

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität Kiel<sup>1</sup> und dem Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere Dummerstorf<sup>2</sup>

ELKE FEDDERN<sup>1</sup>, JOCHEN WEGNER<sup>2</sup>, KLAUS ENDER<sup>2</sup> und ERNST KALM<sup>1</sup>

### **Untersuchung von Muskelstrukturmerkmalen bei Hampshire-Reinzuchttieren und verschiedenen Kreuzungskombinationen\***

*Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Hans Weniger zum 70. Geburtstag gewidmet*

Die Muskelstruktur beim Schwein steht sowohl mit dem Fleischansatz als auch mit der Fleischbeschaffenheit und den postmortalen Stoffwechselfvorgängen im Zusammenhang. Zahlreiche Untersuchungen an Biopsie- und Schlachtkörperproben haben gezeigt, daß zwischen Merkmalen des Schlachtkörperwertes bzw. der Fleischbeschaffenheit und den Muskelstrukturmerkmalen Faserdicke, Fasertypenverteilung und Fasergesamtanzahl Korrelationen im niedrigen bis mittleren Bereich geschätzt werden können. Es wird allgemein angenommen, daß die Züchtung auf einen hohen Fleischanteil und eine hohe Wachstumsintensität zu Veränderungen in der Muskelstruktur, vor allem zu dickeren bzw. glykolytisch arbeitenden Muskelfasern geführt hat. Dies hat wiederum zum Auftreten von Fleischbeschaffheitsmängeln und zur Beeinträchtigung der Streßresistenz beigetragen.

Literaturergebnisse zu Beziehungen zwischen der Muskelstruktur und der Glykogenolyse speziell bei Hampshiretieren liegen nur wenig bzw. mit geringem Versuchsumfang vor.

ESSÉN-GUSTAVSSON und FJELKNER-MODIG (1985) untersuchten bei jeweils fünf Tieren der Rassen Hampshire, Schwedische Yorkshire und Schwedische Landrasse das Muskelfaserprofil und verschiedene biochemische Parameter in Biopsieproben des *M. long. dorsi* und des *M. gluteus medius*. Nach dem Schlachten wurden die sensorischen Eigenschaften des Fleisches bestimmt. Im Muskelfaserprofil ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Rassen, die Hampshiretiere hatten im Trend jedoch in beiden Muskeln den höchsten Anteil roter Fasern. Die biochemischen Untersuchungen ergaben signifikante Rassendifferenzen in den Gehalten der Enzyme Citrat-Synthetase als Indikator für die glykolytische Kapazität. Tiere der Rasse Hampshire (HA) wiesen gegenüber den anderen Rassen eine höhere oxidative und eine geringere glykolytische Kapazität in den Muskeln auf. Die sensorische Bewertung des Fleisches ergab in der Saftigkeit und im Aroma zwar keine Unterschiede zwischen den Rassen, die Zartheit wurde aber bei Hampshiretieren als signifikant besser bewertet. Die Autoren deuten auf einen Zusammenhang zwischen biochemischen Eigenschaften des Muskelstoffwechsels und sensorischen Eigenschaften des Fleisches hin.

MONIN et al. (1986) verglichen chemische und enzymatische Eigenschaften des *M. long. dorsi* von Hampshiretieren mit denen von Tieren der Rassen Large White und Pietrain. Sie stellten ebenfalls eine signifikant höhere Aktivität der Citrat-Synthetase fest und bestätigten somit die höhere oxidative Kapazität des Muskels von Hampshiretieren. Weitere Enzymbestimmungen ergaben eine etwa um den Faktor zwei erhöhte Aktivität der Glyko-

\* Die Untersuchungen wurden mit dankenswerter finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

gen-Synthetase bei den Hampshiretieren, die als eine mögliche Erklärung für die stark erhöhten Glykogengehalte im Muskel dieser Tiere gedeutet werden kann.

MONIN et al. (1987) und MONIN (1988) teilten bei Tieren der Rassen Large White (LW), Pietrain, Belgische Landrasse (BL) und Panshire (50% HA, 35% Duroc, 15% LW) fünf verschiedene Muskeln anhand von Enzymaktivitäten in drei Muskeltypen ein: *M. long dorsi* und *M. semimembranosus* (*M. semim.*) als "fast white", *M. rectus abdominis* als "intermediär" und *M. trapezius* und *M. masseter* als "slow red". Weiterhin wurde das Glykolytische Potential (GP) in den fünf Muskeln bestimmt. Das GP war in hohem Maße mit dem Muskeltyp korreliert, wobei das höchste GP in den "fast white" Muskeln gefunden wurde. Bei den Rassen Pietrain, Large White und Belgische Landrasse gab es in keinem der fünf Muskeln einen Unterschied in der Höhe des GP. Tiere der Linie Panshire hatten besonders in den "fast white" Muskeln ein höheres GP (+51% bis +75%), in den "slow red" Muskeln ergab sich nur noch eine geringe bzw. keine Differenz im GP zu den anderen Tieren. Auch in dieser Untersuchung war die Aktivität der Citrat-Synthetase bei den Panshire-Tieren signifikant höher als bei den anderen Rassen. Dies galt besonders für den *M. long dorsi* und für den *M. semim.*

ESSÉN und LINDHOLM (1981) sowie ESSÉN-GUSTAVSSON et al. (1992) untersuchten den Verlauf der Glykogenolyse in den Muskelfasern bei Schweinen mit unterschiedlicher Halothanreaktion. Aus beiden Arbeiten geht hervor, daß der beschleunigte Abbau des Glykogens bei den streßempfindlichen Tieren vor allem in den "fast twitch glycolytic" Fasern stattfindet. Die intermediären und roten Fasern werden dagegen von der Glykogenolyse kaum beeinflußt.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, Muskelstrukturmerkmale bei vier genetischen Gruppen mit unterschiedlichen Hampshire-Genanteilen zu vergleichen. Weiterhin sollen Zusammenhänge zwischen der Muskelfasergröße bzw. Muskelfasertypenverteilung und der Fleischbeschaffenheit sowie Parametern der postmortalen Glykogenolyse erarbeitet werden.

## 1. Material und Methode

Die Untersuchungen zur Muskelstruktur wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Forschungsbereich Muskelbiologie und Wachstum in Dummerstorf durchgeführt. Insgesamt standen für die Untersuchungen 155 weibliche Tiere und Börgen aus vier genetischen Gruppen zur Verfügung. Die Gruppen setzten sich aus Tieren der Rasse Hampshire (HA), den Kreuzungskombinationen Hampshire x Pietrain (HaxPI) und Large White x Landrasse (LWxLR) sowie aus der Vierrassenkreuzung ([HaxPI] x [LWxLR]) zusammen.

