

Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock
– Bereich Züchtungsforschung –
der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR

JOCHEN WEGNER, BENEDIKT ZSCHORLICH, ILSE FIEDLER
und CHARLOTTE REHFELDT

Veränderung der Muskelstrukturmerkmale während des Wachstums und Möglichkeiten zur Leistungsfrüherkennung beim Schwein

Die züchterische Zielstellung zur Intensivierung der Schweinefleischproduktion beinhaltet eine ständige Verbesserung der objektiven Erkennung des genetischen Leistungsvermögens der Schweine in den verschiedenen Stufen der Leistungsprüfung. Von besonderem Vorteil wäre dabei die Früherkennung der Wachstums- und Schlachtleistung sowie der Prädisposition zur Ausbildung von Belastbarkeits- und Fleischbeschaffenheitsmängeln zu einem ontogenetisch frühen Zeitpunkt. Die genannten Leistungseigenschaften sind eng mit der Skelettmuskulatur und ihrem zellulären Aufbau verbunden, der mit histologisch-histochemischen Muskelstrukturmerkmalen charakterisiert werden kann.

Aufbauend auf früheren Untersuchungen bei Rindern, Schweinen und Labormäusen (WEGNER, 1974; FIEDLER u. a., 1985; REHFELDT u. a., 1987) bestand das Ziel der vorliegenden Untersuchungen darin, weitere Ergebnisse zur möglichen Anwendung der Muskelstrukturmerkmale in der praktischen Selektion zu gewinnen. Dazu wurden u. a. erstmals wachstumsbedingte Veränderungen der Muskulatur im praktisch interessierenden Zeitraum vom 70. bis 220. Lebenstag mit Hilfe der mehrmaligen Schußbiopsie am selben Tier untersucht.

Material und Methoden

Die Abteilung Schweinezüchtung des Forschungszentrums für Tierproduktion (FZT) Dummerstorf-Rostock stellte 170 Eber der Landrasse zur Biopsie zur Verfügung. Die Tiere wurden einzeln gehalten und ad libitum gefüttert. Die Schußbiopsie des *M. longissimus* erfolgte am 70., 100., 140., 180. und 220. Lebenstag ± 4 Tage (Abb. 1). Eine ausführliche Darstellung des verwendeten Schußgerätes, der Kanülen und der Methoden zur Biopsie ab 70. Lebenstag wurde bereits veröffentlicht (WEGNER u. a., 1988). Eine Woche nach der letzten Biopsie erfolgte die Schlachtung und Zerlegung der Tiere im Schlachthaus des Forschungszentrums. Im Labor der Abteilung Fleischforschung wurden die Merkmale der Fleischbeschaffenheit untersucht. Die im Histologischen Labor zur Untersuchung der Mikrostruktur angewendeten histochemischen Nachweisreaktionen sowie die quantitative Auswertung mit dem halbautomatischen Muskalfaseranalysator sind bei FIEDLER und WEBER (1981) sowie BEYERSDORFER u. a. (1985) ausführlich dargestellt.

