

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

18 16

JOCHEN WEGNER

Postnatales Wachstum der Muskelfasern beim Rind

Für die Anwendung der Muskelstrukturparameter im Hinblick auf die Leistungsfrüherkennung von Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischbeschaffenheit ist die Beantwortung der Fragen des postnatalen Muskelfaserwachstums von entscheidender Bedeutung. Bekanntlich nimmt mit steigendem Alter der Muskelfaserdurchmesser zu. Dieser Vorgang wurde u. a. in den Untersuchungen von WEBER (1981) mit Hilfe von Wachstumskurven überzeugend quantifiziert. Die Muskelfasergesamtanzahl betreffend, findet man in der Literatur zwei unterschiedliche Auffassungen. Der größte Teil der Autoren ist der Meinung, daß die Muskelfasergesamtanzahl zu einem frühen ontogenetischen Zeitpunkt festgelegt ist und sich während des Wachstums des Tieres nicht mehr verändert. Die postnatale Vergrößerung der Muskelmasse erfolgt durch das Wachstum der bei der Geburt vorhandenen Fasern, also durch Hypertrophie.

Einige Autoren, eine Literaturzusammenstellung findet man bei PETROV (1976), sind jedoch der Meinung, daß sowohl Hypertrophie als auch Hyperplasie natürliche Prozesse des Muskelwachstums sind. Dabei wird hier unter Hyperplasie die Teilung der Muskelfasern verstanden und nicht die Teilung der Zellkerne.

PETROV (1976) schlußfolgert aus seinen Untersuchungen beim Schwein, daß das Wachstum der Muskeln und die Zunahme der Skelettmuskulatur in der Postnatalperiode nicht nur durch Verdickung der Muskelzellen, sondern auch durch zahlenmäßiges Anwachsen erfolgt. Die neuen Muskelzellen sind durch Teilung entstanden und zwar durch Längsspaltung. PETROV (1976) nimmt an, daß die intensive Fütterung ein wichtiger Faktor für die Hyperplasie des Muskelgewebes in der Postnatalperiode ist.

Mit den 1976 anhand von Stufenschlachtungen im Schlachthaus des FZT Dummerstorf begonnenen Wachstumsuntersuchungen stand auch Material für histologische Untersuchungen zum Muskelfaserwachstum zur Verfügung. Unser Ziel war es, zu zeigen, wie sich der Muskelfaserdurchmesser und die Muskelfasergesamtanzahl während des Wachstums verändern. Bei dem hierzu verwendeten Material handelt es sich um den ersten Durchgang eines breiter angelegten Versuchs zur Untersuchung des Wachstums von weiblichen Jungrindern. Die Färsen wurden aus der laufenden Produktion des VEB IRIMA Hohen Wangelin ausgewählt und im FZT Dummerstorf geschlachtet. Die Schlachtung der Tiere wurde mit 3, 7, 11, 13 und 15 Monaten durchgeführt. Pro Altersstufe standen 16 Tiere

zur Verfügung. Die histologischen Untersuchungen erfolgten an Schlachtkörperproben des *M. biceps femoris* und *M. longissimus dorsi* 24 h post mortem. Es wurde die Anzahl Muskelfasern (MF) pro mm² ermittelt und daraus der MF-Durchmesser sowie die MF-Gesamtanzahl errechnet. Die histologischen Methoden und die Meßtechnik wurden bei OTTO und WEGNER (1976) sowie WEGNER und MÖLLER (1976) beschrieben.

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse der histologischen Untersuchungen der 5 Altersstufen sowie die Masseentwicklung dargestellt. Während der MF-Durchmesser von Altersstufe zu Altersstufe kontinuierlich zunimmt, und zwar von 36 µm bei 3 Monate alten Färsen auf 55 µm bei 15 Monate alten Tieren, bleibt die Muskelfasergesamtanzahl im wesentlichen gleich. Der geringe Unterschied im Muskelfaserdurchmesser zwischen den Altersstufen 11 und 13 Monate ist auch bei der Warmmasse sichtbar. Er ist auf versuchsbedingte Schwierigkeiten bei der Auswahl der Tiere für diese Altersstufen zurückzuführen.

