

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik
(Direktor: Prof. Dr. habil. Dr. h.c. G. v. Lengerken)

der

Landwirtschaftlichen Fakultät

(Dekan: Prof. Dr. habil. W. Diepenbrock)

der

Martin-Luther-Universität

Halle-Wittenberg



**„Variation von anatomisch-physiologischen Merkmalen sowie
Merkmalen der Fleischqualität im *M. longissimus thoracis et lumborum*
des Schweines unter besonderer Berücksichtigung des intramuskulären
Fettgehaltes“**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor agriculturarum (Dr. agr.)

vorgelegt von
Diplomagraringenieur
Katy Heylen

geb. am 27.02.1969
in Merseburg

Gutachter: Prof. Dr. habil. Dr. h.c. G. v. Lengerken
Prof. Dr. habil. K. Eder
Prof. Dr. habil. K. Eder

Verteidigung am: 14.06.1999

Halle/Saale 1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der Abkürzungen	
1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht	3
2.1 Einführung	3
2.2 Zusammenhänge zwischen intramuskulärem Fettgehalt und Merkmalen der Fleischqualität	3
2.3 Intermuskuläre Unterschiede in anatomisch-physiologischen Merkmalen sowie in Merkmalen der Fleischqualität	12
2.4 Intramuskuläre Unterschiede in anatomisch-physiologischen Merkmalen sowie in Merkmalen der Fleischqualität im <i>M. longissimus thoracis et lumborum</i>	19
3 Zielstellung für die eigene Untersuchung	25
4 Material und Methoden	26
4.1 Intramuskulärer Fettgehalt sowie weitere Merkmale der Fleischqualität im <i>M. longissimus thoracis et lumborum</i>	26
4.1.1 Tiermaterial	26
4.1.2 Methoden	26
4.1.3 Statistische Auswertung	28
4.2 Anatomisch-physiologische Merkmale sowie Merkmale der Fleischqualität	30
4.2.1 Tiermaterial	30
4.2.2 Methoden	31
4.2.3 Statistische Auswertung	32
5 Ergebnisse	37
5.1 Intramuskulärer Fettgehalt sowie weitere Merkmale der Fleischqualität im <i>M. longissimus thoracis et lumborum</i>	37
5.1.1 Variation der erfaßten Merkmale	37
5.1.2 Beziehungen zwischen den untersuchten Merkmalen und dem intramuskulären Fettgehalt	42
5.1.3 Ermittlung der repräsentativen Meßstelle für den durchschnittlichen intramuskulären Fettgehalt	43
5.1.4 Ermittlung des „optimalen“ intramuskulären Fettgehaltes	45
5.2 Anatomisch-physiologische Merkmale sowie Merkmale der Fleischqualität	48
5.2.1 Intramuskulärer Fettgehalt und Ermittlung der repräsentativen Meßstelle für den durchschnittlichen Gehalt im Muskel	48

5.2.2	Fettsäurezusammensetzung und Bestimmung der repräsentativen Meßstelle im Muskel	54
5.2.3	Muskelstrukturmerkmale	55
5.2.4	Fleischbeschaffenheitsmerkmale	56
5.3	Zusammenhang zwischen dem intramuskulären Fettgehalt und den erfaßten Merkmalen	56
5.4	Fleischqualität des <i>M. longissimus thoracis et lumborum</i>	60
6	Diskussion der Ergebnisse	62
6.1	Kritische Betrachtung der gemessenen IMF-Gehalte	62
6.2	Variation der erfaßten Merkmale im <i>M. longissimus thoracis et lumborum</i>	63
6.3	Zusammenhang zwischen intramuskulärem Fettgehalt und anatomisch-physiologischen Merkmalen sowie Merkmalen der Fleischqualität	74
6.4	Zur Bestimmung des „optimalen“ IMF-Gehaltes	85
6.5	Zur Festlegung der repräsentativen Meßstelle für den intramuskulären Fettgehalt und die Fleischqualität im <i>M. longissimus thoracis et lumborum</i>	87
7	Schlußfolgerungen	92
8	Zusammenfassung	95
9	Summary	98
10	Literaturverzeichnis	101
11	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	124
	Anhang	A-1

Verzeichnis der Abkürzungen

Allgemeines

BW	Brustwirbel
LD	<i>M. longissimus thoracis et lumborum</i>
LW	Lendenwirbel
NIT	Nahe-Infrarot-Transmissions-Messung
Pkt.	Punkte
p.m.	post mortem

Genotyp

DE	Deutsches Edelschwein
NN	MHS-homozygot negativ
Nn	MHS-heterozygot
nn	MHS-homozygot positiv
(PixSF)xSF	(Pietrain x Schwerfurter Fleischrasse) x Schwerfurter Fleischrasse
PixSF	Pietrain x Schwerfurter Fleischrasse
(PixSF) x (PixSF)	(Pietrain x Schwerfurter Fleischrasse) x (Pietrain x Schwerfurter Fleischrasse)
Pix(PixSF)	Pietrain x (Pietrain x Schwerfurter Fleischrasse)
Pix(DExDL)	Pietrain x (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse)
SF	Schwerfurter Fleischrasse

Schlachtleistungsmerkmale

FM	Fleischmaß (FOM-Gerät)
IMF	intramuskulärer Fettgehalt
MFA	Muskelfleischanteil (FOM-Gerät)
SKGw	Schlachtkörpergewicht warm
SM	Speckmaß (FOM-Gerät)

Fleischbeschaffenheitsmerkmale

Farbe ₁	frühpostmortale Fleischfarbe (45 bis 120 min p.m.)
Farbe ₂	spätpostmortale Fleischfarbe (≥ 24 h p.m.)
L*	Farbhelligkeitswert (Minolta)
LF ₁	frühpostmortale Leitfähigkeit (45 bis 120 min p.m.)
LF ₂	spätpostmortale Leitfähigkeit (≥ 24 h p.m.)
LF ₁₂₀	Leitfähigkeitswert 120 min p.m.
LF ₂₄	Leitfähigkeitswert 24 h p.m.
pH ₁	frühpostmortaler pH-Wert
pH ₂	spätpostmortaler pH-Wert
pH ₁₂₀	pH-Wert 120 min p.m.
pH ₂₄	pH-Wert 24 h p.m.
RW	Reflexionswert
WBV	Wasserbindungsvermögen

Muskelstrukturmerkmale

FTO	FTO-Fasern = „fast twitch oxidative“
FTG	FTG-Fasern = „fast twitch glycolytic“
GES	Mittelwert aller Fasern
MFGA	Muskelfasergesamtanzahl im Muskelquerschnitt
STO	STO-Fasern = „slow twitch oxidative“
∅	Durchmesser

Fettsäuren

C 14:0	Myristinsäure
C 16:0	Palmitinsäure
C 16:1	Palmitolensäure
C 18:0	Stearinsäure
C 18:1	Ölsäure
C 18:2	Linolsäure
C 18:3	Linolensäure
MUFA	Summe der einfach ungesättigten Fettsäuren = „monounsaturated fatty acids“
PUFA	Summe der mehrfach ungesättigten Fettsäuren = „polyunsaturated fatty acids“
SFA	Summe der gesättigten Fettsäuren = „saturated fatty acids“

Statistische Bezeichnungen

LSQ	Least Square Means
n	Anzahl
r_g	linearer genetischer Korrelationskoeffizient
r_p	linearer phänotypischer Korrelationskoeffizient
R^2	Bestimmtheitsmaß
s	Standardabweichung
s_E	Standardfehler des Mittelwertes
\bar{x}	Rohmittelwert
<i>Signifikanzniveau</i>	
*	signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$
n.s.	nicht signifikant mit $p \geq 0,05$

1 Einleitung

Das gegenwärtige Bezahlungssystem für Schlachtschweine basiert auf der Bewertung von Muskelfleischanteil (MFA) und Schlachtgewicht, Fleischbeschaffensparameter werden nur in speziellen Qualitätsprogrammen berücksichtigt. Die aus ökonomischen Gesichtspunkten resultierende Zuchtzielsetzung auf ein hohes Muskelbildungsvermögen geht mit einer zunehmenden Funktionsschwäche verschiedener Organsysteme besonders der Muskulatur einher (LENGERKEN *et al.*, 1997). Durch die hohe Gewichtung auf den Fleischanteil kommt es aber auch zu einer Minderung der Produktqualität, die sich u.a. in einer Verschlechterung der Fleischbeschaffenheit, einer Verringerung des intramuskulären Fett-Gehaltes (IMF) und des allgemeinen Genußwertes widerspiegelt. Durch die indirekte Selektion auf verbesserte Fleischbeschaffenheit über Merkmale der Streßanfälligkeit sind MHS-Genträger in den heutigen Muttertierpopulationen weitgehend und bei Vaterlinien ansatzweise ausgemerzt. Fleischqualitätsmängel im Sinne eines verminderten Genußwertes sind jedoch nicht allein durch eine Verbesserung der Fleischbeschaffenheit, die in der Selektion in der Regel über pH-Wert, Leitfähigkeit (LF) und eventuell Fleischfarbe (L*) oder Fleischbeschaffenszahl erfaßt wird, zu beseitigen. Für künftige Strategien ist die Einbeziehung weiterer anatomisch-physiologischer Parameter von Interesse. Dabei wird neben der möglichen Selektion nach Muskelstrukturmerkmalen dem IMF-Gehalt, dem eine positive Beeinflussung der Verzehrsqualität zugeschrieben wird (Tabelle A 1), zunehmend Bedeutung beigemessen.

Im Gegensatz zu einigen Ländern wie der Schweiz und Dänemark, in denen der IMF-Gehalt bereits im Zuchtziel festgeschrieben ist, gibt es in Deutschland bisher wenige Ansätze zur Berücksichtigung dieses Merkmals in Zucht und monetärer Bewertung. Dabei formulierten z.B. die Zuchtkommissionen der Länder Sachsen-Anhalt, Thüringen, Berlin-Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern rassespezifische IMF-Gehalte als verbales Zuchtziel, die allerdings nicht im Selektionsindex verankert wurden. Weiterhin werden im Rahmen verschiedener Markenfleischprogramme sowie des CMA-Gütesiegels Mindest-IMF-Gehalte gefordert.

Voraussetzungen für eine erfolgreiche züchterische Bearbeitung des IMF-Gehaltes sind ein ausreichender Erblichkeitsgrad und genetische Variabilität, seine wirtschaftliche Bedeutung, die Beziehungen zu anderen wirtschaftlich maßgeblichen Merkmalen (BRANDT, 1996) und eine ausreichend genaue Erfassungsmethode. Für den IMF-Gehalt werden populationsspezifisch mittlere bis hohe Heritabilitäten (DUNIEC *et al.*, 1961; SCHWÖRER *et al.*, 1987; SCHWERDTFEGER *et al.*, 1990; CAMERON und ENSER, 1991; LO *et al.*, 1992; DEVRIES *et al.*, 1994; KNAPP *et al.*, 1995; HOFER und SCHWÖRER, 1995; LARZUL *et al.*, 1997) aber bei den in Deutschland kommerziell genutzten Populationen eine sehr geringe züchterisch nutzbare Variabilität gefunden. Bisher bestehen starke Vorbehalte für eine direkte Integration des IMF-Gehaltes in Selektionsentscheidungen, da Zuchtprogramme im Allgemeinen auf eine Erhöhung des Muskelfleischanteils und eine Verringerung des Futteraufwands ausgerichtet sind, die in antagonistischer Beziehung zum IMF-Gehalt stehen (MÜLLER *et al.*, 1996). Unter den derzeitigen deutschen Marktverhältnissen und ökonomischer Merkmalswichtung müßte selbst bei einer geringen Verbesserung des IMF-Gehaltes auf einen Zuchtfortschritt im Fleischanteil verzichtet werden (BRANDT, 1996). Zur Zeit wird aber weder die Verbesserung der Fleischbeschaffenheit über Verwendung streßstabiler Linien, die gegenüber heterozygoten MHS-Genträgern noch Defizite im MFA aufweisen (GLODEK, 1996;

PAULUS *et al.*, 1998; BIEDERMANN *et al.*, 1998), noch eine Erhöhung des IMF-Gehaltes monetär honoriert. Nach Angaben des Schweinezucht- und Produktionsverbandes Thüringen muß die ökonomische Wichtung des IMF-Gehaltes bei Einbeziehung in den Gesamtzuchtwert 30,00 DM/Prozentpunkt betragen um einen positiven Selektionserfolg pro Generation zu realisieren (MÜLLER *et al.*, 1996). Allein um das derzeitige Niveau zu halten müßte das ökonomische Gewicht bei Indexselektion bei 10,00 DM/Prozentpunkt liegen (KRIETER, 1994). Die heutigen Marktanforderungen zeigen allerdings immer mehr eine Tendenz zu einem erwünschtem Fleischanteil von 55 bis 58 % bei bestimmter Fleischqualität (LENGERKEN und WICKE, 1997), die als Fleisch ohne Beschaffenheitsmängel und garantiertem IMF-Mindestgehalt definiert sein könnte. Auch eine hinzukommende Diskussion über ethische Aspekte der Tierzucht hinsichtlich der sogenannten „Qualzucht“ und Verbraucherwünsche nach Fleisch mit besserem Genußwert führen zunehmend zu Qualitätskonzepten, die eine definierte Fleischqualität garantieren sollen.

Die Einbeziehung des IMF in die Qualitätsbeurteilung und Selektion setzt eine sichere Erfassung des Merkmals voraus. Als Problem erweist sich, daß der IMF-Gehalt sowohl zwischen verschiedenen Muskeln des Schlachtkörpers (BEECHER *et al.*, 1965; LESEIGNEUR und GANDEMER, 1991; FISCHER, 1996) als auch innerhalb des üblicherweise als Referenzmuskel beprobten *M. longissimus thoracis et lumborum* (LD) (TOPEL *et al.*, 1966; EDWARDS *et al.*, 1992; FISCHER, 1996) deutlich variiert. Dabei stehen die Fettgehalte der einzelnen Muskeln nur in loser bis mittelstraffer Beziehung zueinander (DAVIES und PRYOR, 1976; FISCHER, 1992). Dieser Sachverhalt erschwert nicht nur die technische Erfassung des IMF-Gehaltes sondern ruft auch die Frage nach sinnvollen Meßstellen hervor. Kenntnisse der topographischen Verteilung des IMF sind daher eine wesentliche Voraussetzung für die Merkmalsbewertung. Mit der vorliegenden Untersuchung soll die Variation fleischqualitätssprängender Merkmale im LD, mit besonderem Augenmerk auf den IMF-Gehalt und dessen Zusammenhänge zu bereits realisierten oder in Diskussion befindlichen Selektionskriterien für Fleischqualität untersucht werden. Ableitend hiervon sollen Empfehlungen für eine Erfassung des IMF-Gehaltes in Selektion und monetärer Bewertung erarbeitet werden.

Nach FISCHER (1992) besteht möglicherweise ein ursächlicher Zusammenhang zwischen der Inhomogenität im IMF-Gehalt und Unterschieden in der Gewebestruktur des Muskels. Der wissenschaftliche Nachweis dieser Hypothese steht jedoch noch aus, und soll ein weiteres Ziel der Untersuchung sein.

2 Literaturübersicht

2.1 Einführung

Nachdem sich die Diskussion über eine Verbesserung der Fleischqualität in den letzten Jahrzehnten vornehmlich mit der Vermeidung der Qualitätsmängel PSE- und DFD-Fleisch beschäftigte, wird seit einiger Zeit auch über die Berücksichtigung des IMF in Selektion und monetärer Bewertung nachgedacht. Dabei ist aus Sicht der Fleischqualität primär dessen Einfluß auf den Ernährungs- und Genußwert des Fleisches von Bedeutung. Daneben hat das Fett sowohl strukturelle als auch funktionale Aufgaben im Muskel. Als Hauptbestandteile des Muskels unterscheiden sich dessen Muskelfasern charakteristisch in ihrem Fettgehalt wobei der glykolytische Fasertyp den geringsten Gehalt an intrazellulären Lipiden besitzt (ESSEN-GUSTAVSSON *et al.*, 1994). Die züchterische Erhöhung des Fleischansatzes bei den heutigen Gebrauchskreuzungen führt zu einer deutlichen Erhöhung im Anteil FTG-Fasern und einer Zunahme der Faserdurchmesser, wiederum vorwiegend beim glykolytischen Fasertyp (WEGNER und ENDER, 1990). Mit dem Anstieg im MFA nimmt zugleich auch der Anteil extrazellulärer Lipide und damit der Gesamt-IMF-Gehalt ab (GLODEK *et al.*, 1993; WICKE *et al.*, 1994; KALLWEIT *et al.*, 1996). Nach LENGERKEN *et al.* (1994) ist die Fleischqualität gerade bei Probanden mit einem hohen Anteil FTG-Fasern häufiger beeinträchtigt. Somit sind auch Zusammenhänge zwischen dem Fettgehalt und Merkmalen der Muskelstruktur und der Fleischbeschaffenheit von weiterführendem Interesse. Der erste Teil der nachfolgenden Literaturübersicht gibt daher einen Überblick über bisher bekannte biophysikalisch oder biochemisch bedingte Zusammenhänge zwischen IMF und den sensorisch erfaßbaren Eigenschaften des Fleisches sowie den üblicherweise verwendeten Merkmalen zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit. Im zweiten Abschnitt wird die inter- und intramuskuläre Variation ausgewählter Muskelmerkmale und Fleischeigenschaften dargestellt.

2.2 Zusammenhänge zwischen intramuskulärem Fettgehalt und Merkmalen der Fleischqualität

IMF-Gehalt und sensorische Bewertung

Zusammenhänge zwischen Fettgehalt im Muskel und sensorischen Eigenschaften des Fleisches werden seit langem untersucht, trotzdem sind die komplexen physiologischen Beziehungen nicht eindeutig geklärt. Die mittlerweile zahlreichen Studien zum derzeitigen IMF-Gehalt einzelner Genotypen, aber auch Aussagen zur sensorischen Qualität des *LD* kommen z.T. zu unterschiedlichen Ergebnissen. Tabelle A 1 zeigt eine Zusammenstellung ermittelter Korrelationen zwischen IMF-Gehalt und sensorisch relevanten Merkmalen aus verschiedenen Quellen. Trotz einer breiten Variation in den Angaben sind überwiegend nur schwache bis mittlere, positive bzw. inkonsistente Zusammenhänge ohne eindeutige Tendenz zu Gunsten eines Merkmals belegt. In Ausnahmefällen werden aber auch Beziehungen bis $r_p = .9$ nachgewiesen. ESSEN-GUSTAVSSON *et al.* (1994) finden bei weitgehendem Ausschluß des extrazellulären IMF Korrelationen zwischen intrazellulär ge-

speicherten Triglyzeriden (0,25 bis 0,42 %) und der Scherkraft ($r_p = -.47$), die denen bei Verwendung des Gesamt-IMF-Gehaltes vergleichbar sind ($r_p = -.42$). Nach HOSHINO *et al.* (1990) beeinflusst besonders das intrazelluläre Fett die Fleischqualität positiv.

Der Genußwertes des Fleisches wird subjektiv über Aussehen (Farbe, Form, Marmorierung), Aroma (Geruch, Geschmack), Saftigkeit und Textur (Konsistenz, Mürbheit, Struktur, Gleitfähigkeit) erfaßt (HOFMANN, 1987). Sensorische Tests mit geschulten Panels oder Laien beschränken sich üblicherweise auf die Erfassung der Merkmale Saftigkeit, Zartheit, Aroma/Geschmack und z.T. Gesamteindruck.

Die als **Zartheit** erfaßte Eigenschaft ist ein kompliziertes Zusammenwirken mehrerer Faktoren, welche wesentlich durch Bindegewebe (Verteilung, Dicke, Straffheit, chemisch/physikalischer Zustand, Löslichkeit), Muskelfasern (Dicke, chemisch/physikalischer Zustand) (SCHEPER, 1962), Fettgewebe sowie über Merkmale der Fleischbeschaffenheit und die Möglichkeit ihrer Beeinflussung vor der Schlachtung bestimmt wird (AUGUSTINI und TEMISAN, 1986). Der allgemein vermutete Zusammenhang zwischen dem IMF und den Texturmerkmalen ist vermutlich zum großen Teil auf die Wechselwirkung mit dem Kollagen-Gehalt zurückzuführen (SCHEEDER, 1992). Die Akkumulation von Fettzellen und damit die Bildung von Fettgewebe führt zu einer Verdrängung des Bindegewebes bzw. der fibrillären Elemente (VANLAAK und SMULDERS, 1990). NISHIMURA *et al.* (1996) finden im Zusammenhang mit dem Auftreten großer Fettzellen Risse im Perimysium des Muskelgewebes. Fetteinlagerungen zwischen den Muskelfaserbündeln bewirken eine weniger feste Struktur, so daß diese während des Kauens leichter getrennt werden kann (WOOD, 1993). BLUMER (1963) postuliert weiter einen möglichen Effekt über die Gleitmittelfunktion des Fettes beim Abschlucken des Fleisches. Es wird vermutet, daß sowohl die subkutane Fettauflage als auch das intramuskulär gespeicherte Fett die Muskelfasern vor einer rapiden Abkühlung bewahrt (CROSS *et al.*, 1972; SMITH *et al.*, 1976). Dieser Zusammenhang würde auch die allgemeine Auffassung eines zarteren Fleisches bei stark verfetteten Schlachtkörpern mit einer entsprechend langsameren Kühlrate bestätigen (DIKEMAN, 1987). Nach Auffassung von MARSH *et al.* (1981) sind Zartheitsunterschiede zwischen Rindersteaks mit variierendem IMF-Gehalt nicht auf das Fett an sich, sondern auf frühpostmortale Temperaturdifferenzen, d.h. eine langsamere Abkühlung des Schlachtkörpers und damit verbundene Bedingungen für glykolytische und proteolytische Prozesse im Muskel zurückzuführen. Möglicherweise ist ein Enzymsystem im neutralen pH-Bereich und Temperaturen um 37°C für das Zartwerden verantwortlich. Wie Untersuchungen von SMITH und CARPENTER (1974) an Rindfleisch zeigen, bildet das IMF (Marmorierung) wahrscheinlich auch einen Schutz gegen zu hohe Temperaturen und zu lange Kochzeiten, eine Vermutung, die durch PARRISH *et al.* (1973) und RYMILL *et al.* (1997) allerdings nicht bestätigt werden kann. In Steaks mit höheren IMF-Gehalten bzw. Marmorierung verkürzt sich aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit die notwendige Kochzeit bis zum Erreichen einer bestimmten Kerntemperatur (IRTIMER *et al.*, 1967; CROSS, 1977). In praxi werden bei der Zubereitung jedoch gewöhnlich keine Unterschiede zwischen Fleisch mit unterschiedlichen Fettgehalten gemacht. Es ist daher zu vermuten, daß besser marmorierte Fleischproben zu lange erhitzt werden und die positive Wirkung des IMF damit verlorenght.

Die mit dem Zartwerden des Fleisches verflochtene Hydrolyse des Kollagens ist in Muskelbereichen mit gleichmäßig verteilten Fettdepots am höchsten. Aufgrund seiner hohen Wärme-

kapazität scheint das Fett einen positiven Einfluß auf den Abbau des in der Nähe gelagerten Kollagens zu besitzen (WANG *et al.*, 1954). Mit zunehmendem Fettflächenanteil und -anzahl wird deren Verteilung im Muskel gleichmäßiger, was die allgemeine Auffassung von einer Verbesserung der sensorischen Eigenschaften bei steigenden Fettgehalten untersetzt (ALBRECHT, 1997). Möglicherweise sind auch rassespezifische Unterschiede in der Verteilung der Fettzellen zwischen Peri- und Endomysium für die Ausprägung sensorischer Eigenschaften von Bedeutung (SUZUKI *et al.*, 1991). Auch in Bezug auf den Anteil Bindegewebe, hängt die Zartheit des Fleisches nicht nur von der Menge sondern gleichermaßen von dessen qualitativer Verteilung ab (HAMM, 1972; TERZIS, 1977). Zudem scheinen die Faktoren IMF, Bündelstruktur und das proteolytische Enzymsystem offenbar einen rassespezifischen Einfluß auf die Zartheit zu besitzen. Bei Vergleichen an Rinderrassen wird nachgewiesen, daß der IMF-Gehalt bei Doppellendern nur in geringem Maße zur Ausprägung der Zartheit beiträgt, während der niedrige Bindegewebegehalt ausgleichend positiv wirkt (ALBRECHT, 1997).

Biophysikalisch entscheidet das **Wasserbindungsvermögen** (WBV) über die **Saftigkeit** (HONIKEL, 1986). Aber auch Fett kann den Eindruck von Feuchtigkeit vermitteln, wobei der eine den andern Faktor durchaus ersetzen kann. Die wesentlichen Zusammenhänge zwischen WBV und dem Gehalt an IMF werden an anderer Stelle dargestellt.

Die Saftigkeit beinhaltet strenggenommen eine quantitative und eine qualitative Komponente. Dabei ist es in der sensorischen Prüfung kaum möglich die Qualität der Saftigkeit von der Bewertung des Aromas sauber zu trennen, da Aromastoffe sowohl in den flüssigen als auch in den festen Bestandteilen des Gewebes zu finden sind (BLUMER, 1963). Der anscheinend wesentliche Einfluß des IMF für den Eindruck der Saftigkeit besteht darin, daß sich geschmolzenes Fett beim Garen entlang des perimysialen Bindegewebes gleichmäßig verteilt und somit ein Hindernis für den Feuchtigkeitsverlust im Muskel entsteht (JUDGE *et al.*, 1989). Zum anderen stimuliert Fett möglicherweise den Speichelfluß und könnte demzufolge das Saftigkeitsempfinden steigern (BLUMER, 1963).

Die chemischen Prozesse bei Entstehung des **Aromas** sind sehr vielschichtig. Bisher wurden etwa 800 Substanzen entdeckt, die im Fleisch vorhanden sind und/oder beim Erhitzen aktiviert werden. Darunter entstehen etwa 20 Verbindungen beim Verarbeitungsprozeß, die sich durch hohe Aromawerte von den zahllosen flüchtigen Verbindungen abheben und somit das Aroma verursachen (GROSCH, 1996). Neben einer Vielzahl wasserlöslicher Verbindungen bilden die Fettsäuren sowie deren Vorläufer eine wichtige Gruppe von Aromakomponenten (WAGNER, 1987). Prinzipiell verläuft die Aromabildung über Oxidation ungesättigter Fettsäuren und deren Weiterentwicklung auf hauptsächlich mikrobiellem Wege zu aromabeeinflussenden niedermolekularen Carbonylverbindungen, Fettsäuren und weiteren flüchtigen Zerfallsprodukten (MOTTRAM *et al.*, 1982), über die Verbindungen zwischen Fett und anderen Bestandteilen des Fleisches und über die Depotwirkung von fettlöslichen Geschmacksstoffen (DAHL, 1970). Für die Ausprägung des Aromas sind Phospholipide von besonderer Bedeutung, da diese mit einem hohem Anteil ungesättigter und verzweigt-kettiger Fettsäuren reaktive Verbindungen bereitstellen, welche sich zu aromatischen Substanzen mit geringer Aromaschwelle entwickeln können (BLUNK, 1990;

LARICK und TURNER, 1990; BLUNK *et al.*, 1992). Bei der Oxidation von Fetten werden aber auch geschmacklich nachteilige Aldehyde und Ketone gebildet. Durch Hydrolyse gespaltene Lipide weisen einen seifigen Geschmack auf, der aufgrund sehr langsamer Abläufe in Fleischerzeugnissen sensorisch aber kaum in Erscheinung tritt (POTTHAST, 1981). Fette erweisen sich zum anderen auch als gute Lösungsmittel für eine Reihe von Geschmacksstoffen, die während der Reifung entstehen oder Gewürzzusätzen entstammen. POTTHAST (1981) vermutet, daß die geschmackliche Wirkung des Fettes insgesamt weniger durch seine Zusammensetzung als durch das Vermögen geschmacklich relevante Stoffe zu lösen zum Ausdruck kommt. Fleischaroma als solches entsteht beim Erhitzen wasserlöslicher, zumeist niedermolekularer Substanzen (Stickstoffverbindungen, Milchsäure und Saccharide). Fettlösliche Stoffe bzw. Fette sind hierfür anscheinend nicht erforderlich (DAHL, 1970; WAGNER, 1987). Die grundlegenden aromagebenden flüchtigen Stoffe im Fleisch verschiedener Tierarten unterscheiden sich im wesentlichen nicht. Zum artspezifischen Aroma tragen Nebenbestandteile des Fettes (DAHL, 1970), aber wahrscheinlich auch geringfügige Unterschiede im Aminosäuren- und Kohlenhydratgehalt des Fettgewebes (WASSERMANN und SPINELLI, 1972) sowie die Konzentration bestimmter Fettsäuren bei (WONG *et al.*, 1975; BRENNAND und LINDSAY, 1982; HA und LINDSAY, 1991). In dieser Hinsicht ist der Fütterungseinfluß und hierbei besonders der Beitrag der PUFA's und begleitender Geschmacksstoffe in Futterfetten von maßgeblicher Bedeutung. Im Gegensatz zu Wiederkäuern, die Futter-PUFA's und übelriechende Begleitstoffe durch mikrobielle Prozesse im Pansen in Stearin-, Palmitin- und Ölsäureglyzeride umwandeln, spiegeln sich diese bei der Zubereitung von Schweinefleisch in nachteiligem Geschmack und Geruch wider (DAHL, 1970). Auch die Muskelstruktur beeinflusst über die Ausbildung der intramuskulären Umgebungstemperatur die Entwicklung von Aromazonen, welche u.a. zur Entstehung von strukturell bedingten Sauerstoffbarrieren beitragen (SPANIER *et al.*, 1992).

Wie kompliziert sich allein Zusammenhänge zwischen dem bestehenden Fettgehalt, der Fettzellgröße und -verteilung bei einer subjektiven organoleptischen Beurteilung des Fleisches verschiedener Rinderrassen auswirken, zeigen die bereits angeführten Untersuchungen von ALBRECHT (1997). Dabei wird eine optimale Wirkung des IMF auf Zartheit und Saftigkeit des Fleisches dann erwartet, wenn eine große Anzahl gleichmäßig verteilter Fettdepots vorliegt. Diese Konstellation bewirkt eine Auflockerung des Bindegewebes, eine Herabsetzung des Kauwiderstandes und erhält die Saftigkeit. Hinsichtlich der Aromausprägung kommt es zu einer Stimulation des Speichelflusses und zur Ausbildung des arttypischen Geschmacks. Dabei scheint die Menge des eingelagerten Fettes Struktur und Verteilung der Fettflächen kaum zu beeinflussen. Dahingehend kommen auch BATCHER *et al.* (1962) zu dem Schluß, daß weder der Anteil separierbaren Fettes noch der Gehalt an intramuskulärem Fett allein bzw. unter Berücksichtigung des Alters der Tiere mehr als 25 % der Variation in Zartheit, Saftigkeit oder Aroma erklärt. Die positive Wirkung des IMF verringert sich wahrscheinlich auch infolge der komplexen Prozesse bei Fleischreifung und Verarbeitung. In einer Untersuchung von BATCHER *et al.* (1962) läßt sich eine mit höheren Anteilen an separierbarem Fett verbundene Verringerung der Scherwerte lediglich bei rohem Fleisch nachweisen. KAUFFMAN *et al.* (1963) können nur in Proben des LD einen Einfluß des IMF auf organoleptische Eigenschaften belegen. In gepökeltm Schinken werden die Effekte des IMF durch den Pökelvorgang verdrängt. KREUZER *et al.* (1994) finden

nach Verarbeitung der Kotelettproben keine eindeutige qualitative Differenzierung mehr. Auch Ergebnisse von BERRY und LEDDY (1990a) deuten darauf hin, daß bei standardisiert gegarten Steaks zwar ein Einfluß der Marmorierung auf die Zartheit besteht, die Unterschiede aber unter praxisüblicher Zubereitung nicht mehr festzustellen sind. In Rindfleisch lassen sich nach ca. 30 Tagen Reifung höhere Fettgehalte nachweisen. Die Verringerung der parallel ermittelten Scherkraftwerte steht aber wahrscheinlich nicht mit dem höheren Fettgehalt sondern mit den Reifungseffekten in Verbindung (AUGUSTINI und FREUDENREICH, 1998).

Die komplizierten funktionalen Zusammenhänge lassen eine Quantifizierung der Beziehungen im Bereich geringer bis mittlerer Korrelationskoeffizienten erwarten. Entsprechende Literaturangaben schwanken jedoch erheblich (Tabelle A 1). Hierfür lassen sich folgende Ursachen anführen:

In der Mehrzahl der Publikationen werden mehrere Effekte gleichzeitig untersucht. Der IMF-Gehalt einzelner Muskeln wird jedoch maßgeblich durch die Rasse beeinflusst (HINER *et al.* 1964; JENSEN *et al.*, 1967; BARTON-GADE, 1981; FJELKNER-MODIG und TORNBORG, 1986; GARCIA *et al.*, 1986; LENGERKEN *et al.*, 1988, 1989; ALTMANN *et al.*, 1992; ENFÄLT *et al.*, 1997; SERRA *et al.*, 1998). So können CASTEELS *et al.* (1995) nach Korrektur auf den Genotyp die zunächst moderaten Zusammenhängen zwischen IMF und sensorischen Merkmalen nicht mehr bestätigen. Aufgrund weiterer spezifischer Effekte durch Geschlecht (MALMFORS *et al.*, 1978; LENGERKEN *et al.*, 1988, 1989; MATTHES *et al.*, 1995), Alter/Gewicht/Reife, (DOTY und PIERCE, 1961; ALLEN *et al.*, 1967a; MALMFORS *et al.*, 1978; LENGERKEN *et al.*, 1988; CANDEK-POTOKAR *et al.*, 1998) sowie Fütterung/Haltung (FORD *et al.*, 1975; ENFÄLT *et al.*, 1997; CANDEK-POTOKAR *et al.*, 1998; JATURASITHA *et al.*, 1998) auf den Fettgehalt bzw. Marmorierung per se, die sensorischen Eigenschaften und auf Interaktionen zwischen den Merkmalen, ist eine entsprechende Vergleichbarkeit der Ergebnisse selten gegeben. Hinzukommend beeinflussen sowohl Schlachtung (AUGUSTINI und TEMISAN, 1986; BEJERHOLM, 1991), Lagerung (MERKEL, 1971; PEARSON *et al.*, 1977; BERRY und LEDDY, 1989) als auch Verarbeitung (COVER *et al.*, 1956; DEETHARDT und TUMA, 1971) die Ausprägung sensorischer Eigenschaften.

Obwohl sich die Genauigkeit in der Bewertung der Proben bei geschulten oder ungeschulten Panels nach HOVENDEN *et al.* (1979) wenig unterscheidet, weist BLUMER (1963) bezüglich der methodischen Bearbeitung auf die besondere Bedeutung des Panelstatus hin. Beim Vergleich verschiedener Untersuchungen ist auch der mögliche Einfluß der Darreichungsform, Art, Anzahl und Skalierung der bewerteten Merkmale zu berücksichtigen. Grundsätzlich sind die subjektiven Ergebnisse sensorischer Tests bezüglich ihrer Wertung und Vergleichbarkeit problematisch. So fällt die Differenzierung zwischen Saftigkeit/Aroma (BLUMER, 1963) bzw. Zartheit/Saftigkeit (COVER *et al.*, 1962) aus bereits genannten Gründen sehr schwer. Es ist daher nicht überraschend, daß oft keine oder nur geringe Korrelationen zum Fettgehalt gefunden werden.

Vergleicht man Untersuchungen aus Ländern mit verschiedenartigem kulturellen Hintergrund, so ist es kaum möglich historisch bedingte Präferenzen bei der Bewertung bestimmter sensorischer Merkmale zu berücksichtigen. Analysen an Schaffleisch zwischen einem geschulten Spanischen und Britischen Panel zeigen, daß objektive Parameter zwar in gleicher Weise eingeschätzt werden, bei Verwendung einer hedonischen Bewertung jedoch Unterschiede in der Beurteilung auftreten (SANUDO *et al.*, 1998).

Die internationale Literatur bietet ein weites methodisches Spektrum in der Bestimmung der „IMF-Gehalte“ und der Marmorierungsbenotung. Selbst innerhalb Deutschlands besteht bis heute keine einhellige Auffassung über den in praxi zu erfassenden sensorisch wirksamen IMF-Gehalt. Wahrscheinlich stellt allein die Verwendung unterschiedlich definierter IMF-Gehalte eine wesentliche Ursache der breiten Variation in den Angaben der Beziehungen zu sensorischen Eigenschaften dar. So verkörpert die Marmorierung im eigentlichen Sinne nur das sichtbare Fett auf der Fleischoberfläche während im IMF auch peri- und endomysial gelagerte mikroskopisch erfaßbare Fettzellen und Fettzellenverbände (extrazellulär) sowie intrazelluläre Triglyzeride und an Membranen gebundene Phospholipide des Sarkolemm, der Mitochondrien, der Mikrosomen und des Sarkoplasmatischen Retikulums in der Muskelfaser enthalten sind (PEARSON und YOUNG, 1989). Nach ALTMANN und PFEIFFER (1991) spiegelt sich eine Zunahme im Fettgehalt nicht unbedingt in einer analogen Änderung des Marmorierungswertes wider. Beziehungen zwischen IMF-Gehalt und der analog ermittelten Marmorierungsbenotung bewegen sich bei $r_p = .75$. Untersuchungen an Rindfleisch deuten auf mittlere Merkmalsbeziehungen hin (DEVOL *et al.*, 1988b; RAMSEY *et al.*, 1990).

Neben der Variation im methodischen Ansatz sind muskelspezifische Unterschiede im Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und sensorischen Parametern nachgewiesen (PAUL *et al.*, 1964; JEREMIAH *et al.*, 1970), so daß aus den Untersuchungen wahrscheinlich nur eine begrenzte muskelspezifische Aussage abzuleiten ist. KAUFFMAN und SAFANIE (1967) finden im wachsenden Muskel zudem Unterschiede in der Einlagerungsintensität. Selbst innerhalb einzelner Muskeln bestehen signifikante regionale Differenzierungen im IMF-Gehalt (MCMEEKAN, 1940; TOPEL *et al.*, 1966; FISCHER, 1994; LIPPMANN *et al.*, 1995) und in der sensorischen Bewertung (WEIR, 1953; ALSMEYER *et al.*, 1965). Darüber hinaus ist der PSE/DFD -Status für die Zartheit (GRESHAKE, 1988; STUMPE *et al.*, 1990) und in Abhängigkeit von Erhitzungsmethode und Kerntemperatur auch für die Saftigkeit von ausschlaggebender Bedeutung (FISCHER, 1990).

IMF-Gehalt und Fleischbeschaffenheit

Gerade beim Schwein hat die Zucht auf ein hohes Muskelbildungsvermögen zu einer zunehmenden physiologischen Anfälligkeit gegenüber der auftretenden Belastung im Produktions- und Schlachtprozeß geführt. Auch die Verringerung der IMF-Gehalte steht in Zusammenhang zur steigenden Fleischigkeit. Die antagonistischen Beziehungen zwischen MFA und IMF-Gehalt liegen im niedrigen bis mittleren Bereich (MEYER, 1991; DEVRIES *et al.*, 1994; WICKE *et al.*, 1994). Der Antagonismus scheint stärker zu sein, je höher der Fleischanteil in der Population ist (HOFER und SCHWÖRER, 1996).

Zwischen Fleischbeschaffenheitskriterien und dem IMF-Gehalt bestehen keine oder nur geringe Beziehungen. Mit zunehmenden Fettgehalten kommt es im letzteren Fall in der Regel aber zu einer geringfügigen Verbesserung der Fleischqualität. In Tabelle A 2 aufgeführte Koeffizienten stammen aus Untersuchungen an unterschiedlichem Tiermaterial und beinhalten sowohl phäno- als auch genotypische Zusammenhänge.

Der Literatur sind nur wenige Informationen über grundlegende funktionale Zusammenhänge zwischen den Merkmalen der Fleischbeschaffenheit und dem Anteil IMF zu entnehmen. Am

schlüssigsten sind hierbei noch die Beziehungen zwischen Fettgehalt und dem WBV. Wie aus den überwiegend negativen Korrelationskoeffizienten zu Drip- und Kochverlust in Tabelle A 2 abzuleiten ist, verbessert sich das WBV tendenziell mit höheren Fettgehalten, somit weisen Muskeln mit einem hohen IMF-Gehalt ein höheres WBV auf (GARRIDO *et al.*, 1994).

Die eigentliche Grundlage für die Beurteilung des WBV bildet das im Muskel vorhandene Wasser, welches in sehr unterschiedlichem Maße in verschiedenen Bereichen des Muskels gebunden ist. Da es kaum möglich ist, Absolutwerte für den immobilisierten Teil des Wassers anzugeben, und die Werte stark von verwendeter Methodik und Höhe des Druckes zur Ermittlung des WBV abhängen (HAMM, 1977), sind die hierzu vorliegenden Untersuchungen nur eingeschränkt vergleichbar. Für eine zuverlässige Aussage müßte der Saftverlust im rohen Fleisch, während der Zubereitung und im zubereiteten Fleisch getrennt betrachtet werden. Die angeführten Untersuchungen erfassen in den meisten Fällen nur einen Parameter. Bekannt sind auch Arbeiten, in denen der Saftverlust in unterschiedlicher Kombination der Verarbeitungsstufen geprüft wird. Diese im eigentlichen Sinne nicht vergleichbaren Studien führen zwangsläufig zu einer großen Spanne in den Angaben der Beziehungseuge (Tabelle A 2).

Als theoretische Grundlagen für den Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und WBV werden folgende Aspekte angeführt:

KIRKEGAARD *et al.* (1979) vermuten, daß infolge eines hohen im Perimysium eingelagerten Fettanteils das abnehmende Saffhaltevermögen nach Erhitzung zum Teil kompensiert und das freie Wasser besser im Gewebe zurückgehalten werden kann.

Bei Erhitzung des Fleisches nimmt das WBV im Temperaturbereich bei 30 bis 50°C, einem Bereich indem die myofibrillären Proteine koagulieren, am stärksten ab. Ein weiterer Teil geht zwischen 55°C und 90°C durch Schrumpfung und Auflösung des Bindegewebskollagens oder/und Bildung neuer stabiler Querverbindungen innerhalb des Actomyosins verloren (HAMM, 1966; BOUTIN und HARRIS, 1972). Aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des Fettes wird die Kerntemperatur aber schneller erreicht und der Wasserverlust verringert (IRTIMER *et al.*, 1967; CROSS, 1977; BERRY und LEDDY, 1990b).

In augenscheinlichem Zusammenhang zum bereits dargestellten Einfluß der Fettabdeckung und wahrscheinlich auch des IMF auf Kühlrate und Eintritt des Rigor mortis (JENNINGS *et al.*, 1978) stehen Ergebnisse von FISCHER (1981), die eine Beeinflussung des Anteils Tropfsaft durch die Lagertemperatur vor Rigor mortis nachweisen. Temperaturen unter 8°C und über 15°C vor Eintritt bewirken dabei u.a. einen erhöhten Tropfsaftverlust.

OFFER und KNIGHT (1988) vermuten weiter einen Zusammenhang zwischen der Membranpermeabilität, die über die Vitamin E-Verfügbarkeit beeinflußt werden kann (ASHGAR *et al.*, 1991), und dem WBV im Muskel. Dabei könnte die Wirksamkeit des Vitamin E auf die Membranstabilität, und über diesen Weg möglicherweise auch auf den Dripverlust, von der Zusammensetzung der Membranphospholipide und damit deren Oxidationssensitivität abhängig sein (VANLAAK und SPENCER, 1997).

Unterschiedliche Lagerungsbedingungen, wie das Einfrieren der Proben, und eine zusätzliche Abhängigkeit von der gewählten Temperatur führen über die Zerstörung der Muskelfaser durch Formation von Eiskristallen jedoch ebenfalls zu einem veränderten WBV (BERRY und LEDDY, 1989; SAKATA *et al.*, 1989). Auch die Überlappung der Prozesse einer altersbedingten Zunahme

und Vernetzung des Bindegewebes (CARPENTER *et al.*, 1961b; BAILEY, 1972; SHIMOKOMAKI *et al.*, 1972) und dessen Auflockerung bei steigender Fettzellhypertrophy erschwert die Quantifizierung des Beitrags des IMF für die Ausprägung des WBV.

Der **pH-Wert** als ein direkter Indikator für den Verlauf der postmortalen Glykolyse gibt Aufschluß über deren Auswirkungen auf den Denaturierungsgrad der Proteine und der Membranintegrität. Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und pH-Wert kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen, unter denen sich selbst bei separater Betrachtung genetischer und phänotypischer Beziehungen keine eindeutige Tendenz ableiten läßt (Tabelle A 2). Darüber hinaus beeinflußt der pH-Wert aber wesentliche Qualitätsfaktoren des Fleisches, wie Farbe, WBV, Zartheit und Geschmack (AUGUSTINI *et al.*, 1977; SCHEPER, 1982; HOFMANN, 1987). THOLEN und SCHMITTEN (1990) weisen darauf hin, daß möglicherweise nur bei Populationen mit schlechter oder indifferenter Fleischbeschaffenheit ein effektiver positiver Zusammenhang zwischen pH_1 und IMF-Gehalt besteht.

Bei pH-Werten im Bereich des isoelektrischen Punkt des myofibrillären Eiweißes (ca. 5,0) ist die Mikrostruktur des Muskels am stärksten verdichtet (HAMM, 1972; 1975), was möglicherweise als ein Hinweis auf den indirekten Zusammenhang zwischen IMF und dem Wirkungskomplex WBV-Sensorik zu deuten ist. An diesem Punkt wird sowohl das geringste WBV als auch die geringste Zartheit festgestellt (WINKLER, 1939). Bei höheren pH-Werten steigen WBV und Zartheit erwartungsgemäß an (BOUTON *et al.*, 1971). Nach EIKELBOOM *et al.* (1996a) und STUMPE (1989) liegen die Beziehungen zwischen pH-Wert und sensorischen Kriterien auf mittlerem bis hohem Niveau. Für den funktionalen Zusammenhang zwischen pH-Wert und Fettgehalt wurde in der Literatur kein Hinweis gefunden.

Intakte biologische Membranen bedingen aufgrund der amphibisch wirkenden Isolationsschichten der Phospholipide einen hohen elektrischen Widerstand und Kapazität. Eine Beschädigung dieser Membranen verursacht die Änderung der **elektrischen Eigenschaften**. Elektrische Eigenschaften des Schweinefleisches werden größtenteils über Leitfähigkeitsmessung erfaßt. Die zumeist geringen negativen Korrelationen zum IMF-Gehalt verdeutlichen eine geringfügige Verbesserung der Leitfähigkeitswerte bei steigender intramuskulärer Verfettung. Bei Charakterisierung von Strukturmerkmalen tierischer Gewebe wird über LF-Messung der komplexe Leitwert erfaßt, der durch eine inhomogene Gewebestruktur verändert wird (PFÜTZNER und RAPP, 1988). Fettschlüsse können somit durch Beschädigungen und Auflockerung des Gewebeschlusses zu einer Änderung der LF führen. Ein Anstieg der Leitfähigkeit ist allein durch Denaturierung der Zellmembranproteine (Membrandefekte) möglich, die einen Austausch von intra- und interzellulärer Flüssigkeit ermöglichen. Bei sinkenden pH-Werten nimmt darüber hinaus die Anzahl freier Ladungsträger und die Calcium-Freisetzung zu (SCHWÄGELE, 1993). Diese biochemischen Abläufe sind u.a. über Kühlbedingungen beeinflussbar (GRESHAKE *et al.*, 1988). Der Zusammenhang zwischen Abkühlung des Schlachtkörpers und der Fettabdeckung sowie möglicherweise dem IMF wurde bereits dargestellt.

Eine weiteres Verfahren zur Erfassung der elektrischen Eigenschaften ist die Messung des dielektrischen Verlustfaktors oder der Impedanz. Dabei wirkt die fettfreie Masse aufgrund ihres

hohen Wasser- und Elektrolytgehaltes als Leiter, die Fettmasse dagegen als verlustbehaftetes Dielektrikum. Die Impedanz erhöht sich mit steigendem Fettgehalt (BENDALL und SWATLAND, 1988).

Die *Farbe des Fleisches* wird vorwiegend durch den Myoglobingehalt, die unterschiedlichen Oxidationsstufen der Hämkomponente und das WBV beeinflusst (TERZIS, 1977). In wissenschaftlichen Untersuchungen ist heute eine dreidimensionale Farbbeschreibung gebräuchlich, die zusätzliche Informationen über Farbton und -intensität bereitstellt, bekannt als Lab-System. Mit dem Farbwert a ist dabei die Veränderung des Myoglobins nachzuvollziehen (JOHANSSON, 1989). Nach SCHEPER (1982) besteht allerdings keine Beziehung zwischen dem IMF-Gehalt im LD und dem Myoglobinanteil ($r_p = .07$).

Tabelle A 2 beinhaltet Ergebnisse zur Beziehung zwischen IMF und der Fleischhelligkeit (L^*). Demnach bestehen nur geringe inkonsistente Zusammenhänge zwischen den Merkmalen. Die Lichtstreuung an der Oberfläche des Fleischanschnittes ist vom pH-Wert abhängig und im Bereich 5,0 bis 5,5 am höchsten (WINKLER, 1939). Muskel mit höheren pH-Werten besitzen ein stärkeres WBV und stark gequollene Fasern. Diese Konstellation führt zu einer geschlosseneren Struktur der Fleischoberfläche, das Licht wird weniger gestreut und der Muskel erscheint dunkler (BATE-SMITH, 1948; BOUTON *et al.*, 1957; LAWRIE, 1958; HAMM, 1972). Fettzellhypertrophie bewirkt eine Auflockerung der Fleischstruktur (LOHSE, 1960) und damit eine stärkere Streuung des Lichtes. Die Zuverlässigkeit der Helligkeitsmessung mit dem FOM-Gerät für die Fleischqualitätsdiagnose nimmt daher ab einem Fettgehalt $> 2,5 \%$ deutlich ab, wobei die Ergebnisse in Richtung PSE verfälscht werden können (LI *et al.*, 1989; STORK, 1990).

Nach BARTON-GADE (1981) entspricht die Änderung um 1,7 % IMF im LD des Schweines einer Reflektionseinheit (R_{535} -Elrepho).

Tiere mit *genetisch determinierter Streßempfindlichkeit* vereinen die Disposition zu verschlechterter Fleischbeschaffenheit mit einer Minderung der Verzehrsqualität (STUMPE, 1989). Gegenüber streßstabilen Tieren besitzen diese in der Regel einen deutlich höheren Fleischanteil. Aufgrund des bekannten Zusammenhangs zwischen MFA und IMF-Gehalt sind demzufolge auch geringere IMF-Gehalte zu erwarten. Verschiedene Autoren weisen sowohl im LD von Halothan-negativen Probanden (Übersicht bei THOLEN und SCHMITTEN, 1990; HARTMANN *et al.*, 1992) bzw. bei homozygot negativen MHS-Genotypen im LD signifikant höhere Fettgehalte nach (SCHMITTEN, 1993; HARDGE und SCHOLZ, 1994; GIESEL, 1998). Wesentliche Unterschiede scheinen sich aber erst bei höheren Körpermassen (100 bis 130 kg) zu manifestieren (TAM *et al.*, 1998). Im Gegensatz zu SCHMITTEN (1993) finden einige Autoren jedoch keine gesicherten Differenzierungen zwischen NN- und Nn-Genotypen (GARCIA-MACIAS *et al.*, 1996; SUTTON *et al.*, 1997; TAM *et al.*, 1998). Auch zwischen als PSE und normale Fleischqualität charakterisierten Proben werden nur teilweise gesicherte Unterschiede, mit höheren Fettgehalten bei normaler Fleischqualität nachgewiesen (DILDEY *et al.*, 1970; DEETHARDT und TUMA, 1971; GARRIDO *et al.*, 1994), was vermutlich darauf zurückzuführen ist, daß auch homozygot negative Tiere unter Umständen PSE-Fleisch entwickeln können (BARTON-GADE, 1984). Bei Probanden ohne RYR1-Genmutationen sind Fleischproben normaler Qualität gegenüber den als PSE klassifizierten Proben

signifikant besser marmoriert (CANDEK-POTOKAR *et al.*, 1998). LENGERKEN *et al.* (1989) zeigen einen deutlichen Rückgang im Anteil PSE-Fleisch bei steigendem IMF-Gehalt. Generell verringert sich der Fettgehalt auch bei streßempfindlichen Tieren nochmals mit steigendem Muskelfleischanteil (FALKENBERG *et al.*, 1994).

In den meisten Untersuchungen werden IMF-Gehalte post mortem bestimmt. Vergleiche zum Fettgehalt von Probanden unterschiedlicher Streßempfindlichkeit vor Eintritt des Schlachtstresses sind, sicher nicht zuletzt wegen bis zum jetzigen Zeitpunkt nur unzureichend genauer Meßverfahren in vivo, nicht bekannt. Möglicherweise führt nicht nur der IMF-Gehalt an sich, sondern auch der unterschiedliche Verbrauch dieser Energiequelle vor der Schlachtung zur Variation im Fettgehalt p.m..

Im Zusammenhang mit den nur teilweise gesicherten Differenzen im Fettgehalt von Probanden unterschiedlicher Streßempfindlichkeit ist anzumerken, daß sich Fettzellen sowohl während der normalen Entwicklung, aber auch bei verschiedenen pathologischen Umständen aus fibroblastenähnlichen Zellen entwickeln. Bei Muskeldystrophy werden absterbende Muskelzellen allmählich durch fetthaltiges Bindegewebe ersetzt (ALBERTS *et al.*, 1990). Eine weitere Studie zeigt, daß bei Halothan-positiven Probanden zur Reparatur geschädigter Zellmembranen verstärkt Cholesterin eingelagert wird, was zu einer Erhöhung des Gesamtlipidgehaltes beiträgt (HÜBBERS, 1983).

Trotz sich andeutender Wechselwirkungen sind funktionale Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und Fleischbeschaffenheit in den meisten Fällen nicht nachzuweisen. Obwohl die Korrelationskoeffizienten nicht so stark variieren wie die Ergebnisse bei den sensorischen Merkmalen, sind auch hier die bereits genannten Ursachen für die bestehende Variation verantwortlich. Neben methodischen Abweichungen erweisen sich die biologischen und verfahrenstechnischen Einflußfaktoren als außerordentlich komplex. So kann nach SCHWÖRER *et al.* (1986) von rasse- und linienspezifischen Effekten auf die Beziehungen zwischen IMF-Gehalt und Fleischbeschaffenheitskriterien ausgegangen werden. Wiederholt zu nennen sind muskelspezifische Besonderheiten in der inter- bzw. intramuskulären Physiologie und damit die Frage nach der Übereinstimmung der Meßpunkte für die in Beziehung gesetzten Parameter.

2.3 Intermuskuläre Unterschiede in anatomisch-physiologischen Merkmalen sowie in Merkmalen der Fleischqualität

Muskelstrukturmerkmale

Aus dem kranio-kaudalen und distal-proximalen Wachstumsgradienten des Skelettes und der dort lokalisierten Muskelgruppen (DAVIES und KALLWEIT, 1979) leitet sich ab, daß das Wachstumsmuster der Muskeln von ihrer Funktion abhängig ist (DAVIES, 1974, 1979, 1984). So zeigen z.B. LEFAUCHER und VIGNERON (1986), daß sich Muskeln wie der *M. tibialis cranialis*, die unmittelbar nach der Geburt Bewegungsfunktionen ausüben, eher entwickeln als *M. psoas major* oder *LD*. Die metabolischen bzw. kontraktiven Eigenschaften der Muskeln werden hauptsächlich durch variierende Muskelfasertypenanteile bestimmt. Eine histochemische Quantifizierung führt zu drei

wesentlichen Fasertypen. Einige Autoren unterscheiden zudem bis zu 8 Subtypen mit ineinander übergehenden Eigenschaften (ROMANUL, 1964; SUZUKI und CASSENS, 1980). Da sich nach FIEDLER und WEBER (1981) die Ergebnisse des histochemischen Nachweises des in den Mitochondrien lokalisierten Enzyms NADH-Tetrazoliumreduktase (Diaphorase-Stoffwechsellage) und der Myosin-ATPase (Kontraktionstyp) beim Schwein nicht unterscheiden, werden die drei Hauptfasertypen im folgenden, unabhängig von der verwendeten histochemischen Methode, als **slow-twitch-oxidative** (STO), **fast-twitch-oxidative** (FTO) und **fast-twitch-glycolytic** (FTG) bezeichnet. Die Anteile, aber auch die Größe der einzelnen Fasertypen variieren zwischen den Muskeln in Abhängigkeit von ihrer Funktion (BADER, 1982; JENSEN *et al.*, 1988; ESSEN-GUSTAVSSON *et al.*, 1994; BROCKS, 1996). Verwendet man einen Anteil von 30 % STO-Fasern als Grenzwert für die Einteilung nach roten Muskeln mit mehr oxidativer und weißen Muskeln mit vorwiegend glykolytischer Stoffwechsellage, so ergibt sich für häufig untersuchte Muskeln unabhängig von der genetischen Herkunft folgende Einteilung: weiße Muskeln - heller Bereich des *M. semitendinosus*, äußerer Bereich des *M. biceps femoris*, LD, *M. gluteus medius*, *M. psoas major*, *M. semimembranosus*, *M. tibialis cranialis*, *M. adductor*, mittlerer Bereich des *Caput longum* des *M. triceps brachii*; rote Muskeln - dunkler Bereich des *M. semitendinosus*, *M. serratus ventralis*, *M. rectus femoris*, innerer Bereich des *M. biceps femoris*, dunkler Bereich des *M. semitendinosus*, *M. trapezius*, *M. vastus intermedius*, *M. semispinalis capitis* (BEECHER *et al.*, 1965; ALLEN *et al.*, 1967b; BADER, 1983; UHRIN *et al.*, 1984; ESSEN-GUSTAVSSON und FJELKNER-MODIG, 1985; SOLOMON und WEST, 1985; LEFAUCHEUR und VIGNERON, 1986; FERNANDEZ *et al.*, 1995; BROCKS, 1996; RUUSUNEN und POULANNE, 1997). Für Muskeln wie *M. rectus femoris*, deren Fasertypenanteile in Grenzbereichen liegen, ist die literaturseitige Zuordnung nicht eindeutig. So ermitteln UHRIN *et al.* (1984) für diesen Muskel einen etwas geringeren Anteil STO-Fasern von 26,8 %. Die getroffene Einordnung ist mit Ausnahme von Hampshire für die meisten Rassen und Kreuzungen zutreffend (ESSEN-GUSTAVSSON, 1995).

Neben der intermuskulären Fasertypenvariation verdeutlichen diese Ergebnisse auch eine heterogene intramuskuläre Zusammensetzung mancher Muskeln, mit offenkundigen Anteilsverschiebungen zwischen den mehr tonisch oder für Bewegung genutzten Muskelbereichen.

In analoger Weise ist auch die Einlagerungsintensität des IMF bei unterschiedlicher physiologischer Funktion des Muskels zu sehen. STO-Fasern sind für die Arbeitsleistung mit einer größeren Anzahl Mitochondrien, oxidativen Enzymen und entsprechenden Lipidgranula als Energiequelle ausgestattet (GAUTHIER, 1970; ASHMORE *et al.*, 1972). Der perinatal hohe Lipidgehalt in STO-Fasern verringert sich nach Ablauf der ersten Lebenswochen von etwa 15 % des Fasergesamtolumens auf lebenslang ca. 3 % (HANDEL und STICKLAND, 1987). Alle Fasern dieses Typs besitzen Neutrallipide, während diese nur in 26 % der FTO- und in 1 % der FTG Fasern nachgewiesen werden (ESSEN-GUSTAVSSON, 1992). Insgesamt tragen die intrazellulären Lipide der Fasern jedoch nur geringfügig zum IMF-Gehalt bei (ESSEN-GUSTAVSSON *et al.*, 1994).

Oxidative Muskeln enthalten im Vergleich zu glykolytischen mehr Phospho- und Triglyzeride (BEATTY *et al.*, 1963; BILINSKI und JONAS, 1964; ALLEN *et al.*, 1967c; SHARMA *et al.*, 1987; LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER, 1991; FERNANDEZ *et al.*, 1995), was hauptsächlich auf eine Fettzellakkumulation zwischen den Fasern zurückzuführen ist (LESEIGNEUR-MEYNIER und

GANDEMER, 1991). Trotz bekannter Zusammenhänge steht der IMF-Gehalt nicht konsequent mit dem metabolischen Muskeltyp in Beziehung (BEECHER *et al.*, 1965; LESEIGNEUR-MEYNIER, und GANDEMER, 1991; ALASNIER *et al.*, 1996 beim Kaninchen). BEECHER *et al.* (1965) finden bei *M. M. rectus femoris* und dem inneren Bereich des *M. biceps femoris*, die einen hohen Anteil STO-Fasern aufweisen, vergleichsweise geringe Fettgehalte. Es wird vermutet, daß die hohe Zirkulationsrate in beiden Muskeln den Speicherbedarf an Energie in Form von Fett herabsetzt. LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER (1991) zeigen weiter, daß der Triglyzeridgehalt trotz vergleichbarer Fasertypenzusammensetzung des *LD* zwischen Genotypen schwankt. Auch andere Autoren beobachten keine oder nur geringe, nicht signifikante Zusammenhänge zwischen Fettgehalt und den Fasertypanteilen (BEECHER *et al.*, 1965; LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER, 1991; ESSEN-GUSTAVSSON *et al.*, 1994; LARZUL *et al.*, 1997). Ableitend hiervon kann wahrscheinlich von einem stark muskelindividuellen Verhältnis zwischen metabolischem Typ und intramuskulärer Fetteinlagerung ausgegangen werden, da im Verlauf der Entwicklung sowohl die Differenzierung der Muskelfasertypen (MOODY *et al.*, 1978; SUZUKI und CASSENS, 1980) als auch die Einlagerung des IMF muskelspezifisch und interindividuell verschieden erfolgt (FISCHER, 1996). Darüber hinaus sind auch beim Fettabbau während einer Hungerphase Differenzierungen zwischen Muskeln belegt (FERNANDEZ *et al.*, 1995).

Neben dem Fasertypenprofil scheinen auch makroskopische Faktoren der Muskelbündelstruktur für die Fetteinlagerung von Bedeutung zu sein. Stärker bewegungsbelastete Muskeln mit großen Muskelbündeln und dicken Bindegewebshüllen speichern nach JUDGE *et al.* (1989) weniger Fett, was zur verminderten Auflockerung des Perimysiums und eventuell zu einer verringerten Zartheit führt. Ein typischer Vertreter hierfür ist der *M. semitendinosus*. Weniger beanspruchte Muskeln, wie *M. psoas major*, besitzen eine feine Struktur, die durch kleinere Bündel und dünne Bindegewebshüllen gekennzeichnet ist. Ergebnisse anderer Autoren zeigen allerdings, daß gerade *M. psoas major* verhältnismäßig wenig IMF besitzt (Tabelle A 3). Nach KAUFFMAN und SAFANIE (1967) steht die Festigkeit der faszikulären Organisation parallel mit dem Anteil intrazellulärer Lipide in Verbindung. Die Autoren finden im Vergleich zu Muskeln in der Nähe der Extremitäten eine Tendenz zu höherer Fettakkumulation in den lose organisierten Muskeln des Rumpfes.

Im Gegensatz zum Anteil Triglyzeride steht der Phospholipidgehalt enger mit dem metabolischen Muskeltyp in Verbindung. Bei steigendem Anteil STO-Fasern lassen sich mehr Phospholipide nachweisen (LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER, 1991; ALASNIER *et al.*, 1996 beim Kaninchen).

Das Verhältnis Neutral- zu Komplexlipiden wechselt somit von Muskel zu Muskel in Abhängigkeit von der Funktion und dem Stoffwechseltyp (ALLEN *et al.*, 1964; KAMMERER, 1991; FERNANDEZ *et al.*, 1995). Da der Komplexlipidanteil weitgehend konstant ist, ergeben sich Differenzierungen im IMF-Gehalt wahrscheinlich weitgehend aus dem Triglyzeridanteil (FERNANDEZ *et al.*, 1995). Generell verringert sich das Verhältnis Triglyzeride/Phospholipide mit sinkendem Fettgehalt (SAHASRABUDHE und SMALLBONE, 1983; GIRARD *et al.*, 1983).

