

Aus dem Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock  
— Bereich Züchtungsforschung —  
der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR

CHARLOTTE REHFELDT, LUTZ BÜNGER, GERHARD DIETL, ILSE FIEDLER und JOCHEN WEGNER

## Zur Erbllichkeit von Muskelstrukturmerkmalen und ihren genetisch begründeten Beziehungen zu Wachstum und Belastbarkeit bei Labormäusen

Zwischen Mikrostrukturmerkmalen der Muskulatur und Merkmalen des Fleischansatzes, der Fleischbeschaffenheit und der Belastbarkeit von Schweinen konnten in den vergangenen Jahren mehrfach Zusammenhänge nachgewiesen werden (STAUN, 1968; CASSENS u. COOPER, 1971; KLOSOWSKA u. a. 1976; OTTO u. WEGNER, 1976; FIEDLER u. OTTO, 1982; FIEDLER u. ENDER, 1984; SALOMON u. a., 1986). Außerdem hat sich gezeigt, daß die langjährige Züchtung der Schweine auf ein hohes Fleischansatzvermögen die Mikrostruktur der Skelettmuskeln zugunsten der Komponenten verändert hat, die mit vermehrt auftretenden Konstitutions- und Fleischbeschaffenheitsmängeln in Beziehung stehen. Das betrifft vor allem eine verstärkte Muskelfaserhypertrophie sowie erhöhte Anteile von weißen Muskelfasern mit vorrangig glykolytischem Energiestoffwechsel (STAUN, 1972; NØSTVOLD u. a., 1978; BADER, 1983; FINGER u. a., 1986). Diese Ergebnisse werden auch durch einige Experimente an Labortieren unterstützt (SWATLAND u. CASSENS, 1972; REHFELDT u. OTTO, 1985).

Aus den genannten Aspekten ergab sich die Frage, ob mikroskopisch erfaßte Muskelstrukturmerkmale möglicherweise zur Vorhersage oder sogar zur züchterischen Verbesserung relevanter Leistungseigenschaften genutzt werden könnten. Zur schrittweisen Beantwortung dieser Fragestellung sind neben der phänotypischen Charakterisierung der Merkmale und Merkmalsbeziehungen vor allem Informationen über genetische Komponenten erforderlich, die jedoch bisher nur in geringem Umfang vorliegen und z. T. mit relativ kleinen Stichproben geschätzt werden (STAUN, 1972; OSTERC, 1974; BECH ANDERSEN u. a., 1977; LOČNIŠKAR u. a., 1980). Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen an Labormäusen bestand darin, unter Ausnutzung der Vorteile eines Modellversuchs detaillierte Informationen zu speziellen genetischen Parametern der Muskelstruktur und deren genetisch begründeten Beziehungen zu Merkmalen des Wachstums und der Belastbarkeit zu gewinnen. Diese können als Grundlage für ähnliche Experimente an Nutztieren dienen.

### 1. Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten an etwa 3000 männlichen Labormäusen des Auszuchtstammes Fzt: Du spezieller Verwandtschaftsstruktur, d. h. an 440 Vätern und deren 2500 Nachkommen, wobei die ca. 6 Söhne je Vater zu je 3 den Anpaarungen mit 2 weiblichen Tieren entstammten. Es standen somit Vater-Sohn-Paare sowie Voll- und Halbgeschwister-

gruppen zur Verfügung. Eine detaillierte Beschreibung der Versuchsdurchführung einschließlich der Angaben zu Fütterungs- und Haltungsbedingungen, ebenso zu Methoden der Erhebung von Daten der Wachstumsleistung und der Ausdauerbelastbarkeit gaben BÜNGER u. a. (1984, 1985).

Die Ermittlung makroskopischer Daten der Bemuskelung und histologischer Muskelstrukturmerkmale wurde am Unterschenkel bzw. an Querschnittspräparaten des zugehörigen M. extensor digitorum longus (EDL) bei den Vätern im Alter von 19 Wochen und bei den Söhnen im Alter von 6 Wochen vorgenommen. Dazu erfolgte nach Entnahme des rechten Unterschenkels von den getöteten Tieren und Entfernung von Fell und Fuß eine Wägung und die Bestimmung äußerer Muskelmaße (Länge und Breite) des M. tibialis anterior (TIBA). Anschließend wurde die tibiale Muskelgruppe mit dem EDL vom Knochen gelöst und in flüssigem Stickstoff ( $-195^{\circ}\text{C}$ ) tiefgefroren. Die Muskelproben wurden bei  $-20^{\circ}\text{C}$  mit einem Kryostat-Mikrotom in Höhe des Vorsprungs der Tibia geschnitten ( $14\ \mu\text{m}$  Schnittstärke), mit Eosin gefärbt und in Neutralbalsam eingebettet. Die quantitative Auswertung der Präparate erfolgte am projizierten mikroskopischen Bild. Die Querschnittsfläche des EDL wurde durch Zeichnen und Planimetrieren, die Muskelfasergesamtanzahl mittels Punktzähler und „Eltinor IV“ (WEGNER u. MÖLLER, 1976) ermittelt. Die Muskelfaserdicke in Form der Faserquerschnittsfläche ergab sich als Quotient von Muskelquerschnittsfläche und Muskelfasergesamtzahl. Als weitere Muskelmaße wurden Muskelvolumen = (Muskelquerschnittsfläche  $\times$  Länge TIBA)/3 und äußere Tibialisfläche = Länge TIBA  $\times$  Breite TIBA berechnet.

