ANOVA according to the GLM. Breed (Ai), grazing system (Bj), concentrate level (Ck) and type of concentrate (Dl) were used in the model as fixed elements.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} : observed value of ijkl animal; and where the observed values were; μ : population mean; e_{ijkl} : residual error. Differences were tested by means of the F-Test. After robust F-Test results the means were compared using the Tukey-Test.

Results and discussion

According to the data presented in the companion paper (Schmutz et al., 2013), the GS-breed proved to be significantly superior to the GH-breed in all essential parameters of the fattening and the carcass performance (final weight: 631 kg vs. 608 kg). Conversely, the GH-breed showed better meat quality parameters (IMF, tenderness, meat color) (e.g. IMF: GH 3.89 % vs. GS 2.47 %). The grazing system had a significant impact on only a few parameters (e.g. carcass weight, dressing percentage, fat color). The higher quality of the CGS pasture meant a higher grazing yield and a better feedstuff quality. This led to a slightly improved carcass weight. The level of concentrate had no significant effect on the compiled parameters.

During the supplementation period in P4 (28 d before slaughter) some animals consumed little or no concentrate, and so animals with a total concentrate intake of less than 5 kg (level L) and 7 kg (level M) were not considered in the statistical analysis. As a result, our results showed a slight increase in the IMF-content in comparison to the results for meat quality as stated by Schmutz et al. (2013).

No statistical significance was found in the first, second and third order interactions for the parameters under consideration in this study.

Fatty acids profile of pasture samples and concentrates

According to Table 2, the most abundant fatty acids are LA, ALA and palmitic acid. This is in accordance with Clapham et al. (2005) and Dewhurst et al. (2001) who found the same tendency in the species under investigation. The same authors also stated that harvest date and interval have a significant impact on PUFA levels, and that the concentrations of fatty acids decline as plants develop and mature. This was the case for the RGS-pasture and explains the presence of the higher amounts of PUFA and n-3 fatty acids (especially ALA) in the CGS-pasture than in the RGS-pasture. These high contents implied high values of MUFA and n-6 fatty acids in RGS-pasture. Consequently, the n-6/n-3 ratio was twice as large in the RGS as in the CGS (0.47 vs. 0.20).

The botanical composition of the forage samples was not investigated further, but nearly all of the CGS was covered with perennial ryegrass and white clover. It should be noted that different botanical composition of both grazing systems could also explain the differences in their fatty acid composition.

In the concentrate mixtures in P4 (Table 2), higher levels of n-3 fatty acids (11.29 vs. 3.73) and lower levels of n-6 fatty acids (25.01 vs. 34.17) were detected in the linseed-oil concentrate than in the rapeseed-oil concentrate. Thus, the n-6/n-3 ratio was 2.2 in the linseed-oil concentrate and 9.2 in the rapeseed-oil concentrate. This is in accordance with the fatty acid composition of these oils. Thus, linseed oil presents a higher content of C 18:3 and lower content of C 18:2 than rapeseed oil (Noci et al., 2007; Pospišil et al., 2007). Additionally amount of oil present in the concentrate was higher for the linseed-oil concentrate than for the rapeseed-oil concentrate (4.9% vs. 1.0%).

Fatty acid intake

Using the reported values for the dry matter intake by animals according to Schmutz et al. (2013): during the P4 (grazing period) the CGS-group consumed twice as much linoleic acid from the pasture as did the RGS-group (Figure 1-Graphic A). The same trend was observed for PUFA and n-3 which were 1.5 and 2 times higher respectively. This is in line with the high n-3 fatty acid values detected in the CGS-pasture (Table 2). The ALA contribution of linseed-oil concentrate in the CGS-group was 2.6 % and in the RGS-group 4.8 %; rapeseed-oil concentrate contributed with 0.5 % and 1.0 % in CGS and RGS-group respectively (Figure 1-Graphic B and C). Most of the consumed n-3 PUFA was derived from the pasture. Therefore, only small differences were found in the fatty acids profiles due to the different types of concentrate.

Fatty acid profile in LD

The type of breed had a significant effect on most of the fatty acids of the LD. While the GH-breed showed high proportions of CLA, SFA and trans-FA, the GS-breed had significantly higher proportions of PUFA, n-3 (ALA, EPA, DPA, DHA) and n-6 (LA, C 18:3) fatty acids. Nevertheless, the GH-breed had a significantly lower n-6/n-3 ratio. This is in line with earlier research, which has shown that, in addition to nutritional factors, genetic factors are considered to contribute to differences in fatty acid composition (Scollan et al., 2006). Such differences between breeds occur due to a different gene expression or enzyme activity involved in fatty acid synthesis (De Smet et al., 2004). Differences between both breeds were also found by Nürnberg et al. (2005), in their study where German Simmental bulls showed higher proportions of n-6 and n-3 fatty

acids and a higher n-6/n-3 ratio than German Holstein bulls. Choi et al. (2000) and Moreno et al. (2008) describe a significantly higher n-6/n-3 ratio in dairy breeds than in meat breeds.

CLA deposition is also influenced by breed (Costa et al., 2012; Shen et al., 2007), and is related to vaccenic acid variations (Shen et al., 2007). Small proportions of CLA pass through the rumen and the main proportion of CLA in the fat tissue derives from local biosynthesis by vaccenic acid and by the effect of the Δ^9 -desaturase enzyme (Costa et al., 2012; Baumann et al., 1999). So this explains the significantly low values of linoleic acid in the GH-breed which exhibit significantly high values of trans-vaccenic acid and CLA.

Grazing systems had a significant impact on few fatty acids. The CGS-group showed a significantly higher proportion of ALA and a significantly lower n-6/n-3 ratio in comparison with the RGS-group. As most of fatty acids stem from the microbiological synthesis in the rumen, the significant effects of grazing systems might possibly be explained by the differing rumen environments of the animals, caused by different levels of raw fiber supply in pasture grass (raw fiber supply RGS>CGS, Schmutz et al., 2013). Razminowicz et al. (2006) found no evidence of the feeding practice having an influence on C 17:1, 18:1 12t and 22:1. The significant impact of grazing systems on the higher content of ALA and trans-vaccenic acid in the CGS-group is in line with the high content of ALA in the CGS-pasture. This heightened intake of ALA (Figure 1-Graphic A) might cause a higher proportion of ALA to be metabolized into trans-vaccenic acid and to then be accumulated in the intramuscular fat tissue; which leads to a significant lower n-6/n-3 ratio. In the case of C 22:1, its content in both grazing systems was probably different (which was not reported; Table 2) and caused the significant effect of grazing system on C 22:1. since this fatty acid is probably not subjected to the biological hydrogenation (Borgatti and Trigari, 1979).

Neither the concentrate level nor the type of concentrate had a significant impact on the fatty acids of LD, with the exception of C 20:1, which was affected by type of concentrate ($P<0.05$). The group fed with rapeseed-oil concentrate showed higher C 20:1 values than group fed with linseed-oil concentrate. This effect is in line with the high content of this fatty acid in the rapeseed-oil concentrate, which would give rise to only low-grade metabolism for this fatty acid in the rapeseed-oil concentrate group.

Fatty acid profile of the kidney fat

Similarly, the breed had a significant effect on the fatty acid profile of the kidney fat (Table 4) for C 18:1 9c, LA und C 20:3. The GS-breed had a significantly higher proportion of LA, which did not affect the n-6/n-3 ratio. Effects on LA and C 20:3 were also observed in the LD. The effect of breed on oleic acid might be attributed to the observed significant difference of the LA, as any consumed LA would be transformed into stearic acid in the rumen and finally Δ 9-desaturase metabolized into oleic acid in the fat tissue (Baumann et al., 1999).

The grazing systems affected the concentration of some fatty acids: C 17:0 iso, 18:0 iso, 20:0, 16:1 9t, 17:1, 18:1 9c, 18:1 11 t, 18:1 12c, 20:1, ALA, 22:1, as well as the parameters \sum SFA, \sum MUFA, \sum PUFA, \sum n-3 and the n-6/n-3 ratio. The CGS-group had a higher proportion of oleic acid, \sum SFA, ALA, \sum n-3 and \sum PUFA as well as a lower n-6/n-3 ratio. But the RGS-group presented a higher proportion of trans-vaccenic acid (C 18:1 11t) and \sum MUFA. Concentrate levels and concentrate types had no significant effect on the fatty acids of the kidney fat.

The higher oleic acid level of LD compared to kidney fat could be due to a lower activity of the Δ 9-desaturase in the kidney fat (Lee et al., 2011). The higher proportion of LA in the RGS-pasture could explain the significant difference in trans-vaccenic acid (CGS-group < RGS-group).

The observed higher proportion of oleic acid in the kidney fat of the CGS-group is explained by the high ruminal transformation of LA into trans-vaccenic acid, which is then metabolized into oleic acid in the kidney fat as would be the case in RGS-group. Scollan et al. (2001) found, that a higher content of ALA in the feedstuff leads to higher contents of ALA in the muscles and the subcutaneous adipose tissue. This could explain the higher proportion of ALA in the CGS-group.

According to Ashes et al. (1992) heavier and fatter carcasses have higher proportions of neutral fat, which is mainly SFAs. So this might explain the significantly higher proportion of \sum SFA in the kidney fat of the CGS-group, which had heavier and fatter carcasses (Schmutz et al., 2013).

It is remarkable that, with the exception of C 20:1 11c, neither the level of the concentrate nor the type of concentrate had a significant effect on the analyzed

fatty acids of LD and kidney fat. It is likely that the consumed concentrate was low and neither level M (275 kg/animal) nor level L (191 kg/animal) could influence the fatty acids profile. The considered proportions of plant-oils in concentrates were probably low and as such they were unable to cause differences in the studied fatty acid profiles.

Fatty acid profile of the meat (LD)

The IMF of the GH-breed was significantly higher than that in the GS-breed (4.1 vs. 2.4 %). Consequently, the GH-breed presented higher nutritionally relevant fatty acid values (ALA, CLA, EPA, DHA) in meat (Table 5). High IMF leads to a high CLA level in muscle (Moreno et al., 2008), which is mainly located in the neutral fats and rises with increasing fatness (Scollan et al., 2003; Noci et al., 2007).

The GH-breed showed a significantly higher proportion of SFA and trans-fatty acids but nevertheless a lower PUFA/SFA ratio. Both genotypes show a very tight n-6/n-3 ratio.

The CGS-group showed higher PUFA and n-3 values than the RGS-group, which can be attributed to the high values of these fatty acids in the CGS-pasture. Rich provisions of n-3 raise the amount of n-3 in the meat (Warren et al., 2008).

As in the fatty acid profile of the LD, neither the concentrate level nor the type of concentrate had any impact on the levels of relevant healthy fatty acids in meat (ALA, EPA, DHA).

Healthy fatty acids in the meat (LD)

A portion of 200 g of meat (LD) from GH-breed provides 47 mg CLA. Moreno et al. (2008), with a similar calculation obtained 38 mg CLA. The obtained n-6/n-3 ratios are under the recommended ratio by the German Association for Nutrition (DGE, 2008) (<5:1). This value is difficult to reach due to the ruminal biohydrogenation (Warren et al., 2008). In order to be allowed to use the label “source of omega-3 fatty acids”, the food has to contain at least 0.3 g/100 g of ALA or 40 mg/100 g of the sum total of EPA and DHA at a maximum energy content of 100 kcal (Regulation [EC] 1924/2006 and 432/2012). In the study were achieved only 17 % in the ALA and 40 % in the sum EPA+DHA of these recommendations (ALA: 56 mg (GH-breed), 41 mg (GS-breed); sum of EPA +

DHA: 17 mg (GH-breed), 14 mg (GS-breed)). So they do not qualify for nutrition and health related claims for beef produced under the conditions of the present study. A maximum of 60 mg ALA and 18 mg EPA + DHA for the GH-breed in the CGS-group was obtained. Warren et al. (2008) reported similar levels with 43 mg/100g ALA and 24 mg EPA + DHA; and Nürnberg et al. (2002) reached 71 mg/100g ALA. After considering the transformation rate of ALA into EPA (8-12 %) in the human body (Goyens et al., 2006), the value EPA + DHA was 24 mg for GH-breed and 19 mg for GS-breed both in CGS-group.

The beef, besides milk and eggs, is the single natural source for long chain n-3 fatty acids, for people who do not eat fish or fish products. According the results of our study, Nürnberg et al. (2002) and Razminowicz et al. (2006), these products cover the human requirements only to a small extent. Hence it was possible to raise the proportions of nutritionally beneficial fatty acids in the meat of steers through a feeding practice based on small provisions of concentrate and high amounts of grass (grass silage and pasture).

Conclusion

When fattening steers on grass and grass products with limited supplementation of concentrate, genotype as well as grazing system had an effect on the fatty acid profile of the LD and kidney fat. While the genotype primarily affected the fatty acid profile of LD, the grazing system critically influenced the fatty acid profile of the kidney fat. Concentrate level and type of concentrate did not have a decisive influence. In general, the contents of healthy fatty acids in the meat, especially n-3 fatty acids, were raised. However, the legal requirements for a corresponding marketing could not be met.

Acknowledgement

The present study was funded by the BMBF-program „FHprofUnt“ (project No. 170 90 X 10).

References

1. Ashes JR, Siebert BD, Gulati SK, Cuthbertson AZ, Scott TW (1992) Incorporation of n-3 fatty acids of fish oil into tissue and serum lipids of ruminants. *Lipids* 27, 629-631
2. Baumann DE, Baumgard LH, Corl BA, Griinari JM (1999) Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *P Am Soc Anim Sci* 3, 1-15
3. Bligh E, Dyer WJ (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Phys* 37, 911-917
4. Borgatti AR, Trigari G (1979) Biohydrogenation of erucic acid (22:1 n-9 cis) in an "artificial rumen". II) Effect of pH, potential hydrogen donors and type of anaerobiosis. *B Soc Ital Biol Sper* 55, 212-218
5. Choi NJ, Enser M, Wood JD, Scollan ND (2000) Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 PUFA. *J Anim Sci* 71, 509–519
6. Clapham WM, Foster JG, Neel JPS, Fedders JM (2005) Fatty acid composition of traditional and novel forages. *J Agric Food Chem* 53, 10068-10073
7. Costa ASH, Lopes PA, Estevão M, Martins SV, Alves SP, Pissarra H, Correia JJ, Pinho M, Fontes CMGA, Prates JAM (2012) Contrasting cellularity and fatty acid composition in fat depots from Alentejana and Barrosã bovine breeds fed high and low forage diets. *Int J Biol Sci* 9, 214–227
8. Dannenberger D, Nürnberg K, Nürnberg G (2009) Diet-dependent occurrence in rumen and duodenal digesta of slaughtered bulls. *Eur J Lipid Sci Tech* 111, 553-562
9. De Deckere EAM, Korver O, Verschuuren PM, Katan MB (1998) Health aspects of fish and omega-3 PUFA from plant and marine origin. *Eur J Clin Nutr* 52, 749–753
10. Deutsche Gesellschaft für Ernährung, DGE (2008) [Reference values for nutrient supply]. Umschau Verlag, Frankfurt, Germany
11. Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaften (DGF), 2000 [DGF-Methods C-VI 10A. Fatty acid methyl ester – Analysis of fatty acids and distribution of fatty acids]. In: Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, Germany [in German]

12. De Smet S, Raes K, Demeyer D (2004) Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Anim Res* 53, 81-98
13. Dewhurst RJ, Scollan ND, Youell SJ, Tweed JKS, Humphreys MO (2001) Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass Forage Sci* 56, 68–74
14. Fincham JR, Fontenot JP, Swecker WS, Herbein JH, Neel JP, Scaglia G, Clapham WM, Notter DR (2009) Fatty acid metabolism and deposition in subcutaneous adipose tissue of pasture- and feedlot-finished cattle. *J Anim Sci* 87, 3259–3277
15. Firl N, Kienberger H, Rychlik M (2013) Validation of the sensitive and accurate quantitation of the fatty acid distribution in bovine milk, *Int Dairy J* Doi 10.1016/j.idairyj.2013.11.007
16. Folch J, Ascoli I, Lees M, Meath JA, Le Baron N (1951) Preparation of lipid extracts from brain tissue. *J Biol Chem* 191, 833–841
17. Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem* 226, 497–509
18. French P, O’Riordan EG, Monahan FJ, Caffery PJ, Moloney AP (2003) Fatty acid composition of intra-muscular triacylglycerol of steers fed autumn grass and concentrates. *Livest Prod Sci* 81, 307-317
19. Goyens PLL, Spilker ME, Zock PL, Katan MB, Mensink RP (2006) Conversion of α -linolenic acid in humans is influenced by the absolute amounts of α -linolenic acid and linoleic acid in the diet and not by their ratio. *Am J Clin Nutr* 84, 44-53
20. Hallermayer R (1976) [A rapid method for the determination of the fat content in food]. *Deut Lebensm-Rundsch* 10, 356-359 [in German]
21. Lee J-H, Yamamoto I, Jeong J-S, Nade T, Arai T, Kimura N (2011) Relationship between adipose maturity and fatty acid composition in various adipose tissues of Japanese Black, Holstein and Crossbred (F1) steers. *Anim Sci J* 82, 689-697
22. Moreno T, Keane MG, Noci F, Moloney AP (2008) Fatty acid composition of M. Longissimus dorsi from Holstein–Friesian steers of New Zealand and European/ American descent and from Belgian Blue x Holstein–Friesian steers, slaughtered at two weights/ages. *Meat Sci* 78, 157-169

23. Noci F, French P, Monahan FJ, Moloney AP (2007) The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates. *Anim Sci* 85, 1062–1073
24. Nürnberg K, Nürnberg G, Ender K, Lorenz S, Winkler K, Rickert R, Steinhart H (2002) n-3 fatty acids and conjugated linoleic acids of longissimus muscle in beef cattle. *Eur J Lipid Sci Tech* 104, 463–471
25. Nürnberg K, Dannenberger D, Nürnberg G, Ender K, Voigt J, Scollan ND, Wood JD, Nute GR, Richardson RI (2005) Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livest Prod Sci* 94, 137-147
26. Pospišil M, Škevin D, Mustapić Z, Nederal Nakić S, Butorac J, Matijević D (2007) Fatty Acid Composition in Oil of Recent Rapeseed Hybrids and 00-Cultivars. *Agric Conspec Sci* 72, 187-193
27. Realini CE, Duckett SK, Brito GW, Dalla Rizza M, De Mattos D (2004) Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci* 66, 567–577
28. Raes K, De Smet S, Balcaen A, Claeys E, Demeyer D (2003) Effect of diets rich in n-3 polyunsaturated fatty acids on muscle lipids and fatty acids in Belgian Blue double-muscled young bulls, *Reprod. Nutr. Dev.* 43, 331–345
29. Razminowicz RH, Kreuzer M, Scheeder MRL (2006) Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. *Meat Sci* 73, 351–361
30. Schmutz M, Weindl P, Carrasco S, Bellof G, Schmidt E (2013) Effect of breed, grazing system and concentrate supplementation on fattening performance, carcass value and meat quality of steers. *Arch Tierz* Doi: 10.7482/0003-9438-56-096
31. Scollan ND, Choi NJ, Kurt E, Fisher AV, Enser M, Wood JD (2001) Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *Brit J Nutr* 85, 115–124
32. Scollan ND, Enser M, Gulati SK, Richardson I, Wood JD (2003) Effects of including a ruminally protected lipid supplement in the diet on the fatty acid composition of beef muscle, *Brit J Nutr* 90, 709–716

33. Scollan N, Hocquette JF, Nürnberg K, Dannenberger D, Richardson I, Moloney A (2006) Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci* 74, 17–33
34. Shen X, Nürnberg K, Nürnberg G, Zhao R, Scollan N, Ender K, Dannenberger D (2007) Vaccenic acid and c-9,t-11 CLA in rumen and different tissues of pasture- and linoleic acid rich-fed beef cattle. *Lipids* 42, 1093–1103
35. SPSS Inc. (2006) SPSS user's guide. V. 20.0, IBM, New York, USA
36. Tapiero H, Nguyen Ba G, Couvreur P, Tew KD (2002) Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. *Biomed Pharmacother* 56, 215–222
37. Warren HE, Scollan ND, Enser M, Hughes SI, Richardson RI, Wood JD (2008) Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Sci* 78, 256–269

