

Fleischwirtschaft 70 (3), 337-340 (1990)

Mikrostrukturelle Grundlagen des Wachstums von Muskel- und Fettgewebe und die Beziehung zu Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit

Jochen Wegner und Klaus Ender

Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock, Abteilung Fleischforschung

Codewörter: Wachstum - Schwein - Muskelfaser - Fettzelle - Biopsie - PSE

Seit längerer Zeit wird versucht, die Mikrostruktur des Fleisches in Zusammenhang mit den Merkmalen des Fleischansatzes sowie der Fleischbeschaffenheit zu bringen, denn Fleisch ist Muskel- und Fettgewebe und die Bausteine sind die Muskel- und Fettzellen. Das Verfahren der mehrmaligen Probenentnahme am lebenden Tier und die halbautomatische mikroskopische Auswertung, wie sie hier beschrieben werden, sind effektive Methoden zur mikroskopischen Untersuchung des wachsenden Muskels.

Sie erlauben Aussagen zum Wachstum von Muskel- und Fettgewebe auf zellulärer Ebene. Damit eröffnen sich auch Möglichkeiten zur Früherkennung der Fleischleistung sowie der Fleischbeschaffenheit für die Anwendung in der Selektion. Durch mehrmalige Muskelprobenentnahme am selben Tier in verschiedenen Altersstufen bei insgesamt 170 Ebern der Landrasse konnten charakteristische Wachstumsverläufe für den Durchmesser der weißen, intermediären und roten Muskelfasern des *M. longissimus dorsi* sowie für die Fettzellen der inneren und äußeren Schicht des Rückenspecks festgestellt werden.

Microstructural bases for the growth of muscle and fatty tissue and relation to meat deposit and meat quality

Codewords: growth - pig - muscle fibre - fat cell - biopsy - PSE

Attempts have been made for some time to connect the microstructure of meat to the characteristics of meat deposit and meat quality, as meat is muscle and fatty tissue and the building blocks are muscle cells and fat cells.

The process of taking several samples from the live animal and semi-automatic microscopic evaluation, as described here, are effective methods of examining growing muscle microscopically. They permit something to be said about the growth of muscle and fatty tissue at a cellular level. They also provide opportunities for the early recognition of meat performance and meat quality that can be used in the selection process. By taking several muscle samples from the same animal at different ages, using a total of 170 Landrace boars, it was possible to establish characteristic growth patterns for the diameter of white, intermediate and red muscle fibres in the *M. longissimus dorsi* and for the fat cells of the interior and exterior layer of the backfat.

Innerhalb der Fleischforschung hat die Untersuchung des Muskel- und Fettgewebes mit Hilfe mikroskopischer Methoden international und auch im Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock (FZT) einen geachteten Platz eingenommen. Fleisch ist biologisch betrachtet Skelettmuskulatur sowie Fettgewebe, und die zellulären Bausteine sind die Muskelfasern und Fettzellen. Von zahlreichen Autoren wurden mikroskopische Untersuchungen der Muskelfasern allerdings von geschlachteten Tieren durchgeführt und Beziehungen insbesondere zur Fleischbeschaffenheit und Stressanfälligkeit gesucht. Wachstumsvorgänge im zellulären Bereich wurden bisher vorwiegend an Hand von Stufenschlachtungen erforscht. Mit Hilfe einer unkomplizierten Probenentnahme am lebenden Tier, verbunden mit einer halbautomatischen Probenauswertung, können erstmalig Ergebnisse der Veränderungen der Muskelstrukturmerkmale direkt am wachsenden Schwein vorgelegt werden.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen zu den wachstumsbedingten Veränderungen des Muskel- und Fettgewebes stellte die Abteilung Schweinezüchtung des FZT 170 Jungeber der Landrasse zur Verfügung. Die Tiere wurden einzeln gehalten und ad libitum gefüttert. Die Entnahme der Proben erfolgte am 70., 100., 140., 180. und 200. Lebenstag \pm 4 Tage aus den *M. longissimus* mit dem in der Abteilung Forschungstechnologie des FZT in Serie gebauten Muskelprobenentnahmegesetz "DUM EG" (Abb. I und Tab. I).