Die Versuchsauswertung beruhte im wesentlichen auf statistischen Standardmethoden (RASCH u. a. 1978). Die Schätzung der genetischen Parameter basierte auf der Vater-Sohn-Regression und/oder der Methode der Selektionssimulation (vgl. HERRENDÖRFER u. SCHÜLER, 1972; TITZLER u. a., 1983; SCHÜLER u. HERRENDÖRFER, 1986).

Mit letztgenannter Methode kann bei verschiedener Verwandtschaftsstruktur eine Selektion über eine Generation bzw. eine Geschwisterselektion mit beliebigen Selektionsintensitäten durchgeführt werden. Die Schätzung der maternalen Varianzkomponente erfolgte über den Intraklasskorrelationskoeffizienten zwischen Vollgeschwistern.

## 2. Ergebnisse und Diskussion

### 2.1. Variabilität und Heritabilität

Die Kenntnis der genetischen Variabilität und des Erblchkeitsgrades erlaubt einerseits, die Selektionsfortschritte für die Muskelstrukturmerkmale selbst anzugeben, andererseits auch ihre Selektionswürdigkeit für die züchterische Veränderung anderer Merkmale zu beurteilen.

Tabelle 1 zeigt Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten der Muskelansatz- und Mikrostrukturmerkmale des EDL. Den Werten ist zu entnehmen, daß etwa die Hälfte der phänotypischen Varianz auf genetische Ursachen zurückzuführen ist. Auffällig ist, daß sowohl die phänotypischen als auch die genetischen Variationskoeffizienten für die Muskelstrukturmerkmale deutlich größer sind als für die Unterschenkelmasse oder Fläche TIBA.

Sie sind auch höher im Vergleich mit den Varianzen für die Körpermasse am 21. oder 42. Lebensstag (BÜNGER u. a., 1985). Die hohe Variabilität der Muskelstrukturmerkmale, die bei

Tabelle 1

Phänotypische und genetische Variabilität für Muskelansatz- und Muskelstrukturmerkmale des *M. extensor digitorum longus* (Söhne) (Phenotypic and genetic variabilities for characters of growth and structure of *M. extensor digitorum longus* (sons))

Merkmal	$\bar{x}$	$s_p$	$s_g$	$s_p(\%)$	$s_g(\%)$
Masse					
Unterschenkel (mg)	731,0	95,4	41,6	13,0	5,7
Fläche					
TIBA (mm <sup>2</sup> )	62,65	6,40	2,56	10,2	4,2
Muskelvolumen (mm <sup>3</sup> )	6,17	1,46	0,70	23,7	11,5
Muskelquerschnittsfläche (mm <sup>2</sup> )	1,46	0,33	0,16	22,6	11,0
Muskelfasergesamtanzahl	1112,8	210,5	103,1	18,9	9,3
Muskelfaserdicke (µm <sup>2</sup> )	1320,9	234,5	107,5	17,8	8,2

$n \approx 2200$  bis 2500,  $s_g = s_p \sqrt{h^2}$ ;  $h^2$  aus Selektionssimulation (Tab. 2)

Tabelle 2

Heritabilität und direkter Selektionserfolg für Muskelansatz- und Muskelstrukturmerkmale des *M. extensor digitorum longus* (Heritabilities and rates of response to direct selection for characters of growth and structure of *M. extensor digitorum longus*)

Merkmal	I. Selektionssimulation			II. Vater-Sohn-Regression			
	$h^2$	$\Delta G$	$n$	$h^{2*}$	$s_{h^2}$	$\Delta G$	$s_{\Delta G}$
Masse	0,19	11,4	2178	0,15		9,1	
Unterschenkel (mg)					0,04		2,4
Fläche TIBA (mm <sup>2</sup> )	0,16	0,71	1833	0,08		0,33	
Muskelvolumen (mm <sup>3</sup> )	0,23	0,25	2184	0,18	0,04	0,21	0,16
Muskelquerschnittsfläche (mm <sup>2</sup> )	0,24	0,06	1834	0,17	0,04	0,04	0,04
Muskelfasergesamtanzahl	0,24	28,5	1838	0,23	0,04	22,4	0,01
Muskelfaserdicke (µm <sup>2</sup> )	0,21	22,9	1832	0,16	0,06	22,9	5,7
					0,04		6,5

I.  $n_{\text{Väter}} = 403$ ;  $n_{\text{Söhne}} \approx 2200$ .  $h^2 = 2 \frac{SE}{SD} (30\% SI)$ .  $\Delta G$  für 30% SI.