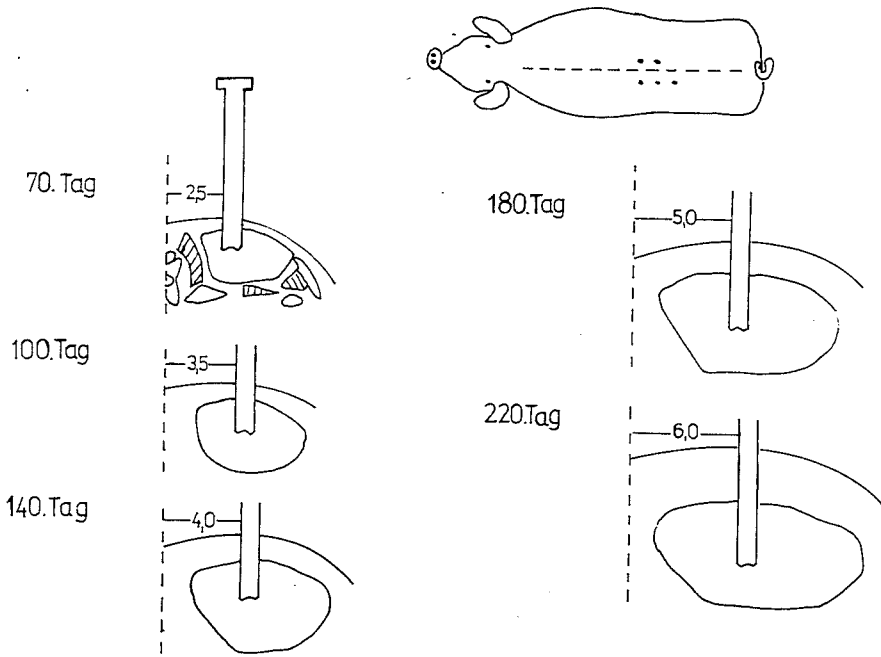


Abb. 1: Schußbiopsie am wachsenden Schwein – Anatomische Lage im M. longissimus

Veränderung der Muskelstruktur während des Wachstums

Wachstumsuntersuchungen am lebenden Tier mit Hilfe einer mehrmaligen Schußbiopsie am selben Tier sind Grundlagenuntersuchungen zur Leistungsfrüherkennung. Sie konkretisieren die an Stufenschlachtungen erarbeiteten Erkenntnisse zum Muskelwachstum. Die Ergebnisse zur Veränderung des Muskelfaserdurchmessers im Altersabschnitt 70. bis 220. Lebenstag sind in Abbildung 2 grafisch dargestellt. Die Mittelwerte der Beobachtungen wurden durch einen Polygonzug verbunden. Die weißen, intermediären und roten Muskelfasern zeigen bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes ein kontinuierliches Wachstum, wobei die weißen Muskelfasern wesentlich intensiver wachsen als die intermediären und roten. Die weißen Fasern vergrößern ihren Durchmesser vom 70. bis 220. Lebenstag von $51,2 \mu\text{m}$ auf $113,8 \mu\text{m}$, d. h. um 123 %, die intermediären von $44,8 \mu\text{m}$ auf $88,6 \mu\text{m}$ (97 %) und die roten von $43,1 \mu\text{m}$ auf $82,8 \mu\text{m}$ (93 %). Alle drei Fasertypen verlangsamen nach dem 180. Lebenstag ihr Wachstum. Die Wachstumsgeschwindigkeiten in den einzelnen Wachstumsabschnitten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Beurteilung der Muskelfasertypen, d. h. die prozentuale Zusammensetzung des Muskels aus weißen, intermediären und roten Fasern, basierend auf dem histochemischen NADH-Tetrazoliumreduktase-Nachweis, wurde für diese Untersuchung

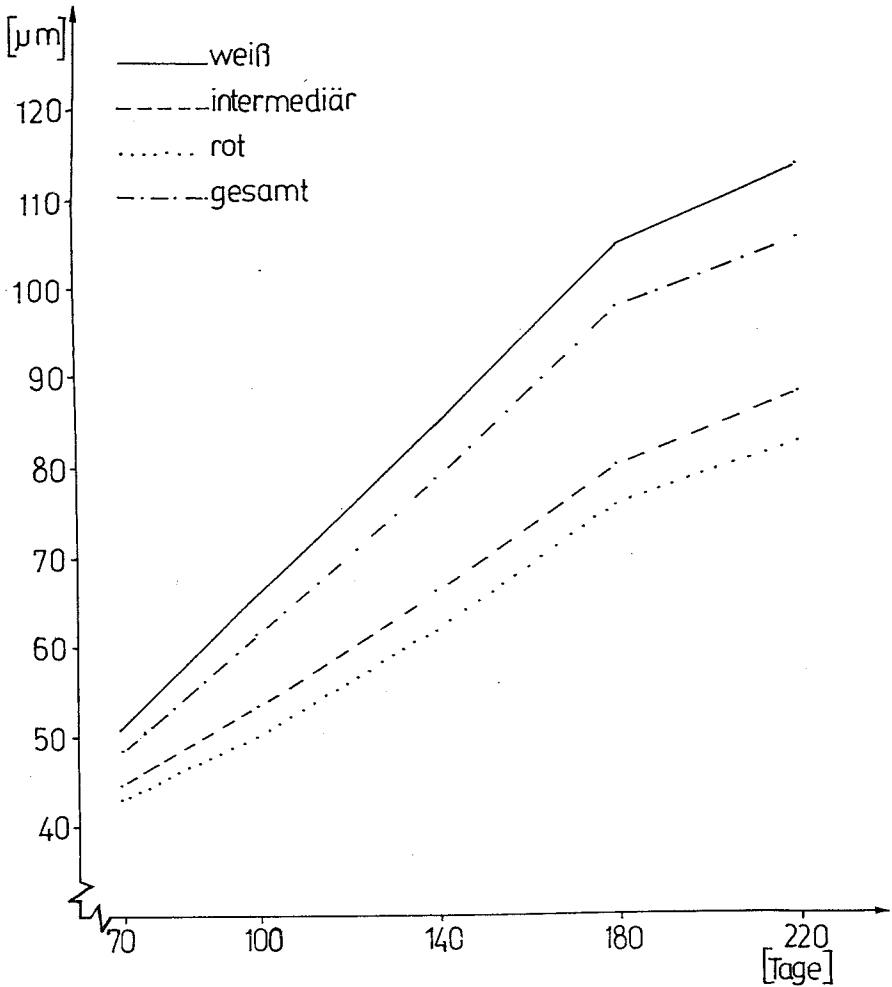


Abb. 2: Veränderung der Faserdurchmesser vom 70. bis 220. Lebenstag – Biopsie Eber Landrasse n = 170