Eine Reihe von Untersuchungen belegen intermuskuläre Differenzierungen im Durchmesser der Muskelfasern (SCHILLING, 1965; BADER, 1981; SOLOMON und WEST, 1985; LEFAUCHER und VIGNERON, 1986; SOLOMON und EASTRIDGE, 1987; RUUSUNEN und POULANNE, 1997).

Vergleichsweise geringe Kaliber werden im *M. psoas major* gefunden, während in züchterisch besonders geförderten Muskelpartien des LD und im Schinken größere Faserdurchmesser nachgewiesen sind (SCHILLING, 1965). Bezüglich der Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und Faserdurchmesser werden widersprüchliche Aussagen getroffen. Mit Ausnahme von LARZUL *et al.* (1997), der einen engen positiven genetischen Zusammenhang zum durchschnittlichen Faserkaliber feststellt, zeigen andere Studien keine (SOSNICKI, 1987) oder stark negative Beziehungen (ESSEN-GUSTAVSSON *et al.*, 1994).

Kapillarisierung

Die Anzahl der Kapillaren variiert in Abhängigkeit vom metabolischen Status der Muskelfasern. Eine höhere Kapillarisierungsrate wird vor allem bei STO- und FTO-Fasern nachgewiesen (SMITH und GIOVACCHINI, 1956; ROMANUL, 1965; COOPER *et al.*, 1969; WEGNER *et al.*, 1992), während FTG-Fasern in der Regel nur Kontakt mit Blutgefäßen haben, wenn sie neben STO- oder FTO-Fasern positioniert sind (SCHMALBRUCH, 1971). Beim Schwein zeigen helle Muskeln, entsprechend der spezifischen Anordnung der Muskelfasern, zudem gehäufte kleine bis mittlere Blutgefäße an den STO-Fasern im Muskelzentrum (ALLEN *et al.*, 1967b). COOPER *et al.* (1969) beobachteten, daß ein Großteil der Kapillaren axial innerhalb der Muskelfaserbündel und nur wenige an der Peripherie lokalisiert sind. Ein ausgeprägtes Kapillarsystem ermöglicht dem für anhaltende Kontraktionen verantwortlichen STO-Fasertyp eine intensive Substrat- und Sauerstoffversorgung, verbunden mit einem höheren Fettstoffwechsel. Für die vom anaeroben Stoffwechsel abhängigen FTG-Fasern scheint das Kapillarsystem hauptsächlich dem Abtransport der Stoffwechselprodukte, vornehmlich der Milchsäure, zu dienen.

Signifikante Differenzierungen in der Kapillarisierung zwischen Muskeln sind durch ALLEN *et al.* (1967b), BROCKS (1996) sowie RUUSUNEN und POULANNE (1997) nachgewiesen. Oxidative Muskeln weisen die meisten Kapillaren je Faserfläche auf (WEGNER *et al.*, 1992). Dies belegen auch Untersuchungen von ALASNIER *et al.* (1996), die im dunklen Bereich des *M. biceps femoris* vom Kaninchen im Vergleich zum hellen Abschnitt, dem *M. gluteus medius* oder auch dem LD (2. bis 5. LW) deutlich größere perimysiale Kapillaren finden.

Die Kapillardichte im Muskel scheint zudem eine entscheidende Rolle bei der Insulinantwort zu spielen (LILLIOJA *et al.*, 1987). Das Hormon Insulin fördert zum einen die Aktivität lipogener Enzyme (GOODRIDGE, 1985; WITTERS, 1985), zum anderen wirkt Insulin hemmend auf die hormonsensitive Lipase und damit antilipolytisch (BELFRANGE *et al.*, 1984). Insbesondere beim Schwein kommt dem Insulin die wichtigste Rolle in der Regulation der Energiespeicherung zu (GREGORY *et al.*, 1977). Dabei hängt die Wirksamkeit des Insulins vom Vorhandensein seines spezifischen Rezeptors, der Affinität und einer bestimmten Enzymausstattung in der Zielzelle (Postrezeptoreffekt) ab (ETHERTON und KENSINGER, 1984). Hierbei finden BOGE *et al.* (1995) Unterschiede in der Rezeptoranzahl zwischen verschiedenen bovinen Muskeln. Eine Ursache für die lokalisationspezifische Ausprägungen der Fettdepots, möglicherweise auch für eine inhomogene Ausprägung innerhalb der Fettgewebe, könnte somit in der hormonellen Regulation und Wirksamkeit des den Fettstoffwechsel steuernden Enzymsystems liegen (MÜLLER und ROGDAKIS, 1985). Die Fettakkumulation ist demnach eng an die Ausbildung des Kapillarsystems gekoppelt (BLUMER *et*

al., 1962) und größere Fettdepots finden sich auch zumeist in der Nähe bedeutender Blutgefäße (MAXIMOW und BLOOM, 1957; FLEMING, 1958), deren Variation in Größe und Verteilung den Lipidstoffwechsel des Muskels beeinflussen.

Intramuskuläres Fett

Unterschiede im IMF-Gehalt zwischen Muskeln sind beim Schwein, aber auch bei Rind und Schaf belegt. Nach FISCHER (1994), der 17 Muskeln aus topographisch unterschiedlichen Bereichen des Schlachtkörpers untersuchte, zeichnen sich beim Schwein besonders *M. semispinalis capitis*, *M. trapezius*, *M. semitendinosus* und *M. serratus ventralis* durch hohe Fettgehalte aus. Mit Ausnahme des *M. semitendinosus* stammen diese Muskeln ausnahmslos aus dem Kammbereich. In Tabelle A 3 sind Literaturergebnisse zur Rangierung der Muskeln hinsichtlich ihrer IMF-Gehalte aufgeführt. Die zumeist im mittleren Abschnitt erfaßten Fettgehalte des LD liegen beim Schwein demnach im mittleren bis unteren Bereich des Gehaltsspektrums. In Übereinstimmung hiermit findet ZGUR (1991) variierende Allometrikoeffizienten für die Einlagerungsintensität des IMF in porcinen Muskeln (*M. psoas major*, LD, *Caput longum* des *M. triceps brachii*, *M. biceps femoris*). Die Ergebnisse zeigen ein auffallend langsames Fettwachstum für den *M. psoas major*. Im LD kommt es zu einer dem Muskelgewicht parallelen und im *M. biceps femoris* und *M. triceps brachii* zu einer vergleichsweise schnelleren Fetteinlagerung. Analog zu den Wachstumsgradienten der Muskulatur werden in Muskeln des Brustbereiches tendenziell die höchsten Fettgehalte festgestellt. In absteigender Reihung folgen Muskeln des Bauches und Rückens, des Oberarms und -schenkels, des Unterschenkels und letztlich des Unterarms (GARCIA *et al.*, 1986). Nach Auffassung von ESSIEN (1988) sind die geringeren IMF-Allometrikoeffizienten in Muskeln der Vorder- gegenüber denen der Hintergliedmaßen ein Indiz für eine zeitigere Fetteinlagerung in den anterioren gegenüber den posterioren Muskelgruppen. Dieses Verteilungsmuster wird anscheinend auch durch Rasseinflüsse nicht maßgeblich verändert. So finden GARCIA *et al.*, (1986) bei einem Vergleich von Duroc Jersey und Hampshire keine wesentlichen Unterschiede in der Verteilung.

Untersuchungen von ESSIEN (1988) demonstrieren deutliche wachstumsabhängige Unterschiede in der Einlagerungsintensität, die Überschneidungen in der Rangfolge der Muskeln hinsichtlich des Fettgehaltes zur Folge haben. In den 7 untersuchten Muskeln erhöht sich der Anteil chemisches Fett nach 280 Tagen nicht mehr wesentlich und abhängig vom Entwicklungsabschnitt sind z.T. auch rückläufige IMF-Gehalte zu erkennen. Auch ZGUR *et al.* (1990) zeigt eine intermuskuläre Variation in der Fetteinlagerung in Abhängigkeit vom Alter, aber auch eine deutlich Abgrenzung von LD und *M. psoas major* als Vertreter der Rumpfmuskulatur, gegenüber Muskeln aus dem kaudalen Bereich.

Eine ähnliche Variation im muskelspezifischen Fettgehalt ist auch bei anderen Tierarten nachgewiesen (Rind: MCKEITH *et al.*, 1985; JOHNSON *et al.*, 1988; BROWNING *et al.*, 1990; BRACKEBUSCH *et al.*, 1991; Schaf: JEREMIAH *et al.*, 1970; HEYLEN *et al.*, 1998). Auch hier besitzen besonders Muskeln des kranialen Bereiches (Nacken, Fehlrippe: *M. serratus ventralis*, *M. spinalis et semispinalis*, *M. trapezius*; Schulter: *M. infra spinam*) auffallend hohe Fettgehalte. In einer von SCHEEDER (1992) durchgeführten Studie unterscheiden sich die IMF-Gehalte von 10

Rindermuskeln allerdings nur geringfügig. Lediglich der *LD* grenzt sich mit den höchsten Werten ab. Die vergleichsweise höheren Fettgehalte des *LD* beim Rind werden auch durch andere Literaturangaben bestätigt (MCKEITH *et al.*, 1985; BROWNING *et al.*, 1990). Einen umfangreichen Überblick zu IMF-Gehalten und sensorischen Eigenschaften von Rindermuskeln gibt SCHEEDER (1992).

Darüber hinaus sind Differenzierungen im Fettgehalt analoger Muskeln zwischen Schlachtkörperhälften bekannt. CARPENTER *et al.* (1961a) beobachten beim Schwein tendenzielle Unterschiede im IMF-Gehalt der Gesamthomogenisate zwischen linkem und rechtem Kotelettstrang. Zusammenhänge zwischen den Fettgehalten einzelner Muskeln sind in der Regel nicht so eng, daß über Einzelwerte auf die IMF-Gesamtverfettung des Schlachtkörpers geschlossen werden kann. Dabei sind *M. biceps femoris*, *M. triceps brachii*, *LD* (8. BW) und mit Einschränkung *LD* (5. LW) bei Schweinen im Gewichtsbereich von 65 kg bis 170 kg noch am engsten mit anderen Muskeln korreliert (ZGUR, 1991; FISCHER, 1996). Nach BRACKEBUSCH *et al.* (1991) können beim Rind die wichtigsten Muskeln über den IMF-Gehalt des vollständig homogenisierten *LD* mit Bestimmtheitsmaßen von .67 bis .84 geschätzt werden. FISCHER (1994) schlußfolgert, daß beim Schwein der Fettgehalt im Bereich 8. BW des *LD* verhältnismäßig gute Beziehungen zu anderen Muskeln aufweist, so daß diese Stelle im *LD*, neben anderen gleichgeordneten Muskeln, die intramuskuläre Verfettung des gesamten Schlachtkörpers am besten repräsentiert.

Sensorische Eigenschaften

Ausgehend von den bisher dargelegten Literaturergebnissen ist zu erwarten, daß auch für den Zusammenhang zwischen IMF und sensorischen Eigenschaften muskelspezifische Konstellationen zu berücksichtigen sind. BATCHER *et al.* (1962) finden bei Untersuchungen an 10 Muskeln nur in einem Bereich des *M. triceps brachii* Beziehungen zwischen IMF-Gehalt und Zartheit. Gerade die Zartheit wird in hohem Maße durch Gehalt und Konzentration des Bindegewebes beeinflusst, Parameter, für die ebenfalls eine deutliche Variationen zwischen Muskeln belegt ist (LAWRIE *et al.*, 1963; MCCLAIN *et al.*, 1970). Muskeln mit einem hohen Prozentsatz STO-Fasern besitzen den geringsten Anteil Perimysium, einen hohen im Endomysium lokalisierten Kollagengehalt und die vergleichsweise größten Primärbündel. Eine derartige Struktur weisen in der Regel als besonders zart charakterisierte Muskeln auf (TOTLAND *et al.*, 1985). Trotz z.T. mittlerer Korrelationen zwischen Scherkraftwerten einzelner Rindermuskeln kann der gesamte Schlachtkörper nicht durch den Zartheitswert eines Muskels ausreichend eingeschätzt werden (DRANSFIELD und JONES, 1981). Im Allgemeinen entwickeln oxidative Muskeln, deren Fette schneller oxidieren, mehr Aroma und werden als saftiger beurteilt (WILSON *et al.*, 1976; VALIN *et al.*, 1982). Ursache hierfür sind u.a. Variationen in der Zusammensetzung der Lipidfraktionen und der enzymatischen Ausstattung mit Lipase und Phospholipase, die zu einer unterschiedlichen Ausschüttung von Aromavorstufen führen (MOTILVA *et al.*, 1992; TOLDRA *et al.*, 1995). Auch variierende Faserkaliber werden mit einer veränderten sensorischen Bewertung in Verbindung gebracht (CARPENTER *et al.*, 1962). MILLO und SCHILLING (1964) beobachten im in situ Versuch in glykolytischen Muskeln zudem einen zeitigeren Eintritt des Rigor mortis, was post rigor zu kürzeren Sarkomerlängen führt, die die Zartheit irreversibel verschlechtern (SCHILLING, 1965).

Fleischbeschaffenheitsmerkmale

Andere Studien belegen Unterschiede in den chemisch-physikalischen Eigenschaften zwischen Muskeln (TOPEL *et al.*, 1962; KAUFFMAN *et al.*, 1991; KARLSSON *et al.*, 1992). So steigt in Verbindung mit einem höheren Anteil STO-Fasern u.a. der Pigmentgehalt an. Zwischen oxidativen Muskeln treten dabei erhebliche Variationen auf, während der Gehalt innerhalb glykolytischer Muskeln nur unerheblich variiert (BEECHER *et al.*, 1965; LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER, 1991). Für den *LD* werden wiederholt geringe Pigmentgehalte/Myoglobingehalte im unteren Drittel des Spektrums festgestellt (BRISKEY *et al.*, 1960; BADER, 1981; WARNER *et al.*, 1993; FISCHER, 1995). Nach BEECHER *et al.* (1965) erreicht der End-pH-Wert in oxidativen Muskeln vergleichsweise hohe Werte, gleichzeitig werden aber nur geringe Korrelationen zum Anteil STO-Fasern gefunden. Unabhängig vom Haltungsverfahren liegen die pH-Werte des *LD* zumeist im untersten Bereich (BRISKEY *et al.*, 1960; MONIN *et al.*, 1987; ENFÄLT *et al.*, 1997; HERNANDEZ *et al.*, 1998). Auch die Entfernung eines Muskels von der Schlachtkörperoberfläche scheint den Wärmetransport während der Kühlung und damit in gewissen Umfang den glykolytischen Stoffwechsel p.m. zu beeinflussen. Insofern sollte der pH-Abfall p.m. in tiefer gelegenen Muskeln schneller ablaufen (BENDALL, 1978).

Nach KAUFFMAN *et al.* (1991) ist Farbe und WBV des *LD* als Indikator für den gesamten Schlachtkörper im wesentlichen mit den Verhältnissen in wichtigen Keulenmuskeln (*M. semimembranosus*, *M. biceps femoris*, *M. gluteus medius*, lateraler Teil des *M. semitendinosus*) vergleichbar. Der Rückschluß auf andere Muskeln, wie z.B. *M. psoas major*, *M. rectus femoris*, *M. triceps brachii*, *M. supraspinatus*, *M. infraspinatus*, ist nur bedingt möglich. Auch MUBMANN *et al.* (1992) schlußfolgern nach Erfassung von pH- und LF-Werten in verschiedenen Regionen des Kotelettstrangs und Schinkens, daß die frühpostmortale Fleischbeschaffenheit des Schlachtkörpers mit einer Messung im Bereich 13./14. BW ausreichend charakterisiert wird, während die Bestimmung der spätpostmortalen Qualität Messungen an mehreren Meßstellen erfordert. Bei PSE-Kondition spiegelt die Fleischbeschaffenheit im *LD* nur die Verhältnisse in den vier wesentlichen Schinkenmuskeln, mit Ausnahme des *M. rectus femoris*, wider, während er bei DFD-Eigenschaften auch als Leitmuskel für den Schulterbereich repräsentativ ist (WARNER *et al.*, 1993).

Neben einer intermuskulären Variation muskelphysiologischer Parameter und sensorisch erfaßter Eigenschaften des Fleisches existiert eine Vielzahl von Untersuchungen, die eine zusätzliche intramuskuläre Differenzierung belegen. Die nachfolgende Literaturübersicht beschränkt sich auf die Darstellung der Verhältnisse im *LD*.

2.3 Intramuskuläre Unterschiede in anatomisch-physiologischen Merkmalen sowie in Merkmalen der Fleischqualität im *M. longissimus thoracis et lumborum*

Strukturell-funktionale Eigenschaften

Die wesentliche Aufgabe des *LD* besteht in der Stabilisierung der Wirbelsäule, wodurch der Schub aus der Hinterhand möglichst verlustlos erfolgen kann. Durch Streckung kann das Aufrichten der Hinterläufe, durch seitliche Kontraktion ein seitliches Abbiegen der Wirbelsäule erreicht werden (LOEFFLER, 1981). Im Zusammenhang mit seiner Funktion sind im als *M. longissimus* bezeichneten Muskel einzelne Abschnitte voneinander zu unterscheiden. Ausgehend vom Darmbein geht der *M. longissimus lumborum* kontinuierlich in den *M. longissimus thoracis* über. Im Lendenteil verschmilzt er mit *M. iliocostalis*, während im Brustbereich *M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis* an seiner Oberfläche Ursprung nimmt. Anfänglich ist der *longissimus* sehr schmal, erlangt im vorderen Lendenabschnitt seine größte Ausdehnung und wird im Brustteil wieder schmaler. Beim Schwein reicht *M. longissimus thoracis et lumborum* vom Kreuz- und Darmbein bis zu den Querfortsätzen des 7. bis 4. Halswirbels (NICKEL *et al.*, 1984). In Abbildung 1 ist der anatomische Verlauf des *LD* abgebildet.

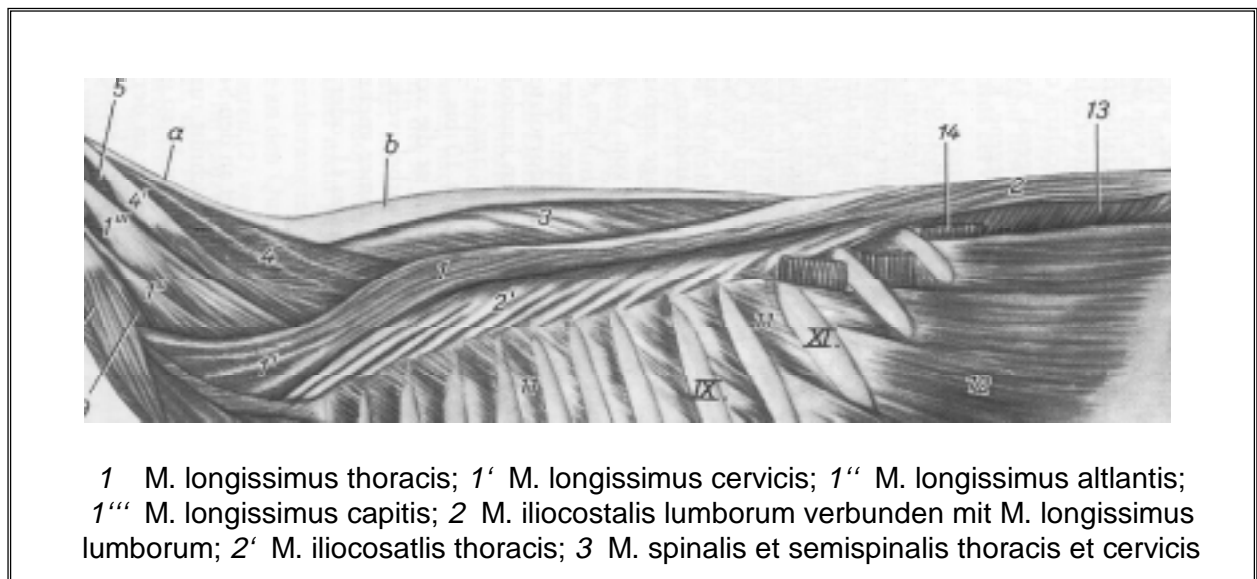


Abbildung 1: Anatomischer Verlauf des *LD* (in NICKEL *et al.*, 1984)

Vor dem Hintergrund einer fortwährenden Kontraktion für die Stütz- und andererseits kurzzeitigen Kontraktionen für die Abwehrfunktion sind Unterschiede in der Fasertypenzusammensetzung und dem Energiereservoir unterschiedlicher funktionaler Bereiche des *LD* zu erwarten.

Muskelstrukturmerkmale

STO-Fasern zeigen eine langsame Antwort auf Stimulation und können lang andauernde Kräfte erzeugen. FTG-Fasern sind hingegen durch schnelle Zuckungen charakterisiert, ermüden leicht und ermöglichen schnelle Wechselbewegungen. So könnten Verschiebungen in der anteilmäßigen

Zusammensetzung im Längsverlauf des Muskels auf Schwerpunktfunktionen der einzelnen Bereiche hinweisen.

Nach FIEDLER *et al.* (1998) erhöht sich im porcinen *LD* der Anteil STO-Fasern von kranial (11./12. BW) über medial (13./14. BW) nach kaudal (5./6. LW) um 65 Prozentpunkte und der Anteil FTG-Fasern sinkt um 14 Prozentpunkte. VIGNERON *et al.* (1976) finden im Längsverlauf des *LD* vom Kaninchen ausgehend vom anterioren Ende eine signifikante Abnahme des Anteils oxidativer, eine Zunahme intermediärer Fasern und keine Differenzierung für den glykolytischen Typ. Werden oxidative und intermediäre Fasern gemeinsam betrachtet, zeigt sich eine homogene Verteilung. Diese Feststellung wird im weiteren durch das Fehlen einer regionalen Differenzierung in der metabolischen Enzymaktivität von Aldolase und Isocitrat-Dehydrogenase untersetzt. Dies verdeutlicht, daß kontraktile und metabolische Eigenschaften des Muskels unabhängig voneinander variieren können.

Die Faserkaliber vergrößern sich entlang der longitudinalen Achse des Muskels (VIGNERON *et al.*, 1976 beim Kaninchen; FIEDLER *et al.*, 1998 beim Schwein). Abweichende Befunde erhalten SWANSON *et al.* (1972), die beim Rind den kleinsten mittleren Faserdurchmesser in Region 12. BW und nach anterior und posterior zunehmende Kaliber finden. Die größten Faserdurchmesser besitzen Proben aus Region 13. BW bis 1. LW.

Untersuchungen zur crossectionalen Differenzierung weisen im Vergleich zu den näher an der Oberfläche gelegenen Abschnitten einen größeren Anteil STO-Fasern und eine höhere oxidative Kapazität in tieferen Teilen des Muskels nach (ESSEN-GUSTAVSSON und FJELKNER-MODIG, 1985; FIEDLER *et al.*, 1998). Eine Besonderheit stellt beim Schwein zudem die spezifische Anordnung der Muskelfasern innerhalb der Faserbündel im *LD* dar. Die im Zentrum lokalisierten STO-Fasern sind dabei von einem inneren Ring FTO- und einem äußeren Ring FTG-Fasern umgeben (COOPER *et al.*, 1970; SZENTKUTI und CASSENS, 1978; BADER, 1981). Die relativen Anteile sind dabei nicht konstant, sondern verändern sich abhängig von Alter und physischer Belastung (SALOMON *et al.*, 1981).

Untersuchungen beim Rind zeigen, daß sich das Faserkaliber innerhalb des Muskelquerschnitts (12./13. BW) von medial nach lateral verringert (TUMA *et al.*, 1962) bzw. die laterale Region kleinere Fasern aufweist als die anderen Bereiche (SWANSON *et al.*, 1972). FIEDLER *et al.* (1998) beobachten bei Proben aus der medialen Region des porcinen *LD* größere Durchmesser bei nahe der subkutanen Fettauflage lokalisierten Fasern gegenüber weiter ventral gelegenen, was in auffälligem Gegensatz zu Ergebnissen beim Rind steht (SWANSON *et al.*, 1972).

Intramuskuläres Fett

STURM *et al.* (1991) charakterisieren porcine Muskeln nach Feinheit und Harmonie der Fettgewebsadern und finden neben dem *M. semimembranosus* gerade im *LD* eine sehr unharmonische Marmorierung. Bei Untersuchungen topographisch verschiedener Regionen wird dann auch eine hohe Variation für den IMF-Gehalt festgestellt (TOPEL *et al.*, 1966; FISCHER, 1994). Den geringsten IMF-Gehalt besitzt der mediale Bereich, höhere Werte zeigen kraniale und kaudale Abschnitte (MCMEEKAN, 1940; TOPEL *et al.*, 1962; FISCHER, 1994). In der Variante mit Säurevor-aufschluß werde die Unterschiede zwischen dem Gesamtlipidgehalt der medialen und kaudalen

Region noch deutlicher (EDWARDS *et al.*, 1992). Die Differenzierungen zwischen kaudalen und kranialen Bereichen und deren Rangfolge sind dagegen nicht eindeutig geklärt. So finden einige Autoren weder im Anteil Neutral- noch im Anteil Phospholipide gesicherte Abweichungen (TOPEL *et al.*, 1966; SHARMA *et al.*, 1987). Nach SHARMA *et al.* (1987) sind die longitudinalen Abweichungen im IMF-Gehalt allerdings vorwiegend auf einer Änderung im Anteil Neutrallipide zurückzuführen.

Ein inhomogenes Verteilungsmuster der IMF-Gehalte wird auch bei anderen Tierarten beobachtet. Die besonders zahlreichen Untersuchungen beim Rind begründen sich in der Sachlage, daß mit Erweiterung des internationalen Fleischhandels im Rindersektor eine vergleichbare Qualitätsbewertung zwischen den Ländern erforderlich wurde, was eine verstärkte wissenschaftliche Bearbeitung im Bereich der Meßstellenproblematik nach sich zog. Dabei werden auch beim Rind in den Endbereichen des *LD*, unabhängig vom IMF-Gehaltsniveau, signifikant höhere Fettgehalte festgestellt. Den Höchstwerten an den Meßstellen 6. BW (29,6 %) und 5. LW (29,9 %) folgt ein beidseitiger Abfall bis zum 12. BW (23,9 %). Verhältnismäßig einheitlich erscheint der Bereich zwischen 10. BW und 13. BW (COOK *et al.*, 1964). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen ZEMBAYASHI und LUNT (1995) die auch hinsichtlich des Geschlechts keinen Einfluß auf das grundsätzliche Verteilungsmuster feststellen sowie SCHEEDER *et al.* (1996) bei Untersuchungen an weiblichen Jungmastrindern. Tendenziell abweichende Ergebnisse erhält FISCHER (1994) bei Verteilungsstudien im *LD* von Fleckviehbullen. Dabei zeigen die Bereiche 2. LW und 5. LW ohne Unterschied die geringsten Fettgehalte (1,93 %). Der Abfall im IMF-Gehalt von Region 7. BW (2,59 %) zu Region 11. BW (2,18 %) stimmt mit den Angaben anderer Autoren überein. Die Variation in der Fettverteilung innerhalb des *LD* bestätigt sich auch nach Einbeziehung verschiedener Genotypen (BLUMER *et al.*, 1962; LINK *et al.*, 1970; TAYLOR und JOHNSON, 1993). Eine weitere japanische Studie an Holstein und Holstein F1-Kreuzungen zeigt, daß verschiedene Regionen des Muskels während des fortschreitenden Fettansatzes unterschiedliche Steigerungsraten im Fettgehalt aufweisen (YAMATANI *et al.*, 1988). Auch Untersuchungen an Schafen belegen, daß die gefundene heterogene Verteilung unabhängig von Geschlecht und Mastendmasse (30 bis 50 kg) prinzipiell erhalten bleibt (HEYLEN *et al.*, 1996).

Differenzierungen im IMF-Gehalt sind darüber hinaus auch innerhalb eines Muskelanschnittes nachgewiesen. Untersuchungen beim Rind zeigen, daß die über Marmorierungsnoten eingeschätzte Fettverteilung innerhalb des Muskelquerschnittes im Längsverlauf des *LD* erheblich variiert. Die gleichmäßigste Verteilung besteht im Bereich 10. bis 13. BW und nimmt in Richtung Muskelenden ab (COOK *et al.*, 1964). Am Anschnitt 12. BW (SKG: 241 bis 438 kg; 12 bis 38 Monate) wird in der medialen und zentralen Position mehr IMF nachgewiesen als im lateralen Bereich (COVINGTON *et al.*, 1970) (Abbildung A 1). Ergebnisse einer Querschnittsuntersuchung in Region 9. BW lassen sowohl eine Differenzierung im Fettgehalt als auch in den Fettflächen erkennen. Obwohl sich in Abhängigkeit von den untersuchten Marmorierungsklassen (gering, mäßig) keine allgemeingültigen Aussagen ableiten lassen, deutet der generelle Trend auf kleinere Fettflächen im zentralen und größere im lateralen Bereich hin. Im Gegensatz dazu lassen die chemisch ermittelten Fettgehalte in beiden Marmorierungsklassen die geringsten Werte im lateralen Abschnitt erkennen (REDDY *et al.*, 1970). Nach ALBRECHT (1997) beginnt die Einlage-

rung des IMF in der tiefen Hälfte des Muskels (*LD*, *M. semitendinosus*) und die ständige Neubildung von Fettflächen führt im weiteren zu einer gleichmäßigeren Verteilung. Hierbei werden rassespezifische Unterschiede in der Einlagerungsintensität nachgewiesen. Die Hauptäste der baumähnlichen Fettdepotstruktur befinden sich meist gegenüber den Rippen, zwischen diesen erscheint die Marmorierung feiner (BLUMER *et al.*, 1962).

Sensorische Eigenschaften

Der postulierte Zusammenhang zwischen Komponenten der Muskelstruktur, einbegriffen der Fetteinlagerung, und der Ausprägung sensorischer Eigenschaften zeigt sich erneut in der intramuskulären Variation der sensorisch relevanten Parameter im *LD*. Unabhängig von der vorgefundenen Fleischqualität erhält der vordere Kotelettabschnitt im Bereich 4. bis 9. BW die beste subjektive Zartheitsbewertung. Weitaus schlechter werden dagegen Proben aus dem mittleren Bereich vom 10. bis 14. BW beurteilt (TROEGER und WOLTERS DORF, 1987). Bezüglich der Zartheit kommen WEIR (1953) und GÖRANSSON *et al.* (1992) zur gleichen Auffassung, letztgenannte Autoren finden aber keine Differenzierung der Saftigkeit zwischen 7. BW und 15. BW. HARRISON *et al.* (1967) erhalten nach Unterteilung des Muskels in drei Abschnitte, beginnend mit dem 4. BW bis zum posterioren Ende, keine Abweichungen in Zartheit und nur geringe in der Aromabewertung. Die Ergebnisse zur Saftigkeit sind aber auch hier nicht eindeutig und variieren in Abhängigkeit von der erreichten Kerntemperatur. Zu ähnlichen Schlußfolgerungen kommen auch RUST *et al.* (1972), die ca. zwischen dem 10. BW und dem 4. LW keine Veränderung der sensorischen Eigenschaften einschließlich der Scherkraftwerte finden. Untersuchungen von SAFFLE und BRATZLER (1959) bestätigen über instrumentell erfaßte Scherkraftwerte allerdings eine signifikant verminderte Zartheit für den Bereich 8./9. BW gegenüber dem 2. LW.

Diese Ergebnisse stehen im wesentlichen in Übereinstimmung mit Angaben aus Untersuchungen am bovinen *LD* (SMITH *et al.*, 1969; JEREMIAH *et al.*, 1980; GULLET *et al.*, 1983; BERRY, 1993).

Der Frage nach Unterschieden in der Zartheit zwischen 6 Lokalisationen innerhalb des Muskelquerschnittes in Region 2. LW beim Schwein gingen ALSMEYER *et al.* (1964) nach. Die Ergebnisse verdeutlichen, daß die zentrale Position innerhalb des Querschnitts gegenüber der lateralen erheblich zäher ist. Geringere Unterschied treten zwischen dem medialen und dem lateralen Abschnitt auf. Keine signifikante Differenzierung zeigt sich bei Betrachtung der dorsalen und ventralen Hälften. Bei einer Teilung des Muskelabschnitts entlang der längsten Achse scheint jede Hälfte die Variation der Zartheit repräsentativ zu vertreten, was eine strikte medial-laterale Teilung verdeutlicht. RUST *et al.* (1972) untersuchten crosssectionale Unterschiede in Zartheit und Saftigkeit im mittleren Abschnitt (ca. 11. BW bis 4. LW) des *LD* von 40 Schweinen. Die besten Scherwerte wurden hier für den medialen Abschnitt, die schlechtesten für den lateralen Bereich ermittelt. Analog hierzu zeigen auch Zartheit und Saftigkeit im medialen Abschnitt die beste Bewertung. Im Gegensatz hierzu findet STUMPE (1989) signifikant geringere Scherkraftwerte im zentralen Bereich deren Ursache in Unterschieden in Temperaturverlauf und der Endkern-temperatur vermutet wird.

Im crossectionalen Lendenanschnitt von Bullenschlachtkörpern weist der mediale Bereich die höchsten Scherkraftwerte auf (HEDRICK *et al.*, 1968). Verschiedene Instronparameter deuten auf eine verminderte Zartheit im lateralen Bereich des Querschnitts hin. Untersuchungen der Variabilität im Grad des Garseins (Degree of Doneness) ergeben jedoch für den lateralen Abschnitt die bessere und für den medialen Abschnitt eine im Bereich 9. bis 11. BW abnehmende Scherkraftwerte von ventral nach dorsal und von zentral über medial nach lateral. Die kürzesten Sarkomerlängen werden in der ventro-zentralen Position, gefolgt von den dorso-medialen und den dorso-lateralen Abschnitten gemessen. Demgegenüber variiert Kollagengehalt und -löslichkeit in den bezüglich Sarkomerlängen und Scherkraftwert am meisten voneinander abweichenden Regionen nur wenig (SCHEEDER *et al.*, 1995). So schlußfolgern SHIN *et al.* (1993) letzten Endes, daß Unterschiede in der Zartheit innerhalb eines Muskels möglicherweise auf die Erhitzungsrate und eine erhebliche Variation in der internen Fleischtemperatur zurückzuführen sind.

Beim Vergleich der angeführten Untersuchungen zur crossectionalen Verteilung ist zu berücksichtigen, daß sich Meßstellen, Probengröße und Verfahren trotz analoger großräumiger Zuordnung in die Abschnitte zentral, medial und lateral, z.T. erheblich unterscheiden. Die bereits im Abschnitt 2.2 dargelegten Probleme in der Vergleichbarkeit sensorischer Untersuchungen kommen auch hier zum tragen.

Fleischbeschaffenheitsmerkmale

Posteriore Teile des *LD* verfügen nach TOPEL *et al.* (1962) über einen höheren Pigmentgehalt, während für das Myoglobin trotz einer Tendenz zu höherer Konzentration im kaudalen Abschnitt keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Farblich erscheinen kraniale Abschnitte des *LD* heller (TOPEL *et al.*, 1966). Messung mit Fiber Optic Probe finden im Bereich letzter BW die geringste Lichtstreuung, während anteriore (9./10. BW) und posteriore (5./6. LW) Teile deutlich heller sind (LUNDSTRÖM und MALMFORS, 1985; AALHUS *et al.*, 1991).

Im Gegensatz zu TOPEL *et al.* (1966) weisen BIEDERMANN und GRANZ (1979) geringste pH_1 und LAWRIE und GATHERUM (1962) geringere End-pH-Werte im mittleren Muskelabschnitt nach. Nach AALHUS *et al.* (1991) nehmen pH_1 -Werte von kranial (5./6. BW) über den mittleren Bereich (14. BW) nach kaudal (4./5. LW) zu, während der pH_{24} mit Ausnahme von Probanden mit heterozygotem Halothangenenstatus von anterior nach posterior tendenziell niedriger wird. MUBMANN (1995) findet für pH_1 und LF_1 keine signifikanten Meßstelleneffekte. Die pH_{24} -Werte sind aber bei allen Herkünften kranial am höchsten und LF_{24} im medialen Bereich tendenziell am niedrigsten.

Untersuchungen mit unterschiedlichen Analyseverfahren belegen geringste Dripverluste im Bereich letzter BW (LUNDSTRÖM und MALMFORS, 1985), während AALHUS *et al.*, (1991) auf zunehmende Werte nach posterior hinweisen. Übereinstimmend hiermit finden TAYLOR und DANT (1971) innerhalb der Lendenregion geringere Dripverluste in vorderen Teilen. GROSSE und OTTO (1978) untersuchten die Verteilung des WBV unter Berücksichtigung dreier unterschiedlicher Kennzahlen (Preßsaft, Dripverlust, Butyrometerwert). Bei allen drei Varianten ergibt sich zwischen dem 5. BW und 8. BW ein starke Verschlechterung des WBV, während Ergebnisse an weiteren Meßstellen (8. BW bis 3. LW) in Abhängigkeit von der verwendeten Methode

voneinander abweichen. Die Autoren kommen letztlich zu der Schlußfolgerung, daß sowohl Muskel, Meßstelle als auch deren Wechselwirkung derartig unterschiedliche Wirkungen auf die Meßergebnisse ausüben, daß weder zwischen den Meßstellen innerhalb jeder Variante noch zwischen den Varianten einheitliches Verhalten erkennbar wird.

Berücksichtigt man Fleischfarbe und mit Einschränkung auch Dripverlust, so weist der mittlere Bereich des *LD* die beste Fleischqualität auf. Allerdings werden über Dripverlust und Farbe erfaßte Fleischqualitätsmängel des ganzen Muskels durch eine Messung in der Rückenmitte wahrscheinlich unterschätzt (LUNDSTRÖM und MALMFORS, 1985). Im Widerspruch hierzu steht die Aussage von MUBMANN *et al.* (1992), die Fleischbeschaffenheitsmängel über Grenzwerte für LF und pH-Werte definieren, wofür gerade der mittlere Bereich am geeignetsten erscheint. Unterstützt wird diese Auffassung von SATORIUS und CHILD (1938), welche die homogensten physikalischen Verhältnisse im mittlerer Abschnitt des *LD* finden.

3 Zielstellung für die eigene Untersuchung

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß die Einlagerung des IMF weitgehend dem kranio-kaudalen und distal-proximalen Wachstumsgradienten folgt, der für die Entwicklung der Muskulatur bekannt ist. Daneben scheint die Einlagerungsintensität zudem von der individuellen Funktion der Muskeln abhängig zu sein. Hieraus erklärt sich auch warum einige Muskeln wiederholt aus dem allgemeinen Trend herausfallen. Die IMF-Verteilung im Längsverlauf des *LD* scheint unabhängig von Tierart und -rasse einem ähnlichen Muster zu folgen. Die Mehrheit der Autoren findet die geringsten Fettgehalte im medialen Abschnitt während die Ergebnisse zum IMF-Gehalt in den Endbereichen Muskels nicht eindeutig sind.

- In der vorliegenden Studie soll die Verteilung des IMF im *LD* an deutschem Tiermaterial überprüft werden. Der erste Teil der Arbeit beschränkt sich auf Untersuchungen an Probanden der Gebrauchskreuzung Pix(DEXDL). Um mögliche Einflüsse auf die intramuskuläre Variation abzuklären soll weiterhin die Reproduzierbarkeit des ermittelten Verteilungsmusters bei Genotypen mit unterschiedlichen IMF-Gehaltsniveau untersucht werden.
- Der Wert des IMF wird in erster Linie im Zusammenhang mit seinem positiven Einfluß auf die Verzehreigenschaften des Fleisches gesehen. Die Auffassungen über dessen absoluten Beitrag gehen jedoch auseinander. Berücksichtigt man neben der heterogenen Verteilung der Merkmale innerhalb des Muskels, daß eine lokal übereinstimmende Probenentnahme für die Untersuchung des IMF-Gehaltes und die sensorische Prüfung kaum machbar ist, ergibt sich die Frage nach lokalisationsabhängigen Unterschieden im Verhältnis zwischen IMF-Gehalt und sensorischen Eigenschaften.
- Die Verzehrsqualität ist nur bedingt vom IMF-Gehalt abhängig und wird ebenso über andere strukturelle und funktionelle Eigenschaften der Muskulatur beeinflusst. In der Regel wird davon ausgegangen, daß Probanden mit einem hohen Anteil glykolytischer Fasern und großen Faserkalibern zu Belastungsmypathien und verminderter Fleischqualität neigen. Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt ist daher die Ermittlung direkter und indirekter Zusammenhänge zwischen dem Gehalt an IMF und weiteren muskelphysiologischen Merkmalen.
- Aus den Ergebnissen ist schließlich eine Empfehlung für geeignete Meßstellen für den IMF-Gehalt und, in Verbindung mit der Messung derzeit gebräuchlicher Fleischbeschaffenheitsparametern, für die Fleischqualität des *LD* zu erarbeiten.

Die Untersuchungen erfolgten partiell im Rahmen des durch das Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Sachsen-Anhalt geförderten Forschungsprojektes „Untersuchungen zur Variabilität des intramuskulären Fettgehaltes im *M. longissimus* im Hinblick auf die Auswahl der geeignetsten Meßstelle für die Nutzung dieses Kriteriums in der Schlachtkörperbewertung und Selektion beim Schwein“.

4 Material und Methoden

4.1 Intramuskulärer Fettgehalt sowie weitere Merkmale der Fleischqualität im *M. longissimus thoracis et lumborum*

4.1.1 Tiermaterial

Die Untersuchung zur Verteilung des IMF im Längsverlauf des *LD* wurde an 50 Probanden der Kreuzung Pix(DExDL) durchgeführt. Alle Tiere entstammten einem Praxisbetrieb und wurden in einem kommerziellen Schlachthof nach Hochvolt-Restrainer-Betäubung geschlachtet. An weiteren 25 Tieren gleicher Herkunft wurden Unterschiede in der Fettverteilung im Muskelquerschnitt untersucht. Tabelle 1 zeigt Kennzahlen der Schlachtleistung und Fleischbeschaffenheit des untersuchten Tiermaterials.

Tabelle 1: Anzahl untersuchter Tiere sowie Kennzahlen zur Schlachtleistung und Fleischbeschaffenheit (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Geschlecht	Anzahl			Merkmal									
	total	longitud.	crossect.	SKGw (kg)		MFA (%)		FM (mm)		SM (mm)		RW (%)	
				\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
weiblich	47	34	13	98,0	12,2	56,4	4,3	62,0	9,1	15,9	5,0	24,8	10,4
männlich	28	16	12	94,6	10,5	54,8	3,5	62,3	6,7	18,2	4,0	27,0	12,6

4.1.2 Methoden

Die Leitfähigkeit_{120 min p.m.} (mS/cm) wurde an der linken Schlachtkörperhälfte entsprechend den in Abbildung 2 dargestellten Meßstellen erfaßt. Vorhandene Differenzierungen in der Anzahl **Brustwirbel** (BW) je Tier können mit den gewählten Auswertungsverfahren nicht berücksichtigt werden. Die dem 14. BW folgenden Angaben zur Probeentnahmestelle werden daher für alle Proben standardisiert dargestellt.

Fleischhelligkeit sowie Farbwerte (Minolta) wurden nur bei den zur Untersuchung der IMF-Längsverteilung ausgewählten 50 Kotelettsträngen 15 h p.m. erhoben. Die jeweils den Bereich von 2 BW umfassenden Meßstellen wurden in je eine Kotelettscheibe zur Ermittlung des IMF-Gehaltes und eine weitere Scheibe für nachfolgende sensorische Untersuchungen aufgeteilt und separat eingefroren.

Die Bestimmung der IMF-Gehalte (%) erfolgte im Falle der Longitudinaluntersuchung an aufgetauten, homogenisierten (Moulinette) Proben der kompletten Kotelettscheibe.

Für die Ermittlung der crossectionalen Fettverteilung wurden die verbleibenden 25 Koteletts nach Grobzerlegung unversehrt eingefroren. Nach dem Auftauen wurden die Muskelstränge im kranialen, medialen und kaudalen Bereich des *LD* in ca. 15 cm breite Abschnitte unterteilt. Abbildung 3 zeigt das Prinzip der Probenentnahme. Die Draufsicht stellt das jeweilige kraniale Ende der ausgewählten Abschnitte dar. Die Probenentnahme im zentralen Bereich (Meßregion 1)

erfolgte mittels Hohlstechzylinder. Da bei diesem Untersuchungsteil das komplette Probenmaterial zerstört wird, konnten die weiterführenden sensorischen Untersuchungen nur im Rahmen der Longitudinalstudie durchgeführt werden.

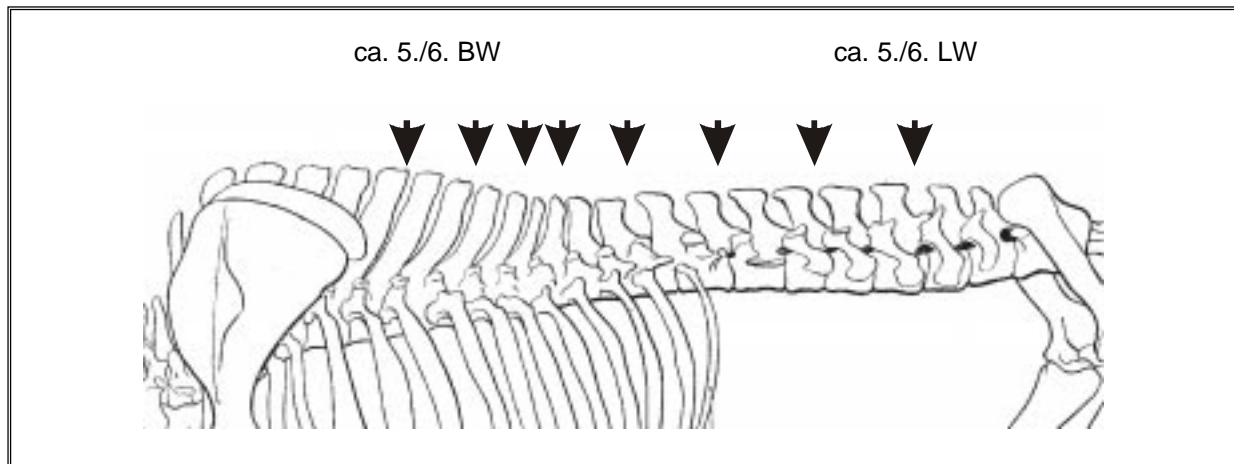


Abbildung 2: Meßstellen zur Untersuchung der longitudinalen Verteilung des IMF (%) im LD

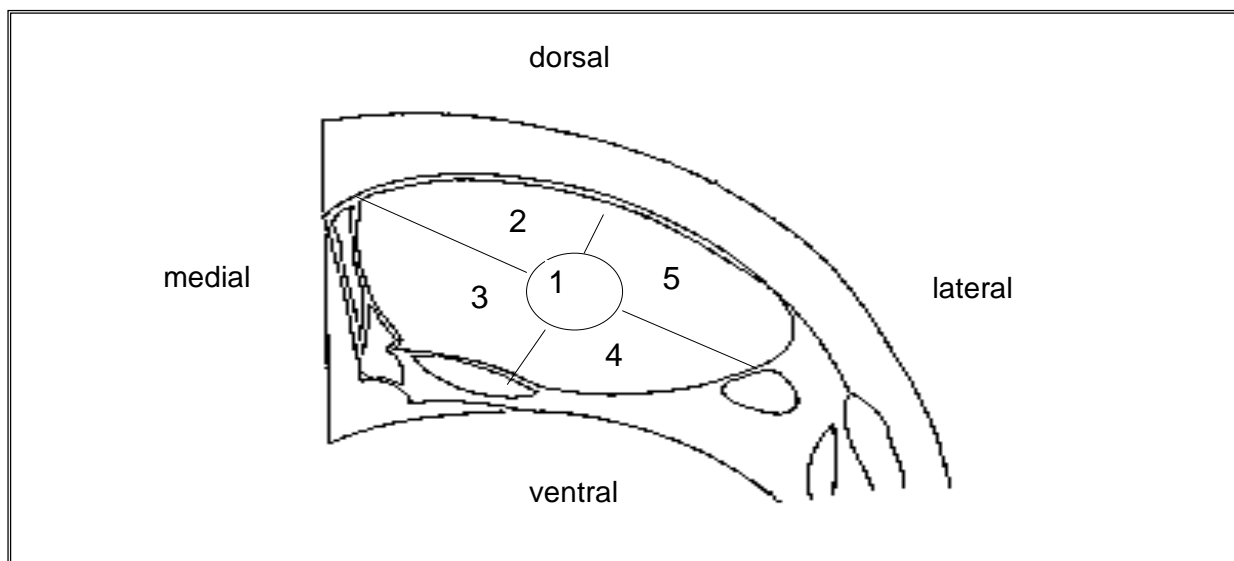


Abbildung 3: Meßstellen zur Untersuchung der crosssectionalen Verteilung des IMF (%) im LD

Die IMF-Gehalte wurden über Nahe-Infrarot-Transmissions-Messung (NIT) (Infratec 1255) bestimmt und beziehen sich auf den prozentualen Anteil in der Frischsubstanz. Die Daten der NIT-Eichkurve basieren auf einer Fettextraktion nach Soxhlet (n-Hexan, 120°C) ohne HCl-Voraufschluß und spiegeln somit hauptsächlich den Anteil Triglyzeride wider. Entsprechende Korrelationen zwischen naßchemisch ermittelten Werten und NIT-Daten liegen in Abhängigkeit von der Verwendung des Kalibrations- bzw. des Testsets bei $r_p = .98$ bzw. $r_p = .99$.

Der sensorischen Untersuchung vorangestellt erfolgte die Bestimmung des Grillverlustes (%). Hierfür wurden ca. 30 bis 40 g schwere Fleischproben eingewogen, in Grillfolie eingewickelt und in einem konventionellen Haushaltsgrill bis zum Erreichen einer Kerntemperatur von 75°C erhitzt. Nach Rückwaage der erkalteten Proben erfolgte die Berechnung des prozentualen Gewichts-

verlustes. Aus jedem dieser 8 Kotelettproben je Tier wurden für die Scherkraftmessung mit einem Hohlstechzylinder von 12,7 mm Durchmesser zwei Fleischproben parallel zur Faserrichtung ausgestanzt, mittels einer Warner-Bratzler-Schere geschert und die aufgewendete Scherkraft in kg/cm^2 erfaßt.

Im Anschluß wurde die sensorische Prüfung am verbleibenden Probenmaterial nach den Kriterien Saftigkeit, Zartheit, Aroma und Gesamteindruck, entsprechend einem durch die Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach empfohlenen Prüfprotokoll, durch ein 5köpfiges Testpanel unterwiesener Laien einmalig beurteilt. Dabei erhielt jede Testperson je eine Fleischprobe je Meßstelle und Tier.

In der sensorischen Zuordnungsskala von 1 bis 6 Punkte (Pkt.) bedeutet die 1 sinngemäß eine mangelhafte, 2- eine ausreichende, 3- eine befriedigende, 4- eine gute, 5- eine sehr gute und 6- eine ausgezeichnete Bewertung der Probe.

4.1.3 Statistische Auswertung

Die Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit Hilfe der Programmpaketes STATISTICA (Statsoft) Version 5.0. Da das Tiermaterial im durchschnittlichen IMF-Gehalt von 1,4 bis 7,5 % schwankt, wurden die vorliegenden Daten unter Beachtung der literaturseitig empfohlenen Werte für einen Mindestgehalt an IMF-Gehalt in Fettgehaltsklassen mit $< 2,50$ und $\geq 2,5$ % IMF eingeteilt.

Die Merkmale intramuskulärer Fettgehalt, Fleischhelligkeit, Farbwerte sowie LF_{120} wurden in der Longitudinal-Untersuchung nach Vorkorrektur der Daten auf den Einflußfaktor Geschlecht für beide IMF Klassen getrennt, nach Modell 1 analysiert:

$$y_{ij} = \mu + S_i + e_{ij} \quad (\text{Modell 1})$$

mit y_{ij} = Beobachtungswert des Merkmals
 μ = Mittelwert
 S_i = Einfluß der i-ten Meßstelle ($i = 1, \dots, 8$)
 e_{ij} = zufälliger Restfehler

Die Analyse der Werte zur crosssectionalen Untersuchung ließen keinen Einfluß des Geschlechts auf die Höhe der IMF-Gehalte erkennen. Somit kam Modell 2

$$y_{ijk} = \mu + S_i + R_j + e_{ijk} \quad (\text{Modell 2})$$

mit y_{ijk} = Beobachtungswert des Merkmals
 μ = Mittelwert
 S_i = Einfluß der i-ten Meßstelle ($i = 1, 2, 3$)
 R_j = Einfluß der j-ten Meßregion ($j = 1, \dots, 5$)
 e_{ijk} = zufälliger Restfehler

zum Einsatz.

Auf den Einfluß des Prüftages sowie des Geschlechts vorkorrigierte Daten zur sensorischen Bewertung, Grillverlust und Scherkraft wurde nach Modell 3 varianzanalytisch aufbereitet:

$$y_{ij} = \mu + S_i + e_{ij} \quad (\text{Modell 3})$$

mit

- y_{ij} = Beobachtungswert des Merkmals
- μ = Mittelwert
- S_i = Einfluß der j-ten Meßstelle ($i = 1, \dots, 8$)
- e_{ij} = zufälliger Restfehler

Die Güte der sensorischen Schätzung wurde im Vorfeld mit einer Reliabilitätsanalyse getestet. Die Antwort eines Prüfers spiegelt erstens die wahre Beurteilung der Probe wider und enthält zweitens die Reaktion der Person auf die spezielle Probe. Eine Messung hat dann eine hohe Reliabilität (Zuverlässigkeit), wenn sie im Vergleich zum Fehler vorwiegend den wahren Wert widerspiegelt. Man kann einen Index der Reliabilität definieren, der den Anteil der Variabilität der wahren Werte aller antwortenden Personen relativ zur gesamten beobachteten Variabilität mißt. Wenn alle Prüfer vollständig zuverlässig Aussagen treffen und alle das gleiche messen ist der Koeffizient α gleich 1. Bei Einbeziehung aller fünf Prüfer ergibt sich für das Merkmal Zartheit $\alpha=0,88$, für die Saftigkeit $\alpha=0,76$, für das Aroma $\alpha=0,61$, für den Gesamteindruck $\alpha=0,83$. Durch die Prüfer wird somit am übereinstimmendsten und sichersten Zartheit und Gesamteindruck geschätzt. Die größte Unzuverlässigkeit ergibt sich für das Aroma.

Um einer praxisrelevanten Streuung des Merkmals innerhalb der Probe Rechnung zu tragen, wurde nachfolgend aus den Einzelbewertungen durch die fünf Prüfer ein Durchschnittswert für die jeweilige Probe gebildet.

Abweichungen zwischen den Mittelwerten wurden mit dem Newman-Keuls-Test auf einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ getestet.

Lineare Zusammenhänge zwischen Parametern werden mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson dargestellt. Für einzelne nichtnormalverteilte bzw. diskrete Merkmale wurden zusätzlich Spearman Rangkorrelationskoeffizienten berechnet. In keinem dieser Fälle ergaben sich wesentliche Unterschiede. Aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit werden daher stets, gegebenenfalls mit vorkorrigiertem Datenmaterial, berechnete Korrelationskoeffizienten nach Pearson ausgewiesen.

Zur Beantwortung der Frage, welche Stelle im Muskel eine zuverlässige Aussage über eine globale Änderung des IMF-Gehaltes erlaubt, wurden die Korrelationskoeffizienten sowohl zwischen den Fettgehalten aller Meßstellen, als auch zum Durchschnittswert aus diesen, verglichen. Weiterhin wurden die Abweichungen, dargestellt als Differenz zwischen den Einzelmeßstellenwerten und dem berechneten Mittel aller 8 Einzelwerte im Muskel, ermittelt. Für die Schätzung der Durchschnittswerte der Merkmale mittels der Daten einzelner Meßstellen wurden stückweise lineare Regressionsanalysen mit Strukturbruch (Schätzmethode Quasi Newton) unter Zugrundelegung vorkorrigierten Datenmaterials durchgeführt. Dieser Regressionstyp schätzt zwei getrennte Regressionsmodelle, jeweils eines für y-Werte die kleiner bzw. gleich dem Struktur-

bruch und eines für y-Werte die größer als der Wert bei Strukturbruch sind. Im Vergleich zu einer einfachen linearen Regression ergeben sich für diese Regressionsmethode bessere Anpassungen.

Die diskriminatorischen Berechnungen zur Ermittlung der Einteilungsgenauigkeit in IMF-Klassen wurden an vorkorrigiertem Datenmaterial durchgeführt.

Obwohl sich in der Literatur ein weitgehender Konsens über den geforderten Mindestgehalt von ca. 2,0 bis 3,0 % IMF im Schweinefleisch abzeichnet (BEJERHOLM und BARTON-GADE, 1986; KIRKEGAARD *et al.*, 1979; DEVOL *et al.*, 1988b), bestehen erhebliche Meinungsunterschiede, inwieweit sich darüber hinausgehende Fettgehalte auch in einer weiteren Verbesserung der sensorischen Eigenschaften niederschlagen. Um das breite Spektrum der IMF-Gehalte in dieser Untersuchung auf ein auswertbares Maß zu beschränken, wurden neben den üblicherweise in derartigen Untersuchungen verwendeten Fettgehalten die Werte aus der sensorischen Beurteilung in Qualitätsklassen eingeteilt. Eine analoge Verfahrensweise wurde für die Beurteilung der IMF-Gehalte in verschiedenen Fleischbeschaffenheitsklassen gewählt. Die Zuordnung der Proben basiert auf folgender Klasseneinteilung:

Tabelle 2: Grenzwerte für die sensorische Bewertung, die Leitfähigkeit 120 min p.m. und die Fleischhelligkeit zur Einteilung der Proben in Qualitätsklassen

Qualitätsklasse	Merkmal		
	sensorische Bewertung (Pkt.)	LF ₁₂₀ (mS/cm)	L*
gut	4,50 - 6,00	< 5,00	< 40
indifferent	2,50 - 4,49	5,00 - 7,00	40 - 50
ungenügend	1,00 - 2,49	> 7,00	> 50

4.2 Anatomisch-physiologische Merkmale sowie Merkmale der Fleischqualität

4.2.1 Tiermaterial

Zur Darstellung der breiten Streuung des Praxismaterials während der Umzüchtung der ostdeutschen Schweinerassen auf einen hohen Fleischanteil, wurden in 5 Versuchen Untersuchungen an Probanden unterschiedlicher genetischer Konstruktionen durchgeführt. Mit Ausnahme der Probanden des Genotyps Pix(DEXDL), die einem Praxisbetrieb entstammten, wurden die Tiere der Versuche 1 bis 4 während der Mastperiode im Nutztierwissenschaftlichen Zentrum Merbitz der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg gehalten. In allen Versuchen wurden handelsübliche Konzentratfuttermittel eingesetzt. Die Schlachtungen erfolgten in einem kommerziellen Schlachtbetrieb. Tabelle 3 zeigt die Struktur des Tiermaterials und Daten zum Schlachtkörperwert.

Die Tiermaterial läßt sich folgendermaßen charakterisieren: Alle untersuchten Genotypen liegen in etwa in dem erwünschten Bereich von ca. 85 kg Schlachtkörpergewicht, tendenziell jedoch etwas darunter. Parallel mit zunehmenden Anteil Pietrain in der Kreuzung erhöht sich der MFA. Mit 100,4 cm weisen der Genotyp DE den längsten, Probanden der Rasse SF, den kürzesten Schlachtkörper auf.

Tabelle 3: Anzahl untersuchter Tiere sowie Kennzahlen zum Schlachtkörperwert (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Genotyp	n	Merkmal							
		SKGw (kg)		MFA (%)		FM (mm)		SM (mm)	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
SF	13	81,3	5,2	49,1	3,4	51,7	4,8	22,5	3,8
(PixSF) x SF	36	80,3	5,5	50,2	3,8	52,2	7,9	21,6	3,9
Pi x SF	15	85,5	5,6	54,5	3,4	58,9	5,4	18,3	3,2
(PixSF)x(PixSF)	15	81,8	5,4	52,4	2,9	54,6	4,5	19,2	4,1
Pi x (PixSF)	25	83,2	6,5	55,8	2,5	56,2	5,5	15,0	3,6
Pi x (DExDL)	21	81,6	11,5	53,7	4,3	-	-	-	-
DE	16	82,8	6,7	49,9	3,4	48,4	3,6	20,9	4,8

4.2.2 Methoden

Die Ermittlung des pH-Wertes sowie der Leitfähigkeit erfolgte 24 h p.m. in drei Regionen des *LD*:

- 8./9. BW = kraniale Meßstelle
- 2./3. letzter BW = mediale Meßstelle
- 5./6. Lendenwirbel (LW) = kaudale Meßstelle

Fleischhelligkeit und Farbe wurden mit Hilfe eines Minolta-Chromameters 24 h p.m. an den drei Anschnitten des *LD* bestimmt. Die mittels Chromameter erfaßten Werte geben einen Hinweis auf die Fleischhelligkeit (L^* ; 0 entspricht schwarz, 100 entspricht weiß), sowie die Intensität der Farbtöne a (rot/grün) und b (gelb/blau).

An allen drei Anschnitten wurden die Muskelquerschnittsfläche abgezeichnet und planimetriert. Für die Ermittlung der IMF-Gehalte (%) wurden Kotelettscheiben des *LD* aus den aufgeführten Regionen entnommen und eingefroren. Anhand dieser von anhaftendem intermuskulären Fett befreiten Proben erfolgte später die Bestimmung des intramuskulären Fettgehaltes mittels der NIT-Analysemethode.

Bei 80 Probanden aus den Versuchsdurchgängen 3 bis 5 wurde die Fettsäurezusammensetzung und die Muskelstruktur an analogen Meßstellen bestimmt. Für den zur Ermittlung der Fettsäurezusammensetzung notwendigen Fettextrakt wurden die nach der quantitativen Fettbestimmung verbleibenden Proben genutzt. Im Falle der NIT-Analyse erfolgte eine modifizierte Fettextraktion nach Soxhlet ohne Gewichtsbestimmung.

Nach Methylierung mit Trimethylsulfoniumhydroxid wurde die gaschromatographische Analyse an einer 30 m Silicia-Trennsäule (0,53 mm sowie 0,25 mm, Trägergas Helium, Detektor FID) durchgeführt. Für die Auswertung kamen die Softwareprogramme von HP und Varian zur Anwendung. Die Summe der ermittelten Werte für die maßgeblichen Fettsäuren (C14:0; C16:0; C16:1; C18:0; C18:1; C18:2; C18:3) wurde 100 % gleichgesetzt.

Aus dem Zentrum der für die IMF-Bestimmung vorgesehenen 3 Muskelscheiben wurden 24 h p.m. über Autopsie Proben für die histologisch-histochemische Differenzierung der Fasertypen entnommen und in flüssigem Stickstoff eingelagert. Die Parameter Fasertypenanteile, Faserdurchmesser, Faseranzahl/mm² sowie der Durchmesser der intramuskulären Fettzellen wurden im „Institut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere“, Rostock-Dummerstorf, ermittelt. Die Differenzierung der Muskelfasertypen basiert auf dem histochemischen Nachweis der NADH-Tetrazoilumreduktase (SZENTKUTI und CASSENS, 1978). Zur Bestimmung der intramuskulären Fettzellen erfolgte die Anfärbung eines zweiten Gefrierschnittes mit Ölrot nach LILLIE (1944). Für die Zuordnung der Fasertypen und die Ermittlung des Durchmessers wurde ein halbautomatischer Mikroskopbildanalysator mit einem Dyson'schen Meßaufsatz verwendet. Der ausgewiesene Krummbein'sche Durchmesser (μm) stellt die längste Sehne durch das Objekt parallel zu einer gegebenen Richtung dar (WEGNER und ENDER, 1990).