II.  $h^{2*} = 2b_{\text{Vater/Sohn}} \Delta G$  für 30% SI.

Schweinen insbesondere auch für die Muskelfasergesamtzahl des *M. longissimus dorsi* aufgezeigt wurde (STAUN, 1972; FIEDLER, 1983), ist als günstig für die Erzielung entsprechender Selektionsfortschritte anzusehen.

Einen Überblick über geschätzte Heritabilitätskoeffizienten ( $h^2$ ) und Selektionserfolge ( $\Delta G$ ) gibt Tabelle 2. Wenn auch keine wesentlichen Differenzen in Abhängigkeit von der ver-

wendeten Schätzmethode auftreten, dürften die über eine Selektionssimulation ermittelten Werte wegen der Korrektur des Altersunterschiedes zwischen Vätern und Söhnen den Gegebenheiten etwas besser entsprechen. Die Heritabilitätskoeffizienten liegen danach im Bereich von 0,16 bis 0,24, für die Mikrostrukturmerkmale Muskelfaserdicke und Muskelfasergesamtzahl beträgt  $h^2 = 0,21$  bzw. 0,24. In ihrer Größenordnung sind die Werte etwa mit den für Mäuse angegebenen Heritabilitätskoeffizienten von Körpermasse und Zuwachs vergleichbar, die in der Mehrzahl zwischen 0,2 und 0,4 liegen (Überblick BÜNGER u. a., 1982). Die  $h^2$ -Werte für das vorliegende Tiermaterial betragen für die Körpermasse am 21. Tag bzw. 42. Tag 0,15 und 0,37, für den Zuwachs zwischen 21. und 42. Tag 0,35. Die entsprechenden, für 30% Selektionsintensität angegebenen Selektionserfolge pro Generation in den Mikrostrukturmerkmalen von 0,06 mm<sup>2</sup> Muskelfläche, 28,5 Muskelfasern bzw. 22,9 µm<sup>2</sup> Muskelfaserfläche liegen zwischen 26% und 28% der genetischen Standardabweichung. Dies zeigt, daß trotz relativ geringer  $h^2$ -Werte ansprechende Selektionserfolge erreichbar sind. Zu berücksichtigen ist allerdings, daß es sich hier um den erzielten Effekt nach nur einer Generation handelt. Für die Muskelfasergesamtzahl wurde ein höherer Erblchkeitsgrad erwartet, da es sich hierbei um ein nahezu altersunabhängiges Merkmal handelt (REHFELDT u. a., 1987).

Der hier geschätzte Heritabilitätskoeffizient von 0,24 liegt zwar über dem von LOČNIŠKAR u. a. (1980) für die Faseranzahl des *M. pectoralis* von Geflügel aus der Vaterkomponente geschätzten  $h^2$  von 0,12, aber unter den von STAUN (1972) ermittelten Werten von 0,43 bzw. 0,48 für den *M. longissimus dorsi* von Sauen und Kastraten. Es erscheint durchaus möglich, daß bei Labormäusen Umwelteinflüsse stärker auf die Muskelfaseranzahl einwirken als bei Schweinen, da die myogenetische Faserbildung bei ihnen erst nach der Geburt (ca. 10. Tag, REHFELDT u. FIEDLER 1984), bei Schweinen jedoch schon um den Zeitpunkt der Geburt beendet ist (SWATLAND, 1973; BERGMANN, 1978). Die gesamte extrauterine Umwelt dürfte beim Schwein daher eine geringere Bedeutung für die Anzahl der gebildeten Muskelfasern haben.

## 2.2. Maternaleinflüsse

Das frühe Wachstum von Labormäusen unterliegt in erheblichem Maße maternalen Einflüssen. Dies sind neben der mütterlichen Prädetermination über das Eiplasma nichtgenetische Einflüsse des mütterlichen Individuums auf die Nachkommen, die jedoch vom Genotyp der Mutter und dem Milieu, in dem sie sich befindet, abhängig sind (BRANDSCH, 1983). Sie wirken zusätzlich zu den direkt genetischen Einflüssen, die aus dem Kerngenom resultieren, daß die Nachkommen von der Mutter erhalten, und können zu einer größeren Ähnlichkeit zwischen mütterlichen gegenüber väterlichen Halbgeschwistern führen. Da der Erfolg einer Selektion von dieser maternalen Komponente abhängt, wurden der Intraklasskorrelationskoeffizient ( $\omega^2$ ) zwischen Vollgeschwistern und  $h^2$  verwendet, um den Grad der maternalen Einflüsse zu schätzen (Tab. 3). Es wird deutlich, daß zwischen den Merkmalen hinsichtlich der maternalen Varianzkomponente Unterschiede auftreten. Sie beträgt z. B. für die Körpermasse am 42. Tag 42% und für die Unterschenkelmasse 35% der phänotypischen Varianz und ist damit jeweils größer als der Anteil der direkt genetischen Varianzkomponente an der phänotypischen Varianz ( $h^2$ ).