Zur Bestimmung der Muskelstrukturmerkmale wurde den Tieren bei einem Gewicht von etwa 80 kg eine Biopsieprobe aus dem *M. long dorsi* entnommen. Zur Entnahme der Muskelproben diente das von SCHÖBERLEIN (1979) entwickelte und von LAHUCKY et al. (1982) sowie von WEGNER et al. (1988) modifizierte Schußbiopsiegerät. Die Biopsie erfolgte in Höhe der 13./14. Rippe etwa 5 cm lateral der Medianebene im *M. long dorsi* der rechten Körperhälfte.

Weiterhin wurde von 98 Tieren eine Vergleichsprobe aus dem Schlachtkörper entnommen und ebenfalls Parameter der Muskelstruktur bestimmt. Dazu wurde 24 Stunden p.m. in Höhe der 13./14. Rippe eine etwa 2 cm dicke Scheibe aus dem *M. long dorsi* der linken Körperhälfte entnommen. Bei der Probenentnahme wurde darauf geachtet, daß das Muskelgewebe aus der gleichen Region des *M. long dorsi* wie die Biopsieprobe stammte. Die weite-

re Verarbeitung und Auswertung der Vergleichsproben erfolgte in der gleichen Weise wie bei den Biopsieproben.

Während der weiteren Verarbeitung der Muskelproben erfolgte die Herstellung von Gefrierschnitten in einer Dicke von 12  $\mu\text{m}$  mit einem Gefriermikrotom und die Übertragung der Schnitte auf Objektträger. Anschließend wurde eine histochemische Reaktion auf NADH-Tetrazoliumreduktase nach der Methode von NOVIKOFF et al. (1961) durchgeführt. Mit Hilfe dieser Enzymreaktion ist es möglich, verschiedene Fasertypen selektiv sichtbar zu machen. Beim Schwein können im *M. long. dorsi* drei verschiedene Muskelfasertypen differenziert werden. Die Muskelfasern mit hoher, mittlerer und niedriger Enzymaktivität können den Fasertypen rot, intermediär und weiß zugeordnet werden.

Die morphometrische Auswertung der histologischen Schnittpräparate wurde mit dem halbautomatischen Mikroskopbildanalysator nach BEYERSDORFER et al. (1985) durchgeführt. Pro Präparat wurde auf diese Weise bei 500 Muskelfasern der Durchmesser der Muskelfasern und der Fasertyp bestimmt. Weiterhin wurde das Auftreten von Faseranomalien anteilmäßig erfaßt.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte an der Rechenanlage VAX/VMS des Rechenzentrums der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel unter Verwendung des Programms SAS (SAS Institute Inc., 1990a und 1990b). Die varianzanalytische Auswertung wurde mit der Prozedur GLM aus dem Programmpaket SAS (SAS Institute Inc., 1990b) durchgeführt.

Bei den Merkmalen der Muskelstruktur in den Biopsieproben fanden in dem Modell zur Korrektur auf die systematischen Einflußfaktoren die Effekte genetische Gruppe und Biopsietag sowie der zufällige Effekt des Vaters Berücksichtigung. In dem Modell zur Korrektur der Muskelstrukturmerkmale in den Vergleichsproben wurde neben den fixen Effekten genetische Gruppe, Geschlecht und Schlachttag der zufällige Effekt des Vaters berücksichtigt.

## 2. Ergebnisse

### 2.1. Analyse der genetischen Gruppen in den Merkmalen der Muskelstruktur

In Tabelle 1 sind die LSQ-Mittelwerte und deren Standardfehler für die Merkmale der Muskelstruktur in den Biopsieproben (80 kg Lebendgewicht) dargestellt.

In der Größe der Muskelfasern sind deutliche Unterschiede zwischen den genetischen Gruppen erkennbar. Tiere der Kreuzung HAxPI weisen bei allen Fasertypen den signifikant größten Durchmesser auf. Bei Hampshiretieren und der Kreuzung LWxLR treten die kleinsten Muskelfasern auf. Die Vierrassenkreuzung nimmt in dem Merkmal Muskelfasergröße eine Mittelstellung zwischen den beiden erstgenannten Gruppen ein.

Im Muskelfaserprofil weisen Hampshire-Reinzuchttiere den geringsten Anteil weißer und den höchsten Anteil roter Muskelfasern auf. In dem prozentualen Anteil intermediärer Muskelfasern bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den genetischen Gruppen. Bei Tieren der Kontrollgruppe LWxLR ist in der Tendenz der höchste Anteil intermediärer und der geringste Anteil roter Fasern zu verzeichnen. Insgesamt unterscheiden sich die genetischen Gruppen im Muskelfaserprofil nicht so deutlich wie in der Größe der Muskelfasern.

Werden die Merkmale der Muskelstruktur in den Schlachtkörperproben um die systematischen Einflußfaktoren bereinigt, ergeben sich die in Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse.

Tabelle 1

LSQ-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für Merkmale der Muskelstruktur in den Biopsieproben (bei 80 kg Lebendgewicht) bei vier genetischen Gruppen (LSQ-means (LSM) and standard errors (SE) of muscle fibre characteristics in biopsy samples for different breeds of pigs)

Genetische Gruppen	HA		HAXPI		LWXLR		4R	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
n	25		35		31		42	
Durchmesser in $\mu\text{m}$								
$\bar{x}$	98.2c	2.3	116.5a	2.0	97.0c	2.6	104.7b	2.3
weiß	101.2c	2.4	118.7a	2.2	102.0c	2.3	109.5b	1.9
intermediär	87.7c	2.4	104.9a	2.2	82.5c	2.3	96.0b	1.8
rot	80.7c	2.0	93.4a	1.9	79.0c	1.9	87.3b	1.6
Anteil in %*								
weiß	66.3b	1.2	69.8a	1.1	69.4ab	1.1	68.4ab	0.9
intermediär	15.4a	0.8	15.6a	0.8	16.7a	0.8	15.2a	0.6
rot	13.0a	0.7	10.9bc	0.7	9.4c	0.7	11.5ab	0.5

a, b, c: LSQ-Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ( $p < 0.05$ )

\* die prozentualen Anteile der Muskelfasertypen weiß, intermediär und rot addieren sich mit dem Anteil Faseranomalien zu 100% (zu Faseranomalien s. Tab. 3 und 4)

Tabelle 2

LSQ-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) für Merkmale der Muskelstruktur in den Schlachtkörperproben (24 Std. p.m.) (LSQ-means (LSM) and standard errors (SE) of muscle fibre characteristics in samples of the carcass 24 h p.m.)