Correspondence: Prof. Dr. Gerhard Bellof, University of Applied Science Weihenstephan-Triesdorf, Department of Animal Production, D-85350 Freising, Germany; gerhard.bellof@hswt.de

Phone: +49-8161-714329 Fax: +49-8161-714496

Table 1 Experimental design according phases

Husbandry	Diet	<i>P1</i> <i>Jan. - April 2011</i>		<i>P2</i> <i>May - Sept. 2011</i>		<i>P3</i> <i>October 2011 - March 2012</i>				<i>P4</i> <i>April - October 2012</i>			
		GS n=48	GH n=48	GS -	GH -	GS n=18	GH n=18	GS n=18	GH n=18	GS -	GH -	GS -	GH -
Indoor (P1, P3)	Grass silage	<i>ad libitum</i>		-		<i>ad libitum</i>				-			
	Concentrate	<i>1 kg</i>	<i>1 kg</i>	-		<i>M</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	-	-	-	-
Outdoor (P2, P3, P4)	<u>Grazing system</u>												
	RGS	-	-	n=24	n=24	n=6		n=6		n=12	n=12	n=12	n=12
	CGS	-	-	n=24	n=24	n=6		n=6		n=12	n=12	n=12	n=12
	Concentrate	-	-	-	-	<i>M</i>		<i>M</i>		-	-	-	-
----- Concentrate supplementation during the last 28 days of P4 -----										<i>M</i>	<i>M</i>	<i>L</i>	<i>L</i>
										<i>LS-oil</i>	<i>RS-oil</i>	<i>LS-oil</i>	<i>RS-oil</i>

GS, German Simmental; GH, German Holstein ;

RGS, rotational grazing system; CGS, continuous grazing system;

Level of offered concentrate: M (medium) = 1.5 kg/animal/d; L (low) = 0.75 kg/animal/d

LS-oil, linseed-oil concentrate; RS-oil, rapeseed-oil concentrate; Total consumption of concentrate in the whole trial: M = 275 kg/ animal; L = 191 kg/ animal

Table 2 Fatty acid profiles (g/100g FAME) during the last grazing period (P4) of pasture from the rotational (RGS) and continuous grazing system (CGS) also of concentrate with linseed and rapeseed oil

Fatty acid	Pasture type				Concentrate type	
	RGS Juli/August	RGS Sept/October	CGS Juli/August	CGS Sept/October	Linseed oil	Rapeseed oil
8:0	0.06	0.06	0.05	0.05	-	-
12:0	0.12	0.10	0.11	0.10	-	-
14:0	0.35	0.38	0.33	0.34	0.12	0.08
iso-15:0	0.14	0.10	0.14	0.39	-	-
anteiso-15:0	0.16	0.11	0.14	0.40	-	-
15:0	0.18	0.16	0.14	0.15	0.11	0.13
iso-16:0	0.08	0.05	0.07	0.19	-	-
16:0	13.80	15.39	13.93	14.08	20.24	17.86
16:1, 9t	-	0.14	0.06	0.12	-	-
16:1, 6c	1.29	1.53	2.78	2.73	-	-
16:1, 9c	0.64	0.46	0.31	0.31	0.24	0.23
iso-17:0	0.07	0.06	0.06	0.16	-	-
anteiso-17:0	0.08	0.06	0.07	0.12	-	-
17:0	0.19	0.21	0.16	0.13	0.23	0.18
17:1,9c	0.06	0.05	0.05	-	0.06	0.05
18:0	2.45	2.04	1.44	1.51	7.60	3.23
18:1, 9t	0.12	0.08	-	-	-	-
18:1, 9c	15.26	9.76	2.74	2.25	29.42	34.15
18:1, c11	1.47	1.03	0.34	0.28	1.54	1.98
18:2 n6 (LA)	20.85	20.07	13.74	11.98	25.01	34.17
18:3 n6	0.10	-	-	-	-	-
18:3 n3 (ALA)	37.66	43.33	59.60	60.95	10.99	3.45
20:0	0.42	0.39	0.16	0.17	0.50	0.42
20:1, 11c	0.33	0.22	0.05	-	0.32	0.66
21:0	0.06	0.05	0.06	-	-	-
20:2 n6	0.18	0.13	0.04	-	-	-
20:3 n3	-	-	-	-	0.31	0.29
20:3 n6	0.05	0.07	0.07	0.07	-	-
22:0	0.65	0.59	0.43	0.52	0.56	0.51
22:1	-	-	-	-	0.08	0.10
22:2 n6	0.16	0.26	0.15	0.17	-	-
23:0	0.11	0.05	-	-	-	-
24:0	0.65	0.56	0.39	0.54	0.47	0.46
24:1, 15c	0.18	0.42	0.31	0.23	0.19	0.06
22:5 n3 (DPA)	0.11	0.09	0.07	0.07	-	-
ΣSFA	19.56	20.36	17.68	18.84	29.83	22.87
ΣMUFA	19.22	13.48	6.59	5.80	31.86	37.24
ΣPUFA	59.10	63.94	73.68	73.23	36.30	37.90
Σtrans-FA	0.12	0.22	0.06	0.12	< 0.05	< 0.05
Σn-3	37.77	43.42	59.68	61.08	11.29	3.73
Σn-6	21.33	20.53	14.00	12.15	25.01	34.17

FAME, fatty acid methyl ester; CGS, continuous grazing system; RGS, rotational grazing system; ALA, α -linolenic acid; DPA, docosapentaenoic acid; LA, linoleic acid; MUFA, monounsaturated fatty acids; PUFA, polyunsaturated fatty acids; SFA, saturated fatty acids. The sum of n-3 fatty acids = C 18:3n-3 + C 18:4n-3 + C 20:5n-3 + C 22:5n-3 + C 22:6n-3; the sum of n-6 fatty acids = C 18:2n-6 + C 18:3n-6 + C 20:3n-6 + C 20:4n-6 + C 22:4n-6; the sum of monounsaturated fatty acids (MUFA) = C 14:1 + C 16:1 + C 17:1 + C 18:1 9c + C 18:1 11c + C 18:1 12c + C 20:1; the sum of trans-fatty acids (trans-FA) = C 16:1 9t + C 18:1 9t + C 18:1 11t

Table 3 Fatty acid profile (g/100g FAME) of selected fatty acids of *musculus longissimus dorsi* of steers of the breeds German Holstein and German Simmental in relation to grazing system, concentrate level and type of concentrate (LS-Means (SEM))

Fatty acid	Breed		P	Grazing system		P	Concentrate level		P	Type of concentrate		P
	GH	GS		CGS	RGS		M	L		Linseed oil	Rapeseed oil	
14:0	2,30 (0,06)	2,12 (0,05)	0,017	2,20 (0,10)	2,21 (0,12)	0,916	2,26 (0,05)	2,16 (0,07)	0,235	2,20 (0,06)	2,22 (0,06)	0,743
16:0	25,4 (0,2)	25,0 (0,2)	0,137	25,2 (0,2)	25,2 (0,2)	0,851	25,3 (0,2)	25,1 (0,2)	0,487	25,1 (0,2)	25,3 (0,2)	0,350
17:0	1,15 (0,02)	1,07 (0,02)	0,001	1,10 (0,02)	1,12 (0,02)	0,226	1,10 (0,01)	1,13 (0,02)	0,198	1,12 (0,02)	1,10 (0,02)	0,547
18:0	20,0 (0,3)	19,5 (0,3)	0,268	19,9 (0,3)	19,7 (0,3)	0,728	19,5 (0,3)	20,0 (0,4)	0,287	19,9 (0,3)	19,7 (0,3)	0,665
20:0	0,09 (0,002)	0,09 (0,002)	0,015	0,09 (0,002)	0,09 (0,002)	0,414	0,09 (0,002)	0,09 (0,003)	0,944	0,09 (0,002)	0,09 (0,002)	0,785
17:1	0,52 (0,008)	0,52 (0,008)	0,517	0,51 (0,008)	0,54 (0,008)	0,009	0,53 (0,007)	0,52 (0,010)	0,401	0,52 (0,008)	0,52 (0,008)	0,572
18:1 11t	3,14 (0,10)	2,69 (0,09)	0,001	3,05 (0,09)	2,78 (0,09)	0,048	2,88 (0,08)	2,95 (0,11)	0,652	3,02 (0,10)	2,81 (0,10)	0,113
18:1 9c	33,2 (0,4)	33,1 (0,4)	0,851	32,9 (0,4)	33,4 (0,4)	0,313	33,4 (0,3)	33,0 (0,5)	0,419	33,1 (0,4)	33,3 (0,4)	0,674
18:1 11c	1,12 (0,02)	1,20 (0,02)	0,004	1,15 (0,02)	1,17 (0,02)	0,369	1,17 (0,02)	1,16 (0,02)	0,742	1,14 (0,02)	1,19 (0,02)	0,062
18:1 12c	0,12 (0,004)	0,12 (0,003)	0,220	0,13 (0,003)	0,11 (0,003)	0,005	0,12 (0,003)	0,12 (0,004)	0,571	0,12 (0,003)	0,12 (0,003)	0,754
20:1	0,11 (0,112)	0,11 (0,112)	0,995	0,10 (0,006)	0,12 (0,006)	0,063	0,11 (0,005)	0,11 (0,007)	0,783	0,10 (0,006)	0,12 (0,006)	0,017
22:1	0,19 (0,009)	0,23 (0,008)	0,001	0,23 (0,009)	0,19 (0,008)	0,002	0,21 (0,007)	0,22 (0,010)	0,326	0,21 (0,008)	0,22 (0,008)	0,523
18:2 n-6 (LA)	2,39 (0,15)	3,26 (0,14)	0,000	2,84 (0,15)	2,80 (0,14)	0,829	2,74 (0,12)	2,90 (0,18)	0,446	2,81 (0,15)	2,83 (0,15)	0,941
18:3 n-6	0,04 (0,002)	0,06 (0,002)	0,000	0,05 (0,002)	0,05 (0,002)	0,812	0,05 (0,002)	0,05 (0,003)	0,777	0,05 (0,002)	0,05 (0,002)	0,469
18:3 n-3 (ALA)	1,45 (0,07)	1,78 (0,06)	0,001	1,72 (0,07)	1,50 (0,06)	0,015	1,56 (0,05)	1,67 (0,08)	0,274	1,61 (0,07)	1,62 (0,07)	0,899
18:2 9c11t (CLA)	0,56 (0,018)	0,50 (0,017)	0,006	0,54 (0,018)	0,51 (0,017)	0,213	0,54 (0,014)	0,52 (0,021)	0,552	0,55 (0,017)	0,51 (0,017)	0,109
20:3 n-6	0,21 (0,013)	0,29 (0,012)	0,000	0,25 (0,013)	0,25 (0,012)	0,626	0,25 (0,010)	0,25 (0,015)	0,621	0,25 (0,013)	0,25 (0,012)	0,795
20:4 n-6 (AA)	0,60 (0,047)	0,85 (0,046)	0,000	0,73 (0,047)	0,72 (0,045)	0,951	0,72 (0,038)	0,73 (0,055)	0,923	0,73 (0,046)	0,72 (0,046)	0,798
20:5 n-3 (EPA)	0,39 (0,029)	0,52 (0,027)	0,001	0,49 (0,029)	0,43 (0,028)	0,160	0,44 (0,023)	0,48 (0,034)	0,354	0,46 (0,028)	0,45 (0,028)	0,795
22:4 n-6	0,06 (0,004)	0,08 (0,003)	0,000	0,07 (0,004)	0,07 (0,004)	0,197	0,07 (0,003)	0,07 (0,004)	0,407	0,07 (0,004)	0,07 (0,004)	0,444
22:5 n-3 (DPA)	0,70 (0,041)	0,96 (0,038)	0,000	0,84 (0,040)	0,82 (0,039)	0,693	0,82 (0,033)	0,84 (0,048)	0,744	0,85 (0,040)	0,81 (0,039)	0,394
22:6 n-3 (DHA)	0,06 (0,005)	0,09 (0,005)	0,000	0,08 (0,005)	0,08 (0,005)	0,615	0,08 (0,004)	0,08 (0,006)	0,857	0,08 (0,005)	0,08 (0,005)	0,904
ΣSFA	51,6 (0,4)	50,3 (0,3)	0,009	50,9 (0,4)	50,9 (0,4)	0,977	50,8 (0,3)	51,0 (0,4)	0,658	50,9 (0,4)	51,0 (0,4)	0,944
ΣMUFA	38,2 (0,5)	38,0 (0,4)	0,808	37,8 (0,4)	38,4 (0,4)	0,293	38,4 (0,4)	37,8 (0,5)	0,333	38,0 (0,4)	38,2 (0,4)	0,633
ΣPUFA	6,65 (0,34)	8,54 (0,32)	0,000	7,78 (0,34)	7,41 (0,32)	0,414	7,43 (0,27)	7,76 (0,40)	0,492	7,64 (0,33)	7,55 (0,33)	0,844
Σtrans-FA	3,60 (0,11)	3,16 (0,10)	0,003	3,52 (0,11)	3,25 (0,10)	0,062	3,35 (0,09)	3,41 (0,13)	0,712	3,50 (0,11)	3,27 (0,10)	0,109
Σn-3	2,79 (0,14)	3,52 (0,13)	0,000	3,30 (0,13)	3,01 (0,13)	0,108	3,07 (0,11)	3,24 (0,16)	0,398	3,18 (0,13)	3,13 (0,13)	0,799
Σn-6	3,30 (0,21)	4,53 (0,20)	0,000	3,94 (0,21)	3,89 (0,20)	0,859	3,82 (0,17)	4,01 (0,25)	0,539	3,92 (0,21)	3,91 (0,20)	0,988
n-6/n-3 ratio	1,17 (0,02)	1,28 (0,02)	0,000	1,17 (0,02)	1,27 (0,02)	0,000	1,23 (0,01)	1,21 (0,02)	0,403	1,21 (0,02)	1,23 (0,02)	0,420
PUFA/SFA ratio	0,13 (0,007)	0,17 (0,007)	0,000	0,15 (0,007)	0,15 (0,007)	0,417	0,15 (0,006)	0,15 (0,008)	0,547	0,15 (0,007)	0,15 (0,007)	0,797

FAME, fatty acid methyl ester; GH, German Holstein; GS, German Simmental; CGS, continuous grazing system; RGS, rotational grazing system; M, medium; L, low
AA, arachidonic acid; ALA, α -linolenic acid; CLA, conjugated linoleic acid; DPA, docosapentaenoic acid; DHA, docosahexaenoic acid, EPA, eicosapentaenoic acid; LA, linoleic acid; MUFA, monounsaturated fatty acids; PUFA, polyunsaturated fatty acids; SFA, saturated fatty acids; (SEM), standard error of the mean. The sum of n-3 fatty acids = C 18:3n-3 + C 18:4n-3 + C 20:5n-3 + C 22:5n-3 + C 22:6n-3; the sum of n-6 fatty acids = C 18:2n-6 + C 18:3n-6 + C 20:3n-6 + C 20:4n-6 + C 22:4n-6; the sum of monounsaturated fatty acids (MUFA) = C 14:1 + C 16:1 + C 17:1 + C 18:1 9c + C 18:1 11c + C 18:1 12c + C 20:1; the sum of trans-fatty acids (trans-FA) = C 16:1 9t + C 18:1 9t + C 18:1 11t

Table 4 Fatty acid profile (g/100g FAME) of selected fatty acids of kidney fat from steers of the breeds German Holstein and German Simmental in relation to grazing system, concentrate level and type of concentrate (LS-Means (SEM))

Fatty acid	Breed		P	Grazing system		P	Concentrate level		P	Type of concentrate		P
	GH	GS		CGS	RGS		M	L		Linseed oil	Rapeseed oil	
14:0	2,78 (0,06)	2,81 (0,06)	0,651	2,81 (0,06)	2,78 (0,06)	0,706	2,83 (0,05)	2,76 (0,07)	0,443	2,77 (0,06)	2,81 (0,06)	0,609
16:0	24,5 (0,2)	24,9(0,2)	0,144	25,0 (0,2)	24,4 (0,2)	0,075	24,6 (0,2)	24,7 (0,3)	0,768	24,5 (0,2)	24,9 (0,2)	0,269
17:0 <i>iso</i>	0,50 (0,009)	0,49 (0,009)	0,580	0,48 (0,009)	0,52 (0,009)	0,002	0,50 (0,007)	0,49 (0,011)	0,307	0,50 (0,009)	0,50 (0,009)	0,997
17:0 <i>anteiso</i>	0,72 (0,012)	0,70 (0,011)	0,226	0,69 (0,012)	0,72 (0,011)	0,064	0,71 (0,010)	0,70 (0,014)	0,691	0,71 (0,012)	0,70 (0,012)	0,601
17:0	1,63 (0,02)	1,58 (0,02)	0,059	1,58 (0,02)	1,63 (0,02)	0,075	1,61 (0,02)	1,60 (0,02)	0,661	1,61 (0,02)	1,59 (0,02)	0,467
18:0 <i>iso</i>	0,17 (0,004)	0,16 (0,004)	0,097	0,16 (0,004)	0,17 (0,004)	0,016	0,17 (0,003)	0,16 (0,004)	0,714	0,16 (0,004)	0,17 (0,004)	0,375
18:0	33,6 (0,5)	33,5 (0,4)	0,900	34,0 (0,5)	33,1 (0,4)	0,147	33,5 (0,4)	33,6 (0,5)	0,958	33,8 (0,5)	33,3 (0,4)	0,473
20:0	0,25 (0,009)	0,25 (0,009)	0,875	0,24 (0,009)	0,26 (0,009)	0,033	0,25 (0,007)	0,25 (0,011)	0,597	0,25 (0,009)	0,25 (0,009)	0,796
16:1, 9t	0,10 (0,004)	0,09 (0,004)	0,276	0,10 (0,004)	0,09 (0,004)	0,004	0,09 (0,003)	0,09 (0,005)	0,919	0,10 (0,004)	0,09 (0,004)	0,460
17:1	0,32 (0,008)	0,31 (0,008)	0,408	0,29 (0,008)	0,33 (0,008)	0,002	0,32 (0,007)	0,31 (0,010)	0,483	0,31 (0,008)	0,32 (0,008)	0,498
18:1 9c	4,39 (0,13)	4,01 (0,12)	0,030	4,40 (0,13)	4,00 (0,12)	0,024	4,18 (0,11)	4,22 (0,15)	0,842	4,31 (0,13)	4,09 (0,13)	0,196
18:1 11t	22,9 (0,5)	22,8 (0,4)	0,854	22,0 (0,5)	23,8 (0,4)	0,004	22,9 (0,4)	22,8 (0,5)	0,938	22,8 (0,5)	22,9 (0,4)	0,784
18:1, c11	0,59 (0,017)	0,62 (0,016)	0,172	0,60 (0,016)	0,61 (0,016)	0,508	0,60 (0,013)	0,61 (0,019)	0,689	0,59 (0,016)	0,63 (0,016)	0,080
18:1, c12	0,13 (0,003)	0,14 (0,003)	0,203	0,14 (0,003)	0,13 (0,003)	0,009	0,14 (0,003)	0,13 (0,004)	0,111	0,13 (0,003)	0,13 (0,003)	0,822
20:1	0,06 (0,003)	0,07 (0,003)	0,520	0,06 (0,003)	0,07 (0,003)	0,023	0,07 (0,002)	0,06 (0,003)	0,219	0,06 (0,003)	0,07 (0,003)	0,309
18:2 9t12c	0,89 (0,021)	0,90 (0,020)	0,684	0,87 (0,021)	0,91 (0,020)	0,115	0,88 (0,017)	0,90 (0,025)	0,425	0,90 (0,021)	0,89 (0,020)	0,851
18:2 n-6 (LA)	0,92 (0,023)	0,99 (0,021)	0,041	0,98 (0,022)	0,93 (0,022)	0,080	0,97 (0,018)	0,94 (0,027)	0,388	0,94 (0,022)	0,97 (0,022)	0,261
18:3 n-3 (ALA)	0,83 (0,026)	0,88 (0,025)	0,171	0,92 (0,026)	0,79 (0,025)	0,000	0,85 (0,021)	0,86 (0,031)	0,818	0,84 (0,026)	0,87 (0,025)	0,479
18:2 9c11t (CLA)	0,39 (0,012)	0,38 (0,011)	0,316	0,38 (0,012)	0,39 (0,011)	0,575	0,39 (0,010)	0,38 (0,014)	0,912	0,39 (0,012)	0,38 (0,011)	0,889
20:3 n-6	0,038 (0,002)	0,044 (0,002)	0,021	0,04 (0,002)	0,04 (0,002)	0,165	0,04 (0,002)	0,04 (0,002)	0,374	0,04 (0,002)	0,04 (0,002)	0,900
22:1	0,05 (0,003)	0,06 (0,003)	0,194	0,06 (0,003)	0,05 (0,003)	0,051	0,06 (0,003)	0,06 (0,004)	0,692	0,06 (0,003)	0,06 (0,003)	0,534
20:5 n-3 (EPA)	0,06 (0,005)	0,07 (0,005)	0,188	0,06 (0,005)	0,06 (0,005)	0,757	0,07 (0,004)	0,06 (0,006)	0,225	0,06 (0,005)	0,07 (0,005)	0,393
ΣSFA	66,5 (0,5)	66,9 (0,4)	0,542	67,4 (0,4)	66,0 (0,4)	0,023	66,7 (0,4)	66,7 (0,5)	0,945	66,7 (0,4)	66,7 (0,4)	0,894
ΣMUFA	25,4 (0,5)	25,3 (0,5)	0,889	24,3 (0,5)	26,3 (0,5)	0,006	25,3 (0,4)	25,3 (0,6)	0,922	25,2 (0,5)	25,4 (0,5)	0,701
ΣPUFA	2,24 (0,05)	2,35 (0,05)	0,111	2,39 (0,05)	2,21 (0,05)	0,007	2,31 (0,04)	2,28 (0,06)	0,648	2,27 (0,05)	2,33 (0,05)	0,343
Σtrans-FA	5,89 (0,16)	5,51 (0,15)	0,075	5,88 (0,16)	5,52 (0,15)	0,089	5,67 (0,13)	5,73 (0,19)	0,792	5,82 (0,16)	5,58 (0,15)	0,249
Σn-3	0,89 (0,027)	0,95 (0,026)	0,117	0,98 (0,027)	0,85 (0,026)	0,000	0,92 (0,02)	0,92 (0,03)	0,967	0,90 (0,027)	0,93 (0,026)	0,396
Σn-6	1,04 (0,03)	1,10 (0,02)	0,071	1,10 (0,03)	1,05 (0,02)	0,144	1,08 (0,02)	1,06 (0,03)	0,534	1,06 (0,02)	1,09 (0,02)	0,290
n-6/n-3 ratio	1,19 (0,03)	1,18 (0,03)	0,772	1,13 (0,03)	1,25 (0,03)	0,003	1,20 (0,02)	1,17 (0,03)	0,447	1,20 (0,03)	1,18 (0,03)	0,620
PUFA/SFA ratio	0,03 (0,001)	0,04 (0,001)	0,163	0,04 (0,001)	0,03 (0,001)	0,060	0,04 (0,001)	0,03 (0,001)	0,583	0,03 (0,001)	0,04 (0,001)	0,339