Für die Muskelquerschnittsfläche, Muskelfasergesamtanzahl und Muskelfaserdicke beträgt sie nur 12 bis 17% und ist damit kleiner als die direkt genetische Komponente. HANRAHAN

Tabelle 3  
Schätzung des Anteils der maternalen Varianzkomponente ( $\delta_{UM}^2/\delta_p^2$ ) für Merkmale des Wachstums und der Muskelstruktur des *M. extensor digitorum longus* (Share of maternal variance component as estimated for characters of growth and structure of *M. extensor digitorum longus*)

Merkmal	$\omega^2$	$\delta_{UM}^2/\delta_p^2$	$h^2$
Körpermasse 21	0,734	0,66	0,15
Körpermasse 42	0,610	0,42	0,37
Masse Unterschenkel	0,445	0,35	0,19
Fläche TIBA	0,300	0,22	0,16
Muskelvolumen	0,275	0,16	0,23
Muskelquerschnittsfläche	0,242	0,12	0,24
Muskelfasergesamtzahl	0,296	0,17	0,24
Muskelfaserdicke	0,219	0,12	0,21

$\omega^2$  — Intraklasskorrelationskoeffizient für Vollgeschwister  
( $\delta_{UM}^2/\delta_p^2 = \omega^2 - h^2/2$ )

u. a. (1973) ermittelten für Mäuse ebenfalls hoch signifikante Maternaleffekte auf die Körpermasse und Muskelmassen der *Mm. sternomastoideus* und *tibialis anterior*, hingegen keine signifikanten Effekte auf die Faserdicke und nur z. T. geringe auf die Faseranzahl, was mit den vorliegenden Ergebnissen gut übereinstimmt.

Aus den Ergebnissen leitet sich ab, daß bei einer Selektion der Väter auf die untersuchten Muskelstrukturmerkmale der Selektionserfolg in bedeutend geringerem Maße von maternalen Einflüssen überdeckt ist als bei den Massemerkmalen und die genetische Komponente besser zur Ausprägung gelangen kann. Das bedeutet außerdem, daß für eine erfolgreiche Selektion nach den Mikrostrukturmerkmalen die Zuchtwertschätzung der Väter ausreichend wäre, während bei hoher Maternal Komponente die Einbeziehung der Mütter einen wesentlichen Vorteil erbringen kann.

### 2.3. Genetisch begründete Merkmalsbeziehungen

Vor der Anwendung spezieller Merkmale zur Leistungsvorhersage bei den Nachkommen bzw. in der Selektion müssen die genetischen Beziehungen zu den relevanten Leistungseigenschaften bekannt sein. Zu vorliegendem Modellversuch ergaben sich Informationen zu diesen Zusammenhängen für ausgewählte Merkmale in Form von genetischen Korrelationskoeffizienten (Tab. 4) und erzielten korrelierten Selektionserfolgen ( $\Delta G$ ) im Ergebnis einer Selektionssimulation (Tab. 5).

Zunächst wird deutlich, daß der auch früher bereits ermittelte (REHFELDT u. FIEDLER, 1984) phänotypische Antagonismus zwischen Muskelfasergesamtanzahl und Faserdicke ( $r_p = -0,25$ ) einen genetischen Hintergrund besitzt ( $r_g = -0,40$ ). Diese Beziehung wurde auch für den *M. longissimus dorsi* von Schweinen gefunden (STAUN, 1972). Beide Merkmale zeigen aber wiederum positive phänotypische und genotypische Beziehungen zu den Muskelansatzmerkmalen (Muskelfläche, Muskelvolumen, Fläche TIBA), weshalb hier bei Selektion nach Faseranzahl und -dicke gute Selektionserfolge erreicht werden können. Während die

Tabelle 4

Phänotypische und genetische Korrelationskoeffizienten zwischen Muskelstruktur des *M. extensor digitorum longus* und Merkmalen des Muskel- und Körperwachstums (Phenotypic and genetic correlations between structure of *M. extensor digitorum longus* and characters of muscle and body growth)