Genetische Gruppen	HA		HAXPI		LWXLR		4R	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
n	27		19		24		20	
Durchmesser in $\mu\text{m}$								
$\bar{x}$	95.3a	1.2	96.2a	1.4	89.3b	1.2	97.3a	1.4
weiß	101.1ab	1.6	101.8a	1.6	97.3b	1.4	103.0a	1.6
intermediär	84.9a	1.6	87.6a	1.8	73.7b	1.6	89.5a	1.8
rot	80.5a	1.5	77.8a	1.7	65.8b	1.5	78.1a	1.7
Anteil in %*								
weiß	65.0b	1.0	69.6a	1.1	68.8a	1.0	67.8ab	1.1
intermediär	14.7a	0.7	12.2b	0.8	12.7b	0.7	12.1b	0.8
rot	14.2a	0.8	14.2a	0.9	14.2a	0.8	14.6a	0.9

a, b, c: LSQ-Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ( $p < 0.05$ )

\* siehe Tab. 1

Ein Vergleich der Ergebnisse zwischen Tabelle 1 und 2 läßt erkennen, daß sich der Durchmesser aller Fasertypen in der Regel nach dem Schlachten verkleinert hat. Dies ist eine Erscheinung, die sich generell beim Vergleich von Biopsieproben und Schlachtkörperproben der gleichen Tiere gezeigt hat. Auffallend ist die geringe Schrumpfung der Fasern bei Tieren der Rasse Hampshire um nur 3  $\mu\text{m}$  im mittleren Durchmesser, während die Muskelfasern bei der Kreuzung HAXPI um 20  $\mu\text{m}$  bzw. bei den anderen Gruppen um etwa 7  $\mu\text{m}$  kleiner werden. Die geringe Verkleinerung des Faserdurchmessers bei den Hampshiretieren

ist zudem nur durch eine Schrumpfung der intermediären Fasern bedingt, während die Größe der anderen Fasertypen bei diesen Tieren fast unverändert bleibt.

Durch die unterschiedlich starke Schrumpfung der Muskelfasern bei den genetischen Gruppen kommt es zu einer Angleichung der Größe der Muskelfasern zwischen den Hampshire-Reinzuchtieren, den HAxPI-Kreuzungstieren und den Tieren der Vierrassenkreuzung. Tiere der Kreuzung LWxLR haben in den Schlachtkörperproben die signifikant kleinsten Muskelfasern.

Im Muskelfaserprofil tritt bei dem Anteil weißer Fasern die gleiche Rangierung der genetischen Gruppen wie in den Biopsieproben auf. Die Hampshiretiere haben auch in den Schlachtkörperproben den kleinsten Anteil weißer Fasern. Gleichzeitig weisen sie mit 14.7% den signifikant höchsten Anteil intermediärer Fasern auf. Im Anteil roter Fasern sind keine Unterschiede zwischen den genetischen Gruppen erkennbar.

### Faseranomalien

Neben den Muskelfasertypen weiß, intermediär und rot wurde der prozentuale Anteil Faseranomalien in den Biopsie- und Schlachtkörperproben erfaßt. Faseranomalien können je nach Art der Veränderung als lila, anguläre oder zerstörte Muskelfasern auftreten. Während sich lila Muskelfasern durch ein verändertes Färbeverhalten auszeichnen, sind anguläre Fasern durch eine eckige Form und dunkle Farbe im Profil erkennbar. Als zerstört werden Muskelfasern bezeichnet, die keine "normale" Zellstruktur aufweisen und sich offenbar in einem Zustand der Auflösung befinden. In den Schlachtkörperproben wurde zusätzlich der Anteil Riesenfasern bestimmt, deren Auftreten durch verschiedene Streßfaktoren vor bzw. während der Schlachtung bedingt ist.

Tabelle 3

Prozentualer Anteil Tiere innerhalb genetischer Gruppe, bei denen Faseranomalien im Muskelfaserprofil von Biopsieproben bzw. von Schlachtkörperproben auftreten (Zahlen in Klammern bedeuten Anzahl Tiere) (Percentage of animals within genetic group with abnormal muscle fibres in the fibre type composition of biopsy and carcass samples)

Genetische Gruppen	HA	HAxPI	LWxLR	4R
<u>Biopsieproben</u>				
n	38	38	37	42
lila Mf*	94.7 (36)	92.1 (35)	94.6 (35)	100.0 (42)
anguläre Mf	50.0 (19)	39.5 (15)	48.6 (18)	42.9 (18)
zerstörte Mf	10.5 (4)	15.8 (6)	0 (0)	4.8 (2)
<u>Schlachtkörperproben</u>				
n	31	21	24	22
lila Mf	100.0 (31)	76.2 (16)	95.8 (23)	95.5 (21)
anguläre Mf	22.6 (7)	14.3 (3)	33.3 (8)	22.7 (5)
zerstörte Mf	16.1 (5)	9.5 (2)	33.3 (8)	27.3 (6)
Riesenfasern	38.7 (12)	81.0 (17)	58.3 (14)	63.6 (14)

\*Mf = Muskelfasern

Aus Tabelle 3 geht der prozentuale Anteil Tiere innerhalb der genetischen Gruppen hervor, bei denen Faseranomalien in den Biopsie- bzw. in den Schlachtkörperproben auftreten.

Lila Muskelfasern treten sowohl in Biopsie- als auch in Schlachtkörperproben bei fast allen Tieren auf. Bei Tieren der Vierrassenkreuzung können bei allen Tieren lila Fasern in den

Biopsieproben gefunden werden.

Anguläre Muskelfasern kommen in den Biopsieproben bei 40 bis 50% der Tiere vor, in den Schlachtkörperproben liegt der Anteil mit 14 bis 33% deutlich niedriger. Den geringsten Anteil Tiere mit angulären Fasern weist die Gruppe HAxPI auf.

In der Höhe des Anteils der Tiere, die zerstörte Muskelfasern haben, ergibt sich in den Biopsie- und Schlachtkörperproben eine unterschiedliche Rangierung der genetischen Gruppen. Während kein Tier der Kontrollgruppe LWxLR in den Biopsieproben zerstörte Fasern hat, beträgt der Anteil der gleichen Gruppe in den Schlachtkörperproben dagegen 33%. Umgekehrt verhalten sich Tiere der Kreuzung HAxPI. Bei dieser Gruppe ist der Anteil Tiere mit zerstörten Fasern in den Biopsieproben am höchsten und in den Schlachtkörperproben am geringsten.

Das Auftreten von Riesenfasern kann bei etwa 40% der Hampshiretiere beobachtet werden. Bei Tieren der Kreuzung HAxPI ist der Anteil mit 81% doppelt so hoch; die beiden übrigen Gruppen nehmen mit etwa 60% eine Mittelstellung zwischen den erstgenannten Gruppen ein.