erweitert, indem degenerative, degenerierte und kleine ($< 20 \mu\text{m}$) Muskelfasern zusätzlich gezählt und in die prozentuale Verteilung aufgenommen wurden (Abb. 3). Aufgrund der Lage der degenerativen und degenerierten Muskelfasern im Primärbündel, ihrer Größe und Form sowie aus Untersuchungen an Serienschnitten kann geschlossen werden, daß es sich um ehemalige weiße Fasern handelt, die möglicherweise als denerviert und damit als degenerativ bzw. degeneriert betrachtet werden können. Die degenerierten Fasern werden auch für den Menschen beschrieben und als small-dark-angulated fibres bezeichnet (ZIEGAN, 1979).

Tabelle 1
Wachstumsgeschwindigkeit (WG) von Lebendmasse und Faserdurchmesser
Biopsie Eber Landrasse n = 170

	Wachstumsabschnitt (Lebenstage)				
	70. bis 100.	100. bis 140.	140. bis 180.	180. bis 220.	70. bis 180.
Lebendmasse (kg/d)	0,66	0,85	0,81	0,77	0,77
Faser- durchmesser ($\mu\text{m}/\text{d}$)					
weiß	0,49	0,47	0,52	0,21	0,49
intermediär	0,29	0,33	0,34	0,21	0,32
rot	0,22	0,33	0,36	0,17	0,30

$$\left(\text{WG} = \frac{y_j - y_i}{t_j - t_i} \quad t_j > t_i \right)$$

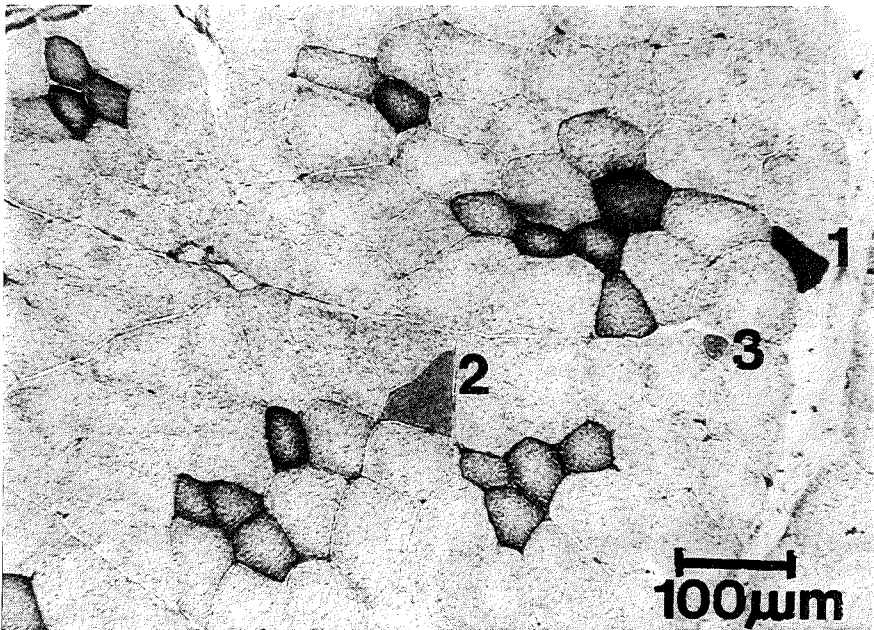


Abb. 3: Muskelstruktur von 180 Tage altem Landrasseeber 1-degenerierte Faser (small-dark-angulated), 2-degenerative Faser, 3-kleine Faser (< 20 μm)

Wie aus Abbildung 4 ersichtlich ist, 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