	Muskel- faser- gesamt- anzahl	Muskel- faser- dicke	Muskel- quer- schnitts- fläche	Muskel- volumen	Fläche TIBA	Masse Unter- schenkel
Muskelfaserdicke	-0,25 -0,40					
Muskelquerschnittsfläche	0,55 1,17	0,55 0,52				
Muskelvolumen	0,62 0,83	0,54 0,57	0,97 1,00			
Fläche TIBA	0,10 1,07	0,15 1,02	0,21 1,10	0,36 1,04		
Masse Unterschenkel	0,11 0,51	0,18 0,63	0,16 0,59	0,29 0,60	0,48 0,64	
Körpermasse 21	0,20 0,28	0,09 0,28	0,24 0,38	0,29 0,31	0,39 0,61	0,47 0,22
Körpermasse 42	0,20 -0,20	0,19 0,58	0,32 0,10	0,38 0,18	0,50 0,82	0,64 0,75
Zuwachs 21—42	0,12 -0,36	0,19 0,63	0,26 0,09	0,29 0,18	0,40 0,94	0,49 0,85
Schlachtkörpermasse	0,19 -0,18	0,16 0,32	0,29 0,11	0,32 0,09	0,41 0,86	0,54 1,19

$r_p$  (Söhne) — oberer Wert;  $r_g$  — unterer Wert

$n_{\text{Väter}} = 403; 305$ ; Schlachtkörpermasse 209

$n_{\text{Söhne}} \approx n_{\text{Väter}} \times 6$

phänotypischen Korrelationskoeffizienten zwischen Mikrostruktur, Muskelansatz, Körpermasse und Zuwachs durchweg positive Vorzeichen haben, kehrt sich bei den genetischen Korrelationen zwischen Faseranzahl und Körpermasse 42, Zuwachs 21—42 und Schlachtkörpermasse das Vorzeichen um ( $r_g = -0,20; -0,36; -0,18$ ). Das bedeutet, eine Selektion nach Faseranzahl wirkt sich auf den Zuwachs zwischen 21. und 42. Tag bzw. die resultierende Körpermasse mit jeweils  $-0,4$  g deutlich negativ aus, während eine Selektion nach Faserdicke diese Wachstumsmerkmale entscheidend verbessert ( $+0,6$  g;  $+0,5$  g). Die Ursache für die verschiedene Wirkung einer Selektion nach Faseranzahl oder Faserdicke ist offenbar in dem genetisch begründeten Antagonismus zwischen den beiden Selektionsmerkmalen zu suchen. Eine hohe Faseranzahl beim Vater führt beim Sohn zu einer deutlichen Verringerung der Faserdicke gegen Ende der intensiven Wachstumsphase am 42. Tag und ist damit indirekt starkem Zuwachs entgegengerichtet. Diese Begründung erscheint auch durch die

Tabelle 5

Korrelierte Selektionserfolge in Merkmalen des Muskel- und Körperwachstums bei Selektion nach Muskelfasergesamtanzahl, Muskelfaserdicke und Muskelfläche des *M. extensor digitorum longus* (Genetic gain rates in characters of muscle and body growth in relation to selection for total number of muscle fibres, diameter and sectional area of *M. extensor digitorum longus*)

Söhne Selektionserfolge $\Delta G_{AG/S_g}(\%)$	Selektionsmerkmale (Väter)						
	$n$ Väter	Muskelfaserge- samtanzahl	Muskelfaserdicke	Muskelquer- schnittsfläche			
Muskelquerschnitts- fläche (mm <sup>2</sup> )	403	+0,017	11	+0,044	29	+0,049	32
Muskelvolumen (mm <sup>3</sup> )	403	+0,10	14	+0,21	29	+0,25	35
Masse Unterschenkel (mg)	403	+2,13	5	+6,87	17	+6,48	16
Fläche TIBA (mm <sup>2</sup> )	403	+0,38	18	+0,68	32	+0,50	24
Körpermasse 21 (g)	305	-0,03	-4	+0,08	11	+0,07	9
Körpermasse 42 (g)	305	-0,42	-17	+0,58	23	+0,16	6
Zuwachs 21—42 (g)	305	-0,41	-25	+0,50	30	+0,08	5
Schlacht- körpermasse (g)	209	-0,17	-3	+1,22	24	+0,71	14

$$\Delta G = ds \cdot \frac{\overline{SE}}{SD} s_{\text{Väter}}; \quad ds = 1,159 \text{ für } SI = 30\%$$

$$n_{\text{Söhne}} \approx n_{\text{Väter}} \times 6$$

übereinstimmenden intensiven Wachstumsphasen für Masse- und Faserdickenentwicklung (REHFELDT u. FIEDLER, 1984) plausibel. Die Selektion nach der Muskelquerschnittsfläche, dem Produkt aus Faseranzahl und Faserdicke, ist aufgrund der divergenten genetischen Wirkung der beiden Merkmale für Körpermasse, Zuwachs oder Schlachtkörpermasse weniger positiv wirksam als die Selektion nach Muskelfaserdicke.