In Tabelle 4 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Faseranomalien in den Biopsie- und Schlachtkörperproben dargestellt. Die Mittelwerte wurden jeweils nur für die Tiere berechnet, bei denen Faseranomalien im Muskelfaserprofil auftraten. Die Tierzahlen innerhalb der genetischen Gruppen ergeben sich somit aus Tabelle 3.

Tabelle 4

Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichungen (s) der Faseranomalien (in %) in den Biopsie- und Schlachtkörperproben (Means and standard deviations of abnormal muscle fibres in biopsy and carcass samples)

Genetische Gruppen	HA		HAxPI		LWxLR		4R	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Biopsieproben								
n	36		35		35		42	
lila Mf	5.50	4.78	3.93	3.08	4.25	3.22	4.31	3.87
n	19		15		18		18	
anguläre Mf	0.79	0.56	0.71	0.49	1.08	0.97	0.93	1.11
n	4		6		0		2	
zerstörte Mf	1.21	0.54	0.66	0.35	-	-	0.43	0.18
Schlachtkpr.								
n	31		16		23		21	
lila Mf	5.29	3.72	5.18	3.70	3.82	3.28	4.17	3.65
n	7		3		8		5	
anguläre Mf	0.70	0.21	0.62	0.67	0.64	0.42	1.06	0.52
n	5		2		8		6	
zerstörte Mf	0.63	0.62	0.61	0.42	0.54	0.24	0.35	0.12
n	12		17		14		14	
Riesenfasern	0.55	0.55	1.13	1.11	0.65	0.38	1.19	1.08

Lila Muskelfasern stellen mit 3.8 bis 5.5% des Muskelfaserprofils den größten Anteil der Faseranomalien dar. Die Anteile angulärer und zerstörter Muskelfasern liegen mit 0.4 bis 1.2% nur in einem sehr geringen Bereich.

Den größten Anteil lila Muskelfasern weisen sowohl in den Biopsieproben als auch in den Schlachtkörperproben reinrassige Hampshiretiere auf.

Der Anteil angulärer Fasern in den Biopsieproben beträgt bei Tieren der Vierrassenkreuzung und der Kontrollgruppe LWxLR etwa 1%, bei den beiden übrigen Gruppen liegt er deutlich unter 1%.

Die Berechnungen der Mittelwerte für den Anteil zerstörter Fasern sowie der angulären Fasern in den Schlachtkörperproben innerhalb der genetischen Gruppen beruhen auf sehr geringen Tierzahlen und können deshalb nicht verallgemeinert werden.

Zerstörte Muskelfasern treten bei Hampshiretieren in den Biopsieproben mit einem Anteil von 1.2% auf. Der Anteil liegt damit doppelt so hoch wie bei den HAxPI-Tieren und etwa dreimal so hoch wie bei Tieren der Vierrassenkreuzung. In den Schlachtkörperproben bestehen keine großen Unterschiede im Anteil zerstörter Muskelfasern zwischen den genetischen Gruppen.

Der Anteil Riesenfaserfasern weist bei Hampshire- und Kontrolltieren gegenüber den beiden anderen Gruppen deutlich niedrigere Werte auf.

## 2.2. Phänotypische Korrelationen zwischen Merkmalen der Muskelstruktur, der Fleischbeschaffenheit und der Glykogenolyse

Aus den Tabellen 5 und 6 gehen die Beziehungen zwischen den Merkmalen der Muskelstruktur in den Biopsieproben und Merkmalen der Fleischbeschaffenheit sowie der Glykogenolyse hervor.

Tabelle 5

Phänotypische Korrelationen zwischen Muskelstrukturmerkmalen in den Biopsieproben und Merkmalen der Fleischbeschaffenheit im Kotelett (Phenotypic correlations between muscle fibre characteristics and meat quality traits in biopsy samples of *Longissimus dorsi* muscle)

	$\bar{x}$	Faserdurchmesser			Faseranteil		
		weiß	interm.	rot	weiß	interm.	rot
pH <sub>1</sub>	-.32	-.27	-.27	-.43	-.09	-.10	.11
pH <sub>24</sub>	-.05	-.04	-.10	-.11	.07	-.01	-.02
pH <sub>48</sub>	-.12	-.07	-.16	-.22	.01	.03	.09
LF <sub>1</sub>	.33	.28	.31	.46	.09	-.01	-.05
LF <sub>24</sub>	.32	.29	.18	.45	.17	-.02	-.13
LF <sub>48</sub>	.29	.25	.26	.45	-.04	.13	-.03
Göfo	-.19	-.16	-.14	-.37	-.05	-.02	.09
Kochv. <sup>1</sup> %	.09	.08	.16	.11	-.13	-.06	.06
Dripv. <sup>2</sup> %	.15	.11	.17	.26	.05	.04	-.06
Minolta L*	.09	.04	.07	.28	.11	-.01	-.15
a*	.03	-.01	.13	.18	.14	-.09	.12
b*	.20	.18	.21	.23	-.17	-.06	.18

<sup>1</sup> Kochv. = Kochverlust in %

<sup>2</sup> Dripv. = Dripverlust in %

Tabelle 5 zeigt, daß zwischen dem Faserdurchmesser und der Fleischbeschaffenheit in der Regel höhere Korrelationen bestehen als zwischen dem Faseranteil und der Fleischbeschaffenheit.

Zwischen dem Faserdurchmesser und den frühpostmortalen Fleischbeschaffenheitsparametern pH<sub>1</sub> und LF<sub>1</sub> bestehen die höchsten Korrelationen, und zwar sind bei großen Muskelfasern niedrige pH<sub>1</sub>- und hohe LF<sub>1</sub>-Werte zu erwarten. Innerhalb der Fasertypen ergibt sich bei allen Merkmalen mit Ausnahme des Kochverlustes die höchste Beziehung zum Durch-

messer der roten Fasern.

Die Korrelationen zu den pH-Werten 24 und 48 Stunden p.m. befinden sich nur noch in einem sehr geringen Bereich. Bei den LF-Werten dagegen ist kaum eine Veränderung in der Höhe der Korrelation vom LF<sub>1</sub>-Wert zu den spätpostmortalen LF-Werten zu beobachten.

Der Göfo-Wert weist zu allen Faserdurchmessern eine negative Beziehung auf, wobei zum Durchmesser der roten Fasern mit  $r_D = -0.37$  die höchste Korrelation besteht. Die übrigen Merkmale der Fleischbeschaffenheit lassen außer zum Durchmesser der roten Muskelfasern nur in der Tendenz eine Beziehung zur Muskelstruktur erkennen.