FAME, fatty acid methyl ester; GH, German Holstein; GS, German Simmental; CGS, continuous grazing system; RGS, rotational grazing system; M, medium; L, low AA, arachidonic acid; ALA, α-linolenic acid; CLA, conjugated linoleic acid; DPA, docosapentaenoic acid; DHA, docosahexaenoic acid, EPA, eicosapentaenoic acid; LA, linoleic acid; MUFA, monounsaturated fatty acids; PUFA, polyunsaturated fatty acids; SFA, saturated fatty acids; (SEM) standard error of the mean. The sum of n-3 fatty acids = C 18:3n-3 + C 18:4n-3 + C 20:5n-3 + C 22:5n-3 + C 22:6n-3; the sum of n-6 fatty acids = C 18:2n-6 + C 18:3n-6 + C 20:3n-6 + C 20:4n-6 + C 22:4n-6; the sum of monounsaturated fatty acids (MUFA) = C 14:1 + C 16:1 + C 17:1 + C 18:1 9c + C 18:1 11c + C 18:1 12c + C 20:1; the sum of trans-fatty acids (trans-FA) = C 16:1 9t + C 18:1 9t + C 18:1 11t

Table 5 Concentration of selected fatty acids (mg/100g meat) in the *musculus longissimus dorsi* of steers of the breeds German Holstein and German Simmental in relation to grazing system, concentrate level and type of concentrate (LS-Means (SEM))

Fatty acid	Breed		P	Grazing system		P	Concentrate level		P	Type of concentrate		P
	GH	GS		CGS	RGS		M	L		Linseed oil	Rapeseed oil	
IMF (%)	4,12 (0,18)	2,45 (0,17)	0,000	3,30 (0,18)	3,27 (0,18)	0,928	3,25 (0,15)	3,32 (0,22)	0,813	3,31 (0,18)	3,26 (0,18)	0,855
14:0	96,56 (5,8)	53,03 (5,3)	0,000	74,38 (5,6)	75,22 (5,5)	0,904	75,21 (4,4)	74,38 (6,6)	0,911	75,06 (5,7)	74,54 (5,5)	0,941
16:0	1054,35 (55,4)	615,71 (50,5)	0,000	834,07 (53,5)	835,99 (52,5)	0,977	827,38 (41,7)	842,67 (62,3)	0,828	836,69 (54,1)	833,36 (51,9)	0,960
17:0	47,52 (2,6)	26,30 (2,4)	0,000	36,86 (2,5)	36,97 (2,5)	0,972	36,27 (2,0)	37,56 (3,0)	0,695	37,43 (2,6)	36,39 (2,5)	0,734
17:1	21,57 (1,2)	12,72 (1,1)	0,000	16,81 (1,1)	17,48 (1,1)	0,623	17,14 (0,9)	17,15 (1,3)	0,996	17,37 (1,1)	16,92 (1,1)	0,745
18:0	828,67 (45,9)	476,95 (41,8)	0,000	660,29 (44,2)	645,33 (43,5)	0,780	639,93 (34,5)	665,68 (51,1)	0,655	662,65 (44,7)	642,97 (43,0)	0,714
18:1 11t	130,66 (8,4)	66,55 (7,7)	0,000	105,07 (8,1)	92,13 (8,0)	0,196	97,75 (6,3)	99,46 (9,5)	0,873	104,18 (8,2)	93,03 (7,9)	0,265
18:1 9c	1377,14 (72,0)	817,41 (65,5)	0,000	1092,26 (69,4)	1102,29 (68,2)	0,907	1089,56 (54,1)	1104,99 (80,8)	0,867	1099,41 (70,1)	1095,13 (67,4)	0,960
18:1 11c	45,49 (2,1)	28,90 (1,9)	0,000	36,85 (2,0)	37,55 (2,0)	0,779	37,10 (1,6)	37,29 (2,3)	0,945	36,53 (2,0)	37,87 (1,9)	0,591
18:1 12c	4,78 (0,26)	3,00 (0,24)	0,000	4,13 (0,25)	3,65 (0,25)	0,126	3,87 (0,20)	3,92 (0,30)	0,885	3,90 (0,26)	3,89 (0,25)	0,981
18:2 n-6 (LA)	89,14 (2,5)	74,27 (2,2)	0,000	81,93 (2,4)	81,48 (2,3)	0,881	80,63 (1,8)	82,78 (2,8)	0,506	81,15 (2,4)	82,25 (2,3)	0,716
18:3 n-6	1,64 (0,07)	1,28 (0,07)	0,000	1,46 (0,07)	1,46 (0,07)	0,990	1,46 (0,06)	1,46 (0,08)	0,967	1,50 (0,07)	1,42 (0,07)	0,395
18:3 n-3 (ALA)	55,77 (2,0)	41,27 (1,9)	0,000	51,84 (2,0)	45,21 (1,9)	0,009	47,57 (1,5)	49,47 (2,3)	0,476	48,44 (2,0)	48,61 (2,0)	0,946
20:0	3,86 (0,23)	2,10 (0,21)	0,000	2,98 (0,22)	2,98 (0,21)	0,993	2,91 (0,17)	3,05 (0,25)	0,627	3,01 (0,22)	2,95 (0,21)	0,817
18:2 9c11t (CLA)	23,38 (1,5)	12,27 (1,4)	0,000	18,65 (1,4)	17,01 (1,4)	0,359	18,03 (1,1)	17,62 (1,7)	0,830	18,76 (1,5)	16,90 (1,4)	0,298
20:1 11c	4,62 (0,32)	2,79 (0,29)	0,000	3,50 (0,30)	3,91 (0,30)	0,292	3,69 (0,24)	3,72 (0,35)	0,954	3,36 (0,31)	4,04 (0,30)	0,081
20:3 n-6	8,02 (0,24)	6,56 (0,22)	0,000	7,42 (0,23)	7,16 (0,23)	0,375	7,21 (0,18)	7,38 (0,27)	0,579	7,14 (0,23)	7,44 (0,22)	0,304
20:4 n-6 (AA)	21,61 (0,6)	19,27 (0,6)	0,003	20,45 (0,6)	20,43 (0,6)	0,984	20,70 (0,5)	20,18 (0,7)	0,520	20,48 (0,6)	20,40 (0,6)	0,914
22:1	7,36 (0,25)	5,49 (0,23)	0,000	7,01 (0,24)	5,84 (0,24)	0,000	6,23 (0,19)	6,62 (0,28)	0,232	6,28 (0,24)	6,57 (0,23)	0,342
20:5 n-3 (EPA)	14,39 (0,39)	11,97 (0,35)	0,000	14,04 (0,4)	12,31 (0,4)	0,001	12,74 (0,3)	13,61 (0,4)	0,104	13,27 (0,4)	13,09 (0,4)	0,714
22:4 n-6	2,19 (0,08)	1,81 (0,07)	0,000	1,93 (0,08)	2,07 (0,07)	0,149	1,99 (0,06)	2,01 (0,09)	0,847	2,04 (0,08)	1,96 (0,07)	0,403
22:5 n-3 (DPA)	26,20 (0,7)	22,13 (0,7)	0,000	24,46 (0,7)	23,87 (0,7)	0,523	24,05 (0,5)	24,28 (0,8)	0,819	24,46 (0,7)	23,87 (0,7)	0,516
22:6 n-3 (DHA)	2,32 (0,09)	2,06 (0,08)	0,035	2,15 (0,09)	2,23 (0,09)	0,480	2,23 (0,07)	2,15 (0,10)	0,528	2,17 (0,09)	2,21 (0,09)	0,763
ΣSFA	2137,54(113,2)	1234,73(103,1)	0,000	1691,84(109,3)	1680,43(107,3)	0,932	1665,32(85,2)	1706,95(127,3)	0,771	1699,65(110,5)	1672,62(106,1)	0,839
ΣMUFA	1580,71 (82,3)	937,56 (74,9)	0,000	1252,20(79,4)	1266,08(80,0)	0,887	1252,04(61,9)	1266,24(92,5)	0,893	1261,10(80,3)	1257,18(77,1)	0,968
ΣPUFA	252,22 (7,0)	197,09 (6,4)	0,000	230,16 (6,8)	219,15 (6,7)	0,200	222,44 (5,3)	226,87 (7,9)	0,629	225,37 (6,9)	223,94 (6,6)	0,867
Σtrans-FA	149,59 (9,4)	78,01 (8,6)	0,000	120,56 (9,1)	107,04 (8,9)	0,226	112,97 (7,1)	114,63 (10,6)	0,890	119,89 (9,2)	107,71 (8,8)	0,275
Σn-3	106,24 (3,1)	81,62 (2,8)	0,000	98,33 (2,9)	89,53 (3,0)	0,022	92,42 (2,3)	95,44 (3,5)	0,457	94,29 (3,0)	93,57 (2,9)	0,847
Σn-6	122,60 (3,1)	103,20 (2,8)	0,000	113,19 (3,0)	112,61 (2,9)	0,878	111,99 (2,3)	113,81 (3,5)	0,655	112,32 (3,0)	113,48 (2,9)	0,761
n-6/n-3 ratio	1,17 (0,02)	1,28 (0,02)	0,000	1,17 (0,02)	1,27 (0,02)	0,000	0,23 (0,01)	1,21 (0,02)	0,403	1,21 (0,02)	1,23 (0,02)	0,420
PUFA/SFA ratio	0,13 (0,007)	0,17 (0,007)	0,000	0,15 (0,007)	0,15 (0,007)	0,417	0,15 (0,006)	0,15 (0,006)	0,347	0,15 (0,007)	0,15 (0,007)	0,797

FAME, fatty acid methyl ester; GH, German Holstein; GS, German Simmental; CGS, continuous grazing system; RGS, rotational grazing system; M, medium; L, low; AA, arachidonic acid; ALA, α-linolenic acid; CLA, conjugated linoleic acid; DPA, docosapentaenoic acid; DHA, docosahexaenoic acid, EPA, eicosapentaenoic acid; LA, linoleic acid; MUFA, monounsaturated fatty acids; PUFA, polyunsaturated fatty acids; SFA, saturated fatty acids; (SEM), standard error of the meat. Sum of n-3 fatty acids = C 18:3n-3 + C 18:4n-3 + C 20:5n-3 + C 22:5n-3 + C 22:6n-3; Sum of n-6 fatty acids = C 18:2n-6 + C 18:3n-6 + C 20:3n-6 + C 20:4n-6 + C 22:4n-6; the sum of monounsaturated fatty acids (MUFA) = C 14:1 + C 16:1 + C 17:1 + C 18:1 9c + C 18:1 11c + C 18:1 12c + C 20:1; the sum of trans-fatty acids (trans-FA) = C 16:1 9t + C 18:1 9t + C 18:1 11t

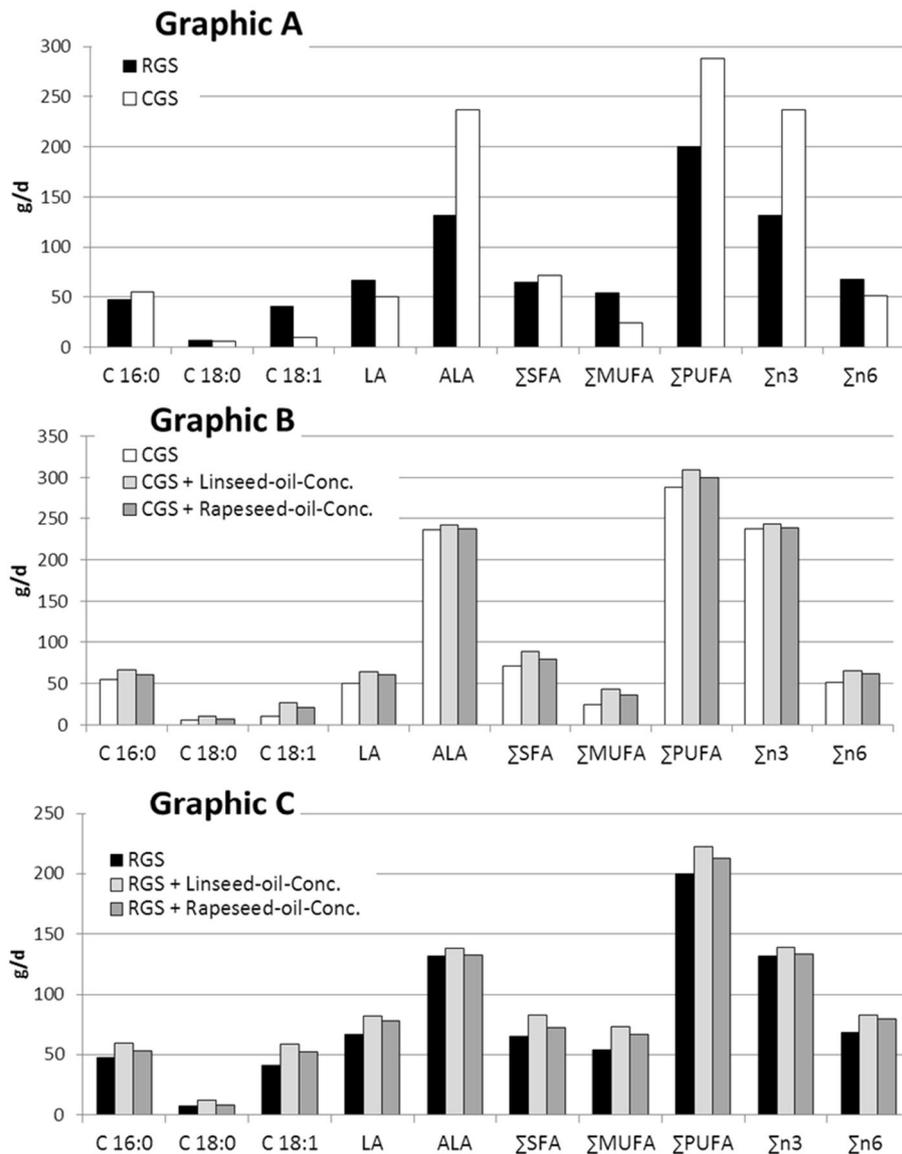


Figure 1: Calculated selected fatty acids intake (g/d/animal) according to the registered dry matter intake as forage and as concentrate (level M) in Schmutz et al. (2013). *Graphic A*: from rotational (RGS) or continuous grazing system (CGS); *Graphic B*: with or without oil supplemented concentrate under the continuous grazing system (CGS); *Graphic C*: with or without oil supplemented concentrate under the rotational grazing system (RGS)

4 DISKUSSION

4.1 Diskussion der Methoden

4.1.1 Versuchsteil 1

Um möglichst umfassende Fragestellungen zum Einfluss der Rasse, des Weidesystems und des Niveaus der Kraftfutterbeifütterung beantworten zu können, wurde ein Versuchsdesign gewählt, das von Arbeiten anderer Autoren, die sich ebenfalls mit alternativen Verfahren der Ochsenmast befasst haben, abweicht; so hat beispielsweise Frickh (2001a) bei einem Versuch zur Fütterungsintensität in der Ochsen- und Kalbinnenmast lediglich eine 2-faktorielle Versuchsanordnung gewählt.

Das aus der Fragestellung abgeleitete dreifaktorielle Versuchsdesign versucht die unterschiedlichen Methoden, insbesondere der Fütterung, möglichst genau abzubilden.

Das Ziel, Aussagen zur Mast eignung der beiden bedeutendsten Rinderrassen in Deutschland machen zu können, wurde erreicht. Ebenso konnten Erkenntnisse über die angewandten Weidesysteme und den Einfluss eines semiintensiven Mastverfahrens auf die Merkmale der Fleischbeschaffenheit gewonnen werden.

Die weit gesteckten Fragestellungen erschwerten allerdings eine direkte Vergleichbarkeit mit Arbeiten anderer Autoren erheblich. Dies führte dazu, dass häufig lediglich ein oder zwei Faktoren gleichzeitig verglichen werden konnten. Zum einen lag dies an einer insgesamt relativ geringen Anzahl wissenschaftlicher Arbeiten zu der Thematik Ochsenmast, zum anderen an den sehr spezifischen Ausgangsbedingungen. Insbesondere für eher untypische Rassen in der semiintensiven bis extensiven Rindermast, wie sie die Rasse Deutsche Holstein darstellt, liegen nur in geringem Umfang vergleichbare wissenschaftliche Arbeiten vor. Ein weiterer Grund stellt das Fütterungsverfahren dar. Wissenschaftliche Ergebnisse hierzu aus jüngerer Zeit zu Ochsenmastverfahren mit anteiligen Phasen der Weidemast beschränken sich auf einige wenige Arbeiten. Dies führt dazu, dass die unterschiedlich gewählten Zeitpunkte und die Dauer der Weidemastphasen eine Vergleichbarkeit der Mastleistung der Tiere ebenfalls erschweren.