Interpretiert man die genetischen Korrelationskoeffizienten im Hinblick auf eine Selektion nach den Merkmalen der Wachstumsleistung, so wird deutlich, daß besonders eine Selektion nach intensivem Zuwachs die Faseranzahl verringert und die Faserdicke erhöht. Dies wäre eine weitere Bestätigung dafür, daß beim Nutztier Schwein die züchtungsbedingt erhöhte Ansatz- und Zunahmeleistung vor allem zu stark vergrößerten Muskelfasern geführt hat, womit aber andererseits auch Mängel in Belastbarkeit und Fleischbeschaffenheit verbunden

sind (v. Lengerken u. a., 1980). Eine Selektion nach Körpermasse 42 bevorzugt ebenfalls die Muskelfaserdicke, was die Ergebnisse eines entsprechenden Selektionsexperimentes über 7 Generationen bestätigt (REHFELDT u. OTTO, 1985).

Die genetischen Korrelationskoeffizienten zwischen Muskelstruktur und Laufleistung der Mäuse auf dem Laufband als Kriterium der Ausdauerbelastbarkeit konnten nur für ein Drittel des Tiermaterials geschätzt werden. Zu erkennen war jedoch, daß eine Selektion nach dicken Muskelfasern sich negativ auf die Ausdauerbelastbarkeit der Nachkommen auswirken kann ( $r_g = -1,16$ ), während zwischen Faseranzahl und Laufleistung keine direkte Beziehung nachweisbar war ( $r_g = 0,07$ ). Dieses Resultat unterstreicht das Ergebnis eines früheren Selektionsexperiments mit Labormäusen, in dem eine hohe Anzahl kleinerer Muskelfasern eine gleichzeitig gute Wachstums- und Laufleistung besser gewährleisten konnte als sehr dicke Muskelfasern (REHFELDT u. OTTO, 1985).

Zusammenfassend ergibt sich, daß zwischen den Muskelstrukturmerkmalen und Merkmalen der Wachstumsleistung deutliche genetisch begründete Zusammenhänge bestehen. Diese könnten für eine gezielte Voraussage der Veränderung im Hinblick auf gewünschte Leistungseigenschaften nutzbar gemacht werden. Dabei geht es im wesentlichen darum, eine hohe Wachstumsleistung mit einer optimalen Faserstruktur, d. h. nach bisherigen Ergebnissen einer hohen Faseranzahl mit begrenztem Hypertrophiegrad, zu vereinigen. Dies sollte eine Selektion gegen den Merkmalsantagonismus zwischen Faseranzahl und -dicke beinhalten, um gleichzeitig den Anforderungen an den erwünschten Massezuwachs und an Belastbarkeit und Fleischbeschaffenheit gerecht werden zu können.

Im Hinblick auf eine praktische Anwendung erscheint es sinnvoll, die Ergebnisse dieses Modellversuchs mit Labormäusen in ähnlichen Experimenten an landwirtschaftlichen Nutztieren zu überprüfen.

### Zusammenfassung

In einem Modellexperiment wurden an etwa 3000 Labormäusen Merkmale der Bemuskelung des Unterschenkels und der Mikrostruktur des *M. extensor digitorum longus* ermittelt.

Auf Grundlage der vorliegenden Verwandtschaftsstruktur — ca. 440 Väter und deren ca. 2500 Söhne, davon 3 Voll- und 6 Halbgeschwister je Vater — erfolgte die Schätzung genetischer Parameter für diese Merkmale mit Hilfe einer Selektionssimulation bzw. einer Vater-Sohn-Regression. Es ergaben sich für Muskelfaserdicke, Muskelfasergesamtanzahl, Muskelquerschnittsfläche und Muskelvolumen relativ hohe phänotypische und genotypische Variabilitäten, ansprechende Selektionserfolge bei Heritabilitätskoeffizienten im niedrigen Bereich (0,21—0,24) und Hinweise für relativ geringe Maternaleinflüsse. Außerdem konnten deutlich ausgeprägte genetisch begründete Beziehungen zwischen der Muskelstruktur und Merkmalen des Körperwachstums und der Belastbarkeit der Tiere nachgewiesen werden.

### Резюме

Название работы: О наследственности признаков структуры мышц и их генетическом отношении к росту и выносливости лабораторных мышей



В модельном опыте на 3000 лабораторных мышах были установлены показатели мускулистости голени и микроструктуры *M. extensor digitorum longus*. На основе имеющейся структуры родства — приблизительно 440 отцов и около 2500 их сыновей, в том числе по 3 полных сибса и 6 полусибсов от одного отца — были оценены генетические параметры этих признаков с помощью модельной селекции и/или регрессионных расчетов отец — сын. Были получены относительно высокие значения фенотипической и генетической изменчивости толщины мышечного волокна, общего числа мышечных волокон, площади поперечного сечения мышцы и объема мышцы, хорошие селекционные успехи при низких коэффициентах наследуемости (0,21 ... 0,24) и данные, указывающие на сравнительно слабый материнский эффект. Кроме того, удалось доказать ярко выраженные, генетически обусловленные взаимосвязи между структурой мышц и показателями роста тела и выносливостью мышей.