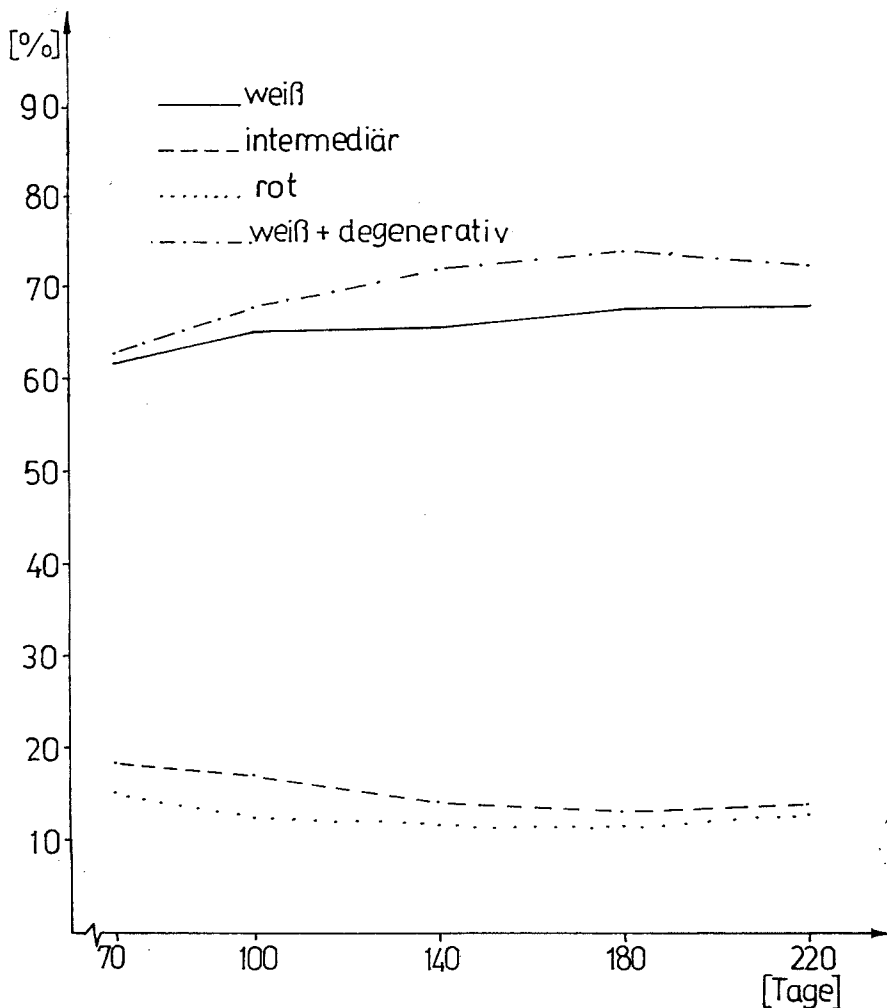


Abb. 4: Veränderung des Fasertypenanteils (%) vom 70. bis 220. Lebenstag – Biopsie Eber Landrasse n = 170

Abnahme des Anteils der roten Fasern. Der weitere Verlauf (vom 100. bis 180. Tag) ist durch einen steigenden Anteil degenerativer Fasern gekennzeichnet. Der daraus resultierende Muskelfaserverlust in der Phase des intensivsten Wachstums kann beim Einzeltier bis zu 20 % der Fasergesamtanzahl betragen. Im Mittel von 170 Tieren sind das etwa 6 % (Tab. 2). In der Phase des abklingenden Wachstums der weißen Fasern nach dem 180. Lebenstag verringert sich der Anteil degenerativer Fasern geringfügig und der Anteil roter Fasern steigt.

Tabelle 2

Auftreten von kleinen, degenerativen und degenerierten Fasern (%) vom 70. bis 220. Lebens-
tag

Biopsie Eber Landrasse n = 170

Fasertyp		Altersstufen (Lebenstage)				
		70.	100.	140.	180.	220.
klein	\bar{x}	3,2	2,1	0,9	0,6	0,5
	s	2,9	2,1	1,0	1,2	0,8
degenerativ	\bar{x}	1,2	2,7	6,7	6,3	4,3
	s	1,5	3,4	5,6	5,2	4,2
degeneriert	\bar{x}	0,3	0,3	0,6	0,3	0,1
	s	0,7	0,5	0,9	0,7	0,2

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

1. Bis zum 100. Lebenstag werden Merkmale des frühen postnatalen Abschnitts des Muskelwachstums festgestellt: Umwandlung von roten Fasern in intermediäre und von intermediären in weiße; Auftreten von sehr kleinen Fasern ($< 20 \mu\text{m}$); intensives Wachstum der weißen und relativ verhaltenes Wachstum der roten und intermediären Fasern.
2. In der zweiten Phase vom 100. bis 180. Lebenstag dominiert ein intensives Wachstum aller drei Fasertypen. Degenerative und degenerierte Fasern treten verstärkt auf.
3. Die dritte Phase wird durch Abklingen des Faserwachstums aller Fasertypen charakterisiert, wobei sich die Wachstumsgeschwindigkeit der weißen Fasern am stärksten verringert. Durch die leichte Abnahme der degenerativen Fasern erhöht sich der Anteil roter Fasern.

Die für viele Anwendungsgebiete nutzbaren Grundlagenerkenntnisse zum Wachstum der Muskulatur am lebenden Tier sollten erweitert werden, und zwar sowohl bezüglich des Wachstumsabschnittes über den Zeitraum 220. Lebenstag hinaus als auch bezüglich verschiedener Tierarten, Rassen und Linien sowie Fütterungsvarianten u. a. Da bei der Schußbiopsie eine Haut- und Fettprobe mitgewonnen wird, ist die Untersuchung der Speckdicken, Fettzellgrößen u. a. Fettparameter sowie der Haut möglich.