Der MHS-Genstatus wurde mit dem PCR-Test nach FÖRSTER *et al.* (1992) geprüft. Tabelle 4 zeigt für die Untersuchungskomplexe zur Verfügung stehende Daten, aufgegliedert nach Versuchsdurchgängen.

Tabelle 4: Zur Verteilungsuntersuchung herangezogene Daten der Einzelversuche

Untersuchungskomplex	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5
pH, LF, Farbe	-	-	x	x	x
intramuskuläres Fett	x	x	x	x	x
Fettsäuremuster	-	-	x	x	x
Muskelstruktur	-	-	x	x	x

4.2.3 Statistische Auswertung

Im zweiten Versuch wurden die Untersuchungen zur Verteilung des IMF in eingeschränktem Umfang an drei Meßstellen des LD durchgeführt. Hierbei sollte die bisherige Referenzmeßstelle 2./3.-letzter BW sowie die Region 5./6. LW (Endbereich bei derzeitiger kommerzieller Schnittführung) des kaudalen Bereiches einbezogen werden. Für die Vorauswahl der kranialen Meßstelle wurden Ergebnisse aus dem ersten Teil der vorliegenden Arbeit verwendet. Dabei sollen die Mittelwerte der IMF-Gehalte aus der Kombination der bereits erwähnten Meßregionen und der Meßstelle 7./8. BW bzw. 9./10. BW verglichen werden. Das Auswahlkriterium stellt dabei die geringste Abweichung vom berechneten Mittel aus den IMF-Gehalten aller 8 Meßstellen dar.

Die einfache Berechnung des arithmetischen Mittelwertes für den Fettgehalt setzt weiterhin ein vergleichbares Muskelvolumen in allen Meßstellen voraus. Hieraus ergibt sich die Frage, inwieweit sich das unterschiedliche Muskelvolumen der drei Meßstellen auf den durchschnitt-

lichen IMF-Gehalt auswirkt. Dies wurde an vorkorrigierten Daten des vorliegenden zweiten Versuchsteils überprüft.

Hierfür wurde die Muskelfläche der medialen Region gleich 1 und die kraniale sowie die mediale Region in Relation hierzu gesetzt. Nach Multiplikation der IMF-Gehalte der einzelnen Stellen mit den errechneten Faktoren wurde hieraus ein Mittelwert gebildet.

Die weitere Aufbereitung und Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit den Statistikprogrammen STATISTICA 5.0 und SAS 6.0. Für die Überprüfung der Einflußfaktoren auf den IMF-Gehalt im Gesamtmaterial wurden folgende Effekte berücksichtigt:

$$y_{ijklmn} = \mu + G_i + M_j + V_k + S_l + R_m + e_{ijklmn} \quad (\text{Modell 4})$$

mit

- y_{ijklmn} = Beobachtungswert des Merkmals
- μ = Mittelwert
- G_i = Einfluß des i-ten Geschlechts ($i = 1, 2$)
- M_j = Einfluß des j-ten MHS-Typs ($j = 1, 2, 3$)
- V_k = Einfluß des k-ten Versuchsdurchgangs ($k = 1, \dots, 5$)
- S_l = Einfluß der l-ten Meßstelle ($l = 1, 2, 3$)
- R_m = Einfluß des m-ten Genotyps ($m = 1, \dots, 7$)
- e_{ijklmn} = zufälliger Restfehler

Zur Beschreibung der Verteilung der IMF-Gehalte im *LD* innerhalb der Genotypen wurden die Effekte Geschlecht, MHS-Typ, Versuchsdurchgang und Meßstelle berücksichtigt. Auf die Einbeziehung des Schlachtkörpergewichtes wurde verzichtet, da kein maßgeblicher Einfluß auf die Ausprägung der Merkmale nachweisbar war. Die dargestellten Werte für die Verteilung des Merkmals entsprechen der Schätzung des Haupteffektes der Meßstelle unter Berücksichtigung aller weiteren Einflüsse. Das verwendete Modell 5 hat folgenden Aufbau:

$$y_{ijklm} = \mu + G_i + M_j + V_k + S_l + e_{ijklm} \quad (\text{Modell 5})$$

mit

- y_{ijklm} = Beobachtungswert des IMF-Gehaltes
- μ = Mittelwert
- G_i = Einfluß des i-ten Geschlechts ($i = 1, 2$)
- M_j = Einfluß des j-ten MHS-Typs ($j = 1, 2, 3$)
- V_k = Einfluß des k-ten Versuchsdurchgangs ($k = 1, \dots, 5$)
- S_l = Einfluß der l-ten Meßstelle ($l = 1, 2, 3$)
- e_{ijklm} = zufälliger Restfehler

Um das Datenmaterial informativ zu verdichten wurden in Anlehnung an den in der Literatur diskutierten „sensorischen Schwellenwert“ Fettgehaltsklassen gebildet. In Anbetracht der laborinternen hohen Fettwerte repräsentieren Proben mit IMF-Gehalten $< 1,5$ % die Klasse mit extrem niedrigem Fettgehalt. Proben mit IMF-Werten zwischen 1,5 und 2,5 %, Fettgehalte, welche die meisten kommerziellen deutschen Gebrauchskreuzungen nicht überschreiten, bilden eine zweite Klasse. In die dritte Fettgehaltsklasse fallen Fleischproben mit Fettgehalten $> 2,5$ %, eine Grenze, die literaturseitig als sensorische Mindestanforderung diskutiert wird.

Zur Analyse möglicher Verteilungsunterschiede zwischen den Genotypen wurden die Differenzen bzw. das Verhältnis der IMF-Gehalte zwischen den Meßstellen

- kranial – medial
- kranial - kaudal
- kaudal - medial

verglichen. Dabei geht dieser Untersuchung eine Analyse der Einflußfaktoren auf die Differenz der IMF-Gehalte zwischen den Meßstellen unter Verwendung von Modell 6 voraus.

$$y_{ijklm} = \mu + G_i + M_j + V_k + D_l + e_{ijklm} \quad (\text{Modell 6})$$

mit

y_{ijklm}	=	Beobachtungswert für den IMF-Gehalt
μ	=	Mittelwert
G_i	=	Effekt des i-ten Geschlechts ($i = 1, 2$)
M_j	=	Effekt des j-ten MHS-Typs ($j = 1, 2, 3$)
V_k	=	Effekt des k-ten Versuchsdurchgangs ($k = 1, \dots, 5$)
D_l	=	Effekt der l-ten Differenz ($l = 1, 2, 3$)
e_{ijklm}	=	zufälliger Restfehler

Die Differenzen der IMF-Gehalte zwischen den Meßstellen wurden an unkorrigiertem Datenmaterial ermittelt.

Für den Vergleich der IMF-Gehalte zwischen den IMF-Gehaltsgruppen wurden die Daten auf MHS-, Geschlechts-, Genotyp- sowie den Effekt des Versuchsdurchgangs vorkorrigiert. Im Anschluß erfolgte die Ermittlung der Mittelwerte ohne Berücksichtigung der genannten Einflüsse mit dem Modell 4.

Die varianzanalytische Auswertung zur Fettsäurezusammensetzung und Muskelstruktur erfolgte entsprechend den Untersuchungen zum IMF-Gehalt nach Modell 7 :

$$y_{ijklmn} = \mu + G_i + M_j + V_k + S_l + R_m + e_{ijklmn} \quad (\text{Modell 7})$$

mit

y_{ijklmn}	=	Beobachtungswert des Merkmals
μ	=	Mittelwert
G_i	=	Einfluß des i-ten Geschlechts ($i = 1, 2$)
M_j	=	Einfluß des j-ten MHS-Typs ($j = 1, 2, 3$)
V_k	=	Einfluß des k-ten Versuchsdurchgangs ($k = 1, \dots, 5$)
S_l	=	Einfluß der l-ten Meßstelle ($l = 1, 2, 3$)
R_m	=	Einfluß des m-ten Genotyps ($m = 1, \dots, 6$)
e_{ijklmn}	=	zufälliger Restfehler

Für die Ermittlung der regionalen Merkmalsdifferenzierungen innerhalb des Muskels wurden die Daten nach dem durchschnittlichen Fettgehalt im Muskel in Fettgehaltsklassen eingeteilt.

Da die Fettsäurezusammensetzung in Zusammenhang mit dem absoluten IMF-Gehalt steht und signifikante Unterschiede im Fettgehalt verschiedener Muskelregionen nachgewiesen wurden, kann das Material für diese Berechnung nicht nach dem durchschnittlichen Fettgehalt des Muskels in Fettgehaltsklassen eingeteilt werden. Daher erfolgte eine Aufgliederung der Daten in Fettgehaltsklassen nach den Werten der einzelnen Meßstellen. Gleiches gilt für die stellenunabhängige Untersuchung von Merkmalszusammenhängen zwischen IMF-Gehalt und Parametern der Muskelstruktur sowie der Fleischbeschaffenheit.

Für die Analyse der Verteilung der Fleischbeschaffenheitsparameter im Längsverlauf des *LD* wurde Modell 8 verwendet:

$$y_{ijklmn} = \mu + G_i + M_j + V_k + T_l + S_m + R_n + e_{ijklmn} \quad (\text{Modell 8})$$

mit

y_{ijklmn}	=	Beobachtungswert
μ	=	Mittelwert
G_i	=	Effekt des i-ten Geschlechts ($i = 1, 2$)
M_j	=	Effekt des j-ten MHS-Typs ($j = 1, 2, 3$)
V_k	=	Effekt des k-ten Versuchsdurchgangs ($k = 3, 4, 5$)
T_l	=	Effekt des l-ten Schlachttages ($l = 1, \dots, 4$)
S_m	=	Effekt der m-ten Meßstelle ($m = 1, 2, 3$)
R_n	=	Einfluß des n-ten Genotyps ($n = 1, \dots, 6$)
e_{ijklmn}	=	zufälliger Restfehler

Der Vergleich der Fettsäurezusammensetzung, Muskelstruktur- sowie Fleischbeschaffenheitsparameter zwischen den IMF-Gehaltsklassen wurde unter Einbeziehung vorkorrigierten Datenmaterials mit Modell 9 durchgeführt.

$$y_{ijk} = \mu + S_i + K_j + e_{ijk} \quad (\text{Modell 9})$$

mit

y_{ijk}	=	Beobachtungswert
μ	=	Mittelwert
S_i	=	Effekt der i-ten Meßstelle ($m = 1, 2, 3$)
K_j	=	Einfluß der j-ten Fettgehaltsklasse ($j = 1, 2, 3$)
e_{ijk}	=	zufälliger Restfehler

Die Untersuchung der Mittelwertdifferenzen erfolgte jeweils mit dem Newman-Keuls-Test ($p < 0,05$). Für korrelative Berechnungen wurden sämtliche Daten getrennt für jede Meßstelle auf die in Modell 4 verbleibenden Effekte vorkorrigiert. Beziehungen zwischen den Merkmalen wurden mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson dargestellt.

Die Ermittlung der repräsentativen Meßstelle für den durchschnittlichen Fettgehalt und der Fettsäurezusammensetzung erfolgte analog zu der im ersten Versuchsteil beschriebenen Vorgehensweise.

Mit der Standardprozedur der Diskriminanzanalyse wurde die Möglichkeit einer Zuordnung von Proben in definierte Fettgehaltsklassen über die Verwendung einzelner Meßstellenwerte untersucht.

Für die Ermittlung einer Fleisch- „Gesamtqualität“ wurden die Durchschnittswerte der Merkmale pH_{24} , LF_{24} , und des IMF-Gehaltes im *LD* nach den in Tabelle 5 aufgeführten Kriterien in Qualitätsklassen eingeteilt.

Tabelle 5: Grenzwerte für pH_{24} , LF_{24} und den IMF-Gehalt (%) zur Einteilung des *LD* in Qualitätsklassen

Qualitätsklasse	Merkmal		
	pH_{24}	LF_{24}	IMF-Gehalt
gut	< 5,8	< 7,10	> 2,5 %
indifferent	5,8 – 6,2	7, 10 – 9,00	1,5 - 2,5 %
ungenügend	> 6,2	> 9,00	< 1,5 %

Die Bildung der spätpostmortalen „Gesamtqualität“ erfolgte unter Berücksichtigung der Einzelbewertungen:

- gut = Qualitätsbewertung bei mindestens drei Merkmalen „gut“
- ungenügend = Qualitätsbewertung bei mindestens einem Merkmal „ungenügend“
- indifferent = Schlachtkörper, die weder der Fleisch - Qualitätsklasse „gut“ noch der Klasse „ungenügend“ eingeordnet werden können

Anschließend wurde die Eignung der auf den Meßwerten der einzelnen Regionen basierenden Diskriminanzfunktionen bezüglich ihrer Güte zur Schätzung der „Gesamtqualität“ überprüft.

5 Ergebnisse

5.1 Intramuskulärer Fettgehalt sowie weitere Merkmale der Fleischqualität im *M. longissimus thoracis et lumborum*

5.1.1 Variation der erfaßten Merkmale

Intramuskuläres Fett

Die Varianzanalyse zeigt einen signifikanten Einfluß ($p < 0,001$) der Probenentnahmestelle im *LD* auf den IMF-Gehalt. Abbildung 4 zeigt die longitudinale Variation des IMF separat für Probanden mit einem durchschnittlichen IMF-Gehalt $< 2,5$ % und $\geq 2,5$ %. Die Werte in der IMF-armen Gruppe variieren von 1,5 % in Region 11./12. BW bis 3,1 % im Bereich 5./6. LW, wobei eine gesicherte Differenzierung zwischen kranialem und kaudalem Muskelende besteht (Tabelle A 4). Demgegenüber erscheint der Bereich vom 11./12. BW bis 1./2. LW, mit signifikant niedrigeren Fettgehalten, relativ homogen. Die üblicherweise als Referenzmeßstelle verwendeten Region 2./3.-letzter BW (ca. 13./14. BW) weist den zweitniedrigsten Gehalt auf. Auch bei Probanden mit einem durchschnittlichen IMF-Gehalt $\geq 2,5$ % heben sich kraniale und kaudale Muskelenden, allerdings ohne signifikante Differenzierung, vom uniform erscheinenden mittleren Bereich (9. BW bis 4. LW) ab. In Relation zur Referenzmeßstelle (= 100 %) besitzen Muskeln mit einem durchschnittlichen IMF-Gehalt $\geq 2,5$ % im kranialen Muskelende 104 % und im kaudalen Endbereich 109 % mehr Fett. Bei Probanden mit $< 2,5$ % IMF wird kranial 73 % und kaudal 104 % mehr Fett gefunden.

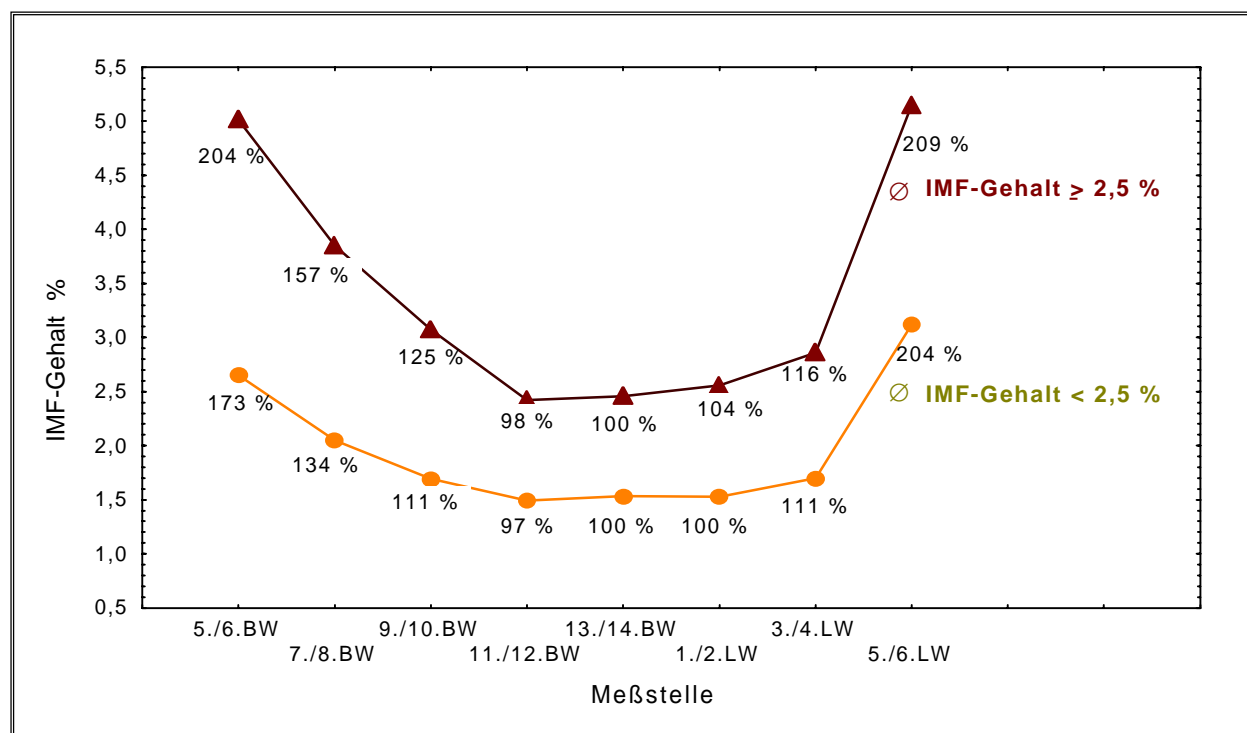


Abbildung 4: IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des *LD* sowie deren prozentuales Verhältnis zueinander in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt im Muskel

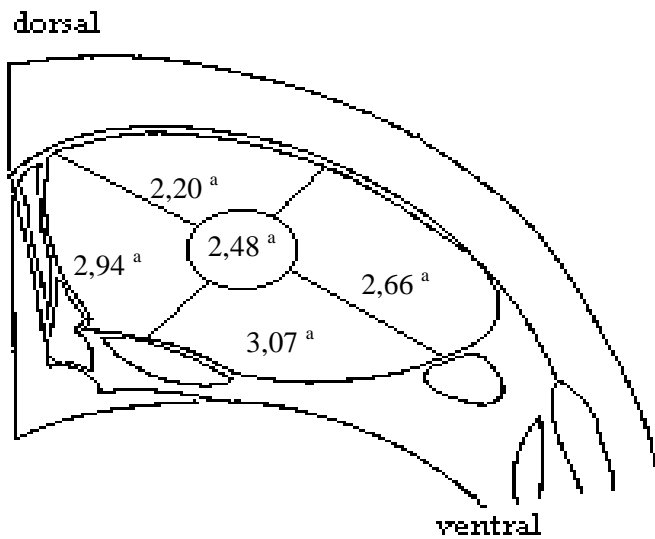


Abbildung 5 a : Crossectionale Variation des IMF-Gehaltes (%) im kranialen Abschnitt des LD

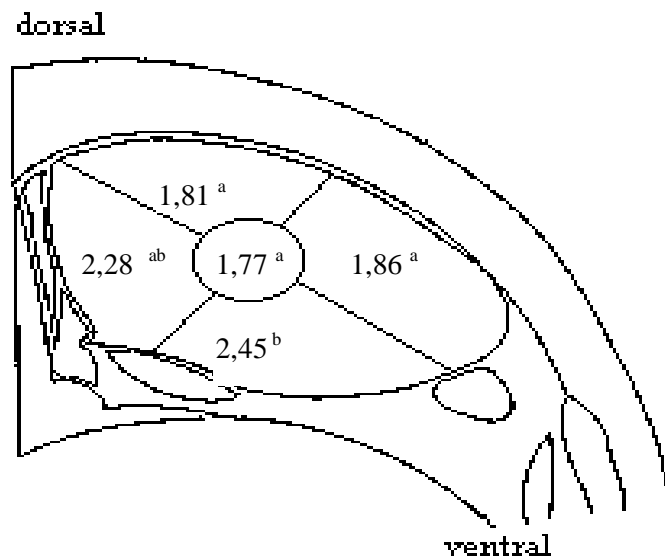


Abbildung 5 b: Crossectionale Variation des IMF-Gehaltes (%) im medialen Abschnitt des LD

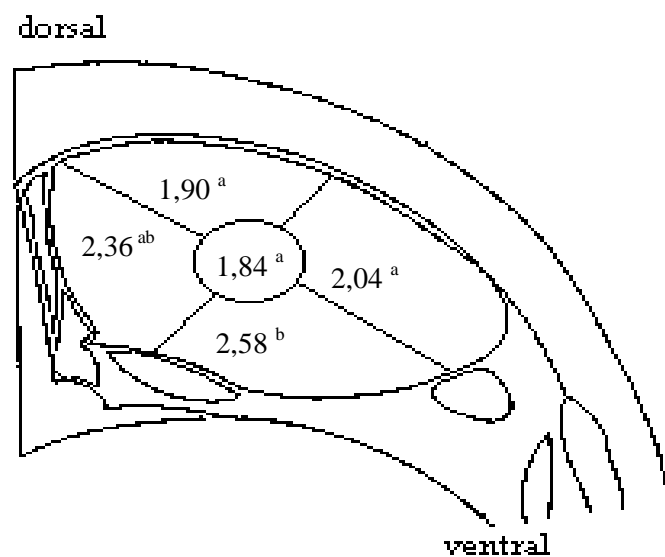


Abbildung 5 c: Crossectionale Variation des IMF-Gehaltes (%) im kaudalen Abschnitt des LD

(a/b: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Regionen)

Vor der Untersuchung der crosssectionalen Fettverteilung im Muskel wurden die bisherigen Ergebnisse zur longitudinalen Verteilung des IMF an diesem zweiten Datensatz nochmals überprüft. Dabei zeigen sich gegenüber medial (2,0 %) und kaudal (2,2 %) für den kranialen Bereich mit 2,7 % gesichert höhere IMF-Gehalte. Die Abbildungen 5 a bis 5 c (Tabelle A 5) zeigen Unterschiede im analytischen Fettgehalt zwischen verschiedenen Regionen innerhalb des Muskelquerschnitts. Im kranialen Bereich bestehen keine gesicherten lokalisationsbedingten Abweichungen in den IMF-Gehalten der 5 Regionen. Im medialen und kaudalen Abschnitt grenzt sich der ventrale Teil des Muskels (Meßregionen 3 und 4) gegenüber dorsal und zentral ab.

Fleischbeschaffenheitsmerkmale

Mit Ausnahme von LF_{120} werden die aufgeführten Beschaffenheitsmerkmale signifikant durch die Meßstelle beeinflusst ($p < 0,001$). Abbildung 6 zeigt eine nach posterior sinkende Fleischhelligkeit des *LD*. Signifikante Abweichungen bestehen zwischen der Meßstelle 5./6. BW und allen weiteren Regionen sowie zwischen der Stelle 7./8. BW und den Meßstellen 11./12. BW und 3. bis 6. LW (Tabelle A 6). Die Ergebnisse zum Farbwert *a* belegen einen zunehmenden Rotton des Fleisches nach kaudal mit gesichert höhere Werten ab dem 1. LW. Zudem besitzen kaudale, aber auch kraniale Bereiche tendenziell höhere *b*-Werte. Zwischen den Meßstellen 7./8. BW, 9./10. BW, 11./12. BW und den anderen Regionen werden gesicherte Unterschiede gefunden (Abbildung 7). Bis auf eine Tendenz zu geringeren Werten an den Meßstellen 5./6. LW und 11./12. BW zeigt sich keine longitudinale Differenzierungen für die LF_{120} .

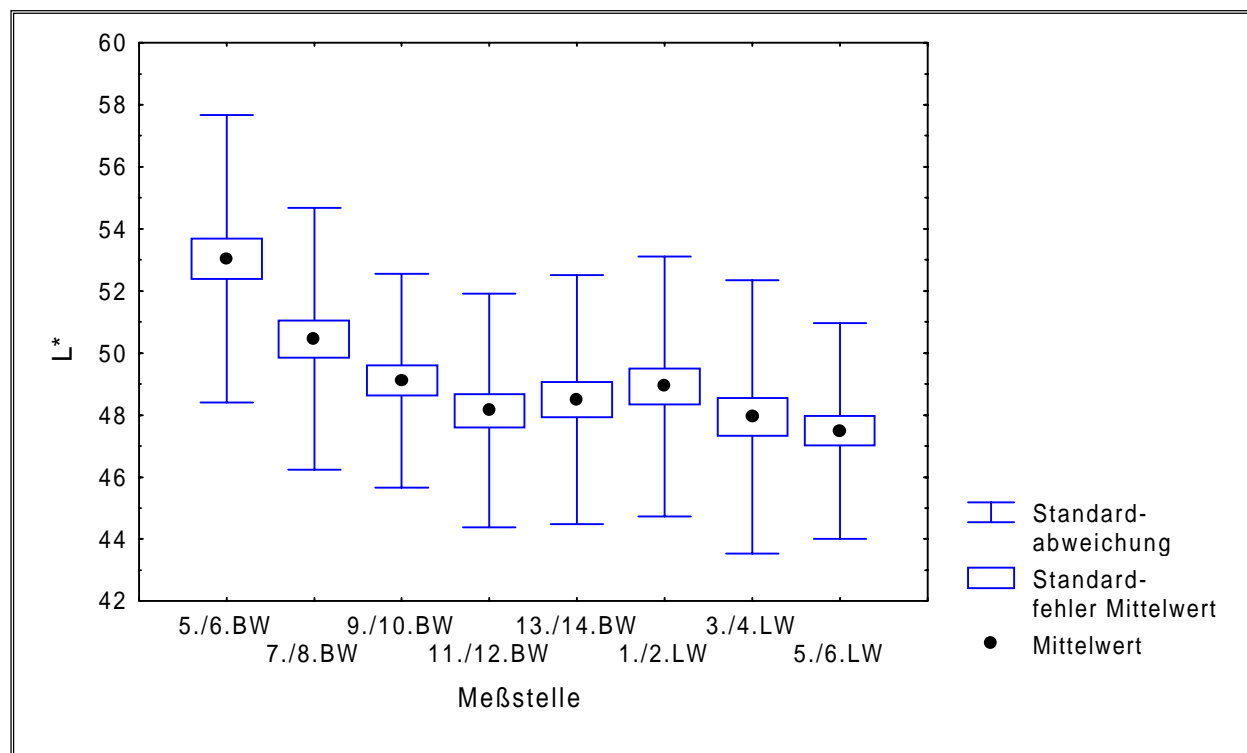


Abbildung 6: Variation der Fleischhelligkeit im Längsverlauf des *LD*

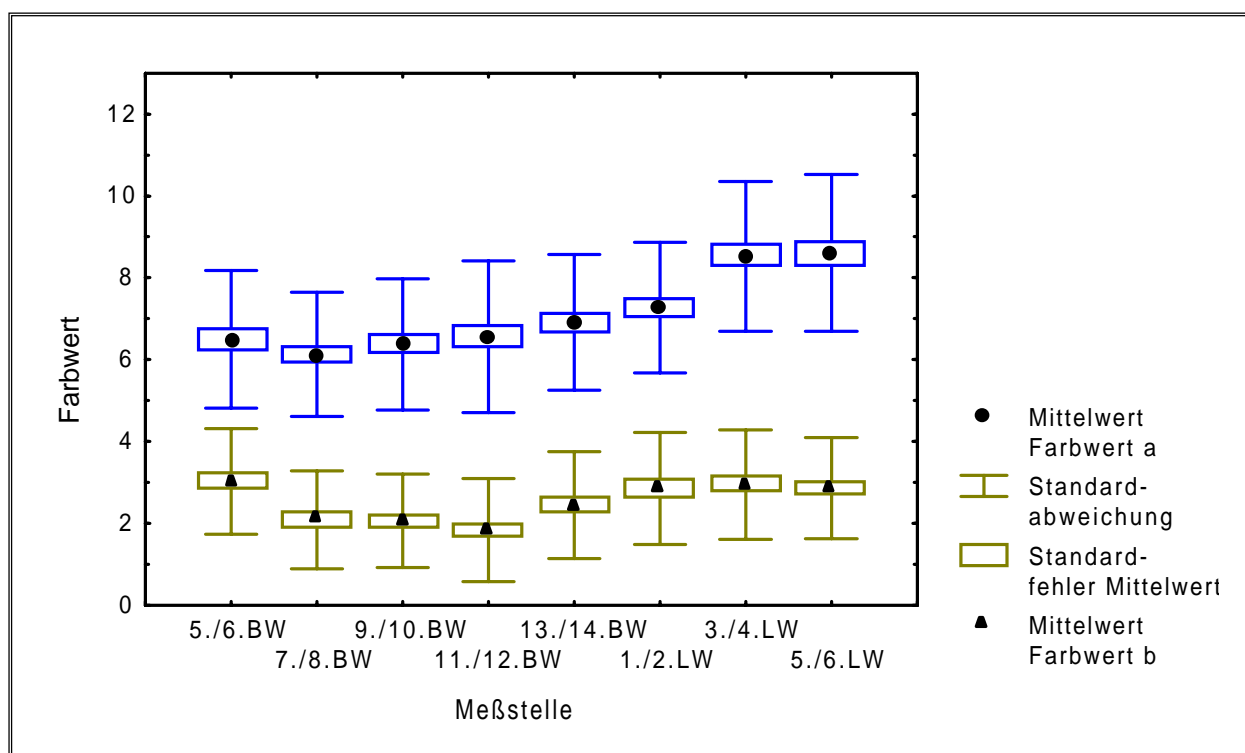


Abbildung 7: Variation der Minolta Farbwerte a und b im Längsverlauf des LD

Sensorisch relevante Parameter

Abbildung 8 zeigt die im sensorischen Test erfaßten Merkmale in Abhängigkeit von der Lokalisation im Muskel. Bei allen Kriterien besteht ein gesicherter Einfluß der Probeentnahmestelle ($p < 0,001$).

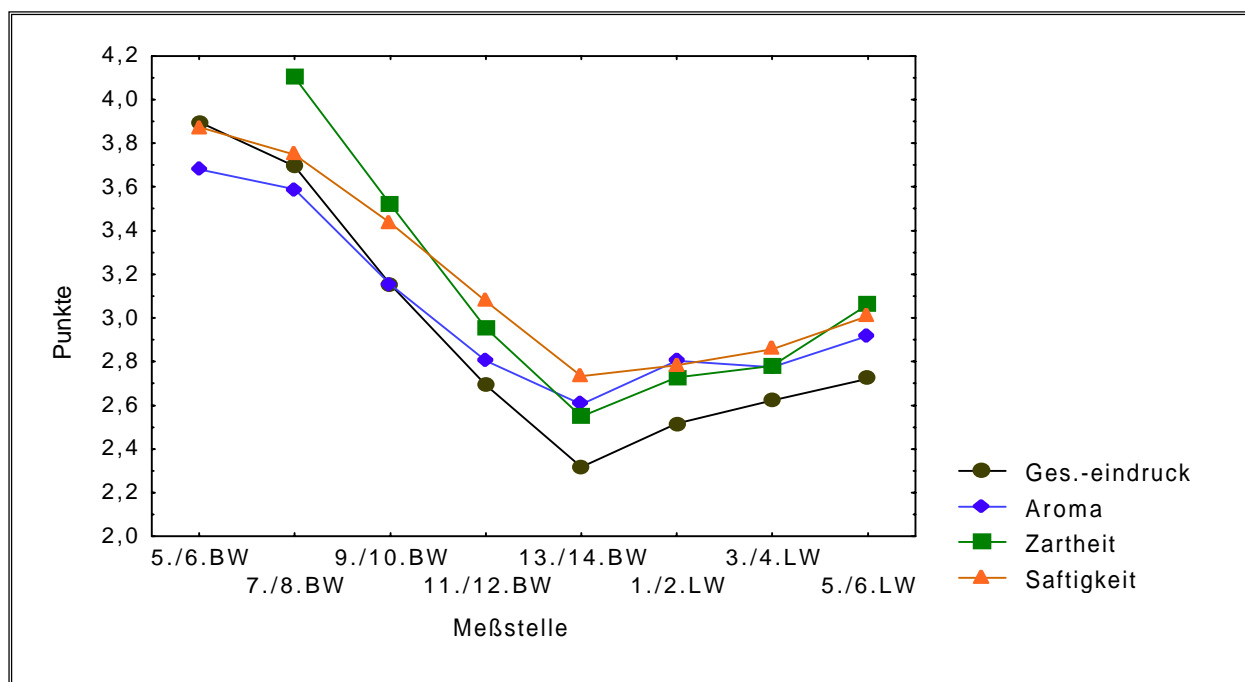


Abbildung 8: Veränderung sensorischer Merkmale im Längsverlauf des LD

Die signifikant günstigste sensorische Bewertung erhält der kraniale Abschnitt des Muskels (Tabelle A 7). In absteigender Reihung folgen die kaudale Region und ohne gesicherte Unterschiede zu dieser die medialen Meßstellen. Zwischen Proben aus der kaudalen Region bestehen keine wesentlichen Differenzierungen.

In Übereinstimmung hiermit besitzen Fleischproben aus dem kranialen Bereich die signifikant geringsten Scherkraftwerte (Abbildung 9). Dem schließen sich höhere Werte bis zur Region 1./2. LW und eine tendenzielle Werteverringering im Bereich 3. LW bis 6. LW an. Bestehende Unterschiede zwischen der medialen und der kaudalen Region lassen sich in den meisten Fällen nicht sichern.

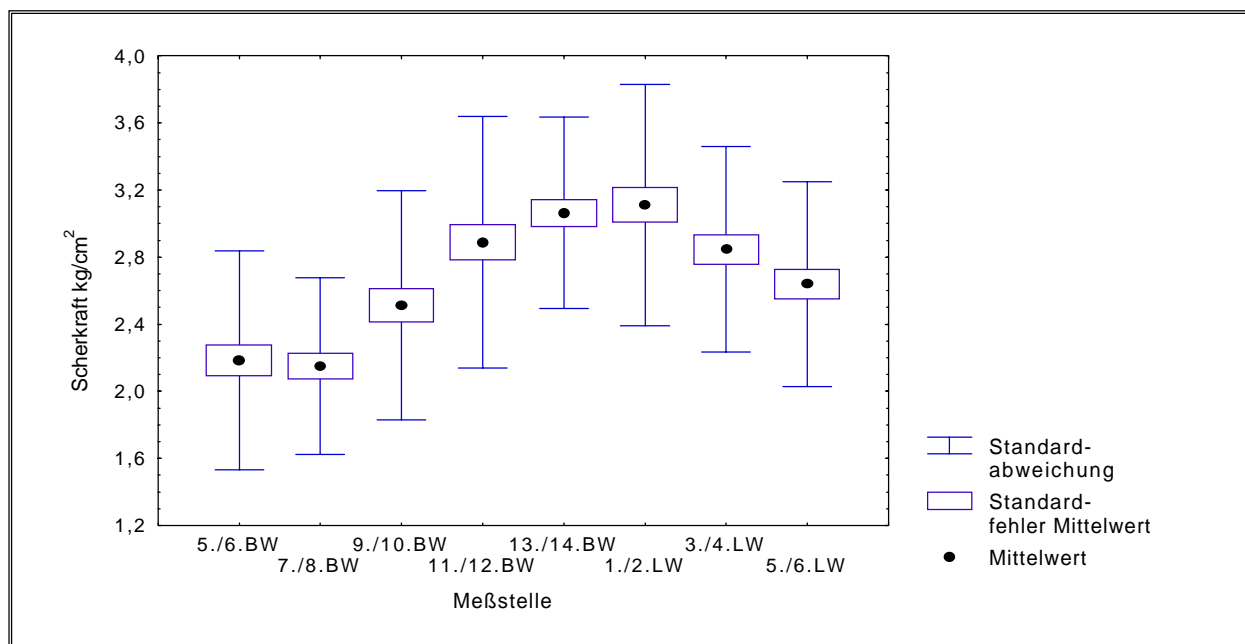


Abbildung 9: Variation der Scherkraftwerte (kg/cm²) im Längsverlauf des LD

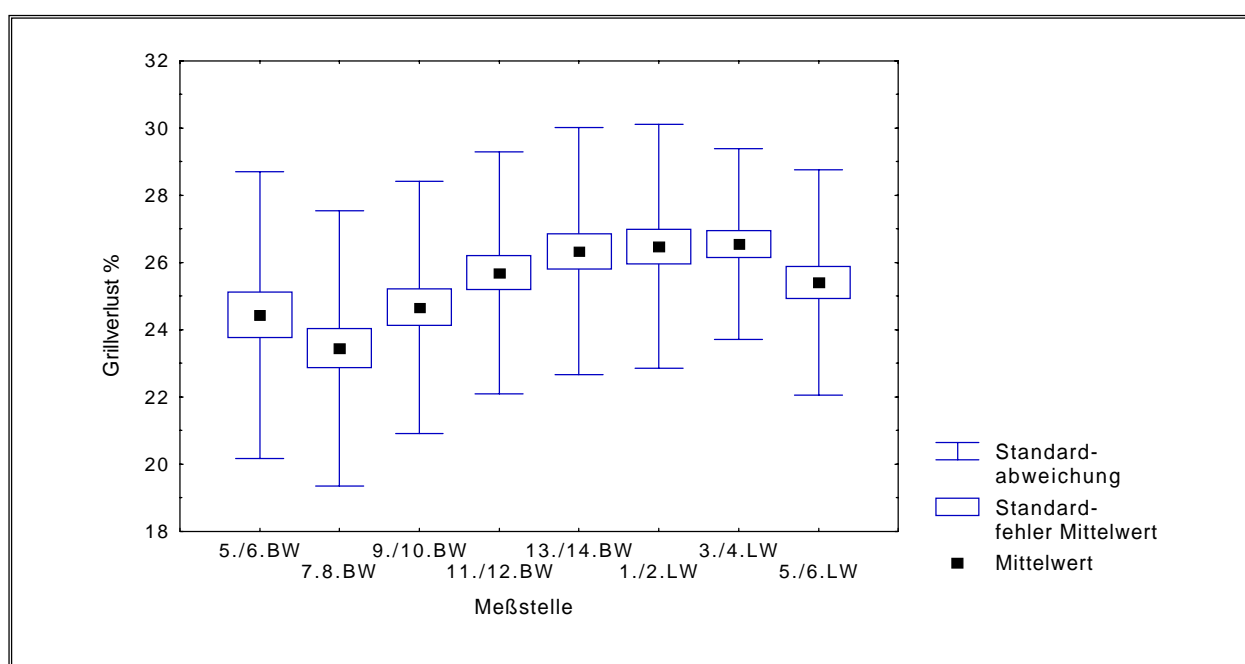


Abbildung 10: Variation des Grillverlustes (%) im Längsverlauf des LD

Proben des kranialen Bereiches weisen den geringsten Grillverlust auf (Abbildung 10). Bis zur Region 1./2. LW nimmt dieser kontinuierlich zu, während es im weiteren Verlauf zu einem leichten Rückgang kommt. Der Bereich 13./14. BW bis 3./4. LW unterscheidet sich dabei signifikant vom kranialen Muskelabschnitt.

5.1.2 Beziehungen zwischen den untersuchten Merkmalen und dem intramuskulären Fettgehalt

Fleischbeschaffenheit

Zwischen dem IMF-Gehalt und den Merkmalen der Fleischbeschaffenheit bestehen, unabhängig von der gewählten Meßstelle, nur lose Zusammenhänge (Tabelle 6). Für die Fleischhelligkeit variieren die Korrelationskoeffizienten zwischen $r_p = .19$ und $r_p = -.16$, beim Farbwert a zwischen $r_p = .12$ bis $r_p = -.09$ und beim Farbwert b zwischen $r_p = .22$ bis $r_p = -.10$. Die LF_{120} zeigt mit $r_p = -.03$ bis $r_p = -.20$ durchgängig einen bedingten, negativen Zusammenhang mit dem IMF-Gehalt.

Tabelle 6: Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und der Fleischfarbe sowie der Leitfähigkeit 120 min p.m. in Abhängigkeit von der Meßstelle im LD

Meßstelle	Merkmal			
	L*	Farbwert a	Farbwert b	LF_{120}
5./6. BW	.19	-.09	.22	-.19
7./8. BW	.10	.04	.09	-.20
9./10. BW	-.16	.07	.01	-.18
11./12. BW	-.12	.08	-.03	-.17
13./14. BW	-.08	.12	-.05	-.11
1./2. LW	.05	-.02	-.03	-.03
3./4. LW	-.09	-.07	-.06	-.10
5./6. LW	.00	.05	-.10	-.18

Weder nach korrelativen Berechnungen mit den jeweiligen Durchschnittswerten, noch aus der Kombinationen unterschiedlicher Meßstellen ergeben sich nennenswerte Zusammenhänge (Tabelle A 8).

Sensorisch relevante Parameter

Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und den sensorisch relevanten Parametern sind in Tabelle 7 dargestellt. Mittlere positive Beziehungen bestehen zwischen dem IMF-Gehalt und den subjektiv erfaßten sensorischen Kriterien im Bereich 5. BW bis 12. BW. Ab der Meßstelle 13./14. BW zeigen sich mit Ausnahme des Aromas und der Saftigkeit keine gesicherten Zusammenhänge zum IMF-Gehalt mehr. Bei getrennter Betrachtung der Merkmale sind im kranialen und medialen Bereich bis zum 11./12. BW mit $r_p = .35^*$ (9./10. BW.) bis $r_p = .55^*$ (5./6. BW) die engsten Beziehungen zwischen IMF-Gehalt und Zartheit zu erkennen. Niedrige bis mittlere Korrelationen existieren mit $r_p = .33^*$ (7./8. BW) bis $r_p = .47$ (5./6. BW)* für den Zusammenhang zur Saftigkeit,

mit $r_p = .28$ n.s. (7./8. BW) bis $r_p = .41^*$ (5./6. BW) zum Aroma und zum Gesamteindruck mit $r_p = .34^*$ (9./10. LW) bis $r_p = .47^*$ (5./6. BW).

Mit steigendem Fettgehalt verbessern sich die über Scherkraftmessung erfaßten Textureigenschaften des Fleisches. Die Beziehungen liegen gegenüber den subjektiv erfaßten sensorischen Kriterien mit $r_p = -.07$ n.s. (13./14. BW und 5./6. BW) bis $r_p = -.36^*$ (11./12. BW) auf einem niedrigerem Niveau und lockern sich weiter nach posterior. Noch schwächer sind die Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und Grillverlust, die für Einzelmeßstellen in keinem Fall zu sichern sind. Ein signifikanter Koeffizient von $r_p = -.12^*$ wird nur bei Verwendung aller 373 Einzelwerte ermittelt.

Tabelle 7: Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und Grillverlust, Scherkraft sowie sensorisch erfaßten Parametern in Abhängigkeit von der Meßstelle im LD

Merkmal	Meßstelle								
	alle Meßstellen	5./6. BW	7./8. BW	9./10. BW	11./12. BW	13./14. BW	1./2. LW	3./4. LW	5./6. LW
objektiv erfaßte Merkmale									
Grillverlust (%)	-.12*	-.02	.22	.00	-.11	-.09	-.11	-.05	-.29
Scherkraft (kg/cm ²)	-.32*	-.31*	-.22	-.24	-.36*	-.07	-.18	-.10	-.07
subjektiv erfaßte Merkmale									
Saftigkeit (Pkt.)	.36*	.47*	.33*	.35*	.30*	.28	.29*	.12	.08
Zartheit (Pkt.)	.39*	.55*	.41*	.35*	.42*	.22	.11	-.04	.09
Aroma (Pkt.)	.36*	.41*	.28	.34*	.37*	.21	.41*	.05	.08
Gesamteindruck (Pkt.)	.36*	.47*	.39*	.34*	.36*	.13	.21	.00	.04

5.1.3 Ermittlung der repräsentativen Meßstelle für den durchschnittlichen intramuskulären Fettgehalt

Proben aus dem Bereich 9./10. BW zeigen mit $r_p = .94^*$ (7./8. BW) bis $r_p = .73^*$ (5./6. LW) den gleichmäßigsten und insgesamt sichersten Zusammenhang zu allen anderen Regionen im LD. (Tabelle 8). Darunter sind die Beziehungen zu den Fettgehalten aus dem kranialen Bereich am engsten. In absteigender Rangfolge steht mit $r_p = .90^*$ (1./2. LW) bis $r_p = .79^*$ (7./8. BW) die Region 3./4. LW mit den engsten Beziehungen zu den Fettgehalten des medialen Muskelabschnitts.

Tabelle 8: Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen den IMF-Gehalten (%) der einzelnen Meßstellen

Meßstelle	Meßstelle							
	5./6. BW	7./8. BW	9./10. BW	11./12. BW	13./14. BW	1./2. LW	3./4. LW	5./6. LW
5./6. BW	1.00	.95*	.90*	.71*	.76*	.75*	.80*	.73*
7./8. BW	-	1.00	.94*	.77*	.78*	.75*	.79*	.70*
9./10. BW	-	-	1.00	.87*	.88*	.88*	.86*	.73*
11./12. BW	-	-	-	1.00	.94*	.88*	.85*	.63*
13./14. BW	-	-	-	-	1.00	.94*	.88*	.65*
1./2. LW	-	-	-	-	-	1.00	.90*	.71*
3./4. LW	-	-	-	-	-	-	1.00	.80*
5./6. LW	-	-	-	-	-	-	-	1.00

Die Bestimmtheitsmaße in Tabelle 9 weisen den durch die IMF-Gehalte der einzelnen Meßstellen erklärbaren Teil der Gesamtvarianz des durchschnittlichen Fettgehaltes aus.

Bei Muskeln mit $< 2,5$ % IMF kann der durchschnittliche Fettgehalt mit Bestimmtheitsmaßen von $R^2 = .93$ bis $R^2 = .95$ durch Messungen im Bereich 13./14.BW bis 4. LW am genauesten geschätzt werden. Sowohl bei Muskeln mit einem durchschnittlichen IMF-Gehalt $\geq 2,5$ % als auch bei Einbeziehung aller Proben kann mit den Fettgehalten aus Region 9./10. BW die genaueste und mit Region 5./6. LW die ungenaueste Schätzung vorgenommen werden.

Tabelle 9: Schätzgenauigkeit (R^2) des durchschnittlichen Fettgehaltes (%) im LD bei Verwendung der IMF-Gehalte von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel

Ø IMF-Gehalt im LD	n	Meßstelle							
		5./6. BW	7./8. BW	9./10. BW	11./12. BW	13./14. BW	1./2. LW	3./4. LW	5./6. LW
$< 2,5$	22	.77	.87	.84	.89	.93	.94	.95	.83
$\geq 2,5$	25	.94	.85	.94	.80	.89	.91	.88	.69
total	47	.90	.90	.94	.81	.86	.87	.88	.76

Tabelle 10 gibt die absoluten Differenzen zwischen den IMF-Gehalten der einzelnen Meßstellen und dem IMF-Durchschnittswert wieder. Bei Muskeln mit einem durchschnittlichen Fettgehalt $< 2,5$ % repräsentiert der Meßbereich 7./8. BW ($0,08$ % $\pm 0,03$ %) den Durchschnittswert am besten. Etwa gleichrangig folgen in der Eignung Region 3./4. BW und 9./10. BW. Für Muskeln mit $\geq 2,5$ % IMF erweist sich eine Schätzung mit den IMF-Gehalten des Bereiches 9./10. BW am geeignetsten. Bei Einbeziehung aller Proben ergibt sich die geringste Abweichung wiederum für die Meßstelle 9./10. BW. Generell streuen die Differenzen jedoch erheblich.

Tabelle 11 gibt die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse zur Einstufung der Muskeln in definierte Klassen wieder. Unterstellt man dabei $2,5$ % IMF (Durchschnittswert) als sensorischen Schwellenwert und Mindestanforderung, so können die Proben durch Werte der Region 9./10. BW mit einer richtigen Zuordnung von $91,7$ % am genauesten in die unterteilten IMF-Gehaltsgruppen eingeordnet werden. Bei Muskeln mit geringen Fettgehalten führt die Verwen-

dung der Meßwerte aus Region 7./8. BW zu einer 100 %ig richtigen Zuordnung. Die Klassifikationsfunktionen zur Einstufung der Proben in Fettgehaltsklassen sind in Tabelle A 9 dargestellt.

Tabelle 10: Differenzen (Prozentpunkte) zwischen dem durchschnittlichen IMF-Gehalt (%) im LD und den Fettgehalten (%) an unterschiedlichen Meßstellen im Muskel in Abhängigkeit vom IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte und Standardfehler)

Meßstelle	IMF-Gehalt (%)					
	< 2,5		≥ 2,5		total	
	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE
5./6. BW	-0,69	0,10	-1,59	0,24	-1,21	0,17
7./8. BW	-0,08	0,03	-0,43	0,10	-0,31	0,10
9./10. BW	0,28	0,08	0,35	0,10	0,27	0,07
11./12. BW	0,48	0,08	1,00	0,15	0,70	0,10
13./14. BW	0,44	0,09	0,97	0,15	0,66	0,09
1./2. LW	0,44	0,09	0,87	0,13	0,61	0,09
3./4. LW	0,27	0,04	0,56	0,09	0,37	0,09
5./6. LW	-1,15	0,13	-1,73	0,20	-1,50	0,16

geringste Abweichungen vom Durchschnittswert in Fettdruck

Tabelle 11: Korrekte Zuordnung der Proben (%) in Klassen für den durchschnittlichen IMF-Gehalt im LD (%) über Fettgehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel

Ø IMF-Gehalt im LD	Meßstelle							
	5./6. BW	7./8. BW	9./10. BW	11./12. BW	13./14. BW	1./2. LW	3./4. LW	5./6. LW
< 2,5	91,3	100,0	95,7	87,0	82,6	82,6	87,0	87,0
≥ 2,5	64,0	72,0	88,0	88,0	84,0	84,0	88,0	80,0
total	77,1	85,4	91,7	87,5	83,3	83,3	87,5	83,3

5.1.4 Ermittlung des „optimalen“ intramuskulären Fettgehaltes

Tabelle 12 zeigt die IMF-Gehalte der Muskelproben bei unterschiedlicher sensorische Bewertung und in verschiedenen Fleischbeschaffenheitsklassen.

Proben die der Qualitätsklasse „gut“ zugeordnet wurden, besitzen bei allen sensorischen Merkmalen mittlere IMF-Gehalte über 4,0 %. Bei einer „guten“ Beurteilung des Aromas (6 Proben) liegt der Mittelwert für den Fettgehalt bei 5,5 % IMF, für die Saftigkeit bei 4,7 %. Eine gleiche Bewertung der Zartheit und des Gesamteindrucks wird bereits bei IMF-Gehalten von jeweils 4,2 % erreicht. In der besten Bewertungsstufe werden im Vergleich zu einer indifferenten bzw. ungenügenden Beurteilung signifikant höhere IMF-Gehalte nachgewiesen. Bei diesem Vergleich erhalten selbst Proben mit den geforderten Fettgehalten von 2,5 % zum großen Teil nur eine indifferente und Proben bis 2,3 % eine ungenügende Bewertung.

Weder für LF₁₂₀ noch für L* lassen sich zwischen den Qualitätsklassen Unterschiede im IMF-Gehalt nachweisen. Tendenziell scheint der IMF-Gehalt bei Proben mit einer besseren Fleischbeschaffenheit etwas höher zu sein.

Tabelle 12: IMF-Gehalte (%) von Proben mit unterschiedlicher sensorischer Qualität (Pkt.) sowie Fleischbeschaffenheit (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)

Merkmal	Qualitätsklasse									p-Wert
	gut			indifferent			ungenügend			
	n	LSQ	s	n	LSQ	s	n	LSQ	s	
sensorische Kriterien										
Saftigkeit	24	4,7 ^a	2,4	292	2,7 ^b	1,4	68	2,2 ^b	1,2	0,000
Zartheit	53	4,2 ^a	2,1	243	2,6 ^b	1,3	88	2,2 ^b	1,2	0,000
Aroma	6	5,5 ^a	2,3	295	2,8 ^b	1,5	83	2,2 ^b	1,3	0,000
Gesamteindruck	18	4,2 ^a	1,4	236	2,9 ^b	1,6	130	2,3 ^b	1,2	0,000
Fleischbeschaffenheit										
LF ₁₂₀	235	2,8 ^a	1,5	73	2,7 ^a	1,6	76	2,5 ^a	1,3	0,348
L*	134	2,9 ^a	1,8	249	2,6 ^a	1,3	1	2,6 ^a	-	0,156

a/b: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Qualitätsklassen

In Tabelle 13 ist die sensorische Bewertung der Proben in Abhängigkeit vom IMF-Gehalt dargestellt. Generell kommt es mit zunehmenden Fettgehalten zu einer Verbesserung in der sensorischen Beurteilung. Die Differenzierung zwischen Proben bis 2,5 % IMF ist nur gering. Mit Ausnahme der schwach besetzten Klassen mit Fettgehalten zwischen 4,50 % und 5,49 % IMF variiert die organoleptische Beurteilung ab einem IMF-Gehalt von 3,50 % nur noch unerheblich.

Tabelle 13: Sensorische Bewertung (Pkt.) der Proben in Abhängigkeit vom IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte und Standardabweichungen)

IMF-Gehalt	sensorische Merkmale (Pkt.)								
	n	Saftigkeit		Zartheit		Aroma		Gesamteindruck	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1,00 - 1,49	60	3,0	0,6	3,1	0,8	2,9	0,5	2,8	0,7
1,50 - 1,99	100	3,0	0,7	3,0	0,8	3,0	0,6	2,7	0,8
2,00 - 2,49	88	3,1	0,7	3,3	1,0	3,0	0,5	2,8	0,7
2,50 - 2,99	47	3,2	0,7	3,4	0,9	3,2	0,6	3,1	0,8
3,00 - 3,49	25	3,3	0,6	3,5	0,8	3,3	0,5	3,2	0,6
3,50 - 3,99	21	3,6	0,9	3,7	1,1	3,4	0,7	3,4	0,9
4,00 - 4,49	20	3,6	1,0	3,8	1,3	3,4	0,8	3,4	1,1
4,50 - 4,99	3	3,2	0,6	3,5	0,8	3,0	0,7	3,1	0,8
5,00 - 5,49	5	4,0	0,2	4,7	0,5	4,0	0,4	4,1	0,5
5,50 - 5,99	10	3,7	0,8	3,8	1,1	3,4	0,7	3,3	1,1
> 5,99	19	3,8	0,8	3,8	1,1	3,5	0,6	3,5	0,9

Um Unterschiede im Grillverlust und Scherkraftwerten in Abhängigkeit vom IMF-Gehalt darzustellen, werden Ergebnisse aus der Auswertung der sensorischen Qualitätsklassen (Tabelle 12)

genutzt. Die Einteilung der Fettgehaltsklassen basiert unter Berücksichtigung der Standardabweichungen auf dem vereinfachten Sachverhalt, daß Proben mit < 2,5 % IMF in der Regel sensorisch als „ungenügend“, Proben bis 4,0 % als „indifferent“ und > 4,0 % als „gut“ bewertet werden. Zwischen den Fettgehaltsklassen bestehen keine gesicherten Unterschiede im Grillverlust (Tabelle 14). In der Tendenz zeigen Proben mit Fettgehalten zwischen 2,5 % und 4,00 % jedoch einen geringeren Grillverlust. Demgegenüber beeinflusst der IMF-Gehalt signifikant die notwendige Scherkraft. Fleischproben mit Fettgehalten < 2,5 % zeigen mit 2,9 kg/cm² nachweislich die höchsten Scherwerte. Proben mit Fettgehalten ≥ 2,5 % unterscheiden sich nicht mehr.

Tabelle 14: Scherkraftwerte (kg/cm²) und Grillverlust (%) bei Proben mit unterschiedlichem IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)

Merkmal	IMF-Gehalt (%)						p-Wert
	> 4,0		2,5 – 4,0		< 2,5		
	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	
Grillverlust	25,8 ^a	5,2	24,9 ^a	4,7	25,8 ^a	4,3	0,261
Scherkraft	2,4 ^a	0,7	2,3 ^a	0,6	2,9 ^b	0,8	0,000

a/b: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Fettgehaltsklassen

Da auch bei Grillverlust und Scherkraft Unterschiede im Längsverlauf des *LD* nachgewiesen sind (Tabelle A 6), könnte eine ungleiche Verteilung der Proben aus den kranialen und den kaudalen Bereichen innerhalb der Fettgehaltsklassen zu fehlerhaften Ergebnissen führen. Daher wurde die Verteilung der Proben mit Fettgehalten > 4,0 % überprüft. Die Ergebnisse zeigen, daß ca. 30 % dieser Proben aus der Region 5./6. BW, ca. 14 % aus der Region 7./8. BW und ca. 42 % aus der Region 5./6. LW stammen. Der Rest verteilt sich in kleinen Anteilen auf die übrigen Meßstellen.

5.2 Anatomisch-physiologische Merkmale sowie Merkmale der Fleischqualität

5.2.1 Intramuskulärer Fettgehalt und Ermittlung der repräsentativen Meßstelle für den durchschnittlichen Gehalt im Muskel

Auswahl der Meßstellen

Für die Auswahl einer geeigneten kranialen Meßstelle wurden Ergebnisse aus dem ersten Versuchsteil wie folgt berücksichtigt:

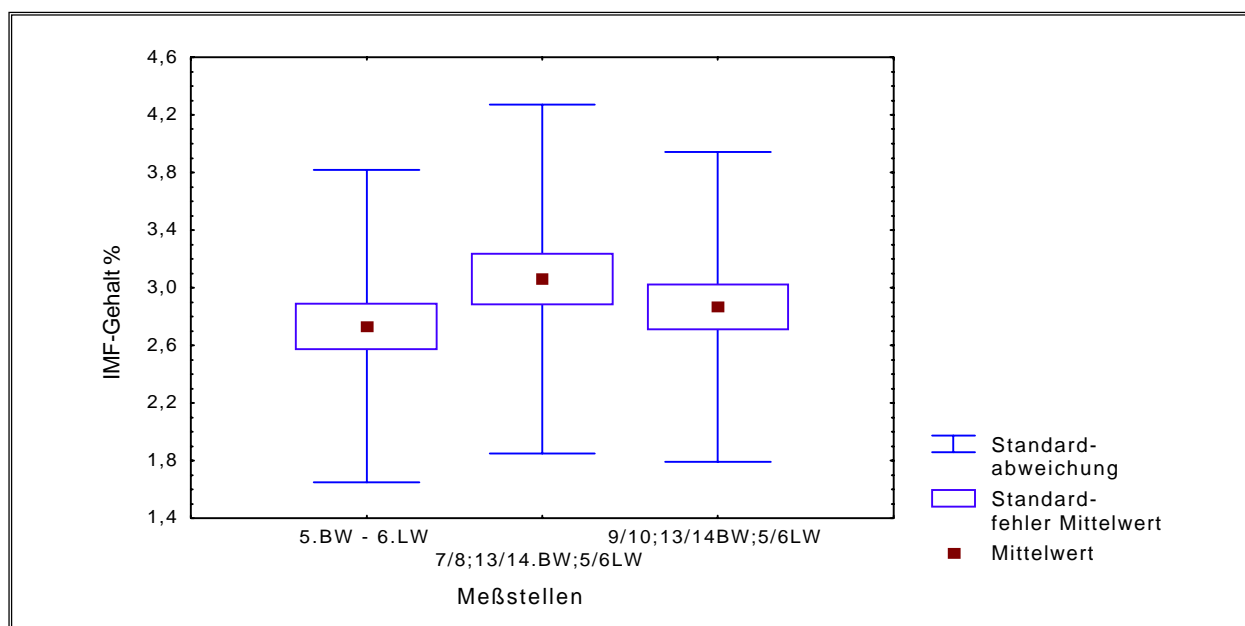


Abbildung 11: IMF-Durchschnittsgehalte (%) für den *LD* bei Verwendung des arithmetischen Mittelwertes der Fettgehalte von unterschiedlichen Meßstellen

Der erste Graph in Abbildung 11 repräsentiert das arithmetische Mittel aus den IMF-Gehalten aller 8 Meßstellen im vorhergehenden Versuch. Dieser Wert wird nachfolgend als ausschlaggebender Referenzwert ($\bar{x} = 2,7$ % IMF) angesehen. Der zweite Graph stellt den Durchschnitt aus den Werten der Meßstelle 7./8. BW, 13./14. BW und 5./6. LW dar. Der dritte Graph zeigt den Durchschnitt aus den IMF-Gehalten der Regionen 9/10. BW, 13./14. BW und 5./6. LW. Die Verwendung der Meßstelle 9./10. BW führt mit $\bar{x} = 2,9$ % IMF zu einer geringeren Abweichung vom Referenzwert. Aus versuchstechnischen Gründen mußte jedoch auf eine Messung in der Region 8./9. BW zurückgegriffen werden.

Generell scheint der Durchschnittswert durch die gewählten Meßstellen etwas überschätzt zu werden, da der IMF-Gehalte von medial nach kaudal keinem linearen Anstieg folgt.

Die zusätzliche Berücksichtigung der unterschiedlichen Muskelflächen führt mit $2,0$ % \pm $0,9$ % IMF gegenüber $2,1$ % \pm $0,9$ % IMF bei Annahme gleicher Muskelflächen zu einem niedrigerem Durchschnittsgehalt. In der weiteren Auswertung werden die IMF-Gehalte ohne Beachtung der

Unterschiede zwischen den Flächen verwendet. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß der wahre Durchschnittswert etwas unter den angegebenen Gehalten liegt.

Verteilung in Abhängigkeit vom Genotyp

Die varianzanalytische Prüfung innerhalb der einzelnen Genotypen bestätigt mit Ausnahme der Rassen SF und DE, den Einfluß der Probeentnahmestelle auf den IMF-Gehalt (Tabelle 15). Daneben besteht z.T. ein nachweisbarer Effekt durch den MHS-Typ und das Geschlecht. Der Versuchseffekt kann mit Ausnahme der Ergebnisse bei der Kreuzung Pix(PixSF) unberücksichtigt bleiben.

Tabelle 15: Einflußfaktoren auf den IMF-Gehalt (%) in Abhängigkeit vom Genotyp

Genotyp	Einflußfaktor				
	n	Meßstelle	MHS-Typ	Geschlecht	Versuch
SF	13	n.s.	*	*	-
(PixSF) x SF	36	*	n.s.	*	n.s.
Pi x SF	15	*	*	*	n.s.
(PixSF) x (PixSF)	15	*	*	n.s.	-
Pi x (DExDL)	21	*	n.s.	-	-
Pi x (PixSF)	25	*	*	*	*
DE	16	n.s.	-	-	-

In Tabelle 16 sind um Geschlechts- und MHS-Effekt korrigierte IMF-Durchschnittsgehalte des LD dargestellt. Gesicherte Differenzen im IMF-Gehalt bestehen zwischen Probanden der Rasse SF und allen anderen Genotypen. Dabei zeigen die SF neben dem höchsten Mittelwert ($\bar{x} = 3,04$ %) auch die vergleichsweise größte Standardabweichung. Probanden der Kreuzung Pix(PixSF) besitzen mit 1,04 % den signifikant niedrigsten IMF-Gehalt. Für alle weiteren Genotypen ergibt sich sowohl im IMF-Gehalt als auch in der Streuung des Merkmals ein relativ einheitliches Niveau.

Tabelle 16: IMF-Gehalte (%) der untersuchten Genotypen (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Genotyp	n	LSQ	s
SF	13	3,04 ^a	1,41
(PixSF) x SF	36	2,28 ^b	0,66
Pi x SF	15	2,40 ^b	0,45
(PixSF)x(PixSF)	15	2,33 ^b	0,40
Pi x (PixSF)	25	1,04 ^c	0,57
Pi x (DExDL)	21	2,04 ^b	0,68
DE	16	2,10 ^b	0,71

a - c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen

Tabelle 17 zeigt die Verteilung des IMF-Gehaltes im *LD* in Abhängigkeit vom Genotyp. Die Genotypen (PixSF)xSF, PixSF, (PixSF)x(PixSF) besitzen in der kranialen Region signifikant mehr IMF, während bei Pix(PixSF), SF und DE keine Unterschiede zwischen den Meßstellen bestehen.