In der Tabelle 6 sind die Korrelationen zwischen den Muskelstrukturmerkmalen in den Biopsieproben und ausgewählten Glykolyseparametern im Kotelett dargestellt.

Tabelle 6

Phänotypische Korrelationen zwischen Muskelstrukturmerkmalen in den Biopsieproben und ausgewählten Glykolyseparametern im Kotelett (1 und 24 Stunden p.m.) (Phenotypic correlations between muscle fibre characteristics and parameters for post mortem glycogenolysis in biopsy samples of *Longissimus dorsi* muscle)

	$\bar{x}$	Faserdurchmesser			Faseranteil		
		weiß	interm.	rot	weiß	interm.	rot
G-6-P_1	.11	.06	.21	.28	.16	-.11	-.01
Glykogen_1	-.27	-.07	-.18	-.24	-.11	.03	-.01
Laktat_1	.25	.21	.24	.32	.16	-.12	-.05
GP_1	-.22	-.25	.09	-.08	-.04	-.04	-.05
G-6-P_24	-.05	-.11	.07	.15	.06	-.03	-.05
Glykogen_24	-.23	-.27	-.07	-.10	-.07	.05	-.06
Laktat_24	-.12	-.15	-.11	.05	.11	-.01	-.19
GP_24	-.22	-.27	-.07	-.04	-.02	.04	-.10

G-6-P = Glukose-6-phosphat

GP = Glykolytisches Potential = 2\*(Glykogen + Glukose-6-phosphat) + Laktat

1 Stunde p.m. sind die Glukose-6-phosphat- und Laktatkonzentrationen positiv, die Glykogengehalte dagegen negativ mit dem Durchmesser der Muskelfasern korreliert. Die höchste Beziehung zu den Einzelsubstanzen der Glykolyse weist der Durchmesser der roten Fasern auf. Das GP ist sowohl 1 als auch 24 Stunden p.m. negativ mit dem mittleren Durchmesser und dem Durchmesser der weißen Fasern korreliert.

Die 24 Stunden p.m. bestimmten Einzelsubstanzen sind mit Ausnahme der Korrelation zwischen dem Glykogengehalt und dem Durchmesser der weißen Fasern geringer mit dem Durchmesser der Muskelfasern korreliert als 1 Stunde p.m.

Die Korrelationen zwischen den Anteilen der Fasertypen und den Merkmalen der Glykolyse liegen alle unter 0.2 und damit in einem geringen Bereich. Bei den 1 Stunde p.m. bestimmten Glykolyseparametern besteht die Tendenz, daß hohe Glukose-6-phosphat- und Laktatgehalte mit einem höheren Anteil weißer Muskelfasern im Faserprofil verbunden sind. Der Laktatgehalt 24 Stunden p.m. ist dagegen negativ mit dem Anteil roter Fasern korreliert.

### 3. Diskussion

Die Analyse der Muskelstrukturmerkmale wurde zum einen durchgeführt, um Unterschiede zwischen den genetischen Gruppen aufzuzeigen, zum anderen, um der Frage nachzugehen,



ob sich in der Muskelstruktur bei Hampshiretieren Hinweise finden lassen, die über die Besonderheiten im Glykogenstoffwechsel und in der Fleischbeschaffenheit dieser Tiere Aufschluß geben können. Durch die Bestimmung der Muskelstruktur in den Biopsieproben und in den Schlachtkörperproben konnte ein direkter Vergleich der erhobenen Parameter beim lebenden und beim geschlachteten Tier erfolgen.

Bei der Analyse der Muskelstruktur der Biopsieproben in der vorliegenden Arbeit liegt die Muskelfasergröße mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 97 bis 117  $\mu\text{m}$  in allen genetischen Gruppen auf einem hohen Niveau. Zwischen den Gruppen können im Durchmesser aller Fasertypen signifikante Unterschiede berechnet werden. Die kleinsten Muskelfasern weisen Hampshiretiere und Tiere der Kreuzung LWxLR auf. Die ermittelten Muskelfaserdurchmesser dieser Gruppen stehen in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen von HEFFRON et al. (1982) bei etwa 200 Tage alten Tieren der Irischen Landrasse, sowie von WEGNER und ZSCHORLICH (1988) bei etwa 180 Tage alten Landrassetieren und FIEDLER et al. (1988) bei 70 bis 100 kg schweren halothannegativen Landrassetieren. Der größte Durchmesser aller drei Fasertypen wird in der vorliegenden Arbeit bei Tieren der Kreuzung HAXPI bestimmt, was auf den Einfluß der Pietrainrasse zurückzuführen ist. SALOMON et al. (1986) fanden bei acht Monate alten halothannegativen Schweinen nicht genannter Rasse einen vergleichbar hohen Durchmesser der weißen Fasern, jedoch war der Muskelfaserdurchmesser des intermediären und roten Typs in dieser Arbeit deutlich geringer.

Sowohl in den Arbeiten von FINGER et al. (1986) und RATHFELDER (1991) als auch in der eigenen Arbeit deutet sich ein Zusammenhang zwischen dem Muskelfaserdurchmesser und dem Fleischanteil der Rassen bzw. Kreuzungen an. In beiden Literaturergebnissen konnten bei Pietraintieren gegenüber Tieren der Rassen Large White und Landrasse deutlich größere Muskelfasern festgestellt werden. Auch in den eigenen Ergebnissen zeigt sich bei den HAXPI-Tieren mit einem hohen Fleischanteil ein großer Durchmesser aller Muskelfasern. Bei Hampshiretieren mit einem ähnlich hohen Fleischanteil trifft dies jedoch nicht zu, was auf eine höhere Gesamtanzahl Muskelfasern im *M. long. dorsi* dieser Tiere schließen läßt.

Bei einem Vergleich des Muskelfaserdurchmessers in den Biopsie- und in den Schlachtkörperproben fällt auf, daß der Durchmesser aller Fasern in den Schlachtkörperproben kleiner ist. Eine Ausnahme stellen die reinrassigen Hampshiretiere dar, bei denen nur eine sehr geringe bzw. keine Veränderung des Faserdurchmessers zu beobachten ist. Nach WEGNER und SCHÖBERLEIN (1984) sind die Muskelfasern bei Biopsieproben im Vergleich zu Schlachtkörperproben (24 Stunden p.m.) etwa um 10  $\mu\text{m}$  dicker. Dies wird von den Autoren als eine Kontraktion der Fasern durch die Unterbrechung des normalen Muskeltonus bei der Schußbiopsie erklärt. Weiterhin werden die Fasern am Schlachtkörper u.a. durch das Hängen gestreckt und verlieren dadurch ihre ursprüngliche Form. Die Beobachtung, daß dies bei Hampshiretieren nicht auftritt, könnte mit den hohen Glykogengehalten in den Muskeln dieser Tiere in Zusammenhang stehen. Da Glykogen ein hohes Wasserbindungsvermögen besitzt und Hampshiretiere 24 Stunden p.m. noch erhebliche Restglykogengehalte im Fleisch aufweisen, ist es vorstellbar, daß die mit Wasser und Glykogen gefüllten Muskelfasern weniger stark durch das Aufhängen des Schlachtkörpers deformiert werden und noch weitgehend die Struktur des Muskels vor dem Schlachten aufweisen. Ein Vergleich des Muskelfaserdurchmessers in Biopsieproben und in Schlachtkörperproben der gleichen Tiere ist zur Zeit nicht bekannt, so daß diese Hypothese nicht mit Literaturergebnissen bestätigt werden kann.