Tab. 1: Probenentnahme am wachsenden Schwein – Einstellung des Gerätes und Ausbeute

Tab. 1: Sampling from the growing pig – adjustment of the instrument and results

Altersstufe (Tage)	Lebendmasse (kg)	Durchmesser des M.l.d. (cm)	Einstellung (cm)	Fett (cm)	Ausbeute Muskel (cm)	Muskel (g)
70	20	2,5	2,0	0,5	1,5	0,3
100	40	3,8	3,0	1,0	2,0	0,4
140	80	4,8	4,0	1,5	2,5	0,5
180	110	5,1	5,0	2,0	3,0	0,6
220	140	5,3	6,0–7,0*	2,5–3,5	3,5	0,7

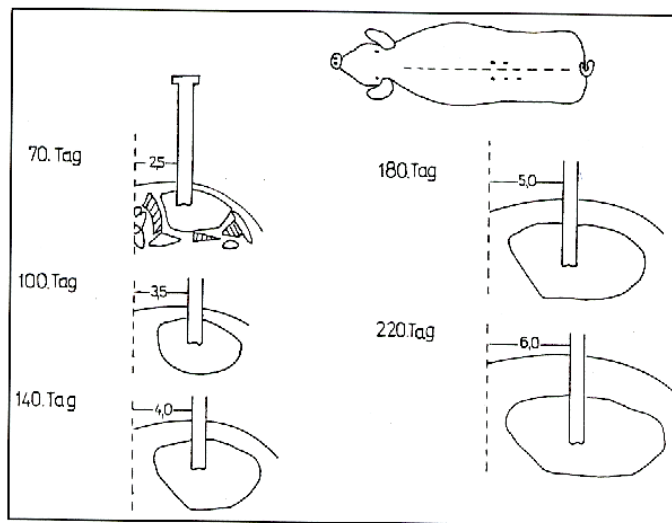


Abb. 1: Probenentnahme am wachsenden Schwein, M. long. dorsi

Fig. 1: Sampling from the growing pig, M. long. dorsi

Probenentnahmegerät "DUMEG"

Die Idee, ein Schlachtviehbetäubungsgerät mit einer Kanüle zu versehen und damit Muskelproben zu entnehmen, wurde bereits 1970 von HARRIS und BENETT veröffentlicht. Das Gerät wurde von SCHÖBERLEIN (1976, 1988), LAHUCKY et al. (1980) sowie WEGNER et al. (1988) weiterentwickelt.

Seither wird es von verschiedenen Autoren für biophysikalische, biochemische, histologische und elektronenmikroskopische Untersuchungen am lebenden Tier eingesetzt (HENNEBACH, 1977; JOHANNSON et al., 1982; LAHUCKY et al., 1982; FISCHER, 1988; WEGNER und SCHÖBERLEIN, 1984 und anderen).

Folgende Vorteile gegenüber der chirurgischen Biopsie und der Biopsie mit anderen Geräten (Zangen, Nadeln usw.) konnten bei mehr als 3000 bisher damit durchgeführten Probenentnahmen an Schweinen vom 70. bis 220. Lebenstag und an Rindern verschiedenen Alters festgestellt werden

- Das Gerät gewährleistet eine stressfreie Probenentnahme. Es sind kein Einfangen und Festhalten der Tiere, keine Narkose oder Lokalanästhesie notwendig. Es erfolgt keine Beeinflussung des Gewebestoffwechsels vor der Entnahme.
- Die äußerst schnelle Probenentnahme ermöglicht eine sehr hohe Arbeitsproduktivität. In Abhängigkeit von der Weiterverarbeitung der Proben, z. B. Einfrieren in flüssigem Stickstoff, können je Stunde 10 bis 30 Tiere biopsiert werden.
- Die Entnahme stellt eine minimale Belastung der Tiere dar. Die Wundheilung ist sehr gut. Die Mastleistung (Zunahme, Futteraufnahme) wird auch bei mehrmaliger Biopsie nicht beeinflusst.
- Die Muskelfasern und Fettzellen sind in ihrer mikroskopischen Struktur nicht beeinträchtigt, so dass morphometrische Untersuchungen möglich sind (Abb. 2 und 3).

Morphometrische Auswertung

Für die morphometrische Auswertung der histologischen Schnittpräparate von Muskel- und Fettgewebe wurde ebenfalls ein selbst gefertigtes Gerät (Abteilung Forschungstechnologie des FZT) zur halbautomatischen Mikroskopbildanalyse verwendet.

Automatische Verfahren sind nicht allein relativ teuer, sondern in der Biologie auch nur bedingt sinnvoll einsetzbar. Oft ist es nicht möglich, die durch die Präparation entstehenden Artefakte, die das gleichmäßige mikroskopische Bild stören, zu verhindern. Für diese Anwendungsgebiete bleibt nur die halbautomatische Messung, wo der Mensch Entscheidungen über Artefakte treffen kann. Mit dem halbautomatischen Mikroskopbildanalysator (MBA 2) wird durch einen Messaufsatz die DYSON'sche Bildaufspaltung realisiert, und es kann der sogenannte KRUMMBEIN'sche Durchmesser, ein statistisches Korngrößenmaß, gemessen werden. Er ist definiert als längste Sehne durch das Objekt parallel zu einer gegebenen Richtung.