Zum erst seit einigen Jahren in Deutschland zunehmend populär werdenden Weidesystem der Kurzrasenweide gibt es, abgesehen von Ergebnissen zur Nutzung für das Milchvieh und die Jungrinderaufzucht, relativ wenige wissenschaftliche Empfehlungen, insbesondere für alternative Mastverfahren mit Ochsen. Die zusätzlich zu beachtenden individuellen Standortbedingungen erschweren dies zusätzlich und ermöglichen den Vergleich mit schweizerischen Arbeiten von Thomet et al. (2000) oder Arbeiten aus Österreich von Häusler et al. (2006) nur bedingt.

Die relativ hohen Kraftfuttergaben, wie sie in Arbeiten von Steen et al. (2003) und Keane und Moloney (2009) zur Anwendung kommen, verzerren die Vergleichbarkeit der Daten zur Mast- und Schlachtleistung ebenfalls, sodass ein Ziel des Fütterungsregimes in der vorliegenden Arbeit, nämlich eine möglichst geringe gezielte phasenorientierte Kraftfutterbeifütterung umzusetzen, dabei verhältnismäßig stark auf scheinbar negative Weise in Erscheinung tritt.

Aufgrund der vorgegebenen technischen Ausstattung der Stallungen während der Stallhaltungsphasen konnten die Futteraufnahmen nicht einzeltierbezogen, sondern lediglich gruppenbezogen (6 Tiere/Bucht) ermittelt werden. Die Futteraufnahmen während der Weideperioden wurden gemäß den Arbeiten von Weindl et al. (2012), Luderschmid (2011) und Mayr (2013) teilweise geschätzt oder berechnet. Die Ertragsschätzung der beiden Weidesysteme erfolgte ebenfalls nach der Methodik dieser Arbeiten. Hierbei muss beachtet werden, dass, aufgrund unterschiedlicher Messverfahren zwischen den Weideperioden (Versuchsphasen 2 und 4), es möglicherweise zu einer geringfügigen Überschätzung der Weideerträge auf der Kurzrasenweide kommen kann, sodass die Ergebnisse mit jenen von Häusler et al. (2006) übereinstimmen, die im Vergleich dazu jedoch höheren Erträge auf der Umtriebsweide von Thomet et al. (2000) in diesem Maße jedoch nicht erzielt werden konnten. Dies betrifft ebenso die geschätzten Futteraufnahmen während der Weideperioden. In Arbeiten von French et al. (2000, 2001) werden der Weideaufwuchs und der Weideertrag in einem ähnlichen Verfahren wie in vorliegender Arbeit für das System der Umtriebsweide gemessen.

Bei der Ermittlung einiger Schlachtleistungsparameter stellten sich ebenfalls einige Besonderheiten heraus, die dadurch nicht mit aktuellen Studienergebnissen vergleichbar sind, dass deren Angaben oftmals entweder nicht angegeben sind,

oder aber nicht ermittelt wurden (z.B. Schlachtkörperlänge, Keulenspiralmaß etc.).

Beim Vergleich der Fleischigkeits- und Fettklassen stellten sich die häufig unterschiedlichen Klassifizierungsangaben als zum Teil schwer vergleichbar heraus. Meistens wurden diese im EUROP-Schema mit Buchstaben angegeben, sodass die durch das 15-Punkte Schema ermittelten Werte in dieser Arbeit, zunächst umgerechnet werden mussten, wobei sich zwangsläufig geringfügige Rundungsfehler ergaben.

Ein weiterer oftmals nur unbefriedigend zu vergleichender Parameter stellt die Scherkraft da. Obwohl von vielen wissenschaftlichen Autoren ein einheitliches Messverfahren gefordert wird, wird dieser Parameter derzeit noch nach unterschiedlichen Messverfahren ermittelt, wobei insbesondere der spezifische Probenentnahmepunkt und die Aufbereitung der Probe vor der Messung entscheidend für vergleichbare Messwerte sind (Wheeler et al., 2007). Diese Angaben fehlen jedoch häufig und können somit nicht immer in einen Vergleich miteinbezogen werden. Die Wichtigkeit einer solchen Standardisierung geht auch aus der Arbeit von Seenger et al. (2005) hervor, in der die Autoren verschiedene Einflüsse auf die Scherkraftmessung im Rindfleisch untersuchten.

Der letzte Parameter, der aufgrund oftmals unterschiedlicher Messtechniken nur bedingt verglichen werden kann, stellt die Fleisch- und Fettfarbe da. Hierbei kommen Verfahren zum Einsatz, die beispielsweise den Effekt des „blooming“ berücksichtigen, sodass daraus andere Werte aus der Messung hervorgehen. Zusätzlich finden sich in vielen Arbeiten für die Fleischfarbe lediglich Angaben für den Rotton (a^* -Wert) und entsprechend für die Fettfarbe Angaben für den Gelbton (b^* -Wert). Dies führte dazu, dass die in der vorliegenden Arbeit ermittelten Werte der Helligkeit (L^*) und des Gelbtons der Fleischfarbe nur vereinzelt in wissenschaftlichen Publikationen gefunden und verglichen werden konnten.

4.1.2 Versuchsteil 2

Um den genauen Einfluss des Kraftfuttertyps zu untersuchen, wurde das dreifaktorielle Modell aus dem ersten Teil dieser Arbeit um einen Faktor (Konzentrattyp) zu einem vierfaktoriellen Modell erweitert. Dabei wurde der Faktor Konzentratniveau beibehalten, obwohl dieser im ersten Teil keine Signifikanz für die erhobenen Merkmale der Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleisch- und Fettbeschaffenheit zeigte.

Der Umfang der Fettsäureanalytik in den einzelnen wissenschaftlichen Arbeiten schwankt erheblich, sodass nicht für alle in dieser Arbeit ermittelten Fettsäuren entsprechende Vergleichswerte gefunden werden konnten. Insbesondere in älteren Publikationen liegt dies mit in der bis dahin noch nicht vorhandenen analytischen Methodik heutiger Fettsäureanalysen begründet.

Die Fettsäuremuster der Futterproben können lediglich als zusätzliche Informationsquelle verwendet werden, da aufgrund unterschiedlicher Zusammensetzung der Futterkomponenten bzw. des Weideaufwuchses eine Vergleichbarkeit mit anderen Arbeiten nicht möglich war. Die unterschiedlichen Fütterungsregime, die in den verschiedensten wissenschaftlichen Publikationen zu der vorliegenden Thematik aufgeführt sind, machen daher eine Vergleichbarkeit der einzelnen Fettsäuremuster nur bedingt möglich.

Beim Vergleich des Fettsäuremusters des Nierenfetts traten Schwierigkeiten auf, vergleichbare Daten zu finden. Die Intention hierbei war, den potentiellen zeitlichen bzw. numerischen Verlauf der Veränderungen des Fettsäuremusters in den einzelnen Körperfetten (Organfett oder intramuskuläres Fett) möglicherweise „sichtbar“ zu machen. Dies konnte allerdings einerseits durch die nur vereinzelt statistisch signifikanten Ergebnisse und andererseits durch kaum vorhandene vergleichbare Studienergebnisse nur für einige spezifische Fettsäuren gezeigt bzw. verglichen werden.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Versuchsteil 1

Der größte Einflussfaktor auf die Merkmale der Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleischbeschaffenheit im ersten Teil dieser Arbeit war nicht das unterschiedliche Fütterungsregime, zusammengesetzt aus unterschiedlichem Weidesystem und Konzentratniveau, sondern die unterschiedlichen genetischen Ressourcen der beiden Rassen. Dies geht auch aus Arbeiten von Chladek und Ingr (2003) und Nürnberg et al. (2005) hervor. Grund hierfür sind Unterschiede bei der Verwertung der aufgenommenen Nährstoffe, was dazu führt, dass Tiere der Rasse Deutsches Fleckvieh einen erhöhten Muskelansatz zeigen, wohingegen Tiere der Rasse Deutsche Holstein ein vermehrtes Organ- und Knochenwachstum zeigen (Breier und Sauerwein, 1995; Pfuhl et al., 2007). Als Folge dieser Entwicklung zeigen sich signifikante Vorteile der Rasse Fleckvieh für die Merkmale der Mast- und Schlachtleistung. Voraussetzung für die erreichten Mastend- und Schlachtgewichte sind hohe Futteraufnahmen und hohe Tageszunahmen. Dabei treten zum ersten Mal die unterschiedlichen Weidesysteme als Einflussfaktoren der Schlachtleistung in Erscheinung. Es zeigt sich, dass trotz geringerer Werte der geschätzten Futteraufnahmen während der Weideperiode, dennoch durch das System der Kurzrasenweide signifikant höhere Schlachtgewichte erreicht werden und somit die höhere Qualität des Weideaufwuchses entscheidenden Einfluss hatte.

Erstaunlicherweise treten diese Unterschiede des Weidesystems allerdings erst beim Schlachtgewicht auf und nicht schon bei den Merkmalen Anfangsgewicht P-3 bzw. Mastendgewicht, bei denen sich dieser Einfluss des Weidesystems aus der vorangegangenen Weidesaison ebenfalls schon vermuten ließe. Ein Grund hierfür könnte das unterschiedliche Fressverhalten der Tiere auf den Weidesystemen und die daraus resultierende unterschiedliche Füllung des Gastro-Intestinal-Trakts sein, die sich dann zum Zeitpunkt der Schlachtung in unterschiedlich hohen Anteilen der Ausschachtung und Unterschieden beim Schlachtgewicht auswirkt.

Der zweite Aspekt, dessen potentieller Einfluss auf die Mast- und Schlachtleistungsparameter untersucht werden sollte, stellt das Konzentratniveau dar. Im Laufe des Versuchs traten jedoch Schwierigkeiten auf, die möglicherweise dazu führten, dass dieser Fütterungsfaktor weder im ersten noch im zweiten Teil

des Versuchs irgendein spezifisches Merkmal signifikant beeinflusste. Zum einen hatten einige Tiere Akzeptanzprobleme mit der computergesteuerten Kraftfutterabrufstation. Dies hatte nicht nur während der Angewöhnungsphase Einfluss auf die nicht oder nur zu äußerst geringen Teilen abgerufene Konzentratmenge, sondern brachte auch einen gewaltigen zeitlichen Mehraufwand bei der Betreuung der Tiere durch mehrmals tägliches Nachtreiben mit sich. Trotz dieser Angewöhnungsversuche verweigerten einige Tiere, insbesondere in der Versuchsphase 4, die Kraftfutteraufnahme nahezu gänzlich und konnten somit nicht vollständig in die statistische Auswertung miteinbezogen werden.

Zum anderen könnte möglicherweise die entweder insgesamt als zu gering kalkulierte Gesamtmenge an Konzentrat einen Grund darstellen oder aber ein zu gering gewähltes Verhältnis zwischen Konzentratniveau M und Konzentratniveau L von 2:1. Die Kalkulation hierfür basierte auf Angaben von Chassot und Dufey (2006, 2008). Diese Autoren beschreiben in ihren Arbeiten ein Einsparpotential für Kraftfutter durch eine gezielte Zuteilung insbesondere vor Mastende bei einer Ausmastintensität vom 1,5 fachen Erhaltungsbedarf.

Bei der Betrachtung der Merkmale der Fleisch- und Fettbeschaffenheit geht die Rasse DH als diejenige mit den im Vergleich zur Rasse FV deutlich besseren Resultaten hervor. Somit kann festgehalten werden, dass eine höhere Mast- und Schlachtleistung zu geringeren Werten der Fleischbeschaffenheit führte und umgekehrt.

Ein weiteres Merkmal der Fleischqualität, die Fettfarbe, darf hierbei, insbesondere im Hinblick auf die Vermarktung der Produkte, nicht unbeachtet bleiben. Sie stellt ein bedeutendes Qualitätsmerkmal dar (Wood und Fisher, 1997). Jene hängt sowohl von intrinsischen Faktoren, wie dem Schlachalter des Tieres, seinem Geschlecht und der Rasse ab, als auch von extrinsischen Faktoren, wie dem Produktionssystem (Moloney et al., 2001). Dabei ist außerdem bekannt, dass Fett von Weidetieren gelber ist als Fett von Tieren, die mit intensiven kraftfutterreichen Rationen ohne Grasprodukte gefüttert werden. Dies ist auf den weitaus höheren Karotinoidgehalt von Grünfutter im Vergleich zu Heu oder Grassilage zurückzuführen (Noziere et al., 2006; Dunne et al., 2006) und in zahlreichen Studien belegt (Muir et al., 1998; Realini et al., 2004; Velik et al., 2010a). Die Fütterung stellt somit den wichtigsten extrinsischen Faktor dar.

Allerdings ist dieser Einfluss von einer gewissen Fütterungsdauer abhängig. Die signifikant höheren Werte der Rasse DH können durch Arbeiten von Walker et al. (1990) und Barton und Pleasents (1993) erklärt werden, wonach Milchrassen eine deutlich gelbere Fettfarbe haben als Fleischrassen. Eine weitere These könnte sein, dass es wie von Boom und Sheath (1997) erläutert, in Phasen mit erhöhter Futterrestriktion zu einer erhöhten Fettmobilisation insbesondere des subkutanen Fetts kommt und dabei zu einer Erhöhung der Konzentration der Karotinoide im subkutanen Fettgewebe. Daraus ließe sich schließen, dass dies zu einem kräftigeren Gelbton führen könnte, da die DH Tiere eine geringere Fettabdeckung bei der Schlachtkörperklassifizierung zeigten. Allerdings sprechen die kontinuierlich ansteigenden Tageszunahmen der Tiere beider Rassen von Phase 1 bis Phase 4 gegen diese Theorie. Eine mögliche Erklärung wären die Ergebnisse von Knight et al. (2001) und Knight und Death (2000), die einen Zusammenhang zwischen der Dicke des subkutanen Fetts, der Karotinoidkonzentration und der Fettfarbe herstellen.

Der weiterhin auftretende Weideeffekt ist nur mit einem unterschiedlichen β -Karotingehalt der einzelnen Weideaufwüchse zu erklären, der wiederum von saisonalen Faktoren und der Futterpflanzenszusammensetzung abhängig ist. Dieser Zusammenhang von Karotinkonzentration im subkutanen Fett und der gelben Fettfarbe wird durch Arbeiten von Morgan und Everitt (1968), Strachan et al. (1993) und Dunne et al. (2006) belegt. Daraus müsste man für vorliegende Arbeit schließen können, dass aufgrund des höheren Gelbtons (b-Wert) der Ochsen auf der KRW, dieses Weidesystem insgesamt einen höheren Karotingehalt in seinem Weideaufwuchs hatte, was durch den höheren Blattanteil desselben im Vergleich zum Weideaufwuchs der Umtriebsweide plausibel erscheint.

4.2.2 Versuchsteil 2

Ein weitere Fragestellung der vorliegenden Arbeit war es, einen potentiellen zusätzlichen Nutzen des Produkts Weideochsenfleisch für die menschliche Gesundheit zu erreichen, um diesen unter den gesetzlichen Rahmenbedingungen für die Auslobung und Vermarktung nutzen zu können.

In Arbeiten von Nürnberg et al. (1998), Scollan et al. (2006) und Wood et al. (2008) werden mögliche Einflussfaktoren des Fettsäuremusters von Rindern, wie Alter, Geschlecht, Rasse und Fütterung beschrieben. Faktoren wie Rasse und

Fütterung wurden in dieser Arbeit ebenfalls untersucht, wobei zusätzlich der Herkunftsort der entsprechenden Fettprobe (intramuskuläres Fett des MLD oder Organfett der Nieren) miteinbezogen wurde.

Insbesondere durch die Weidehaltung, aber auch durch die Rassenunterschiede wurde das Fettsäuremuster dahingehend beeinflusst, dass die Gehalte der n-3 Fettsäuren und die der konjugierten Linolsäure gesteigert werden konnten. Dies konnte von Nürnberg et al. (2002) bei mit Grassilage gefütterten Stieren ebenfalls erreicht werden. Hierbei zeigt sich die Bedeutung von frischem Gras und Grasprodukten mit hohen Anteilen an ALA in der Futtermischung bezüglich einer Steigerung der n-3 Fettsäuren und der für die menschliche Gesundheit entscheidenden Fettsäuren EPA und DHA. Smith et al. (2009) beschreiben einen Einfluss der Fütterung auf die Fettzellendifferenzierung, die dadurch unterschiedliche Ausbildung der einzelnen Körperfettdepots und das folglich veränderte Fettsäuremuster. Dabei bewirkt die Verfütterung von Gras eine Unterdrückung der Fettzellendifferenzierung und somit auch des intramuskulären Fettgehalts. Diese Autoren führen als Voraussetzung die Genexpression des Enzyms Stearyl-Coenzym A Desaturase an, das entscheidenden Einfluss auf die Fettzellendifferenzierung und die Synthese der einfach ungesättigten Fettsäuren hat.

Durch die unterschiedliche Konzentratbeifütterung sollte ein weiterer möglicher Einflussfaktor untersucht werden. Durch eine Verschiebung des Pansen-pH-Wertes kann es dabei nach Scollan et al. (2006) zu einer veränderten Fettmetabolisierung und nachwirkend zu Veränderungen im Fettsäuremuster kommen. Überdies beschreiben diese Autoren eine mögliche Beeinflussung über die Verfütterung erhöhter Gehalte der entsprechenden Fettsäuren in der Ausgangsration oder aber durch die Verfütterung pansengeschützter Fette. In vorliegender Arbeit sollte dies mit Hilfe unterschiedlicher Konzentratniveaus und unterschiedlicher Futteröle im Konzentrat erreicht werden. Für beide Faktoren konnte statistisch allerdings kein Einfluss auf die erhobenen Fettsäuren im intramuskulären Fett und Nierenfett nachgewiesen werden. Mögliche Ursachen hierfür könnten eine zu gering gewählte Konzentratzuteilung pro Tier und damit einer absoluten Konzentratmenge über den vollständigen Versuchszeitraum sein oder aber eine zu geringe zeitliche Dauer der Zuteilung vor der Schlachtung in Phase 4. Des Weiteren waren möglicherweise die Anteile der Futteröle (Leinöl vs. Rapsöl) der in Phase 4 zugeteilten Konzentrate zu gering. Einer verzerrten

Abbildung der beiden Faktoren durch eine mögliche statistische Unterschätzung, hervorgerufen durch zu geringe oder völlig fehlende Konzentrataufnahmen der Tiere, wurde durch Ausschluss der Tiere, die weniger als 7 kg Konzentrat (Gruppe M) bzw. 5 kg (Gruppe L) in Phase 4 aufgenommen hatten, begegnet.

In Anbetracht einer möglichst effizienten Nährstoffökonomie, die die Höhe der Kraftfutterbeifütterung als auch den Zeitpunkt und die Dauer berücksichtigt, belegen die Ergebnisse von Fincham et al. (2009), dass für eine Veränderung der n-3 und CLA-Zusammensetzung des Fettgewebes bei Rindern, die auf der Weide ausgemästet werden, lediglich 28 Tage nötig sind. Dieser Zeitraum wurde auch in vorliegender Arbeit gewählt. Allerdings darf dabei eine Veränderung der Fettsäurezusammensetzung nicht verwechselt werden mit der Absicht, gewisse Mindestgehalte im Endprodukt Weideochsenfleisch erreichen zu wollen.

Untersuchungen von Kronberg et al. (2011) zeigen ebenfalls, dass durch eine Beifütterung mit Leinsamen für Weideochsen über 85 Tage nicht nur höhere tägliche Zuwachsraten (25 % höher als die Kontrollgruppe), sondern auch eine Veränderung der n-3 Fettsäurezusammensetzung im Fleisch der Tiere möglich ist. Allerdings hatte die Ration mit Leinsamen einen deutlich höheren Gehalt an α -Linolensäure als in vorliegender Studie das Kraftfutter mit Leinsamenöl und die zugeteilte Menge bezog sich auf 0,2 % des Körpergewichts der Tiere pro Tag. Vergleicht man allerdings die erzielten Gehalte für n-3 Fettsäuren, so übersteigen diese bei Kronberg et al. (2011) nur vereinzelt die erreichten Werte der vorliegenden Arbeit.