Tabelle 17: IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im *LD* in Abhängigkeit vom Genotyp (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Genotyp	IMF- Gehalt					
	kranial		medial		kaudal	
	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s
SF	3,83 ^a	2,15	2,59 ^a	1,32	2,69 ^a	1,31
(PixSF) x SF	2,72 ^a	0,96	1,97 ^b	0,51	2,15 ^b	0,67
Pi x SF	2,85 ^a	0,54	2,01 ^b	0,45	2,33 ^b	0,55
(PixSF)x(PixSF)	2,93 ^a	0,63	2,01 ^b	0,38	2,05 ^b	0,32
Pi x (PixSF)	1,24 ^a	0,66	0,92 ^a	0,65	0,97 ^a	0,61
Pi x (DExDL)	2,59 ^a	1,14	1,69 ^b	0,47	1,84 ^b	0,55
DE	2,28 ^a	0,76	2,07 ^a	1,17	1,96 ^a	0,74

a/b: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im IMF-Gehalt zwischen den Meßstellen in einem Genotyp

Tabelle A 10 beinhaltet einen weiteren Vergleich der Fettverteilung zwischen den Genotypen. Für diese Analysen wurden die Gehaltsdifferenzen zwischen den Meßstellen festgestellt. Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigen, daß das Verhältnis der Fettgehalte zwischen *kranialer und medialer* Meßstelle nachweislich durch den Genotyp beeinflusst wird. Bei einem nachfolgenden Mittelwertvergleich zeigen sich gesicherte Unterschiede zwischen den Rassen SF und DE. Bei der Differenz zwischen *kranialem und kaudalem* Wert hebt sich SF gegenüber anderen Genotypen mit einem signifikant höheren Wert ab. Im Verhältnis der *kaudalen zur medialen* Region bestehen keine statistisch gesicherten Unterschiede.

Zusammenfassend besteht ein hinlänglich vergleichbares Verteilungsmuster zwischen den untersuchten Genotypen. Lediglich die Rasse SF hebt sich in Hinblick auf einen signifikant höheren IMF-Gehalt mit maßgeblichen Einfluß auf das Verteilungsmuster ab. Für die weitere Auswertung erfolgt daher eine vereinfachte Einteilung des Tiermaterials in 3 Fettgehaltsklassen, entsprechend dem ermittelten Durchschnittswert aus den drei Meßstellen ohne Berücksichtigung des Genotyps.

Verteilung in Abhängigkeit vom durchschnittlichen IMF-Gehalt

Alle drei Gehaltsklassen grenzen sich im IMF-Gehalt gesichert voneinander ab. Dabei weisen Proben in der Fettgehaltsklasse < 1,5 % (n= 31) einen Mittelwert von 0,90 ± 0,42 % IMF, die Fettgehaltsklasse 1,5 - 2,5 % einen Mittelwert von 2,02 ± 0,29 % IMF (n= 70) und die Klasse > 2,5 % IMF durchschnittlich 3,16 ± 0,66 % IMF (n= 40) auf.

Abbildung 12 zeigt, getrennt nach Gehaltsklasse, Unterschiede im IMF-Gehalt zwischen den Meßstellen im *LD*. Mit Ausnahme der Muskeln mit durchschnittlich < 1,5 % IMF besitzt die kraniale Region den höchsten Fettgehalt. Zwischen der medialen und kaudalen Meßstelle bestehen

keine gesicherten Unterschiede (Tabelle A 11). Mit zunehmender Fettgehaltsklasse steigt der IMF-Gehalt der kranialen Region prozentual sprunghaft an. Relativ zur medialen Muskelregion (= 100 %) besitzt der kraniale Bereich in der untersten Fettgehaltsklasse 19 %, in der Klasse 1,5 % - 2,5 % IMF 31 % und in Klasse > 2,5 % IMF 54 % Prozentpunkte mehr IMF. Im Gegensatz hierzu liegt der Fettgehalt in der kaudalen Region bei Proben < 1,5 % IMF im Durchschnitt 5,0 %, bei Proben mit 1,5 - 2,5 % IMF 6,0 % und bei Proben über 2,5 % IMF 8,0 % über den Werten der medialen Meßstelle.

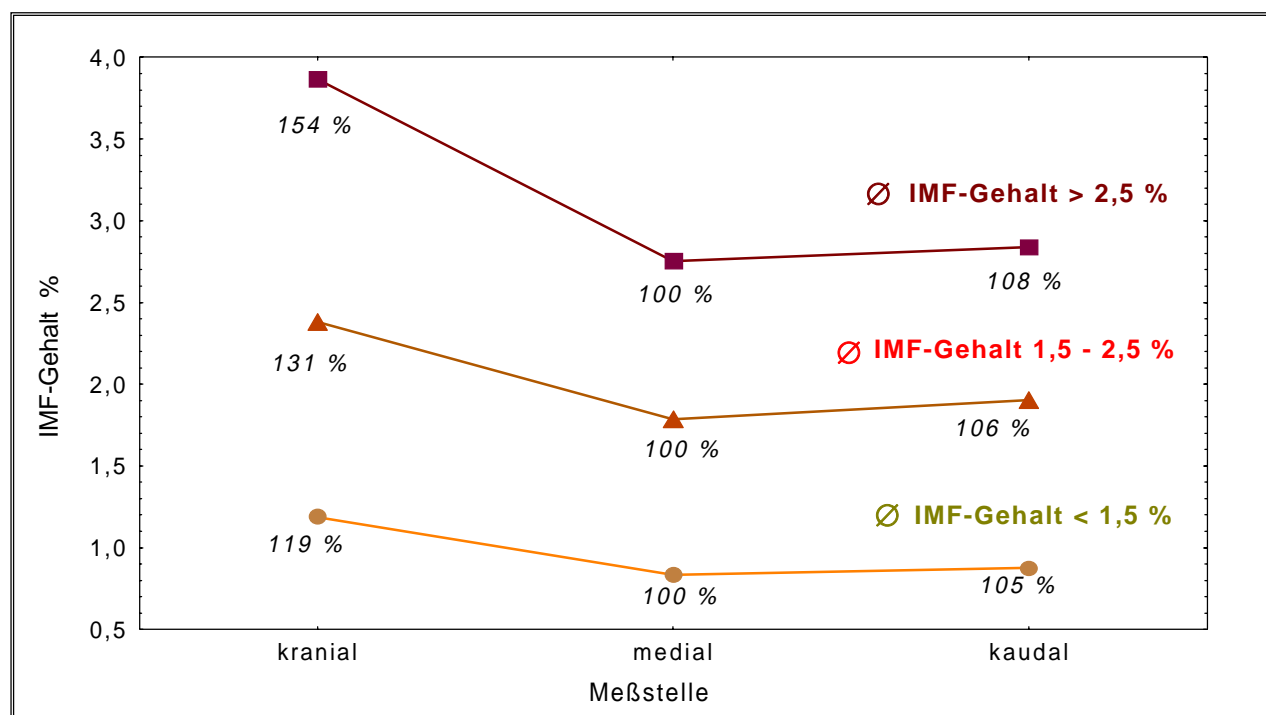


Abbildung 12: IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des LD sowie deren prozentuales Verhältnis zueinander in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt im Muskel

Auch für den Vergleich der IMF-Verteilung zwischen Muskeln mit variierendem durchschnittlichen Fettgehalt wurden die Gehaltsdifferenzen zwischen den Meßstellen ermittelt (Tabelle 18). Mit steigendem IMF-Gehalt werden die Differenzierung zwischen den Meßstellen größer. Dies läßt sich für das Verhältnis zwischen dem IMF-Gehalt der kranialen und der medialen Meßstelle statistisch belegen.

Tabelle 18: Differenzen (Prozentpunkte) zwischen den IMF-Gehalten (%) der einzelnen Meßstellen in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt im LD (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Ø IMF-Gehalt im LD	Meßstellen					
	kranial-medial		kranial-kaudal		kaudal-medial	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
< 1,5	0,22 ^a	0,24	0,22 ^a	0,28	0,00 ^a	0,21
1,5 - 2,5	0,60 ^b	0,54	0,48 ^a	0,46	0,12 ^a	0,35
> 2,5	1,29 ^c	1,27	1,09 ^b	1,16	0,18 ^a	0,95

a - c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Fettgehaltsklassen

Ermittlung der repräsentativen Meßstelle für den durchschnittlichen IMF-Gehalt im *LD*

Beziehungen zwischen den IMF-Gehalten der einzelnen Meßstellen sind in Tabelle 19 dargestellt. In der Klasse < 1,5 % IMF bestehen enge Korrelationen zwischen den Fettgehalten der Stellen ($r_p = .82^*$ bis $r_p = .89^*$), während sich in der Fettgehaltsklasse > 2,5 % IMF keine nennenswerten Beziehungen mehr ergeben. Bei Einbeziehung aller Fettgehaltsklassen sind die Zusammenhänge zwischen den Meßstellen mit $r_p = .73^*$ bis $r_p = .80^*$ wieder deutlich enger.

Tabelle 19: Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen den IMF-Gehalten (%) der einzelnen Meßstellen in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt im *LD* (%)

Ø IMF-Gehalt im LD	n	Meßstelle		
			medial	kaudal
< 1,5	31	kranial	.87*	.82*
		medial	-	.89*
1,5 - 2,5	70	kranial	.21	.48*
		medial		.32*
> 2,5	40	kranial	.22	.30
		medial	-	.29
total	141	kranial	.73*	.80*
		medial	-	.78*

Mittels Regressionsanalyse wurde weiter überprüft, inwieweit eine Schätzung des IMF-Durchschnittswertes über die Werte der Einzelmeßstellen möglich ist (Tabelle 20).

Tabelle 20: Schätzgenauigkeit (R^2) des durchschnittlichen IMF-Gehaltes (%) im *LD* bei Verwendung der IMF-Gehalte von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel

Ø IMF-Gehalt im LD	Meßstelle		
	kranial	medial	kaudal
< 1,5	.94	.94	.91
1,5 - 2,5	.84	.78	.84
> 2,5	.82	.68	.61
total	.91	.87	.88

Die höchsten Bestimmtheitsmaße zeigen sich mit $R^2 = .94$ bis $R^2 = .91$ in der Klasse < 1,5 % IMF. Bei Muskeln dieser Gehaltsklasse läßt sich mit Werten der kranialen oder medialen Meßstelle die genaueste Bestimmung des Durchschnittswertes durchführen. Bei Muskeln mit durchschnittlich 1,5 - 2,5 % IMF erlauben sowohl die kraniale als auch die kaudale Meßstelle eine Schätzung des Fettgehaltes mit $R^2 = .84$. Bei Proben mit > 2,5 % IMF ist eine eindeutige Tendenz zu Gunsten der kranialen Meßregion festzustellen ($R^2 = .82$). Die Zusammenfassung aller Proben bestätigt die vorrangige Eignung der Meßwerte aus dem kranialen Bereich.

Abbildung 13 zeigt die Abweichungen zwischen dem wahren Durchschnittswert und den mittels Fettgehalten der kranialen Meßstelle geschätzten Werte bei Einbeziehung aller Proben. Es ist deutlich erkennbar, daß die Genauigkeit bei Fettgehalten > 2,5 % abnimmt. In höheren Gehaltsbereichen treten z.T. extreme Fehleinschätzungen auf.

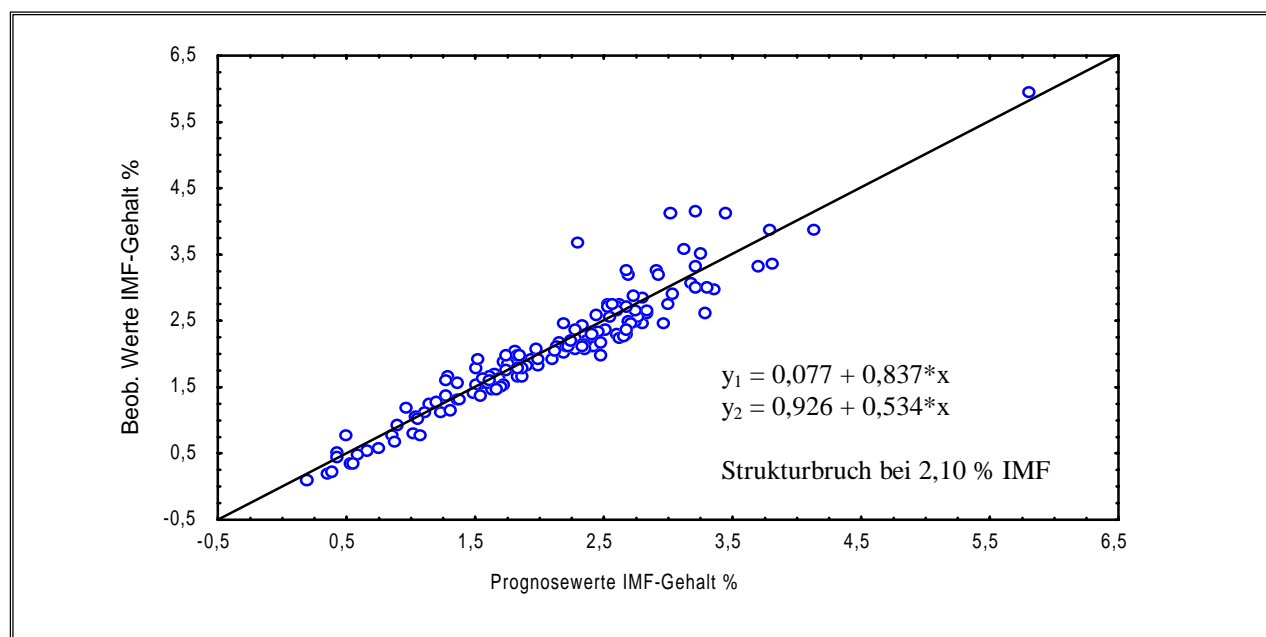


Abbildung 13: Abweichung der geschätzten von den beobachteten durchschnittlichen IMF-Gehalten (%) im LD bei Verwendung der Fettgehalte aus der kranialen Region

Im zweiten Untersuchungsansatz wurden die Abweichungen zwischen dem IMF-Gehalt der einzelnen Meßstellen und dem Durchschnittswert verglichen. Tabelle 21 zeigt die Mittelwerte, Standardfehler und Standardabweichungen der Differenzen.

Tabelle 21: Differenzen (Prozentpunkte) zwischen dem durchschnittlichen IMF-Gehalt (%) im LD und den Fettgehalten (%) an unterschiedlichen Meßstellen im Muskel (Mittelwerte und Standardfehler)

Ø IMF-Gehalt im LD	Meßstelle					
	kranial		medial		kaudal	
	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE
< 1,5	-0,15	0,03	0,07	0,02	0,07	0,03
1,5 - 2,5	-0,36	0,04	0,24	0,03	0,12	0,02
> 2,5	-0,79	0,12	0,48	0,10	0,31	0,09
total	-0,43	0,04	0,27	0,04	0,16	0,03

geringste Abweichung vom Durchschnittswert in Fettdruck

Mit steigendem Fettgehalt sinkt die Aussagegenauigkeit über die Differenzermittlung. Dabei zeigt die kaudale Meßstelle in allen Klassen tendenziell die geringsten Abweichungen vom Mittelwert sowie die kleinsten Standardabweichungen.

Über eine Diskriminanzanalyse wurde die Möglichkeit der Vorhersage einer Zugehörigkeit zu einer der drei Fettgehaltssklassen getestet (Tabelle A 12). Aus den in Tabelle 22 dargestellten Ergebnissen geht hervor, daß mit den Werten der kaudalen Meßstelle insgesamt 84,4 % der Proben der richtigen IMF-Gehaltsklasse zugeordnet werden können. Die IMF-Gehalte der

kranialen Meßregion erlauben eine korrekte Zuordnung von 82,3 %, die Werte der medialen Region eine Zuordnung von 77,3 % aller untersuchten Fleischproben. Darunter lassen sich Proben mit Fettgehalten zwischen 1,5 % und 2,5 %, vergleichbar bei allen drei Meßbereichen, am sichersten zuordnen. Die Abgrenzungsgenauigkeit für die Fettgehaltsklassen < 1,5 % und > 2,5 % IMF ist in der medialen Region gegenüber kranial und kaudal deutlich geringer.

Tabelle 22: Korrekte Zuordnung der Proben (%) in Klassen für den durchschnittlichen IMF-Gehalt im LD über Fettgehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel

Ø IMF-Gehalt im LD	Meßstelle		
	kranial	medial	kaudal
< 1,5	71,0	58,1	74,2
1,5 - 2,5	97,1	98,6	98,6
> 2,5	65,0	55,0	67,5
total	82,3	77,3	84,4

5.2.2 Fettsäurezusammensetzung und Bestimmung der repräsentativen Meßstelle im Muskel

Variation im LD

Bei Muskelsträngen mit einem durchschnittlichen Fettgehalt < 1,5 % IMF besitzen die kraniale und mediale Region signifikant geringere Anteile an Palmitin- sowie einen insgesamt höheren Anteil an SFA. In Klasse 1,5 % bis 2,5 % IMF enthält das IMF im kranialen Bereich gegenüber medial und kaudal nachweislich mehr Palmitin-, einen geringeren Anteil Linol- und Linolensäure und ohne Unterschied zur medialen Meßstelle mehr Stearinsäure. Nach dem Sättigungsgrad unterteilt zeigt dieser Muskelbereich Bereich den höchsten Anteil an SFA und den niedrigste Anteil an PUFA. Proben aus der Rückenmitte und der kaudalen Region unterscheiden sich nicht. In der Fettgehaltsklasse > 2,5 % IMF treten gesicherte Differenzen im Anteil PUFA zwischen Proben aus dem kranialen und medialen Muskelabschnitt auf. Eine Auswertung der Einzelfettsäuren zeigt für die Palmitinsäure einen nachweislich höheren Anteil in der kranialen gegenüber der medialen Region. Für die Linolensäure werden medial und kaudal höhere Anteile als in der kranialen Region festgestellt. Die Anteile aller weiteren Fettsäuren unterscheiden sich nicht. Die zugehörigen Daten sind in Tabelle A 13 dargestellt.

Berücksichtigt man den IMF-Gehalt der jeweiligen Meßstelle, so sind die lokalisationsbedingten Unterschiede in den Fettgehaltsklassen < 1,5 % und 1,5 - 2,5 % größtenteils nicht mehr zu sichern. In der Fettgehaltsklasse > 2,5 % bleiben die Differenzen im Anteil Linolensäure und PUFA erhalten.

Ermittlung der repräsentativen Meßstelle

Die Aufteilung des Datenmaterials in Fettgehaltsklassen führt zu schwer interpretierbaren Ergebnissen (Tabelle A 14). Betrachtet man alle Proben zusammen, so erklären die Werte der medialen Region bei fast allen Fettsäuren den größten Teil der Varianz des Durchschnittswertes. Die hiermit erreichten Bestimmtheitsmaße reichen von $R^2 = .93$ (Stearinsäure) bis $R^2 = .98$ (Linolensäure). Für die Summe der MUFA sowie PUFA werden Werte von jeweils $R^2 = .96$ und für die SFA von $R^2 = .88$ erreicht.

Die Abweichungen der Einzelmeßwerte vom durchschnittlichen Fettsäurenanteil im Muskel zeigen mit wenigen Ausnahmen ein besseres Resultat (Tabelle A 15). In der Fettgehaltsklasse $< 1,5$ % sind die geringsten Differenzen bei Verwendung der medialen Meßwerte zu erkennen. In den höheren Fettgehaltsklassen ergeben sich durch Werte aus der kaudalen Region genauere Schätzungen. In der Zusammenfassung aller IMF-Gehaltsklassen zeigen die Fettgehalte der medialen Meßstelle tendenziell die geringsten Abweichungen vom Referenzwert.

5.2.3 Muskelstrukturmerkmale

Im Fasertypenprofil ergeben sich ausgeprägte regionale Unterschiede im Anteil an STO-Fasern. Die kraniale Region weist dabei in allen Fettgehaltsklassen den signifikant geringsten Anteil auf. Nach posterior nimmt der Anteil STO-Fasern am Muskelfasergefüge zu. Die meisten STO-Fasern werden in der kaudalen Region von Muskeln mit durchschnittlichen Fettgehalten $> 1,5$ % gefunden. Trotz einer Tendenz zu einem höheren Anteil FTG-Fasern im kranialen Muskelbereich, welche sich in der Fettgehaltsklasse $> 2,5$ % auch statistisch sichern läßt, zeigen die Ergebnisse der Varianzanalyse keinen maßgeblichen Einfluß der Lokalisation auf den Anteil FTG-Fasern. Muskeln mit einem durchschnittlichen Fettgehalt von $< 1,5$ % besitzen in der kranialen Region einen signifikant höheren Prozentsatz FTO-Fasern. In den anderen Fettgehaltsklassen werden keine Differenzen gefunden.

Nach varianzanalytischer Prüfung zeigt sich kein wesentlicher Einfluß der Lokalisation im Muskel auf den Durchmesser der Fasern. Eine Ausnahme bilden die FTG-Fasern bei Proben aus der höchsten Fettgehaltsklasse. Tendenziell nehmen die Faserkaliber von kranial nach kaudal zu. In der Konsequenz kommt es unabhängig von der Fettgehaltsklasse zu einer Erhöhung des mittleren Fasergesamtdurchmessers in analoger Richtung. Auf die Muskelfläche bezogen zeigen sich jedoch keine Unterschiede in der MFGA.

Bis auf Proben aus der Fettgehaltsklasse $< 1,5$ % existieren zwischen den Meßstellen keine gesicherten Unterschiede im Fettzellendurchmesser. Die kleinsten Fettzellen finden sich jedoch tendenziell in der medialen Region.

Die LSQ-Mittelwerte der Strukturmerkmale in Abhängigkeit von der Lokalisation im *LD* und der Zugehörigkeit zu einer der drei Fettgehaltsklassen sind in Tabelle A 16 aufgeführt.

5.2.4 Fleischbeschaffenheitsmerkmale

In Muskelsträngen mit geringen IMF-Gehalten (< 1,5 %) variieren weder pH₂₄ noch LF₂₄ gesichert zwischen den Meßstellen. Tendenziell treten jedoch kranial die geringsten pH₂₄-Werte auf. Dieser Trend bestätigt sich auch für die Fettgehaltsklasse > 2,5 %. Die LF₂₄ des Muskels ist im medialen Abschnitt am geringsten, kaudal am höchsten. Diese lokalisationsbedingten Unterschiede lassen sich in allen drei Fettgehaltsklassen finden. Für Muskeln > 2,5 % IMF sind diese Unterschiede signifikant. Für die L* lassen sich bereits in der Klasse < 1,5 % IMF regional bedingte Differenzen nachweisen. Im Allgemeinen erscheint der kraniale Muskelbereich am hellsten. Für Proben mit mehr als 1,5 % IMF sind diese Unterschiede gesichert (Tabelle A 17).

5.3 Zusammenhang zwischen dem intramuskulären Fettgehalt und den erfaßten Merkmalen

Fettsäurenanteile

Tabelle 23 zeigt die Variation der Fettsäurezusammensetzung nach Einteilung der Daten entsprechend ihrem IMF-Gehalt unabhängig von der Lokalisation im Muskel.

Tabelle 23: Fettsäurenanteile in Proben mit unterschiedlichem IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)

Fettsäure	IMF-Gehalt (%)						p-Wert
	< 1,5 (n=72)		1,5 - 2,5 (n=113)		> 2,5 (n=54)		
	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	
C 14:0	1,3 ^a	0,1	1,4 ^b	0,1	1,4 ^c	0,1	0,001
C 16:0	25,7 ^a	1,0	25,8 ^a	0,8	26,6 ^b	0,8	0,000
C 16:1	3,9 ^a	0,4	4,4 ^b	0,5	4,4 ^b	0,5	0,000
C 18:0	14,0 ^a	1,1	12,6 ^b	1,2	12,6 ^b	1,1	0,000
C 18:1	46,3 ^a	2,2	49,6 ^b	2,1	50,9 ^c	1,6	0,000
C 18:2	8,4 ^a	2,4	5,8 ^b	1,7	3,8 ^c	0,8	0,000
C 18:3	0,49 ^a	0,1	0,44 ^b	0,1	0,36 ^c	0,1	0,000
Σ SFA	41,0 ^a	1,7	39,8 ^b	1,7	40,6 ^a	1,7	0,000
Σ MUFA	50,1 ^a	2,4	53,9 ^b	2,3	55,2 ^c	1,6	0,000
Σ PUFA	8,8 ^a	2,4	6,3 ^b	1,7	4,2 ^c	0,9	0,000

a - c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Anteil der Fettsäuren zwischen den Fettgehaltsklassen

Das Fettgehaltsniveau besitzt ausnahmslos einen hochsignifikanten Einfluß auf die Zusammensetzung des Fettes. Die Summe der SFA ist bei IMF-Gehalten zwischen 1,5 - 2,5 % sowohl gegenüber Proben aus der höheren als auch der niedrigeren Fettgehaltsklasse signifikant verringert. Dieser Sachverhalt ergibt sich aus dem gegenläufigen Verhalten von Myristin- und Palmitin- gegenüber der Stearinsäure. Während die Anteile erstgenannter Fettsäuren mit höheren IMF-Gehalten kontinuierlich ansteigen, nimmt die Stearinsäure ab einem Fettgehalt von 1,5 % ab.

Der Gehalt an MUFA steigt mit höheren IMF-Gehalten. Für die Palmitolensäure ergibt sich nach einer signifikanten Zunahme bei Proben mit $> 1,5$ % IMF keine weitere Veränderung. Der Anteil Ölsäure steigt mit zunehmenden Fettgehalten weiter. Für die PUFA ergibt sich bei steigendem IMF-Gehalt ein kontinuierlicher Rückgang.

Zwischen dem Anteil einzelner Fettsäuren und dem absoluten IMF-Gehalt bestehen geringe bis mittlere Korrelationen mit statistisch gesicherten Koeffizienten von $r_p = .32^*$ bis $r_p = .60^*$ (Tabelle A 18). Vernachlässigt man die gering besetzte mediale und kraniale Region in Fettgehaltsklasse $> 2,5$ %, dann bestehen im kranialen Bereich die engsten gesicherten Beziehungen. Mit steigendem Fettgehalt kommt es im wesentlichen zu einer Verringerung des PUFA- und einer Zunahme des MUFA-Anteils. Zum Anteil SFA bestehen nur inkonsistente Zusammenhänge.

Nach Zusammenfassung aller Fettgehaltsklassen zeigen sich mit $r_p = .13$ bis $r_p = .28^*$ lose, teilweise gesicherte positive Beziehungen zwischen der Myristin- sowie der Palmitinsäure und dem Fettgehalt und im medialen Bereich ein gesicherter negativer Zusammenhang zum Anteil Stearinsäure. Werden die SFA zusammen betrachtet, bestehen keine signifikanten Korrelationen zum Fettgehalt. Mit steigendem IMF-Gehalt nimmt der Anteil an Palmitolen- und Ölsäure, mit den engsten Beziehungen im medialen Muskelabschnitt ($r_p = .22^*$ bzw. $r_p = .34^*$), tendenziell zu. In Abhängigkeit von der Meßstelle zeigen sich für die MUFA Korrelationskoeffizienten zwischen $r_p = .19$ bis $r_p = .35^*$. Eindeutige Aussagen liefert die Untersuchung von Linol- und Linolensäure, wobei mit Ausnahme der Linolensäure in der medialen Region, gesicherte vorwiegend mittlere negative Beziehungen ($r_p = -.24^*$ bis $r_p = -.42^*$) zum Fettgehalt nachgewiesen werden. Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich bei der Zusammenfassung der PUFA.

Muskelstrukturmerkmale

Muskelabschnitte mit einem höheren Fettgehalt besitzen einen geringeren Anteil an STO- und FTO- sowie die signifikant meisten FTG-Fasern (Tabelle 24). Steigende IMF-Gehalte sind weiter mit einer deutlichen Reduzierung der Durchmesser von STO-, FTO- und FTG-Fasern verbunden. Betrachtet man den Fasergesamtdurchmesser als Mittel aus allen Fasertypen, so besitzen Muskelabschnitte mit $> 2,5$ % IMF signifikant kleinere Fasern und eine größere Anzahl Fasern je Flächeneinheit.

Da zwischen den Meßstellen keine Unterschiede in der MFGA bestehen (Tabelle A 16), können die in Fettgehaltsklassen eingeteilten Proben stellenunabhängig verglichen werden. Dabei zeigen Proben mit höheren Fettgehalten eine höhere MFGA.

Mit steigendem Fettgehalt vergrößern sich erwartungsgemäß die Durchmesser der Fettzellen.

Korrelationen zwischen IMF-Gehalt und Merkmalen der Muskelstruktur wurden an vorkorrigiertem Datenmaterial untersucht und sind in Tabelle A 19 getrennt nach Meßstelle und absolutem IMF-Gehalt aufgeführt. Die anteilmäßige Verteilung der Fasertypen steht in allen Meßstellen in einem bedingten Zusammenhang zum IMF-Gehalt. Diese Beziehungen sind größtenteils nicht gesichert. Aus der Höhe der Koeffizienten läßt sich auch keine Aussage zur gerichteten Veränderung der Fasertypenanteile bei steigendem IMF-Gehalt ableiten. Erwähnenswert ist, daß bei Muskelproben des kaudalen Bereiches und Fettgehalten $> 2,5$ % ein sehr enger

positiver Zusammenhang zwischen dem Fettgehalt und dem Anteil FTG-Fasern ($r_p = .73^*$) sowie eine entgegengerichtete Beziehung zum Anteil FTO-Fasern ($r_p = -.82^*$) besteht. Diese Ergebnisse beziehen sich allerdings auf die Auswertung von lediglich 11 Proben.

Bei Proben mit $< 1,5$ % IMF zeigen sich in der kranialen Region des Muskels gesicherte mittel-straftige positive Korrelationen zwischen den Faserkalibern und dem IMF-Gehalt. Einzige Ausnahme bildet der Durchmesser der FTO-Fasern. Für die mediale und die kaudale Region lassen sich die Zusammenhänge nicht statistisch sichern, aber auch hier besteht in der Klasse mit den geringsten Fettgehalten ein tendenziell positiver Zusammenhang zwischen den Faserdurchmessern. Mit zunehmendem Fettgehalt lockern sich diese Beziehungen. Bei Fettgehalten $> 1,5$ % existieren nur noch unwesentliche Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und Faserdurchmessern. Im Allgemeinen streuen die Ergebnisse für die mediale und die kaudale Meßregion erheblich, so daß keine gerichtete Tendenz erkennbar ist.

MFGA und IMF-Gehalt stehen in keiner klaren Beziehung zueinander. Auch die Analyse des Zusammenhangs zwischen Fettzellendurchmesser und dem chemisch ermittelten IMF-Gehalt erbrachte keine gesicherten Ergebnisse. Bemerkenswert ist dabei ein durchgängig entgegengerichtete Trend in der kaudalen Muskelregion bei allen Fettgehaltsklassen.

Betrachtet man alle Proben ohne Berücksichtigung des IMF-Gehaltsniveaus, so zeigen sich in keinem Bereich Zusammenhänge zwischen den Parametern der Muskelstruktur und dem IMF-Gehalt.

Tabelle 24: Vergleich der Muskelstrukturmerkmale in Proben mit unterschiedlichem IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)

Merkmal	IMF-Gehalt (%)									p-Wert
	< 1,5			1,5 - 2,5			> 2,5			
	LSQ	s	n	LSQ	s	n	LSQ	s	n	
STO %	12,1 ^a	4,5	67	11,8 ^a	3,8	105	10,3 ^b	3,7	49	0,058
FTO %	9,23 ^a	4,0	67	10,1 ^{ab}	3,2	105	10,8 ^b	3,3	49	0,129
FTG %	72,6 ^a	5,4	67	74,3 ^a	5,8	105	76,3 ^b	6,2	49	0,017
Ø STO µm	62,5 ^a	7,0	67	61,2 ^{ab}	8,5	105	59,2 ^b	8,4	49	0,193
Ø FTO µm	63,3 ^a	9,8	67	61,5 ^{ab}	9,5	105	58,9 ^b	10,5	49	0,150
Ø FTG µm	81,9 ^a	9,7	67	78,2 ^b	10,3	105	74,3 ^c	11,6	49	0,010
Ø GES µm	76,8 ^a	8,5	67	75,5 ^a	12,7	105	71,2 ^b	11,6	49	0,073
MFGA	941641 ^a	214102	66	1035215 ^{ab}	328821	105	1102974 ^b	368550	49	0,094
Ø Fettzellen µm	50,8 ^a	6,7	63	53,1 ^b	5,4	104	55,3 ^c	7,0	50	0,004

a – c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Fettgehaltsklassen

Fleischbeschaffenheitsmerkmale

In Tabelle 25 sind die LSQ-Mittelwerte für Parameter der Fleischbeschaffenheit 24 h p.m. in Abhängigkeit vom absoluten Fettgehalt angegeben. Muskelabschnitte mit < 1,5 % IMF zeigen gegenüber solchen mit höheren Fettgehalten deutlich geringere L*-Werte. Der Einfluß des Fettgehaltes wird auch in der varianzanalytischen Prüfung belegt. Im Gegensatz hierzu besteht weder für pH₂₄ noch für LF₂₄ ein gesicherter Einfluß des Fettgehaltes auf die Ausprägung des Merkmals. Proben mit Fettgehalten > 2,5 % verfügen über einen etwas höheren pH₂₄. Die Werte der LF₂₄ steigen mäßig, aber kontinuierlich mit höheren Fettgehalten.

Tabelle 25: Vergleich der Fleischbeschaffenheitsmerkmale in Proben mit unterschiedlichem IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)

Merkmal	IMF-Gehalt (%)									p-Wert
	< 1,5			1,5 - 2,5			> 2,5			
	LSQ	s	n	LSQ	s	n	LSQ	s	n	
L*	46,20 ^a	4,6	71	49,76 ^b	4,3	114	49,36 ^b	4,4	54	0,017
pH ₂₄	5,59 ^{ab}	0,1	72	5,59 ^a	0,2	114	5,62 ^b	0,2	54	0,129
LF ₂₄	4,29 ^a	2,0	72	4,59 ^a	2,4	114	4,57 ^a	5,4	54	0,463

a/b: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Fettgehaltsklassen

Im Allgemeinen zeigen sich bedingte Korrelationen zwischen den Parametern. Bis auf einen Koeffizienten sind die ermittelten Beziehungen statistisch nicht zu sichern. Zwischen pH₂₄ und dem IMF-Gehalt besteht ein schwacher, tendenziell positiver Zusammenhang. Bei Zusammenfassung aller Fettgehaltsklassen läßt sich für diese Beziehung in der medialen Region mit r_p= .22* ein gesicherter Koeffizient nachweisen.

Die größtenteils ungerichteten Beziehungen zwischen LF₂₄ und L* zum Fettgehalt lassen eine weitere Interpretation nicht ratsam erscheinen. Auch die Zusammenfassung aller Fettgehaltsklassen läßt keine aussagekräftigen Schlußfolgerungen zu (Tabelle A 20).

5.4 Fleischqualität des *M. longissimus thoracis et lumborum*

Tabelle 26 zeigt die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse. Die zugehörigen Klassifikationsfunktionen sind in Tabelle A 21 dargestellt. Muskeln mit „guter“ Fleischqualität können mit gleicher Zuverlässigkeit (79,0 %) durch Meßwerte des kranialen oder kaudalen Bereiches identifiziert werden. Bei Nutzung der medialen Werte ist eine richtige Zuordnung von 47,3 % möglich. Eine „Indifferente“ Qualität wird zu 95,0 % durch mediale oder kaudale Meßwerte richtig klassifiziert. Die Einteilung in die Selektionsgruppe „ungenügend“ ist mit Hilfe einer Messung im kranialen Bereich mit 85,0 % am genauesten. Insgesamt ergibt sich die beste Schätzung bei Verwendung der Werte der kaudalen Meßstelle mit einer Zuordnungsgenauigkeit von 84,8 % aller Muskeln.

Tabelle 26: Korrekte Zuordnung des *LD* (%) in Fleischqualitätsklassen über Fleischbeschaffenheitsmerkmale und IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel

∅ Fleischqualität des LD	n	Meßstelle		
		kranial	medial	kaudal
gut	19	79,0	47,3	79,0
indifferent	40	82,1	95,0	95,0
ungenügend	20	85,0	80,0	70,0
total	79	82,1	79,8	84,8

6 Diskussion der Ergebnisse

6.1 Kritische Betrachtung der gemessenen IMF-Gehalte

Da heutige Gebrauchskreuzungen nach verbreiteter Auffassung nur noch IMF-Gehalte < 1,5 % besitzen, erscheinen die analytischen Fettgehalte in der vorliegenden Untersuchung unerwartet hoch. Für die Kreuzung *Pix(DEXDL)* werden Werte zwischen 0,76 % (STEINBERG *et al.*, 1996) und 2,3 % IMF (MEYER, 1991) angegeben. In beiden vorliegenden Versuchen weisen die Probanden selbst in der Region mit dem niedrigsten Fettanteil mit 2,0 bzw. 1,7 % sehr hohe Gehalte auf. Weitere Untersuchungen von LPA-Tieren bestätigen mit 0,93 bis 1,72 % IMF eine enorme Variation und ein z.T. unerwartet hohes Fettgehaltsniveau für diese genetische Konstruktion (LENGERKEN *et al.*, 1998). Auch bei der Rasse *SF* liegen die eigenen Ergebnisse mit 2,6 % IMF deutlich über den Angaben von MATTHES *et al.* (1995) mit 1,25 % sowie LENGERKEN *et al.* (1989) mit ca. 2 % IMF. Nach Einteilung des Tiermaterials in Abhängigkeit vom Fleischanteil findet ENDER (1994) bei Probanden mit mehr als 55 % MFA mit 2,1 % ähnliche Gehalte, während Tiere mit geringerem Fleischanteil mit 2,8 % deutlich mehr IMF aufwiesen. Mit zunehmenden Anteil Pi in der Kreuzung kommt es erwartungsgemäß zu einer deutlichen Verringerung des Fettgehaltes. Dabei haben Probanden mit einem Pi-Anteil von 75 % nur noch 0,9 % IMF im LD. Angaben für die Rasse *DE* schwanken zwischen 0,8 % IMF (STEINBERG *et al.*, 1996) und ca. 2,0 % (LENGERKEN *et al.*, 1989; ALTMANN *et al.*, 1992). Die in den eigenen Untersuchungen ermittelten Fettgehalte stimmen mit den Ergebnissen letztgenannter Autoren überein.

Es muß festgestellt werden, daß sich die gefundenen Fettgehalte in allen Fällen im oberen Bereich der Literaturangaben bewegen. Eine direkte Gegenüberstellung der Ergebnisse ist aber problematisch, da neben dem genetischen Effekt auch ein starker Umwelteinfluß besteht (KALLWEIT *et al.*, 1996) und den Veröffentlichungen häufig genaue Angaben zu Methode und Extraktionsverfahren bzw. zur Basis von Kalibrationskurven fehlen. Selbst Ergebnisse aus den klassischen analytischen Verfahren sind nur bedingt vergleichbar (ENDER und REICHARDT, 1980; REICHARDT und MÜLLER, 1996; MUBLICK *et al.*, 1996). Eine Vorschaltung des HCl-Aufschlusses bei naßchemischer Analyse führt in der Regel zu einer zusätzlichen Erhöhung des IMF-Gehaltes um 0,3 Prozentpunkte, möglicherweise ist der Anteil der durch Säurevoraufschluß gewonnenen Lipide aber noch wesentlich größer (LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER, 1991; GEERS *et al.*, 1995). Berücksichtigt man die Tatsache, daß die Eichkurven zur NIT-Bestimmung in der vorliegenden Arbeit auf einer Fettextraktion ohne Hydrolyse beruhen, und beim Soxhlet-Verfahren sogar ein Rest an Triglyzeriden nicht erfaßt wird (ARNETH, 1998), stellt sich die Frage nach den Ursachen für die vergleichsweise hohen laborinternen Fettgehalte. Aus diesem Grund wurde ein Vergleich zwischen n-Hexan- und Petrolätherextraktion durchgeführt. Weiterhin wurden die Zeitspannen für Trocknung, Koch- und Tropfphase variiert, und die Auswirkung des Säurevoraufschlusses sowie der Verwendung von frischen bzw. aufgetauten Proben untersucht. Im Vergleich zur Analyse von Frischfleisch führt die Verwendung von aufgetauten Proben zu geringfügig höheren Fettgehalten. Aus dieser Differenz lassen sich die hohen Gehaltswerte dieser Untersuchung jedoch nicht erklären. Für das Verfahren mit Säurevoraufschluß bestätigt sich eine Erhöhung des IMF-Gehaltes um 0,2 bis 0,3 Prozentpunkte. Die Verwendung der verschiedenen

Lösungsmittel sowie die Variation der einzelnen Zeiten hatten keinen wesentlichen Einfluß auf den analytischen Fettgehalt.

Ein vermuteter Einfluß des hohen Schlachtkörpergewichts im ersten Versuch ließ sich statistisch nicht belegen. Da die Tiere einem anonymen Praxisbetrieb entstammten, konnten keine weiteren Produktionseinflüsse überprüft werden. Ein ausreichende Erklärung für die auffallend hohen IMF-Gehalte in dieser Untersuchung wurde nicht gefunden.

6.2 Variation der erfaßten Merkmale im *M. longissimus thoracis et lumborum*

Intramuskuläres Fett

In beiden vorliegenden Versuchen besteht ein signifikanter Einfluß der Lokalisation im Längsverlauf des *LD* auf den IMF-Gehalt. Proben aus dem medialen Bereich (11. bis 14. BW) besitzen jeweils den geringsten Fettgehalt. Nach kranial steigt dieser an und liegt in Abhängigkeit vom Ausgangsniveau in Region 8./9. BW ca. 20 bis 50 Prozentpunkte über den Werten aus der Rückenmitte. Zwischen der Rückenmitte und dem 3./4. LW verändert sich der Fettgehalt wenig und im kaudalen Muskelende liegen die IMF-Gehalte in der ersten Untersuchung 104 bis 109 Prozentpunkte und im zweiten Versuch 5 bis 8 Prozentpunkte über den Werten der derzeitigen Referenzmeßstelle. Ursachen für die abweichenden Ergebnisse bezüglich der Muskelendbereiche könnten zum einen in dem um ca. 10 kg höheren Schlachtgewicht und damit verbundenen muskelphysiologischen Veränderungen bei den Probanden des ersten Versuches liegen. Zum anderen ist auch eine Variation in der Anzahl BW oder eine genotypenbedingte Abweichung im Verteilungsmuster des IMF, die aber vermutlich nur durch Unterschiede im generellen Fettgehaltsniveau verursacht werden, als Ursache nicht auszuschließen. Bei einer insgesamt sehr unbalancierten Klassenbesetzung zeigen die diesbezüglichen Analysen nur punktuelle Unterschiede in der intramuskulären Fettverteilung zwischen den Genotypen. Abweichungen treten dabei vor allem bei genetischen Konstruktionen auf, die sich durch extrem hohe (SF) oder sehr niedrige Fettgehalte [Pix(PixSF)] auszeichnen. In diesem Zusammenhang beobachten auch YAMATANI *et al.* (1988) zwischen Holstein und F₁-Kreuzungen mit Japanese Black genotypenbedingte Unterschiede in der Einlagerungsintensität des IMF während des Wachstums mit entsprechenden Konsequenzen für dessen Verteilung. Im Gegensatz hierzu finden ZEMBAYASHI und LUNT (1995) beim Vergleich von sieben bovinen Genotypen, trotz signifikanter Differenzierung in der Marmorierungsbenotung keine wesentliche Variation in der longitudinalen IMF-Verteilung.

In Übereinstimmung mit den vorliegenden Ergebnissen weisen eine Reihe von Autoren (CARPENTER *et al.*, 1961a; TOPEL *et al.*, 1966; SHARMA *et al.* 1987; FISCHER, 1994; LIPPMANN *et al.*, 1995; BODIS *et al.*, 1998) im mittleren Bereich des *LD* die geringsten IMF-Gehalte nach. Untersuchungen von LIPPMANN *et al.* (1995) bestätigen zudem einen im Fettgehalt verhältnismäßig homogenen Bereich vom 14. BW bis 3. LW (1,36 %; 1,36 %; 1,45 %), dem sich ein beträchtlicher Anstieg in Region 5. LW (2,32 %) anschließt. Vergleicht man die IMF-Verteilung

zwischen Probanden mit stark variierendem durchschnittlichen Fettgehalt im *LD*, so wird deutlich, daß die Abweichungen der IMF-Gehalte zwischen den Meßstellen mit steigendem Gehaltsniveau größer werden. Dabei zeigen die Ergebnisse des zweiten Versuches eine vermehrte Fetteinlagerung im kranialen Bereich und nachfolgend erst eine prozentuale Zunahme im kaudalen Muskelabschnitt. Demgegenüber wird bei zusätzlicher Einbeziehung der Region 5./6. BW eine gleichstarke intramuskuläre Verfettung in den Muskelenden festgestellt. Eine der wenigen Untersuchungen beim Schwein, die vergleichbare Meßstellen nutzen, zeigt, daß sich die Bereiche 8. BW und 5. LW im IMF-Gehalt wenig unterscheiden (FISCHER, 1994), was die Befunde des ersten Teilversuches bestätigt. CARPENTER *et al.* (1961a) finden abhängig vom Fettgehaltsniveau teilweise gesicherte Abweichungen zwischen anterioren (7. BW) und posterioren Muskelabschnitten (6. LW), aber in allen Fällen den höchsten IMF-Gehalt im Bereich 6. LW. Dagegen kommen ZEMBAYASHI und LUNT (1995) selbst bei einer hohen Variation im Fettgehaltsniveau zwischen den untersuchten Rinderrassen nicht zu einer endgültigen Aussage über die Verhältnisse der IMF-Gehalte im kranialen und kaudalen Bereich.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß im Gegensatz zur unzweifelhaft geringsten IMF-Einlagerung im medialen Teil des *LD* bisher keine schlüssige Auffassung zum Verhältnis der Fettgehalte zwischen anterioren und posterioren Endbereichen des Muskels besteht. Vorliegende Ergebnisse und Hinweise aus der Literatur deuten aber auf eine Veränderung in deren Verhältnis zueinander bei insgesamt steigendem Fettgehalt hin.

In der vorliegenden Arbeit wurden weitere Untersuchungen zur crossectionalen Fettverteilung in drei Abschnitten entlang der longitudinalen Achse des *LD* durchgeführt. Dabei besitzt der ventrale Teil des Muskelquerschnitts (Region 3 und 4, Abbildung 3) in der Rückenmitte und im kaudalen Bereich des *LD*'s gesichert höhere Fettgehalte. Hierfür verantwortlich ist vermutlich eine auch visuell gut erkennbare „baumähnliche“ Fetteinlagerung im ventralen Teil, die im kranialen Abschnitt nicht zu erkennen ist. Auch neuere Erkenntnisse zur Fettzellenentwicklung bei genetisch differenten Rindern sprechen trotz rassespezifischer Besonderheiten für ein ventro-dorsales Gefälle im Fettflächenanteil mit zunehmend gleichmäßigerer Verteilung bei ansteigendem Fettgehalt (ALBRECHT, 1997). Nach eigenen Befunden ist wiederum in der ventro-lateralen Region (Region 4) tendenziell das meiste Fett eingelagert. Da vergleichbare Untersuchungen beim Schwein nicht bekannt sind, werden im folgenden Ergebnisse von Studien am bovinen *LD* diskutiert. Dabei kommen REDDY *et al.* (1970) nach Untersuchungen an Rindersteaks aus dem Bereich 9. BW zu gegensätzlichen Ergebnissen. Unabhängig vom Fettgehaltsniveau (4,8 bis 6,6 % IMF) besitzt der ventro-laterale Bereich tendenziell den geringsten analytischen IMF-Gehalt. Auch bei einer weiteren crossectionalen Analyse des *LD* von Ochsen im Bereich 12. BW (SKG: 241 bis 438 kg; Alter: 12 bis 38 Monate) werden in der medialen und zentralen Position gegenüber dem lateralen Bereich höhere Fettgehalte gefunden (COVINGTON *et al.*, 1970). Berücksichtigt man den Verfettungsgrad, dann haben gering marmorierte Proben die meisten Fettdepots im medialen und weniger im zentralen Bereich, während bei stärker marmorierten Steaks eine größere Anzahl Fettdepots im lateralen und die kleinste Anzahl in der medialen Position auftritt. Der allgemeine Trend deutet jedoch auf weniger Fettfläche im zentralen und mehr im lateralen Bereich hin. Betrachtet man den histologisch ermittelten Fettanteil, so zeigt der

laterale Abschnitt in Steaks mit sehr geringer Marmorierung das wenigste Fett, und moderat marmorierte Fleischproben weisen vor allem im zentralen Bereich einen hohen Fettanteil auf (MOODY und CASSENS, 1968). Bei der Interpretation dieser Ergebnisse sei jedoch darauf hingewiesen, daß in den angeführten Studien alle morphologisch untersuchten Muskelproben lediglich einen Durchmesser von 12,7 mm aufwiesen und bei REDDY *et al.* (1970) zudem aus dem äußersten ventralen Bereich des Muskels entnommen wurden. Die Beziehungen zwischen chemisch und histologisch ermittelten Fettgehalt variieren in Abhängigkeit von der Marmorierungsklasse und der Lokalisation und nehmen im Fall der sehr gering marmorierten Proben sogar negative Vorzeichen an (MOODY und CASSENS, 1968). Rückschlüsse auf eine Verteilung des chemischen Fettgehaltes sind daher nur eingeschränkt möglich.

Obwohl in den angeführten Untersuchungen die Probeentnahmestellen und Methoden nicht hundertprozentig übereinstimmen, besteht beim Rind hinsichtlich der crossectionalen Verteilung des IMF eine weitgehend einheitliche Auffassung von den geringsten analytischen Fettgehalten im lateralen bzw. latero-ventralen Bereich. Im vorliegenden Versuch wurde aus meßtechnischen Gründen ein anatomisch gesehen großer Bereich von 15 cm je Meßregion untersucht. Ursachen für die abweichenden Ergebnisse der eigenen Untersuchung sind somit möglicherweise in der Überschneidung der Probeentnahmestellen im Längsverlauf, aber auch im Muskelquerschnitt des *LD*, vor allem im latero-zentralen Bereich, zu suchen. Fraglich ist zudem, ob eine Übertragung der Ergebnisse zur Fettverteilung im bovinen *LD* auf die Verhältnisse beim Schwein überhaupt möglich ist. Zwischen Rind- und Schweinefleisch zeigen sich z.B. deutliche Rangfolgedifferenzen in der sensorischen Zartheitsbewertung der crossectionalen Abschnitte. Während im porcinen *LD* der laterale Bereich tendenziell als am zartesten eingestuft wird, ist dies beim Rind die mediale Region (ALSMEYER *et al.*, 1965; HEDRICK *et al.*, 1968). Die Auffassung von einer stärkeren Fetteinlagerung im ventralen Bereich wird aber auch durch neuere morphologische Untersuchungen zum intramuskulären Fettzellwachstum bei Rindern unterstützt. Demnach erfolgt, entsprechend der Blutversorgung im Muskelquerschnitt, zuerst eine verstärkte Fettzelleinlagerung in den profunden und später in den superfiziellen Regionen. Fettzellen der profunden Region besitzen im Vergleich zu superfiziellen Muskelbereichen außerdem um 20 % größere Durchmesser (WEGNER *et al.*, 1998).

In der vorliegenden Arbeit wurde nur die Veränderung im Anteil Triglyzeride erfaßt, dem auch der maßgebliche Beitrag zum Anstieg im Gesamt-IMF-Gehalt zugeschrieben wird (ESSENGUSTAVSSON *et al.*, 1994). Verschiedene Autoren belegen aber eine fortschreitende Hyperplasie im IMF und damit auch eine Zunahme an Membranlipiden (ANDERSON und KAUFFMAN, 1973; FIEDLER *et al.*, 1990; WEGNER *et al.*, 1998), die nach FIEDLER *et al.* (1990) beim Schwein wahrscheinlich erst im Alter von 23 Wochen abgeschlossen ist. KUHN *et al.* (1995) weist außerdem einen Einfluß der Fütterungsintensität auf den als weitgehend konstant geltenden Anteil Membranlipide nach. Damit trägt bei Schweinen im vermarktungsüblichen Gewichtsbereich neben der Fettzellhypertrophie über Triglyzeridakkumulation auch Hyperplasie zum Fettansatz bei. Obwohl in weitgehender literaturseitiger Übereinstimmung die Fettzellengröße in engerer Beziehung zum Fettansatz steht als die Fettzellenanzahl (ANDERSON und KAUFFMAN, 1973; HOOD und ALLEN, 1977; HOOD und THORNTON, 1979), sind bei einer nicht ausgeschlossenen longitudi-

nen oder transversalen Variationen im Verhältnis der Prozesse zueinander auch Unterschiede in der Fettzellenanzahl bei der Ausprägung regionaler Differenzierungen von Bedeutung. Ungeklärt bleibt damit die Frage, inwieweit die vorliegenden Analysen die Verteilung des Gesamtlipidgehaltes und den sensorisch wirksamen IMF-Gehalt überhaupt widerspiegeln, da gerade Phospholipide eine geringe Aromaschwelle besitzen (BLUNK, 1990; LARICK und TURNER 1990).

Fettsäurenanteile

Als qualitative Komponente des IMF kommt der Fettsäurezusammensetzung aus ernährungsphysiologischer und sensorischer Sicht Bedeutung zu. Untersuchungen an verschiedenen Muskeln lassen größere Unterschiede in der Fettsäurezusammensetzung als im eigentlichen IMF-Gehalt erkennen (ALLEN *et al.*, 1967a), was vermutlich auf den eingeschränkten Zusammenhang zwischen der Lipidzusammensetzung (SHARMA *et al.*, 1987; LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER, 1991) und dem metabolischen Muskeltyp zurückzuführen ist. Da sowohl IMF-Gehalt als auch Muskelfasertypzusammensetzung in der longitudinalen Achse des *LD* variieren, wurde auch der Einfluß der anatomischen Lokalisation auf die Fettsäurezusammensetzung des IMF untersucht. Trotz einzelner gesicherter Mittelwertdifferenzen unterscheiden sich die Fettsäurenanteile in den verschiedenen Regionen des *LD* bei Muskeln mit < 1,5 % IMF nicht wesentlich. Mit steigendem durchschnittlichen Fettgehalt werden, besonders im kranialen Bereich, parallel zur beträchtlichen Zunahme im Fettgehalt tendenziell mehr SFA und weniger PUFA eingelagert. Bei einem Neutral-lipidgehalt von 2,1 % im Bereich 5. BW gegenüber 1,4 % in Region 2. LW finden SHARMA *et al.* (1987) keine Unterschiede in den Fettsäurefraktionen dieser Bereiche. Werden die Ergebnisse zur Zusammensetzung der Phospholipide hinzugenommen, können auch diese Autoren signifikant höhere Anteile Palmitinsäure und SFA sowie eine deutliche Tendenz zu niedrigen PUFA-Gehalten in der kranialen Region feststellen. Da der IMF-Gehalt im Längsverlauf des *LD* auch innerhalb der gewählten Fettgehaltsklassen variiert, stellt sich die Frage, ob tatsächlich Lokalisationsunterschiede oder allein die Variation des absoluten IMF-Gehaltes für die gefundenen Differenzierungen verantwortlich sind. Aus diesem Grund wurde eine erneute Varianzanalyse mit dem absoluten IMF-Gehalt als Kovariable durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, daß die meisten Unterschiede in der Fettsäurezusammensetzung auf die Variation im absoluten IMF-Gehalt zurückzuführen sind. In der Fettgehaltsklasse > 2,5 % IMF bestätigt sich allerdings ein Einfluß der anatomischen Lokalisation auf den Anteil Stearinsäure und den PUFA-Gesamtgehalt der Triglyzeride.

Muskelstrukturmerkmale

Neben dem den Fettstoffwechsel regulierenden Enzymsystem können Unterschiede in der Muskelgewebestruktur eine mögliche Ursache der ermittelten Heterogenität in der Verteilung des IMF sein. So versuchten bereits BEECHER *et al.* (1965) sowie KAUFMANN und SAFANIE (1967) die Unterschiede in der Fetteinlagerung topographisch verschiedener Muskeln durch die Differenzierung in der Fasertypzusammensetzung zu erklären. Nach den vorliegenden Ergebnissen nimmt der Anteil STO-Fasern abhängig vom Fettgehaltsniveau der Muskeln vom kranialen bis zum

kaudalen Muskelende um 38 bis 76 Prozentpunkte zu und der Anteil FTG-Fasern mit 1,6 bis 4,8 Prozentpunkte tendenziell ab. Auch FIEDLER *et al.* (1998) finden von kranial (11./12. BW) über medial (13./14. BW) nach kaudal (5./6. LW) eine Erhöhung im Anteil STO-Fasern in vergleichbarer Größenordnung, aber eine deutlich stärkere Verringerung im Anteil des glykolytischen Fasertyps. Auch bei eigenen Untersuchungen am *LD* von Schafen bestätigt sich eine tendenzielle Abnahme im Anteil FTG-Fasern nach kaudal. Es werden allerdings keine gesicherten Unterschiede im Anteil STO-, aber im kranialen Bereich (3./4. BW) nachweislich weniger FTO-Fasern gefunden (unveröffentlicht). In dieser Vergleichsstudie zum ovinen *LD* wurden in Geschlecht und Mastendmasse variierende Probanden untersucht, so daß hierauf basierende physiologische Abweichungen in der Fasertypenzusammensetzung und deren Variation möglich und gegebenenfalls zu berücksichtigen sind. Im Gegensatz zur Anfärbung von Muskelproben beim Schwein lassen sich beim Schaf STO- und FTO-Fasern schlechter differenzieren, was eine weitere Ursache für die abweichenden Befunde in der Entwicklung im Anteil FTO- und STO-Fasern beim Schaf darstellen könnte. VIGNERON *et al.* (1976) finden im *LD* von Kaninchen eine signifikante prozentuale Abnahme im Anteil STO- und eine Zunahme im Anteil FTO-Fasern nach kaudal, die zusammengenommen aber eine homogene Verteilung im Längsverlauf zeigen und damit eine ausgeglichene aerobe Kapazität des *LD* belegen. In der vorliegenden Untersuchung erhöht sich in der Tendenz aber auch der summarische Anteil von STO- und FTO-Fasern nach posterior. Die Ergebnisse zum Kaninchen sind aufgrund eines abweichenden Bewegungsverhaltens gegenüber dem Schwein wahrscheinlich auch nur bedingt vergleichbar, da in Verbindung mit einer veränderten Muskelaktivität auch strukturelle Merkmale der Skelettmuskulatur beeinflußt werden (ASHMORE, 1974; PETTE *et al.*, 1975, 1976; GUTH und ALBUQUERQUE, 1978).

Ein endgültiges Fasertypenmuster scheint beim Schwein erst im Alter von 5 Jahren erreicht zu werden (SALOMON *et al.*, 1981). Bis dahin sind Fasertransformationen in Abhängigkeit von der funktionalen Belastung der Muskulatur möglich (ASHMORE, 1974). Im Verlauf der postnatalen Fasertypendifferenzierung kommt es nach einem Anstieg im Anteil der STO-Fasern zu einem Plateau (SUZUKI und CASSENS, 1980; SALOMON *et al.*, 1983) und bis zum Erreichen des Schlachtgewichtes durch Transformation von FTO- zu FTG-Fasern zu einer Zunahme der Fasern mit glykolytischem Stoffwechsel (SALOMON *et al.*, 1981; BADER, 1982; FIEDLER, 1983; LEFAUCHEUR und VIGNERON, 1986). Unter Berücksichtigung der angeführten lokalisationsbedingten Unterschiede in den Fasertypenanteilen legt dies die Vermutung nahe, daß entsprechend der Theorie einer kranio-kaudalen Differenzierung in der Entwicklung der Skelettmuskulatur (DAVIES und KALLWEIT, 1979) auch im Längsverlauf des *LD* eine zeitliche Verschiebung im Differenzierungsprozeß von kranial nach kaudal existieren könnte.

Die Faserdurchmesser nehmen von kranial nach kaudal zu, wobei in Abhängigkeit vom durchschnittlichen IMF-Gehalt des Muskels teilweise gesicherte Mittelwertdifferenzen existieren. Gleiches gilt für den mittleren Fasergesamtdurchmesser. Diese Ergebnisse werden im wesentlichen durch Befunde von FIEDLER *et al.* (1998) erhärtet, die für den porcinen *LD* eine signifikante Zunahme der Faserkaliber zwischen dem 11./12. BW und dem 5./6.LW finden. Zu ähnlichen Befunden kommen auch eigene, bisher unveröffentlichte Untersuchungen beim Lamm. Die Faserkaliber im ovinen *LD* unterscheiden sich zwischen kranialem und medialem Bereich

allerdings nur wenig, während diese, mit Ausnahme der FTG-Fasern, in der kaudalen Region signifikant größer sind. VIGNERON *et al.* (1976) können beim Kaninchen keine Veränderung des mittleren Fasergesamtdurchmessers vom 5. BW bis zum 4. LW feststellen, danach finden auch diese Autoren eine signifikante Größenzunahme.

Als indirekter Ausdruck des Faserdurchmessers wird der Faseranzahl pro Flächeneinheit und mit besserem Bezug zum Fleischansatz der MFGA zunehmende Bedeutung beigemessen. Die MFGA des gesamten Muskels gilt als entscheidender Faktor für dessen Wachstumspotential. Dabei ist die Anzahl der postnatal vorhandenen Muskelfasern weitgehend konstant (FIEDLER, 1983; FIEDLER *et al.*, 1987) und das Wachstum erfolgt in physiologischen Grenzen über eine transversale und longitudinale Ausweitung vorhandener Fasern (WEGNER *et al.*, 1992). Die hohen Angaben für die MFGA in der vorliegenden Untersuchung beruhen auf, gegenüber den Ergebnissen von Biopsieproben, geringeren Faserdurchmessern bei postmortal entnommenen Autopsieproben (WEGNER und SCHÖBERLEIN, 1984; FIEDLER, 1995). Nach vorliegenden Ergebnissen gibt es im Längsverlauf des *LD* keine gesicherten Unterschiede in der MFGA der Muskelquerschnitte. Einige Autoren (SWATLAND und CASSENS, 1972; SWATLAND, 1973, 1976) beobachten im Gegensatz zur MFGA des gesamten Muskels aber eine variierende Faseranzahl im Muskelquerschnitt während des Wachstums, die auf ein unterschiedlich intensives Längenwachstum der Fasern zurückzuführen ist.

Die Veränderung der Fettzellendurchmesser spiegelt die Variation des chemisch ermittelten IMF-Gehaltes nur ungefähr wider. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Varianzanalyse besteht in keinem Fall ein gesicherter Einfluß der Lokalisation im *LD* auf das Fettzellenkaliber. Die Ursachen für dieses unerwartete Ergebnis liegen vermutlich in der verwendeten Nachweismethode, die keine Erfassung der Fettzellenanzahl und deren Verteilung im *LD* ermöglicht. Alle Autopsieproben wurden aus dem dorsalen Bereich des Muskels entnommen. Nach den Befunden zur crossectionalen Fettverteilung wird aber gerade im ventralen Bereich des Muskelquerschnitts mehr Fett eingelagert. Kritisch scheint zudem die alleinige Erfassung des Durchmessers, die die gegebenen Volumenverhältnisse nicht adäquat widerspiegelt. Weitere Aspekte zur Vergleichbarkeit von Ergebnissen aus chemischen, histochemischen und histologischen Untersuchungen des IMF werden in Abschnitt 6.3 diskutiert.