Jeder Messwert wird in einem angeschlossenen Personalcomputer verarbeitet und auf Diskette gespeichert. Von jedem histologischen Präparat werden 500 bis 1000 Muskelfasern bzw. Fettzellen gemessen. Der Messvorgang (1000 Objekte) sowie die gleichzeitige Zuordnung des gemessenen Objektes zu bestimmten Klassen, z. B. weiße, intermediäre oder rote Muskelfasern, dauert ca. eine Stunde. Die Berechnung des Intraklasskorrelationskoeffizienten als ein Maß für die Genauigkeit ergab bei Doppelmessungen von Muskelfasern ein ρ von 0,98.

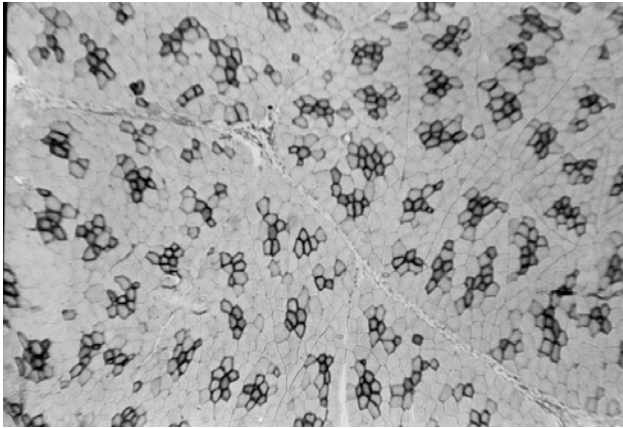


Abb 2: Muskelstruktur, M. long.dorsi, Schwein
Fig. 2: Muscle structure, M. long. dorsi, pig
Vergrößerung: etwa 50 fach

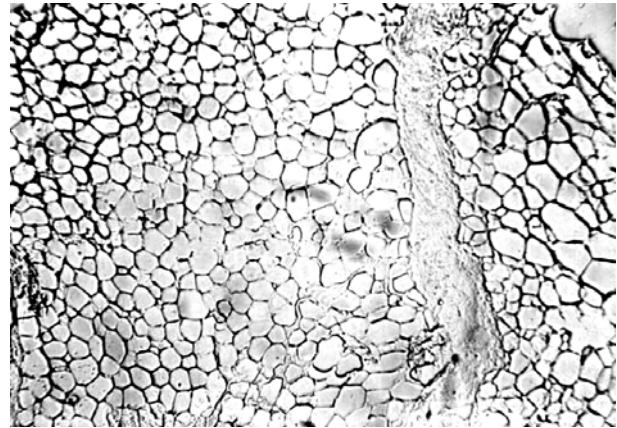


Abb. 3: Fettzellen im Rückenspeck
Fig. 3: Fat cells in backfat
Vergrößerung: etwa 150 fach

Mikrostrukturelle Veränderungen während des Wachstums

Muskelgewebe

Das magere Fleisch, z. B. der M. longissimus, besteht neben geringer Mengen Binde- und Fettgewebe sowie Blutgefäßen und Nerven hauptsächlich aus weißen, intermediären und roten Muskelfasern (Abb. 2). Diese Muskelfasern sind als hochdifferenzierte Zellverschmelzungen (Syncytium) bereits nach der Geburt fast vollständig vorhanden. Das Wachstum des Muskelgewebes vollzieht sich durch Längen- und vor allem Dickenwachstum der vorhandenen Muskelfasern (Hypertrophie).

Im untersuchten Zeitabschnitt vom 70. bis 220. Lebenstag zeigen die weißen, intermediären und roten Muskelfasern einen charakteristischen Wachstumsverlauf, wobei die weißen Muskelfasern wesentlich intensiver wachsen als die intermediären und roten (Abb. 4). Die weißen Fasern vergrößern ihren Durchmesser um 123%, die intermediären um 97% und die roten um 93%. Alle drei Fasertypen verlangsamten nach dem 180. Lebenstag ihr Wachstum.