4.3 Weitergehende Betrachtungen

4.3.1 Energieaufnahme und Tageszunahmen

Ein entscheidender Faktor der Mastleistung stellt die Energieaufnahme der Tiere dar. Sie wird zu wesentlichen Teilen durch die Futteraufnahme und den Futterwert bestimmt. Insbesondere bei Weidetieren stellt sich die Erfassung dieser Parameter als schwierig dar, da sowohl die tatsächliche Höhe der Futteraufnahme als auch die Verdaulichkeit der entsprechenden Futterration auf der Weide nur sehr aufwändig (beispielsweise mit der n-Alkan Methode) erfasst werden können.

Um Aussagen über die Effizienz der in vorliegender Arbeit beschriebenen Weidesysteme treffen zu können, wurde daher ein Vergleich der geschätzten ME-Aufnahme und den ME-Bedarfsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) für Mastochsen durchgeführt. Nähere Angaben zur Ertrags- und Futterwertermittlung finden sich bei Weindl und Bellof (2013). Bedingt durch eine höhere ME-Konzentration der Aufwuchsproben der Kurzrasenweide wiesen die Tiere auf diesem Weidesystem höhere Tageszunahmen während der ersten Weidesaison (P-2) auf. Zudem stellt diese erhöhte ME-Konzentration des Weideaufwuchses den Grund dafür dar, dass die Tiere auf der Kurzrasenweide während der zweiten Weidesaison (P-4) trotz tendenziell verringerter Futteraufnahmen im Vergleich zu den Tieren auf der Umtriebsweide eine ähnliche ME-Aufnahme aufwiesen. Dies steht allerdings im Widerspruch zu den höheren Tageszunahmen der Tiere auf der Umtriebsweide, sodass eine Überschätzung der Futteraufnahme der Tiere auf der Kurzrasenweide nicht ausgeschlossen werden kann.

Bei der anschließenden Bilanzierung der täglichen ME-Aufnahme der Tiere und dem Vergleich der erzielten Werte mit den ME-Bedarfszahlen der GfE (1995) für Erhaltung und Leistung für Mastochsen trat für beide Weideperioden als auch Weidesysteme eine positive Energiebilanz auf, aus der die Autoren eine Überschätzung der Futteraufnahmen und der energetischen Verwertbarkeit der Aufwüchse ableiten. Insgesamt liegen die berechneten Werte der Umtriebsweide näher an den Bedarfszahlen als die der Kurzrasenweide. Daraus schließen die Autoren, dass der höhere Aufwand für die Futteraufnahme auf der Kurzrasenweide zu einem niedrigeren Trockenmasseverzehr führt, der nur

teilweise durch die höhere ME-Konzentration des Kurzrasenweideaufwuchses kompensiert werden kann.

Insgesamt konnten die Autoren eine mit zunehmendem Gewicht ebenfalls zunehmende Futteraufnahme feststellen, die sich allerdings nicht als effiziente Umsetzung in den Mastleistungsparametern wiederfindet. Mögliche Ursachen hierfür könnten ein erhöhter Energieverbrauch zum Abbau überschüssig aufgenommenen Stickstoffs oder ein höherer Energieaufwand für die Futteraufnahme sowie zur Regulation der Körpertemperatur schwererer Tiere sein.

Es stellt sich daher die Frage, inwieweit die in den Vergleich einbezogenen Bedarfszahlen der GfE (1995), die meist aufgrund stärkebetonter und proteinausbalancierter Rationen für Mastochsen in Stallhaltung ermittelt wurden, insbesondere auf die kalkulierten Daten der Endmast in vorliegendem Versuch übertragen werden können. Da in vorliegender Studie Ochsen der Rassen Deutsche Holstein und Deutsches Fleckvieh bei überwiegender Weidehaltung auf den Weidesystemen Kurzrasenweide und Umtriebsweide ohne Beifütterung gemästet wurden und diese Aspekte bei der Bewertung der ME-Bedarfsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie berücksichtigt werden sollten.

4.3.2 Wirtschaftlichkeit der Ochsenmast

In einer weitergehenden Fragestellung wurden von Weindl et al. (2013) der mögliche Einfluss von Rasse, Weide- und Haltungssystem auf ausgewählte Parameter der Mastleistung, des Schlachtkörperwerts und der Wirtschaftlichkeit (Deckungsbeitrag, Vollkosten) untersucht. Grundlage hierfür war die in Phase 3 des Versuchs unterschiedliche Haltung von 24 vor Versuchsbeginn zufällig ausgewählten Tieren, jeweils zur Hälfte nach Rasse und Weidesystem aufgeteilt. Dabei sollte insbesondere der mögliche Einfluss der beiden Haltungssysteme (Indoor/Stallhaltung vs. Outdoor/Winter-Freilandhaltung) verglichen und näher untersucht werden. Nähere Angaben zu Haltung und Fütterung der Tiere finden sich bei Weindl et al. (2013).

Bei den Parametern der Mastleistung übertraf die Rasse FV signifikant die Rasse DH. Der Einfluss des Haltungssystems in Phase 3 zeigte sich insbesondere durch signifikant niedrigere Tageszunahmen in Phase 3, mit der Folge eines signifikant

niedrigeren Anfangsgewichts zu Beginn der Phase 4. Grund hierfür schien der höhere Erhaltungsbedarf der Tiere in Outdoor-Haltung zu sein, da ansonsten keine gesundheitlich negativen Auswirkungen des Haltungssystems auf die Tiere auftraten. Die zu Beginn der Phase 4 bestehende Gewichts Differenz (Indoor 528 kg vs. Outdoor 503 kg) von 25 kg konnten die Tiere der Outdoor-Gruppe durch signifikant höhere Tageszunahmen (Indoor 611 g vs. Outdoor 825 g) während dieser letzten Mastphase kompensieren. So kann festgehalten werden, dass insbesondere während der Phasenübergänge Tiere der Gruppe Indoor mit geringfügigen Einbußen ihrer Tageszunahmen, bedingt durch wiederholte Anpassung an die sich verändernden Haltungs- und Fütterungsbedingungen, reagierten. Das Gesamtwachstum der beiden Rassen allerdings war über alle vier Versuchsphasen hinweg kontinuierlich zunehmend.

Auf Grundlage der Schlachtkörpergewichte und der EUROP-Klassifizierung konnte in dieser Arbeit eine vergleichende Deckungsbeitragsrechnung unter Berücksichtigung von Rasse und Haltungsf orm durchgeführt werden. Dabei schnitt die Rasse Fleckvieh aufgrund signifikant höherer Schlachtgewichte und höherer Klassifizierung nach Fleischigkeit besser ab. Der Faktor Outdoor-Haltung führte zu keinen signifikanten Unterschieden im Schlachtkörperwert und hatte somit keine negative Auswirkung auf den Erlös pro Tier. Negative Folgen bei der Kalkulation betrafen allerdings die Bewertung des Wirtschaftsdüngers (bis zu 25 % erhöhte, durch Auswaschung bedingte, Nährstoffverluste) und die gesteigerten Mengen an Einstreumaterial.

Insgesamt stellten allerdings die trotz Weidehaltung, und die dadurch einhergehende Verwendung kostengünstigen Grundfutters, hohen Futterkosten, bedingt durch eine hohe Futteraufnahme der Tiere bei gleichzeitig nur moderaten Zuwachsraten und einer dadurch folglich verlängerten Mastdauer, sowohl bei der Berechnung der Deckungsbeiträge als auch der Vollkosten einen entscheidenden Faktor dar. Dies hatte zur Folge, dass bei der kalkulierten Vollkostenrechnung für das beschriebene Mastverfahren in Freilandhaltung ein vollkostendeckender Mindest Erlös von 5,56 Euro (DH) bzw. 5,79 Euro (FV) pro kg Schlachtkörpergewicht Voraussetzung wäre. Für eine Winter-Stallhaltung wären überdies zusätzlich 0,21 Euro (DH) bzw. 0,23 Euro (FV) pro kg Schlachtgewicht nötig.

Somit reichen trotz tendenziell ökonomischer Vorteile des Outdoor-Haltungssystems die derzeit erzielbaren Schlachterlöse für keines der kalkulierten Produktionssysteme aus, um eine Vollkostendeckung zu erzielen.

Eine ökonomisch rentable Marktleistung scheint mittelfristig lediglich durch eine Prämienoptimierung und alternative Vermarktungsstrategien in diesem landwirtschaftlichen Produktionszweig erreichbar zu sein.

4.3.3 Ziel und Wertigkeit von Functional Food

In Europa gibt es neben Frankreich, Italien und Großbritannien in Deutschland einen der führenden Märkte für Functional Food (Bech-Larsen und Scholderer, 2007). Franz und Nowak (2010) identifizierten zwei unterschiedliche Typen von Käufern, die sogenannten „Health oriented functional food buyers“ und die „Convenient functional food buyers“. Während sich die erstgenannten kritisch mit dem Produkt Lebensmittel auseinandersetzen, die Produktangaben lesen und vergleichen, entscheiden letztere eher kurzfristig ohne sich große Gedanken um das Produkt zu machen. Auch sind sie im Gegensatz zu den „Health oriented functional food buyers“ nicht bereit für ein entsprechendes Produkt mehr zu bezahlen. Nach Wills et al. (2012) sind allerdings weitere Studien nötig, um die genauen Verbrauchererwartungen und deren Verständnis für die Health Claims bewerten und einschätzen zu können. Insbesondere bei Fleisch und Fleischwaren solcher angereicherter Produkte müssen Veränderungen von Geschmack und Haltbarkeit beachtet werden, was wiederum die Entwicklung neuer Technologien erfordert, um diese Produkte mit einem gesundheitlichen Mehrwert erfolgreich zu vermarkten (Decker und Park, 2010).

In vorliegender Arbeit sollte, hervorgerufen durch ein entsprechendes Fütterungsregime, versucht werden, den Gehalt an n-3 Fettsäuren und konjugierten Linolsäuren im am Ende der Ochsenmast entstehenden Fleischprodukt soweit zu steigern, dass eine nährwert- und gesundheitsbezogene Auslobung möglich wird. Dieses Produkt also im Sinne eines Functional Food vermarktet werden könnte.

Trotz des hohen Einsatzes des relativ günstigen Grundfuttermittels Gras stiegen durch langsames Wachstum und damit einhergehender verlängerter Mastdauer die Produktionskosten in einer Vollkostenkalkulation derart an, dass ein deutlich höherer Vermarktungspreis für das Produkt Weideochsenfleisch kalkuliert werden

muss. Dieser gesteigerte Vermarktungspreis muss dann entweder vom Verbraucher oder der Gesellschaft getragen werden.

Wie weiter oben aufgeführt ist allerdings nur ein Teil der Verbraucher bereit, für derartige Mehrkosten für ein nachhaltig produziertes Produkt mit potentiell gesundheitslichen Mehrwert aufzukommen. Somit ist es nicht zuletzt Aufgabe der Gesellschaft und ihrer Politik Rahmenbedingungen zu schaffen, um derartige Produktionssysteme zu ermöglichen und zu erhalten. Dies wird heutzutage oftmals durch Landschaftspflegeprogramme oder den Erhalt von extensiven Dauergrünlandflächen in Form spezieller landwirtschaftlicher Subventionsprogramme möglich und nötig. Nötig deshalb, weil Produktionssysteme dieser Art auch einen nicht unerheblichen Beitrag leisten können, um sich im Rahmen einer nachhaltigen Wirtschafts- und Produktionweise an einer zukunftsweisenden Klimapolitik zu beteiligen, indem sie durch Erhalt der Grünlandflächen die Kohlenstoffspeicherung in diesen weiterhin ermöglichen.

Neben dem in dieser Arbeit in Form des Weideochsenfleischs geschilderten möglichen Functional Food, gibt es allerdings derzeit eine Reihe an Bemühungen, die andere landwirtschaftliche Nutztierarten (Schweine, Puten, Hühner, Fische etc.) und deren Produktionssysteme betreffen. Insbesondere der Wiederkäuer ist dem Monogastrier dahingegen unterlegen, dass bei der biologischen Hydrierung der Nahrungsfette im Pansen eine große Anzahl an über entsprechend modifizierte Fütterungsrationen aufgenommene Nahrungsfette im späteren Fleischprodukt verloren gehen. Grundsätzlich stellt Fisch jedoch die größte Quelle für die entscheidenden Fettsäuren EPA und DHA dar, jene Fettsäuren die einen Einfluss auf die menschliche Gesundheit haben (Ruxton et al., 2005). Obwohl es geringere Anteile an diesen Fettsäuren besitzt, bleibt Fleisch für Nicht-Fisch-Esser dennoch eine entscheidende Quelle (Welch et al., 2010). Deshalb werden bis heute wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, um das Fettsäuremuster durch züchterische Maßnahmen oder spezifische Fütterungsregime zu beeinflussen. Dabei sollte nach De Smet (2012) auch das Vermögen der Wiederkäuer aus der ALA, die sich in hohen Anteilen bei einer auf Gras basierten Fütterung im Pansen anreichert, durch biologische Hydrierung die langkettigen mehrfach-ungesättigten Fettsäuren zu bilden, nicht außer acht gelassen werden. Nach Laurencio et al. (2008) sollten überdies mögliche Einflüsse der botanischen Zusammensetzung des

Grases näher betrachtet werden und gegebenenfalls gezielt durch pflanzenzüchterische Maßnahmen verändert werden.

4.4 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen zwei entscheidende Rückschlüsse zu:

Zum einen ist es – insbesondere mit der Rasse Deutsches Fleckvieh – möglich, mit einem Produktionsverfahren, das hauptsächlich auf der Verfütterung von Grasprodukten während der Wintermonate und Weidemast im Frühjahr und Sommer basiert, Mast- und Schlachtleistungsergebnisse zu erzielen, die ein solches Verfahren in der extensiven Landwirtschaft durchaus umsetzbar erscheinen lassen. Betrachtet man dabei allerdings die Ergebnisse zur Fleischbeschaffenheit, wird rasch deutlich, dass diese für die Rasse Deutsche Holstein sprechen. Somit müssen diese beiden konträren Aspekte stets gleichzeitig betrachtet und abgewogen werden. Da sich derzeit allerdings die Preisfindung lediglich am Schlachtkörpergewicht und der Schlachtkörperklassifizierung orientiert, bleibt für Produktionsverfahren dieser Art nur ein Absatzmarkt über alternative Vermarktungsschienen (Direktvermarktung, Markenfleischprogramme etc.).

Zum anderen können mit einem derartigen Produktionsverfahren bestimmte Fettsäuren mit einer für die menschliche Gesundheit vorteilhaften Wirkung (n-3 Fettsäuren, konjugierte Linolsäuren) gesteigert werden. Der Einfluss der Fütterung spielt dabei neben der Tiergenetik eine entscheidende Rolle. Dies macht das hauptsächlich auf Gras und Grasprodukten basierende Fütterungsregime deutlich. Die mit spezifischen Futterölen angereicherten Konzentrattypen (Leinöl vs. Rapsöl) übten keine statistisch signifikante Wirkung aus.

Das Ziel des Vorhabens, die insgesamt aufzuwendende Kraftfuttermenge möglichst gering zu halten und durch eine gezielte phasenorientierte Zuteilung dennoch einen potentiellen steigernden Effekt zu erzielen, konnte somit allerdings nicht erreicht werden.

Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die erzielten Werte der für eine gesundheitsbezogene Auslobung und Vermarktung notwendigen Fettsäuren (ALA, Summe EPA + DHA) um ein Vielfaches unterhalb der gesetzlichen

Voraussetzungen lagen und sich die Frage nach der Verhältnismäßigkeit stellt, um diese zu erreichen.

Durch das in der vorliegenden Arbeit angewandte Fütterungsregime konnten diese Fettsäuren somit lediglich gesteigert, jedoch nicht für eine Vermarktungsstrategie des Produkts Weideochsenfleisch verwendet werden.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Weideochsenmast zur Erzeugung und Vermarktung von Rindfleisch mit erhöhten Gehalten an Omega-3 Fettsäuren und konjugierten Linolsäuren

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss von Rasse, Weidesystem und Konzentratbeifütterung sowohl auf ausgewählte Merkmale der Mastleistung, Schlachtkörperbeschaffenheit und Fleischqualität als auch auf das Fettsäuremuster von Musculus longissimus dorsi (MLD) und Nierenfett von Mastochsen untersucht.

Im Versuch wurden 96 Ochsen der Rassen Deutsches Fleckvieh (FV) und Deutsche Holstein (DH) über 22 Monate auf zwei unterschiedlichen Weidesystemen gemästet: dem System der Kurzrasenweide (KRW) oder dem System der Umtriebsweide (UTW). Sie erhielten geringe (Niveau L) oder mittlere Mengen (Niveau M) an Konzentratergänzung. Der Versuch gliederte sich in vier Mastphasen: Phase 1 (Stallhaltung), Phase 2 (Erste Weidesaison), Phase 3 (Stallhaltung vs. Winterfreilandhaltung) und Phase 4 (zweite Weidesaison). In den Phasen 1 und 3 stand den Tieren Grassilage zur unbegrenzten Aufnahme bereit. Alle Tiere erhielten in Phase 1 die gleiche Menge an Konzentrat zugeteilt. In Phase 3 und 4 hingegen erhielten Ochsen der Gruppe Stallhaltung entweder das Konzentratniveau M oder das Konzentratniveau L. Ochsen der Gruppe Winterfreilandhaltung erhielten stets Konzentratniveau M. Das in den letzten 28 Tagen vor der Schlachtung (Phase 4) verfütterte Konzentrat war mit 4,9 % Leinsamenöl (Konzentrattyp Leinöl) oder mit 1 % Rapsöl (Konzentrattyp Rapsöl) versetzt. Tiere der Gruppe M erhielten insgesamt 275 kg Konzentrat pro Tier, Tiere der Gruppe L 191 kg.

Zur vergleichenden Beurteilung der unterschiedlichen Fütterungsregime wurden Proben von Weideaufwuchs, Silage und Konzentrat auf Inhaltsstoffe untersucht. Des Weiteren fanden auf beiden Weidesystemen Ertragsmessungen statt.

Die Untersuchung der Mastleistungsparameter erfolgte durch Tierwägung. Merkmale der Schlachtkörperbeschaffenheit und Fleischqualität wurden durch Wägung der Schlachtkörper und Messungen (z.B. Schlachtkörperlänge) sowie Laboranalysen (z.B. intramuskulärer Fettgehalt) während und nach der

Schlachtung erhoben. Anschließend erfolgte eine Analyse der Fettsäurezusammensetzung von Proben der verwendeten Futtermittel (Weideaufwuchs, Konzentrat), des Musculus longissimus dorsi und des Nierenfetts der Versuchstiere.

Das im ersten Versuchsteil verwendete dreifaktorielle Modell (Rasse, Weidesystem, Konzentratniveau) wurde im zweiten Teil um den Faktor 'Konzentrattyp' zu einem vierfaktoriellen Modell erweitert.

Ergebnisse

Bei allen erhobenen Merkmalen der Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Rasse. Ochsen der Rasse FV erwiesen sich in allen bedeutenden Merkmalen der Mastleistung und Schlachtkörperbeschaffenheit (z.B. Mastendgewicht, Schlachtgewicht, Ausschachtung oder Fleischigkeitsklasse) als überlegen. Jedoch verfügten Ochsen der Rasse DH über eine bessere Fleischqualität als Fleckvieh-Ochsen (u.a. höherer IMF-Gehalt, höhere Zartheit, intensivere Fleischfarbe).

Ein signifikanter Einfluss der unterschiedlichen Weidesysteme (KRW vs. UTW) konnte lediglich für einige Parameter (Schlachtgewicht, Ausschachtung und Fettfarbe) statistisch abgesichert werden. Im Vergleich zur Umtriebsweide zeichnete sich die Kurzrasenweide durch einen höheren Weideertrag und Futterwert der Weideaufwuchsproben aus. Demzufolge erzielten Tiere der Gruppe KRW tendenziell höhere Schlachtgewichte als Tiere der Gruppe UTW. Das Konzentratniveau (M vs. L) hatte keine signifikanten Auswirkungen auf die erhobenen Merkmale der Mastleistung, Schlachtkörperbeschaffenheit und Fleischqualität.