Fleischbeschaffenheitsmerkmale

Für die LF_{120} sind keine gesicherten Unterschiede im Längsverlauf des *LD* nachgewiesen. In der Tendenz zeigen sich allerdings kranial die höchsten Werte mit deutlich über 5 mS/cm. Obwohl auch MUBMANN (1995) keine signifikanten Meßstelleneffekte für die LF_1 nachweisen kann, bestätigt sich ein Trend zu höheren Leitfähigkeitswerten im kranialen (5./6. BW) und geringeren im medialen Muskelabschnitt. Ähnliche Befunde ergeben auch eigene, bisher unveröffentlichte Untersuchungen am porcinen und ovinen *LD*, nach denen der Muskel in Region 8./9. BW bzw. 3./4. BW eine gesichert höhere Leitfähigkeit gegenüber posterioren Abschnitten aufweist. Eine Erklärung für diesen Leitfähigkeitsgradienten könnte in der räumlichen Nähe der kranialen Muskelsektion zum Ort der elektrischen Betäubung und der damit verbundenen strukturellen

Schädigung der Zellmembranen liegen. In Umkehrung der Situation weist nach 24 h die kaudale Region die höchste Leitfähigkeit und der mediale Muskelabschnitt immer noch die geringsten Werte auf. Im Gegensatz hierzu nimmt die LF_{24} beim Schaf von kranial nach kaudal signifikant ab. Obwohl die vorliegenden Untersuchungen beim Schwein zur früh- und spätpostmortalen Leitfähigkeit an unterschiedlichen Stichproben durchgeführt wurden und Rückschlüsse auf die Veränderung der Verteilungsverhältnisse im *LD* damit nur bedingt möglich sind, werden diese durch Befunde von MUBMANN (1995) bestätigt. Einige Autoren beobachten eine Zunahme der Leitfähigkeit im *M. semimembranosus* nach mechanischer Belastung bei der Aufhängung des Schlachtkörpers (REUL, 1988; RÖSENER und BRENNER, 1989). Gleichmaßen scheint auch der pH_1 im *M. semimembranosus* und in den anatomisch nahe liegenden posterioren Bereichen des *LD* beeinflusst zu werden (AALHUS *et al.*, 1991). Somit ist auch ein Effekt der Schlachtkörperaufhängung auf die LF im kaudalen Muskelbereich nicht auszuschließen, und die abweichenden Ergebnisse beim Schaf lassen sich wahrscheinlich z.T. über diesen Sachverhalt erklären. Im Gegensatz zum üblichen Schlachtprozeß beim Schwein blieben die Schafe in der angeführten Untersuchung nach Elektrobetäubung länger in liegender Position und wurden von vorn herein an beiden Achillessehnen aufgehängt, wodurch die mechanische Belastung der Muskulatur gleichmäßig auf beide Schlachtkörperhälften verteilt wird.

Der pH_1 -Wert, als Indikator für PSE-Eigenschaften des Fleisches, konnte in dieser Untersuchung aus versuchstechnischen Gründen nicht erfaßt werden. Eigene, nicht publizierte Untersuchungen am Genotyp Pix(DEXDL) veranschaulichen einen signifikant geringeren pH_1 im kranialen Bereich. Dagegen findet MUBMANN (1995) den geringsten pH_1 in der Rückenmitte und den höchsten Wert im kaudalen Muskelbereich. Eine Ausnahme bilden dabei die Probanden der Rasse Pi, bei denen sich die pH_1 -Werte aus dem kranialen und kaudalen Bereich nicht unterscheiden. Nach AALHUS *et al.* (1991) nimmt der pH_1 von kranial (5./6. BW) über die Rückenmitte (14. BW) nach kaudal (4./5. LW) zu. Letzterer Befund wird auch durch eigene Untersuchungen beim Schaf unterstützt. Der postmortal geringe pH-Wert im kranialen Bereich ist nach TROEGER und WOLTERSDORF (1987) auf die Wirkung des elektrischen Stroms während des Betäubungsvorgangs zurückzuführen, der über eine Reizung des zentralen Nervensystems heftige lokale Muskelkontraktionen verursacht, die die glykolytischen Vorgänge und damit den pH-Abfall stimulieren. Die z.T. kontroversen Literaturbefunde zur Verteilung des pH-Wertes werden begreifbar, wenn Ergebnisse von AALHUS *et al.* (1991) berücksichtigt werden, die einen vielschichtigen Einfluß des Schlachtprozesses auf die lokalisationsabhängige Ausprägung der elektrophysikalischen Eigenschaften verdeutlichen. Hiernach beeinflusst die elektrische Betäubung allein die Verteilung des pH_1 im Längsverlauf des *LD* nicht. Demgegenüber führt die Aufhängung des Schlachtkörpers im Vergleich zu von mechanischer Belastung freien, liegend entbluteten Tieren aber zu einer Verringerung des pH-Wertes in posterioren Abschnitten des *LD*. Im kranialen und medialen Bereich ziehen die Unterschiede in der Lagerung jedoch keine Veränderung im pH_1 nach sich. Die Autoren vermuten aber, daß sich ein zusätzlicher Betäubungseffekt zeigt, wenn der Schlachtkörper auch aufgehängt wird.

Oggleich für den pH_{24} in den meisten Fällen keine gesicherten Unterschiede im *LD* festgestellt werden, ist der pH-Wert auch 24 h p.m. im kranialen Bereich in der Regel niedriger. Signifikante

Abweichungen ergeben sich bei Muskeln mit höheren durchschnittlichen Fettgehalten. LAWRIE und GATHERUM (1962) beobachten demgegenüber geringere End-pH-Werte im mittleren Muskelabschnitt. TOPEL *et al.* (1966) finden keine Unterschiede zwischen den pH₂₄-Werten verschiedener Muskelbereiche und AALHUS *et al.* (1991) vertreten die Auffassung, daß die pH₂₄-Werte mit Ausnahme der Probanden mit heterozygotem Halothanstatus von anterior nach posterior tendenziell sinken. Unterstützt wird letzterer Befund durch Untersuchungen von MUBMANN (1995), bei denen alle Herkünfte kranial die höchsten pH₂₄-Werte aufweisen. Durch MUBMANN (1995) wird im kranialen Bereich neben einer auffallend hohen Streuung allerdings auch ein signifikanter Hälfteneffekt festgestellt. Wegweisend sind hierbei wahrscheinlich Ergebnisse von TROEGER und WOLTERS DORF (1987), die 1 h p.m. den niedrigsten pH-Wert im vorderen Kotelettabschnitt, 24 h p.m. nur eine geringe Differenzierung zwischen den Meßstellen und 5 d p.m. in Region 7. BW den höchsten pH-Wert, gefolgt von den Bereichen 12. BW und 3. LW, finden. Diese Entwicklung der pH-Werte deckt sich zu großen Teilen mit den räumlich und zeitlich nicht vollständig übereinstimmenden Einzelergebnissen der bereits angeführten Untersuchungen. Daneben verdeutlichen die zunehmende longitudinale Differenzierung bei Probanden mit höheren Fettgehalten und die Hinweise auf eine Veränderung des pH-Wertes in Abhängigkeit von Einflüssen während Schlachtung und Lagerung aber auch die zunehmend komplexer werdenden Prozesse bei der spätpostmortalen Ausprägung des pH-Wertes.

Muskelfleisch aus Region 5./6. BW ist gegenüber Proben aus posterioren Bereichen des *LD*, welche durch unsystematische Schwankungen in der Fleischhelligkeit gekennzeichnet sind, deutlich heller. Auch im zweiten Versuch zeigen sich kranial in der Regel die höchsten L*-Werte, was auch mit Beobachtungen von TOPEL *et al.* (1966) übereinstimmt. In der vorliegenden Arbeit ist Muskelgewebe der medialen Region bei einem durchschnittlichen Fettgehalt von < 1,5 % im *LD* merklich dunkler, während sich bei IMF-reicheren Muskeln mediale und kaudale Abschnitte farblich nicht mehr unterscheiden. Ähnliche Ergebnisse erhalten AALHUS *et al.* (1991), die im kranialen Muskelbereich tendenziell die höchsten und medial die niedrigsten Helligkeitswerte messen. Auch umfangreiche Untersuchungen mit Fiber-Optic-Probe finden im Bereich letzter BW die geringste Lichtstreuung, während anteriore (9./10. BW) und posteriore (5./6. LW) Teile heller sind (LUNDSTRÖM und MALMFORS, 1985). Im Gegensatz zur Mehrzahl der Untersuchungen stellen LAWRIE und GATHERUM (1962) allerdings eine hellere Fleischfarbe im mittleren Abschnitt des *LD* fest.

Die Fleischfarbe wird vorwiegend durch den Myoglobingehalt, die unterschiedlichen Oxidationsstufen der Hämkomponente und das WBV beeinflusst (TERZIS, 1977). Auch eine pH-Wert-Verringerung beeinflusst über die Veränderung struktureller Proteine die charakteristische Lichtstreuung der Fleischoberfläche (STERRENBURG, 1992). Muskeln mit höheren pH-Werten besitzen eine geschlosseneren Struktur und das Licht wird weniger gestreut (BATE-SMITH, 1948; BOUTON *et al.*, 1957; LAWRIE, 1958; HAMM, 1972; VANOECKEL *et al.*, 1997). Trotz der nicht einhelligen Literaturauffassung ist vermutlich der pH₁ und zumindest in der vorliegenden Untersuchung auch der pH₂₄ im kranialen Abschnitt am niedrigsten, was eine Prädisposition zu einer weniger dichten Fleischstruktur in diesem Muskelbereich verdeutlicht. Im Zusammenhang mit der Gewebestruktur sind auch Unterschiede in der intramuskulären Fetteinlagerung von Relevanz, da Fettzellen-

hypertrophie zur Auflockerung der Fleischstruktur (LOHSE, 1960) und damit zu einer stärkeren Streuung des Lichts führt. Die vorliegende Untersuchung zeigt allerdings, daß zumindest im dorsalen Bereich der Muskelquerschnitte keine Unterschiede im Fettzellendurchmesser vorliegen. Im Vergleich zu posterioren Regionen ist das IMF im vorderen Muskelabschnitt jedoch optisch feiner verteilt und MOODY *et al.* (1970) finden bei einem vergleichbaren Fettgehalt in feinmarmorierten Steaks eine hellere Fleischfarbe als bei Proben mit gröberer Fettverteilung. Eine Ursache für die unterschiedliche Helligkeit der Fleischproben aus den Muskelendbereichen könnte auch in deren abweichender Muskelfasertypenzusammensetzung liegen, da ein höherer Anteil FTG-Fasern in positiver und die prozentualen Anteile oxidativer Fasern in negativer Beziehung zur Fleischhelligkeit stehen (LARZUL *et al.*, 1997).

Die Aussagen zur intramuskulären Variation der Fleischhelligkeit stimmen in beiden vorliegenden Versuchen überein, obwohl in der ersten Untersuchung kaudale und kraniale Bereiche ähnlich hohe Fettgehalte aufweisen, während in der zweiten Studie der kraniale Abschnitt den höchsten IMF-Gehalt besitzt. Auch dieses Phänomen ist möglicherweise dem sehr kleinen Meßbereich des Minolta-Gerätes, der die Fleischhelligkeit des gesamten Kotelettanschnitts nicht repräsentativ wiedergibt, zuzuschreiben. Bei Untersuchungen zum Einfluß der Meßposition auf die Fleischfarbe im Muskelquerschnitt der Region 13./14. BW findet MÜßMANN (1995) die höchsten Helligkeits- und die niedrigsten Rotwerte im Zentrum des Anschnitts, während der laterale und der mediale Bereich eine höhere Farbintensität und -sättigung aufweisen.

Mit dem Farbwert *a* ist die Veränderung der Myoglobinkonzentration nachzuvollziehen (JOHANSSON, 1989). Nach der vorliegenden Untersuchung in 8 Regionen des *LD* nimmt der Rotton des Fleisches nach posterior zu, ab dem 1. LW ist der Rotton deutlich stärker und im Bereich 3. bis 6. LW am intensivsten. Obwohl TOPEL *et al.* (1962) keine signifikanten Unterschiede in der Myoglobinkonzentration finden, beobachten auch diese Autoren einen Trend zu höheren Werten im kaudalen Abschnitt und finden zudem gesichert höhere Pigmentgehalte in posterioren Teilen des *LD*.

Fleisch mit PSE-Eigenschaften erscheint farblich blasser und gelber als Fleisch mit normaler Qualität (VANOECKEL *et al.*, 1997). Die Intensität des Gelbtönen wird im farbbeschreibenden Lab-System durch einen positiven *b*-Wert gekennzeichnet, der bei Fleischproben aus Region 5./6. BW vergleichsweise hoch ist. In posteriorer Richtung nimmt die Intensität ab, erreicht im Bereich 11./12. BW den geringsten Wert und steigt in der Lendenregion wieder auf die im kranialen Abschnitt gefundenen Werte an. Diese Befunde werden durch AALHUS *et al.* (1991) unterstützt, die selbst bei Berücksichtigung aller drei Halothangenotypen eine ähnliche Verteilung beobachten.

Sensorisch relevante Merkmale

Der Genußwert des Fleisches läßt sich weder über den IMF-Gehalt (Tabelle A 1) noch über die Fleischbeschaffenheit zufriedenstellend prognostizieren (DAVIS *et al.*, 1975a; DEVOL *et al.*, 1988b; STUMPE *et al.*, 1990; SCHEPERS und SCHMITTEN, 1990). In Kenntnis dieser marginalen Zusammenhänge wurde auch die Variation der Verzehrseigenschaften in der longitudinalen Achse des *LD* untersucht.

Fleischproben aus dem kranialen Bereich weisen nach subjektiver sensorischer Bewertung die besten Verzehreigenschaften auf. Bis zur Rückenmitte (13./14. BW) nimmt die Verzehrsqualität ab und wird in der Lendenregion, allerdings ohne signifikanten Unterschied zur Rückenmitte, wieder etwas besser. TROEGER und WOLTERSDORF (1987) finden unabhängig von der vorgefundenen Fleischqualität im Bereich 4. bis 9. BW das zarteste, und im Bereich 10. bis 14. BW das zähste Fleisch. Auch andere Autoren weisen im anterioren Abschnitt des *LD* höhere (WEIR, 1953; BECHTEL *et al.*, 1987; GÖRANSSON *et al.*, 1992) und in der medialen Sektion geringere Zartheitswerte nach (WEIR, 1953), während HARRISON *et al.* (1967) keine Unterschiede finden. Die instrumentell erfaßten Scherkraftwerte in der vorliegenden Untersuchung bestätigen eine bessere Zartheit bei Proben aus dem kranialen Muskelabschnitt. Bis zum 1./2. LW steigen die Scherkraftwerte an und nehmen bis zum 6. LW wieder etwas ab, was in Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus der organoleptischen Bewertung eine geringfügig bessere Zartheit der Lendenregion gegenüber der Rückenmitte verdeutlicht. Einschränkend muß darauf hingewiesen werden, daß in der Untersuchung nur 2 Muskelproben mit einem Durchmesser von 12,7 mm je Kotelettscheibe geschert wurden, so daß die beschriebene Variation im Muskelquerschnitt (HEDRICK *et al.*, 1968; STUMPE, 1989) auch hierbei nicht vollständig berücksichtigt wird. Ergebnisse von SAFFLE und BRATZLER (1959) bestätigen jedoch eine geringere notwendige Scherkraft im Bereich 8./9. BW gegenüber dem 2. LW und andere Autoren messen höhere Werte bei Proben aus der Rückenmitte gegenüber anterioren (WEIR, 1953) sowie anterioren und posterioren Muskelbereichen (HARRISON *et al.*, 1967; BECHTEL *et al.*, 1987; AALHUS *et al.*, 1991). Die von den meisten Autoren postulierte größere Zartheit des vorderen Kotelettabschnitts steht nach TROEGER und WOLTERSDORF (1987) wiederum mit der starken elektrischen Reizung des Kammbereichs bei der Betäubung in Zusammenhang. Durch die so verursachten frühpostmortalen Mikroläsionen im Muskelgewebe kommt es zu einer Gewebeauflockerung mit positiver Auswirkung auf die Zartheit. Der Vergleich zwischen Rückenmitte und dem kaudalen Muskelbereich zeigt in den meisten Fällen eine bessere Zartheit im Lendenbereich. Neben den unmittelbar post mortem vorhandenen intramuskulären Unterschieden in muskelphysiologischen Merkmalen kommt es während der Fleischreifung im *LD* zusätzlich zu zeitlich und räumlich abweichenden Veränderungen in der Zartheit (BEJERHOLM, 1991), was weitere Unterschiede in der proteolytischen Aktivität der Muskelbereiche vermuten läßt. In welchem Ausmaß die einzelnen Prozesse zur Ausprägung der regionalen sensorischen Unterschiede im *LD* beitragen, kann infolge der methodischen Herangehensweise in der vorliegenden Untersuchung nicht geklärt werden.

Nach den vorliegenden Ergebnissen sind Fleischproben aus dem kranialen Bereich des *LD* am saftigsten. Nach posterior nimmt die Saftigkeit ab und verändert sich ab dem 11. BW bis zum kaudalen Muskelende, übereinstimmend mit Befunden von RUST *et al.* (1972), nur wenig. Auch HARRISON *et al.* (1967) finden eine nach posterior verminderte Saftigkeit, was sich jedoch nach Veränderung der Erhitzungsbedingungen nicht uneindeutig bestätigt. Wird die Kerntemperatur zwischen 65 und 85 °C variiert, erhalten Proben aus dem medialen Bereich die beste Beurteilung. BECHTEL *et al.* (1987) beobachten, wieder vergleichbar den vorliegenden Ergebnissen, eher eine Tendenz zu geringerer Saftigkeit im medialen Muskelabschnitt. Andere Autoren können keine Saftigkeitsunterschiede im *LD* nachweisen (GÖRANSSON *et al.*, 1992).

Die Saftigkeit steht in Verbindung mit dem verbleibenden Flüssigkeitsanteil im erhitzten Fleisch. In der eigenen Untersuchung ist der Grillverlust folgerichtig auch bei Proben aus dem kranialen Bereich am niedrigsten, wird nach posterior höher und in Region 3. LW bis 6. LW wieder etwas geringer. Durch verschiedene Studien ist eine intramuskuläre Variation des WBV vor Zubereitung des Fleisches belegt (TOPEL *et al.*, 1966; GROSSE und OTTO, 1978; LUNDSTRÖM und MALMFORS, 1985; AALHUS *et al.*, 1991). In der vorliegenden Studie wurde das WBV allerdings weder vor dem Einfrieren noch vor der Erhitzung bestimmt und kann somit bei der Interpretation der Restsaftigkeit nach Zubereitung nicht berücksichtigt werden. Bedingt durch starke Wechselwirkungen zwischen der verwendeten Methode, Zeit und Meßstelle kommen die Untersuchungen zur Verteilung des WBV vor Verarbeitung zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Mit Einschränkungen weist aber wahrscheinlich der mediale Bereich des *LD* das höchste WBV auf. Nach HARRISON *et al.* (1967) ist auch der an aufgetauten Proben ermittelte Kochverlust im medialen Bereich (10. BW bis 1. LW) am geringsten. Zu einer entsprechend besseren sensorischen Bewertung dieser Fleischproben kommt es aber nur bei einem der drei Versuche, indem auch die Kerntemperatur variiert wird.

Die Ergebnisse von HARRISON *et al.* (1967) weisen auf einen maßgeblichen Einfluß der Zubereitungsart auf die Ausprägung der Verzehreigenschaften hin. Eine Erhöhung der Kerntemperaturen von 60 auf 80 °C führt zu steigendem Kochverlust, geringerer Saftigkeit und Zartheit (SIMMONS *et al.*, 1985). Da dem IMF eine Funktion in der Wärmeleitung und damit auch für den Wasserverlust im Fleischstück (IRTIMER *et al.*, 1967; CROSS, 1977; BERRY und LEDDY, 1990b), aber auch als Schutz gegen zu hohe Temperaturen und zu lange Kochzeiten (SMITH und CARPENTER, 1974) zugeschrieben wird, sind unter Berücksichtigung der inhomogenen IMF-Verteilung im *LD* weitere Interaktionseffekte in Abhängigkeit von der Zubereitungsart vorstellbar. So treten Unterschiede in der Zartheit gegrillter Koteletts mit normaler und abweichender Fleischbeschaffenheit am ehesten im medialen Muskelbereich (10. bis 14. BW) in Erscheinung (TROEGER und WOLTERS DORF, 1987), der durch geringe IMF-Gehalte gekennzeichnet ist.

Proben aus dem kranialen Bereich erhalten im vorliegenden Versuch auch die höchste Aromabewertung. Dem schließt sich eine schlechtere Beurteilung bis zur Region 13./14. BW und eine geringe Verbesserung der aromatischen Eigenschaften bei Fleischproben aus dem Lendenbereich an. Auch HARRISON *et al.* (1967) finden nach Unterteilung des *LD* in drei Abschnitte (4. BW bis posteriores Muskelende) eine tendenziell höhere Aromabewertung im kranialen Bereich und BECHTEL *et al.* (1987) weisen bei umfangreichen Untersuchungen an Feldmaterial eine Tendenz zu geringerer Aromaintensität im medialen Muskelabschnitt nach. Ein angenehmeres Fleischaroma und eine allgemeine Verbesserung des Genußwertes geht in der Regel mit der Erhöhung des SFA- und MUFA- und einer Verringerung des PUFA-Anteils einher (CAMERON und ENSER, 1991). Die Ergebnisse des zweiten Versuches zeigen gerade im IMF-reichsten Bereich 8./9. BW eine stärkere Einlagerung von SFA und eine deutliche Verminderung des PUFA-Gehaltes. Allerdings wurden bei Probanden aus der sensorischen Untersuchung im kaudalen Endbereich des *LD* ebenfalls sehr hohe Fettgehalte festgestellt, die sich aber nicht in einer adäquaten Aromabewertung widerspiegeln.

Die Oxidation von ungesättigten Fettsäuren, insbesondere der Linolsäure, kann relativ schnell zur Ausbildung von Aromabweichungen führen (GROSCH, 1975) und die Konzentration an Linolensäure sowie möglicherweise auch deren n-3-Abkömmlingen werden bei Rindfleisch mit einem weniger wünschenswerten Aroma in Zusammenhang gebracht (MILLER *et al.*, 1987). Selbst bei Berücksichtigung des IMF-Gehaltes der betreffenden Meßstelle haben Probanden mit einem hohen durchschnittlichen Fettgehalt im *LD* von > 2,5 % in der medialen Region einen tendenziell höheren Gehalt an Linolsäure und PUFA. Darüber hinaus sind besonders die Phospholipide für die Ausprägung des Aromas von außerordentlicher Bedeutung, da diese mit einem hohen Anteil ungesättigter und verzweigt-kettiger Fettsäuren reaktive Aromavorstufen bereitstellen. In Verbindung mit nach posterior steigenden Faserdurchmessern, bei insgesamt konstanter MFGA, ist eventuell auch ein differenzierter Beitrag der Membranlipide zur Aromabildung zu berücksichtigen.

Schließlich führt auch der Grad sowie die Art und Weise des postmortal verlaufenden enzymatischen Fettabbaus zu unterschiedlichen Aromavorstufen und Beiprodukten (TOLDRA *et al.*, 1995). Zwischen Muskeln mit abweichender Stoffwechsellage, wie dem *LD* und dem *M. triceps brachii*, sind Unterschiede in der lipolytischen Aktivität nachgewiesen. Bei einer weniger ausgeprägten metabolischen Differenzierung (*LD* und *M. biceps femoris*) zeigen sich zwar keine signifikanten Abweichungen (HERNANDEZ *et al.*, 1998), aber eine entsprechende Variation in der Muskelfaserstruktur, wie sie u.a. auch im Längsverlauf des *LD* besteht, könnte ebenfalls mit veränderten lipolytischen und damit abweichenden aromabildenden Prozessen in Verbindung stehen.

6.3 Zusammenhänge zwischen intramuskulärem Fettgehalt und anatomisch-physiologischen Merkmalen sowie Merkmalen der Fleischqualität

Fettsäurenanteile

Mit steigendem Fettgehalt nimmt der Anteil an gesättigten Fettsäuren, mit Ausnahme der Stearinsäure, zu. Die abweichende Situation bei C 18:0 führt dazu, daß in Fleischproben mit 1,5 bis 2,5 % IMF signifikant weniger SFA enthalten sind als bei Proben mit geringeren oder höheren IMF-Gehalten. Steigende Fettgehaltswerte sind weiter verbunden mit einer Erhöhung des MUFA- und einer Verringerung des PUFA-Gehaltes. In der Konsequenz führen höhere IMF-Gehalte zu einer Abnahme des Verhältnisses von PUFA/SFA, was ernährungsphysiologisch nachteilig zu beurteilen ist, da nicht einmal im günstigsten Fall der angestrebte Quotient von 0,45 (DEPARTMENT OF HEALTH, 1994) erreicht wird. Andererseits verbessert sich das Verhältnis zwischen C 18:2/C 18:3, die den Hauptbestandteil der Fettsäuregruppen ω_6 (C18:2) und ω_3 (C18:3) bilden. Neben letzterem Gesichtspunkt sind die mit steigendem Fettgehalt verbundenen Veränderungen in den Fettsäurenkompartimenten auch aus sensorischer Sicht positiv zu beurteilen.

Im wesentlichen bestehen nicht gesicherte, geringe bis mittlere negative Beziehungen zwischen dem IMF-Gehalt und dem Anteil an PUFA, zumeist schwach positive Zusammenhänge zum Anteil MUFA und kein gerichtetes Verhältnis zu den SFA. Innerhalb der Fettgehaltsklassen treten im kranialen Bereich die meisten gesicherten und auch engsten Merkmalszusammenhänge auf.

Aufgrund der z.T. sehr geringen Klassenbesetzung und der inhomogenen intramuskulären Verteilung des IMF-Gehaltes sollte die Zusammenfassung aller Fettgehaltsklassen eine zuverlässigere, muskelrelevante Aussage liefern. Danach zeigen sich gegenüber dem ersten Befund die deutlichsten Zusammenhänge bei Proben aus dem medialen Bereich. Eine weitere Rangfolge der Meßstellen oder eine gerichtete Veränderung in der Beziehungseuge bei steigendem Fettgehalt ist nicht zu erkennen. Ähnliche Veränderungen in der Fettsäurezusammensetzung, bei insgesamt stärkeren Merkmalszusammenhängen, finden MALMFORS *et al.* (1978) und, nach vorhergehender Hydrolyse des IMF, auch FJELKNER-MODIG und TORNBERG (1986). DO YOUNG CHOI (1989) weisen, ebenfalls unter Berücksichtigung der durch Säurevoraufschluß gewonnenen Lipide, weit geringere Koeffizienten nach. Auch CAMERON und ENSER (1991) bestätigen die gefundenen Tendenzen, können aber bei variierendem Fettgehalt keine Veränderung im Anteil Linolensäure beobachten. Nach Angaben der Autoren ist diese Abweichung möglicherweise auf Unterschiede im relativen Verhältnis von C18:2 zu C18:3 bei den untersuchten Rassen zurückzuführen. Auch FJELKNER-MODIG und TORNBERG (1986) finden einen deutlichen Einfluß der Rasse auf die Stärke der Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und Fettsäureanteilen und im Einzelfall sogar einen entgegengerichteten, allerdings nicht gesicherten Zusammenhang zum Gehalt an SFA. Möglicherweise wird dieses Verhältnis durch die vom allgemeinen Trend der Anteile gesättigter Fettsäuren abweichende Entwicklung der Stearinsäure verursacht.

Ein direkter Vergleich der auf unterschiedlichsten Extraktionsverfahren basierenden Ergebnisse ist kritisch, da die Untersuchungen bis auf methodische Angaben zur Fettextraktion in der Regel keinen Hinweis geben welche IMF-Kompartimente erfaßt wurden. So kann nicht nachvollzogen werden, über welche Veränderungen der Zuwachs an IMF entsteht und welche differenzierten Umwandlungen in den IMF-Fraktionen auftreten. Für die Interpretation der Beziehungseuge ist aber die Kenntnis des mit dem Tiermaterial definierten Verhältnisses zwischen Triglyzeriden und Phospholipiden wesentlich, da Membranphospholipide einen deutlich geringeren Sättigungsgrad zeigen (FJELKNER-MODIG und TORNBERG, 1986; LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER, 1991). GANDEMER *et al.* (1992) beobachten bei steigendem IMF-Gehalt eine unterschiedliche Veränderung in der Fettsäurezusammensetzung von Triglyzeriden und Phospholipiden und FJELKNER-MODIG und TORNBERG (1986) weisen außerdem Rasseunterschiede im Verhältnis der Membranfläche der Fettzellen zum Gewebevolumen nach, die in keinem gerichteten Zusammenhang zum Anteil ungesättigter Fettsäuren stehen. Diese Erkenntnisse verdeutlichen die vielfältigen Interaktionen, die allein bei einem Vergleich der Merkmalszusammenhänge nach unterschiedlicher Aufschlußmethode oder bei verschiedenen Rasse zu berücksichtigen sind. Die Interpretation wird noch komplizierter, wenn weitere nachgewiesene Effekte auf die Fettsäurezusammensetzung durch Fütterung (CATCHPOLE und LAWRIE, 1970), Halothangensstatus (HARTMANN *et al.*, 1992), Gewicht und Geschlecht (ALLEN *et al.*, 1967a) und dem individuellen Fettansatz, der den Anteil der *de novo*-Fettsäuresynthese am Gesamtfettsäurespektrum bestimmt (FISCHER *et al.*, 1992), berücksichtigt werden. Dem Literaturvergleich sind demnach nur prinzipielle Entwicklungstrends im summarischen Anteil von Fettsäuregruppen zu entnehmen und selbst dies ist, wie am Beispiel der SFA gezeigt, nur eingeschränkt möglich. Verallgemeinernde Rückschlüsse auf den Grad der Veränderung von Einzelfettsäuren sind vermutlich nicht realisierbar.

Muskelstrukturmerkmale

Bei den Vergleichsgruppen sind höhere Fettgehalte mit einem geringeren Anteil an STO- und einem höheren Anteil an FTG- und FTO-Fasern verbunden. Wie die Ergebnisse der Verteilungsstudie zeigen, besitzen Proben aus dem kranialen Bereich neben den höchsten IMF-Gehalten tendenziell auch die meisten FTG- und die wenigsten STO-Fasern und eine Beeinflussung der Ergebnisse des Gruppenvergleichs durch die Herkunft der Proben aus unterschiedlichen Regionen des *LD* ist nicht auszuschließen. So können die gefundenen Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und den Fasertypenanteilen durch die Korrelationsberechnungen auch nicht bestätigt werden. Die größtenteils ungesicherten Koeffizienten sind ohne eindeutige Richtung und liegen zumeist im untersten Bereich. Die engsten Beziehungen zum Fettgehalt zeigt der für den Fleischansatz maßgebliche Anteil an FTG-Fasern (WEGNER, 1993) bei Proben aus dem medialen Bereich mit $< 1,5$ % IMF ($r_p = .41^*$). Auffallend sind zudem ein sehr straffer positiver Zusammenhang zum Anteil FTG- ($r_p = .73^*$) und negative Beziehungen zum Anteil FTO- ($r_p = -.82^*$) und STO-Fasern ($r_p = -.42$) bei Proben mit $> 2,5$ % IMF aus dem kaudalen Bereich, die jedoch nur auf Daten von 11 Tiere beruhen. Nach LARZUL *et al.* (1997) steht der IMF-Gehalt nach Hydrolyse im Bereich letzter BW weder in phänotypischem noch in genetischem Zusammenhang zu den Fasertypenanteilen ($r_p = -.04$ bis $r_p = .04$; $r_g = -.05$ bis $r_g = .06$). Auch von ESSEN-GUSTAVSSON *et al.* (1994) und LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER (1991) werden keine klaren Beziehungen gefunden, während BEECHER *et al.* (1965) einen schwach positiven ($r_p = .17$) und CAMERON *et al.* (1998) einen geringen entgegengerichteten Zusammenhang ($r_p = -.12$) zum Anteil STO-Fasern und eine positive Beziehung zu den FTG-Fasern ($r_p = .16$) nachweisen. In Biopsieproben steht der Anteil STO-Fasern in Abhängigkeit vom Genotyp in keinem oder schwach positivem und der Anteil an FTO- und FTG-Fasertypen zumeist in schwach negativem Verhältnis zum Fettgehalt (GIESEL, 1998). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen SERRA *et al.* (1998), die bei Iberischen Schweinen eine positive Beziehung ($r_p = .61^*$) zum Anteil an STO-Fasern feststellen, während bei der Landrasse keine Zusammenhänge bestehen. Die Korrelationen zum Anteil FTO- und FTG-Fasern sind tendenziell negativ. In Übereinstimmung mit den Schlußfolgerungen anderer Autoren (LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER, 1991; ALASNIER *et al.*, 1996) muß festgestellt werden, daß im Gegensatz zum Gehalt an Membranlipiden (ALLEN *et al.*, 1967c; LUDDY *et al.*, 1970, LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER, 1991; ALASNIER *et al.*, 1996) kein zwingender Zusammenhang zwischen der metabolisch/kontraktile Zusammensetzung der Muskeln bzw. von Muskelabschnitten und dem Gehalt an vorwiegend in den Fettzellen akkumulierten Triglyzeriden oder dem Konglomerat aus Triglyzeriden und Membranlipiden besteht. Nach HÜBBERS (1983) führen die veränderten Muskelcharakteristika bei zunehmender Rückenmuskelfläche, wie u.a. ein geringerer Anteil STO-Fasern, zu einer Abnahme im Phospholipidgehalt, während abhängig von der Fleischqualität wiederum eine Einlagerung von Phospholipiden in geschädigte Zellmembranen erfolgt. Solche differenzierten Veränderungen sind durch keine der angeführten Studien erfaßt und spiegeln sich demnach auch in den ausgewiesenen Korrelationen nicht wider.

In der vorliegenden Auswertung wurden die Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und Strukturmerkmalen nicht innerhalb des physiologischen Muskelverbundes verfolgt, sondern Stellenunterschiede bei vergleichbarem Fettgehalt betrachtet. Die Ergebnisse weisen auf eine vom Fettgehalt abhängige Richtungsänderung in den Zusammenhängen hin, da das anfänglich schwach

positive Verhältnis zwischen IMF-Gehalt und STO-Faseranteil mit steigenden Fettgehalten in eine eher negative Beziehung überzugehen scheint. Eine entgegengesetzte Richtungsänderung deutet sich im Verhältnis zum glykolytischen Fasertyp an. Selbst hierbei treten aber Unterschiede zwischen den Meßstellen auf, was darauf hinweist, daß Veränderungen im Verhältnis zwischen IMF-Gehalt und der Fasertypenkomposition in den verschiedenen Regionen des Muskels nicht parallel verlaufen. Diese Ergebnisse sind aber auch ein Anhaltspunkt für eine mögliche Verdeckung der Zusammenhänge durch die in den meisten Untersuchungen übliche Zusammenfassung von Probanden mit unterschiedlichem Fettgehalt. Auch in der vorliegenden Untersuchung sind nach gemeinsamer Betrachtung aller Klassen kaum schlüssige Beziehungen vorhanden.

Die Bedeutung der Faserdurchmesser für den Problemkreis der Konstitutionsmängel/Fleischqualität geht aus den Merkmalsantagonismen zwischen Faserkalibern und Fleischbeschaffenheit hervor (NOSTVOLD *et al.*, 1978; WICKE, 1989; FEWSON *et al.*, 1993; LENGERKEN *et al.*, 1997; LARZUL *et al.*, 1997; GIESEL, 1998). Im Zusammenhang mit dem IMF-Gehalt ist von Bedeutung, daß Fasern mit kleineren Durchmessern eine höhere Kapillariserungsrate besitzen, die mit der Substratver- und Entsorgung der Muskelzellen in Verbindung stehen und damit auch den Lipidstoffwechsel beeinflussen. Vor diesem Hintergrund zeigen sich in der vorliegenden Untersuchung wie erwartet kleinere Faserkaliber bei Proben aus höheren Fettgehaltsklassen. Da der kraniale Muskelbereich neben einem hohen IMF-Gehalt auch die kleineren Faserdurchmesser aufweist, sind die Ergebnisse aber u.U. wieder durch eine unbalancierte Verteilung von Proben aus Muskelbereichen mit abweichender Fasertypenkomposition beeinflusst. Dessenungeachtet stellen RAMSEY *et al.* (1990) entgegengerichtete Beziehungen zwischen IMF-Gehalt und mittlerem Faserdurchmesser von $r_p = -.35^*$ fest. Auch ESSEN-GUSTAVSSON *et al.* (1994) berechnen bei weitgehend von Fettzellen befreitem Muskelgewebe enge negative Korrelationen zwischen dem intrazellulären Triglyzeridgehalt und der Fläche der FTG-Fasern ($r_p = -.74^*$) bzw. des Gesamtfaserdurchmessers ($r_p = -.70^*$) und führen dies auf die beeinträchtigte Versorgungslage durch eine verminderte Kapillarisation, vor allem des FTG-Fasertyps, zurück.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen des Mittelwertvergleiches zeigen die Korrelationsberechnungen in der vorliegenden Arbeit keine eindeutige Richtung in den Beziehungen zwischen IMF-Gehalt und Faserkalibern. Aus den für jede Fettgehaltsklasse separat berechneten Koeffizienten läßt sich aber wiederum eine vom IMF-Gehaltsniveau und von der Region im *LD* abhängige Richtungsänderung der Merkmalszusammenhänge ableiten, die möglicherweise eine Abhängigkeit von der physiologischen Reife verdeutlicht. Bei Proben mit $< 1,5$ % IMF bestehen, insbesondere im kranialen Bereich, positive und die insgesamt engsten Zusammenhänge. Bei höheren IMF-Gehalten werden die nun z.T. auch entgegengerichteten Beziehungen schwächer. Nach Einbeziehung aller Daten zeigen sich so gut wie keine Zusammenhänge mehr. Befunde von RAMSEY *et al.* (1990) unterstützen die Hypothese einer vom Fettgehaltsniveau abhängigen, nicht linearen Beziehung zum Faserdurchmesser. Beim Mittelwertvergleich zwischen drei Klassen mit ansteigender Marmorierung finden die Autoren zwar eine analoge Erhöhung des chemisch ermittelten Fettgehaltes, aber der mittlere Faserdurchmesser verändert sich zwischen den letzten beiden Klassen nur noch wenig, was vermutlich auch den negativen Korrelationskoeffizienten erklärt. Demgegenüber stellen FORREST *et al.* (1963) bei den IMF-reichen Duroc mit $r_p = .36$ eine Tendenz

zu größeren Faserdurchmessern bei höherem Fettgehalt fest, während sich in der Vergleichsgruppe mit fettärmeren Yorkshire keine Zusammenhänge zeigen. CARPENTER *et al.* (1962) berechnen einen positiven ($r_p = .24$), aber nicht signifikanten Zusammenhang zwischen Faserkaliber und histologisch erfaßten Fettgehalt, der sich auch in einer zunehmenden Muskelquerschnittsfläche ($r_p = .56^*$) widerspiegelt. In einer neueren Untersuchung von LARZUL *et al.* (1997) werden z.T. sehr hohe positive genetische Korrelationen zwischen dem Fettgehalt und den Faserquerschnittsflächen ($r_g = .53$ bis $r_g = .84$) festgestellt, während die phänotypischen Zusammenhänge in der Regel ebenfalls nur schwach sind ($r_p = .10$ bis $r_p = .17$). Andere Autoren können wiederum keine Beziehungen zwischen Faserkaliber und Fettgehalt nachweisen (SOSNICKI, 1987). In Verbindung mit dem Muskelwachstum werden neben einer zunehmenden extrazellulären Fettspeicherung, die zu positiven Beziehungen zum Faserkaliber führen sollte, auch intrazellulär Lipide eingelagert (ESSEN-GUSTAVSSON *et al.*, 1994). Ab einem bestimmten physiologischen Stadium erfolgt das Muskelwachstum aber vor allem durch eine Zunahme in Anteil und Fläche der FTG-Fasern und damit einer Faserart, die weniger intrazelluläre Lipide beinhaltet. Dieser Zusammenhang erklärt die negativen Beziehungen, die ESSEN-GUSTAVSSON *et al.* (1994) ermitteln. Obwohl der Beitrag der intrazellulären Lipide zum Gesamt-IMF-Gehalt gering ist (ESSEN-GUSTAVSSON *et al.*, 1994), kann ein Einfluß durch deren Variation in Abhängigkeit von der physiologischen Reife und/bzw. der Region im *LD* nicht ausgeschlossen werden. Daher sind in Anbetracht der auch stellenabhängig variierenden Korrelationskoeffizienten anscheinend gewisse funktionale Zusammenhänge zwischen dem Faserkaliber und dem IMF-Gehalt vorhanden, die sich aber aufgrund der unterschiedlichen methodischen Herangehensweise in den zitierten Studien in ihrer Richtungsangabe unterscheiden. Bei den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung ist zu berücksichtigen, daß hier nur der Krummbeinsch'e Faserdurchmesser erfaßt wurde und eine Annahme der Kreisfläche für die Faserfläche kritisch ist, da nicht alle Fasern senkrecht zur Faserachse geschnitten werden können. Zudem ist nicht vollständig geklärt, in welchem Maß intrazelluläre Lipide ohne vorherigen Säurevoraufschluß extrahiert werden.

Nach Ergebnissen des Mittelwertvergleiches besitzen Proben mit mehr IMF auch eine höhere MFGA. Ein Einfluß über die ungleichmäßige Verteilung der Proben aus unterschiedlichen Bereichen des *LD* kann vernachlässigt werden, da die MFGA der Muskelquerschnitte nur wenig voneinander abweicht. Bei der Gegenüberstellung von Biopsieproben mit hoher und niedriger MFGA findet auch GIESEL (1998) einen Trend zu höheren IMF-Gehalten bei kleineren Faserkalibern und höherer MFGA. Im Gegensatz hierzu sind die Befunde aus den Korrelationsanalysen differenzierter und in keinem Fall gesichert. Bei einer Variation von keinen bis mittleren Zusammenhängen werden in Proben mit 1,5 % IMF wiederum die engsten Beziehungen gefunden. Im kranialen Bereich bestehen in allen Fettgehaltsklassen gleichbleibend entgegengerichtete Beziehungen und lediglich in medialen Muskelproben zeigt sich in der IMF-ärmsten Gruppe der eigentlich vermutete positive Zusammenhang. Kaudal verändern sich die Beziehungen von mittelgradig negativ bei Proben < 1,5 % IMF bis schwach positiv in der IMF-reichsten Klasse. Nach Zusammenfassung aller Daten stehen nur Proben aus der Rückenmitte in einem geringen negativen Zusammenhang zur MFGA. Eine geringere MFGA bei höherem IMF-Gehalt war selbst unter Berücksichtigung der nicht eindeutig geklärten Beziehungen zwischen Faserkaliber und

Fettgehalt nicht zu erwarten. In weitgehender Übereinstimmung finden aber auch LARZUL *et al.* (1997) bei Untersuchungen innerhalb einer Rasse im Bereich letzter BW eine negative phänotypische Korrelation von $r_p = -.15$, und eine bemerkenswerte genetische Beziehung von $r_g = -.60$. Ein Grundproblem in dieser Diskussion besteht wahrscheinlich in dem nicht signifikanten, aber zumeist schwach positiven Zusammenhang zwischen MFA und MFGA, der bei separater Untersuchung verschiedener nach ihrem Pi-Anteil unterteilter genetischer Gruppen gefunden wird. Demgegenüber zeigt sich nach Unterteilung der Fleischproben nach hoher und niedriger MFGA allerdings, daß Tiere mit weniger Muskelfasern einen signifikant höheren MFA und tendenziell weniger IMF besitzen (GIESEL, 1998).

Mit steigender Fettgehaltsklasse nimmt der mittlere Fettzellendurchmesser signifikant zu, während die Korrelationskoeffizienten keinen gerichteten Zusammenhang zum IMF-Gehalt erkennen lassen. Bei insgesamt nicht gesicherten Beziehungen bestehen im medialen Bereich schwach positive, kaudal und kranial aber keine oder aber geringe negative Koeffizienten. Bei gemeinsamer Analyse aller Daten zeigen sich im kranialen Muskelabschnitt keine Zusammenhänge ($r_p = -.01$), während der Fettgehalt im medialen und kaudalen Bereich mit $r_p = .18$ bzw. $r_p = .10$ in schwach positivem Verhältnis zum Fettzellendurchmesser steht. Eine Erklärung für diesen unvermutet geringen Zusammenhang liegt wahrscheinlich in dem angewandten Bestimmungsverfahren, da die Erfassung des Fettzellenkalibers über den Durchmesser das Beziehungsgefüge aus Fettzellenanzahl und deren Volumen nicht ausreichend wiedergibt (SCHLINDWEIN, 1990). Auch die Verwendung der ca. $0,5 \text{ cm}^2$ großen Probe aus dem dorsalen Muskelbereich besitzt nur eine eingeschränkte Aussagegenauigkeit, da Fettzellen und -verbände nicht homogen und z.T. genotypenabhängig im Muskel verteilt sind (FJELKNER-MODIG und TORNBORG, 1985; ALBRECHT, 1997). Ein weiteres Problem besteht in der möglichen Variation im Fett- und Wasseranteil der Zellen, die beim histologischen Nachweisverfahren nicht berücksichtigt werden kann. Vorangestellte Berechnungen mit unkorrigierten Daten zeigen in Abhängigkeit von Meßstelle und Genotyp gesicherte, vorwiegend mittlere positive Korrelationen zwischen analytischem Fettgehalt und Fettzellendurchmesser. Diese Analysen deuten aber auch auf genotypische Besonderheiten hin, wobei die genetische Konstruktion (PixSF) \times (PixSF) durch stark negative Koeffizienten ($r_p = -.04$ bis $r_p = -.59$) auffällt. Möglicherweise werden somit auch durch die vorgenommene Datenkorrektur tatsächliche Zusammenhänge verdeckt. MOODY und CASSENS (1968) finden im bovinen LD bei sehr gering marmorierten Steaks negative Zusammenhänge zwischen der histologisch ermittelten Fettzellmasse und dem IMF-Gehalt und erheblich höhere Korrelationen von $r_p = .53^*$ bis $r_p = .72^*$ bei moderater Marmorierung. Diese Untersuchungen wurden gleichermaßen nur an Muskelproben mit einem Durchmesser von 12,7 mm durchgeführt, während hierzu der IMF-Gehalt der kompletten Muskelscheibe in Vergleich gesetzt wurde. Sehr straffe Beziehungen mit $r_p = .80^*$ ermitteln SOLOMON *et al.* (1981) im LD von Schafen. Auch dieses Ergebnis basiert auf der Messung von lediglich 20 Fettzellen je Präparat.

Fleischbeschaffenheitsmerkmale

Nach Einteilung aller Proben aus dem *LD* in Klassen mit guter, indifferenter und ungenügender LF_{120} , zeigen sich keine deutlichen Gruppenunterschiede im IMF-Gehalt. Obwohl in der eigenen Auswertung ein Fehlschluß durch die unberücksichtigten intramuskulären Stelleneffekte nicht ausgeschlossen werden kann, finden auch SCHEPERS und SCHMITTEN (1990) keine parallele Veränderung der LF_1 bei erhöhten IMF-Gehalten. Proben mit einer aus Sicht der Fleischbeschaffenheit guten LF_1 besitzen allerdings gesichert mehr IMF als solche mit indifferenter oder schlechter Bewertung. Die Korrelationen zwischen Fettgehalt und LF_{120} sind im gesamten *LD* schwach negativ und nicht gesichert. In der Literatur werden Zusammenhänge von $r_p = -.22^*$ bis $r_p = .18$ (STUMPE 1989, siehe Tabelle A 2) aufgeführt, die in der Gesamtwertung tendenziell schwache entgegengerichtete Beziehungen verdeutlichen.

In umgekehrter Betrachtungsweise unterscheidet sich auch LF_{24} bei Fleischproben mit stufenweise gegliedertem IMF-Gehalt kaum. Vergleichbar den Ergebnissen zur frühpostmortalen LF liegen die in der eigenen Arbeit ermittelten Korrelationen auf niedrigem Niveau, aber ohne eindeutige Richtung. Angaben aus dem Schrifttum schwanken zwischen $r_p = -.49^*$ (KALLWEIT *et al.*, 1996) bis $r_p = .37^*$ (STUMPE, 1989; siehe Tabelle A 2) ohne Tendenz für die Richtung des Zusammenhangs.

Vergleichbar der Situation bei LF_1 kommen SCHEPERS und SCHMITTEN (1990) zu der Feststellung, daß eine signifikante Veränderung im pH_1 -Wert nicht mit einer gleichzeitigen Erhöhung des IMF-Gehaltes einhergeht. Aber Proben, deren pH_1 -Wert eine gute Fleischbeschaffenheit verdeutlicht, besitzen auch gesichert mehr IMF. In der eigenen Arbeit weisen Fleischproben ab einem IMF-Gehalt von 2,5 % tendenziell höhere pH_{24} -Werte auf. CANDEK-POTOKAR *et al.* (1998) unterteilten Proben nach ihrem pH_1 in normale und abweichende Fleischbeschaffenheit und finden verbunden mit höheren pH_1 eine stärkere Marmorierung. Der im Nachhinein ermittelte pH_2 unterscheidet sich zwischen den Gruppen aber nicht mehr. Auch für den End-pH-Wert werden trotz einer Spannweite von 1,75 bis 5,66 % IMF keine Unterschiede gefunden (SEON-TEA und BYOUNG-CHUL, 1997).

Beziehungen zwischen Fettgehalt und pH_{24} sind in der Regel schwach positiv und bei Zusammenfassung aller Daten für Proben aus der Rückenmitte auch gesichert. Im Literaturvergleich (Tabelle A 2) schwanken die Angaben von $r_p = -.36$ (SKELLEY *et al.*, 1973) bis $r_p = .32$ (CAMERON *et al.*, 1990). Die genetischen Beziehungen weisen eine Spannweite von $r_g = -.22$ bis $r_g = .45$ (SCHWÖRER *et al.*, 1986) auf.

In den eigenen Untersuchungen wird nachgewiesen, daß Fleisch ab einem IMF-Gehalt von 1,5 % heller erscheint. Einschränkend muß darauf hingewiesen werden, daß wiederum alle Proben, unabhängig von ihrer Lokalisation im *LD*, in die Auswertung einbezogen wurden. Dieser Einfluß scheint auch nicht unerheblich zu sein, da andere Autoren bei einer Spanne von 1,75 bis 5,66 % IMF keine Veränderung in der Fleischhelligkeit finden (SEON-TEA und BYOUNG-CHUL, 1997). Auch beim Vergleich zwischen Rassen, die sich im IMF-Gehalt stark unterscheiden (3,96 vs. 0,66 %), bestehen kaum Unterschiede in der L^* (OLIVER *et al.*, 1997). Letztlich zeigen auch die Ergebnisse der zweiten Auswertung, daß sich Proben, die nach ihren L^* -Werten in Klassen mit

guter (< 40), indifferenter (40 bis 50) oder ungenügender (> 50) Fleischbeschaffenheit eingeteilt wurden, im IMF-Gehalt nicht deutlich unterscheiden. Aber auch hier sind Proben aus unterschiedlichen Regionen des *LD* nicht gleichmäßig auf die Qualitätsklassen verteilt, was möglicherweise zu einer Fehlinterpretation führen kann. Diese Vermutung wird durch die ermittelten Korrelationskoeffizienten zwischen IMF-Gehalt und L^* unterstützt. Die Beziehungen sind prinzipiell nicht gesichert, aber im ersten Versuch deutet sich im kranialen Bereich ein geringer positiver Zusammenhang an, während sonst schwach negative oder keine Beziehungen existieren. Im zweiten Versuch sind die Koeffizienten unabhängig von der Meßstelle allerdings überwiegend schwach positiv. Auch im Schrifttum sind schwache entgegengesetzte oder gleichgerichtete Zusammenhänge nachgewiesen (Tabelle A 2). Nach einer Literaturzusammenstellung von SELLIER (1998) reicht das Spektrum der Korrelationskoeffizienten bei Untersuchungen an unterschiedlichen Rassen von $r_p = -.12$ bis $r_p = .15$.

Die Korrelationskoeffizienten zwischen den Farbwerten *a* und *b* und dem Fettgehalt sind kaum von Null verschieden. Lediglich im Bereich 5./6. BW zeigt sich mit $r_p = .22$ ein nennenswerter Zusammenhang zwischen *b*-Wert und IMF-Gehalt.

Bei der Interpretation der Zusammenhänge zwischen Fettgehalt und der Fleischfarbe muß abermals auf die eingeschränkte Repräsentativität der Meßmethode hingewiesen werden, da in der Regel nur ein kleiner Bereich der Muskelscheibe auf Helligkeit geprüft wird und sowohl Fettverteilung als auch Fleischfarbe (MUBMANN, 1995) innerhalb des Anschnitts z.T. erheblich variieren. Unabhängig vom physiologischen Zusammenhang sollte allein diese Tatsache die weitgehend geringen Koeffizienten erklären.

Damit bestätigen die vorliegenden Ergebnisse die in der Literatur gefundenen meist sehr geringen und z.T. ungerichteten Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und den charakteristischen Eigenschaften der Fleischbeschaffenheit. Dabei besteht weder ein deutlicher Einfluß der Lokalisation noch des Fettgehaltes an sich. Unabhängig von den Beziehungen des IMF-Gehaltes zu einzelnen Merkmalen führt die Selektion auf einen reduzierten Fettansatz neben einer verminderten Lipidakkumulation zur Erhöhung der Glykogenolyse im Muskel und begünstigt damit eine mangelhafte Fleischbeschaffenheit (MÜLLER und ROGDAKIS, 1985). So besitzen Proben mit guter Fleischbeschaffenheit signifikant höhere IMF-Gehalte, während als „indifferent“ und „unbefriedigend“ klassifizierte Proben weder im IMF-Gehalt noch in den Verzehreigenschaften deutlich verschieden sind (STUMPE, 1989; SCHEPERS und SCHMITTEN, 1990). Auch HARDGE und SCHOLZ (1994) finden bei Gegenüberstellung von Probanden mit abweichender Fleischqualität eine Verbindung zwischen günstigeren pH- und LF-Werten und steigenden IMF-Gehalten, wobei sich Veränderungen von nn über nN zu NN aber nicht parallel vollziehen. Ableitend hiervon ist davon auszugehen, daß im komplexen Gefüge der Fleischbeschaffenheit höhere Fettgehalte in der Tendenz auch mit einer nicht linearen Verbesserung der Fleischbeschaffenheit einhergehen, vermutlich aber analog zur Situation in der sensorischen Bewertung Schwellenwerte existieren.

Sensorisch relevante Merkmale

Der Vergleich der entsprechend ihrer sensorischen Eigenschaften in Klassen eingeteilten Fleischproben zeigt, daß bei allen organoleptisch bestimmten Kriterien Proben mit guter Verzehreigenschaft (4,5 bis 6 Pkt.) signifikant mehr IMF besitzen, während zwischen Proben mit indifferenter und ungenügender Bewertung keine deutlichen Unterschiede auftreten. Auch hierbei besteht das Problem, daß Proben aus dem ganzen *LD* ohne Berücksichtigung der topographischen Differenzierung in anderen Merkmalen einbezogen wurden, so daß Fleischproben mit guter Bewertung fast ausschließlich aus dem kranialen Bereich bis zum 10. BW stammen. Unabhängig hiervon wird aber auch bei der stufenweisen Gruppierung der Proben nach ihren Fettgehalten eine langsame Verbesserung der sensorischen Bewertung bei steigendem IMF-Gehalt deutlich. Zu vergleichbaren Aussagen kommen andere Studien (BEJERHOLM und BARTON-GADE, 1986; STUMPE, 1989; BRENNER und SURMANN, 1991; MEYER, 1991; HODGSON *et al.*, 1991; KIRCHHEIM *et al.*, 1997), die allerdings nicht immer eine signifikante Veränderung der organoleptischen Kriterien feststellen können. Bei Untersuchungen an Fleisch aus einem Markenfleischprogramm geht die Verbesserung der Geschmacks- und der Saftigkeitsnote zwar mit einer Zunahme im IMF-Gehalt einher, aber nach Einteilung der Proben in Fettgehaltsklassen zeigt sich, daß IMF-Gehalte $> 2\%$ (ohne Hydrolyse) wieder mit einer schlechteren Bewertung des Geruchs und in der Tendenz auch der Zartheit verbunden sind (LÜTJENS und KALM, 1995). Bei Vergleichen zwischen Klassen mit unterschiedlichen Verzehreigenschaften zeigen auch andere Autoren, daß der IMF-Gehalt in Fleischproben mit den besten sensorischen Eigenschaften deutlich höher ist (STUMPE, 1989) und sich Proben mit minderer Verzehrsqualität im Fettgehalt nicht gesichert unterscheiden (SCHEPERS und SCHMITTEN, 1990). Bei zusätzlicher Berücksichtigung der Fleischbeschaffenheit wird Muskelfleisch mit guten Beschaffenheitsmerkmalen, das außerdem einen signifikant höheren IMF-Gehalt besitzt, in allen sensorischen Merkmalen auch am besten bewertet (SCHEPERS und SCHMITTEN, 1990). Andere Autoren versuchten die Bedeutung des IMF-Gehaltes für bestimmte Verzehreigenschaften über Regressionsanalysen zu erfassen. Dabei finden DEVOL *et al.* (1988b) im Modell für Zartheit, Scherkraft und Aroma immer den höchsten Informationsbeitrag für den IMF-Gehalt. Nach FJELKNER-MODIG und TORNBERG (1986) bestehen aber offensichtliche Rasseunterschiede in der Bedeutung des analytischen IMF-Gehaltes, dessen struktureller Verteilung im Muskel (Größe der Fettdepots) und der Fettsäurezusammensetzung.

Die vorliegenden Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und organoleptisch erfaßten Verzehreigenschaften spiegeln mit $r_p = -.04$ bis $r_p = .55^*$ den größten Teil der in der Literatur angegebenen Koeffizienten wider (Tabelle A 1). Bei gemeinsamer Betrachtung aller Daten ergeben sich mittlere Beziehungen im Bereich von $r_p = .36^*$ bis $r_p = .39^*$. Auch bei Berücksichtigung des Einflusses der technologischen Kriterien auf die Zartheit werden immerhin noch partielle Zusammenhänge zum IMF-Gehalt im Bereich von $r_p = .25$ bis $r_p = .28$ gefunden (STUMPE, 1989). Im Verlauf des *LD* existieren vom kranialen Muskelende bis ca. 12. BW mittlere Zusammenhänge mit abnehmender Stärke nach posterior, und ab dem 3. LW steht der Fettgehalt in keiner wesentlichen Beziehungen mehr zu den sensorischen Eigenschaften. Auch GÖRANSSON *et al.* (1992) finden schwach positive Zusammenhänge zwischen IMF und Zartheit nur im kranialen Bereich (7. BW) und nicht in der Rückenmitte (15. BW). Nach DAVIS *et al.* (1975a) nehmen die Zusammenhänge zwischen der Marmorierung und den sensorischen Kriterien in der

Reihenfolge 10. BW, letzter BW, 5. LW und gleichrangig 3. BW und 2. Sacralwirbel ab. Dies ist von größerer Bedeutung, da gerade die Lendenregion häufig Ansatzpunkt sensorischer Untersuchungen ist. Eine mögliche Erklärung für die geringen Zusammenhänge zwischen Fettgehalt und Verzehrsqualität in der Lendenregion gibt eine Studie von BEJERHOLM (1991), die gerade im Lendenbereich den vergleichsweise größten Einfluß der Reifezeit auf die Veränderung der Zartheit belegt, was neben der intramuskulär unterschiedlichen Auswirkung technologischer Einflüsse auch auf regionale Abweichungen in proteolytischen Vorgängen schließen läßt.

Direkte Literaturvergleiche werden durch die mit abweichendem Tiermaterial und Methodik verbundene Streuung, aber wahrscheinlich auch durch einen Meßstelleneinfluß und eine Abhängigkeit vom realisierten Fettgehalt erschwert. So finden MEYER (1991) erst ab einem IMF-Gehalt von 2 % und KIRCHHEIM *et al.* (1997) ab IMF-Gehalten von > 2,5 % signifikante Beziehungen zwischen IMF-Anteil und Verzehreigenschaften.

Unter den technologisch erfaßten Fleischeigenschaften sind Grillverlust und in ähnlicher Weise auch Koch- und Fondueverlust Hilfsmerkmale zur Beurteilung der Restsaftigkeit. Fleischproben mit signifikant unterschiedlichem IMF-Gehalt zeigen keine deutlichen Abweichungen im Grillverlust. Die Korrelationen zwischen beiden Merkmalen sind in der Regel auch nur schwach negativ. Eine Literaturübersicht von SELIER (1998) weist für die Beziehung zwischen IMF-Gehalt und Kochverlust keine oder schwach positive Zusammenhänge von $r_p = -.03$ bis $r_p = .23$ aus, während in den eigenen Recherchen eher negative Beziehungen zum Kochverlust gefunden werden (Tabelle A 2). Ein Hauptproblem bei der Bewertung der Zusammenhänge zwischen hitzeinduziertem Saftverlust und dem IMF-Gehalt betrifft den nicht berücksichtigten Tropfsaftverlust (und/oder Dripverlust), der gerade bei Fleisch mit Fleischbeschaffenheitsmängeln (HONIKEL, 1987) und in der Regel weniger IMF größer ist und hierdurch zu einem veränderten Erhitzungsverlust führen kann. Auch die meisten Untersuchungen aus dem Schrifttum berücksichtigen diese kausalen Zusammenhänge nicht bzw. sind aufgrund der unterschiedlichen Kombination der erfaßten Merkmale nicht vergleichbar. In einer Arbeit von LÜTJENS und KALM (1995) wurde bei der organoleptischen Bewertung der Saftigkeit zwischen saftigem und wäßrigem Fleisch differenziert. Dabei stellt sich heraus, daß in erwünschtem Maß saftiges Fleisch höhere IMF-Gehalte besitzt als trockene Fleischproben, aber selbst letztere weisen noch mehr IMF auf als wäßriges Fleisch. Ein derartiger Zusammenhang ist mit den herkömmlichen technologischen Verfahren zur Beurteilung der Saftigkeit nicht erfaßbar.

Mit Hilfe der Warner-Bratzler-Schere ermittelte Werte geben einen Hinweis auf die myofibrilläre Festigkeit und damit die Zartheit des Fleisches. Beim Vergleich der Fleischproben mit unterschiedlichem Fettgehalt zeigen sich signifikant geringere Scherkraftwerte bei Proben mit > 2,5 % IMF. DEVOL *et al.* (1988b) beobachten bei 5 signifikant verschiedenen Scherkraftklassen gesichert weniger IMF bei den zähesten Proben (ca. 2,4 % IMF), aber keine Differenzierung zwischen den anderen 4 Klassen (> 3 % IMF). Nach BEJERHOLM und BARTON-GADE (1986), die IMF-Klassen mit einer Stufung von 0,5 % bildeten, verringert sich die Scherkraft zwischen Proben mit 1 % und > 3 % IMF um ein Drittel. Auch wenn die angeführten Studien in ihren Auswertemodi nicht direkt vergleichbar sind, weisen alle Ergebnisse auf eine nicht lineare Beziehung zwischen Fettgehalt und

Scherkraftwerten hin. Auch in der vorliegenden Arbeit bewegt sich der Zusammenhang bei Einbeziehung aller Meßstellen mit $r_p = -.32^*$ nur im mittleren Bereich. In Übereinstimmung hiermit besteht in der Literatur eine weitgehend einheitliche Auffassung von sinkenden Scherkraftwerten bei steigendem IMF-Gehalt, wobei die ausgewiesenen Koeffizienten selbst bei Berücksichtigung von Abweichungen in der Fleischbeschaffenheit (STUMPE, 1989), überwiegend im unteren bis mittleren Bereich liegen (Tabelle A 1). Die Untersuchungen im Längsverlauf des *LD* bestärken die bei den organoleptischen Kriterien gefundene topographische Differenzierung in der Stärke der Zusammenhänge. Bis zum 12. BW existieren geringe bis mittlere Beziehungen ($r_p = -.22$ bis $r_p = -.36^*$), während die Zusammenhänge weiter posterior schwächer sind ($r_p = -.18$ bis $r_p = -.07$). Neben der Variation anderer struktureller Merkmale des Muskels, besteht eine mögliche Erklärung für die regional unterschiedliche Ausprägung der Zusammenhänge wiederum darin, daß die Scherkraftmessung an Proben mit einem Durchmesser von lediglich 12,7 mm durchgeführt wurde. Damit spiegelt sich der IMF-Gehalt in Fettzellengröße und -verteilung in den Scherkraftproben nicht repräsentativ wider. Gegenüber der kaudalen Region, in der sich die geringsten Zusammenhänge zeigen, ist die Verteilung des IMF im Muskelquerschnitt des kranialen und medialen Abschnitts zumindest optisch homogener.