Die Wachstumsgeschwindigkeiten ($\mu\text{m}/\text{Tag}$) betragen im Zeitabschnitt 70. bis 180. Lebenstag für die weißen, intermediären und roten Fasern entsprechend: 0,49 μm , 0,32 μm und 0,30 μm und im Zeitabschnitt 180. bis 220. Lebenstag: 0,21 μm , 0,21 μm und 0,17 μm . Die Muskelfasertypenverteilung, das heißt die prozentuale Zusammensetzung des Muskels aus weißen, intermediären und roten Fasern, basierend auf dem histochemischen NADH-Tetraazoliumreduktase-Nachweis ist in Abb. 5 dargestellt. Wie aus Abb. 5 ersichtlich, gibt es im untersuchten Zeitabschnitt nur geringe Änderungen der Fasertypenzusammensetzung. Auffällig ist die Zunahme des Anteils der weißen Fasern vom 70. bis 100. Lebenstag und die dementsprechende Abnahme des Anteils der roten Fasern. Der weitere Verlauf (vom 100. bis 180. Tag) ist durch einen steigenden Anteil degenerativer Fasern gekennzeichnet. Auf Grund ihrer Lage im Primärbündel, ihrer Größe und Ergebnissen aus Untersuchungen an Serienschritten muß geschlossen werden, dass es sich um Faserabschnitte ehemaliger weißer Fasern handelt, die als degenerativ betrachtet werden können (Abb. 6). In der humanmedizinischen Literatur werden sie als "small-dark-angulated-fibers" bezeichnet. Dieser mögliche Muskelfaserverlust in der Phase des intensivsten Wachstums kann beim Einzeltier bis zu 20% der Fasergesamtzahl betragen. Ob es sich um einen ständigen Verlust handelt oder Regenerationsprozesse einsetzen, ist noch nicht völlig aufgeklärt.

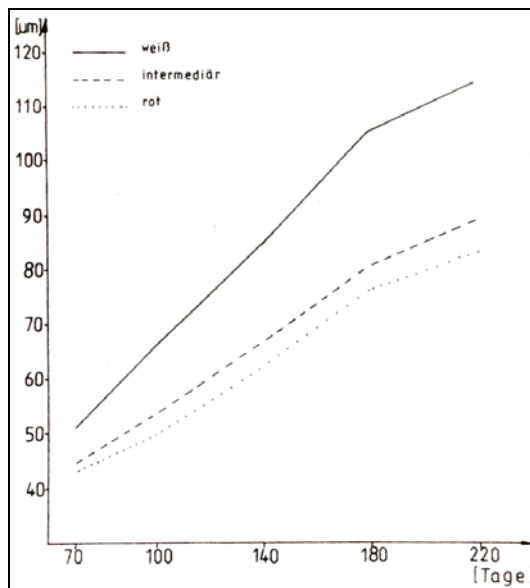


Abb. 4: Veränderungen des Durchmessers der Muskelfasern (μm) vom 70. bis 220. Lebenstag
Biopsie, Eber, Landrasse n=170

Fig. 4: Change in the diameter of the muscle fibres (μm) from the 70th to the 220th day of life
Biopsy, boars, Landrace, n= 170

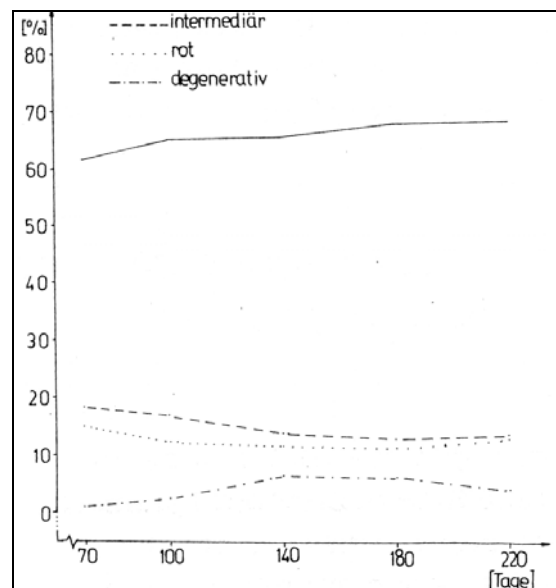


Abb. 5: Veränderungen des Fasertypenanteils (%) vom 70. bis 220. Lebenstag
Biopsie, Eber, Landrasse n=170

Fig. 5: Change in fibre type proportion (%) the 70th to the 220th day of life
Biopsy, boars, Landrace, n= 170