Wachstumsmuster von Ebernachkommengruppen und ihr Zusammenhang mit Fleischbeschaffenheit und Schlachtleistung

In den Abbildungen 5 und 6 werden die Veränderungen des Durchmessers der weißen Fasern sowie die Veränderung des Anteils weißer Fasern bei ausgewählten Ebernachkommengruppen gezeigt. Die Unterschiede sind zum größten Teil signifikant. So betragen z. B. die maximalen Unterschiede im Durchmesser der weißen Fasern zwischen den Ebernachkommengruppen (ENG) Stankli und Stankussi schon am 70. Lebenstag $16,6 \mu\text{m}$ und am 220. Lebenstag $27,1 \mu\text{m}$. Beim Anteil weißer Fasern liegen die maximalen Differenzen zwischen den ENG Stankli und Gis-

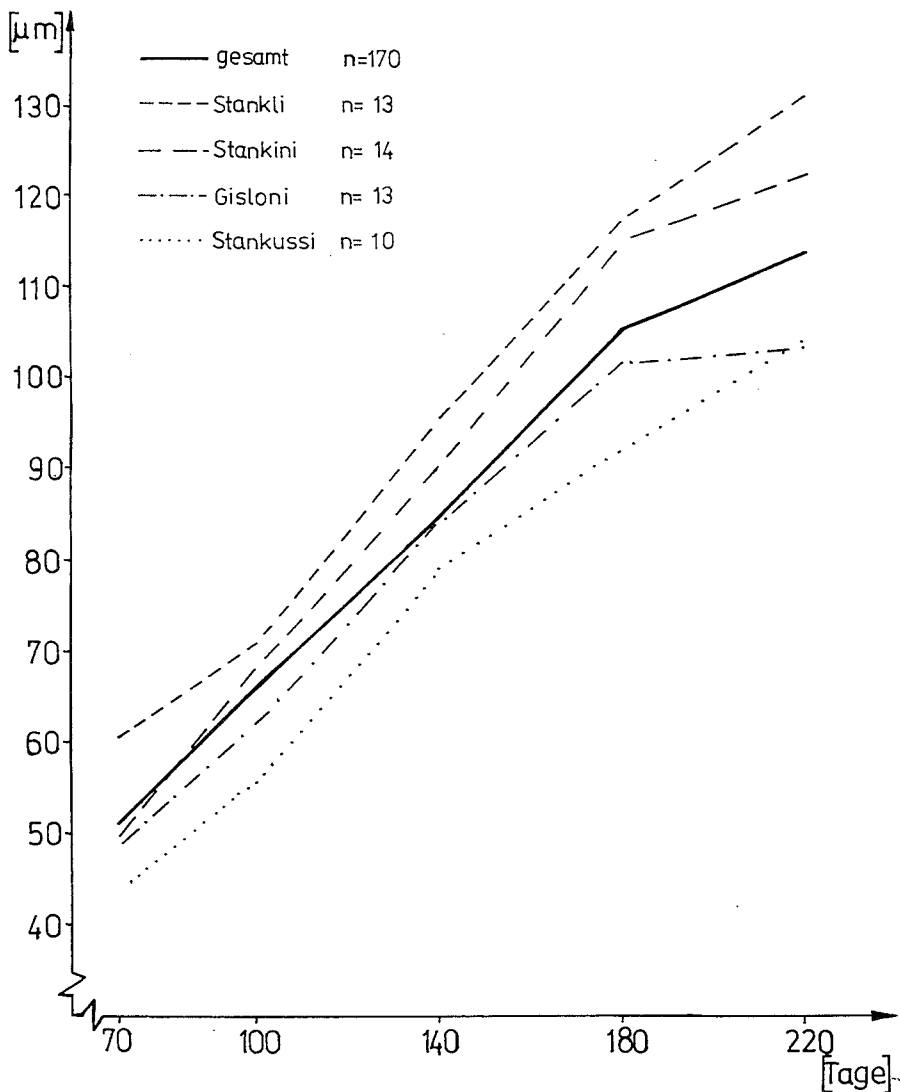


Abb. 5: Vergleich der Ebernachkommengruppen – Veränderung des Durchmessers der weißen Fasern

loni bei 6,5 % (70. Tag) und 8,2 % (220. Tag). Diese signifikanten Unterschiede zwischen den ENG, die den gleichen Umweltbedingungen ausgesetzt waren, deuten auf eine genetische Bedingtheit und hohe Variabilität der Muskelstrukturmerkmale hin, wie sie für die züchterische Nutzung der Leistungsfrüherkennung erforderlich