Mit der Scherung der Proben quer zur Faserrichtung sind außerdem nur Aussagen zur Scherfestigkeit der Fasern, nicht zum äußeren Zusammenhalt bindegewebiger Hüllen möglich (RAEUBER, 1993). Daher wird der vermutete Zartheitseffekt des IMF über eine Auflockerung des Bindegewebes wahrscheinlich nicht erfaßt, eventuell kommt hier aber eine Gleitmittelfunktion des Fettes zum Ausdruck. Im Gegensatz dazu scheint die alternative Kompressionsmessung für bindegewebsreiche Strukturen bei unzerkleinerten Fleischproben aussagefähiger (WEIERLEIN und WATKINSON, 1998). So findet STUMPE (1989) im Vergleich zur Scherkraftmessung auch etwas engere Beziehungen zwischen Kompressionskraft und IMF-Gehalt ($r_p = -.46^*$ bis $r_p = -.59^*$).

In Untersuchungen, die Fleischproben unterschiedlicher Qualität vergleichen, sind die besten Verzehrseigenschaften zumeist mit höheren Fettgehalten verbunden, obwohl in der Regel nur geringe bis moderate Beziehungen zwischen Fettgehalt und sensorischen Merkmalen bzw. der Scherkraft gefunden werden. In der vorliegenden Arbeit werden lokalisationsabhängige Unterschiede in der Enge der Zusammenhänge im Längsverlauf des *LD* deutlich, die sicher auch eine Ursache für die z.T. starke Variation der Literaturangaben sind.

Bei steigenden Fettgehalten kommt es zu einer vergleichsweise langsamen Veränderung in der sensorischen Bewertung. Dabei postulieren einige Autoren einen sensorischen Schwellen- oder Mindestwert für den IMF-Gehalt. Morphologische Untersuchungen weisen aber darauf hin, daß in erster Linie nicht die Gesamtfettmenge, sondern eher eine ausgewogene Verteilung für die Fleischqualität entscheidend ist (MOODY *et al.*, 1970; STURM *et al.*, 1991; ALBRECHT, 1997). In der Regel kommt es bei steigendem Fettgehalt jedoch auch zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Fettdepots (CARPENTER *et al.*, 1961a; ALBRECHT, 1997).

6.4 Zur Bestimmung des „optimalen“ IMF-Gehaltes

In der Literatur besteht die weitgehend einhellige Auffassung über einen nicht linearen Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und den Verzehreigenschaften und einen notwendigen Mindestgehalt an IMF für die Verbesserung der sensorischen Eigenschaften. Durch einige Autoren wird dabei ein Grenzwert von etwa 1,0 % IMF angegeben (BRENNER und SURMANN, 1991; MOLLER und IVERSEN, 1993). Darüber hinaus finden BRENNER und SURMANN (1991) bis zur Fettgehaltsklasse > 1,25 % keine weitere Verbesserung der sensorischen Eigenschaften. Eine dänische Studie weist bei Fleisch mit normaler Beschaffenheit eine deutlich günstigere Bewertung von Zartheit und Saftigkeit bei einem Gesamtlipidgehalt von 2,0 % und für den Geschmack von 2,5 % IMF nach (BEJERHOLM und BARTON-GADE, 1986). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch KIRCHHEIM *et al.* (1997), die bei 2,0 bis 2,5 % Fett eine signifikante Verbesserung der Zartheit finden, während das Aroma aber vermutlich erst bei Fettgehalten > 2,5 % nennenswert beeinflusst wird. Sensorische Grenzwerte im Bereich von 2,0 % bis 3,0 % IMF geben ebenfalls KIRKEGAARD *et al.* (1979) und DEVOL *et al.* (1988b) an. Bemerkenswert sind zudem Untersuchungen von CAMERON *et al.* (1990), die bei British Landrace keinen Hinweis auf einen sensorischen Optimalwert finden, während für Duroc ebenfalls ein Wert von 25,7 mg/g angegeben wird. Demgegenüber postulieren KAUFFMAN *et al.* (1963) nach Untersuchung des *LD* im Bereich 9. bis 13. BW einen notwendigen Mindestgehalt von 18 bis 20 % IMF in der Trockenmasse, was in etwa 4,5 bis 5,0 % IMF in der Frischmasse entspricht. Unterstützung finden diese Werte durch Ergebnisse von GANDEMER *et al.* (1990), die die beste Bewertung für Zartheit, Saftigkeit und Aroma bei einem Fettgehalt von mehr als 4,0 % finden. In den eigenen Untersuchungen erhalten Fleischproben mit den üblicherweise als sensorische Mindestanforderung angesehenen 2,5 % IMF immer noch eine indifferente organoleptische Beurteilung. Fleisch mit guten Verzehreigenschaften weist im Mittel über 4,0 % IMF auf. Berücksichtigt man aber die mit Ausnahme des Gesamteindrucks sehr hohe Standardabweichungen mit > 2,0 % IMF, so werden auch Proben mit geringeren Fettgehalten um 2,1 bis 2,3 % in Zartheit und Saftigkeit bereits als „gut“ eingestuft, während bei einer guten Beurteilung des Gesamteindrucks und des Aromas mindestens Fettgehalte von etwa 2,9 bis 3,2 % vorliegen. Obwohl in den eigenen Untersuchungen ungewöhnlich hohe IMF-Gehalte auftreten und durch das gewählte Auswerteverfahren topographische Einflüsse der Muskelstruktur nicht ausgeschlossen werden können, unterstützen diese Ergebnisse die Aussagen zu den sensorischen Schwellenwerten von BEJERHOLM und BARTON-GADE (1986) und KIRCHHEIM *et al.* (1997). Auch in der eigenen Arbeit werden die abweichenden Verhältnisse bei Aroma/Geschmack deutlich, für deren akzeptable Ausprägung vermutlich etwas höhere IMF-Gehalte notwendig sind. Die gefundenen Grenzwerte von mindestens 2,0 bzw. 3,0 % spiegeln sich ebenfalls in der Veränderung der sensorischen Bewertung bei Einteilung der Proben entsprechend ihrem IMF-Gehalt in Stufen von 0,5 % wider. Dabei ändert sich die organoleptische Beurteilung bis zu einem Fettgehalt von etwa 2,5 % nur wenig.

Diese Werte werden auch in den Untersuchungen zur Scherkraft bestätigt. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen signifikant geringere Scherkraftwerte bei Proben mit > 2,5 % IMF. Nach Messungen von DEVOL *et al.* (1988b) ist Fleisch mit weniger als 2,5 bis 3,0 % zäher, aber die Variation über 3,0 % hinaus steht kaum noch mit der Veränderung der Scherkraft in Verbindung.

Bei einer generellen Verringerung der Scherkraftwerte bei steigendem Fettgehalt variiert die instrumentell bestimmte Zartheit zwischen Proben mit 1,5 bis 3,0 % IMF vergleichsweise wenig. Bei PSE-Fleisch zeigt sich aber erst ab 3,0 % IMF ein Einfluß auf die Scherkraftwerte (BEJERHOLM und BARTON-GADE, 1986).

Im Rahmen der Selektion geschieht die Beurteilung des IMF-Gehaltes in der Regel durch eine Messung im Bereich 2./3.-letzter BW und damit der Region mit den geringsten Fettgehalten im LD. Eine Zuchtwahl auf Basis dieses Meßwerts führt in erster Linie zu einer überproportionalen Steigerung der Fettgehalte in den Muskelendbereichen. Hieraus ergibt sich die Frage, welche sensorische Auswirkung eine weitere Steigerung des IMF-Gehaltes über die postulierte Mindestanforderung hinaus besitzt. Aus den vorliegenden Ergebnissen kann abgeleitet werden, daß es ab 3,5 % IMF nur noch zu einer geringen Verbesserung, aber bei höheren IMF-Gehalten bis > 6,0 % zu keiner Verschlechterung der Verzehrsqualität kommt. Dagegen stellen LÜTJENS und KALM (1995) bereits ab IMF-Gehalten von < 2,0 % eine Verschlechterung in Geruch und Geschmack fest, wobei genannte Fettgehaltsklasse allerdings nur mit 10 bzw. 11 Tieren besetzt ist. Die eigenen Untersuchungen zwischen den sensorischen Qualitätsklassen sowie Ergebnisse von KAUFFMAN *et al.* (1963) und GANDEMER *et al.* (1990) zeigen, daß die beste Verzehrsqualität bei Fettgehalten um 4,0 bis 5,0 % auftritt. Nach einer signifikanten Verringerung der Scherkraftwerte bei Proben mit > 2,5 % IMF kommt es bei höheren IMF-Gehalten allerdings zu keiner weiteren Verbesserung, was im wesentlichen auch durch DEVOL *et al.* (1988b) bestätigt wird, die einen Grenzbereich von 2,5 bis 3,0 % feststellen.

Trotz der unterschiedlichen methodischen Ansätze und Auswerteverfahren bewegen sich Empfehlungen für IMF-Gehalte, die mit einer deutlichen Verbesserung der Verzehrsqualität in Zusammenhang stehen, in einem verhältnismäßig engen Bereich von 2,0 bis 3,0 % ohne deutliche Verschlechterung bei höheren Gehalten. Der dargestellte Vergleich der Fettgehalte berücksichtigt allerdings nicht, daß es sich um Untersuchungen mit oder ohne Aufschluß der Phospholipide handelt und nicht bekannt ist, in welchem Ausmaß sich die Variation in den Anteilen von Neutral- und Phospholipiden und deren Wechselwirkungen organoleptisch bemerkbar machen. Weiterhin ist kritisch anzumerken, daß sensorische Verkostungen immer an Proben mit eigentlich unbekanntem IMF-Gehalt durchgeführt werden, da das Fleisch bei der Zubereitung Fett verliert (SHEARD *et al.*, 1998) und Behandlungseffekte auf Fettverlust ungeklärt sind.

6.5 Zur Festlegung der repräsentativen Meßstelle für den intramuskulären Fettgehalt und die Fleischqualität im *M. longissimus thoracis et lumborum*

In der vorliegenden Untersuchung wird das arithmetische Mittel der IMF-Gehalte aus mehreren Regionen des *LD* als Referenzwert für den durchschnittlichen Fettgehalt im Muskel angesehen. In Deutschland erfolgt die Schnittführung üblicherweise etwa zwischen dem 4. und 6. BW sowie dem 5. bis 7. LW. Somit sollte die Berücksichtigung der kranialen und kaudalen Endbereiche sowie der Wert des medialen Muskelabschnitts eine ausreichende Schätzung für den durchschnittlichen Fettgehalt des *LD* geben. Da in der Verteilungsstudie aber keine Analyse des vollständigen Muskelstrangs erfolgte, bleibt die Frage, ob dieser Mittelwert für eine genaue Einschätzung des Fettgehaltes im gesamten Muskel ausreicht, letztlich unbeantwortet.

Die derzeit übliche Selektion nach Werten aus der Rückenmitte führt aufgrund der charakteristischen IMF-Verteilung in erster Linie zu einer Steigerung der Fettgehalte in an- und posterioren Muskelbereichen und an letzter Stelle in der Rückenmitte. Nach mehrheitlicher Literaturauffassung weisen die heutigen Gebrauchskreuzungen in der Rückenmitte meist nicht mehr als 1 % IMF auf und liegen damit nach den vorliegenden Ergebnissen in der Klasse mit einem durchschnittlichen Fettgehalt < 1,5 %. Wenn die sensorische Mindestforderung von 2,5 % IMF (Fettgehaltsklasse < 2,5 % IMF) auch als Grenzwert für die mediale Stelle angesehen werden sollte, so haben Fleischproben aus dem kranialen Muskelabschnitt im Mittel bereits 4 % Fett. Damit verschärft sich zum einen der bereits bei dem heutigen Fettgehaltsniveau bestehende Zielkonflikt zwischen gewünschtem IMF-Gehalt und Gesamtverfettung bzw. ökonomischen Nutzen, zum anderen ergibt sich die Frage für welche Muskelbereiche die Forderung nach dem „optimalen“ IMF-Gehalt angesetzt werden sollte. Erst nach Lösung dieser Probleme kann eine endgültige Empfehlung für die geeignete Meßstelle erfolgen. Vorstellbar ist dabei die weitere Nutzung der in ihrer Anforderung an den IMF-Gehalt relativierten Werte aus der Rückenmitte, da diese unabhängig vom Fettgehaltsniveau stets den niedrigsten Wert im *LD* widerspiegeln und damit einen Mindestgehalt an allen Stellen garantieren. Ein zweiter Weg könnte die Ermittlung des durchschnittlichen Fettgehaltes im Muskel und die Formulierung eines Mindestwertes für den Bereich, der Veränderungen in der intramuskulären Fetteinlagerung im gesamten Muskel am besten widerspiegelt, sein. Die weitere Ausführung beschränkt sich auf die Bestimmung der geeignetsten Meßstelle für die Schätzung des durchschnittlichen IMF-Gehaltes.

Ein wesentliches Problem der monetären Bewertung des IMF-Gehaltes stellen die vielfältigen Vermarktungsformen im Schlachtviehan- und Verkauf sowie Groß- und Einzelhandel dar. Die Bewertung des *LD* an ganzen Schlachtkörperhälften erscheint, trotz der derzeit noch nicht zufriedenstellenden Erfassungsmethoden, am unproblematischsten, da hier mit dem erwähnten Durchschnittswert gearbeitet werden kann. Schwieriger wird die Beurteilung von Teilstücken im Einzelhandel, da der durchschnittliche IMF-Gehalt der Güte der Einzelteilstücke nicht gerecht wird. Eine objektive monetäre Bewertung des IMF und der Fleischbeschaffenheit ist daher für den Endverbraucher, zumindest bei Ladenfleisch, z.Z. nicht relevant.

Die Ermittlung der geeignetsten Meßstelle für den durchschnittlichen Fettgehalt im *LD* erfolgte über drei verschiedene Wege. Zum einen sollte eine Region bestimmt werden, die Veränderungen im IMF-Gehalt des gesamten Muskels und damit des Durchschnittsgehaltes am besten wiedergibt. Weiterhin wurde der Bereich mit den geringsten absoluten Abweichungen vom Durchschnittsgehalt gesucht. In einem dritten Ansatz erfolgte die Bestimmung einer Meßstelle die die genaueste Zuordnung der Muskeln in Fettgehaltsklassen ermöglicht und damit die Schätzung der absoluten Werte umgeht.

Der beste Indikator für die Veränderung des IMF-Gehaltes in allen anderen Regionen des Muskels ist der Fettgehalt im Bereich 9./10. BW, was sich auch in analoger Weise bei der Schätzung des Durchschnittsgehaltes widerspiegelt. Auch im zweiten Versuch erklären die Werte aus der kranialen Region (8./9. BW) den größten Teil der Varianz des durchschnittlichen IMF-Gehaltes ($R^2 = .91$). FISCHER (1992) findet mit $r_p = .76$ bis $r_p = .50$ insgesamt etwas geringere Rangkorrelationskoeffizienten zwischen mit der vorliegenden Untersuchung vergleichbaren Meßstellen im *LD*. Die engsten Beziehungen zu allen anderen Werten hat dabei ebenfalls der Fettgehalt der kranialen Region (8. BW). Auch Untersuchungen von YAMATANI *et al.* (1988) beim Rind ergeben die besten Korrelationen zum IMF-Mittelwert für die Region 8. BW. Nach Entnahme der Kotelettscheiben aus den Bereichen 7. BW, 13. BW und 6. LW berechneten CARPENTER *et al.* (1961a) einen durchschnittlichen Fettgehalt auf Basis des verbleibenden Muskelrests. Hierbei weist die Region 13. BW bei leichten (ca. 61 bis 82 kg) und auch bei schweren Tieren (ca. 100 bis 113 kg) die engsten Beziehungen zum Durchschnittsgehalt auf. Neben der abweichenden Verfahrensweise trat in den Untersuchungen aber auch eine etwas andere Verteilung der Fettgehalte mit den höchsten Werten im kaudalen Bereich auf. Daher ist nicht festzustellen, ob die unterschiedlichen Meßstellen, die Verteilung oder die Nutzung des Restmuskels zu der abweichenden Aussage führt. In der eigenen Arbeit wurde weiter überprüft, inwieweit sich die mit dem Fettgehaltsniveau verändernde Verteilung des IMF auf die Wahl der geeigneten Meßstelle auswirkt. Dabei zeigt sich, daß der durchschnittliche Fettgehalt bei Muskeln mit $< 2,5$ % durch Werte aus Region 13. BW bis 4. LW ($R^2 = .93$ bis $R^2 = .95$) am besten geschätzt werden kann. Bei höheren Fettgehalten ist wiederum der Bereich 9./10. BW besser geeignet ($R^2 = .94$). Im zweiten Versuch werden nur bei Muskeln mit Fettgehalten $< 1,5$ % enge Beziehungen zwischen den Meßstellen mit den höchsten Koeffizienten für IMF-Gehalte aus dem Bereich 2./3.-letzter BW gefunden. Für die Schätzung des Durchschnittswertes eignen sich bei Muskeln $< 1,5$ % die mediale und kaudale Meßstelle und bei Muskeln mit durchschnittlich 1,5 bis 2,5 % IMF der kraniale und kaudale Bereich gleich gut. Bei sehr fettreichen Muskeln ergibt die Messung im kranialen Abschnitt die genaueste Schätzung. Obwohl beide Versuche bezüglich der exakten Meßstellen, des hieraus resultierenden Durchschnittsgehaltes und der Verteilung nicht vollständig übereinstimmen, bestätigt sich die Eignung der Werte aus der Rückenmitte/Lendenanfang bei Muskeln mit wenig Fett und bei Proben mit $> 1,5$ % der Werte aus dem kranialen Abschnitt.

Betrachtet man die absoluten Abweichungen der Fettgehalte in den einzelnen Muskelabschnitten vom Durchschnittswert, so repräsentiert der Meßbereich 7./8. BW ($0,08$ % \pm $0,03$) in der Gruppe $< 2,5$ % IMF den durchschnittlichen IMF-Gehalt am besten, gefolgt von Region 3./4. LW ($0,27 \pm 0,04$) und 9./10. BW ($0,28 \pm 0,08$). Für Muskeln mit $\geq 2,5$ % IMF verschiebt sich das Verhältnis

zu Gunsten des Bereiches 9./10. BW. Diese Ergebnisse deuten wiederum auf die beste Eignung der kranialen Region vom 7. bis 10. BW hin. Nach den Ergebnissen des zweiten Versuches ist bei fettarmen Muskeln mit $< 1,5$ % IMF mit einer Messung im medialen Bereich, ohne wesentlichen Unterschied zur Verwendung von kaudalen Wertung, eine sehr genaue Schätzung des Durchschnittsgehaltes möglich. Bei fettreicheren Proben ist die kaudale Region allerdings besser geeignet, was sich auch in den Ergebnissen der Diskriminanzanalyse deutlich widerspiegelt. Insgesamt ist die Zuordnungsgenauigkeit aber bei Verwendung der Werte aus dem kranialen Abschnitt nicht viel geringer und im ersten Versuch zeigte sich, daß durch den Fettgehalt in Region 9./10. BW 92 % der Muskeln der richtigen Fettgehaltsklasse zugeordnet werden können. Die z.T. abweichenden Aussagen aus den beiden Versuchen sind wahrscheinlich auf die Unterschiede in der Fettverteilung im kaudalen Muskelbereich zurückzuführen. Es erscheint daher notwendig, die Variation in den Endbereichen des *LD* bei definierter kommerzieller Schnittführung weiter abzuklären. Unter Vorbehalt dessen scheint die Region im Bereich 7. bis 10. BW für eine Einschätzung der intramuskulären Gesamtverfettung des *LD* am besten geeignet. Generell ist die Schätzung bei Tieren mit geringem IMF-Gehalt genauer, da es bei steigendem Fettgehalt im Längsverlauf des *LD* zu einer unterschiedlich intensiven Einlagerung kommt.

Trotz der geringen linearen Beziehungen zwischen IMF-Gehalt und Merkmalen der Fleischbeschaffenheit, scheint die Verzehrqualität erst bei einer optimalen Konstellation aller Parameter maßgeblich verbessert zu werden. Da auch die Fleischbeschaffenheit im *LD* einer erheblichen Variation unterliegt, wurden bereits von anderen Autoren Empfehlungen zu geeigneten Meßstellen ausgesprochen. Diese Studien stehen jedoch z.T. unter abweichenden Fragestellungen, wobei das Hauptinteresse zumeist in einer sicheren Erfassung abweichender Fleischqualität liegt (BRISKEY, 1969; DAVIS *et al.*, 1978; MUBMANN, 1995). Nach MUBMANN (1995) reicht zur Charakterisierung der frühpostmortalen Fleischbeschaffenheit eine Messung in der medialen Region des *LD* aus, während die Erfassung der spätpostmortalen Fleischbeschaffenheit Messungen an mehreren Meßstellen erfordert. In der vorliegenden Untersuchung sollte die Meßstelle bestimmt werden, mit der sowohl der durchschnittliche IMF-Gehalt als auch der mittlere spätpostmortale pH- und LF-Wert im *LD* am besten erfaßt werden. Dafür wurden die Muskeln aus dem zweiten Versuch entsprechend ihrer Durchschnittswerte in pH₂₄, LF₂₄, und IMF-Gehalt in drei Qualitätsklassen eingeteilt. Im Anschluß wurde über eine Diskriminanzanalyse überprüft, mit welchem Meßwert die sicherste Zuordnung in diese Klassen erfolgen kann. Es zeigt sich, daß sich mit Werten aus der kaudalen Region ca. 85 % der Muskeln richtig einordnen lassen. Mit Meßwerten aus dem kranialen Bereich ist immerhin noch die Zuordnung von 82 % der Proben möglich. Hierbei führt die gewählte Klassenbildung über die Mittelwerte aber wahrscheinlich zu einem Interpretationsproblem, da der größte Teil der Tiere im Mittel eine gute Fleischbeschaffenheit aufweist. So wird die Einteilung in „Gesamtqualitätsklassen“ weitgehend durch den IMF-Gehalt bestimmt, für den bereits in der Diskriminanzanalyse für die Zuordnung in IMF-Klassen die kaudale Region als am geeignetsten beurteilt wurde. Diese Befunde weisen aber auch darauf hin, daß bei Verwendung von Durchschnittswerten für die Fleischbeschaffenheit, analog zur Situation beim IMF-Gehalt, eventuell bestehende Grenzwerte überdacht werden müssen.

Wie bereits dargelegt, ist aus Sicht des Genußwertes eigentlich nur eine Selektion der besten Qualität sinnvoll, da sich indifferent und ungenügend bewertete Fleischproben sensorisch und technologisch nicht wesentlich unterscheiden (SCHEPERS und SCHMITTEN, 1990). In der vorliegenden Untersuchung verlangt die Einteilung in die beste Qualitätsklasse einen durchschnittlichen pH₂₄-Wert von < 5,8; einen LF₂₄-Wert von < 7,1 und einen IMF-Gehalt von > 2,5 % im Muskel. Zur Abgrenzung dieser Proben eignen sich mit einer Zuordnungsgenauigkeit von 79 % kraniale und kaudale Meßwerte gleich gut. In Verbindung mit den Ergebnissen zur besten Meßstelle für den IMF-Gehalt ist daher die Verwendung der Meßwerte der kranialen Region zu empfehlen.

Eine direkte Selektion auf Verzehrseigenschaften des Fleisches ist aufgrund der geringen Heritabilität (CAMERON, 1990; Übersicht bei SELLIER, 1998) und wegen fehlender Leistungs- informationen wenig erfolgversprechend (SCHMITTEN, 1993). Eine Alternative hierzu ist die gleichzeitige Selektion auf IMF-Gehalt und Fleischbeschaffenheit. Eine wünschenswerte Erhöhung des IMF-Gehaltes kann aber nicht ohne eine Verschlechterung der ökonomisch ausschlaggebenden Leistungen erreicht werden (WARRIS *et al.*, 1990; WICKE *et al.*, 1994; CASTEELS *et al.*, 1995; POLTEN *et al.*, 1996; STEINBERG *et al.*, 1996). Nach Berechnungen mit unkorrigierten Daten reichen die Korrelationen zwischen IMF-Gehalt und MFA in der vorliegenden Arbeit von $r_p = .06$ bis $r_p = -.54^*$. Nach HOFER und SCHWÖRER (1996) verstärkt sich der Antagonismus, je höher der Fleischanteil in der Population ist. Die eigenen Ergebnisse können diese Hypothese nur eingeschränkt unterstützen, da es neben der Abhängigkeit vom Fettgehaltsniveau auch eine Genotypenspezifität zu geben scheint. Als wesentliche Befunde zeigen sich aber außerdem Unterschiede in der Enge der Beziehungen in Abhängigkeit von der Meßstelle im Muskel, die bei der genotypenübergreifenden Betrachtung allerdings keine eindeutigen Schlußfolgerungen zulassen. Damit hat die Entscheidung für eine Meßstelle im LD aber auch Konsequenzen für die Ermittlung phänotypischer und genetischer Zusammenhänge und damit Einfluß auf zukünftige Selektionsmaßnahmen.

Obwohl die Beziehungen zwischen IMF-Gehalt und Merkmalen der Muskelstruktur nur gering und bisher z.T. nicht eindeutig geklärt sind, läßt sich aus dem Sachverhalt, daß FTG-Fasern im Gegensatz zu den anderen Muskelzellen fast keine Neutrallipide enthalten (ESSEN-GUSTAVSSON *et al.*, 1992) ableiten, daß der IMF-Gehalt auch ein Kriterium zur indirekten Selektion auf günstige muskelmorphologische Eigenschaften darstellen könnte (SCHMITTEN, 1993). Über Muskelstrukturmerkmale wie die MFGA, die als indirektes Selektionskriterium diskutiert wird, können Aussagen zur realisierbaren Fleischbeschaffenheit getroffen werden. Obwohl die vorliegenden Ergebnisse eine antagonistische Beziehung nahelegen, kann nicht endgültig beantwortet werden, in welchem Zusammenhang eine Veränderung des IMF-Gehaltes zur MFGA steht. Bezüglich der Meßstelle für eine kombinierte Erfassung der Merkmale bestehen jedoch keine regionalen Unterschiede in der Enge der Zusammenhänge.

Durch Selektion auf den IMF-Gehalt ist nicht nur der LD, sondern auch die Fetteinlagerung in anderen Muskeln betroffen (FISCHER, 1994). Die intermuskulären Zusammenhänge zwischen den IMF-Gehalten schwanken in Abhängigkeit von der Meßstelle im LD, so daß die Wahl des Meßbereiches auch einen Einfluß auf die Abschätzung der Veränderungen in anderen Muskelpartien hat. Nach FISCHER (1994) weist der Fettgehalt in Region 8. BW im Vergleich zur Rückenmitte

und Werten aus dem kaudalen Bereich die engsten Beziehungen zu anderen Muskeln auf. Bei Gebrauchskreuzungen mit handelsüblichen Schlachtgewichten scheint die für eine Abschätzung der intramuskulären Verfettung des *LD* empfohlene kraniale Region somit auch für die Bewertung der Fetteinlagerung in anderen Muskeln geeignet.

In der Regel wird die Fettsäurezusammensetzung am verbleibenden Fettextrakt aus der quantitativen Untersuchung des IMF bestimmt. Damit ergibt sich die Frage, ob das Fettsäuremuster in der für eine IMF-Erfassung präferierten kranialen Region die Verhältnisse im gesamten *LD* ebenfalls ausreichend widerspiegelt. Nach Ergebnissen der Regressionsanalysen können die durchschnittlichen Fettsäureanteile am besten durch Meßwerte aus dem medialen Bereich bestimmt werden. Insgesamt führt die Nutzung verschiedener Muskelbereiche aber nur zu geringen Unterschieden in der Genauigkeit. Berücksichtigt man das zugehörige IMF-Gehaltsniveau des Muskels, so zeigt sich keine deutliche Tendenz zu Gunsten einer Meßstelle, aber der kraniale Bereich scheint am wenigsten geeignet. Im Vergleich hierzu führt die Verwendung der absoluten Abweichungen vom durchschnittlichen Fettsäureanteil zu sehr genauen Schätzungen, die ebenfalls am besten über mediale Meßwerte erfolgen. Bei zusammenfassender Betrachtung aller Proben sind in dieser Region auch die Zusammenhänge zwischen IMF- und Fettsäuregehalten am deutlichsten ausgeprägt. Einschränkend muß wiederholt auf die begrenzte Anzahl überprüfter Meßstellen verwiesen werden, deren Mittelwert den durchschnittlichen Fettsäureanteil wahrscheinlich nicht exakt widerspiegelt.

7 Schlußfolgerungen

Aus den dargestellten Ergebnissen können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

1. Der gefundene nicht-lineare Zusammenhang zwischen IMF-Gehalt und den Verzehrseigenschaften des Fleisches bestätigt die Bedeutung dieses Kriteriums bei zukünftigen Maßnahmen zur Verbesserung der Fleischqualität. Die Forderung nach einem Mindestfettgehalt von 2,5 % erscheint gerechtfertigt, auch wenn im *LD* zusätzliche Lokalisationseffekte für Verzehrseigenschaften bestehen.
2. Im Vergleich zu anderen Literaturquellen sind die vorgefundenen IMF-Gehalte selbst bei der verbreiteten Gebrauchskreuzung Pix(DEXDL) weitaus höher und reichen in einigen Teilen des Muskels an die sensorische Mindestanforderung von 2,0 bis 2,5 % IMF heran. Aufgrund der charakteristischen Fettverteilung im *LD* wird durch die derzeit übliche Messung im Bereich der Rückenmitte stets der geringste IMF-Gehalt erfaßt, so daß das durchschnittliche Fettgehaltsniveau im Muskel deutlich über den Literaturangaben liegt. Eine Berücksichtigung des Fettgehaltes in der Zucht erscheint aber notwendig, um ein Absinken zu verhindern.
3. Die hohen Fettgehalte mit entsprechend großer phänotypischer Standardabweichung bei der Mutterrasse DE sprechen gegen die negativen Prognosen für den Erfolg einer Selektion auf den IMF-Gehalt.
4. Die beträchtlichen IMF-Gehalte der Rasse SF spiegeln sich entsprechend den verbleibenden genetischen Anteilen in den Kreuzungsprodukten wider. Die züchterische Bearbeitung dieser Rasse wurde jedoch aufgrund der unzureichenden Fleischfülle für eine Vatterrasse eingestellt. Neben SF haben sich Duroclinien als gute Vererber für den IMF-Gehalt herausgestellt, die bei einer entsprechenden Selektion auf Fleischansatz gegenüber Pi-Kreuzungen keine oder nur geringe Nachteile in der Schlachtleistung der Mastprodukte mit sich bringen. Eine Selektion auf Fleischfülle führt jedoch auch bei dieser Rasse zu sinkendem IMF-Gehalt, wodurch der positive Effekt in der Kreuzungszucht verloren geht.
5. Perspektivisch erscheint die Überprüfung geeigneter Kreuzungskombinationen für den IMF-Gehalt, auch unter Berücksichtigung der rassespezifischen Bedeutung in der Ausprägung der Verzehrseigenschaften, notwendig. In der eigenen Untersuchung besitzen Kreuzungen mit einem Genanteil von 50 % SF noch einen durchschnittlichen Fettgehalt von 2,3 bis 2,4 %. Wird in Kombination mit Pi der SF-Genanteil auf 25 % gesenkt, so geht der Fettgehalt auf 1 % zurück. Auch die Einbeziehung von Duroc bei Hybridsauen im Hülsenberger Zuchtprogramm führt zu keiner deutlichen Verbesserung des IMF-Gehaltes beim Mastendprodukt mit einem Duroc-Genanteil von 25 %.
6. Bei zukünftigen Untersuchungen im Rahmen von Zucht, Warentest und Vermarktung sind Lokalisationseffekte in den Beziehungen zwischen IMF-Gehalt und Verzehrseigenschaften zu berücksichtigen. Im Lendenbereich variieren die sensorischen Eigenschaften zwar am wenigsten, was sich bei sensorischen Tests als vorteilhaft erweist, aber hier bestehen auch die geringsten Zusammenhänge zum IMF-Gehalt.
7. Eine Entscheidung über ein einheitliches Bestimmungsverfahren für den IMF-Gehalt ist überfällig. Für begrenzte Fragestellungen bietet sich der im Aufbau befindliche NIT-

- Verbund unter Koordination durch die Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach an, dem bisher aber kaum Prüf- und Forschungsstätten angeschlossen sind.
8. Eine vordringliche Aufgabe für die objektive Bewertung des Fettgehaltes ist die Entwicklung von Methoden zur in vivo Bestimmung und für den Einsatz am Schlachtband. Von den bekannten Methoden scheint die Ultraschalltechnik, trotz bisher nicht zufriedenstellender Ergebnisse für die IMF-Beurteilung im *LD*, am aussichtsreichsten, da die Merkmalsvariation im Muskelquerschnitt berücksichtigt werden kann. Offen bleibt zunächst die Frage nach einer Weiterentwicklung der methodischen Grundlagen bei IMF-Erfassung mit dem MQM-Gerät. Die in Deutschland vorliegenden Ergebnisse führten bisher nicht zu befriedigenden Resultaten.
 9. Zur Vorhersage des IMF-Gehaltsniveaus im Schlachtkörper über eine Messung im *LD* ist grundsätzlich der Bereich 7. bis 10. BW am besten geeignet. Da heutige genetische Konstruktionen aber wahrscheinlich nur durchschnittliche Fettgehalte von $< 1,5$ % im *LD* aufweisen, verbunden mit einer verhältnismäßig geringen intramuskulären Variation, kann für diese Tiergruppe eine Bestimmung in der Rückenmitte empfohlen werden. Generell ist die Schätzung des IMF-Gehaltes bei Tieren mit geringem Fettgehaltsniveau genauer. Voraussetzung für die Entwicklung einer ausreichend genauen Schätzmethode ist aber eine weitere Untersuchung der Fettverteilung in den Muskelendbereichen, da die hierzu vorliegenden Ergebnisse nicht eindeutig sind und überwiegend auf heute weniger verbreiteten Genotypen basieren.
 10. Für die Beurteilung der Verzehrqualität scheint die Erfassung der Fleischbeschaffenheit und des IMF-Gehaltes geeignet, wobei nur die Abgrenzung einer in allen Merkmalen guten Qualität sinnvoll erscheint. Bei Verwendung der Durchschnittswerte aus dem *LD* weisen im vorliegenden Material 25 % der Proben eine Kombination von guten spätpostmortalen technologischen Eigenschaften und einem IMF-Gehalt von mindestens 2,5 % auf. Zur Vorhersage dieser „Gesamtfleischqualität“ ist eine Messung in der kranialen Region zu empfehlen.
 11. Die Fleischqualität verschiedener Schlachtkörperteile und selbst innerhalb des *LD* kann erheblich variieren, daher ist eine Vermarktung herausragender Qualität wahrscheinlich nur innerhalb spezieller Konzepte für bestimmte Teilstücke zu realisieren. Für den Endverbraucher ist, zumindest bei Ladenfleisch, eine objektive monetäre Bewertung des IMF und der Fleischbeschaffenheit z.Z. nicht möglich.
 12. Aus wissenschaftlicher Sicht besteht Bedarf an einer weiteren Klärung der organoleptischen Wirkung von IMF-Gehalt und -Verteilung, da dessen Einfluß auf die sensorischen Eigenschaften des Fleisches mit Ausnahme weniger nachgewiesener Wirkungsmechanismen auch weiterhin spekulativ ist. Von praktischem Interesse ist der spezifische Beitrag der einzelnen IMF-Fraktionen an der durch den Gesamtlipidgehalt erklärbaren Varianz der Verzehrseigenschaften. Mit Klärung dieses Problems kann auch eine endgültige Entscheidung über die bisher strittige Frage gefällt werden, welche IMF-Fraktionen analysiert und als „IMF-Gehalt“ berücksichtigt werden müssen.
 13. Die ermittelten Merkmalszusammenhänge sind an aktuellen Gebrauchskreuzungen und für maßgebliche Muskeln in anderen Schlachtkörperteilen weiter abzuklären. Die

Untersuchungen in der vorliegenden Studie beschränken sich auf den *LD*, der als Referenzmuskel für IMF-Gehalt und, neben maßgeblichen Keulenmuskeln, auch für die Fleischbeschaffenheit des gesamten Schlachtkörpers verwendet wird. Über den Fettgehalt im *LD* können die IMF-Gehalte vieler anderer Muskeln hinlänglich abgeschätzt werden. Bei der Fleischbeschaffenheit treten aber z.T. deutliche Fehleinschätzungen für einzelne Muskelgruppen auf.

8 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die intramuskuläre Variation des Fettgehaltes im *M. longissimus thoracis et lumborum* (LD) und mit der Fleischqualitätsausprägung gekoppelte muskelphysiologischer Merkmale untersucht. Ableitend hiervon waren Empfehlungen für eine Erfassung des intramuskulären Fettgehaltes (IMF) bzw. der Fleischqualität abzuleiten. Da die Verzehrsqualität nur bedingt vom IMF-Gehalt und ebenso über andere Eigenschaften der Muskulatur beeinflusst wird, wurden Zusammenhänge zwischen dem Fettgehalt und strukturellen Muskelmerkmalen sowie der realisierten Fleischbeschaffenheit überprüft. Die Untersuchungen zur Variation des IMF-Gehaltes, der Fleischbeschaffenheit und der Verzehrsqualität erfolgten an 8 Meßstellen im LD (5./6. Brustwirbel (BW) bis 5./6. Lendenwirbel (LW)) bei 50 Probanden der Kreuzung Pietrain x (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse). Zur Ermittlung der crosssectionalen IMF-Verteilung wurden 25 Probanden gleichen Genotyps untersucht. Um eine entsprechende Variation im IMF-Gehaltsniveau zu erreichen erfolgte im anschließenden Versuch neben dem Deutschen Edelschwein und Probanden der Kreuzung Pietrain x (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) auch eine Einbeziehung der Schwerfurter Fleischrasse und deren Kreuzungen mit Pietrain sowie eine Reduzierung auf 3 Meßstellen (8./9. BW, 2./3.-letzter BW, 5./6. LW). Zusätzlich wurden im zweiten Versuch die Fettsäurezusammensetzung des IMF und Muskelstrukturmerkmale des LD berücksichtigt.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In beiden Versuchen weisen die Probanden sehr hohe IMF-Gehalte auf, die über den Literaturangaben für vergleichbare Genotypen liegen. Proben aus dem Bereich 11. bis 14. BW besitzen den geringsten Fettgehalt. Nach kranial steigt dieser an und liegt in Abhängigkeit vom Fettgehaltsniveau in Region 8./9. BW ca. 20 bis 50 Prozentpunkte über den Werten aus der Rückenmitte. Das Verhältnis der Fettgehalte zwischen anterioren und posterioren Endbereichen des Muskels ist nicht eindeutig geklärt. Vorliegende Ergebnisse und Hinweise aus der Literatur deuten aber auf eine Veränderung in deren Verhältnis zueinander bei insgesamt steigendem Fettgehalt hin. Im Muskelquerschnitt besitzt der ventrale Abschnitt in der Rückenmitte und im kaudalen Bereich des LD's gesichert höhere Fettgehalte.
- Die hohen Fettgehalte im kranialen Abschnitt werden bei Muskeln mit einem durchschnittlichen IMF-Gehalt $\geq 1,5$ % von einer deutlichen Zunahme in der Summe gesättigter und eine Abnahme in der Summe mehrfach ungesättigter Fettsäuren (PUFA) begleitet.
- Vom kranialen bis zum kaudalen Muskelende verändert sich das Muskelfasertypenprofil. Der Anteil an langsam kontrahierenden oxidativen Fasern nimmt zu und der Anteil des schnell kontrahierenden glykolytischen Fasertyps tendenziell ab. In gleicher Richtung vergrößern sich die Faserdurchmesser.
- Für derzeit übliche Parameter zur Kennzeichnung der Fleischbeschaffenheit (Leitfähigkeit, pH-Wert, Fleischfarbe) wird z.T. eine charakteristische Variation im Längsverlauf des LD festgestellt, die maßgeblich durch die Schlachttechnologie verursacht wird.

- Fleischproben aus dem kranialen Bereich besitzen nach subjektiver sensorischer Bewertung die besten Verzehrseigenschaften. Bis zur Rückenmitte verschlechtert sich die Verzehrqualität und wird in der Lendenregion wieder etwas besser. Die Scherkraftwerte und die Ergebnisse zum Grillverlust bestätigen die Befunde der organoleptischen Bewertung.
- Im wesentlichen steht der IMF-Gehalt in nicht gesicherter, geringer bis mittlerer negativer Beziehung zum Anteil an PUFA, in zumeist schwachem positiven Zusammenhang zum Anteil einfach ungesättigter und in keinem gerichteten Verhältnis zur Summe der gesättigten Fettsäuren.
- Zwischen IMF-Gehalt und Muskelstrukturmerkmalen liegen in der Regel keine klaren Beziehungen vor. Bei Proben mit geringem Fettgehalt ($< 1,5\%$) bestehen die insgesamt engsten Korrelationen zwischen dem Fettgehalt und den Faserdurchmessern ($r_p = .21$ bis $r_p = .61^*$). Proben aus der Rückenmitte stehen in einem geringen negativen Zusammenhang zur Muskelfasergesamtanzahl ($r_p = -.20$).
- Der IMF-Gehalt zeigt keine deutliche Beziehung zur Leitfähigkeit, den pH-Werten sowie der Fleischfarbe.
- Fleisch mit guten Verzehrseigenschaften weist im Mittel über $4,0\%$ IMF auf. Berücksichtigt man die Standardabweichungen, so werden aber auch Fleischproben mit geringeren Fettgehalten um $2,1$ bis $2,3\%$ in Zartheit und Saftigkeit bereits als "gut" eingestuft, während bei einer guten Beurteilung des Gesamteindrucks und des Aromas mindestens Fettgehalte von etwa $2,9$ bis $3,2\%$ vorliegen. Fleischproben mit $\geq 2,5\%$ IMF haben signifikant geringere Scherkraftwerte.
- Zwischen IMF-Gehalt und Verzehrseigenschaften existieren vom kranialen Muskelende bis ca. zum 12. BW mittlere Zusammenhänge mit abnehmender Stärke nach posterior. Ab dem 3. LW steht der Fettgehalt in keiner wesentlichen Beziehung mehr zu den sensorischen Eigenschaften. Die Korrelationen zwischen IMF-Gehalt und Scherkraftwerten ($r_p = -.07$ bis $r_p = -.36^*$) bestärken die bei den organoleptischen Kriterien gefundene topographische Differenzierung in der Stärke der Zusammenhänge im Längsverlauf des *LD*.
- Unter Vorbehalt der weiterhin nicht geklärten Fettverteilung in den Endbereichen des *LD*, ist die Region im Bereich 7. bis 10. BW für eine Einschätzung der intramuskulären Gesamtverfettung des *LD* am besten geeignet. Bei separater Betrachtung von Muskeln mit einem durchschnittlichen IMF-Gehalt $< 1,5\%$ ergibt allerdings eine Messung in der Rückenmitte/Lendenanfang eine genauere Aussage.

Aus den Ergebnissen können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Bei zukünftigen Maßnahmen zur Verbesserung der Fleischqualität sollte der IMF-Gehalt stärker berücksichtigt werden, da deutliche Zusammenhänge zwischen IMF-Gehalt und den Verzehrseigenschaften des Fleisches bestehen.
- Die Forderung nach einem Mindestfettgehalt von $2,5\%$ erscheint gerechtfertigt, auch wenn im *LD* zusätzliche Lokalisationseffekte für Verzehrseigenschaften existieren. Aufgrund der charakteristischen Fettverteilung im *LD* wird durch die derzeit übliche Messung im Bereich der Rückenmitte stets der geringste IMF-Gehalt erfaßt, so daß das durchschnittliche Fettgehaltsniveau im Muskel deutlich über den Literaturangaben liegt.

- Hohe Fettgehalte mit entsprechend großer phänotypischer Standardabweichung bei der Mutterrasse Deutsches Edelschwein sprechen gegen die negativen Prognosen für den Erfolg einer Selektion auf den IMF-Gehalt.
- Die inhomogene Verteilung muskelstruktureller Merkmale im *LD* wirft die Frage nach geeigneten Meßstellen auf. Auch bei Untersuchungen zu Beziehungen zwischen IMF-Gehalt und Verzehrseigenschaften sind Lokalisationseffekte zu berücksichtigen.
- Eine vordringliche Aufgabe besteht in der überfälligen Entscheidung für ein einheitliches, klassisch analytisches IMF-Bestimmungsverfahren für Zucht, Warentest und Vermarktung und der Entwicklung von Methoden zur in vivo Bestimmung und für den Einsatz am Schlachtband. Von den bekannten Methoden scheint die Ultraschalltechnik, trotz bisher nicht zufriedenstellender Ergebnisse für die IMF-Beurteilung im *LD* am aussichtsreichsten, da die Merkmalsvariation im Muskelquerschnitt berücksichtigt werden kann.
- Da heutige genetische Konstruktionen wahrscheinlich nur durchschnittliche Fettgehalte von < 1,5 % im *LD* aufweisen, verbunden mit einer verhältnismäßig geringen intramuskulären Variation, kann für diese Tiergruppe eine Vorhersage des IMF-Gehaltsniveaus im Schlachtkörper über eine Messung in der Rückenmitte empfohlen werden.
- Für die Beurteilung der Verzehrsqualität scheint die gleichzeitige Erfassung der Fleischbeschaffenheit (LF, pH-Wert) und des IMF-Gehaltes geeignet, wobei nur die Abgrenzung einer in allen Merkmalen guten Qualität sinnvoll erscheint. Zur Vorhersage dieser "Gesamtfleischqualität" ist, unter Berücksichtigung der Ergebnisse zur besten Meßstelle für die Erfassung des IMF-Gehaltes, eine Messung in der kranialen Region zu empfehlen.

9 Summary

In the present study, the intramuscular variation of fat content and meat quality related physiological features of the muscle were examined in the *M. longissimus thoracis et lumborum* (*LD*). Recommendations for the recording of the intramuscular fat content (IMF) and meat quality in breeding selection and monetary assessment should be derived. Since the eating quality is not only affected by the IMF content and influenced by other muscle characteristics, relations were checked between the fat content and the characteristics of muscle structure, as well as other meat quality parameters. The IMF-content, meat and eating quality were measured at 8 measuring points in the *LD* (5th/6th thoracis vertebra (BW) to 5th/6th lumbar vertebra (LW)) in 50 crossbreds of the genotype Pietrain x (German Large White x German Landrace). To investigate the crosssectional distribution of IMF, 25 pigs of the same origin were examined. In the second experiment, beside German Large White and Pietrain x (German Large White x German Landrace), the Schwerfurter Fleischrasse and their crosses with Pietrain were included, to get a high variation of the IMF-content. The number of measuring points was reduced to 3 (8th/9th BW, 2nd/3rd-last BW, 5th/6th LW). In addition, the fatty acid composition of IMF and the characteristics of muscle structure of *LD* were determined.

The results can be summarised as follows:

- In both trials pigs have very high IMF-contents, which exceed the values from other experiments with comparable genotypes. In almost all cases there is a significant effect from the anatomical location in the longitudinal extension of *LD* on the IMF-content. Samples of the section 11th to 14th BW show the lowest fat content with increasing values in anterior direction. Depending on the general fat level, IMF-content in region 8th/9th BW is about 20 to 50 % higher compared to values of the medial part of *LD*. The relation of the IMF content between anterior and posterior sections of the muscle is not yet clear. The own results and findings in publications indicate a changing relation between the fat content of cranial and caudal sections when the IMF-level increases generally. Considering crosssectional distribution of IMF the ventral part of the *LD* shows significantly more IMF in the medial and the caudal regions.
- The high fat content in the cranial part corresponds to a clear increase in total saturated fatty acids and a decrease in total polyunsaturated fatty acids (PUFA) in muscles with a mean IMF-content ≥ 1.5 %.
- There is a change in the composition of the muscle in the longitudinal extension of *LD*. The portion of slow twitch oxidative fibres increases and that of fast twitch glycolytic fibres decreases tendentious from cranial to caudal. Diameters of all fibre types increase in the same direction.
- For meat quality characteristics (conductivity, pH-value, meat colour), partly a typical variation within the longitudinal extension of *LD* is found, which is caused mainly by slaughter technology.
- For meat samples from the cranial section best eating quality was found by sensory assessment. Organoleptic properties are less favourable up to the 2nd/3rd-last BW and improving somewhat in the lumbar region. Shear force values and grilling loss confirm these results.

- There are mostly non-significant, low to moderate negative correlations between the IMF-content and the portion of PUFA, low positive relations to the content of monounsaturated and no clear relation to the portion of saturated fatty acids.
- In general, no clear relations were found between the IMF-content and characteristics of muscle structure. However, the closest relations of all exist between IMF-content and the fibre diameters ($r_p = .21$ to $r_p = .61^*$) in meat samples with a fat content $< 1.5\%$. A low negative relation is found to the total number of muscle fibres in samples of the medial section of the muscle ($r_p = -.20$).
- The IMF-content is not clearly related to conductivity, pH-values and meat colour.
- Meat with the best eating quality has more than 4.0% IMF. When considering the standard deviation samples with less IMF (2.1 to 2.3%) were classified as good for tenderness and juiciness, while a good flavour and overall acceptability of the meat is related to a fat content of at least 2.9 to 3.2% . Samples with $\geq 2.5\%$ IMF show significantly lower shear force values.
- Moderate correlations exist between IMF content and organoleptic properties from the cranial section up to the 12th BW getting looser in posterior direction. Beginning from the 3rd LW up to the caudal end of *LD*, the fat content is no longer related to sensory qualities. Correlations between IMF-content and shear force values ($r_p = -.07$ to $r_p = -.36^*$) confirm the organoleptic test which shows topographic differences in the longitudinal extension of *LD* for the strength of the relations.
- The region 7th to 10th BW is most suitable for the prediction of the average fat level of the muscle. However, the fat distribution in the ends of the *LD* is still unclear. In the case of muscles with an average IMF content of $< 1.5\%$, a measurement in the middle section/beginning of lumbar region is more precise.

The following conclusions can be taken:

- The relation between IMF content and the eating quality confirm the importance of the fat content for the improvement of the meat quality.
- The demand for a minimal fat content of 2.5% seems correct, even if effects of anatomical location exists for eating quality characteristics in *LD*. Because of the typical fat distribution in the *LD*, the usual measuring point (2nd/3rd-last BW) always reflects the lowest IMF content. So, even in muscles with low values at this point, the average fat content of the whole muscle is higher than values from the literature.
- The high fat content and an adequate phenotypic standard deviation in German Large White contradict the negative forecasts for the success of a selection on the IMF.
- The inhomogeneous distribution of muscle structure characteristics in *LD* raise the question of suitable measuring points. Furthermore, the effects of location have to be considered when investigations for the relation between the eating quality characteristics and the IMF-content are done.
- An urgent problem is the decision for a standard procedure for the chemical determination of the IMF content in breeding, testing and marketing on the one hand. On the other, an in vivo methodology for the online assessment at the slaughter line should be developed. Although

present results are not yet sufficient, from the known techniques ultrasonic measurements seem to be most promising, because the crosssectional differences in fat content can be considered.

- For the today's genotypes which show probably only an average fat content $< 1.5\%$ and a relative low variation of intramuscular fat in *LD*, a prediction of the general level of the IMF content in the carcass at the medial section of *LD* is recommended.
- A determination of parameters of the meat quality (conductivity, pH-values) and IMF-content is suitable for the assessment of eating quality. A discrimination for meat with best quality in all features is sensible. It is recommended to use values from a measurement in cranial region, which was found to be favourable for the estimation of IMF content, to predict the overall meat quality.

10 Literaturverzeichnis

- AALHUS, J.L.;** GARIEPY, C.; MURRAY, A.C.; JONES, S.D.M.; TONG, A.K.W. (1991): Stunning and shackling influences on quality on longissimus dorsi and semimembranosus muscles. *Meat Sci.* 29: 323-334
- ALASNIER, C.;** REMIGNON, H.; GANDEMER, G. (1996): Lipid characteristics with oxidative and glycolytic fibres in rabbit muscles. *Meat Sci.* 43: 213-224
- ALBERTS, B.;** BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WATSON, D. J. (Hrsgg.) (1990): *Molekularbiologie der Zelle.* VCH Verlag Weinheim, S. 1180
- ALBRECHT, E.** (1997): Untersuchungen zum intramuskulären Fettgewebe und zur Bündelstruktur des Muskels beim Rind mit der Computerbildanalyse. Diss. Universität Rostock
- ALLEN, E.;** CASSENS, R.G.; BRAY, R.W. (1964): Comparative lipid composition of three porcine muscles. *J. Anim. Sci.* 24: 858
- ALLEN, E.;** BRAY, R.W.; CASSENS, R.G. (1967a): Changes in fatty acid composition of porcine muscle lipid associated with sex and weight. *J. Food Sci.* 32: 26-29
- ALLEN, E.;** BRAY, R.W.; CASSENS, R.G. (1967b): Histochemical observations of porcine muscle as related to lipid accumulation. *J. Food Sci.* 32: 20-25
- ALLEN, E.;** CASSENS, R.G.; BRAY, R.W. (1967c): Comparative lipid composition of three porcine muscles. *J. Anim. Sci.* 26: 36-40
- ALSMEYER, R.H.;** THORNTON, J.W.; HINER, R.L. (1964): Cross-sectional tenderness variations among six locations of pork longissimus dorsi. *J. Food Sci.* 29: 181-183
- ALSMEYER, R.H.;** THORNTON, J.W.; HINER, R.L. (1965): Some dorsal-lateral location tenderness differences in the longissimus dorsi muscle of beef and pork. *J. Anim. Sci.* 24: 526-530
- ALTMANN, M.;** PFEIFFER, H. (1991): Verwendung des intramuskulären Fettgehaltes in der Selektion beim Schwein. Beitrag zur 42. Jahrestagung der EVT, Berlin
- ALTMANN, M.;** LENGERKEN, G.V.; PFEIFFER, H. (1992): Intramuskulärer Fettgehalt - Bedeutung, Ermittlung und Selektionsmaßnahmen in der Schweinezucht; *Schweinezucht und Schweinemast* 40: 252-254;
- ANDERSON, D.B.;** KAUFFMAN, R.G. (1973): Cellular and enzymic changes in porcine adipose tissue during growth; *J. Lipid Res.* 14: 160-168
- ARNETH, W.** (1998): Über die Bestimmung des intramuskulären Fettes. *Fleischwirtschaft* 78: 218-220
- ASHGAR, A.;** GRAY, J.I.; BOOREN, A.M., GOMAA, E.A.; ABOUZIED, M.M.; MILLER, E.R.; BUCKLEY, D.J. (1991): Effects of supranutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of alphotocopherol in the muscle and on pork quality. *J. Sci. Food Agric.* 57: 31-41
- ASHMORE, C.R.** (1974): Phenotypic expression of muscle fibre types in some implications to meat quality. *J. Anim. Sci.* 38: 1158-1164
- ASHMORE, C.R.;** TOMPKINS, G.; DOERR, L. (1972): Postnatal development of muscle fibre types in domestic animals. *J. Anim. Sci.* 34: 37

- 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.; TEMISAN, V. (1986):** Einfluß verschiedener Faktoren auf die Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischqualität von Jungbullen. *Fleischwirtschaft* 66: 1273-1280
- AUGUSTINI, C.; FREUDENREICH, P. (1998):** Reifungsdauer und Zartheit bei Rindfleisch. *Fleischwirtschaft* 78: 65-67
- BADER, R. (1981):** Enzymhistochemische, histometrische, histologische und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Skelettmuskeln gesunder, ausgemästeter Schweine der deutschen Landrasse in unterschiedlichen Haltungssystemen. Diss. FU Berlin
- BADER, R. (1982):** Enzymhistochemische und histometrische Untersuchungen an Skelettmuskeln von ausgemästeten, gesunden Schweinen der Deutschen Landrasse. *Zbl. Vet. Med. A* 29: 443-457
- BADER, R. (1983):** Vergleichende histometrische und histologische Untersuchungen an Skelettmuskeln von Wild- und Hausschweinen. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 96: 89-97
- BAILEY, A.J. (1972):** The basis of meat texture. *J. Sci. Food Agric.* 23: 995
- BARTON-GADE, P.A. (1981):** The measurement of meat quality in pigs post mortem. Beitrag zum Symposium Porcine stress and meat quality - causes and possible solutions to the problems. Jeloy, Norway, S. 205-218
- BARTON-GADE, P.A. (1984):** Some experience on measuring the quality of pork fat. In: Fat quality of lean pigs; Hrsgb.: Wood, J.D.; Meat Research Institute special report 2: Brussels, S. 47-52
- BATCHER, O.M.; DAWSON, E.H. (1960):** Consumer quality of selected muscles of raw and cooked pork. *Food Technol.* 14: 69
- BATCHER, O.M.; DAWSON, E.H.; GILPIN, G.L.; EISEN, J.N. (1962):** Quality and physical composition of various cuts of raw and cooked pork. *Food Technol.* 16: 104
- BATE-SMITH, E.C. (1948):** The physiology and chemistry of rigor mortis with special reference to the ageing of beef. *Advances in Food Res.* 1: 1
- BEATTY, C.H.; PETERSON, R.D.; BOCEK, R.M. (1963):** Metabolism of red and white muscle fibre groups. *Am. J. Physiol.* 204: 939
- BECHTEL, P.J.; McKeith, F.K.; Turner, S.L. (1987):** Survey of retail pork roasts from the midwest. Sensory and chemical properties. *J. Anim. Sci.* 65: 123-124
- BEECHER, G.R.; CASSENS, R.G.; HOEKSTRA, W.G.; BRISKEY, E.J. (1965):** Red and white fibre content and associated post-mortem properties of seven porcine muscle. *J. Food Sci.* 30: 969-976
- BEJERHOLM, C. (1991):** The effect of ageing on the eating quality of normal pork loins. Beitrag zum 37. ICOMST, Kulmbach
- BEJERHOLM, C.; BARTON-GADE, P. (1986):** Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat. Beitrag zum 32. Europäischen Fleischforscherkongreß, Ghent, Belgien
- BELFRANGE, P.; FREDERIKSON, G.; STRAHLFORS, P.; TORNQUIST, H. (1984):** Adipose tissue lipases. In: Lipases, Hrsg. B.Bergström und H.L. Brockmann, Verlag Elsevier, S. 366-416

- BENDALL, J. R.** (1978): Meat Sci. 2: 9; In: Warner, R.D.; Kauffman, R.G.; Russel, R.L. (1993) Quality attributes of major porcine muscles: A comparison with the longissimus dorsi. Meat Sci. 33: 359-372
- BENDALL, J.R.;** SWATLAND, H.J. (1988): A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. Meat Sci. 24: 85-126
- BERRY, B.W.** (1993): Tenderness of beef loin steaks as influenced by marbling level, removal of subcutaneous fat and cooking method. J. Anim. Sci. 71: 2412-2419
- BERRY, B.W.;** LEDDY, K.F. (1989): In: Meat Freezing. Elsevier Science Publishers Ltd. UK, S. 1
- BERRY, B.W.;** LEDDY, K.F. (1990a): Comparison of restaurant versus research type broiling with beef loin steaks differing in marbling. J. Anim. Sci. 68: 666-672
- BERRY, B.W.;** LEDDY, K.F. (1990b): Influence of steak temperature at the beginning of broiling on the palatability, shear and cooking properties of beef loin steaks differing in marbling. J. Foodservice Systems 287-298
- BIEDERMANN, G.;** GRANZ, E. (1979): Zur Methode der pH₁-Bestimmung bei Bandschlachtung von Schweinen. Züchtungskunde 51: 59-70
- BIEDERMANN, G.;** PESCHKE, W.; WITTMANN, W.; BRANDT, C. (1998): Streßstabile Pietrain im Vormarsch?. Schweinezucht und Schweinemast 3: 24-26
- BILINSKI, E.;** JONAS, R.E.E. (1964): Utilization of lipids by fish. II. Fatty acid oxidation by a particulate fraction from lateral line muscle. Can. J. Biochem. 42: 345
- BLUMER, T.N.** (1963): Relationship of marbling to the palability of beef. J. Anim. Sci. 22: 771-778
- BLUMER, T.N.;** CRAIG, H.B.; PIERCE, E.A.; SMART, W.W.; WISE, M.B. (1962): Nature and variability of marbling deposits in longissimus dorsi muscle of beef carcasses. J. Anim. Sci. 21: 935-942
- BLUNK, H.C.** (1990): Phospholipide im intramuskulären Gewebe von Rindern – Analytik und Bedeutung als Aromavorstufen. Diss. Hamburg
- BLUNK, H.C.;** Steinhart, H.; Schwarz, F.J.; Kirchgessner, M. (1992): Einfluß von Lebendgewicht, Geschlecht, Fütterungsintensität und Fleischreifung auf das Fettsäurenmuster der Phospholipide in Rindermuskeln. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung 194: 244-247
- BODIS, K.;** PESCHKE, W.; EICHINGER, H.M.; SCHUSTER, M.; OPPERMANN, P. (1998): Möglichkeiten der Erfassung des intramuskulären Fettgehaltes beim Schwein mit dem MQM. Beitrag zur Vortragstagung der DGfZ/GfT, Berlin
- BOGE, A.;** SAUERWEIN, H.; MEYER, H.H.D. (1995): Experimental and clinical endocrinology and diabetes 104: 101-106
- BOUTON, P.E.;** HOWARD, A.; LAWRIE, R.A. (1957): Studies on beef quality. VI. Effect on weight losses and eating quality of further pre-slaughter treatments. Gr. Brit. Dept. Sci. Ind. Res. Spec. Rept. Nr. 66
- BOUTON, P.E.;** HARRIS, P.V.; SHORTHOSE, W.R. (1971): Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. J. Food Sci. 36: 435
- BOUTON, P.E.;** HARRIS, P.V. (1972): The effects of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat. J. Food Sci. 37: 140

- BRACKEBUSCH, S.A.;** MCKEITH, F.K.; CARR, T.R.; MCLAREN, D.G. (1991): Relationship between longissimus composition and the composition of other major muscles of the beef carcass. *J. Anim. Sci.* 69: 631-640
- BRANDT, H.** (1996): Möglichkeiten der Zucht auf höheren intramuskulären Fettgehalt unter deutschen Marktverhältnissen. Beitrag zum IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (V17), Wilhelmsthal
- BRENNAND, C.P.;** LINDSAY, R.C. (1982): Sensory discrimination of species-related meat flavors. *Lebensm.-Wiss. u. Technol.* 15: 249-252
- BRENNER, K.V.;** SURMANN, H. (1990): Sensorische Bewertung von Koteletts verschiedener Schweineherkünfte. Beitrag zum Workshop "Schweinefleischbeschaffenheit nach Halothanisierung", Nordhausen
- BRENNER, K.V.;** SURMANN, H. (1991): Eßqualität von Schweinefleisch derzeitiger Mastendprodukte. *Schweinezucht und Schweinemast* 5: 142-144
- BRISKEY, E.J.** (1969): In: Recent points of view on the condition and meat quality of pigs for slaughter. Hrsgg.: Sybesma, W.; Van der Wal, P.G.; Walstra, P.; IVO, Zeist
- BRISKEY, E.J.;** HOEKSTRA, W.G.; BRAY, R.W.; GRUMMER, R.H. (1960): Comparison of certain physical and chemical characteristics of eight pork muscles. *J. Anim. Sci.* 19: 214-235
- BROCKS, L.** (1996): Fibre type composition and capillary density in longissimus dorsi and biceps femoris of fast and lean growing pigs. Beitrag zum 25. Europäischen Muskelkongreß, Montpellier, Frankreich, Kurzfassungen S. 5-17
- BROWNING, M.A.;** HUFFMAN, D.L.; EGBERT, W.R.; JUNGST, S.B. (1990): Physical and compositional characteristics of beef carcasses selected for leanness. *J. Food Sci.* 55: 9-14
- CAMERON, N.D.** (1990): Genetic and phenotypic parameters for carcass traits, meat and eating quality traits in pigs. *Livestock Prod. Sci.* 26: 119-136
- CAMERON, N.D.;** WARRIS, P.D.; PORTER, S.J.; ENSER, M.B. (1990): Comparison of Duroc and British Landrace pigs for meat and eating quality. *Meat Sci.* 27: 227-247
- CAMERON, N.D.;** ENSER, M.B. (1991): Fatty acid composition of lipid in longissimus dorsi muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality. *Meat Sci.* 29: 295-307
- CAMERON, N.D.;** OKSBJERG, N.; HENCKEL, P.; NUTE, G.; BROWN, S.; WOOD, J.D. (1998): Relationships between muscle fibre traits with meat and eating quality in pigs. Beitrag zur Tagung der British Society Anim. Sci. S. 123
- CANDEK-POTOKAR, M.;** ZLENDER, B.; LEFAUCHEUR, L.; BONNEAU, M. (1998): Effects of age and/or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical traits and sensory quality in pigs. *Meat Sci.* 48: 287-300
- CARPENTER, Z.L.;** BRAY, R.W.; BRISKEY, E.J.; TREADER, D.H. (1961a): Intramuscular fat distribution in the longissimus dorsi of paired pork loins. *J. Anim. Sci.* 20: 603-605
- CARPENTER, Z.L.;** KAUFFMAN, R.G., BRAY, R.W.; HOEKSTRA, W.G. (1961b): Histological observations related to pork quality. *J. Anim. Sci.* 20: 914
- CARPENTER, Z.L.;** KAUFFMAN, R.G.; BRAY, R.W.; BRISKEY, E.J.; WECKEL, K.G. (1962): Factors influencing quality in pork. A. Histological observations. *J. Food Sci.* 27: 467-471