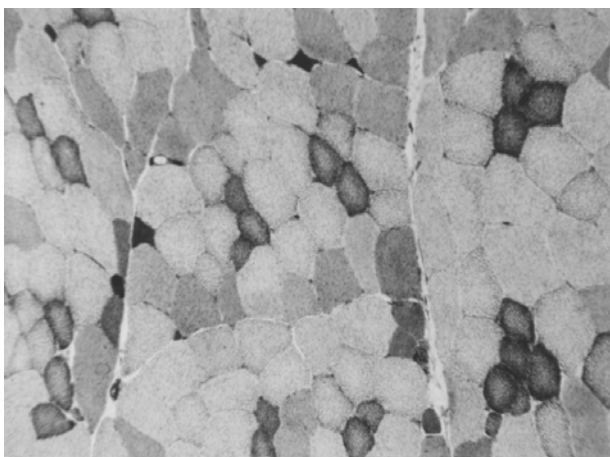


Abb. 6: Degenerative Muskelfasern beim Schwein
Fig. 6: Degenerative muscle fibres in the pig

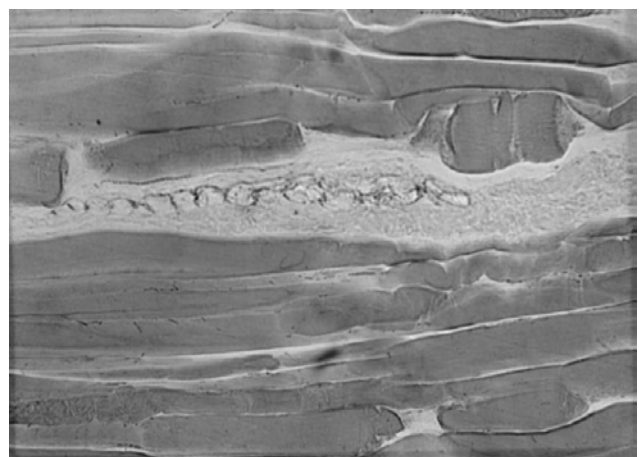


Abb. 7: Riesenfaser im M. long. dorsi post mortem
Fig. 7: Giant fibres in the M. long. dorsi post mortem

Die von zahlreichen Autoren als Degenerationserscheinung beschriebenen Riesenfaser (CASSENS und COOPER, 1969; TODOROV und PETROV, 1969; BERGMANN, 1972; WEGNER, 1974; BADER, 1981; FIEDLER et al., 1989) konnten beim lebenden Tier (Biopsie) nicht gefunden werden.

Daraus ist zu schlussfolgern, dass Riesenfaser Vorstufen einer Überlastungsnekrose sind, die beim Transport der Tiere zum Schlachthof und beim Schlachtprozess selbst entsteht. Es deutet sich an, dass Tiere mit besonders großen Muskelfasern betroffen sind und damit auch ein Zusammenhang zur Fleischbeschaffenheit besteht (Abb. 7).

Zusammenfassend können bei der Charakterisierung der Veränderung der Muskelstruktur während des Wachstums drei unterschiedliche Phasen beobachtet werden.

- Bis zum 100. Lebenstag werden Merkmale des frühen postnatalen Abschnitts des Muskelwachstums festgestellt. Dazu gehört die Umwandlung von roten Fasern in intermediäre und intermediäre in weiße sowie das Auftreten von sehr kleinen Fasern ($< 20 \mu\text{m}$) ca. 3%. Das bedeutet ein intensives Wachstum der weißen und relativ verhaltenes Wachstum der roten und intermediären Fasern.

- In der zweiten Phase vom 100. bis 180. Lebenstag dominiert ein intensives Wachstum aller drei Fasertypen. Degenerative Fasern treten verstärkt auf.
- Die dritte Phase wird durch Abklingen des Faserwachstums aller Fasertypen charakterisiert, wobei sich die Wachstumsgeschwindigkeit der weißen Fasern relativ am stärksten verringert.

Fettgewebe

Die Fettzellen (Abb. 3) aus der oberen und unteren Schicht des Rückenspecks wurden im histologischen Schnittpräparat ohne Anfärbung und Fixierung mit dem halbautomatischen Mikroskopbildanalysator gemessen.

Die wachstumsbedingten Veränderungen des Durchmessers der Fettzellen ähneln im Verlauf und in der Größenordnung dem des Durchmessers der Muskelfasern (Abb. 8). Im Altersabschnitt vom 70. bis 220. Lebenstag (LT) erfolgt eine ständige Vergrößerung des Fettzellendurchmessers in beiden Schichten des Rückenspecks. Dabei ist die Wachstumsgeschwindigkeit vom 70. bis 100. LT und im Abschnitt 180. bis 220. LT geringer als in der intensiven Wachstumsphase des Tieres vom 100. bis 180. LT.