Im Muskelfasertypenprofil sind die Unterschiede zwischen den genetischen Gruppen in der vorliegenden Untersuchung weniger deutlich ausgeprägt als in der Größe der Muskelfasern. Im prozentualen Anteil weißer Fasern lassen sich die Unterschiede nur zwischen den reinrassigen Hampshiretieren (66.3%) und den HAXPI-Tieren (69.8%) statistisch absichern, wobei der hohe Anteil dieses Fasertyps bei den HAXPI-Tieren wiederum auf den Einfluß der Pietrainrasse zurückzuführen ist. Ein Anteil der weißen Fasern in gleicher Größenordnung wurde in den Arbeiten von BADER (1983), SALOMON et al. (1986), WEGNER und ZSCHORLICH (1988) und SOLOMON et al. (1990) bestätigt. In anderen Arbeiten werden für den Anteil weißer Fasern jedoch höhere Werte gefunden. In einer umfangreichen Untersuchung von FIEDLER et al. (1990) wurde bei 2000 Tieren der Rassen Edelschwein, Leicoma, Schwerfurter und Landrasse ein durchschnittlicher weißer Faseranteil von 77.4% bestimmt. Dieses Ergebnis ist jedoch unter dem Vorbehalt zu betrachten, daß in dieser Untersuchung der Anteil degenerativer Fasern in dem Anteil weißer Fasern enthalten ist. In der eigenen Arbeit wurde der Anteil degenerativer Fasern, der bei den vier genetischen Gruppen zwischen 5.3% und 7.5% lag, getrennt aufgeführt.

ESSÉN-GUSTAVSSON und LINDHOLM (1984) ermittelten bei Tieren der Schwedischen Landrasse einen Anteil schnell kontrahierender Fasern von 85%. Auch RATHFELDER (1991) bestimmte bei Tieren der Rassen DLU, DLS, PI, LW und SH bzw. verschiedenen Kreuzungen dieser Rassen 83 bis 86% Fasern des schnell kontrahierenden Typs, konnte aber keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen. RATHFELDER (1991) vermutet, daß bei den heutigen fleischreichen Schweinerassen eine physiologische Grenze für den Anteil weißer Muskelfasern erreicht ist und eine weitere Züchtung auf einen hohen Fleischanteil nur noch zu einer Erhöhung des Anteils intermediärer Fasern und Riesenfasern bei gleichzeitiger Verringerung des Anteils roter Fasern führt.

Die Unterschiede zwischen den genetischen Gruppen der vorliegenden Arbeit im Anteil intermediärer Fasern sind nicht signifikant. Der Anteil dieses Fasertyps liegt zwischen 15.2% (Vierrassenkreuzung) und 16.7% (LWxLR). Dies steht im Einklang mit den Befunden von SALOMON et al. (1986) bei halothanpositiven und -negativen Tieren nicht genannter Rassen und SOLOMON et al. (1990) bei Duroc x Yorkshire-Kreuzungen.

Anhand der in dieser Untersuchung angewendeten Methode zur Differenzierung der Muskelfasertypen (Nachweis der NADH-Tetrazoliumreduktase) können Rückschlüsse auf den Energiestoffwechsel eines Muskels gezogen werden, wobei ein hoher Anteil roter Fasern auf eine vorwiegend oxidative Energiegewinnung und ein hoher Anteil weißer Fasern auf eine vorwiegend glykolytische Energiegewinnung des Muskels hindeutet. Sowohl in den Ergebnissen der eigenen Untersuchung als auch in Literaturergebnissen gibt es Hinweise, daß die oxidative Kapazität im *M. long. dorsi* bei Hampshiretieren gegenüber anderen Rassen bzw. Kreuzungen erhöht ist. In der eigenen Arbeit kann bei Hampshiretieren mit 13.0% gegenüber der Kontrollgruppe mit 9.4% ein um etwa 4% höherer Anteil roter Muskelfasern bestimmt werden. RUUSUNEN (1992) untersuchte das Fasertypenprofil und die Kapillardichte bei reinrassigen Hampshiretieren und zwei Kreuzungskombinationen mit und ohne Hampshire-Genanteil (LR oder Y x [LRxY] und HA x [LRxY]). Bei den Hampshiretieren konnte mit einem Anteil roter Fasern von 15.3% ebenfalls ein signifikant höherer Anteil dieses Fasertyps als bei den Kreuzungstieren gefunden werden. Gleichzeitig hatten die Hampshiretiere den niedrigsten Anteil weißer Muskelfasern. Die Bestimmung der Kapillardichte ergab ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen, wobei die Hampshiretiere die höchste Dichte aufwiesen. Die Kapillardichte im Muskel ist nach ESSÉN-GUSTAVSSON (1992) zum einen für den Transport von Sauerstoff und anderen Substanzen zu den einzelnen Zellen von großer Bedeutung, zum anderen ist sie für den Ab-

transport von Endprodukten des Stoffwechsels wie z.B. Laktat, wichtig. Eine geringe Kapillardichte bei gleichzeitig großem Durchmesser der Muskelfasern führt post mortem durch die Bildung hoher Laktatkonzentrationen zu einem schnellen pH-Wert-Abfall, wie es bei halothanpositiven Tieren typisch ist (ESSÉN-GUSTAVSSON et al., 1992). Ein geringer Anteil roter Fasern bzw. ein hoher Anteil weißer Fasern hat ein verringertes oxidatives Potential des Muskels für die Energiegewinnung zur Folge, welche das Anpassungsvermögen der Tiere bei Belastungen einschränkt und zu einer ungünstigen Fleischbeschaffenheit führt (FIEDLER und DIETL, 1992).