### Summary

Title of the paper: On the heritability of muscle structure characters and their genetic relationships with growth and fitness in laboratory mice

A model experiment was conducted involving about 3,000 laboratory mice to study the characters of lower leg muscles and the microstructure of *M. extensor digitorum longus*. On the basis of the existing relationships between the animals (2,500 sons of 440 sires producing each three full sibs and six half sibs), the genetic parameters of these characters were estimated by means of simulated selection and/or sire-son regression. Relatively high phenotypic and genetic variabilities were found for diameter and total number of muscle fibres, muscle sectional area and muscle volume. Response rates to selection were quite good, while heritabilities were low (0.21 to 0.24). Maternal effects seemed to be relatively low either. Furthermore, distinct genetic relationships were confirmed between muscle structure and growth and fitness traits in the animals.

### Literatur

- BADER, R.: Vergleichende histometrische und histologische Untersuchungen an der Skelettmuskulatur von Wild- und Hausschweinen. Berliner und Münchener tierärztl. Wochenschr., Berlin (West) 96 (1983) 3, 89—97
- BECH ANDERSEN, u. a.: Tilvaekst, foderudnyttelse, slagte kvalitet og kødkvalitet hos kvaeg af danske kombinationsracer. 453. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Kopenhagen, 1977
- BERGMANN, V.: Prinzipien der pränatalen Muskelbildung beim Schwein aus der Sicht ultrastruktureller Befunde. In: LYHS, L.: Umwelt und Leistung landwirtschaftlicher Nutztiere. Jena: Verlag Gustav Fischer 1978, 185—191
- BRANDSCH, H.: Genetische Grundlagen der Tierzüchtung. Beitrag 13: Genetik, Grundlagen, Ergebnisse und Probleme in Einzeldarstellungen. Jena: Verlag Gustav Fischer 1983
- BÜNGER, L.; SCHÜLER, L.; KUPATZ, B.; RENNE, U.: Zur Selektion auf Wachstum bei Modelltieren (Labormäusen). I. Mitt.: Literaturübersicht, Wertung und Schlussfolgerungen. Arch. Tierz., Berlin 25 (1982) 4, 373—385