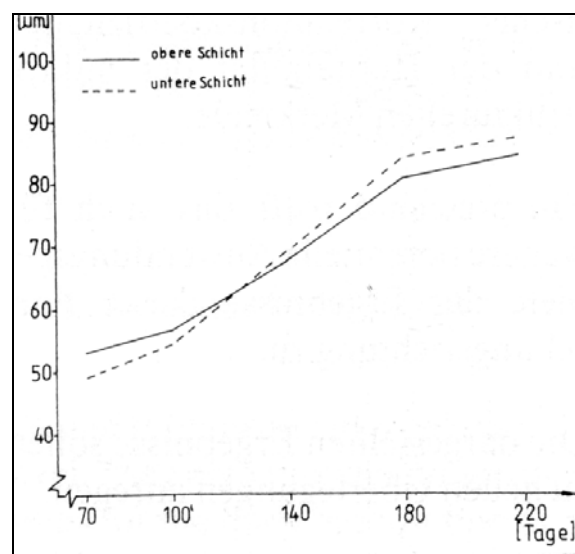


Abb. 8: Veränderung des Durchmessers der Fettzellen (μm) vom 70. bis 220. Lebenstag
Biopsie, Eber, Landrasse n= 70
Fig. 8: Change in the diameter of the fat cells (μm) from the 70th to the 220th day of life
Biopsy, boars, Landrace n= 70

Besonders charakteristisch ist die höhere Wachstumsgeschwindigkeit der Fettzellen der unteren Schicht. Sie bewirkt, dass zwischen dem 100. und 140. LT die Fettzellen der unteren Schicht größer werden als die der oberen Schicht. Diese höhere Wachstumsgeschwindigkeit der Fettzellen der unteren Schicht wurde ebenfalls von CHIKUNI et al. (1986) beobachtet. In den Untersuchungen von ROTHFUSS (1981) waren die Fettzellen der unteren Schicht kleiner, obwohl die untere Schicht die lipogen aktivere und lipolytisch inaktivere war. Von THIEL (1985) wurden in der unteren Schicht sowohl zu Beginn als auch am Ende der Mast wesentlich größere Fettzellen festgestellt.

Die Ergebnisse zum Wachstum von Muskulatur und Fettgewebe am lebenden Tier sind Grundlagenerkenntnisse. Sie können für verschiedene Anwendungsgebiete nutzbar gemacht werden. Es wird möglich, den Einfluß von Faktoren, die das Wachstum der Tiere beeinflussen, auf zellulärer Ebene am lebenden Tier sichtbar zu machen.

Beziehungen mikrostruktureller Merkmale zu Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit

Die biopierten und histologisch untersuchten 170 Jungeber wurden am 225. Lebenstag im Schlachthaus des FZT geschlachtet und zerlegt. Im Labor erfolgte die Bestimmung der Merkmale der Fleischbeschaffenheit. In Tab. 2 sind

die phänotypischen Korrelationskoeffizienten zwischen ausgewählten mikrostrukturellen Merkmalen des lebenden Tieres und einigen Merkmalen der Schlachtleistung und der Schlachtkörperqualität aufgeführt. Bei den mikrostrukturellen Merkmalen der Muskulatur sind bereits ab dem 70. Lebenstag diesbezügliche Beziehungen von $r = 0,2$ bis $0,4$ nachweisbar. Bei den Merkmalen der Fettzellen werden nennenswerte Zusammenhänge zum Fettansatz erst später zum Schlachtzeitpunkt sichtbar. Sie sind jedoch mit $r = 0,4$ bis $0,7$ wesentlich enger als bei der Muskelstruktur.

Tab. 2: Phänotypische Korrelationskoeffizienten zwischen der Mikrostruktur am lebenden Tier (70. bis 220 Lebenstag) und Merkmalen am Schlachtkörper (225. Tag)

	Durchmesser der weißen Muskelfasern					Anteil weißer Muskelfasern					Durchmesser der Fettzellen obere Schicht					Durchmesser der Fettzellen untere Schicht				
	70	100	140	180	220	70	100	140	180	220	70	100	140	180	220	70	100	140	180	220
Muskelfläche	+	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2														
täglicher Fleischansatz		0,2		0,3	0,3			0,2												
Rückenspeckdicke	0,3			0,2	0,2	0,2				0,2					0,4					0,4
täglicher Fettansatz	0,3		0,2		0,2	0,2									0,3					0,4
Fleischteilstücke %	-0,3		-0,2			-0,2					-0,3				-0,4					-0,3
Dripverlust				0,2				-0,2		-0,2										
Helligkeit	0,3		0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2										
pH ₄₅ -Wert	-0,2		-0,2	-0,2		-0,2			-0,2											

nicht in der Tabelle enthaltene Koeffizienten sind nicht signifikant von 0 verschieden ($\alpha=0,05$)

Vergleichbare Korrelationskoeffizienten zwischen Fettzellgröße und Fettansatz bzw. prozentuaem Anteil Fleischteilstücke fand THIEL (1985).