ESSÉN-GUSTAVSSON und FJELKNER-MODIG (1985) untersuchten das Fasertypenprofil anhand der Kontraktionseigenschaften der Muskelfasern und die Aktivität verschiedener Enzyme als Indikatoren für die oxidative oder glykolytische Kapazität eines Muskels in Biopsieproben des *M. long. dorsi* bei Tieren der Rassen Hampshire, Schwedische Landrasse und Schwedische Yorkshire. In der Verteilung der Muskelfasertypen bestanden keine Unterschiede zwischen den drei Rassen, alle Tiere hatten einen hohen Anteil schnell kontrahierender Fasern (77 bis 87%) und einen geringen Anteil langsam kontrahierender Fasern (13 bis 23%). Anhand der höheren Aktivität des Enzyms Citratsynthase und der geringeren Aktivität des Enzyms Laktat-Dehydrogenase konnte bei Hampshiretieren gegenüber den anderen Rassen eine hohe oxidative Kapazität im Muskel festgestellt werden. Hampshiretiere können infolgedessen bei Situationen, in denen viel Energie benötigt wird, diese aufgrund der höheren oxidativen Kapazität zur Verfügung stellen, ohne dabei hohe Laktatgehalte zu produzieren. In der gleichen Untersuchung ergab die sensorische Beurteilung des Fleisches keine Unterschiede zwischen den Rassen in den Merkmalen Aroma und Saftigkeit, die Zartheit wurde jedoch bei den Hampshiretieren am besten bewertet. Die Autoren vermuten, daß die oxidative Kapazität des Muskels mit der Zartheit des Fleisches in Zusammenhang steht. Abschließend bleibt festzuhalten, daß die Untersuchung der Muskelstruktur bei den Hampshiretieren eine den Kontrolltieren ohne Hampshire-Genanteil vergleichbare, geringe Muskelfasergröße ergeben hat. In dem prozentualen Anteil der Fasertypen zeigt sich ein geringer Anteil glykolytischer und ein hoher Anteil oxidativer Fasern. Insbesondere die hohe oxidative Kapazität des Muskels sowie der geringe Muskelfaserdurchmesser bei Hampshiretieren lassen auf eine gute Fleischbeschaffenheit schließen. In Streßsituationen wie z.B. vor der Schlachtung kann ausreichend Sauerstoff zur Verfügung gestellt werden, so daß es unmittelbar nach der Schlachtung nicht, infolge hoher Laktatkonzentrationen, zu einem überstürzten pH-Wert-Abfall kommt, wie es bei der Ausbildung von PSE-Fleisch beobachtet wird. Entsprechend hohe pH<sub>1</sub>-Werte bei den Hampshiretieren bestätigen dies. Für die Unterscheidung zwischen Trägern des Hampshire-Effektes und Nichtträgern dieses Effektes anhand der Besonderheiten im Glykogenstoffwechsel und im Wasserbindungsvermögen sind die Merkmale der Muskelstruktur weniger geeignet.

### Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung von Muskelstrukturmerkmalen bei vier genetischen Gruppen mit unterschiedlichen Hampshire-Genanteilen.

Zur Untersuchung der Muskelstruktur wurde bei 155 Tieren mittels Biopsietechnik eine Muskelprobe aus dem *M. long. dorsi* gewonnen. Weiterhin wurde bei den biopsierten Tieren 24 Stunden p.m. eine Vergleichsprobe aus dem *M. long. dorsi* des Schlachtkörpers entnommen und die gleichen Muskelstrukturmerkmale bestimmt.

Die in dieser Untersuchung erzielten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Untersuchung der Muskelstruktur in den Biopsieproben läßt bei Hampshiretieren und Tieren der Kontrollgruppe LWxLR den geringsten Durchmesser aller Fasertypen erkennen. Im Fasertypenprofil weisen Hampshiretiere in der Tendenz den geringsten Anteil weißer und den höchsten Anteil roter Muskelfasern auf. Diese Befunde deuten auf eine gute Fleischbeschaffenheit bei Hampshiretieren hin.
2. Bei der Analyse der Muskelstrukturmerkmale in den Schlachtkörperproben fällt auf, daß sich der Durchmesser der Muskelfasern, verglichen mit dem Muskelfaserdurchmesser der Biopsieproben, bei den Hampshiretieren mit Ausnahme der intermediären Fasern nicht verkleinert hat, während bei den anderen Gruppen eine deutliche Verringerung des Durchmessers aller Fasertypen stattfindet.
3. Die phänotypischen Korrelationen zwischen Muskelstrukturmerkmalen und Parametern der Fleischbeschaffenheit sowie der Glykolyse liegen im niedrigen bis mittleren Bereich. Die Größe der Muskelfasern zeigt sowohl zu den Merkmalen der Fleischbeschaffenheit als auch zu den Parametern der Glykolyse eine engere Beziehung als die Muskelfasertypenverteilung.

Schlüsselwörter: Muskelstrukturmerkmale, Fleischbeschaffenheit, Hampshire

### Summary

Title of the paper: Analysis of muscle fibre characteristics of Hampshire and crossbred pigs. The aim of the present study was to analyse muscle fibre characteristics of four genetic groups with different proportion of Hampshire genes.

Muscle fibre characteristics were analysed in the *Musculus longissimus dorsi* of 155 pigs by using the shot biopsy technique. Furthermore 24 h p.m. muscle samples were taken from the *Longissimus dorsi* muscle and the same parameters of muscle fibres were determined.

The results of this study can be summarized as follows:

1. The analysis of the muscle fibre characteristics in the muscle biopsy samples showed the lowest diameter of all fibre types for the purebred Hampshire and the crossbred LWxLR. In the fibre type composition Hampshire pigs had the lowest percentage of white and the highest percentage of red fibres. These results suggest a good quality of meat for the Hampshire pigs.
2. Results of the comparison between the fibre diameter in muscle biopsy samples and in samples of the carcass showed a marked decrease in the fibre diameter of all genetic groups with exception of the Hampshire pigs.
3. The phenotypic correlations between meat quality traits, muscle fibre characteristics and the post mortem glycogenolysis ranged at low to medium level. Out of all muscle fibre characteristics, the diameter of muscle fibres was closer correlated to parameters of glycogenolysis and of meat quality traits as the fibre type composition.