Unterschiede in der Fettsäurezusammensetzung der Futtermittel-, Muskel und Fettproben ließen sich auf Effekte von Weidesystem, Konzentrattyp oder Rasse zurückführen.

Aufwuchsproben der Kurzrasenweide enthielten höhere Gehalte an ernährungsphysiologisch bedeutsamen Fettsäuren als Proben der Umtriebsweide. Während das mit Leinöl versetzte Konzentrat höhere Gehalte an α -Linolensäure

(ALA) und $\Sigma n-3$ aufwies, beinhaltete es geringere Mengen an Linolsäure (LA) und $\Sigma n-6$ im Vergleich zum mit Rapsöl versetzten Konzentrat.

Die Ochsen der Rasse Deutsches Fleckvieh erreichten im Vergleich zu Ochsen der Rasse Deutsche Holstein einen geringeren intramuskulären Fettgehalt und höhere Werte für $\Sigma n-3$, $\Sigma n-6$, $n-6/n-3$ - und PUFA/SFA-Verhältnis im MLD und Nierenfett. Der CLA-Gehalt der Muskelproben der DH-Ochsen überstieg jedoch jenen der FV-Ochsen (0,56 vs. 0,50 g/100g FAME). Die Aufnahme von Aufwuchs der UTW führte zu einem niedrigeren Gehalt an α -Linolensäure im MLD und Nierenfett, bedingte jedoch einen höheren Anteil des $n-6/n-3$ -Verhältnisses im Vergleich zur KRW-Gruppe. Insgesamt betrachtet hatten weder das Konzentratniveau noch der Konzentrattyp einen signifikanten Einfluss auf den Fettsäuregehalt im MLD und Nierenfett. Im Fleisch der DH-Ochsen konnte ein höherer Gehalt an gesundheitsrelevanten Fettsäuren nachgewiesen werden. Das Fleisch von Ochsen, die auf der Kurzrasenweide gehalten worden waren, zeichnete sich durch höhere Gehalte an α -Linolensäure und Eicosapentaensäure (EPA) aus.

Somit konnte gezeigt werden, dass sich der Gehalt an Omega-3 Fettsäuren in Rindfleisch mit einem auf Gras und Grasprodukten basierenden Ochsenmastverfahren steigern lässt. Die gesetzlichen Vorgaben zur Auslobung von Lebensmitteln mit gesundheitlichem Mehrwert für die menschliche Ernährung (erhöhter Gehalt an Omega-3 Fettsäuren) wurden unter Anwendung des in dieser Arbeit beschriebenen Weidemastverfahrens jedoch nicht erreicht.

6 SUMMARY

Pasture based steer fattening for the production and marketing of meat with increased contents of omega-3 fatty acids and conjugated linoleic acids

The aim of our study was to assess the influence of breed, grazing system and concentrate level on fattening performance, carcass value and meat quality of steers as well as on the fatty acid profile of their longissimus muscle (LD) and kidney fat.

Ninety-six German Simmental (GS) and German Holstein (GH) steers were fattened using two different grazing systems: continuous grazing system (CGS) and rotational grazing system (RGS). The animals were supplemented with medium (M) or low (L) concentrate levels. The trial period involved 22 months divided into four phases: phase 1 (indoor), 2 (grazing), 3 (indoor vs. outdoor) and 4 (grazing). In phases 1 and 3 we allowed ad libitum access to grass silage. All steers were supplied with the same amount of concentrate during phase 1. In phases 3 and 4 we provided animals of the indoor group with concentrate level M or L. Steers of the outdoor group were fed concentrate level M. For the last 28 days of phase 4 the steers were offered a concentrate type with 4.9% linseed oil or with 1.0% rapeseed oil. Group M consumed a total of 275 kg and group L 191 kg of concentrate per steer.

For the evaluation of different feeding regimens we analyzed samples of pasture, silage and concentrate for ingredients. Furthermore yield measurements of both grazing systems were carried out.

We determined fattening performance parameters through animal weighing. Parameters of carcass value and meat quality were investigated through weighing of carcasses, measuring (e.g. carcass length) and laboratory tests (e.g. intramuscular fat content) during the slaughtering process and afterwards. In addition, we performed analyses of the fatty acid compositions of fodder, muscle (LD) and kidney fat samples.

The three-factorial design (breed, grazing system, concentrate level) from the first part of the study was expanded by a fourth factor (type of concentrate) to a four-factorial model in the second part of our experiment.

Results

Our study revealed significant breed-dependent differences in fattening performance, carcass value and meat quality.

GS steers proved significantly superior in all essential parameters of the fattening performance and carcass value (e.g. final weight, carcass weight, dressing percentage or conformation score). However, GH steers displayed better meat quality (higher intramuscular fat content, higher tenderness, more intense meat color) than GS steers. Significant differences referable to the type of grazing system (CGS vs. RGS) could only be observed for few parameters (carcass weight, dressing percentage and fat color). Samples taken from continuously-grazed pastures showed greater grazing yield and higher nutrient content than those from rotationally-grazed pastures. As a consequence, steers of CGS group attained higher carcass weights than steers of the RGS group. Concentrate levels (M vs. L) had no effects on the evaluated parameters of the fattening performance, carcass value and meat quality.

We were able to measure significant differences in the fatty acid composition of samples taken from fodder, muscle and fat which could be ascribed to effects of grazing system, type of concentrate and breed. Indeed, there were a lot of differences in the fatty acid compositions of the fodder as well as of the muscle and fat samples.

Samples from CGS-pasture contained higher amounts of nutritive fatty acids than those from RGS-pasture, while linseed-oil concentrate had higher proportions of ALA and $\sum n-3$, but lower contents of LA and $\sum n-6$ compared to rapeseed-oil concentrate.

GS-breed presented a lower intramuscular fat content and higher values for $\sum n-3$, $\sum n-6$, $n-6/n-3$ and PUFA/SFA in LD and kidney fat than GH-breed. However, the proportion of CLA in tissue samples from GH steers excelled the values measured in samples from GS steers (0.56 vs. 0.50 g/100g FAME). Rotational grazing engendered lower contents of ALA, but higher proportions of $n-6/n-3$ in LD and kidney fat than continuously grazing. In the end neither the level nor the type of concentrate affected the fatty acid contents in the LD and kidney fat. Levels of healthy fatty acids were greater in the meat of GH steers. Continuous grazing resulted in higher ALA and EPA contents of meat.

We conclude that pasture-based steer fattening increases the n-3 fatty acid content of meat. Nevertheless, the legal fatty acid requirements for human nutrition and other health related claims could not be met by means of the feeding regimens described above.

7 LITERATURVERZEICHNIS

Arab-Tehrany E, Jacquot M, Gaiani C, Imran M, Desobry S, Linder M (2012) Beneficial effects and oxidative stability of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids. *Trends Food Sci Tech* 25, 24-33

Ashes JR, Siebert BD, Gulati SK, Cuthbertson AZ, Scott TW (1992) Incorporation of n-3 fatty acids of fish oil into tissue and serum lipids of ruminants. *Lipids* 27, 629-631

Astorg P, Arnault N, Czerchinow S, Noisette N, Galan P, Herberg S (2004) Dietary intakes and food sources of n-6 and n-3 PUFA in French adult men and women. *Lipids* 39 (6),527-35

Augustini C (1987) Einfluss produktionstechnischer Faktoren auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität. In: Institut für Fleischerzeugung und Vermarktung, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität. *Kulmbacher Reihe*, Band 7, 152-179

Augustini C, Fischer K (1979) Untersuchungen zum Problem des dunklen, leimigen Rindfleisches (dark-cutting-beef), 1. Mitteilung: Erscheinungsformen und Vorkommen. *Fleischwirtschaft* 59 (12), 1871-1873

Augustini C, Fischer K (1998) Fleischreifung und sensorische Qualität In: Köhlen, Zerlegen, Kühllagerung, Reifung - Einfluss auf die Rindfleischqualität, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), *Kulmbacher Reihe*, Band 15, 58-79

Augustini C, Fischer K (1999) Fleischreifung und sensorische Qualität. *Fleischwirtschaft* 79 (12), 96-98

Augustini C, Freudenreich P (1998) Reifungsdauer und Zartheit bei Rindfleisch. *Fleischwirtschaft* 78, 65-67

Augustini C, Temisan V (1986) Einfluss verschiedener Faktoren auf die Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischqualität bei Jungbullen. *Fleischwirtschaft* 66, 1273-1280

Augustini C, Fischer K, Schön L (1977) Welche Informationen können unmittelbar vor der Schlachtung erhobene physiologische Messwerte über die zu erwartende Fleischbeschaffenheit geben? *Fleischwirtschaft* 57, 1028-1033

Augustini C, Branscheid W, Schwarz FJ, Kirchgessner M (1992) Wachstumsspezifische Veränderung der Schlachtkörperqualität von Mastrindern der Rasse Deutsches Fleckvieh. 2. Einfluss von Fütterungsintensität und Schlachtgewicht auf die grobgewebliche Zusammensetzung von Jungbullenschlachtkörpern. *Fleischwirtschaft* 72, 1706-1711

Augustini C, Branscheid W, Schwarz FJ, Kirchgessner M (1993a) Wachstumsspezifische Veränderung der Schlachtkörperqualität von Mastrindern der Rasse Deutsches Fleckvieh. 3. Einfluss von Fütterungsintensität und Schlachtgewicht auf die grobgewebliche Zusammensetzung von Färsenschlachtkörpern. *Fleischwirtschaft* 73 (5), 595-599

Augustini C, Branscheid W, Schwarz FJ, Kirchgessner M (1993b) Wachstumsspezifische Veränderung der Schlachtkörperqualität von Mastrindern der Rasse Deutsches Fleckvieh. 4. Einfluss von Fütterungsintensität und Schlachtgewicht auf die grobgewebliche Zusammensetzung von Ochsen-
schlachtkörpern. *Fleischwirtschaft* 73 (9), 1058-1066

Barton RA, Pleasants AB (1993) Fat colour and meat colour in different breeds of steers in five consecutive years raised on pasture and slaughtered at 30 months of age. *Proc N Z Soc Anim Prod* 53, 389-391

Bauman DE, Lock AL (2006) Concepts in lipid digestion and metabolism in dairy cows. *Proc Tri-State Dairy Nutr Conf*, 1-14

Bauman DE, Baumgard LH, Corl BA, Griinari JM (1999) Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proc Am Soc Anim Sci*, 1-15

Bauman DE, Perfield JW, de Veth MJ, Lock AL (2003) New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. *Proc Cornell Nutr Conf*, 175-189

Beam TM, Jenkins TC, Moate PJ, Kohn RA, Palmquist DL (2000) Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. *J Dairy Sci* 83, 2564-2573

Bech-Larsen T, Scholderer J (2007) Functional foods in Europe: Consumer research, market experience and regulatory aspects. *Trends Food Sci Tech* 18, 231-234

Bhattacharya A, Banu J, Rahman M, Causey J, Fernandes G (2006) Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *J Nutr Biochem* 17, 789–810

Bickerstaffe R, Annison EF (1970) The desaturase activity of goat and sow mammary tissue. *Comp Biochem Physiol* 35, 653-665

Binke R (2003) Vom Muskel zum Fleisch In: *Chemie des Lebensmittels Fleisch*. Forschungsverbund Produkt- und Ernährungsforschung, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), Kulmbacher Reihe, Band 18, 57-69

BMJ (Bundesministerium für Justiz) (2002) Verordnung über gesetzliche Handelsklassen für Rindfleisch. *BGBI. I S.* 2387; 1992 I S. 384, zul. geändert durch Art. 3 V v. 23.7.2002 (*BGBI. I S.* 2887)

Boom CJ, Sheath GW (1997) Nutritional effects on carotenoid concentrations in the fat of beef cattle. *Proc N Z Soc Anim Prod* 57, 282–285

Booth RG, Kon SK, Dann WJ, Moore T (1935) A study of seasonal variation in butter fat. A seasonal spectroscopic variation in the fatty acid fraction. *Biochem J* 29, 133-137

Branscheid W (1998) Die Komponenten des Schlachttierwertes. In: Branscheid W, Honikel KO, Lengerken GV, Troger K (Hrsg.), *Qualität von Fleisch und Fleischwaren*. Band 1, Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 85-96

Branscheid W, Sönnichsen, M, von Lengerken G (2007) Die Erfassung der Schlachtkörperzusammensetzung und die Einstufung in Handelsklassen In: Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken G, Troeger K (Hrsg.), Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Band 1, Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 110-156

Brasky TM, Darke AK, Song X, Tangen CM, Goodman PJ, Thompson IM, Meyskens FL Jr, Goodman GE, Minasian LM, Parnes HL, Klein EA, Kristal AR (2013) Plasma Phospholipid Fatty Acids and Prostate Cancer Risk in the SELECT Trial, J Natl Cancer Inst, 1-10 DOI:10.1093/jnci/djt174

Breitmaier E, Jung G (2009) Organische Chemie. Grundlagen, Verbindungs-klassen, Reaktionen, Konzepte, Molekülstruktur, Naturstoffe. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 6., überarbeitete Auflage

Breier BH, Sauerwein H (1995) Regulation of growth in ruminants by the somatotropic axis. In: Engelhardt W, Leonhard-Marek S, Breves G, Giesseke D (Hrsg.), Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction. F. Enke Verlag, Stuttgart, 102-123

Brüggemann DH (2011) Anpassungsmöglichkeiten der deutschen Rindermast an die Liberalisierung der Agrarmärkte, Landbauforschung, Sonderheft 345, Brüggemann DH (Hrsg.), Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, ISBN 978-3-86576-071-5

Brüggemann DH (2006) The beef supply chain of the United States – Status, development and perspectives, Diplomarbeit, Zugriff am 31.08.2012: http://www.agribenchmark.eu/fileadmin/freefiles/4_4_1_db_0610_en.pdf

Burgstaller G, Huber A, Rosenberger E, Edelmann P, Spatz G (1985) Zur Mast von Kalbinnen und Ochsen der Rasse Deutsches Fleckvieh auf Dauergrünland nach unterschiedlicher Fütterungsintensität während der Stallperiode. 1. Mitteilung: Gewichtsentwicklung, Nährstoffaufwand und Ausschlachtungsergebnisse von im Jänner/Februar geborenen Kälbern. Bayer Landw Jahrbuch 62, 35-48

Chambaz A, Scheeder MRL, Kreuzer M, Dufey PA (2003) Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Sci* 63, 491–500

Chassot A, Dufey PA (2006) Ausmast von Ochsen nach Alpung: Ausmastdauer und Mastleistung. *Agrarforschung* 13, 470-475

Chassot A, Dufey PA (2008) Fütterungsintensität in der Ausmast von Ochsen nach Alpung. *Agrarforschung* 15, 372-377

Chassot A, Troxler J (2006) Extensive Ochsenmast mit Alpung. *Agrarforschung* 13, 374-379

Chin SF, Liu W, Storkson JM, Ha YL, Pariza MW (1992) Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J Food Compos Anal* 5, 185-197

Chladek G, Ingr I (2003) Meat quality and beef production parameters of Holstein steers fattened up to 10-12 months of age. *Czech J Anim Sci* 48, 474–480

Choi NJ; Enser M, Nute GR, Richardson RI, Scollan ND, Wood JD (2000) Effects of whole linseed and full fat soya included in a high concentrate diet and fed for 60 or 90 days on muscle fatty acid composition and meat quality in beef steers. *Proceedings 46th ICoMST, Buenos Aires*, 176-177

CIE, Commission Internationale de L'Eclairage (1986) *Colorimetry*, 2nd ed. Vol. Publication No. CIE 15.2, Vienna

Cook ME, Miller CC, Park Y, Pariza M (1993) Immune modulation by altered nutrient metabolism: Nutritional control of immune-induced growth depression. *Poult Sci* 72, 1301-1305

Cruz-Hernandez C, Kramer JKG, Kraft J, Santercole V, Or-Rashid M, Deng Z, Dugan MER, Delmonte P, Yurawecz MP (2006): Systematic analysis of *t* and conjugated linoleic acids in the milk and meat of ruminants. *Adv Conj Linoleic Acid Res* 3, 45–93

- Dacaranhe CD, Terao J (2001) Effect of phosphatidic acid and phosphatidylserine on lipid oxidation in beef homogenate during storage and in emulsified sardine oil. *J Food Sci* 66, 422-427
- Dannenberger D, Nürnberg K, Nürnberg G, Scollan ND, Steinhart H, Ender K (2005) Effect of pasture vs. Concentrate diet on CLA isomer distribution in different tissue lipids of beef cattle. *Lipids* 40, 589–598
- Dannenberger D, Nürnberg K, Nürnberg G, Ender K (2006) Carcass and meat quality of pasture vs. concentrate fed German Simmental and German Holstein bulls. *Arch Tierz* 49, 315-328
- Dannenberger D, Nürnberg K, Nürnberg G (2009) Diet-dependent occurrence of CLA isomers in rumen and duodenal digesta of slaughtered bulls. *Eur J Lipid Sci Technol* 111, 553-562
- Davis CL (1990) *Fats in Animal Feeds*. Barnaby Inc., Sycamore, IL
- Dawson RMC, Kemp P (1970) Biohydrogenation of dietary fats in ruminants. In: Phillipson AT (Hrsg.) *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant*. Oriel Press, Newcastle upon Tyne, U.K., 504-518
- Dawson RMC, Hemington N, Hazlewood GP (1977) On the role of higher plant and microbial lipases in the ruminal hydrolysis of grass lipids. *Br J Nutr* 38, 225-232
- Deblitz C, Brüggemann D (2007) Rindfleischerzeugung aus globaler Sicht – Rahmenbedingungen, Produktion, Handel, Perspektiven. In: Brade W, Flachowsky G (Hrsg.), *Rinderzucht und Rindfleischerzeugung – Empfehlungen für die Praxis*, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 313, 265–285
- DGE, Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2008) *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Umschau Verlag, Frankfurt
- Decker EA, Park Y (2010) Healthier meat products as functional foods. *Meat Sci* 86, 49-55

De La Torre A, Gruffat D, Durand D, Micol D, Peyron A, Scislowski V, Bauchart D (2006) Factors influencing proportion and composition of CLA in beef. *Meat Sci* 73, 258-268

Delgado-Lista J, Perez-Martinez P, Lopez-Miranda J, Perez-Jimenez F (2012) Long chain omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: a systematic review. *Br J Nutr* 107, 201–213

Demeyer D, Doreau M (1999) Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proc Nutr Soc* 58, 593-607

De Smet S (2012) Meat, poultry, and fish composition: Strategies for optimizing human intake of essential nutrients, *Animal Frontiers* 2, 10-16

Doreau M, Ferlay A (1994) Digestion and utilization of fatty-acids by ruminants. *Anim Feed Sci Tech* 45, 379-396

Dufey PA (2008) Wachstumsgeschwindigkeit und Fleischqualität bei Ochsen. *Agrarforschung* 15, 378-383

Dunne PG, O'Mara FP, Monahan FJ, Moloney AP (2006) Changes in colour characteristics and pigmentation of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of heifers fed grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Sci* 74, 231–241

Dustmann H (2005) *Markterfolg mit Functional Food*. Deutscher Fachverlag, Frankfurt

EFSA, European Food Safety Authority (2009) Scientific Opinion of the Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. *EFSA Journal* 1176, 1-11

EFSA (2010a) Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, *trans* fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal* 8 (3), 1461

EFSA (2010b) Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to conjugated linoleic acid (CLA) isomers and contribution to the maintenance or achievement of a normal body weight (ID 686, 726, 1516, 1518, 2892, 3165), increase in lean body mass (ID 498, 731), increase in insulin sensitivity (ID 1517), protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 564, 1937), and contribution to immune defences by stimulation of production of protective antibodies in response to vaccination (ID 687, 1519) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Journal 8 (10), 1794

EFSA (2012) Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). EFSA Journal 10 (7), 2815