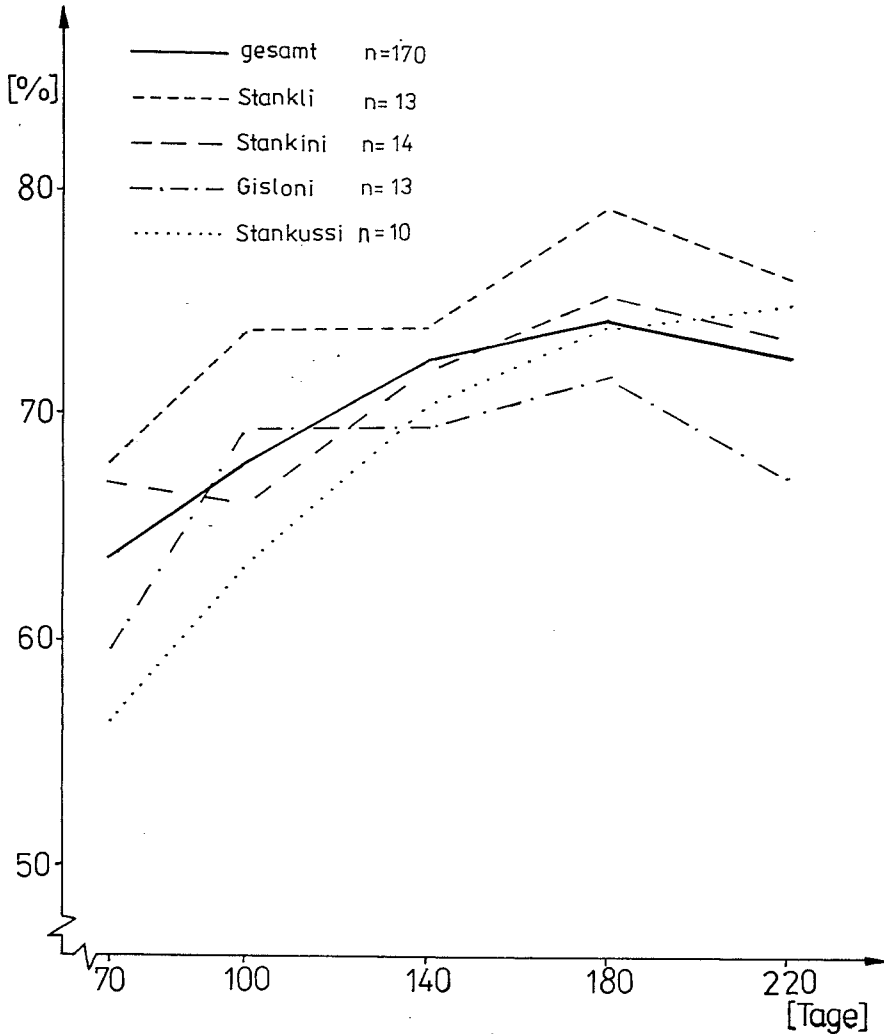


Abb. 6: Vergleich der Ebernachkommengruppen – Veränderung des Anteils weißer Muskelfasern (mit degenerierten Fasern)

ist. In den Abbildungen 5 und 6 ist deutlich zu sehen, daß die ENG Stankli zu allen untersuchten Zeitpunkten die größten Durchmesser und den höchsten Anteil weißer Fasern aufweist.

Als Bestätigung der Hypothese des Zusammenhangs zwischen Muskelstrukturmerkmalen und Fleischbeschaffenheit kann man in Tabelle 2 bei der ENG Stankli Fleischbeschaffenheitswerte finden, die in ihrem Mittelwert die in der TGL 24 704/28 festgelegten Grenzwerte für PSE-Fleisch in allen drei Merkmalen über-

Tabelle 3
Vergleich der Ebernachkommengruppen
Fleischbeschaffenheit und Schlachtleistung

Nachkommen		Drip- verlust	Hellig- keit	pH ⁴⁵	PSE-* Anteil	Muskel- fläche	tägl. Fleisch- ansatz	Rücken- speck	tägl. Fett- ansatz	
Eber	n	[%]	[% Rem.]		[%]	[cm ²]	[g]	[cm]	[g]	
Stankli	13	\bar{x}	5,6	30,5	5,7	85	42,5	219	3,3	91
		s	1,5	5,5	0,6		3,2	21	0,5	21
Stankini	14	\bar{x}	5,6	26,7	6,0	57	39,2	216	3,1	87
		s	2,3	4,8	0,7		4,0	24	0,4	13
Gisloni	13	\bar{x}	3,8	23,9	6,2	8	37,4	194	2,5	69
		s	1,7	3,9	0,4		3,4	15	0,4	14
Stankussi	10	\bar{x}	4,4	22,9	6,3	0	35,4	214	3,0	85
		s	0,9	3,7	0,2		3,9	20	0,4	13
gesamt	170	\bar{x}	4,8	24,9	6,1	28	41,9	214	2,9	80
		s	2,1	5,0	0,5		5,3	24	0,4	18