In früheren Untersuchungen an Schlachtkörperproben (WEGNER, 1974; FIEDLER und ENDER, 1984; WEGNER et al., 1985; FIEDLER, 1988) wurden zwischen der Muskelstruktur und den Merkmalen des Fleischansatzes bzw. der Fleischbeschaffenheit ähnlich niedrige bis mittlere Korrelationskoeffizienten gefunden, wie sie in Tab. 2 für Proben vom lebenden Tier am 220. Tag ausgewiesen werden. Neu ist, dass auch zwischen der Muskelstruktur des lebenden Tieres bereits ab 70. Lebenstag ein Zusammenhang zu den Merkmalen am Schlachtkörper (225. Lebenstag) gefunden wurde.

Besonders hervorzuheben ist der Zusammenhang zwischen einem vergrößerten Durchmesser der Muskelfasern und der Fleischbeschaffenheit. Zahlreiche Autoren lieferten hierzu Ergebnisse (Zusammenfassung bei REHFELDT et al., 1987; WICKE, 1989).

Die graphische Darstellung (Abb. 9) zum Vergleich des Wachstumsverlaufs der Faserdurchmesser zwischen Tieren mit PSE-Eigenschaften und Normaltieren macht diese Zusammenhänge auch während des Wachstums deutlich. Die Muskelfasern der PSE-Tiere sind bei allen drei Fasertypen und in allen Altersstufen etwa 10% dicker (überwiegend signifikant bei $\alpha = 0,05$).

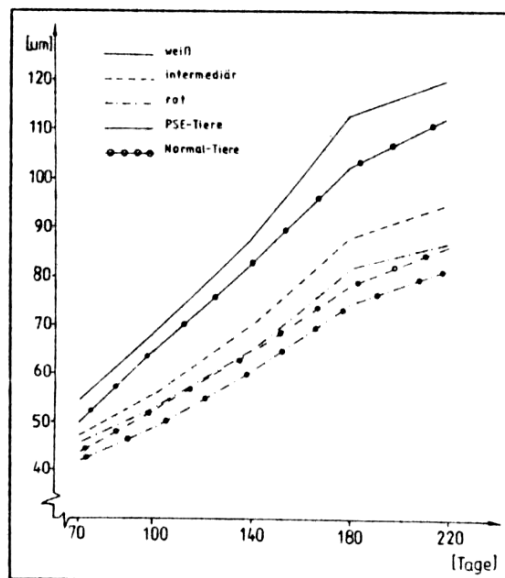


Abb. 9: Veränderung der Faserdurchmesser (μm) vom 70. bis 220. Lebenstag
Vergleich zwischen Tieren mit PSE-Eigenschaften $n=40$ und Tieren mit normaler Fleischbeschaffenheit $n=100$
Biopsie, Eber, Landrasse

Die Informationen der Muskelstrukturmerkmale, ermittelt am lebenden Tier zu Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit, eröffnen ein neues und breites Feld einer möglichen Nutzung. Für eine praktische Anwendung sind dazu noch weitere Arbeiten notwendig. So erfordert beispielsweise eine Einbeziehung in die Selektion die Erarbeitung genetischer Korrelationskoeffizienten und der Heritabilität der mikrostrukturellen Merkmale.

Entsprechend trifft das auch für weitere potentielle Anwendungsgebiete der Ergebnisse dieser Forschungsrichtung zu. Die dargestellten Ergebnisse sollen zu neuen Überlegungen anregen.