Key words: muscle fibre characteristics, meat quality, Hampshire

### Literatur

BADER, R.:

Vergleichende histometrische und histologische Untersuchungen an der Skelettmuskulatur von Wild- und Hausschweinen. Berliner u. Münchener tierärztl. Wochenschr., Berlin, Hamburg **96** (1983), 89-97

- BEYERSDORFER, G.; OHLERICH, M.; WEGNER, J.:  
Ein halbautomatisches Meßgerät zur Morphometrie von Muskelfasern im mikroskopischen Querschnittspräparat. Zeitschrift für mikroskopisch-anatomische Forschung, Leipzig 99 (1985), 671-675
- ESSÉN, B.; LINDHOLM, A.:  
Muscle fibre types and glycogen depletion pattern in halothane sensitive pigs. In: Porcine stress and meat quality. Ed.: T. Froystein, E. Slinde, N. Standall; Agricultural Food Society, Ås, Norway, 1981, 42-52
- ESSÉN, B.; LINDHOLM, A.:  
Fibre types and metabolic characteristics in muscles of wild boars, normal and halothane sensitive swedish landrace pigs. Comparative Biochemistry and Physiology 78A (1984), 67-71
- ESSÉN-GUSTAVSSON, B.:  
Muscle-fibre characteristics in pigs and relationships to meat-quality parameters - review. In: Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors; OECD workshop in Helsinki, Finland, 8-10.06.1992. Eds: E. Poulanne and D.I. Demeyer, CAB International
- ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; FJELKNER-MODIG, S.:  
Skeletal muscle characteristics in different breeds of pigs in relation to sensory properties of meat. Meat Science 13 (1985), 33-47
- ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; KARLSTRÖM, K.; LUNDSTRÖM, K.:  
Muscle fibre characteristics and metabolic response at slaughter in pigs of different halothane genotypes and their relation to meat quality. Meat Science 31 (1992), 1-11
- FIEDLER, I.; DIETL, G.:  
Merkmale der Muskelstruktur als Selektionskriterien bei Schweinen. Dt. Geflügelwirtsch. u. Schweineprod., Stuttgart 13 (1992), 383-385
- FIEDLER, I.; SALOMON, F.V.; LENGGERKEN, G.v.; WICKE, M.; ZIEGAN, J.:  
Strukturelle Merkmale des Kotelettmuskels von Schweinen bei unterschiedlicher Halothanreaktion. Fleisch, Leipzig 42 (1988), 216-218
- FIEDLER, I.; DOMRÖSE, H.; ENDER, K.:  
Workshop: Schweinefleischbeschaffenheit nach der Halothansanierung, 17./18.12.1990, Nordhausen, BR Deutschland, 165-175
- FINGER, K.W.; DZAPO, V.; WASSMUTH, R.:  
Morphometrische Untersuchungen am *Musculus longissimus dorsi* von Schweinerassen unterschiedlicher Konstitution. Z. Tierzüchtung u. Züchtungsbiologie, Hamburg, Berlin 103 (1986), 59-68
- HEFFRON, J.J.A.; MITCHELL, G.; DREYER, J.H.:  
Muscle fibre type, fibre diameter and pH1 values of *M. longissimus dorsi* of normal, malignant hyperthermia - and PSE - susceptible pigs. Brit. veter. J., London 138 (1982), 45-50
- LAHUCKY, R.; FISCHER, K.; AUGUSTINI, CH.:  
Zur Vorhersage der Fleischbeschaffenheit am lebenden Tier mit Hilfe der Schußbiopsie. Fleischwirtschaft, Frankfurt/M. 62 (1982), 1323-1326
- MONIN, G.:  
Evolution post-mortem du tissu musculaire et consequences sur les qualités de la viande de porc. Journées Recherche porcine en France 20 (1988), 201-214
- MONIN, G.; TALMANT, A.; LABORDE, D.; ZABARI, M.; SELLIER, P.:  
Compositional and enzymatic characteristics of the *Longissimus dorsi* muscle from Large White, halothane-negative Pietrain and Hampshire pigs. Meat Science 16 (1986), 307-316
- MONIN, G.; MEJENES-QUIJANO, A.; TALMANT, A.; SELLIER, P.:  
Influence of breed and muscle metabolic type on muscle glycolytic potential and meat pH in pigs. Meat Science 20 (1987), 149-158
- NOVIKOFF, A.B.; SHIN, W.; DRUCKER, J.:  
Mitochondrial localization of oxidative enzymes staining results with two tetrazolium salts. Journal of Biophysical and Biochemical Cytology 9 (1961), 47-61
- RATHFELDER, A.:  
Beziehungen zwischen Muskelmorphologie, Fleischanteil, Fleischbeschaffenheit und Streßresistenz bei verschiedenen Schweineherkünften. Univ. Hohenheim, Diss., 1991

RUUSUNEN, M.:

The fibre-type composition and capillary density in M. l. dorsi of different pig cross-breeds. In: Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors; OECD workshop in Helsinki, Finland, 8-10.06.1992. Eds: E. Poulanne and D.I. Demeyer, CAB International

SALOMON, F.V.; FIEDLER, I.; ZIEGAN, J.; HEINZ, M.:

Maligne Hyperthermie und morphologische Parameter der Skelettmuskulatur des Schweins. Mh. Vet.-Med., Jena 41 (1986), 156-158

SAS INSTITUTE INC:

SAS User's Guide: Basics, Vers. 6, Cary, N.C.; 1990a

SAS INSTITUTE INC:

SAS User's Guide: Statistics, Vers. 6, Cary, N.C.; 1990b

SCHÖBERLEIN, L.:

Die Schußbiopsie - eine neue Methode zur Entnahme von Muskelproben. Mh. Vet.-Med., Jena 31 (1976), 457-460

SOLOMON, M.B.; CAMPBELL, R.G.; STEELE, N.C.:

Effect of sex and exogenous porcine somatotropin on longissimus muscle fibre characteristics of growing pigs. J. Animal Sci., Albany, N.Y. 68 (1990), 1176-1181

WEGNER, J.; SCHÖBERLEIN, L.:

Eignung des Schußbiopsates für morphometrische und histochemische Untersuchungen des Muskelgewebes. Mh. Vet.-Med., Jena 39 (1984), 665-667

WEGNER, J.; ZSCHORLICH, B.:

Charakterisierung des Muskelwachstums am lebenden Schwein mit Hilfe der Schußbiopsie, Tagungsbericht der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin. 1988, 107-116

WEGNER, J.; KOCH, U.; KURTH, J.:

Empfehlungen zur Anwendung der Schußbiopsie bei Schweinen ab 70. Lebensstag. Mh. Vet.-Med., Jena 43 (1988), 607-609

Eingegangen: 04.01.1995

Anschriften der Verfasser

Dr. ELKE FEDDERN, Univ. Prof. Dr. Dr. h.c. ERNST KALM

Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Olshausenstraße 40

D-24118 Kiel

Dr. JOCHEN WEGNER, Prof. Dr. habil. KLAUS ENDER

Institut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere Dummerstorf

Forschungsbereich Muskelbiologie und Wachstum

Wilhelm-Stahl-Allee 2

D-18196 Dummerstorf