* Prozentualer Anteil der Tiere mit PSE-Charakter nach TGL 24704/28

schreiten. 85 % der Tiere der ENG Stankli haben PSE-Fleisch. Der große Muskelfaserdurchmesser und hohe Anteil weißer Fasern bei der ENG Stankli bereits im frühen Jugendstadium führten zu einer nur gering über dem Mittelwert liegenden Muskelfläche, jedoch zu einem höheren Fettansatz (Rückenspeckdicke 3,3 cm, täglicher Fettansatz 91 g). Das heißt, wenn schon am 70. Lebenstag sehr große Fasern vorliegen, die einzelnen Muskelfasern demzufolge bis dahin schon intensiv gewachsen sind und die für den jeweiligen Altersabschnitt maximale Muskelfaserdicke frühzeitig erreicht wurde, wird Fett angesetzt. Offensichtlich ist nur eine geringe Muskelfasergesamtanzahl während der Myogenese gebildet worden. Eine Neubildung von Muskelfasern konnte in diesen Altersabschnitten nicht festgestellt werden (FIEDLER, 1983).

Demgegenüber führt ein sehr kleiner Faserdurchmesser und geringer Anteil weißer Fasern vorwiegend zu einem geringen Fleischansatz. Wie aus Tabelle 3 ersichtlich ist, haben die Tiere der ENG Gisloni und Stankussi eine sehr kleine Muskelfläche von nur 37,4 cm² bzw. 35,4 cm².

Um die drei wichtigen Leistungseigenschaften Fleischbeschaffenheit, Fettansatz und Fleisch- bzw. Muskelansatz positiv zu beeinflussen, sind Tiere mit optimalem Muskelfaserdurchmesser und optimalem Anteil weißer Fasern für die Zucht auszuwählen. Zur Erzielung einer optimalen Muskelstruktur sind die Merkmale Faserdicke und Fasertypenanteil in Form einer stabilisierenden Selektion zu verwenden. Eine gerichtete Selektion auf große Muskelfasern bewirkt zwar einen hohen Fleischansatz bei ausreichend hoher Gesamtanzahl, kann jedoch wegen der negativen Auswirkungen auf die Fleischbeschaffenheit und Schlachtkörperzusammensetzung nicht empfohlen werden (STAUN, 1972; REHFELDT u. a., 1988). Für die Leistungsfrüherkennung mit dem Ziel der genannten stabilisierenden Selektion bringt der 70. Lebenstag bereits Informationen, die bis zum 220. Lebenstag nicht verbessert werden. Anders zu betrachten wäre die Leistungsfrühinformation im Sinne einer gerichteten Selektion auf Fleischansatz. In diesem Fall wird durch möglichst nahe dem Schlachtzeitpunkt gelegene Untersuchungen eine höhere Genauigkeit erreicht.

Für die praktische Anwendung in der Eigenleistungsprüfung sollten die weiteren Untersuchungen auf eine mögliche Einordnung des Muskelstrukturbiopsie-Testes (MSB-Test) in die Vorselektion der Eber, zunächst ausgewählter Population, für die ZEA-Prüfung am 70. Lebenstag gelenkt werden. Daneben sollten Möglichkeiten der Einordnung des MSB-Testes in die Nachkommenschaftsprüfung von Prüfebern untersucht werden. Diese Einordnung wäre unter zwei Gesichtspunkten denkbar. Ein frühzeitiger MSB-Test (70. Lebenstag) erlaubt eine relativ umfangreiche Nachkommenschaftsprüfung bei Einbeziehung vollständiger Würfe. Der zweite Gesichtspunkt wäre die Einbeziehung des MSB-Testes unter Berücksichtigung der Muskelfasergesamtanzahl.

Vor einer Anwendung der bisher an Labormäusen und Schweinen gewonnenen Erkenntnisse in einem Produktionsexperiment müssen genetische Parameter für die Muskelstrukturmerkmale und deren genetische Beziehungen zu relevanten Leistungsmerkmalen geschätzt werden. Zu dieser Fragestellung wurden bereits Untersuchungen begonnen. Durch biologische Grundlagenuntersuchungen muß weiter daran gearbeitet werden, die Leistungsvorhersage zu vervollständigen (Fettzellmes-

sungen, Zellkernuntersuchungen u. a.). Geräte zur automatischen Mikroskopbildanalyse könnten die Auswertung entscheidend rationalisieren.