Literatur

BADER, R. (1981): Enzymhistochemische, histometrische, histologische und elektronenmikroskopische Untersuchungen an der Skelettmuskulatur gesunder, ausgemästeter Schweine der Deutschen Landrasse in unterschiedlichen Haltungssystemen. Berlin, Univ. Diss. A. BERGMANN, V. (1972): Untersuchungen zur Pathologie der Skelettmuskulatur beim Fleischschwein in: Gesundheitliche Aspekte der Fleischschweinproduktion. Gustav-Fischer-Verlag Jena, 181 - 214. CASSENS, R. G., C. C. COOPER (1969): The occurrence and histochemical characterization of giant fibres in the muscle of growing and adult animals. Acta neuropath. 12, 300 - 304. CHIKUNI, K., M. JIMBU, SII. OZAWA, T. KOISHIKAWA, M. YOSHITAKE (1986): Effects of breeds and sexes on fat cell sizes and fat layer thickness during growth of swine. Jap. J. Swine Sci. 23, 9 - 13. FIEDLER, I., K. ENDER (1984): Mikrostrukturmerkmale der Muskulatur in Beziehung zur Fleischbeschaffenheit beim Schwein. Tierzucht 38, 251 - 252. FIEDLER, I. (1988): Leistungsfrühinformation zu Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit durch Muskelfasermerkmale. Tag. Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. 268, 187 - 196. FIEDLER, I. (1989): Ergebnisse zur Muskelstruktur unterschiedlicher Geschlechter und Rassen beim Schwein. Genetische Probleme in der Tierzucht 20, 95 - 101. FISCHER, K. (1988): Untersuchungen an Muskelbiopsaten, aus DFG-Abschlußbericht "Genetische und physiologische Grundlagen von Merkmalsantagonismen in der Tierzucht", 66 - 77. HARRIS, R. M., J. A. BENNETT (1970): Mechanism for biopsy sampling. J. Anim. Sci. 31, 451 - 454. HENNEBACH, H. (1977): Untersuchungen zur Voraussage der Fleischbeschaffenheit mit Hilfe der Muskelbiopsie am lebenden Schwein. Leipzig, Univ. Diss. A. JOHANNSEN, U., S. MENGER, G. von LENGERKEN (1982): Vergleichende Untersuchungen zur Ultrastruktur der Skelettmuskulatur unterschiedlich belastungsempfindlicher Schweinerassen. Arch. exper. Veter.-Med. 36, 357 - 363. LAHUCKY, R., V. RAJTAR, V. SIDOR, L. KOVAC (1980): Odber svaloveho a tukoveho tkaniva zo ziveho zvierat a niektore možnosti vyuzitia. Veterinarstvi 30, 77 - 81. LAHUCKY, R., K. FISCHER, Ch. AUGUSTINI (1982): Zur Vorhersage der Fleischbeschaffenheit am lebenden Schwein mit Hilfe der Schußbiopsie. Fleischwirtsch. 62, 1323 - 1326. REHFELDT, Ch., I. FIEDLER, J. WEGNER, K. ENDER (1987): Untersuchungen zur Muskelstruktur, Genetische Probleme in der Tierzucht, Heft 12. ROTHFUSS, U. (1981): Lipogene und lipolytische Parameter im Fettgewebe von Large White- und Pietrain-Schweinen. Hohenheim, Diss. A. SCHÖBERLEIN, L. (1976): Die Schussbiopsie - eine neue Methode zur Entnahme von Muskelproben, Mh. Vet.-Med. 81, 457 - 460. SCHÖBERLEIN, L. (1988): persönl. Mitteilung. - THIEL, J. (1985): Nährstoffgehalt, Fettzellengröße und Fettsäuremuster des Fettgewebes von Schweinen in Abhängigkeit verschiedener endogener Faktoren. Leipzig, Diss. A. TODOROV, A., J. PETROV (1969): Entwicklung und Veränderung der Skelettmuskelfaser (Differenzierung, Hyperplasie und physiologische Degeneration) beim Schwein nach der Geburt. Anat. Anz. 125, 88 - 108. WEGNER, J. (1974): Histometrische Untersuchungen der Muskelfaser und ihre Beziehung zum Schlachtkörperwert beim Schwein. Rostock, Diss. A. WEGNER, J., L. SCHÖBERLEIN (1984): Eignung des Schußbiopsates für morphometrische und histochemische Untersuchungen des Muskelgewebes. Mh. Vet.-Med. 39, 665 - 667. WEGNER, J., I. FIEDLER, Ch. REHFELDT (1985): Muskelstrukturmerkmale in Beziehung zu Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit. Fleisch 39, 137 - 138. WEGNER, J., U. KOCH, J. KURTH (1988): Empfehlung zur Anwendung der Schußbiopsie beim Schwein ab 70. Lebensstag. Mh. Vet.-Med. 43, 607 - 609. WICKE, M. (1989): Einfluß einer divergenten Selektion nach Merkmalen der Muskelstruktur des M. longissimus dorsi auf die Belastungsempfindlichkeit und die Schlachtkörperqualität des Schweines. Leipzig, Diss. A.

Anschrift der Verfasser: Dr. J. Wegner und Prof. Dr. K. Ender, Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock, DDR-2551 Dummerstorf