Ender K, Augustini C (2007) Schlachttierwert von Rind und Kalb. In: Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken G, Troeger K (Hrsg.), Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 157-205

Enser M, Hallet K, Hewitt B, Fursey GAJ, Wood JD, Harrington G (1998) Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. Meat Sci 49, 329-341

Ernst E, Kalm E (1994) Grundlagen der Tierhaltung und Tierzucht. Parey-Verlag, Hamburg/Berlin

EUROSTAT (2013) Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften: Onlinedatenbank. Zugriff am 10.09.2013: (<http://ec.europa.eu/eurostat> und <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=de&pcode=tag00044>)

FAO, Statistical Yearbook (2013) World food and agriculture, Rome 2013, ISBN 978-92-5-107396-4, Zugriff am 10.09.2013: (<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>)

FAOSTAT (2013) Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Statistics. Zugriff am 10.09.2013: (<http://faostat.fao.org>)

Feldhusen F (1994) Einflüsse auf die postmortale Farbveränderung der Oberfläche von Schweinemuskulatur. *Fleischwirtschaft* 74 (9), 989-991

Feldhusen F, Neumann-Fuhrmann D, Hager O, Wenzel S (1987) Farbmessung im Rahmen der Fleischqualitätsprüfung mit dem Minolta Chromameter. *Züchtungskunde* 59, 146-157

Fellner V, Sauer FD, Kramer KJG (1995) Steady-state rates of linoleic acid biohydrogenation by ruminal bacteria in continuous culture. *J Dairy Sci* 78, 1815-1823

Field TG (2007) *Beef production and management decisions*. 5. Auflage, Pearson Prentice Hall, New Jersey, Columbus, Ohio

Field TG, Taylor RE (2003) *Beef Production and Management Decisions*. Pearson Education, New Jersey, Ohio

Fincham JR, Fontenot JP, Swecker WS, Herbein JH, Neel JP, Scaglia G, Clapham WM, Notter DR (2009) Fatty acid metabolism and deposition in subcutaneous adipose tissue of pasture- and feedlot-finished cattle. *J Anim Sci* 87, 3259–3277

Fischer C (1981) Veränderungen im Muskel nach dem Schlachten. *Fleischwirtschaft* 61 (12), 1830-1836

Franz A, Nowak B (2010) Functional food consumption in Germany: A lifestyle segmentation study, Diskussionspapiere, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, No. 1003, Zugriff am 3.11.2013: (<http://hdl.handle.net/10419/30324>)

Fraser MD, Davies DA, Vale JE, Nute GR, Hallett KG, Richardson RI, Wright IA (2009) Performance and meat quality of native and continental cross steers grazing improved upland pasture or semi-natural rough grazing. *Livest Sci* 123, 70-82

French P, Stanton C, Lawless F, O'Riordan EG, Monahan FJ, Caffrey PJ, Moloney PA (2000) Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J Anim Sci* 78, 2849-2855

French P, O'Riordan EG, O'Kieley P, Caffrey PJ, Moloney AP (2001) Intake and growth of steers offered different allowances of autumn grass and concentrates. *Anim Sci* 72, 129-138

Frickh JJ (2000) Wege zur Erzeugung von Qualitätsrindfleisch. Tagungsunterlage der Landwirtschaftskammer für Oberösterreich, 1-10

Frickh JJ (2001a) Adaptierung von Untersuchungsmethoden für die routinemäßige Prüfung auf Fleischqualität im Rahmen einer stationären Prüfung. Abschlussbericht über das Forschungsprojekt L1168 für das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 13-14

Frickh JJ, Baumung R, Luger K, Steinwider A (2002a) Einfluss der Kategorie (Stiere, Ochsen, Kalbinnen) und des Kraftfutterniveaus (Fütterungsintensität) auf der Basis von Gras- und Maissilage auf die Schlachtleistung und Fleischqualität. 29. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 24. -25. April 2002. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irdning, Österreich, Zugriff am 19.12.2012: (http://www.raumberg-gumpenstein.at/cms/index.php?option=com_docman&tasc=cat_view&gid=54&Itemid=53)

Frickh JJ, Steinwider A, Baumung R (2002b) Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf die Schlachtleistung von Fleckvieh-Tieren. *Züchtungskunde* 74 (5), 363-375

Frickh JJ, Steinwider A, Baumung R (2003) Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf die Fleischqualität von Fleckvieh-Tieren. *Züchtungskunde* 75, 16-30

Frickh JJ, Ibi G, Elixhauser K (2004) Einfluss der Fleischreifung auf die Zartheit von Kalbinnen- und Jungstierfleisch. Abschlussbericht Forschungsprojekt Nr. 1358. Landwirtschaftliche Bundesversuchswirtschaften GmbH, Wieselburg, Österreich

Fritsche J, Steinhart H (1998) Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 206, 77-82

Fürst A, Berschauer F (1981) Die Fleischqualität beim Schwein. Teil I: Kriterien der Fleischqualität und Qualitätsabweichungen. Übersichten zur Tierernährung 9, 125-144

Gebauer SK, Psota TL, Harris WS, Kris-Etherton PM (2006) n-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. Am J Clin Nutr 83 (6), 1526-1535

GfE, Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (1995) Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer. Proc Soc Nutr Physiol 4, 121-123

Grabner R (2011) Rindfleisch – auf eigene Stärken setzen. Vortrag auf der Wintertagung 2011 des LFZ Raumberg-Gumpenstein, Zugriff am 08.08.2012: (http://www.raumberggumpenstein.at/c/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=520&Itemid=100103&lang=de)

Grau R, Hamm R (1956) Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskels. Z Lebensmittel Unters und Forsch 105, 446-461

Griinari JM, Bauman DE (1999) Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: Yurawecz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, Pariza MW, Nelson GJ (Hrsg.), Adv Conj Linoleic Acid Res, AOCS Press, Champaign, 180-200

Griinari JM, Chouinard PY, Bauman DE (1997) *Trans* fatty acid hypothesis of milk fat depression revised. Proc Cornell Nutr Conf, 208-216

Ha YL, Grimm NK, Pariza MW (1987) Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. Carcinogenesis 8, 1881-1887

Hamm R (1975) Muskelfarbstoff und Fleischfarbe. Fleischwirtschaft 55(10), 1415-1418

Hampel G (2005) Fleischrinderzucht und Mutterkuhhaltung. 3. neu bearbeitete Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

Harfoot CG, Hazlewood GP (1988) Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson PN (Hrsg.), *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Applied Science Publishers, London, 285-322

Harfoot CG, Hazlewood GP (1997) Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson PN, Stewart CS (Hrsg.), *The Rumen Microbial Ecosystem*. Chapman & Hall, London, UK, 382-426

Häusler J, Velik M, Steinwidder A, Gasteiner J, Resch R, Eingang D (2006) Systemvergleich Kurzrasenweide – Koppelweide. Endbericht, Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich

Häusler J, Velik M, Eingang D, Wildling J (2008) Ergebnisse zur Weideaufzucht von Kalbinnen. 4. Österreichische Fachtagung für biologische Landwirtschaft „Low-Input“ Vollweidehaltung von Milchkühen in Österreich, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich

Hecht H (1986) Reifung und Zartheit von Fleisch. In: Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), *Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität*. Kulmbacher Reihe, Band 6, 134, 145ff

Hochberg H (2007) Grünlandnutzung mit Mutterkühen. In: Brade W, Flachowsky G (Hrsg.), Braunschweig, *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 313: Rinderzucht und Rindfleischerzeugung-Empfehlungen für die Praxis*. ISBN 978-3-86576-038-8

Hofmann K (1973) Was ist Fleischqualität? *Fleischwirtschaft* 53 (4), 485

Hofmann K (1986a) Der pH-Wert - Ein Qualitätskriterium für Fleisch. In: Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), *Chemischphysikalische Merkmale der Fleischqualität*. Kulmbacher Reiche, Band 6, 134-155

Hofmann K (1987) Der Begriff Fleischqualität. Definition und Anwendung *Fleischwirtschaft* 67 (1), 44-49

Hollo G, Nürnberg K, Seregi J, Hollo I, Repa I, Ender K (2004) Der Einfluss der Fütterung auf die Mast- und Schlachtleistung bei Jungbullen der Rassen Ungarisches Grauvieh und Holstein Friesian. Arch Tierz 47, 313-323

Hollo G, Nürnberg K, Repa I, Hollo I, Seregi J, Pohn G, Ender K (2005) Der Einfluss der Fütterung auf die Zusammensetzung des intramuskulären Fettes des *Musculus longissimus* und verschiedener Fettdepots von Jungbullen der Rassen Ungarisches Grauvieh und Holstein Friesian 1. Mitteilung: Fettsäurezusammensetzung. Arch Tierz 48, 537-546

Honikel KO (1986a) Wasserbindungsvermögen von Fleisch. In: Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität. Kulmbacher Reihe, Band 6, 67-88

Honikel KO (1986b) Muskelstruktur und Fleischqualität von Fleisch. In: Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität. Kulmbacher Reihe, Band 6, 18-38

Honikel KO (1998) Physikalische Methoden zur Erfassung der Fleischqualität. In: Deutscher Fachverlag (Hrsg.), Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Band 2, 696 - 699

Honikel KO (2003) Vom Fleisch zum Produkt, Reifen – Erhitzen – Zerkleinern - Salzen. In: Forschungsverbund Produkt- und Ernährungsforschung, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), Chemie des Lebensmittels Fleisch, Kulmbacher Reihe, Band 18, 70-94

Houseknecht KL, Vanden Heuvel JP, Moya-Camarena SY (1998) Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty fa/fa rat. Biochem Biophys Res Commun 244, 678–82

Irie M, Izumo A, Mohri S (1996) Rapid method for determining water – holding capacity in meat using video image analysis and simple formulae. Meat Sci 42 (1), 95-102

Isermeyer F (1988) Produktionsstrukturen, Produktionskosten und Wettbewerbsstellung der Milcherzeugung in Nordamerika, Neuseeland und der EG. Dissertation, Göttingen

Jans F, Troxler J (1996) Ochsenmast auf ungedüngten Weiden in Höhenlagen. Agrarforschung 3 (4), 169-172

Kampa M, Niffi AP, Notas G, Castanas E (2007) Polyphenols and cancer cell growth. Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology 159, 79-113

Kean MG, More O Ferrall GJ, Conolly J, Allen P (1990) Carcass composition of serially slaughtered Friesians, Herford x Friesian and Charolais x Friesians steers finished on two dietary energy levels. Anim Prod 50, 231-243

Keane MG, Moloney AP (2009) A comparison of final systems and duration for spring-born Aberdeen Angus x Holstein-Friesian and Belgian Blue x Holstein-Friesian steers. Livest Sci 124, 223-232

Kemp P, Lander DJ (1984) Hydrogenation *in vitro* of α -linolenic acid to stearic acid by mixed cultures of pure strains of rumen bacteria. J Gen Microbiol 130, 527-533

Kepler CR, Hirons KP, McNeill JJ, Tove SB (1966) Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. J Biol Chem 241, 1350-1354

Kinsella JE (1972) Stearyl CoA as a precursor of oleic acid and glycerolipids in mammary microsomes from lactating bovine: possible regulatory step in milk triglyceride synthesis. Lipids 7, 349-355

Kirchgeßner M, Schwarz FJ, Reimann W, Heindl U, Otto R (1994) Untersuchungen zum Energie- und Nährstoffansatz sowie zur Verwertung der Energie für das Wachstum bei Mastrindern der Rasse Deutsches Fleckvieh. J Anim Physiol An N 71, 208-222

Knight TW, Death AF, Lambert MG, McDougall DB (2001) The rate of reduction in carotenoid concentration in fat of steers fed a low carotenoid ration, and the role of increasing carcass fatness. Austr J Agr Res 52, 1023-1032

Knight TW, Death AF (2000) Reducing fat colour in beef by grazing steers on turnip bulbs. *Proc N Z Soc Anim Prod* 60, 143–146

Kogler K (2005) Essenzielle Omega-3-Fettsäuren – eine Übersicht. *Phytotherapie* Nr. 3, 28-31

Kögel J, Biber A, Pickl M, Rutzmoser K (1991) Entfärbung von Körperfett durch Ausmast mit karotinoidarmen Futtermitteln. In: Schwarz FJ, Augustini C, Kirchgeßner M (Hrsg.), 1998, Gewichtsentwicklung sowie Schlachtkörper- und Fleischqualität von Fleckvieh- und Angus x Fleckvieh-Färsen bei unterschiedlichen Fütterungsverfahren. *Züchtungskunde* 70, 61-74

Kögel J, Pickl M, Rott J, Hollwich W, Sarreiter R, Mehler N (2000) Kreuzungsversuch mit Charolais, Blond d'Aquitaine und Limousin auf Fleckvieh-Kühe. *Züchtungskunde* 72, 201-216

Kreuzer M (2007) Gesundheitswert und Beschaffenheit von Milch und Fleisch aus dem Grünlandgebiet. 13. Alpenländisches Expertenforum 2007, Höhere Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Irtding, Österreich, 7-13 Zugriff am 15.10.2012: (http://www.raumberg-gumpenstein.at/c/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=2091&Itemid=100054&lang=de)

Kromhout D, Yasuda S, Geleijnse JM, Shimokawa H (2012) Fish oil and omega-3 fatty acids in cardiovascular disease: do they really work? *Eur Heart J* 33, 436–443

Kronberg SL, Scholljegerdes EJ, Leper AN, Berg EP (2011) The effect of flaxseed supplementation on growth, carcass characteristics, fatty acid profile, retail shelf life, and sensory characteristics of beef from steers finished on grasslands of the northern Great Plains. *J Anim Sci* 89, 2892–2903

Kühne M (2004) Fleischfarbe und Fleischreifung. In: Beutling DM (Hrsg.), *Lehrbuch der Schlachtier- und Fleischuntersuchung*. Parey Verlag, Stuttgart, 118-120 ISBN 3-8304-4098-7

Laufs U, Schirmer SH (2012) Margarines supplemented with low dose n-3 fatty acids are not effective in secondary prevention. *Eur Heart J* 33, 1555–1557

- Lourenço M, Van Ranst G, Vlaeminck B, De Smet S, Fievez V (2008) Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Anim Feed Sci Tech* 145, 418–437
- Lawrence J, Shouse SH, Edwards W, Loy D, Lally J, Martin RE (2006) *Beef Feedlot Systems Manual*. Iowa State University, Zugriff am 16.05.2013: (<https://store.extension.iastate.edu/ItemDetail.aspx?ProductID=5442>)
- Lee KN, Kritchevsky D, Pariza MW (1994) Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis* 108, 19–25
- Lock AL, Harvatine KJ, Ipharraguerre IR, Van Amburgh ME, Drackley JK, Bauman DE (2005) The dynamics of fat digestion in lactating dairy cows: what does the literature tell us? *Proc Cornell Nutr Conf*, 83-94
- Lock AL, Harvatine KJ, Drackley JK, Bauman DE (2006) Concepts in fat and fatty acid digestion in ruminants. *Proc Intermountain Nutr Conf*, 85-100
- Luderschmid C (2011) Durchführung einer Weideochsenmast unter besonderer Berücksichtigung von Weidesystem und Genotyp. Diplomarbeit, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising
- Mandell IB, Buchanan-Smith JG, Campbell CP (1998) Effects of forage vs. grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled. *J Anim Sci* 76 (10), 2619-2630
- Matthes HD, Pastushenko V (1999) Einfluss der landwirtschaftlichen Produktionsweise auf den Fettsäuregehalt des Fleisches. *Ernährungs-Umschau* 46 (9), 335-338
- May SG, Savell JW, Lunt DK, Wilson JJ, Laurenz JC, Smith SB (1994) Evidence for preadipocyte proliferation during culture of subcutaneous and intramuscular adipose tissues from Angus and Wagyu crossbred steers. *J Anim Sci* 72 (12), 178-183

- Mayr C (2013) Vergleichende methodische Untersuchungen zur Einschätzung der Rohrnährstoffverdaulichkeit des Aufwuchses von der Kurzrasenweide (Kurzgras). Master Thesis, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising
- Moloney AP, Mooney MT, Kerry JP, Troy DJ (2001) Producing tender and flavoursome beef with enhanced nutritional characteristics. *Proc Nutr Soc* 60, 221–229
- Monson F, Sanudo C, Sierra I (2004) Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci* 68, 595-602
- Moore JH, Christie WW (1984) Digestion, absorption and transport of fats in ruminant animals. In: Wiseman J (Hrsg.), *Fats in Animal Nutrition*, Butterworths, London, UK, 123-149
- Morgan JHL, Everitt GC (1968) Beef production from Jersey steers grazed in three environments. *Proc N Z Soc Anim Prod* 28, 158–176
- Mori TA (2013) Dietary n-3 PUFA and CVD: a review of the evidence. *stroke* 28, 29
- Moser U (2000) Langkettige ω -3 Fettsäuren. *Ernährung* 24 (10), 426
- Muir PD, Deaker JM, Bown MD (1998) Effects of forage- and grain-based feeding systems on beef quality: a review. *New Zeal J Agr Res* 41, 623-635
- Noble RC (1981) Digestion, transport and absorption of lipids. In: Christie WW (Hrsg.), *Lipid metabolism in ruminant animals*. Pergamon Press Ltd., Oxford, UK, 57-93
- Noble RC, Moore JH, Harfoot CG (1974) Observations on the pattern on biohydrogenation of esterified and unesterified linoleic-acid in the rumen. *Br J Nutr* 31, 99-108
- Noziere P, Graulez B, Lucas A, Martin B, Grolier P, Doreau M (2006) Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Anim Feed Sci Tech* 131 (3-4), 418-450

- Nürnberg K, Wegner J, Ender K (1998) Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livest Prod Sci* 56 (3), 145-156
- Nürnberg K, Nürnberg G, Ender K, Lorenz S, Winkler K, Rickert R, Steinhart H (2002) N-3 fatty acids and conjugated linoleic acids of longissimus muscle in beef cattle. *Eur J Lipid Sci Technol* 104, 463-471
- Nürnberg K, Dannenberger D, Nürnberg G, Ender K, Voigt J, Scollan ND, Wood JD, Nute GR, Richardson RI (2005) Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livest Prod Sci* 94, 137-147
- Nuss K (2007) Kastration der männlichen Nutztiere, Skript der Abteilung Chirurgie und Orthopädie der Klinik für Wiederkäuer der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität München
- Park Y, Albright KJ, Liu W, Storkson JM, Cook ME, Pariza MW (1997) Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids* 32, 853-858
- Parodi PW (1977) Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. *J Dairy Sci* 60, 1550-1553
- Parsons AJ, Leafe EL, Collett B, Penning PD, Lewis J (1983) The physiology of grass production under grazing. 2. Photosynthesis crop growth and animal intake of continuously grazed swards. *J Appl Ecol* 20, 127-139
- Perry D, Nichols PJ, Thompson JM (1998) The effect of sire breed on the melting point and fatty acid composition of subcutaneous fat in steers. *J Anim Sci* 76 (1), 87-95
- Pfeuffer M (1997) Bedeutung mehrfach ungesättigter Fettsäuren in der Ernährung. Fette in der Ernährung. In: Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), Köller Druck+Verlag GmbH, Bonn, Heft 464, 35-67
- Phillips CJC, Leaver JD (1986) Seasonal and diurnal variation in the grazing behaviour of dairy cows. In: Frame J. (Hrsg.), *Grazing. Occasional Symposium No. 19*, British Grassland Society, 98-104

Pfuhl R, Bellmann O, Kühn Ch, Teuscher F, Ender K, Wegner J (2007) Beef versus dairy cattle: a comparison of feed conversion, carcass composition, and meat quality. *Arch Tierz* 50, 59-70

Potthast K (1987) Fleischfarbe, Farbstabilität und Umrötung. *Fleischwirtschaft* 67(1), 50-55

Raes K, De Smet S, Demeyer D (2004) Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: A review. *Anim Feed Sci Tech* 113, 199–221

Razminowicz RH, Kreuzer M, Scheeder MRL (2006) Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. *Meat Sci* 73, 351–361