- CASTEELS, M.;** OECKEL V., M.J.; BOSCHAERTS, L.; SPINCEMAILLE, G.; BOUCQUE, C.V. (1995): The relationship between carcass, meat and eating quality of three pig genotypes. *Meat Sci.* 40: 253-269
- CATCHPOLE, C.;** LAWRIE, R.A. (1970): Effect of muscle location on fatty acid composition of total intramuscular lipids in pigs. *Anim. Prod.* 14: 247-252
- CHORA, M.J.;** MOUROT, J.; COUESPEL, B.; ECOLAN, P. (1995): Comparative study of the intramuscular adipocytes between growing Large White and Meishan pigs. *Beitrag zum 2. Dummerstorfer Muscle Workshop des FBN, Muscle Growth and Meat quality, Rostock, S.* 160
- COOK, C.F.;** BRAY, R.W.; WECKEL, K.G. (1964): Variations in the quantity and distribution of lipid in the bovine longissimus dorsi. *J. Anim. Sci.* 23: 329-331
- COOPER, C.C.;** CASSENS, R.G.; BRISKEY, E.J. (1969): Capillary distribution and fibre characteristics in skeletal muscle of stress-susceptible animals. *J. Food Sci.* 34: 299
- COOPER, C.C.;** CASSENS, R.G.; KASTENSCHMIDT, L.L.; BRISKEY, E.J. (1970): Histochemical characterization of muscle differentiation. *Development. Biol.* 2: 169-184
- COVER, S.;** BUTLER, O.D.; CARTWRIGHT, T.C. (1956): The relationship of fatness in yearling steers to juiciness and tenderness of broiled and braised steaks. *J. Anim. Sci.* 15: 464
- COVER, S.;** RITCHEY, S.J.; HOSTETLER, R.L. (1962): Tenderness of beef. II. Juiciness and the softness components of tenderness. *J. Food. Sci.* 27: 476
- COVINGTON, R.C.;** TUMA, H.J.; GRANT, D.L.; DAYTON, A.D. (1970): Various chemical and histological characteristics of beef muscle as related to tenderness. *J. Anim. Sci.* 30: 191-196
- CROSS, H.R.** (1977): Effects of amount, distribution and texture of marbling on cooking properties of beef longissimus. *J. Food Sci.* 42: 182
- CROSS, H.R.;** SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L. (1972): Palatability of individual muscles from ovine leg steaks as related to chemical and histological traits. *J. Food Sci.* 45: 285-285
- DAHL, O.** (1970): Geschmack und Aroma des Fleisches. *Fleischwirtschaft* 6: 806-810
- DAVIES, A.S.** (1974): A comparison of tissue development in Pietrain and Large White pigs from birth to 64 kg live weight. 2. Growth changes in muscle distribution. *Anim. Prod.* 19: 377-387
- DAVIES, A.S.** (1979): Musculoskeletal growth gradients: A contribution to quadrupedal mechanics. *Zbl. Vet. Med. C. Anat. Histol. Embryol.* 8: 164-167
- DAVIES, A.S.** (1984): Wachstumsverlauf von Muskeln und Knochen bei Schweinen unterschiedlicher Endgröße. *Diss. Hannover*
- DAVIES, A.S.;** KALLWEIT, E. (1979): The effect of body weight and maturity on the carcass composition of the pig. *Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol.* 96: 6-17
- DAVIES, A.S.;** PRYOR, W.J. (1996): Growth changes in the distribution of dissectable and intramuscular fat in pigs. *Faculty of Veterinary Science, Massey University, Palmerston North, New Zealand*
- DAVIS, G.W.;** SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L.; CROSS, H.R. (1975a): Relationships of quality indicators to palatability attributes of pork loins. *J. Anim. Sci.* 41: 1305-13130
- DAVIS ET AL.** (1975b): In: Brandt, H. (1995): New meat quality characteristics. *Beitrag zum AGBU Pig Genetics Workshop, S.* 6-9

- DAVIS, G.W.;** SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L.; FREUND, R.J. (1978): Segmentation of fresh pork loins into quality groups. J. Anim. Sci. 46: 1618
- DEETHARDT, D.;** TUMA, H.J. (1971): Effect of cooking methods on various qualities of pork loin. J. Food Sci. 36: 626-628
- DEPARTMENT OF HEALTH** (1994): Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on health and social subjects no. 46. HMSO, London
- DEVOL, ET AL.** (1988a): In: Brandt, H. (1995): New meat quality characteristics. Beitrag zum AGBU Pig Genetics Workshop, S. 6-9
- DEVOL, D.L.;** MCKEITH, F.K.; BECHTEL, P.J.; NOVAKOFSKI, J.; SHANKS, R.D.; CARR, T.R. (1988b): Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. J. Anim. Sci. 66: 385-395
- DEVRIES, G.;** VAN DER WAL, P.G.; LONG, T.; EIKELENBOOM, G.; MERKS, J.W.M. (1994): Genetic parameters of pork quality and production traits in Yorkshire populations. Livestock Prod. Sci. 40: 277-289
- DIKEMAN, M.E.** (1987): Fat reduction in animals and the effects on palatability and consumer acceptance of meat products. Beitrag zur 40. Reciprocal Meat Conference, S. 93-103
- DILDEY, D.D.;** ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D. (1970): Porcine muscularity and properties associated with pale, soft, exudative muscle. J. Anim. Sci. 31: 681-685
- DRANSFIELD, E.;** JONES, R.C.D. (1981): Relationship between tenderness of three beef muscles. J. Sci. Food Agric. 32: 300-304
- DOTY, D.M.;** PIERCE, J.C. (1961): Beef muscle characteristics as related to carcass grade, carcass weight and degree of aging. U.S.D.A. Tech. Bul. 1231
- DO YOUNG CHOI** (1989): Untersuchungen zum Einfluß eines spezifischen Fettsäurezusatzes auf Fleischbeschaffenheit und Körperfett beim Schwein. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 105
- DUNIEC, H.;** KIELANOWSKI, J.; OSINSKA, Z. (1961): Heritability of chemical fat content in the loin muscle of baconers. Anim. Prod. 3: 195-198
- EDWARDS, S.A.;** WOOD, J.D.; MONCRIEFF, C.B.; PORTER, S.J. (1992): Comparison of the Duroc and Large White as terminal sire breeds and their effect on pigmeat quality. Anim. Prod. 54: 289-297
- EIKELENBOOM, G.;** HOVING-BOLINK, A.H.; VAN DER WAL, P.G. (1996a): Die Verzehrsqualität von Schweinefleisch - 1. Einfluß des End-pH-Wertes. Fleischwirtschaft 76: 405-406
- EIKELENBOOM, G.;** HOVING-BOLINK, A.H.; WAL, P.G.V.D. (1996b): Die Verzehrsqualität von Schweinefleisch - 2. Einfluß des intramuskulären Fettes. Fleischwirtschaft 76: 559-560
- ENDER, K.** (1994): Zukünftige Anforderungen an die Fleischqualität. Arch. Tierz., Dummerstorf 37 (Sonderheft): 137-142
- ENDER, K.;** REICHARDT, W. (1980): Zur Bestimmung des Gehaltes von intramuskulärem Fett in Rindfleisch mit Hilfe der Chloroform/Methanol-Extraktion. Die Nahrung 6: 493-498

- ENFÄLT, A.C.; LUNDSTRÖM K.; HANSSON, I.; LUNDEHEIM, N.; NYSTRÖM, P.E. (1997):** Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Sci.* 45: 1-15
- ESSEN-GUSTAVSSON, B. (1992):** Muscle fibre characteristics in pigs and relationships to meat quality parameters - review. In: *Pork quality: Genetic and metabolic factors*; Hrsgg.: Poulane, E.; Demeyer, D.I.; CAB International S. 140-155
- ESSEN-GUSTAVSSON, B.; FJELKNER-MODIG, S. (1985):** Skeletal muscle characteristics in different breeds of pigs in relation to sensory properties. *Meat Sci.* 13: 33-47
- ESSEN-GUSTAVSSON, B. (1995):** Effects of physical stress on muscle fibre characteristics in pigs – relation to meat quality. *Beitrag zum 2. Dummerstorfer Muscle Workshop des FBN, Muscle Growth and Meat quality, Rostock, S. 77-83*
- ESSEN-GUSTAVSSON, B.; KARLSTRÖM, K.; LUNDSTRÖM, K. (1992):** Muscle fibre characteristics and metabolic response at slaughter in pigs of different halothane genotypes and their relation to meat quality. *Meat Sci.* 31: 1-11
- ESSEN-GUSTAVSSON, B.; KARLSSON, A.; LUNDSTRÖM, K.; ENFÄLT, A.C. (1994):** Intramuscular fat and muscle fibre lipid contents in Halothane-gene-free pigs fed high or low protein diets and its relation to meat quality. *Meat Sci.* 38: 269-277
- ESSIEN, A.I. (1988):** Chemical fat composition of muscles of the indigenous Nigerian pigs as influenced by age and sex. *Meat Sci.* 22: 131-142
- ETHERTON, T.D.; KENSINGER, R.S. (1984):** Endocrine regulation of fetal and postnatal meat animal growth. *J. Anim. Sci.* 59: 511-527
- FALKENBERG, H.; LANGHAMMER, M.; KUHN, G. (1994):** Hoher Mukelfleischanteil ist nicht gleich hohe Qualität. *Neue Landwirtschaft* 12: 59-62
- FERNANDEZ, X.; MOUROT, J.; MOUNIER, A.; ECOLAN, P. (1995):** Effect of muscle type and food deprivation for 24 hours on the composition of the lipid fraction in muscle of Large White pigs. *Meat Sci.* 41: 335
- FEWSON, D.; RATHFELDER, A.; MÜLLER, E. (1993):** Untersuchungen über die Beziehungen von Fleischanteil, Fleischbeschaffenheit und Streßresistenz bei verschiedenen Schweine-herkünften. *Züchtungskunde* 65: 284-296
- FIEDLER, I. (1983):** Postnatales Wachstum der Muskelfasern beim Schwein. *Tag.-Bericht Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR* 209: 87-94
- FIEDLER, I. (1995):** Mittelwerte und Streuungen von Muskelfasermerkmalen in Biopsie- und Schlachtkörperproben des *M. longissimus dorsi* von Sauen, pers. Mitteilung zitiert in Giesel (1998), S. 83
- FIEDLER, I.; WEBER, C. (1981):** Methodische Untersuchungen zur Auswahl einer histochemischen Routinemethode zur Differenzierung von Muskelfasertypen. *Z. mikrosk.-anat. Forsch.* 95: 1027-1034
- FIEDLER, I.; WEGNER, J.; REHFELDT, C. (1987):** Beziehungen zwischen Masse, Maßen und Mikrostrukturmerkmalen des *Musc. semitendinosus* von wachsenden Schweinen. *Z. mikrosk.-anat. Forsch.* 101: 498 - 506

- FIEDLER, I.**; WIESMÜLLER, W.; MICHELCHEN, G.; KUHN, G. (1990): Fettzuwachs, Fettzellzahl und Fettzellgröße beim Schwein in Abhängigkeit vom Alter und von der Fütterungsintensität. Arch. Anim. Nutr. 40: 681-687
- FIEDLER, I.**; ENDER, K.; WICKE, M.; LENGERKEN, G.V. (1998): Region-dependent variations of fibre size and fibre type composition in longissimus muscle of pigs. Beitrag zum 44. ICOMST, Barcelona, Spanien
- FISCHER, K.** (1981): Veränderungen im Muskel nach dem Schlachten. Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches. Kulmbacher Reihe Bd. 2: 74-88
- FISCHER, K.** (1990): Sensorische Prüfung in der Qualitätsbewertung von Schweinefleisch. Beitrag zum Workshop "Schweinefleischbeschaffenheit nach Halothanisierung", Nordhausen
- FISCHER, K.** (1992): Topographische Unterschiede im intramuskulären Fettgehalt von Schweinefleisch. Beitrag zur Vortragstagung der DGfZ/GfT, Weihenstephan
- FISCHER, K.** (1994): Zur Topographie des intramuskulären Fettgehaltes bei Schwein und Rind. Beitrag zur Kulmbacher Woche
- FISCHER, K.** (1995): Topographic variation of glycolytic potential in skeletal muscles of pigs. Beitrag zum 2. Dummerstorfer Muscle Workshop des FBN, Muscle Growth and Meat quality, Rostock, S. 103
- FISCHER, K.** (1996): Untersuchungen zur Variation des intramuskulären Fettgehaltes beim Schwein. Beitrag zum IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (V9), Wilhelmsthal
- FISCHER, K.**; FREUDENREICH, P.; HOPPENBROCK, K.H.; SOMMER, W. (1992): Einfluß produktions-technischer Bedingungen auf das Fettsäuremuster im Rückenspeck von Mastschweinen. Fleischwirtschaft 72: 200-205
- FJELKNER-MODIG, S.**; TORNBORG, E. (1986): Intramuscular lipids in M. longissimus dorsi from pork, as related to breed and sensory properties. J. Food Sci. 9: 143-160
- FLEMING, H.P.** (1958): Quantitative estimations of myoglobin and hemoglobin in beef muscle and a study of fat deposition within the beef carcass. M.S. Thesis. North Carolina State College, Raleigh, North Carolina
- FLORES, M.**; ARMERO, E.; ARISTOY, M.C.; TOLDRA, F. (1999): Sensory characteristics of cooked pork loin as affected by nucleotide content and post-mortem meat quality. Meat Sci. 51: 53-59
- FORD, A.L.**; PARK, R.J.; RATCLIFF, D.; MURRAY, K.E. (1975): Meat Research in CSIRO, S. 21
- FORREST, J.C.**; ALLEN, E.; BRISKEY, E.J.; CHAPMAN, A.B.; FIRST, N.; BRAY, R.W. (1963): Porcine muscle properties. I. Correlations between components and influence of breed. J. Anim. Sci. 22: 1114
- FÖRSTER, M.**; BRENIG, B.; BREM, G.; WITTMAN, W.; LITTMANN, B.; PESCHKE, W. (1992): Der MHS-Gentest für die sichere Streßresistenzüchtung beim Schwein. Schweinezucht und Schweinemast 40: 4-6
- GANDEMER, G.**; PICHOU, D.; BOUGUENNEC, B.; CARITEZ, J.C.; BERGE, P.; BRIAND, E.; LEGAULT, C. (1990): In: Casteels, M.; Oeckel v., M.J.; Boschaerts, L.; Spincemaille, G.; Boucque, C.V. (1995): The relationship between carcass, meat and eating quality of three pig genotypes. Meat Sci. 40: 253-269
- GANDEMER, G.**; VIAU, M.; CARITEZ, J.C.; LEGAULT, C. (1992): Composition of adipose tissue and muscle in pig with an increasing proportion of Meishan genes. Meat Sci. 32: 105-121

- GARCIA, P.T.**; CASAL, J.J., OLSEN, C.; BERRA, G. (1986): A comparison of distribution and composition of intramuscular fat in Duroc Jersey and Hampshire pigs at 100 kg liveweight. *Meat Sci.* 16: 283-295
- GARCIA-MACIAS, J.A.**; GISPERT, M.; OLIVER, M.A.; DIESTRE, A.; ALONSO, P.; MUNOZ-LUNA, A.; SIGGENS, K.; CUTHBERT-HEAVENS, D. (1996): The effect of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and meat and fat quality in pig carcasses. *Anim. Sci.* 63: 487-496
- GARRIDO, M.D.**; PEDAUYE, J.; BANON, S.; LAENCINA, J. (1994): Parameter der Schweinefleischqualität: Wasserbindungsvermögen, Hämpigmentgehalt und intramuskuläres Fett. *Fleischwirtschaft* 74: 1244-1245
- GAUTHIER, G.F.** (1970): The ultrastructure of three fibre types in mammalian skeletal muscle. In: *The physiology and biochemistry of muscle as a food.* Hrsgg.: Briskey, E.J.; Cassens, R.G.; Marsh, B.B., The University of Wisconsin Press, Madison, Milwaukee, London, S. 103-129
- GEERS, R.**; DECANNIERE, C.; VILLE, H.; VAN HECKE, P.; BOSSCHAERTS, L. (1995): Variability within intramuscular fat content of pigs as measured by gravimetry, FTIR and NMR spectroscopy. *Meat Sci.* 40: 373-378
- GIESEL, M.** (1998): Bestimmung von Struktur- und Funktionsmerkmalen am Musculus longissimus und deren Beziehung zu Leistungskriterien des wachsenden Schweines. Diss. Martin-Luther-Universität Halle-Witteberg
- GIRARD, J.P.**; DENOYER, C.; DESMOULIN, B.; GANDEMER, G. (1983): Facteurs de variatoin de la composition en acides gras des tissus adipeux (bardiere) et musculaires de porc (long dorsal). *Revue Franciase des Corps Gras.* 30: 73-79
- GLODEK, P.** (1996): Brauchen wir überhaupt noch streßanfällige Schweinerassen in der deutschen Schweinproduktion?. Beitrag zum 4. Schweineworkshop Uelzen, DGfZ-Schriftenreihe S. 191-200
- GLODEK, P.**; MEYER, E.; HENNING, M.; KALLWEIT, E. (1993): Instrumentelle und sensorische Fleischbeschaffenheitskriterien praxisüblicher Schweinegebrauchskreuzungen. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 36: 371-381
- GOODRIDGE, A.G.** (1985): Hormonal regulation of expression of the genes for malic enzyme and fatty acid synthase. In: *Molecular basis of insulin action;* Hrsg. M.P. Czech, Plenum Press, New York, London: 369-383
- GÖRANSSON, A.**; SETH, G.V.; TORNBERG, E. (1992): Influence of intramuscular fat on the eating quality of pork. Beitrag zum 38. ICOMST Clermont-Ferrand, Frankreich
- GREGOR, G.**; SCHOLZ, A. (1993): Videobildanalyse zur Bestimmung des intramuskulären Fettgehaltes und Zuchtzieldiskussion beim Schwein. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 36: 383-395
- GREGORY, N.G.**; LOVELL, R.D.; WOOD, J.D.; LISTER, D. (1977): Insulin-secretion ability in Pietrain and Large White pigs. *J. Agric. Sci. Camb.* 89: 407-413
- GRESHAKE, F.** (1988): Untersuchungen über den Einfluß des Kühlverfahrens auf die Beschaffenheit des Schweinefleisches und die Beziehungen zwischen technologischen und sensorischen Qualitätskriterien. Diss. Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn
- GRESHAKE, F.**; SCHMITTEN, F.; SCHEPES, K.H. (1988): Untersuchungen zur Bestimmung des Tropfsaftverlustes von Schweinefleisch und dessen Zusammenhänge zu anderen Fleischqualitätskriterien. *Fleischwirtschaft* 68: 765-769
- GROSCH, W.** (1975): Ablauf und Analytik des oxidativen Fettverderbs. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.* 157: 70-83

- GROSCH, W.** (1996): Aromaforschung am Beispiel Fleisch. Forschungsreport 1, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
- GROSSE, F.; OTTO, E.** (1978): Vergleichende Untersuchungen über Methoden zur Bestimmung des Wasserbindungsvermögens am Schweinefleisch. Arch. Tierz., Berlin 21: 399-407
- GULLET, E.A.; JONES, S.D.M.; HINES, R.J.** (1983): Palatability of longissimus dorsi roasts of young and mature dairy cows. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 16: 19-24
- GUTH, L.; ALBUQUERQUE, E.X.** (1978): The neutropic regulation of resting membran potential and extrajunctional acetylcholine sensitivity in mammalian skeletal muscle. Physiol. Bohemoslov. 27: 401-413
- HA, J.K.; LINDSAY, R.C.** (1991): Volatile alkylphenols and tiophenol in species-related characterizing flavors of red meat. J. Food Sci. 56: 1197-1202
- HAMM, R.** (1966): Heating of muscle systems. In: The physiology and biochemistry of muscle as a food: Hrsgg.: Briskey, E.J.; Cassens, R.C.; Trautman, J.G.; Univ. of Wisconsin Press, Madison, S. 363
- HAMM, R.** (1972): Kolloidchemie des Fleisches. Paul Parey Verlag Hamburg und Berlin
- HAMM, R.** (1975): Water-holding capacity of meat. In: Meat; Hrsgg.: Cole, S.A.; Lawrie, R.A.; Butterworths, London, S. 321
- HAMM, R.** (1977): Beziehungen zwischen dem Wasserbindungsvermögen des Fleisches und sensorischen Faktoren der Fleischqualität. Fleischwirtschaft 8: 1502-1506
- HANDEL, S.E.; STICKLAND, N.C.** (1987): The effect of low birth weight on the ultrastructural development of two myofibre types in the pig. J. Anat. 150: 129-143
- HARDGE, T.; SCHOLZ, A.** (1994): The influence of RYR-genotype and breed on fattening performance, carcass value and meat quality. Beitrag zur 45. Jahrestagung der EVT, Edinburgh, Großbritannien
- HARRISON, D.L.; ANDERSON, L.L.; BAIRD, J.; PENGILLY, C.; MERKEL, R.A.; KROPF, D.; MACKINTOSH, D.L.** (1967): Variation of selected factors from the anterior to posterior of pork loin. J. Food Sci. 32: 336-339
- HARTMANN, S.; OTTEN, W.; KRATZMAIR, M.; BERRER, A.; EICHINGER, H.M.** (1992): Effects of breed, halothane genotype and sex on the lipid composition of two skeletal muscles and adipose tissue in swine. Beitrag zum 38. ICOMST, Clermont-Ferrand, Frankreich
- HEDRICK, H.B.; STRINGER, W.C.; EPLY, R.J.; ALEXANDER, M.A.; KRAUSE, G.F.** (1968): Comparison of factors affecting Warner-Bratzler shear values of beef steaks. J. Anim. Sci. 27: 628-631
- HENRY, W.E.; BRATZLER, L.J.; LUECKE, R.W.** (1963): Physical and chemical relationships of pork carcasses. J. Anim. Sci. 22: 613-616
- HERNANDEZ, P.; NAVARRO, J.L.; TOLDRA, F.** (1998): Lipid composition and lipolytic enzyme activities in porcine skeletal muscles with different oxidative pattern. Meat Sci. 49: 1-10
- HEYLEN, K.; SÜß, R.; LENGERKEN, G.V.; WICKE, M.** (1996): Charakterisierung der intramuskulären Fettverteilung im M. longissimus des Schafes. Beitrag zur Vortragstagung der DGfZ/GfT-Tagung, Hohenheim
- HEYLEN, K.; SÜß, R.; FREUDENREICH, P.; LENGERKEN, G.V.** (1998): Einfluß des intramuskulären Fettes (IMF) auf die Verzehrsqualität von Lammfleisch unter besonderer Berücksichtigung der Verzehrsqualität. Arch. Tierz., Dummerstorf 1: 111-122

- HINER, R.L.;** THORNTON, J.W.; ALSMEYER, R.H. (1964): Palatability and quantity of pork as influenced by breed and fatness. *J. Food Sci.* 30: 550-555
- HODGSON, R.R.;** DAVIS, G.W.; SMITH, G.C.; SAVELL, J.W.; CROSS, H.R. (1991): Relationships between pork loin palatability traits and physical characteristics of cooked chops. *J. Anim. Sci.* 69: 4858-4865
- HOFER, A.;** SCHWÖRER, D. (1995): Genetic parameters of production and meat quality traits in Swiss Large White pigs. *Beitrag zur 46. Jahrestagung der EVT, Prag, Tschechien*
- HOFER, A.;** SCHWÖRER, D. (1996): Wie wird der intramuskuläre Fettgehalt honoriert und züchterisch verbessert?. *Beitrag zum 4. Schweineworkshop Uelzen, DGfZ-Schriftenreihe S. 207-216*
- HOFMANN, K.** (1987): Der Begriff Fleischqualität. Definition und Anwendung. *Fleischwirtschaft* 67: 44-49
- HONIKEL, K.O.** (1986): Wasserbindungsvermögen von Fleisch. *Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischbeschaffenheit. Kulmbacher Reihe Bd.6, S. 67-88*
- HONIKEL, K.O.** (1987): Wasserbindungsvermögen von Fleisch. *Fleischwirtschaft* 67: 418
- HOOD, R.L.;** ALLEN, C.E. (1977): Cellularity of porcine adipose tissue: effects on growth and adiposity. *J. Lipid Res.* 18: 275-285
- HOOD, R.L.;** THORNTON, R.F. (1979): The Cellularity of ovine adipose tissue. *Aust. J. Agric. Res.* 30: 153-161
- HOSHINO, T.;** SUZUKI, A.; YAMAGUCHI, T.; OHWADA, S.; OTA, M. (1990): A comparative morphometrical analysis of the amount and distribution of fat within muscles of Japanese Black Cattle, Japanese Shorthorn, and their crossbreds (F1) steers. *Tohoku J. Agric. Res.* 40: 57-64
- HOVENDEN, J.E.;** DUTSON, T.R.; HOSTETLER, R.L.; CARPENTER, Z.L. (1979): Variation and repeatability of an untrained beef sensory panel. *J. Food Sci.* 44: 1598-1601
- HÜBBERS, B.** (1983): Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen biochemischen Kriterien des Lipidstoffwechsels und der Schlachtkörperqualität beim Schwein unter besonderer Berücksichtigung der Leitfähigkeitsmessung zur Erfassung der Fleischbeschaffenheit. *Arbeiten aus dem Institut für Tierzuchtwissenschaften der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn, H. 67*
- IRTIMER, T.F.;** ALDRION, P.J.; FUNK, K. (1967): Rate of temperature rise, physical and chemical properties of ground beef cylinders fabricated from selected muscles of the round. I. Effect of fat content. *Food Technol.* 21: 779
- JATURASITHA, S.;** SCHEEDER, M.R.L., KREUZER, M. (1998): Freilandschweine-Qualität der Produkte aus dem "Neuland"-Programm. 1. Abgrenzung von herkömmlichen Produkten. *Fleischwirtschaft* 78: 261-265
- JENNINGS, T.G.;** BERRY, B.W.; JOSEPH, A.L. (1978): Influence of fat thickness, marbling and length of aging on palatability and shelf-life characteristics, *J. Anim. Sci.* 46: 658-665
- JENSEN, M.;** ESSEN-GUSTAVSSON, B.; HAKKARAINEN, J. (1988): The effect of a diet with a high or low content of vitamin E on different skeletal muscles and myocardium in pigs. *J. Vet. Med. A* 35: 487-497
- JENSEN, P.;** CRAIG, H.B.; ROBINSON, O.W. (1967): Phenotypic and genetic associations among carcass traits of swine. *J. Anim. Sci.* 26: 1252-1260
- JEREMIAH, L.E.;** SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L. (1970): Palatability attributes of ovine leg muscles. *J. Anim. Sci.* 31: 184

- JEREMIAH, L.E.;** MARTIN, A.H. (1980): Intramuscular collagen content and solubility: Their relationship to tenderness and alteration by postmortem aging. Beitrag zum European Meeting of Meat Res. Workers 1, F-12, 296-299
- JOHANSSON, G.** (1989): Relationships between different colour parameters from reflectance measurements on bovine muscle. Beitrag zum 35. ICOMST, Copenhagen, Dänemark
- JOHNSON, R.C.;** CHEN, C.M.; MULLER, T.S.; COSTELLO, W.J.; ROMANS, J.R.; JONES, K.W. (1988): Characterization of the muscle within the beef forequarter. J. Food Sci. 53: 1247-1250
- JUDGE, M.D.;** ABERLE, E.D.; FORREST, J.C., HEDRIC, H.B.; MERKEL, R.A. (1989): Principles of Meat Science. Kendall, Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, USA
- KALLWEIT, E.;** HENNING, P.; KÖHLER, P.; BAULEIN, U. (1996): Intramuskulärer Fettgehalt bei verschiedenen Schweinerassen. Beitrag zum IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (V18), Wilhelmsthal
- KAMMERER, D.** (1991): Komplexlipide in Schweinefleisch. Tagungsbericht H. 5, Institut für Tierzucht-wissenschaften ETH Zürich
- KARLSSON, A.;** ESSEN-GUSTAVSSON, B.; LUNDSTRÖM, K. (1992): Muscle glycogen depletion pattern in longissimus dorsi muscle of pigs fed high and low protein diet. Beitrag zu, 38. ICOMST Clermont-Ferrand, Frankreich, S. 375-378
- KAUFFMAN, R.G.;** CARPENTER, Z.L.; BRAY, R.W.; HOEKSTRA, W.G. (1963): Biochemical properties of pork and their relationship to quality II. Intramuscular fat. J. Food Sci. 28: 70-74
- KAUFFMAN, R.G.;** SAFANIE, A.H. (1967): Influence of porcine muscle structure on its lipid accumulation during growth. J. Food Sci. 32: 283-286
- KAUFFMAN, R.G.;** WARNER, R.D.; RUSSEL, R.L. (1991): Variations in lightness and exudation among ten porcine muscles. Beitrag zum 37. ICOMST, Kulmbach
- KIRCHHEIM, U.;** SCHÖNE, F.; REICHARDT, W. (1997): Einfluß des intramuskulären Fettes auf Parameter der Fleischbeschaffenheit. Fleischwirtschaft 77: 410-411
- KIRKEGAARD, E.;** MOLLER, A.J.; WISMER-PEDERSEN, J. (1979): Relationship between fat content, connective tissue and objektive tenderness measurement in porcine longissimus dorsi. Beitrag zum 25. European Meeting of Meat Res. Workers, Ungarn
- KNAPP, P.** (1997): Parameter- und Zuchtwertschätzung für die österreichische Schweinezucht. Diss. Universität für Bodenkultur, Wien
- KNAPP, P.;** WILLAM, A.; SÖLKNER, J. (1995): Genetische Beziehungen zwischen dem intramuskulären Fettgehalt und Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung bei österreichischen Schweinerassen. Beitrag zur Vortragstagung der DGfZ/GfT, Hannover
- KREUZER, M.;** KOEHLER, P.; LANGE, M. (1994): Differences in fat quality, tenderness and composition of raw, roasted and grilled pork loin chops obtained from different meat brands. Die Nahrung 38: 491-503
- KRIETER, J.** (1994): Beitrag zum 4. Schweinworkshop, Grub; In: Müller, S.; Gernand, E.; Demme, H. (1996): Stand der Einbeziehung des IMF-Gehaltes in die Zuchtwertschätzung beim Schwein in Thüringen. Beitrag zum IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (V21), Wilhelmsthal

- KUHN, M.;** PFALZGRAF, A.; STEINHART, H. (1995): Zur Wirkung verschiedener Futterrestriktionen auf den Gehalt an intramuskulärem Fett sowie das Fettsäurenmuster der Gesamt- und Phospholipide im Muskelgewebe schwerer Mastschweine (> 160 kg). *Fat Sci. Technol.* 97: 118-122
- LARICK, D.K.;** TURNER, B.E. (1990): Flavour characteristics of forage- and grain-fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences. *J. Food Sci.* 55: 312-317, 368
- LARZUL, C.;** LEFAUCHEUR, L.; ECOLAN, P.; GOGUE, J.; TALMANT, A.; SELIER, P.; LE ROY, P.; MONIN, G. (1997): Phenotypic and genetic parameters for longissimus muscle fibre characteristics in relation to growth, carcass and meat quality traits in Large White pigs. *J. Anim. Sci.* 75: 3126-3137
- LAWRIE, R.A.** (1958): Physical stress in relation to dark cutting beef. *J. Sci. Food. Agric.* 9: 721
- LAWRIE, R.A.;** GATHERUM, D.P. (1962): Differences in the ultimate pH and pigmentation of longissimus dorsi muscle from two breeds of pigs. *J. Agric. Sci* 58: 97-102
- LAWRIE, R.A.;** POMEROY, R.W.; CUTHBERTSON, A. (1963): Studies on the muscles of meat animals. III. Comparative composition of various muscles in pigs of three weight groups. *J. Agric. Sci.* 60: 195-209
- LEFAUCHER, L.;** VIGNERON, P. (1986): Post-natal changes in some histochemical and enzymatic characteristics of three pig muscles. *Meat Sci.* 16: 199-216
- LENGERKEN, G.V.;** PFEIFFER, H.; PAULKE, T. (1988): Untersuchungen zum intramuskulären Fettgehalt des Kotelettfleisches bei verschiedenen Schweinerassen. *Arch. Tierz., Berlin* 31: 129-136
- LENGERKEN, G.V.;** BERGMANN, M.; PFEIFFER, H. (1989): Bedeutung, Variabilität und Einflußfaktoren auf den intramuskulären Fettgehalt von Schweinefleisch. *Tierzucht* 43: 385-387
- LENGERKEN, G.V. ;** PFEIFFER, H.; ALTMANN, M. (1991): Variabilität und Zusammensetzung des Fettgehaltes von Schweinefleisch. Beitrag zur 42. Jahrestagung der EVT, Berlin
- LENGERKEN, G.V.;** MAAK, S.; WICKE, M.; FIEDLER, I.; ENDER, E. (1994): Suitability of structural and functional traits of skeletal muscle for the genetic improvement of meat quality in pigs. *Arch. Tierz. Dummerstorf* 37: 133-143
- LENGERKEN, G.V.;** WICKE, M. (1997): Entwicklungstendenzen in der Schweinefleischerzeugung. Beitrag zum 4. Symposium Tierhaltung, Tierhygiene und Tiergesundheit in großen Schweinebeständen, Halle, S. 3-16
- LENGERKEN, G.V.;** WICKE, M.; MAAK, S. (1997): Streßempfindlichkeit und Fleischqualität - Stand und Perspektiven in Praxis und Forschung. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 40 (Sonderheft): 163-171
- LENGERKEN, G.V.;** WICKE, M.; FISCHER, K. (1998): Schlachtierwert des Schweines. In: Qualität von Fleisch und Fleischwaren Bd. 1; Hrsgg.: Brandscheid, W.; Honikel, K.O.; Lengerken, G.v.; Troeger, K; S. 205-240
- LESEIGNEUR-MEYNIER, A.;** GANDEMER, G. (1991): Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibres. *Meat Sci.* 29: 229-241
- LI, X.W.;** GÖTZ, K.U.; GLODEK, P. (1989): Die Eignung des FOM-Reflexionswertes 20 min post mortem für die Bestimmung von PSE Schweinefleisch am Schlachtband. *Züchtungskunde* 61: 370-383
- LILLIE, R.D.** (1944): Various oil soluble dyes as fat stains in the supersaturated isopropanol technic. *Stain Technol.* 19: 55-58

- LILLHOJA, S.;** YOUNG, A.A.; CULTER, C.L.; IVY, J.L., ABBOTT, W.G.H.; ZAWADSKI, J.K.; YKI-JÄRVINEN, H.; CHRISTIN, L.; SECOMB, T.W.; BOGARDUS, C. (1987): Skeletal muscle capillary density and fibre type determinants of in vivo insulin resistance in man. *J. Clin. Invest.* 80: 415-424
- LINK, B.A.;** BRAY, R.W.; CASSENS, R.G.; KAUFFMAN, R.G. (1970): Lipid deposition in bovine skeletal muscle during growth. *J. Anim. Sci.* 30: 6-9
- LIPPMANN, I.;** PFEIFFER, H.; WÄHNER, M. (1995): Intramuskuläres Fett im großen Rückenmuskel und im Schinken beim Schwein. *Anim. Breeding Abstracts* 63 Nr. 9
- LO, L.L.;** MCLAREN, D.G.; MCKEITH, F.K.; FERNANDO, R.L.; NOVAKOFSKI, J. (1992): Genetic analyses of growth, real-time ultrasound, carcass, and pork quality traits in Duroc and Landrace pigs. I. Breed effects. *J. Anim. Sci.* 70: 2373-2386
- LOEFFLER, K.** (1981): *Anatomie und Physiologie der Haustiere.* Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart; S. 159
- LOHSE, F.B.** (1960): Untersuchungen über die Fleischqualität bei Rindern in den USA. *Fleischwirtschaft* 12: 731-734
- LUDDY, F.E.;** HERB, S.F.; MAGIDMAN, P.; SPINELLI, A.M.; WASSERMAN, A. (1970): *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 47: 65; In: LESEIGNEUR-MEYNIER, A., GANDEMER, G. (1991): Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibres. *Meat Sci.* 29: 229-241
- LUNDSTRÖM, K.;** MALMFORS, G. (1985): Variation in light scattering and water-holding capacity along the porcine longissimus dorsi muscle. *Meat Sci.* 15: 203-214
- LÜTJENS, A.;** KALM, E. (1995): Zusammenhang zwischen analytischen und sensorischen Fleischbeschaffenheitsparametern. *Fleischwirtschaft* 75: 484-491
- MALMFORS, B.;** LUNDSTRÖM, K.; HANSSON, I. (1978): Fatty acid composition of porcine backfat and muscle lipids as affected by sex, weight and anatomical location. *Swedish J. Agric. Res.* 8: 25-38
- MARSH, B.B.;** LOCHNER, J.V.; TAKAHASHI, G.; KRAGNESS, D.D. (1981): Effects of early postmortem pH and temperature on beef tenderness. *Meat Sci.* 5: 479-483
- MATTHES, W.;** SCHUBERT, C.; LOEBSIN, C. (1995): Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischqualität von Mutterrassen und deren Kreuzungen mit Fleischschweinerassen. *Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern* H. 9: 55-66
- MAXIMOW, A.A.;** BLOOM, W. (1957): *A Textbook of histology.* Hrsgb.: W.B. Sanders Co., Philadelphia und London
- MCCLAIN, P.E.;** CREED, G.J.; WILEY, E.R.; GORRITS, R.G. (1970): Crosslinking characteristics of collagen from porcine intramuscular connective tissue. Variation between muscles. *Biochem. Biophys. Acta* 221: 349
- MCKEITH, F.K.;** DE VOL, D.L.; MILES, R.S.; BECHTEL, P.J.; CARR, T.R. (1985): Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. *J. Food Sci.* 50: 869-872
- MCMEEKAN, C.P.** (1940): Growth and development in the pig, with special reference to carcass quality characters. *J. Agric. Sci.* 30: 276
- MERKEL, R.A.** (1971): Processing and organoleptic properties of normal and PSE porcine muscle. Beitrag zum 2. Internationalen Symposium Condition and meat quality in pigs, Pudoc, Wageningen, S. 261-270

- MEYER, E.** (1991): Technologische und sensorische Bewertung der Fleischbeschaffenheit praktischer Mehrfachkreuzungen und Hybriden unter besonderer Berücksichtigung des intramuskulären Fettgehaltes. Diss. Georg-August-Universität Göttingen
- MILLER, G.J.; FIELD, R.A.; MEDIEROS, L.; NELMS, G.E.** (1987): Lipid characteristics in fresh and broiled loin and round steaks from concentrate fed and pasture grazed steers. *J. Food Sci.* 52: 526-529
- MILLO, A.; SCHILLING, E.** (1964): Chemische und histologische Veränderungen im postmortalen Muskel und deren Beziehungen zur Fleischbeschaffenheit. I. Die chemischen Prozesse in verschiedenen Muskeln nach der Schlachtung. *Z. Tierzücht. Züchtungs. Biol.* 80: 130
- MOLLER, A.J.; IVERSEN, P.** (1993): Elements in the concept of pig meat quality. Beitrag zur 44. Jahrestagung der EVT, Aarhus, Dänemark
- MONIN, G.; MEJENES-QUIJANO, A.; TALMANT, A.** (1987): Influence of breed and muscle metabolic type on muscle glycolytic potential and meat pH in pigs. *Meat Sci.* 20: 149-158
- MOODY, W.G.; CASSENS, R.G.** (1968): A quantitative and morphological study of bovine longissimus fat cells. *J. Food Sci.* 33: 47-52
- MOODY, W.G.; JACOBS, J.A.; KEMP, J.D.** (1970): Influence of marbling texture on beef rib palatability. *J. Anim. Sci.* 31: 1074-1077
- MOODY, W.G.; ENSER, M.B.; WOOD, J.D.; RESTALL, D.J.; LISTER, D.** (1978): Comparison of fat and muscle development in Pietrain and Large White piglets. *J. Anim. Sci.* 46: 618-633
- MOTILVA, M.; TOLDRA, F.; FLORES, J.** (1992): Assay of lipase and esterase activities of fresh pork meat and dry cured ham. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung* 195: 446-450
- MOTTRAM, D.S.; EDWARDS, R.A.; MACFIE, H.J.H.** (1982): In: Wagner, H. (1987): Aromabildende Stoffe im Fleisch. *Fleischwirtschaft* 67: 548-556
- MÜLLER, E.; ROGDAKIS, E.** (1985): Genetische Regulation des Fettstoffwechsels beim Schwein. *Hohenheimer Arbeiten* (313), *Methodische Ansätze in der Tierzucht* S. 7-28
- MÜLLER, S.; GERNAND, E.; DEMME, H.** (1996): Stand der Einbeziehung des IMF-Gehaltes in die Zuchtwertschätzung beim Schwein in Thüringen. Beitrag zum IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (V21), Wilhelmsthal
- MÜLLER, S.; POLTEN, S.; HARDGE, T.; WICKE, M.; PAULKE, T.** (1997): Züchtung auf IMF unter besonderer Berücksichtigung der Rasse Leicoma. Beitrag zur Festveranstaltung 25 Jahre Leicomazucht - 10 Jahre anerkannte Rasse; Hrsgb.: Schweinezucht- und Produktionsverband Sachsen-Anhalt e.V., S: 12-27
- MUBLICK, M.; REICHARDT, W.; MÜLLER, S.; GERNAND, E.** (1996): Untersuchungen zur Erfassung des IMF-Gehaltes beim Schwein mit Hilfe des MQM-Systems. Beitrag zum IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (V8), Wilhelmsthal
- MUBMANN, T.** (1995): Vergleichende Untersuchungen über Meßmethoden zur Ermittlung der Fleischbeschaffenheit und des Fleischanteils beim Schwein. Diss. Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn
- MUBMANN, T.; JÜNGST, H.; THOLEN, E.; SCHMITTEN, F.** (1992): Untersuchungen zur Ermittlung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein an verschiedenen Meßstellen und zu verschiedenen Meßzeitpunkten. Beitrag zur Vortragstagung der DGfZ/GfT, Weihenstephan

- NICKEL, R.;** SCHUMMER, A.; SEIFERL, E.; FREWEIN, J.; WILLE, K.H.; WILKENS, H. (Hrsgg.) (1984): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Bd. 1, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, S. 311
- NISHIMURA, T.;** ITO, T.; HATTORI, A.; TAKAHASHI, K. (1996): Structural changes in the intramuscular connective tissue induced by fattening beef cattle. Relation to tenderization of beef. Beitrag zum 42. ICOMST, Lillehammer, Norwegen, S. 58-59
- NOSTVOLD, S.O.;** SCHIE, K.A.; FROYSTEIN, T. (1978): Muscle fiber characteristics in lines of pigs selected for rate of gain and backfat thickness. Acta Agric. Scand. Suppl. 21: 136 -142
- OFFER, G.;** KNIGHT, P. (1988): The structural basis of water-holding in meat, Teil 2: Driplosses. In: Developments in meat science; Hrsgb.: Lawrie, R.A., Elsevier Applied Science, London, S. 173-243
- OLIVER, M.A.;** SERRA, X.; GISPERT, M.; PEREZ-ENCISO, M.; NOGUERA, J.L. (1997): Meat quality characteristics of Iberian and Landrace breeds under intensive conditions. Beitrag zur 48. Jahrestagung der EVT, Wien, Österreich
- PARRISH, F.C.;** OLSON, D.G.; MINER, B.E.; RUST, R.E. (1973): Effect of degree of marbling and internal temperature of doneness on beef rib steaks. J. Anim. Sci. 27: 430
- PAUL, P.C.;** TORTEN, J.; SPURLOCK, G.M. (1964): Eating quality of lamb I. Effect of age. Food Technol. 11: 121-130
- PAULUS, E.D.;** LAUBE, S.; HENNING, M.; BRANDT, H.; KALLWEIT, E.; GLODEK, P. (1998): Fleischanteil und Fleischbeschaffenheit von Nachkommen MHS-positiver und negativer Vaterrasseneber unter Praxisbedingungen. Beitrag zur Vortragstagung der DGfZ/GfT, Berlin
- PEARSON, A.M.;** LOVE, J.D.; SHORLAND, F.B. (1977): Warmed-over flavour in meat, poultry and fish. Adv. Food Res. 23: 1-4
- PEARSON, A.M.;** YOUNG, R.B. (1989): Muscle and meat biochemistry. Academic Press, San Diego, New York, Berkeley, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto.
- PETTE, D.;** RAMIREZ, B.U.; MÜLLER, W.; SIMON, R.; EXNER, G.U.; HILDEBRAND, R. (1975): Influence of intermitted long-term stimulation on contractile, histochemical and metabolic properties of fibre properties in fats and slow rabbit muscle. Pflüglers Arch. 361: 1-7
- PETTE, D.;** MÜLLER, W.; LEISNER, E.; VROBOVA, G. (1976): Timedependent effects on contractile properties, fibre population, myosin light chains and enzymes of energy metabolism in intermittently and continously stimulated fast twitch muscles of the rabbit. Pflüglers Arch. 364: 103-112
- PFÜTZNER, H.;** RAPP, E. (1988): Leitwert, Leitfähigkeit und dielektrischer Verlustfaktor tierischen Gewebes und von PSE-Muskeln. Fleischwirtschaft 8: 1026-1028
- POLTEN, S.;** HASSEL, S.; MEYER, P. (1996): Einbeziehung des intramuskulären Fettgehaltes in die Leistungsprüfung beim Schwein. Beitrag zum IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (V20), Wilhelmsthal
- POTTHAST, K.** (1981): Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches. Kulmbacher Reihe Bd. 2, S. 19-37
- RAMSEY, C.B.;** TRIBBLE, L.F.; WU, C.; LIND, K.D. (1990): Effects of grains, marbling and sex on pork tenderness and composition. J. Anim. Sci. 68: 148-154
- RAEUBER, H.J.** (1993): Fleisch, Fisch und deren Produkte. In: Rheologie der Lebensmittel, Behr's Verlag Hamburg

- REDDY, B.G.;** TUMA, H.J.; GRANT, D.L.; COVINGTON, R.C. (1970): Relationship of intramuscular fat and the vascular system to bovine tenderness. *J. Anim. Sci.* 31: 837-842
- REICHARDT, W.;** MÜLLER, S. (1996): Ergebnisse von vergleichenden Untersuchungen zur Extraktion von intramuskulärem Schweinefett. *Fleischwirtschaft* 76: 836-839
- REINECKE, D.** (1990): Einflüsse von Mastendgewicht und Fütterung auf die Mastleistung, Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischbeschaffenheit beim Schwein. Diss. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- REUL, U.** (1988): Untersuchungen zur Eignung der Leitfähigkeitsmessung zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein. Diss. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- RÖSENER, C.;** BRENNER, K.V. (1989): Effekt einer Liegendendblutung auf die Fleischbeschaffenheit von Schweinen verschiedener Herkunft. *Fleischwirtschaft* 69: 1737-1739
- ROMANUL, F.C.A.** (1964): Enzymes in muscle. I. Histochemical studies of enzymes in individual muscle fibres. *Arch. Neurol.* 11: 355
- ROMANUL, F.C.A.** (1965): Capillary supply and metabolism of muscle fibres. *Arch. Neurol.* 12: 497
- RUST, R.E.;** OLSON, D.G.; SHULER, R.O.; THOMSON, G.M. (1972): Pork loins: Effect of location of chops in the medial loin region and position of cores in cross section of the longissimus muscle on tenderness and juiciness. *J. Anim. Sci.* 35: 548-550
- RUUSUNEN, M.;** POULANNE, E. (1997): Comparison of histochemical properties of different pig breeds. *Meat Sci.* 45: 119-125
- RYMILL, S.R.;** THOMPSON, J.M.; FERGUSON, D.M. (1997): The effect of intramuscular fat percentage on the sensory evaluation of beef cooked by different methods to two degrees of doneness. *Beitrag zum 43. ICOMST Auckland, Neuseeland*, S. 212-213
- SAFFLE, R.L.;** BRATZLER, L.J. (1959): The effect of fatness on some processing and palatability characteristics of pork carcasses. *Food Technol.* 13: 236-239
- SAHASRABUDHE, M.R.;** SMALLBONE, B.W. (1983): Comparative evaluation of solvent extraction methods for determination of neutral and polar lipids in beef. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 4: 801-805
- SAKATA, R.;** TSUJI, S.; IMAAKE-INOUE, M.; LEE, G.S.; NAGATA, Y. (1989): In: *The 81st Meeting Abstracts*, Japanese Society of Zootechnical Science, Tokyo, S. 87
- SALOMON, F.V.;** MICHEL, G.; SALOMON, B.; GRUSCHWITZ, F. (1981): Zur Fasertypisierung an Skelettmuskeln. *Mh. Vet.-med.* 36: 349-353
- SALOMON, F.V.;** GÜNTHER, M.; GRUSCHWITZ, F. (1983): Zur Entwicklung von Fasertypenkomposition und Faserdurchmesser im *M. longissimus* des Hausschweines. *Anat. Anz., Jena* 154: 69-79
- SANUDO, C.;** NUTE, G.R.; CAMPO, M.M.; MARIA, G.; BAKER, A.; SIERRA, I.; ENSER, M.; WOOD, J.D. (1998): Assessment of commercial lamb meat quality by British and Spanish taste panels. *Meat Sci.* 48: 91-100
- SATORIUS, M.J.;** CHILD, A.M. (1938) : Problems in meat research. I. Four comparable cuts from one animal. II. Reliability of judge' scores. *Food Research* 3: 627
- SCHEEDER, M.R.L.** (1992): Untersuchung der Fleischbeschaffenheit verschiedener Muskeln von Jungmastrindern. Diss. Georg-August-Universität Göttingen

- SCHEEDER, M.R.L.**; HANNEKEN, H.; OVERMANN, P.; SEIDLER, D. (1995): Systematic variation of texture properties in the cross-section of young bulls musculus longissimus dorsi. Beitrag zum 2. Dummerstorfer Muscle Workshop des FBN, Muscle Growth and Meat quality, Rostock, S. 171
- SCHEEDER, M.R.L.**; GERHARDY, H.; LANGHOLZ, H.J. (1996): Untersuchungen zur Verwertungseignung unterschiedlicher Muskeln weiblicher Jungmastrinder. Arch. Tierz., Dummerstorf 39: 415-429
- SCHEPER, J.** (1962): Über Merkmale der Fleischbeschaffenheit und die Möglichkeit ihrer Beeinflussung vor der Schlachtung. 2. Mitteilung: Organoleptische Merkmale, damit in Zusammenhang stehende Faktoren und Beziehungen der Merkmale zueinander. Z. Tierzüchtg. Züchtungsbiol. 77: 420-460
- SCHEPER, J.** (1982): Zusammenhänge zwischen Eigenschaften der Fleischbeschaffenheit sowie Wechselbeziehungen zwischen Quantität und Qualität. In: Beiträge zum Schlachtwert von Schweinen, Hrsgb.: Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach, S. 145-164
- SCHEPERS, K.H.**; SCHMITTEN, F. (1990): Methoden der sensorischen Prüfung und Zusammenhänge zwischen sensorischen und technologischen Beschaffenheitskriterien. Beitrag zum Workshop "Schweinefleischbeschaffenheit nach Halothanisierung", Nordhausen
- SCHILLING, E.** (1965): Muskelstruktur und Fleischqualität. Z. Tierzüchtg. Züchtungsbiol. 82: 219-243
- SCHLINDWEIN, B.** (1990): Untersuchung über den Einfluß unterschiedlicher Selektionsmaßnahmen auf Lipolyse, Lipogenese und Fettzellparameter beim Schwein. Diss. Universität Hohenheim
- SCHMALBRUCH, H.** (1971): Rote Muskelfasern. Z. Zellforsch. 119: 120-146
- SCHMITTEN, F.** (1993): Schweinefleischqualität in der Zuchtpraxis. Züchtungskunde 65: 455-467
- SCHWÄGELE, F.** (1993): So werden die Eigenschaften von Schweinefleisch erfaßt (2). DGS-Magazin 34: 18-20
- SCHWERDTFEGER, R.**; KRIETER, J.; KALM, E. (1990): Fleischbeschaffenheit, intramuskuläres Fett und Fettsäuremuster von verschiedenen Mastendprodukten. Beitrag zum Workshop "Schweinefleischbeschaffenheit nach Halothanisierung", Nordhausen
- SCHWÖRER, D.** (1988): Berücksichtigung des intramuskulären Fettes in der Schweinezucht. Beitrag zum "Schweine-Workshop", Kiel
- SCHWÖRER, D.**; BLUM, J.K.; REBSAMEN, A. (1986): Phenotypic and genetic parameters of intramuscular fat in pigs. Beitrag zum 32. European Meeting of Meat Research Workers; Ghent, Belgien
- SCHWÖRER, D.**; MOREL, P.; REBSAMEN, A. (1987): Selektion auf intramuskuläres Fett beim Schwein. Tierzüchter 39: 392-394
- SELLIER, P.** (1998): Genetics of meat and carcass traits. In: The Genetics of the pig. Hrsgg.: Rothschild, M.F.; Ruvinsky, A.; CAB international, S. 463-510
- SEON-TEA, J.**; BYOUNG-CHUL, K. (1997): Effects of backfat thickness and intramuscular fat % on color and drip loss of pork. Beitrag zum 43. ICOMST, Auckland, Neuseeland, S. 568-569
- SERRA, X.**; GIL, F.; PEREZ-ENCISO, M.; OLIVER, M.A.; VAZQUEZ, J.M.; GISPERT, M.; DIAZ, I.; MORENO, F.; LATORRE, R.; NOGUERA, J.L. (1998): A comparison of carcass, meat quality and histochemical characteristics of Iberian (Guadyrvas line) and Landrace pigs. Livestock Prod. Sci. 56: 215-223
- SHARMA, N.**; GANDEMER, G.; GOUTEFONGEA, R. (1987): Comparative lipid composition of porcine muscles at different anatomical locations. Meat Sci. 19: 121-128

- SHEARD, P.R.;** WOOD, J.D.; NUTE, G.R.; BALL, R.C. (1998): Effects of grilling to 80°C on the chemical composition of pork loin chops and some observations on the UK national food survey estimate of fat consumption. *Meat Sci.* 49: 193-204
- SHIMOKOMAKI, M.;** ELSDEN, D.F.; BAILEY, A.J. (1972): Meat tenderness: Age related changes in bovine intramuscular collagen. *J. Food Sci.* 37: 897
- SHIN, H.K.;** ABUGROUN, H.A.; FORREST, J.C.; OKOS, M.R.; JUDGE, M.D. (1993): Effect of heating rate on palatability and associated properties of pre- and post rigor muscle. *J. Anim. Sci.* 71: 939
- SKELLEY, G.C.;** HANDLIN, D.L.; BONETTE, T.E. (1973): Pork acceptability and its relationship to carcass quality. *J. Anim. Sci.* 36: 488-492
- SIMMONS, S.L.;** CARR, T.R.; MCKEITH, F.K. (1985): Effect of internal temperature and thickness on palatability of pork loins. *J. Food Sci.* 50: 313-315
- SMITH, G.C.;** CARPENTER, Z.R., KING, G.T. (1969): Considerations for beef tenderness evaluations. *J. Food Sci.* 34: 612
- SMITH, G.C.;** CARPENTER, Z.L. (1974): Eating quality of animal products and their fat content. Beitrag zum "Symposium on changing the fat content and composition of animal products". National Research Council. National Academy of Sciences, Washington, DC
- SMITH, G.C.;** DUTSON, T.R.; HOSTETLER, R.L.; CARPENTER, Z.L. (1976): Fatness, rate of chilling and tenderness of lamb. *J. Food Sci.* 41: 748-756
- SMITH; R.D.;** GIOVACCHINI, R.P. (1956): The vascularity of some red and white muscles of the rabbit. *Acta Anat.* 28: 342
- SOLOMON, M.B.;** MOODY, W.G.; KEMP, J.D.; ELY, D.G. (1981): Effect of breed, slaughter weight and sex on histological properties of ovine muscle. *J. Anim. Sci.* 52: 1019-1025
- SOLOMON, M.B.;** WEST, R.L. (1985): Profile of fibre types in muscles from wild pigs native to the United States. *Meat Sci.* 13: 247-254
- SOLOMON, M.B.;** EASTRIDGE, J.S. (1987): Occurance of giant fibres in muscles from wild pigs native to United States. *Meat Sci.* 20: 75-81
- SOSNICKI, A.** (1987): Association of micrometric traits and meat quality, fattening and slaughter traits in the pig. *J. Anim. Sci.* 64: 1412
- SPANIER, A.M.;** VERCELLOTTI, J.R.; JAMES, C. (1992): Correlation of sensory, instrumental and chemical attributes of beef as influenced by meat structure and oxygen exclusion. *J. Food Sci.* 57: 10-15
- STEINBERG, M.;** BERGFELD, U.; SCHÖBERLEIN, L. (1996): Untersuchungen zum Einfluß des IMF-Gehaltes auf die physikalisch-technologischen Parameter der Fleischbeschaffenheit und die sensorischen Eigenschaften von Schweinefleisch. Beitrag zum IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (V11), Wilhelmsthal
- STERRENBURG, P.** (1992): Beitrag zum Workshop „De kleur van vlees“, 13 mei, uitgegeven door „Vleesdistributie en vleestechnologie“ 27: 3
- STORK, F.J** (1990): Untersuchungen über die Eignung der FOM-Reflexionsmessung zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein in der Schlachtkette. Diss. Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn

- STUMPE, A.** (1989): Zusammenhänge zwischen sensorischen und technologischen Qualitätseigenschaften des Schweinefleisches. Arbeiten aus dem Institut für Tierzuchtwissenschaften der Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, H. 83
- STUMPE, A.; SCHMITTEN, F.; SCHEPERS, K.H.** (1990): Zusammenhänge zwischen sensorischen und technologischen Qualitätseigenschaften des Schweinefleisches. Fleischwirtschaft 70: 195-199
- STURM, G.; LISS, E.M.; LOEFFLER, K.** (1991): Die Fettanteile in der Muskulatur dreier Selektionslinien von Schweinen Deutscher Landrasse, Effekte gestufter Fütterung auf die Muskelverfettung, Muskelfettgehalte in Relation zu Parametern des Körperfettansatzes. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 104: 275-282
- SUTTON, D.S.; ELLIS, M.; LAN, Y.; MC KEITH, F.K.; WILSON, E.R.** (1997): Influence of slaughter weight and stress gene genotype on the water-holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscle. Meat Sci. 46: 173-180
- SUZUKI, A.; CASSENS, R.G.** (1980): A histochemical study of myofibre types in muscle of the growing pig. J. Anim. Sci. 51: 1449-1461
- SUZUKI, A.; KOJIMA, N.; IKEUCHE, Y.** (1991): Carcass composition and meat quality of Chinese purebred and European x Chinese crossbreed pigs. Meat Sci. 29: 31-41
- SWANSON, L.A.; KLINE, E.A.; GOLL, D.E.** (1972): Variability of muscle fibre size in bovine longissimus dorsi. J. Anim. Sci. 35: 97-101
- SWATLAND, H.J.** (1973): Muscle growth in the fetal and neonatal pig. J. Anim. Sci. 37: 536-545
- SWATLAND, H.J.** (1976): Effects of growth and plane of nutrition on apparent muscle fibre numbers in the pig. Growth 40: 285-292
- SWATLAND, H.J.; CASSENS, R.G.** (1972): Muscle growth: The problem of muscle fibres with an intrafascicular termination. J. Anim. Sci. 35: 336-344
- SZENTKUTI, L.; CASSENS, R.G.** (1978): Die Verteilung der Fasertypen I, II A und II B im M. longissimus dorsi und M. semitendinosus von Schweinen verschiedenen Alters. Dtsch. tierärztliche Wochenschau 85: 23-27
- TAM, L.G.; BERG, E.P.; GERRARD, D.E.; SHEISS, E.B.; TAN, F.J.; OKOS, M.R.; FORREST, J.C.** (1998): Effect of halothane genotype on porcine meat quality and myoglobin autoxidation. Meat Sci. 49: 41-53
- TAYLOR, A.A.; DANT, S.J.** (1971): In: Lundström, K.; Malmfors, G. (1985): Variation in light scattering and water-holding capacity along the porcine longissimus dorsi muscle. Meat Sci. 15: 203-214
- TAYLOR, D.G.; JOHNSON, E.R.** (1993): Visual marbling score and chemical fat content of M. longissimus in beef carcasses. Animal Breeding Abstracts Vol. 61/7: 437
- TERZIS, P.** (1977): Untersuchungen über die Fleischqualität Schwarzköpfiger Fleischschaf- und Kreuzungslämmer. Diss. Justus Liebig-Universität Gießen
- THOLEN, E.; SCHMITTEN, F.** (1990): Zusammenhänge zwischen intramuskulärem Fettgehalt und anderen Fleischbeschaffenheitskriterien in verschiedenen Schweineherkünften. Beitrag zum Workshop "Schweinefleischbeschaffenheit nach Halothanisierung", Nordhausen
- TOLDRA, F.; FLORES, M.; ARISTOY, M.C.** (1995): Enzyme generation in free amino acids and its nutritional significance in processed pork meats. In: Food Flavours. Generation, analysis and process influence; Hrsgb.: Charalambous G.; Elsevier Science Publishers, Amsterdam, S. 1303-1322