Zusammenfassung

170 Eber der Landrasse wurden im Altersabschnitt 70. bis 220. Lebenstag fünfmal im *M. longissimus* mit dem Schußbiopsiegerät bioptiert. An den Muskelproben wurden verschiedene histologisch-histochemische Muskelstrukturmerkmale ermittelt. Die wachstumsbedingten Veränderungen wurden beschrieben. Zwischen den Ebernachkommengruppen konnten zum Teil signifikante Unterschiede in der Muskelstruktur festgestellt werden, die mit einer unterschiedlichen Ausprägung der Fleischbeschaffenheit verbunden sind. Extreme Muskelfaserhypertrophie und ein hoher Anteil weißer Fasern stehen in Beziehung zur Verschlechterung der Fleischbeschaffenheit. Der Muskelstrukturbiopsietest kann zur Früherkennung von Leistungsmerkmalen beim Schwein herangezogen werden.

Резюме

Название работы: Изменение признаков мышечной структуры во время роста и возможности раннего определения продуктивности свиней

На 170 хряках породы ландрас в возрасте 70–220 дней была проведена 5-кратная биопсия длиннейшей мышцы спины. На мышечных пробах определялись различные гистологические и гистохимические признаки мышечной структуры. Обусловленные ростом изменения представлены графически. Между группами потомков хряка были обнаружены отчасти достоверные различия в мышечной структуре, связанные с различной выраженностью свойств мяса. Предельная гипертрофия мышечных волокон и высокая доля белых волокон вызвали ухудшение свойств мяса. Тест биопсии мышечной структуры может применяться для раннего определения показателей продуктивности свиней.

Summary

Title of the paper: Changes in muscle structure properties during growth and possibilities of early performance prediction in pigs

A total of 170 Landrace boars were 5 times biopsied in the *M. longissimus dorsi* between life days 70 and 220, a shot biopsy instrument being used. Various histologico-histochemical muscle structure properties were determined from the muscle samples taken. The growth-dependent changes were described. Partly significant differences in muscle structure were found to exist between boar progeny groups; these were associated with a different expression of meat quality. Extreme muscle fibre hypertrophy and a high proportion of white fibres were found to be related

with the deterioration of meat quality. The muscle fibre biopsy test can be used for the early prediction of performance traits in pigs.

Literatur

- BEYERSDORFER, G.; OHLERICH, M.; WEGNER, J.: Ein halbautomatisches Meßgerät zur Morphometrie von Muskelfasern im mikroskopischen Querschnittspräparat. *Z. mikrosk.-anat. Forsch.*, Leipzig 99, (1985) 4, 671–675
- FIEDLER, I.; WEBER, CH.: Methodische Untersuchungen zur Auswahl einer histochemischen Routinemethode für die Differenzierung von Muskelfasertypen. *Z. mikrosk.-anat. Forsch.*, Leipzig 95 (1981) 6, 1 027–1 034
- FIEDLER, I.: Postnatales Wachstum der Muskelfasern beim Schwein. *Tag-Berg.*, Akad. Landwirtschafts.-Wiss. DDR, Berlin (1983) 209, 87–94
- FIEDLER, I.; WEGNER, J.; REHFELDT, CH.: Muskelstrukturmerkmale zur Früherkennung von Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit für die Nutzung in der Selektion. *F/E-Bericht. Forschungszentrum Tierprod. Dummerstorf-Rostock*, 1985
- REHFELDT, CH.; BÜNGER, L.; DIETEL, G.; FIEDLER, I.; WEGNER, J.: Zur Erblichkeit von Muskelstrukturmerkmalen und ihren genetisch begründeten Beziehungen zu Wachstum und Belastbarkeit bei Labormäusen. *Arch. Tierzucht*, Berlin 31 (1988) 2, 185–195
- REHFELDT, CH.; FIEDLER, I.; WEGNER, J.; ENDER, K.: Untersuchungen zur Muskelstruktur. *Genetische Probleme in der Tierzucht* (1987) 12, Forschungszentrum Tierprod. Dummerstorf-Rostock
- STAUN, H.: The nutritional and genetic influence on number and size of muscle fibres and their response to carcass quality in pigs. *World Rev. Animal Prod.*, Roma 3 (1972), 18–26
- WEGNER, J.: Histometrische Untersuchungen der Muskelfaser und ihre Beziehung zum Schlachtkörperwert beim Schwein. *Rostock, Univ., Diss.*, 1974
- WEGNER, J.; KOCH, U.; KURTH, J.: Empfehlung zur Anwendung der Schußbiopsie beim Schwein ab 70. Lebenstag. *Monatsh. Vet.-Med.*, Jena 43 (1988) 17, 607–609
- ZIEGAN, J.: Kombinationen enzymhistochemischer Methoden zur Fasertypendifferenzierung und Beurteilung der Skelettmuskulatur. *Acta histochem.*, Jena 65 (1979), 34–40

Anschrift der Verfasser

Dr. JOCHEN WEGNER, Dr. BENEDIKT ZSCHORLICH,
 Dr. ILSE FIEDLER, Dr. CHARLOTTE REHFELDT
 Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock
 – Bereich Züchtungsforschung –
 der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR
 Dummerstorf
 DDR-2551