- BÜNGER, L.; DIETL, G.; SCHÜLER, L.: Zum Einfluß der Fütterung auf den Selektionserfolg in Wachstumsmerkmalen — Modellversuch mit Labormäusen. Symposium „Populationsgenetische Grundlagen und ihre Umsetzung in der praktischen Tierzucht“, Karl-Marx-Univ. Leipzig, Sektion Tierprod. u. Vet.-Med., Dez. 1984
- BÜNGER, L.; DIETL, G.; SCHÜLER, L.; KUPATZ, B.; HERRENDÖRFER, G.; NÜRNBERG, G.; GUIARD, V.; DOMRÖSE, H.: Quantifizierung der Einflüsse des Fütterungsniveaus auf die Zuchtwertschätzung beim männlichen Tier für Wachstumsparameter. F/E-Ber., Forschungszentrum Tierprod. Dummerstorf-Rostock der Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, 1985
- CASSENS, R. G.; COOPER, C. C.: Red and white muscle. *Advenc. Food Res.* **19** (1971) 1, 1—74
- FIEDLER, I.: Postnatales Wachstum der Muskelfasern beim Schwein. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin (1982) 209, 87—94
- FIEDLER, I.; OTTO, E.: Anzahl und Größe der Muskelfasertypen im M. longissimus dorsi von Schweinen in ihrer Beziehung zu Merkmalen des Schlachtkörperwertes. *Fleisch*, Leipzig **36** (1982) 11, 213—214
- FIEDLER, I.; ENDER, K.: Mikrostrukturmerkmale der Muskulatur in Beziehung zur Fleischbeschaffenheit beim Schwein. *Tierzucht*, Berlin **38** (1984) 6, 251—252
- FINGER, K. W.; DZAPO, V.; WASSMUTH, R.: Morphometrische Untersuchung am Musc. longissimus dorsi von Schweinerassen unterschiedlicher Konstitution. *Z. Tierz. u. Züchtungsbiol.*, Hamburg **103** (1986) 1, 59—68
- HANRAHAN, J. P.; HOOPER, A. C.; MC CARTHY, J. C.: Effect of divergent selection for body weight on fiber number and diameter in two mouse muscles. *Anim. Prod.*, Edinburgh **16** (1973), 7—16
- HERRENDÖRFER, G.; SCHÜLER, E.: Wichtung der Fett-kg- und Fett-%-Leistung für einen genetisch begründeten Selektionsindex. *Arch. Tierz.*, Berlin **15** (1972), 285—290
- KLOSOWSKA, D.; KLOSOWSKI, B.; GRAJEWSKA, S.: Histologisches Bild des langen Rückenmuskels bei Kreuzungsschweinen der Norwegischen Landrasse x Polnische Große Weiße Rasse bei Verfütterung von Rationen mit differenziertem Proteinniveau. *Zeszyty problemowe Postepow Nauk rolniczych*, Warszawa **180** (1976), 441—446
- LENGERKEN, G. v.; PFEIFFER, H.; HENNEBACH, H.: Endogene und exogene Einflüsse auf die Fleischbeschaffenheit beim Schwein und Möglichkeiten der züchterischen Selektion. *Fortschr.-Ber. Landwirtsch. u. Nahrungsgüterwirtsch.*, Berlin **18** (1980) 11, 1—40
- LOČNIŠKAR, F.; HOLCMAN, A.; ZAGOŽEN, F.: Muscle fibre investigations in poultry. *Zb. biotechn. Fak. Univ.*, Ljubljana **35** (1980), 7—24
- NØSTVOLD, O.; SCHIE, K. A.; FRØYSTEIN, T.: Muscle fiber characteristics in lines of pigs selected for rate of gain and backfat thickness. *Acta Agric. Scand.*, Suppl. **21** (1979), 136—142
- OSTERC, J.: Diameter and number of muscle fibres in musculus longissimus dorsi in connection with production properties of some cattle breeds in Slovenia. Ljubljana, Univ., Diss., 1974
- OTTO, E.; WEGNER, J.: Quantitativ-mikroskopische Untersuchungen der Muskelfaser und ihre Beziehung zum Fleischansatz beim Schwein. *Arch. Tierz.*, Berlin **19** (1976) 6, 419—429
- RASCH, D.; HERRENDÖRFER, G.; BOCK, J.; BUSCH, K.: *Verfahrensbibliothek — Versuchsplanung und -auswertung*. Bd. 1 u. 2. Berlin: Dt. Landwirtschaftsverlag 1978
- REHFELDT, CH.; FIEDLER, I.: Postnatale Entwicklung der Muskelfasern im wachsenden Skelettmuskel der Labormaus. *Arch. exper. Vet.-Med.*, Leipzig **38** (1984) 2, 178—192
- REHFELDT, CH.; FIEDLER, I.; WEGNER, J.: Veränderungen der Mikrostruktur des Muskelgewebes bei Labormäusen, Rindern und Schweinen während des Wachstums. *Z. mikrosk.-anatom. Forsch.*, Leipzig **101** (1987) 4, 669—680
- REHFELDT, CH.; OTTO, E.: Veränderungen der Muskelstruktur nach Selektion auf Wachstum und Belastbarkeit — Untersuchungen an Labormäusen. *Arch. Tierz.*, Berlin **28** (1985) 5, 465—473
- SALOMON, F.-V.; FIEDLER, I.; ZIEGAN, J.; HEINZ, M.: Maligne Hyperthermie und morphologische Parameter der Skelettmuskulatur des Schweines. *Monatsh. Vet.-Med.*, Jena **41** (1986), 156—158
- SCHÜLER, L.; HERRENDÖRFER, G.: Methoden und Datenstrukturen zur Schätzung genetischer Parameter. In: *Genetische Probleme in der Tierzucht*. Schr.-R. Forschungszentrum Tierproduktion Dummerstorf-Rostock der Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR **9** (1986)
- STAUN, H.: Muskelfibrenes diameter og antal samt deres betydning for kødfylde og kødkvalitet hos swin af Dansk Landrace. 366. Beretning fra forsøgslabor Kopenhagen (1968)
- STAUN, H.: The nutritional and genetic influence on number and size of muscle fibres and their response to carcass quality in pigs. *World Rev. Anim. Prod.*, Roma **3** (1972), 18—26
- SWATLAND, H. J.; CASSENS, R. G.: A brief study of muscle enlargement in the rat. *J. Anim. Sci.*, Albany, N.Y. **34** (1972), 21—24
- SWATLAND, H. J.: Muscle growth in the fetal and neonatal pig. *J. Anim. Sci.*, Albany, N.Y. **37** (1973), 536—545

- TITZLER, H.; PURBACH, B.; PICHMANN, E.-G.; LANGEMANN, D.; RÄDER, J.; KLUG, F.: Anwenderdokumentation. Statistische und züchtungsspezifische Programme. Datenverarbeitungszentrum Rostock u. Forschungszentrum für Tierprod. Dummerstorf-Rostock (1983)
- WEGNER, J.; MÖLLER, U.: Ein Beitrag zur Rationalisierung quantitativ-mikroskopischer Untersuchungen. Z. med. Labortechn., Berlin 17 (1976), 357—359

Eingegangen: 23. 12. 1986

Anschrift der Verfasser

Dr. CHARLOTTE REHFELDT, Dr. LUTZ BÜNGER, Dr. GERHARD DIETL,  
Dr. ILSE FIEDLER, Dr. JOCHEN WEGNER  
Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock  
— Bereich Züchtungsforschung — der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR  
DDR-2551 Dummerstorf, Kreis Rostock