- TOPEL, D.G.;** MERKEL, R.A.; MACKINTOSH, D.L.; HALL, J.L. (1962): Variation in some pork quality factors within and between selected pork muscles. *J. Anim. Sci.* 21: 986
- TOPEL, D.G.;** MERKEL, R.A.; MACKINTOSH, D.L.; HALL, J.L. (1966): Variation of some physical and biochemical properties within and among selected porcine muscles. *J. Anim. Sci.* 25: 277-282
- TOTLAND, G.K.;** ULRIKSEN, D.; SLINDE, E. (1985): Connective tissue: content and arrangement of perimysium in bovine muscle with special emphasis on elastin. Beitrag zum 31. Europ. Meeting of Meat Research Workers, Albena
- TROEGER, K.;** WOLTERS DORF, W. (1987): Die Zartheit anatomisch verschiedener Kotelettabschnitte bei normaler und abweichender (PSE) Fleischbeschaffenheit. *Mitteilungsblatt Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach* : 7712-7718
- TUMA, H.J.;** VENABLE, J.H.; WUTHIER, P.R.; HENRICKSON, R.L. (1962): Relationship of fibre diameter to tenderness and meatiness as influenced by bovine age. *J. Anim. Sci.* 21: 33-36
- UHRIN, V.;** KULISKOVA, E.; POLTARSKY, J.; BULLA, J. (1984): Histochemicka analyza svalovych vlaken osipanych Zivocisna. *Vyroba* 29:749-757
- VALIN, C.;** TOURAILLE, C.; VIGNERON, P.; ASHMORE, C.R. (1982): Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. *Meat Sci.* 6: 257-263
- VANLAAK, R.L.J.M.;** SMULDERS, F.J.M. (1990): Eating quality of beef; considerations and concerns. Beitrag zur 41. Jahrestagung der EVT, Toulouse, Frankreich
- VANLAAK, R.L.J.M.;** SPENCER, E. (1997): Influence of swine breed on fatty acid composition of phospholipids in longissimus muscle. Beitrag zum 43. ICOMST, Auckland, Neuseeland, S. 702-703
- VANOECKEL, M.J.;** CASTEELS, M.; WARNANTS, N.; DE BOEVER, J.L.; BOUCQUE, C.V.; BOSSCHAERTS, L. (1997): Instrumentelle Bestimmung von Merkmalen der Fleischbeschaffenheit Belgischer Schweine. *Fleischwirtschaft* 77: 84-87
- VIGNERON, P.;** BACOU, F.; ASHMORE, C.R. (1976): Distribution heterogeneity of muscle fibre types in the rabbit longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 43: 985-988
- WAGNER, H.** (1987): Aromabildende Stoffe im Fleisch. *Fleischwirtschaft* 67: 548-556
- WANG, H.;** RASCH, E.; BATES, V.; BEARD, F.J.; PIERCE, J.C.; HANKINS, O.G. (1954): Histological observations on fat loci and distribution in cooked beef. *Food Research* 19: 314-322
- WARNER, R.D.;** KAUFFMAN, R.G.; RUSSEL, R.L. (1993): Quality attributes of major porcine muscles: A comparison with the longissimus dorsi. *Meat Sci.* 33: 359-372
- WARRIS, P.D.;** BROWN, S.N., FRANKLIN, J.G.; KESTIN, S.C. (1990): The thickness and quality of backfat in various pig breeds and their relationship to intramuscular fat and the setting of joints from the carcass. *Meat Sci.* 28: 21-29
- WASSERMANN, A.E.;** SPINELLI, A.M. (1972): *J. Agric. Food Chem.* 20: 171; In: WAGNER, H. (1987): Aromabildende Stoffe im Fleisch. *Fleischwirtschaft* 67: 548-556
- WEGNER, J.** (1993): Histologisch-biochemische Untersuchungen der Muskelstruktur und die Beziehungen zu Wachstum und Fleischeigenschaften. Arbeitsmaterial zum GfT-Fortbildungsseminar "Ermittlung des Schlachtkörperwertes in vivo und post mortem", Mariensee

- WEGNER, J.;** SCHÖBERLEIN, L. (1984): Eignung des Schußbioplates für morphometrische und histochemische Untersuchungen des Muskelgewebes. Mh. Vet-Med. 39: 665-667
- WEGNER, J.;** ENDER, K. (1990): Mikrostrukturelle Grundlagen des Wachstums und Muskel- und Fettgewebe und die Beziehung zu Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit. Fleischwirtschaft 70: 337-340
- WEGNER, J.;** FIEDLER, I.; REHFELDT, CH.; ENDER, K. (1992): Die Mikrostruktur des Muskels und ihre Bedeutung für Wachstum und Fleischqualität. Beitrag zur Latiga, Rostock-Schutow
- WEGNER, J.;** ALBRECHT, E.; ENDER, K. (1998): Morphologische Aspekte des subkutanen und intramuskulären Fettzellwachstums beim Rind. Arch. Tierz., Dummerstorf 41: 313-320
- WEIERLEIN, H.D.;** WATKINSON, B.M. (1998): Standardisierte Texturmessung. Kompressions- und Scherkraftmessung an gegarten Schweine- und Putenfleisch. Fleischwirtschaft 78: 1085-1088
- WEIR, C.E.** (1953): The variation in tenderness in the longissimus dorsi muscle of pork. Food Technol. 7: 500
- WICKE, M.** (1989): Einfluß einer divergenten Selektion nach Merkmalen der Muskelstruktur des M. longissimus dorsi auf die Belastungsempfindlichkeit und die Schlachtkörperqualität des Schweines. Diss. Karl-Marx-Universität Leipzig
- WICKE, M.;** LENGERKEN V., G.; FIEDLER, I.; HEYLEN, K. (1994): Verteilung des intramuskulären Fettgehaltes im M.longissimus von Schweinen. Beitrag zur 3. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Halle
- WILSON, B.R.;** PEARSON, A.M.; SHORTLAND, F.B. (1976): Effect of total lipids and phospholipids on warmed-over flavour in red and white muscles from several species as measured by thiobarbituric acid analysis. J. Agric. Food Chem. 24: 7-11
- WINKLER** (1939): In: Hamm, R. (1970): Beziehungen zwischen dem Wasserbindungsvermögen des Fleisches und sensorischen Faktoren der Fleischqualität. Fleischwirtschaft 6: 1502-1506
- WITTERS, L.A.** (1985): Regulation of acetyl-CoA-carboxylase by insulin and other hormones. In: Molecular basis for insulin action; Hrsgb.: Czech, M.P.; Plenum Press, New York, London, S. 315-326
- WONG, E.;** NIXON, L.N.; JOHNSON, C.B. (1975) : Volatile medium chain fatty acids and mutton flavor. J. Agric. Food Chem. 3: 495-498
- WOOD, J.D.** (1993): Beziehungen zwischen der Zusammensetzung und der Fleischqualität. Beitrag zum 39. ICOMST, In: Fleischwirtschaft 12: 1386-1397
- YAMATANI, Y.;** MITANI, K.; NAMIKAWA, K. (1988): Intramuscular lipid content of individual muscles of fattening Holstein and F1 (Japanese Black times Holstein) steers. Japanese J. Zootechnical Sci. 59: 619-627
- ZEMBAYASHI, M.;** LUNT, D.K. (1995): Distribution of intramuscular lipid throughout M. longissimus thoracis et lumborum in Japanese Black, Japanese Shorthorn, Holstein, and Japanese Black crossbreed. Meat Sci. 40: 211-216
- ZGUR, S.** (1991): Histologische und biochemische Veränderungen im Muskelgewebe wachsender Schweine. Diss. Georg-August-Universität Göttingen
- ZGUR, S.;** HENNING, M.; KALLWEIT, E. (1990): Histologische und biochemische Veränderungen im Muskelgewebe von wachsenden Schweinen. Vortrag auf dem Workshop "Schweinefleischbeschaffenheit nach Halothanisierung", Nordhausen

11 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Verzeichnis der Abbildungen	Seite
Abbildung 1: Anatomischer Verlauf des <i>LD</i> (in NICKEL <i>et al.</i> , 1984)	19
Abbildung 2: Meßstellen zur Untersuchung der longitudinalen Verteilung des IMF (%) im <i>LD</i>	27
Abbildung 3: Meßstellen zur Untersuchung der crosssectionalen Verteilung des IMF (%) im <i>LD</i>	27
Abbildung 4: IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des <i>LD</i> sowie deren prozentuales Verhältnis zueinander in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt im Muskel	37
Abbildung 5 a: Crosssectionale Variation des IMF-Gehaltes (%) im kranialen Abschnitt des <i>LD</i>	38
Abbildung 5 b: Crosssectionale Variation des IMF-Gehaltes (%) im medialen Abschnitt des <i>LD</i>	38
Abbildung 5 c: Crosssectionale Variation des IMF-Gehaltes (%) im kaudalen Abschnitt des <i>LD</i>	38
Abbildung 6: Variation der Fleischhelligkeit im Längsverlauf des <i>LD</i>	39
Abbildung 7: Variation der Minolta Farbwerte a und b im Längsverlauf des <i>LD</i>	40
Abbildung 8: Veränderung sensorischer Merkmale im Längsverlauf des <i>LD</i>	40
Abbildung 9: Variation der Scherkraftwerte (kg/cm ²) im Längsverlauf des <i>LD</i>	41
Abbildung 10: Variation des Grillverlustes (%) im Längsverlauf des <i>LD</i>	41
Abbildung 11: IMF-Durchschnittsgehalte (%) für den <i>LD</i> bei Verwendung des arithmetischen Mittelwertes der Fettgehalte von unterschiedlichen Meßstellen	48
Abbildung 12: IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des <i>LD</i> sowie deren prozentuales Verhältnis zueinander in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt im Muskel	51
Abbildung 13: Abweichung der geschätzten von den beobachteten durchschnittlichen IMF-Gehalten (%) im <i>LD</i> bei Verwendung der Fettgehalte aus der kranialen Region	53
Abbildung A 1: Crosssectionale Unterteilung des <i>LD</i>	A-6
Verzeichnis der Tabellen	
Tabelle 1: Anzahl untersuchter Tiere sowie Kennzahlen zur Schlachtleistung und Fleischbeschaffenheit (Mittelwerte und Standardabweichungen)	26
Tabelle 2: Grenzwerte für die sensorische Bewertung, die Leitfähigkeit 120 min p.m. und die Fleischhelligkeit zur Einteilung der Proben in Qualitätsklassen	30
Tabelle 3: Anzahl untersuchter Tiere sowie Kennzahlen zum Schlachtkörperwert (Mittelwerte und Standardabweichungen)	31

Tabelle 4:	Zur Verteilungsuntersuchung herangezogene Daten der Einzelversuche	32
Tabelle 5:	Grenzwerte für pH ₂₄ , LF ₂₄ und den IMF-Gehalt (%) zur Einteilung des <i>LD</i> in Qualitätsklassen	36
Tabelle 6:	Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und der Fleischfarbe sowie der Leitfähigkeit 120 min p.m. in Abhängigkeit von der Meßstelle im <i>LD</i>	42
Tabelle 7:	Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und Grillverlust, Scherkraft sowie sensorisch erfaßten Parametern in Abhängigkeit von der Meßstelle im <i>LD</i>	43
Tabelle 8:	Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen den IMF-Gehalten (%) der einzelnen Meßstellen	44
Tabelle 9:	Schätzgenauigkeit (R^2) des durchschnittlichen Fettgehaltes (%) im <i>LD</i> bei Verwendung der IMF-Gehalte von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel	44
Tabelle 10:	Differenzen (Prozentpunkte) zwischen dem durchschnittlichen IMF-Gehalt (%) im <i>LD</i> und den Fettgehalten (%) an unterschiedlichen Meßstellen im Muskel in Abhängigkeit vom IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte und Standardabweichungen)	45
Tabelle 11:	Korrekte Zuordnung der Proben (%) in Klassen für den durchschnittlichen IMF-Gehalt im <i>LD</i> (%) über Fettgehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel	45
Tabelle 12:	IMF-Gehalte (%) von Proben mit unterschiedlicher sensorischer Qualität sowie Fleischbeschaffenheit (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)	46
Tabelle 13:	Sensorische Bewertung (Pkt.) der Proben in Abhängigkeit vom IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte und Standardabweichungen)	46
Tabelle 14:	Scherkraftwerte (kg/cm ²) und Grillverlust (%) bei Proben mit unterschiedlichem IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)	47
Tabelle 15:	Einflußfaktoren auf den IMF-Gehalt (%) in Abhängigkeit vom Genotyp	49
Tabelle 16:	IMF-Gehalte (%) der untersuchten Genotypen (Mittelwerte und Standardabweichungen)	49
Tabelle 17:	IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im <i>LD</i> in Abhängigkeit vom Genotyp (Mittelwerte und Standardabweichungen)	50
Tabelle 18:	Differenzen (Prozentpunkte) zwischen den IMF-Gehalten (%) der einzelnen Meßstellen in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt im <i>LD</i> (Mittelwerte und Standardabweichungen)	51
Tabelle 19:	Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen den IMF-Gehalten (%) der einzelnen Meßstellen in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt im <i>LD</i> (%)	52
Tabelle 20:	Schätzgenauigkeit (R^2) des durchschnittlichen IMF-Gehaltes (%) im <i>LD</i> bei Verwendung der IMF-Gehalte von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel	52
Tabelle 21:	Differenzen (Prozentpunkte) zwischen dem durchschnittlichen IMF-Gehalt (%) im <i>LD</i> und den Fettgehalten (%) an unterschiedlichen Meßstellen im Muskel (Mittelwerte und Standardfehler)	53
Tabelle 22:	Korrekte Zuordnung der Proben (%) in Klassen für den durchschnittlichen IMF-Gehalt im <i>LD</i> über Fettgehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel	54
Tabelle 23:	Fettsäurenanteile in Proben mit unterschiedlichem IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)	56

Tabelle 24:	Vergleich der Muskelstrukturmerkmale in Proben mit unterschiedlichem IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)	59
Tabelle 25:	Vergleich der Fleischbeschaffenheitsmerkmale in Proben mit unterschiedlichem IMF-Gehalt (%) (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)	60
Tabelle 26:	Korrekte Zuordnung des <i>LD</i> (%) in Fleischqualitätsklassen über Fleischbeschaffenheitsmerkmale und IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel	61
Tabelle A 1:	Literaturübersicht über Beziehungen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) bzw. Marmorierung (<i>M</i>) im <i>LD</i> und sensorischen Merkmalen des Fleisches	A-2
Tabelle A 2:	Literaturübersicht über Beziehungen zwischen IMF-Gehalt (%) bzw. Marmorierung (<i>M</i>) im <i>LD</i> und Merkmalen der Fleischbeschaffenheit	A-3
Tabelle A 3:	Literaturübersicht zum Verhältnis der IMF-Gehalte (%) zwischen verschiedenen Muskeln beim Schwein	A-5
Tabelle A 4:	IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des <i>LD</i> in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt im Muskel (Mittelwerte und Standardabweichungen)	A-6
Tabelle A 5:	IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf und im Muskelquerschnitt des <i>LD</i> (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)	A-7
Tabelle A 6:	Fleischbeschaffenheitsmerkmale an unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des <i>LD</i> (Mittelwerte und Standardabweichungen)	A-7
Tabelle A 7:	Sensorisch relevante Parameter an unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des <i>LD</i> (Mittelwerte und Standardabweichungen)	A-7
Tabelle A 8:	Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und Fleischbeschaffenheitsmerkmalen in Abhängigkeit von der Meßstelle im <i>LD</i> (n=47)	A-8
Tabelle A 9:	Klassifikationsfunktionen zur Zuordnung des <i>LD</i> in Klassen für den durchschnittlichen IMF-Gehalt über Fettgehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel	A-9
Tabelle A 10:	Differenzen zwischen den IMF-Gehalten (%) verschiedener Meßstellen in Abhängigkeit vom Genotyp (Mittelwerte und Standardabweichungen)	A-9
Tabelle A 11:	IMF-Gehalte (%) in unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des <i>LD</i> in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt (Mittelwerte und Standardabweichungen)	A-9
Tabelle A 12:	Klassifikationsfunktionen zur Zuordnung des <i>LD</i> in Fettgehaltsklassen bei Verwendung der IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel	A-10
Tabelle A 13:	Fettsäureanteile (%) im IMF (%) aus unterschiedlichen Meßstellen im <i>LD</i> in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)	A-11
Tabelle A 14:	Schätzgenauigkeit (R^2) des durchschnittlichen Anteils der Fettsäuren (%) im <i>LD</i> bei Verwendung der Werte von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel in Abhängigkeit vom durchschnittlichen IMF-Gehalt (%)	A-12
Tabelle A 15:	Differenzen (Prozentpunkte) zwischen den durchschnittlichen Fettsäureanteilen (%) im <i>LD</i> und den Werten (%) an unterschiedlichen Meßstellen im Muskel (Mittelwerte und Standardfehler)	A-13
Tabelle A 16:	Muskelstrukturmerkmale an unterschiedlichen Meßstellen im <i>LD</i> in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)	A-14

Tabelle A 17:	Fleischbeschaffenheitsmerkmale an unterschiedlichen Meßstellen im <i>LD</i> in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)	A-15
Tabelle A 18:	Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und Fettsäureanteilen (%) in Abhängigkeit von der Meßstelle im <i>LD</i> und dem IMF-Gehalt (%)	A-16
Tabelle A 19	Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und Merkmalen der Muskelstruktur in Abhängigkeit von der Meßstelle im <i>LD</i> und dem IMF-Gehalt (%)	A-17
Tabelle A 20:	Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und Merkmalen der Fleischbeschaffenheit in Abhängigkeit von der Meßstelle im <i>LD</i> und dem IMF-Gehalt (%)	A-18
Tabelle A 21:	Klassifikationsfunktionen zur Zuordnung des <i>LD</i> in Fleischqualitätsklassen über Fleischbeschaffenheitsmerkmale und IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel	A-18

Anhang

Tabelle A 1: Literaturübersicht über Beziehungen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) bzw. Marmorierung (M) im LD und sensorischen Merkmalen des Fleisches

Quelle	M	Zartheit	Saftigkeit	Aroma	Geschmack	Scherkraft
SAFFLE und BRATZLER (1959)				.31		-.47
BATCHER und DAWSON (1960)		.86	.91			
CARPENTER <i>et al.</i> (1962)	*	.42*	.48*	.38*		-.44*
KAUFFMAN <i>et al.</i> (1963)		.44*	.70*	.38*		-.35*
HENRY <i>et al.</i> (1963)		.37		.23		-.25
HINER <i>et al.</i> (1964)		.45	.46	.10		-.29
TUREK <i>et al.</i> (1966)		.01 bis -.04 n.s.	.06 bis .15 n.s.		.20*	
SKELLEY <i>et al.</i> (1973)		.06	-.10	-.09	-.04	.08
SKELLEY <i>et al.</i> (1973)	*	.02	.01	.07	.03	.03
DAVIS <i>et al.</i> (1975a)	*	.21* bis .34*	.35* bis .49*	-.01 bis .08		
DAVIS <i>et al.</i> (1975b)		.41*	.42*	.12*		-.43*
DEVOL <i>et al.</i> (1988a)		.32*	.21*	.23*		-.29*
DEVOL <i>et al.</i> (1988b)	*	.17	.23*	.01		-.14
GRESHAKE (1988)		.22	.24		.25	
BRENNER und SURMANN (1990)		.26	.10	.02		
CAMERON <i>et al.</i> (1990)		.01 bis .14	.01 bis .07	.08 bis .17		
STUMPE <i>et al.</i> (1990)		.33*	.25*		.25*	-.32*
MEYER (1991)		.23*	.21*		.15*	
BRENNER und SURMANN (1991)		.24	.04	.04		-.13
LO <i>et al.</i> (1992)		.53	.24	.63	.68	
GLODEK <i>et al.</i> (1993)		.23*	.21*		.15*	
CASTEELS <i>et al.</i> (1995)		.13 bis .39*	.22 bis .43*	.08 bis .28*		
SCHEPERS und SCHMITTEN (1990)		.33*	.25*		.25*	-.32*
STEINBERG <i>et al.</i> (1996)		.33*	.15	.32*		
EIKELENBOOM <i>et al.</i> (1996b)		.30	.33*		.30	.01
ENFÄLT <i>et al.</i> (1997)		.64*	.29		.49*	-.68*
KIRCHHEIM <i>et al.</i> (1997)		.34*	.04	.11		-.14*
CANDEK-POTOKAR <i>et al.</i> (1998)		.18		.15		
FLORES <i>et al.</i> (1999)			.44*			

Signifikanz der Koeffizienten ist ausgewiesen sofern dies aus der zitierten Veröffentlichung zu entnehmen ist.

Tabelle A 2: Literaturübersicht über Beziehungen zwischen IMF-Gehalt (%) bzw. Marmorierung (M) im LD und Merkmalen der Fleischbeschaffenheit

Quelle	M	Merkmal						
		pH ₁	pH ₂	LF ₁	LF ₂	Farbe ₁ *	Farbe ₂ *	WBV
KAUFFMAN <i>et al.</i> (1963)								Kochverlust -.04 bis -.23*
SKELLEY <i>et al.</i> (1973)			-.36*			-.07		
SCHEPER (1982)		.00	-.10			.06	-.11	-.01 bis .00
HÜBBERS (1983)		-.06 bis .18		-.18 bis .10	-.05 bis .04			
SCHWÖRER <i>et al.</i> (1986)		r _p : -.06 * bis .10 r _g : -.02 bis .15	r _p : -.07 bis .12 r _g : -.22 bis .45				r _p : -.06 bis .20* r _g : .09 bis .19	
DEVOL <i>et al.</i> (1988b)	*		.07					Kochverlust -.08
GRESHAKE <i>et al.</i> (1988)								Tropfsaft -.17*
SCHWÖRER (1988)		-.04 n.s. bis .11					.15* bis .18	
LENGERKEN <i>et al.</i> (1989)								
STUMPE (1989)		-.28* bis .11		-.22* bis .18	-.15 bis .37*			
REINECKE (1990)		-.03 bis .38*		-.01 bis -.08	-.03 bis -.11			
CAMERON <i>et al.</i> (1990)			.08 bis .32					
MEYER (1991)		.14*			-.22*			
ALTMANN <i>et al.</i> (1992)	*	.21 bis .47						Dripverlust -.29 bis -.49
GREGOR und SCHOLZ (1993)	*	.16 bis .77		-.24 bis -.37				
GLODEK <i>et al.</i> (1993)		.14*			.22			
WICKE <i>et al.</i> (1994)					-.16			

Quelle	M	Merkmal						
		pH ₁	pH ₂	LF ₁	LF ₂	Farbe ₁ *	Farbe ₂ *	WBV
DEVRIES <i>et al.</i> (1994)		r _g : -.04 -.22 bis .01	r _g : -.20 .08 bis .15			r _g : -.10 -.02 bis .20		Kochverlust r _g : -.03 -.28 bis -.08 Dripverlust r _g : -.23 -.03 bis .12
CASTEELS <i>et al.</i> (1995)		-.15 ¹⁾ bis .30*	-.07 ¹⁾ bis .15				.10 ¹⁾ bis -.16	WHC (cm ²) -.09 ¹⁾ bis -.33
KALLWEIT <i>et al.</i> (1996)		-.02. bis .45*	-.22 bis .21		-.49* bis .10		-.35 bis .28	
HOFER und SCHWÖRER (1996)		.13 bis .36	.07 bis .24				-.08 bis .01	
MÜLLER <i>et al.</i> (1997)		.02						
KNAPP (1997)		r _p :-.22 bis .03 r _g :-.37 bis .43					r _p :-.28 bis .01 r _g :-.38 bis .28	Dripverlust r _p :-. .05 bis .12 r _g :-.37 bis .47
KIRCHHEIM <i>et al.</i> (1997)								Tropfsaft -.19*
SERRA <i>et al.</i> (1998)							r _p : .04 bis .63*	

* Reflexionswerte bei unterschiedlichen Meßverfahren

¹⁾ rasekorrigiert

Tabelle A 3: Literaturübersicht zum Verhältnis der IMF-Gehalte (%) zwischen verschiedenen Muskeln beim Schwein

Quelle	Muskeln
BEECHER <i>et al.</i> (1965)	T > ST (heller Bereich) > ST (dunkler Bereich) > SV > BF (dunkler Bereich) > LD > BF (heller Bereich) > GL > RF
ALLEN <i>et al.</i> (1967c)	D > LD > PM
MALMFORS <i>et al.</i> (1978)	LD = SM > Q
SHARMA <i>et al.</i> (1987)	LD (kranial) = TD > BF LD (kaudal)
DO YOUNG CHOI (1989)	ST > SSM > LD > PM > SM
ZGUR <i>et al.</i> (1990)	BF = TB > LD = PM
LENGERKEN <i>et al.</i> (1991)	LD < SM
LESEIGNEUR-MEYNIER und GANDEMER (1991)	T > M > BF >= LD >= PM
STURM <i>et al.</i> (1991)	PM > SM > LD
GANDEMER <i>et al.</i> (1992)	T > LD
CHORA <i>et al.</i> (1995)	D > LD >= SM
FERNANDEZ <i>et al.</i> (1995)	SC > LD
FISCHER (1996)	SC > T > ST > SV > SM > S > IS > SS > BF > LD (kranial) > GM > LD (kaudal) > TB > LD (medial) > PM > A > RF
HERNANDEZ <i>et al.</i> (1998)	BF = TB > LD

M. adductor	A	M. biceps femoris	BF	M. diaphragma	D	M. gluteus medius	GM	M. infraspinatus	I
M. longissimus dorsi	LD	M. masseter	M	M. psoas major	PM	M. quadriceps	Q	M. rectus femoris	RF
M. semimembranosus	SM	M. semispinalis capitis	SC	M. semitendinosus	ST	M. serratus ventralis	SV	M. spinalis	S
M. supraspinatus	SS	M. supra spinam.	SSM	M. trapezius	T	M. triceps brachii	TB	M. transversus abdominis	TD

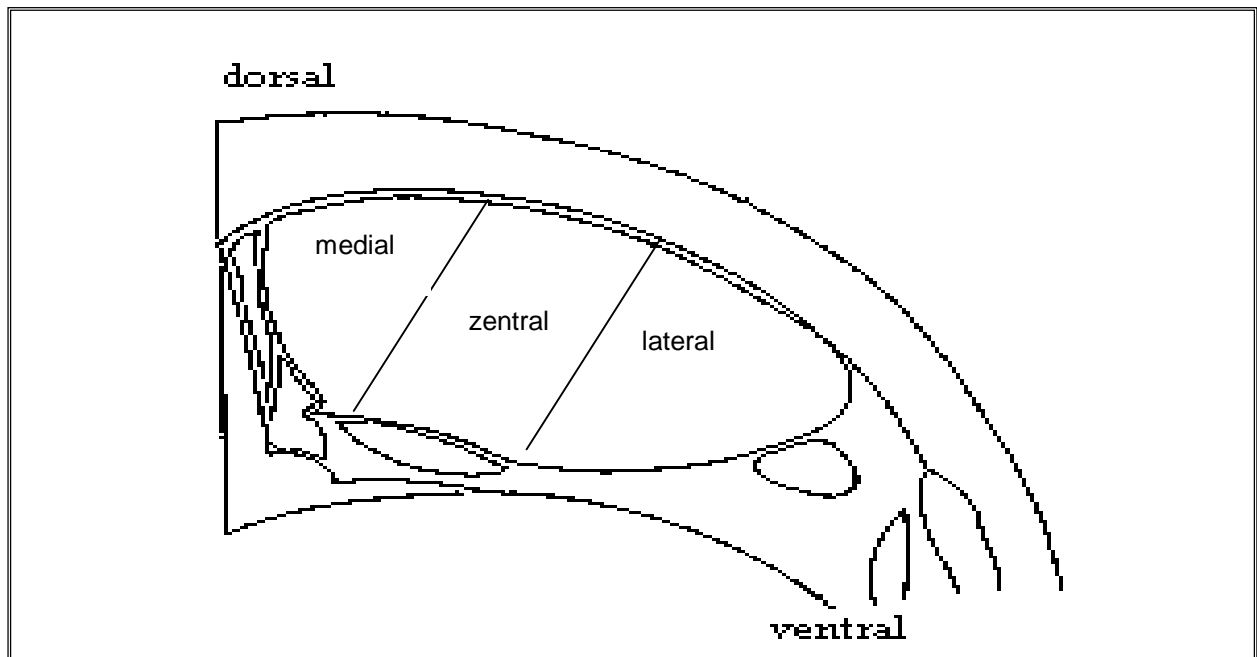


Abbildung A 1: Crosssectionale Unterteilung des LD

Tabelle A 4: IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des LD in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt im Muskel (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Meßstelle															
5./6. BW		7./8. BW		9./10. BW		11./12. BW		13./14. BW		1./2. LW		3./4. LW		5./6. LW	
LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s
Ø IMF-Gehalt < 2,5 %															
2,7 ^a	0,8	2,1 ^b	0,5	1,7 ^{bc}	0,4	1,5 ^c	0,4	1,5 ^c	0,5	1,5 ^c	0,5	1,7 ^b	0,5	3,1 ^d	1,1
Ø IMF-Gehalt ≥ 2,5 %															
5,0 ^a	2,3	3,9 ^b	1,6	3,1 ^c	0,9	2,4 ^c	0,5	2,5 ^c	0,7	2,6 ^c	0,7	2,9 ^c	0,7	5,2 ^a	1,7
total															
3,9 ^a	2,1	3,0 ^b	1,5	2,4 ^c	1,0	2,0 ^c	0,7	2,0 ^c	0,8	2,1 ^c	0,8	2,3 ^c	0,8	4,2 ^a	1,8

a – c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Meßstellen

Tabelle A 5: IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf und im Muskelquerschnitt des LD (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)

Meßstelle im Muskelquerschnitt	Meßstelle im Längsverlauf des LD					
	kranial		medial		kaudal	
	p=0,078		p=0,003		p=0,002	
	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s
1	2,48 ^a	1,18	1,77 ^a	0,50	1,84 ^a	0,53
2	2,20 ^a	0,66	1,81 ^a	0,62	1,90 ^a	0,62
3	2,94 ^a	1,27	2,28 ^{ab}	0,84	2,36 ^{ab}	0,65
4	3,07 ^a	1,41	2,45 ^b	0,92	2,58 ^b	0,97
5	2,66 ^a	1,17	1,86 ^a	0,78	2,04 ^a	0,78

a/b: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Meßstellen im Muskelquerschnitt

Tabelle A 6: Fleischbeschaffenheitsmerkmale an unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des LD (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Merkmal	Meßstelle															
	5./6. BW		7./8. BW		9./10. BW		11./12. BW		13./14. BW		1./2. LW		3./4. LW		5./6. LW	
	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s
L*	53,0 ^a	4,6	50,5 ^b	4,2	49,1 ^{bc}	3,5	48,2 ^c	3,8	48,5 ^{bc}	4,0	48,9 ^{bc}	4,2	47,9 ^c	4,4	47,5 ^c	3,5
Farbwert a	6,5 ^{ab}	1,7	6,1 ^a	1,5	6,4 ^{ab}	1,6	6,6 ^{ab}	1,9	6,9 ^{ab}	1,7	7,3 ^b	1,6	8,5 ^c	1,8	8,6 ^c	1,9
Farbwert b	3,0 ^a	1,3	2,1 ^{bc}	1,2	2,1 ^{bc}	1,1	1,8 ^c	1,3	2,5 ^{ab}	1,3	2,9 ^a	1,4	2,9 ^a	1,3	2,9 ^a	1,2
LF ₁₂₀	5,8 ^a	2,5	5,6 ^a	2,7	4,9 ^a	2,2	4,7 ^a	2,2	5,0 ^a	2,2	5,1 ^a	2,4	5,1 ^a	2,4	4,6 ^a	2,2

a – c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Meßstellen

Tabelle A 7: Sensorisch relevante Parameter an unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des LD (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Merkmal	Meßstelle															
	5./6. BW		7./8. BW		9./10. BW		11./12. BW		13./14. BW		1./2. LW		3./4. LW		5./6. LW	
	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s
Saftigkeit (Pkt.)	3,9 ^a	0,8	3,9 ^a	0,9	3,4 ^b	0,8	3,1 ^c	0,6	2,7 ^c	0,6	2,8 ^c	0,6	2,9 ^c	0,6	3,1 ^c	0,7
Zartheit (Pkt.)	4,6 ^a	0,8	4,2 ^b	0,9	3,6 ^c	0,9	2,9 ^{de}	0,8	2,6 ^d	0,8	2,8 ^{de}	0,8	2,9 ^{de}	0,7	3,2 ^e	0,8
Aroma (Pkt.)	3,6 ^a	0,6	3,6 ^a	0,6	3,2 ^b	0,6	2,8 ^{cd}	0,6	2,7 ^c	0,5	2,9 ^{cd}	0,6	2,8 ^{cd}	0,5	3,1 ^{db}	0,7
Gesamteindruck (Pkt.)	3,9 ^a	0,7	3,8 ^a	0,8	3,2 ^b	0,8	2,7 ^{cd}	0,7	2,4 ^c	0,7	2,6 ^{cd}	0,7	2,7 ^{cd}	0,6	2,9 ^d	0,7
Grillverlust (%)	23,4 ^a	5,1	22,9 ^c	4,6	24,5 ^{abc}	4,7	25,4 ^{ab}	4,3	26,5 ^b	3,6	26,7 ^b	4,3	26,0 ^b	4,2	25,5 ^{ab}	4,7
Scherkraft (kg/cm ²)	2,2 ^{ab}	0,7	2,0 ^a	0,6	2,4 ^{bd}	0,8	2,8 ^{ce}	0,8	3,0 ^e	0,6	3,0 ^e	0,9	2,7 ^{cde}	0,7	2,6 ^{cd}	0,6

a – e: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Meßstellen

Tabelle A 8: Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und Fleischbeschaffenheitsmerkmalen in Abhängigkeit von der Meßstelle im LD (n=47)

Merkmal	Meßstelle								
	Ø	5./6. BW	7./8. BW	9./10. BW	11./12. BW	13./14. BW	1./2. LW	3./4. LW	5./6 LW
L*									
Ø-Wert	-.04	.05	.01	-.08	-.06	-.05	-.06	-.03	-.11
5./6. BW	.08	.19	.13	.05	.03	.03	-.03	.08	-.03
7./8. BW	.04	.12	.10	-.02	.02	-.02	-.06	.05	-.03
9./10. BW	-.11	-.03	-.05	-.16	-.09	-.16	-.17	-.13	-.14
11./12. BW	-.15	-.09	-.10	-.19	-.12	-.16	-.18	-.14	-.17
13./14. BW	-.07	.02	-.01	-.09	-.12	-.08	-.06	-.09	-.15
1./2. LW	.02	.07	.04	.00	-.05	.02	.05	.03	-.05
3./4. LW	-.13	-.09	-.12	-.16	-.18	-.11	-.09	-.09	-.15
5./6. LW	.08	.10	.07	.05	.12	.12	.11	.10	.00
Farbwert a									
Ø-Wert	.02	.00	-.01	.03	.05	.14	.17	.06	-.07
5./6. BW	.02	-.09	-.03	.07	.14	.17	.21	.07	-.07
7./8. BW	.04	.00	.04	.09	.19	.19	.15	.05	-.13
9./10. BW	.08	.07	.08	.07	.15	.21	.15	.11	-.04
11./12. BW	.10	.11	.10	.10	.08	.16	.19	.10	.00
13./14. BW	-.02	-.07	-.09	-.02	.01	.12	.15	.05	-.06
1./2. LW	-.14	-.15	-.19	-.16	-.16	-.06	-.02	-.10	-.10
3./4. LW	-.07	-.05	-.11	-.06	-.09	-.03	.03	-.07	-.09
5./6. LW	.12	.14	.09	.12	.02	.12	.18	.13	.05
Farbwert b									
Ø-Wert	-.02	.04	.00	-.04	-.04	.01	.04	.03	-.13
5./6. BW	.18	.22	.18	.18	.15	.17	.16	.19	.07
7./8. BW	.03	.09	.09	-.01	.06	.00	-.02	.03	-.08
9./10. BW	.03	.11	.07	.01	.05	.04	.00	.01	-.07
11./12. BW	-.07	-.06	-.09	-.12	-.03	-.02	.03	.01	-.10
13./14. BW	-.09	-.04	-.08	-.11	-.13	-.05	-.01	-.04	-.16
1./2. LW	-.13	-.09	-.14	-.13	-.20	-.11	-.03	-.08	-.14
3./4. LW	-.11	-.06	-.09	-.11	-.13	-.06	-.03	-.06	-.22
5./6. LW	.07	.15	.07	.06	.04	.12	.12	.11	-.10
LF₁₂₀									
Ø-Wert	-.17	-.13	-.16	-.21	-.18	-.13	-.11	-.15	-.17
5./6. BW	-.24	-.19	-.22	-.28	-.21	-.16	-.18	-.23	-.24
7./8. BW	-.21	-.19	-.20	-.26	-.21	-.17	-.17	-.18	-.19
9./10. BW	-.13	-.10	-.11	-.18	-.10	-.10	-.12	-.12	-.12
11./12. BW	-.16	-.13	-.17	-.20	-.17	-.13	-.13	-.14	-.11
13./14. BW	-.09	-.06	-.08	-.12	-.14	-.11	-.06	-.09	-.08
1./2. LW	-.11	-.08	-.12	-.15	-.16	-.08	-.03	-.10	-.11
3./4. LW	-.11	-.07	-.11	-.13	-.13	-.05	-.03	-.10	-.15
5./6. LW	-.15	-.10	-.13	-.17	-.19	-.14	-.07	-.11	-.18

Tabelle A 9: Klassifikationsfunktionen zur Zuordnung des *LD* in Klassen für den durchschnittlichen IMF-Gehalt über Fettgehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel

	Meßstelle							
	5./6. BW	7./8. BW	9./10. BW	11./12. BW	13./14. BW	1./2. LW	3./4. LW	5./6. LW
Ø IMF-Gehalt < 2,5 %								
Konstante	-1,913	-2,213	-3,412	-5,472	-3,945	-3,816	-4,540	-2,997
IMF-Gehalt	0,888	1,442	3,164	6,350	4,190	4,024	4,480	1,448
Ø IMF-Gehalt ≥ 2,5 %								
Konstante	-4,861	-5,864	-9,474	-13,140	-8,912	-9,235	-11,448	-6,803
IMF-Gehalt	1,678	2,707	5,744	10,311	6,722	6,717	7,546	2,389

Tabelle A 10: Differenzen zwischen den IMF-Gehalten (%) verschiedener Meßstellen in Abhängigkeit vom Genotyp (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Genotyp	Meßstellen					
	kranial-medial		kranial-kaudal		kaudal-medial	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
SF	1,24 ^a	1,50	1,14 ^a	1,69	0,10 ^a	1,07
(PixSF) x SF	0,75 ^{ab}	0,65	0,57 ^{ab}	0,62	0,17 ^a	0,38
Pi x SF	0,85 ^{ab}	0,53	0,52 ^{ab}	0,51	0,32 ^a	0,24
(PixSF)x(PixSF)	0,92 ^{ab}	0,37	0,89 ^{ab}	0,47	0,03 ^a	0,30
Pi x (PixSF)	0,32 ^{ab}	0,65	0,28 ^b	0,47	0,04 ^a	0,31
Pi x (DExDL)	0,90 ^{ab}	0,85	0,74 ^{ab}	0,75	0,16 ^a	0,31
DE	0,21 ^b	0,85	0,32 ^{ab}	0,53	-0,12 ^a	1,11

a/b: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen

Tabelle A 11: IMF-Gehalte (%) in unterschiedlichen Meßstellen im Längsverlauf des *LD* in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Ø IMF-Gehalt im LD (%)	Meßstelle					
	kranial		medial		kaudal	
	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s
< 1,5	1,15 ^a	0,48	0,97 ^a	0,40	1,02 ^a	0,45
1,5 - 2,5	2,31 ^a	0,52	1,76 ^b	0,30	1,87 ^b	0,30
> 2,5	3,98 ^a	1,15	2,59 ^b	0,86	2,81 ^b	0,73

a/b: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Meßstellen

Tabelle A 12: Klassifikationsfunktionen zur Zuordnung des *LD* in Fettgehaltsklassen bei Verwendung der IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel

Merkmal	Ø IMF-Gehalt im LD (%)		
	< 1,5	1,5 - 2,5	> 2,5
kranial			
Konstante	-2,481	-5,741	-15,106
IMF-Gehalt	1,856	4,239	7,026
medial			
Konstante	-2,675	-6,165	-13,620
IMF-Gehalt	2,833	6,150	2,248
kaudal			
Konstante	-2,912	-8,165	-18,122
IMF-Gehalt	3,407	7,874	11,834

Tabelle A 13: Fettsäurenanteile (%) im IMF (%) aus unterschiedlichen Meßstellen im LD in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)

Fettsäure	Meßstelle						p-Wert
	kranial		medial		kaudal		
	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	
Ø IMF-Gehalt < 1,5 % (n=21)							
C 14:0	1,4 ^a	0,1	1,4 ^a	0,1	1,4 ^a	0,1	0,906
C 16:0	26,0 ^a	0,9	25,7 ^a	1,0	25,4 ^b	1,0	0,263
C 16:1	3,8 ^a	0,4	3,8 ^a	0,4	3,9 ^a	0,5	0,688
C 18:0	14,4 ^a	1,0	14,3 ^a	0,9	13,7 ^a	1,0	0,311
C 18:1	46,2 ^a	2,2	45,8 ^a	2,2	46,3 ^a	1,9	0,868
C 18:2	7,9 ^a	2,3	8,7 ^a	2,3	8,8 ^a	2,2	0,593
C 18:3	0,5 ^a	0,1	0,5 ^a	0,1	0,5 ^a	0,1	0,641
Σ SFA	41,8 ^a	1,5	41,3 ^a	1,4	40,5 ^b	1,7	0,145
Σ MUFA	49,9 ^a	2,2	49,6 ^a	2,4	50,2 ^a	2,2	0,841
Σ PUFA	8,4 ^a	2,4	9,2 ^a	2,4	9,3 ^a	2,3	0,586
Ø IMF-Gehalt 1,5 % - 2,5 % (n=39)							
C 14:0	1,4 ^a	0,1	1,4 ^a	0,1	1,4 ^a	0,1	0,973
C 16:0	26,3 ^a	1,0	25,8 ^b	0,9	25,7 ^b	0,9	0,008
C 16:1	4,2 ^a	0,4	4,4 ^a	0,5	4,4 ^a	0,5	0,439
C 18:0	12,9 ^a	1,1	12,7 ^a	1,4	12,4 ^b	1,3	0,132
C 18:1	49,8 ^a	1,9	49,2 ^a	2,4	49,6 ^a	2,3	0,443
C 18:2	5,0 ^a	1,6	6,2 ^b	1,7	6,2 ^b	2,0	0,000
C 18:3	0,40 ^a	0,1	0,43 ^b	0,1	0,45 ^b	0,1	0,017
Σ SFA	40,4 ^a	1,7	39,8 ^b	2,0	39,4 ^b	1,8	0,017
Σ MUFA	54,0 ^a	2,1	53,6 ^a	2,7	53,9 ^a	2,5	0,658
Σ PUFA	5,4 ^a	1,7	6,6 ^b	1,8	6,6 ^b	2,0	0,000
Ø IMF-Gehalt > 2,5 % (n=19)							
C 14:0	1,4 ^a	0,1	1,4 ^a	0,1	1,4 ^a	0,1	0,948
C 16:0	26,9 ^a	0,7	26,3 ^b	0,6	26,5 ^{ab}	0,7	0,039
C 16:1	4,3 ^a	0,5	4,5 ^a	0,5	4,3 ^a	0,4	0,440
C 18:0	12,8 ^a	1,2	12,3 ^a	1,0	12,5 ^a	1,1	0,417
C 18:1	50,8 ^a	1,6	50,6 ^a	1,3	50,5 ^a	1,8	0,845
C 18:2	3,5 ^a	0,7	4,6 ^b	1,0	4,3 ^b	0,8	0,000
C 18:3	0,4 ^a	0,1	0,4 ^b	0,1	0,4 ^a	0,1	0,084
Σ SFA	41,1 ^a	1,7	40,0 ^a	1,4	40,4 ^a	1,6	0,105
Σ MUFA	55,0 ^a	1,6	55,1 ^a	1,3	54,9 ^a	1,8	0,954
Σ PUFA	3,8 ^a	0,7	4,9 ^b	1,1	4,7 ^{ab}	0,8	0,093

a/b: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Meßstellen innerhalb der Fettgehaltsklassen

Tabelle A 14: Schätzgenauigkeit (R^2) des durchschnittlichen Anteils der Fettsäuren (%) im *LD* bei Verwendung der Werte von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel in Abhängigkeit vom durchschnittlichen IMF-Gehalt (%)

Fettsäure	Meßstelle		
	kranial	medial	kaudal
Ø IMF-Gehalt < 1,5 % (n=21)			
C 14:0	0,93	0,93	0,90
C 16:0	0,96	0,99	0,95
C 16:1	0,95	0,95	0,96
C 18:0	0,85	0,84	0,87
C 18:1	0,90	0,93	0,89
C 18:2	0,97	0,95	0,92
C 18:3	0,89	0,96	0,93
∑ SFA	0,83	0,86	0,76
∑ MUFA	0,91	0,93	0,88
∑ PUFA	0,93	0,93	0,92
Ø IMF-Gehalt 1,5 % - 2,5 % (n=39)			
C 14:0	0,86	0,89	0,89
C 16:0	0,87	0,89	0,91
C 16:1	0,92	0,95	0,97
C 18:0	0,83	0,91	0,91
C 18:1	0,92	0,91	0,90
C 18:2	0,96	0,96	0,95
C 18:3	0,82	0,85	0,87
∑ SFA	0,81	0,90	0,88
∑ MUFA	0,92	0,92	0,91
∑ PUFA	0,94	0,90	0,82
Ø IMF-Gehalt > 2,5 % (n=19)			
C 14:0	0,84	0,93	0,91
C 16:0	0,92	0,85	0,90
C 16:1	0,96	0,98	0,96
C 18:0	0,89	0,92	0,89
C 18:1	0,96	0,95	0,96
C 18:2	0,95	0,98	0,98
C 18:3	0,76	0,91	0,87
∑ SFA	0,87	0,86	0,89
∑ MUFA	0,94	0,96	0,95
∑ PUFA	0,82	0,84	0,85
total (n=79)			
C 14:0	0,87	0,91	0,91
C 16:0	0,95	0,96	0,96
C 16:1	0,95	0,97	0,97
C 18:0	0,88	0,93	0,89
C 18:1	0,95	0,96	0,95
C 18:2	0,98	0,98	0,98
C 18:3	0,92	0,94	0,94
∑ SFA	0,82	0,88	0,84
∑ MUFA	0,95	0,96	0,95
∑ PUFA	0,96	0,96	0,95

jeweils beste Schätzung in Fettdruck

Tabelle A 15: Differenzen (Prozentpunkte) zwischen den durchschnittlichen Fettsäurenanteilen (%) im LD und den Werten (%) an unterschiedlichen Meßstellen im Muskel (Mittelwerte und Standardfehler)

Fettsäure	Meßstelle					
	kranial		medial		kaudal	
	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE
Ø IMF-Gehalt < 1,5 % (n=21)						
C 14:0	-0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
C 16:0	-0,28	0,07	0,02	0,05	0,26	0,08
C 16:1	0,05	0,02	-0,01	0,02	-0,04	0,03
C 18:0	-0,32	0,13	-0,06	0,09	0,38	0,17
C 18:1	0,03	0,20	0,18	0,16	-0,20	0,26
C 18:2	0,53	0,16	-0,13	0,14	-0,39	0,18
C 18:3	0,00	0,01	0,01	0,01	-0,01	0,01
Σ SFA	-0,60	0,18	-0,04	0,13	0,65	0,24
Σ MUFA	0,06	0,18	0,03	0,09	-0,24	0,28
Σ PUFA	0,53	0,16	-0,12	0,14	-0,41	0,18
Ø IMF-Gehalt 1,5 % - 2,5 % (n=39)						
C 14:0	0,00	0,01	0,00	0,01	-0,01	0,01
C 16:0	-0,30	0,06	0,17	0,06	0,13	0,05
C 16:1	0,10	0,02	-0,05	0,02	-0,05	0,01
C 18:0	-0,23	0,10	0,03	0,08	0,20	0,08
C 18:1	-0,23	0,14	0,19	0,13	0,04	0,12
C 18:2	0,64	0,08	-0,34	0,10	-0,30	0,10
C 18:3	0,02	0,01	-0,01	0,01	-0,02	0,01
Σ SFA	-0,53	0,16	0,20	0,13	0,33	0,11
Σ MUFA	0,23	0,19	0,11	0,09	-0,01	0,13
Σ PUFA	0,66	0,08	-0,34	0,10	-0,32	0,10
Ø IMF-Gehalt > 2,5 % (n=19)						
C 14:0	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
C 16:0	-0,34	0,07	0,22	0,08	0,11	0,07
C 16:1	0,14	0,03	-0,09	0,02	-0,05	0,03
C 18:0	-0,29	0,12	0,16	0,09	0,14	0,10
C 18:1	-0,03	0,17	0,00	0,13	0,04	0,15
C 18:2	0,52	0,12	-0,30	0,12	-0,22	0,08
C 18:3	0,03	0,01	-0,01	0,01	-0,02	0,01
Σ SFA	-0,63	0,16	0,38	0,16	0,25	0,17
Σ MUFA	0,13	0,20	-0,06	0,10	-0,01	0,17
Σ PUFA	0,54	0,13	-0,30	0,13	-0,24	0,08
total (n=79)						
C 14:0	-0,00	0,01	0,00	0,01	-0,00	0,01
C 16:0	-0,31	0,04	0,14	0,04	0,16	0,04
C 16:1	0,10	0,01	-0,05	0,01	-0,05	0,01
C 18:0	-0,27	0,07	0,03	0,05	0,23	0,06
C 18:1	-0,12	0,10	0,14	0,08	-0,03	0,10
C 18:2	0,58	0,06	-0,28	0,07	-0,31	0,07
C 18:3	0,02	0,01	-0,00	0,01	-0,02	0,01
Σ SFA	-0,58	0,10	0,18	0,08	0,40	0,09
Σ MUFA	-0,10	0,12	0,05	0,06	-0,07	0,11
Σ PUFA	0,60	0,07	-0,27	0,07	-0,32	0,07

jeweils beste Kombination von Abweichung und Standardfehler in Fettdruck

Tabelle A 16: Muskelstrukturmerkmale an unterschiedlichen Meßstellen im LD in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)

Merkmal	n	Meßstelle						p-Wert
		kranial		medial		kaudal		
		LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	
Ø IMF-Gehalt < 1,5 %								
STO %	19	8,5 ^a	3,2	13,3 ^b	3,9	15,5 ^b	3,9	0,010
FTO %	19	11,6 ^a	3,9	8,8 ^b	3,9	8,3 ^b	3,7	0,124
FTG %	19	72,6 ^a	6,6	69,8 ^a	5,0	71,5 ^a	3,8	0,421
Ø STO µm	19	60,7 ^a	8,1	60,2 ^a	6,4	61,9 ^a	6,2	0,875
Ø FTO µm	19	56,8 ^a	8,7	63,8 ^b	9,0	64,2 ^{ab}	10,4	0,197
Ø FTG µm	19	74,3 ^a	9,6	83,4 ^b	8,4	84,5 ^b	11,2	0,086
Ø GES µm	19	70,0 ^a	8,4	76,81 ^b	7,5	78,68 ^b	9,7	0,107
MFGA	19	983664 ^a	223613	927429 ^a	223765	971363 ^a	210994	0,868
Ø Fettzellen µm	19	49,0 ^a	4,6	45,2 ^b	4,5	49,4 ^a	6,7	0,192
Ø IMF-Gehalt 1,5 % - 2,5 %								
STO %	37	9,3 ^a	3,3	11,6 ^b	2,3	12,8 ^c	4,2	0,015
FTO %	37	10,4 ^a	3,4	9,2 ^a	2,9	10,4 ^a	3,0	0,247
FTG %	37	76,5 ^a	5,7	75,1 ^a	5,1	74,1 ^a	6,0	0,235
Ø STO µm	37	57,9 ^a	8,5	60,2 ^a	9,1	61,5 ^a	8,08	0,322
Ø FTO µm	37	55,9 ^a	11,5	58,7 ^a	11,5	63,5 ^b	8,2	0,042
Ø FTG µm	37	73,9 ^a	11,3	77,3 ^a	10,6	77,3 ^a	10,5	0,285
Ø GES µm	37	70,5 ^a	11,9	76,7 ^{ab}	14,8	76,3 ^b	13,3	0,125
MFGA	37	1123663 ^a	386306	1049091 ^a	354197	1120464 ^a	337133	0,737
Ø Fettzellen µm	36	55,7 ^a	5,6	53,0 ^a	6,1	53,9 ^a	5,6	0,258
Ø IMF-Gehalt > 2,5 %								
STO %	16	7,8 ^a	2,6	10,8 ^b	2,3	12,9 ^c	4,2	0,002
FTO %	16	10,5 ^a	3,1	10,9 ^a	3,9	9,8 ^a	2,9	0,678
FTG %	16	79,0 ^a	4,5	72,7 ^b	7,2	75,2 ^{ab}	5,6	0,076
Ø STO µm	16	58,5 ^a	6,0	61,25 ^a	8,9	64,0 ^a	7,3	0,158
Ø FTO µm	16	56,6 ^a	7,2	59,8 ^a	7,7	65,4 ^b	7,6	0,012
Ø FTG µm	16	72,2 ^a	11,2	78,3 ^{ab}	7,3	80,9 ^b	9,9	0,068
Ø GES µm	16	69,4 ^a	9,6	73,5 ^{ab}	5,9	76,4 ^b	8,6	0,065
MFGA	16	1131260 ^a	332677	1001565 ^a	210304	966847 ^a	260663	0,192
Ø Fettzellen µm	18	56,6 ^a	5,1	53,1 ^a	6,2	55,17 ^a	8,7	0,396

a - c: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Meßstellen innerhalb der Fettgehaltsklassen

Tabelle A 17: Fleischbeschaffenheitsmerkmale an unterschiedlichen Meßstellen im LD in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Fettgehalt (Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte der Varianzanalyse)

Merkmal	Meßstelle						p-Wert
	kranial		medial		kaudal		
	LSQ	s	LSQ	s	LSQ	s	
Ø IMF-Gehalt < 1,5 % (n=21)							
L*	48,04 ^a	3,66	44,26 ^b	2,98	46,51 ^a	4,03	0,028
pH ₂₄	5,48 ^a	0,11	5,56 ^a	0,14	5,53 ^a	0,13	0,265
LF ₂₄	4,08 ^a	2,14	3,71 ^a	1,89	4,58 ^a	2,02	0,324
Ø IMF-Gehalt 1,5 % - 2,5 % (n=40)							
L*	52,62 ^a	4,19	49,40 ^b	4,54	48,64 ^b	5,03	0,009
pH ₂₄	5,63 ^a	0,16	5,64 ^a	0,15	5,67 ^a	0,20	0,219
LF ₂₄	5,62 ^a	2,53	5,41 ^a	2,43	6,30 ^a	2,09	0,226
Ø IMF-Gehalt > 2,5 % (n=19)							
L*	52,15 ^a	3,59	49,99 ^b	4,42	49,66 ^{ab}	4,05	0,072
pH ₂₄	5,60 ^a	0,13	5,70 ^b	0,14	5,70 ^b	0,13	0,011
LF ₂₄	5,49 ^{ab}	2,95	4,96 ^a	2,73	6,04 ^b	2,48	0,048

a/b: unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Meßstellen innerhalb der Fettgehaltsklasse

Tabelle A 18: Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und Fettsäurenanteilen (%) in Abhängigkeit von der Meßstelle im LD und dem IMF-Gehalt (%)

Fettsäure	Meßstelle					
	n	kranial	n	medial	n	kaudal
IMF-Gehalt < 1,5 %						
C 14:0	20	.60*	30	.08	21	.36
C 16:0	20	.46*	30	.14	21	.04
C 16:1	20	.19	30	-.10	21	.17
C 18:0	20	.05	30	.17	21	-.04
C 18:1	20	.30	30	-.00	21	.16
C 18:2	20	-.50*	30	-.13	21	-.21
C 18:3	20	-.45*	30	.15	21	.10
Σ SFA	20	.32	30	.20	21	.01
Σ MUFA	20	.28	30	-.02	21	.18
Σ PUFA	20	-.51*	30	-.12	21	-.21
IMF-Gehalt 1,5 % - 2,5 %						
C 14:0	25	.28	42	-.02	45	.00
C 16:0	25	-.18	42	.15	45	-.08
C 16:1	25	.14	42	.03	45	.22
C 18:0	25	-.18	42	.06	45	-.29
C 18:1	25	.45*	42	.12	45	.29
C 18:2	25	-.39	42	-.27	45	.22
C 18:3	25	-.43*	42	-.25	45	-.15
Σ SFA	25	-.20	42	.11	45	-.24
Σ MUFA	25	.44*	42	.12	45	.32*
Σ PUFA	25	-.40*	42	-.28	45	-.23
IMF-Gehalt > 2,5 %						
C 14:0	34	-.03	7	.85*	12	.30
C 16:0	34	.32	7	.08	12	.47
C 16:1	34	-.21	7	.58	12	-.10
C 18:0	34	.39*	7	-.70	12	.30
C 18:1	34	-.11	7	.95*	12	.04
C 18:2	34	-.38*	7	-.81*	12	-.62*
C 18:3	34	-.17	7	.47	12	-.69*
Σ SFA	34	.39*	7	-.62	12	.47
Σ MUFA	34	-.20	7	.90*	12	.01
Σ PUFA	34	-.38*	7	-.77*	12	-.64*
total						
C 14:0	79	.13	79	.28*	78	.16
C 16:0	79	.21	79	.17	78	.22*
C 16:1	79	-.02	79	.22*	78	.07
C 18:0	79	.00	79	-.23*	78	-.04
C 18:1	79	.19	79	.34*	78	.21
C 18:2	79	-.33*	79	-.42*	78	-.34*
C 18:3	79	-.24*	79	-.20	78	-.26*
Σ SFA	79	.13	79	-.06	78	.10
Σ MUFA	79	.19	79	.35*	78	.21
Σ PUFA	79	-.34*	79	-.42*	78	-.35*

Tabelle A 19: Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und Merkmalen der Muskelstruktur in Abhängigkeit von der Meßstelle im LD und dem IMF-Gehalt (%)

Merkmal	Meßstelle					
	n	kranial	n	medial	n	kaudal
IMF-Gehalt < 1,5 %						
STO %	20	.17	26	.28	21	.24
FTO %	20	.06	26	-.24	21	-.15
FTG %	20	-.31	26	.41*	21	-.38
Ø STO µm	20	.61*	26	.26	21	.21
Ø FTO µm	20	.42	26	.33	21	.21
Ø FTG µm	20	.52*	26	.26	21	.27
Ø GES µm	20	.55*	26	.06	21	.33
MFGA	19	-.45	26	.31	21	-.39
Ø Fettzellen µm	20	.03	24	.26	19	-.17
IMF-Gehalt 1,5 % - 2,5 %						
STO %	23	.13	36	-.05	44	.16
FTO %	23	-.17	36	.05	44	-.07
FTG %	23	.04	36	.14	44	-.12
Ø STO µm	23	.12	36	.07	44	-.10
Ø FTO µm	23	.13	36	.13	44	-.06
Ø FTG µm	23	.16	36	-.01	44	-.29
Ø GES µm	23	.19	36	-.04	44	-.01
MFGA	23	-.41	36	-.00	44	-.18
Ø Fettzellen µm	21	.01	40	.15	42	-.11
IMF-Gehalt > 2,5 %						
STO %	32	.05	5	-.68	11	-.42
FTO %	32	-.17	5	-.03	11	-.82*
FTG %	32	.05	5	-.34	11	.73*
Ø STO µm	32	.14	5	-.09	11	.54
Ø FTO µm	32	.09	5	.18	11	-.06
Ø FTG µm	32	-.04	5	.79	11	.43
Ø GES µm	32	-.13	5	.70	11	-.56
MFGA	32	-.11	5	-.21	11	.15
Ø Fettzellen µm	33	-.24	6	.38	11	-.35
total						
STO %	75	-.02	67	.13	76	.01
FTO %	75	-.02	67	-.01	76	-.02
FTG %	75	.02	67	.01	76	.05
Ø STO µm	75	.02	67	.08	76	.14
Ø FTO µm	75	.03	67	.01	76	.03
Ø FTG µm	75	.03	67	.01	76	.17
Ø GES µm	75	.03	67	-.00	76	.01
MFGA	74	-.01	67	-.20	76	.02
Ø Fettzellen µm	74	-.01	70	.18	73	.10
Ø Fettzellen µm	74	-.01	70	.18	73	.10

Tabelle A 20: Phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen IMF-Gehalt (%) und Merkmalen der Fleischbeschaffenheit in Abhängigkeit von der Meßstelle im *LD* und dem IMF-Gehalt (%)

Merkmal	Meßstelle					
	n	kranial	n	medial	n	kaudal
IMF-Gehalt < 1,50%						
L*	20	-.12	30	-.00	21	.05
pH ₂₄	20	.31	30	.21	22	-.07
LF ₂₄	20	.19	30	.02	22	-.05
IMF-Gehalt 1,5 % - 2,5 %						
L*	25	.19	42	.26	45	.04
pH ₂₄	25	.25	42	.16	45	.26
LF ₂₄	25	.17	42	.14	45	-.25
IMF-Gehalt > 2,5 %						
L*	34	.00	7	.16	12	.54
pH ₂₄	34	.15	7	.13	12	-.30
LF ₂₄	34	-.02	7	-.56	12	.16
total						
L*	71	-.01	112	.13	53	.08
pH ₂₄	72	.15	112	.22*	53	.01
LF ₂₄	72	.07	112	-.02	53	-.10

Tabelle A 21: Klassifikationsfunktionen zur Zuordnung des *LD* in Fleischqualitätsklassen über Fleischbeschaffenheitsmerkmale und IMF-Gehalte (%) von unterschiedlichen Meßstellen im Muskel

Merkmal	Fleischqualität des LD		
	gut	indifferent	ungenügend
kranial			
Konstante	-3094,28	-3050,94	-3007,41
pH ₂₄	1077,09	1071,38	1064,98
LF ₂₄	19,08	19,03	18,88
IMF-Gehalt	26,96	23,25	18,33
medial			
Konstante	-1771,67	-1737,57	-1764,64
pH ₂₄	615,10	610,15	615,67
LF ₂₄	17,81	17,74	17,72
IMF-Gehalt	-5,51	-7,95	-11,59
kaudal			
Konstante	-1553,47	-1504,02	-1489,38
pH ₂₄	532,92	526,06	524,87
LF ₂₄	7,34	7,48	7,32
IMF-Gehalt	24,63	19,84	13,45

Erklärung

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorliegende Dissertation selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Halle/Saale, den 19.3.1999

Katy Heylen

Wissenschaftlicher Werdegang

Name: Katy Heylen

Geboren: 27. Februar 1969 in Merseburg

Familienstand: ledig

Ausbildung:

1985 – 1987 Erweiterte Oberschule Merseburg, Abschluß Abitur

1985 – 1987 Kreisberufsschule Hettstedt, VEG Walbeck, Abschluß Facharbeiter für Tierproduktion

1988 – 1993 Universität Leipzig, Agrarwissenschaftliches Studium, Fachstudienrichtung "Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus", Abschluß Diplomingenieur

1993 – 1994 Universität Leipzig, Zweitstudium Soziologie, ohne Abschluß

Wissenschaftliche Tätigkeit:

1992 dreimonatiger Forschungsaufenthalt am International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Syrien; Untersuchungen zur Mast und Schlachtung von Schafen in der Provinz Aleppo

1994 – 1997 Promotionsstudent am Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; Bearbeitung von Projekten im Bereich Produktqualität von Lamm- und Schweinefleisch

seit 1997 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; Bearbeitung eines EU-Projektes zu reproduktionsbiologischen, zootechnischen und Fragen der Fleischqualität bei Introgression von Fruchtbarkeitsgenen beim Schaf sowie eines Forschungsvorhabens zur Produktqualität von Lammfleisch

Danksagung

Herrn Prof. Dr. habil. Dr. h.c. G. v. Lengerken danke ich für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Fertigstellung dieser Arbeit. Ebenso möchte ich meinem Betreuer, Herrn Dr. M. Wicke, für die tatkräftige Hilfe, die konstruktive fachliche Diskussion und die wertvollen Anregungen danken.

Bei den oft mühseligen analytischen Arbeiten habe ich mich stets auf die Mitarbeit und den fachlichen Rat der Mitarbeiter und Doktoranden des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik verlassen können, was maßgeblich zum Zustandekommen der Dissertation beigetragen hat. Hierfür möchte ich mich bei Allen für die gute Zusammenarbeit bedanken. Sehr hilfreich waren mir besonders die Ratschläge und die praktische Hilfestellung bei anstehenden methodisch-analytischen Problemen. Hierbei gilt mein Dank ganz besonders Herrn Dr. R. Schmidt.

Ein besonderer Dank geht auch an meine Familie und meine Freunde, die mir jederzeit zur Seite standen und viel Verständnis für meine Arbeit aufgebracht haben.