Razminowicz RH, Kreuzer M, Scheeder MRL (2008) Effect of electrical stimulation, delayed chilling and post-mortem aging on the quality of the M. longissimus dorsi and M. biceps femoris of grass-fed steers. *J Sci Food Agr* 88, 1344-1353

Realini CE, Dukett SK, Brito GW, Dalla Rizza M, De Mattos D (2004) Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci* 66 (3), 567-577

Rieder JB, König H, Rieß F, Walser M (2000) Reduzierung der Rindfleischerzeugung durch Umstellung von Acker- auf extensive Grünlandnutzung und ihre Auswirkung auf den Naturhaushalt. In: Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising (Hrsg.), *Bodenkultur und Pflanzenbau*, Sondernummer 1/00

Riediger ND, Rgia AO, Miyong Suh RD, Mohammed HM (2009) A Systemic Review of the Roles of n-3 Fatty Acids in Health and Disease. *J Am Diet Assoc* 109, 668-679

- Ristic M (1987) Genusswert von Rindfleisch. In: Rindfleisch – Schlachtkörperqualität und Fleischqualität, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), Kulmbacher Reihe, Band 7, 207-234.
- Robelin J (1986) Growth of adipose tissues in cattle; partitioning between depots, chemical composition and cellularity. A review. *Livest Prod Sci* 14, 349-364
- Ruxton CHS, Calder PC, Reed SC, Simpson MJA (2005) The impact of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids on human health. *Nutr Res Rev* 18, 113–129
- Ryan WJ (1990) Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutr Abstr Rev* 60, 653-664
- Ryan WJ, Williams IH, Moir RJ (1993) Compensatory growth in sheep and cattle. 1. Growth patterns and feed intake. *Aust J Agric Res* 44, 1609-1621
- Scharner E (1997) Begriffliches zu den Termini Fleisch und Fleischqualität. *Fleischwirtschaft* 77 (2), 140-141
- Scheeder M (2007) Untersuchungen der Fleischqualität von Bio Weide-Beef im Hinblick auf den Einfluss des Schlachalters der Tiere und im Vergleich zu High-Quality Beef. Abschlussbericht. ETH Zürich, Institut für Nutztierwissenschaften, Zugriff am 15.12.2013: (<http://orgprints.org/13129/1/scheeder-et-al-2007-BWB-Bericht-ETHZ.pdf>)
- Scheper J (1974) Merkmale der Fleischbeschaffenheit. Definitionen, Messungen, Zeitabhängigkeit und Aussage. *Fleischwirtschaft* 54, 1934-1938
- Scheper J (1982) Zusammenhänge zwischen Eigenschaften der Fleischbeschaffenheit sowie Wechselbeziehungen zwischen Quantität und Qualität. In: Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), Beiträge zum Schlachtwert von Schweinen. 145-164
- Schmitt B, Ströhle A, Watkinson BM, Hahn A (2002) Wirkstoffe funktioneller Lebensmittel in der Prävention der Arteriosklerose. Teil 2: Omega-3-Fettsäuren – Versorgungssituation und Zufuhrempfehlung. *Ernährungs-Umschau* 49 (6), 223-229

Schnäkel W, Wiegand D, Schnäkel D, Fahr RD, Knape Ch, Heckenberger G (2006a) Fleischqualität von Rindern aus extensiver Weidehaltung, 2. Technologische Aspekte und Eigenschaften. Fleischwirtschaft 2, 91-95

Schnäkel W, Schnäkel D, Fahr RD, Schmidt R, Wiegand D, Knape Ch (2006b) Fleischqualität von Rindern aus extensiver Weidehaltung 3. Fettsäurezusammensetzung des intramuskulären Fettes aus dem Musculus longissimus dorsi. Fleischwirtschaft 3, 143-147

Schöne F, Kircheim U, Kinast C, Waßmuth R, Reichardt W (2006) Qualität des Fleisches von Jungbullern 1. Physikalisch-chemische Charakteristika in Abhängigkeit von Herkunft, Teilstück und Lagerung. Fleischwirtschaft 11, 101-107

Schram LB, Nielsen CJ, Porsgaard T, Nielsen NS, Holm R, Mu H (2007) Food matrices affect the bioavailability of (n-3) polyunsaturated fatty acids in a single meal study in humans. Food Res Int 40, 1062-1068

Schubert R, Jahreis G (1999) Ernährungsphysiologisch wertbestimmende Bestandteile der Milch und deren zukünftige Nutzung. In: Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale), Wertschöpfung in der landwirtschaftlichen Primärproduktion: Wissenschaftliche Beiträge der 7. Hochschultagung, Leipzig, 16. und 17. März 1999, 103-109

Schwark HJ, Hassmann S, Kunert G (1972) Mast weiblicher Jungrinder auf unterschiedliche Endmassen - Ergebnisse und Schlussfolgerungen. Tierzucht 5, 172-174

Schwarz FJ (1997) Schlachtkörperzusammensetzung bei unterschiedlichen Mastendgewichten. 48th Annual Meeting of the European Association of Animal Production, Vienna, August 1997: Beef Production with special respect to beef quality, ISBN: 978-90-74134-44-6

Schwarz FJ (2003) Zum Einfluss der Fütterung auf die Rindfleischqualität. Züchtungskunde 75, 357-367

- Schwarz FJ (2011) Rinderfütterung. In: Roth FX, Schwarz FJ, Stangl GI (Hrsg.), 2011, Kirchgeßner-Tierernährung, 13. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 423-497
- Schwarz F, Kirchgessner M (1990) Vergleichende Untersuchungen zur Mastleistung von Jungbullern, Ochsen und Färsen der Rasse Fleckvieh. Züchtungskunde 62 (5), 384-396
- Schwarz FJ, Augustini C, Kirchgessner M (1998) Gewichtsentwicklung sowie Schlachtkörper- und Fleischqualität von Fleckvieh- und Angus x Fleckvieh-Färsen bei unterschiedlichen Fütterungsverfahren. Züchtungskunde 70, 61-74
- Schwägele F (1999) Kühlung, Kühllagerung und Fleischreifung. Chemische und physikalische Grundlagen - 2. Biochemische Vorgänge. Fleischwirtschaft 6, 103-106
- Scollan ND, Choi NJ, Kurt E, Fisher AV, Enser M, Wood JD (2001) Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. Brit J Nutr 85, 115–124
- Scollan N, Hocquette JF, Nürnberg K, Dannenberger D, Richardson I, Moloney A (2006) Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. Meat Sci 74, 17–33
- Seenger J, Ender K, Abraham C, Szücs E, Kuhn G, Nürnberg K (2005) Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung der Zartheit im Rindfleisch. Züchtungskunde 77 (2-3), 281 – 290
- Shingfield KJ, Ahvenjarvi S, Toivonen V, Arola A, Nurmela KVV, Huhtanen P, Griinari JM (2003) Effect of dietary fish oil on biohydrogenation of fatty acids and milk fatty acid content in cows. Anim Sci 77, 165-179
- Smith SB, Gill CA, Lunt DK, Brooks MA (2009) Regulation of Fat and Fatty Acid Composition in Beef Cattle Asian-Aust. J Anim Sci 22 (9), 1225 - 1233

Stangl GI (2011) Die Verdauung; Die Nährstoffe und ihr Stoffwechsel; Energiehaushalt. In: Roth FX, Schwarz FJ, Stangl GI (Hrsg.), 2011, Kirchgeßner-Tierernährung, 13. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 27-44; 71-94; 119-132; 133-162

Statistisches Bundesamt (2013a): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei: Viehbestand und tierische Erzeugung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (Hrsg.), Fachserie 3, Reihe 4

Statistisches Bundesamt (2013b): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei: Schlachtungen und Fleischerzeugung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (Hrsg.), Fachserie 3, Reihe 4.2.1

Steen RWJ, Lavery NP, Kilpatrick DJ, Porter MG (2003) Effects of pasture and high-concentrate diets on performance of beef cattle, carcass composition at equal growth rates, and the fatty acid composition of beef. N Z J Agric Res 46, 69-81

Stehle P (2006) Bedeutung von Omega-3-Fettsäuren in der Humanernährung. Vortrag beim Interdisziplinären Symposium „Omega 3 Weidemilch – Chancen und Möglichkeiten für Milch- und Rindfleischerzeugnisse vom Grünland“. 14.3.2006, Kempten

Steinwider A (2003a) Fütterungsstrategien für optimale Ergebnisse in der Kalbinnen- und Ochsenmast. Zugriff am 12.8.2012: (http://www.raumberg-gumpenstein.at/c/index2.php?no_html=1&option=com_fodok&task=download&ubl_id=241)

Steinwider A (2003b) Qualitäts- Rindermast im Grünland – Mutterkuhhaltung und Jungrinder; Ochsen-, Kalbinnen- und Bullenmast. Leopold Stocker Verlag, Graz - Stuttgart

Steinwider A, Frickh J, Luger K, Guggenberger T, Schauer A, Huber J, Gruber L (2002) Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf Futteraufnahme und Mastleistung bei Fleckvieh-Tieren. Züchtungskunde 74, 104-120

Steinwigger A, Guggenberger T, Schauer A, Römer A, Ibi G, Frickh J (2007) Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf die Mastleistung von Jungrindern aus der Mutterkuhhaltung. *Züchtungskunde* 79, 128-141

Stolowski GD, Baird BE, Miller RK, Savell JW, Sams AR, Taylor JF, Sanders JO, Smith SB (2006) Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Sci* 73, 475-483

Strachan DB, Yang A, Dillon RD (1993) Effect of grain feeding on fat colour and other carcass characteristics in previously grass-fed *Bos indicus* steers. *Aust J Exp Agr* 33, 269-273

Stüber J (2000) Die Anwendung der Elektrobetäubung bei der rituellen Schlachtung des Rindes: Untersuchungen zu Ausblutungsgrad, pH-Wert-Entwicklung und Schaden am Schlachttierkörper. Diss. Vet. med., Universität Leipzig

Temisan V, Augustini C (1987) Wege zur Erzeugung von Qualitätsrindfleisch. In: Institut für Fleischerzeugung und Vermarktung, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.), Rindfleisch -Schlachtkörperwert und Fleischqualität. Kulmbacher Reihe, Band 7, 299-334

Temisan V, Augustini C (1989a) Qualitätsrindfleisch - Definition, Standardisierung, Wege zur Erzeugung. 1. Definition, wertbestimmende Faktoren, Standardisierung. *Fleischwirtschaft* 69, 31-37

Temisan V, Augustini C (1989b) Qualitätsrindfleisch - Definition, Standardisierung, Wege zur Erzeugung, 2. Wege zur Erzeugung von Qualitätsrindfleisch. *Fleischwirtschaft* 69, 552 - 556

Thomet P, Hadorn M, Troxler J (2000) Leistungsvergleich zwischen Kurzrasen- und Umtriebsweide mit Ochsen. *Agrarforschung* 7 (10), 472-477

Truitt A, McNeill G, Vanderhoek JY (1999) Antiplatelet effects of conjugated linoleic acid isomers. *Biochim Biophys Acta, Molecular and Cell Biology of Lipids* 1438, 239-246

Turton JD (1962) The effect of castration on Meat production and quality in cattle, sheep and pigs. *Anim Breed Abstr* 30, 447

Urlick J, Flower AE, Willson FS, Shelby CE (1957) A Genetic Study in Steer Progeny Groups during successive growth Periods. *J Anim Sci* 16 (1), 217-223

Velik M (2008) Fleischqualität beim Rind – Merkmale und Einflussfaktoren. 35. Viehwirtschaftliche Tagung 2008, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein, 115-119 Zugriff am 20.09.2012: ([http://www.raumberg-gumpenstein.at/c/index.php?option=com_fodok&Itemid=100033&task=detail&filter_publnr\[\]=4697](http://www.raumberg-gumpenstein.at/c/index.php?option=com_fodok&Itemid=100033&task=detail&filter_publnr[]=4697))

Velik M, Steinwider A, Frickh J, Ibi G, Kolbe-Römer A (2008) Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf die Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern aus der Mutterkuhhaltung. *Züchtungskunde* 80 (5), 378-388

Velik M, Gangnat I, Friedrich E-M, Kitzer R, Häusler J (2010a) Ergebnisse zur Rindfleischproduktion auf der Weide – Kalbin, Ochse, Jungrind. In: Lfz Raumberg Gumpenstein (Hrsg.), Weidehaltung im alpinen Raum, Fachtagung für Biologische Landwirtschaft am 10. November 2010, 45-50. Zugriff am 14.9.2012: (http://www.raumberg-gumpenstein.at/c/index.php?no_html=1&Itemid=100033&option=com_fodok&task=download&publ_id=8322)

Voet D, Voet JG (1994) *Biochemie*. Übersetzung Maelicke A (Hrsg.), Müller-Esterl W (Hrsg.), 1. korrigierter Nachdruck der 1. Auflage, VCH-Verlag, Weinheim, New York, Basel

Vögtlin J, Wippel B, Weiß D (2009) Das Potenzial von Ochsen in Extensivweidesystemen – Eine Nutzungsvariante zur Erhaltung artenreichen Grünlandes. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 41. Jahrgang, 205-208

Wachira AM, Sinclair LA, Wilkinson RG, Hallett K, Enser M, Wood JD (2000) Rumen biohydrogenation of n-3 polyunsaturated fatty acids and their effects on microbial efficiency and nutrient digestibility in sheep. *J Agric Sci* 135, 419-428

Wagner KH (2006) Eine besondere Art von Fettsäuren. Biologische Wirksamkeit von Konjugierten Linolsäuren. Zugriff am 16.11.2012: (<http://www.suessefacts.de/download/wpd0402.pdf>)

Walker PJ, Warner RD, Winfield CG (1990) Sources of variation in subcutaneous fat colour of beef carcasses. *Proc Aust Soc Anim Prod* 18, 416–419

Waßmuth R, Pabst W (2013) Zucht des Rindes. In: Weiß J, Pabst W, Granz S (Hrsg.), *Tierproduktion*. 14., vollständig überarbeitete Auflage, Enke Verlag, Stuttgart

Weidinger F, Drexel H, Nesser HJ, Podczeck-Schweighofer A, Silberbauer K, Weber H, Glogar HD (2005) Omega-3-Fettsäuren in der Prävention nach Myokardinfarkt. Konsensuspapier Supplementum. *Österreichische Ärzte Zeitung* Nr. 11/ 10. Juni 2005, Zugriff am 08.08.2012: (http://www.akhconsilium.at/produkteseiten/infos/solvay_omacor_supplementum.pdf)

Weindl P, Bellof G (2013) Vergleich von ME-Aufnahme und ME-Bedarf von Mastochsen der Rassen Deutsche Holstein und Deutsches Fleckvieh bei unterschiedlichen Weidesystemen. In: Fahn C, Windisch W, Freising (Hrsg.), 51. Jahrestagung Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung, Tagungsband, Freising, Selbstverlag: BAT e.V., ISBN 978 3981311601

Weindl P, Bellof G, Schmidt E (2013) Vergleichende Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit einer ganzjährigen Freilandhaltung gegenüber einer Winter-Stallhaltung von Mastochsen verschiedener Rassen unter Berücksichtigung einer grünlandbasierten Fütterung. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Speyer (Hrsg.), VDLUFA-Verlag, Darmstadt, VDLUFA-Schriftenreihe Band 69, Kongressband 2013 Berlin

Weindl P, Luderschmid C, Bellof G (2012): Vergleichende Untersuchungen zum Nährstoffgehalt und Futterwert von Aufwüchsen der Kurzrasenweide und der Umtriebsweide. In: Fahn C, Windisch W, Freising (Hrsg.), 50. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung, Tagungsband, Freising, Selbstverlag: BAT e.V., ISBN 978-3-00-039148-4

- Weindlmaier H, Fallscheer T, Dustmann H (2001) Dem Trend auf der Spur – Weiße Linie: Perspektiven und Erfolgspotentiale - Teil 1. Milch-Marketing, 18. Jahrgang, Heft 10, 66-71
- Weindlmaier H, Dustmann H (2006) Functional Food: Ein Marktsegment der Zukunft? Deutsche Molkerei Zeitung 13, 20-24
- Weiß D (2005) Bedeutung der Fettsäurezusammensetzung von Milch und Rindfleisch für die menschliche Ernährung – Einflussmöglichkeiten durch die Fütterung. Literaturübersicht im Rahmen des Projektes Omega 3 Herzmilch. Zugriff am 09.10.2012: <http://www.chiemgau-innsalzach.de/upload/pdf/projekte/omega3/Fettsaurezusammensetzung.pdf>
- Welch AA, Shakya-Shrestha S, Lentjes MAH, Wareham NJ, Khaw KT (2010) Dietary intake and status of n-3 polyunsaturated fatty acids in a population of fish-eating and non-fish-eating meat-eaters, vegetarians and vegans and the precursor-product ratio of -linolenic acid to long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids: Results from the EPIC-Norfolk cohort. *Am J Clin Nutr* 92, 1040–1051
- Wendt M, Bickhardt K, Herzog A, Fischer A, Martens H, Richter T (2000) Belastungsmiopathie des Schweines und PSE-Fleisch: Klinik, Pathogenese, Ätiologie und tierschutzrechtliche Aspekte. *Berl Münch Tierärztl* 113 (5), 173-190
- Wheeler TL, Shackelford SD, Koohmaraie M (2007) Beef longissimus slice shear force measurement among steak locations and institution. *J Anim Sci* 85, 2283–2289
- Wills JM, Storcksdieck S, Kolka M, Grunert KG (2012) European consumers and health claims: attitudes, understanding and purchasing behaviour. *Proc Nutr Soc* 71, 229-236 DOI:10.1017/S0029665112000043
- Wood JD, Fisher AV (1997) Carcass and meat quality: definitions and measurements. In: *Effects of Extensification on Animal Performance, Carcass composition and Product Quality*. Occasional Publication no.4 of concerted action AIR3-CT93-0947, Melle-Gontrode, Belgium, 30-38

Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM (2008) Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci* 78, 343–358

Yarrow NH, Penning PD, Johnson RH (1996) The effect of plane of winter nutrition and sward height on the performance of steers grazing grass/white clover swards. *Grass Forage Sci* 51, 424-433

8 DANKSAGUNG

Zuallererst möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Gerhard Bellof für die Überlassung des Themas, die intensive und zuverlässige Betreuung und die jederzeit hilfsbereite Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken.

Des Weiteren möchte ich mich recht herzlich bei Frau Prof. Dr. Ellen Kienzle für die großzügige Annahme dieser Arbeit, die umfangreiche Beratung und Unterstützung bedanken.

Ein besonderer Dank gilt auch den Mitarbeitern der Fachgebiete Tierernährung und Tierzucht der Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf: Herrn Prof. Dr. Eggert Schmidt, Herrn Peter Weindl und Frau Dr. Salome Carrasco, die mir jederzeit mit Rat und Tat außerordentlich behilflich waren.

Den Mitarbeitern des Schlachthofs und des Labors der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Poing-Grub, die mich bei der Probennahme und den Laboranalysen in hervorragender Weise unterstützt haben, sei an dieser Stelle ebenfalls recht herzlich gedankt. Mein besonderer Dank gilt dabei Herrn Max Pickl vom Institut für Tierzucht und Frau Sabine Oppelt vom Zentrallabor.

Für die gute Zusammenarbeit und die tatkräftige Unterstützung bei der Fettsäurenanalyse möchte ich mich bei Frau Dr. Hermine Kienberger mit Team von der ZIEL Bioanalytik der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan bedanken.

All meinen Freunden und Mitdoktoranden sei an dieser Stelle herzlich für die aufmunternden Worte, die Hilfsbereitschaft und für die kleinen Ablenkungen des Doktorandenalltags gedankt.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern, die mir dieses Studium ermöglicht haben und die mich - zusammen mit meinen drei wunderbaren Schwestern - zu jeder Zeit unterstützt haben und mir in all der Zeit so unendlich viel Rückhalt, Kraft und Zuversicht geschenkt haben.

Und nicht zuletzt sei all denjenigen, die ich an dieser Stelle aufzuführen vergessen habe, für ihre Nachsicht gedankt. Glaubt mir, ohne euch alle wäre diese Arbeit nicht entstanden. Herzlichen Dank!