Tabelle 1

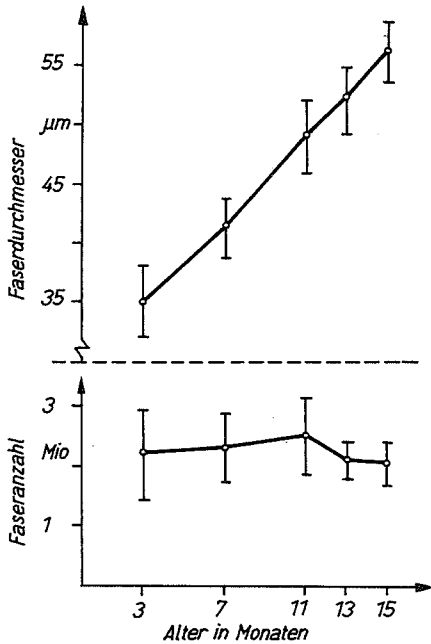
Muskelfaserparameter während des Wachstums – Färsen, Hohen Wangelin (I. Durchgang), $n = 73$; *M. bic. femoris*, *M. longissimus dorsi*

Alter (Monate)	n	Warmmasse (kg)	MF-Anzahl pro mm ²		MF-Durchmesser (µm)		MF-Gesamtanzahl (Mill.)
			Bic	Ld	Bic	Ld	Ld
3	10 \bar{x}	57,7	733	834	36,6	35,3	2,22
	s	5,5	209	351	4,3	6,3	0,75
7	16 \bar{x}	99,9	478	560	44,5	41,9	2,26
	s	13,7	92	153	4,4	5,4	0,57
11	15 \bar{x}	170,09	341	402	53,4	49,4	2,46
	s	29,7	75	96	5,7	6,3	0,64
13	16 \bar{x}	171,1	360	364	51,7	51,6	2,11
	s	27,8	70	76	4,9	5,7	0,31
15	16 \bar{x}	224,1	318	314	54,7	55,6	2,05
	s	17,8	47	75	4,0	5,3	0,37

In der Abbildung sind die Werte von Muskelfaserdurchmesser und Muskelfasergesamtanzahl vom *M. longissimus dorsi* graphisch dargestellt.

Aus den Ergebnissen bei Rind, Schwein (FIEDLER, 1982) und Labormaus (WEBER, 1981) können wir ableiten, daß das Wachstum der Muskulatur nicht durch die Erhöhung der Gesamtanzahl Muskelfasern erfolgt, sondern durch die Vergrößerung der beim jungen Tier schon vorhandenen Muskelfasern. Diese Zahlen sagen jedoch nichts über eine mögliche Degeneration von Fasern und eine in der gleichen Größenordnung liegende Neubildung.

Eine eingehende Suche nach Erscheinungen von Degeneration und Neubildung anhand der mikroskopischen Präparate blieb jedoch beim vorliegenden Tiermaterial Rind ohne Erfolg.



Muskelfaserdurchmesser und Muskelfasergesamtzahl im M. longissimus dorsi während des Wachstums

BERGMANN (1978) schlußfolgerte aus seinen elektronenmikroskopischen Untersuchungen zur pränatalen Muskelbildung beim Schwein, daß es wenig wahrscheinlich sei, daß nach der Geburt eine Faserspaltung als neues biologisches Prinzip wirksam wird. Von WEBER (1981) wurde bei Mäusen festgestellt, daß sich die Muskelfasergesamtanzahl nach dem Abschluß der Myogenese nicht mehr verändert. Es wurden ebenfalls keine Degeneration und Neubildung beobachtet. Somit kann geschlußfolgert werden, daß die Muskelfasergesamtanzahl als Parameter für die Leistungsfrüherkennung nutzbar gemacht werden kann, wenn es gelingt, sie am lebenden Tier mittels Biopsietechnik zu bestimmen. Voraussetzung ist außerdem, daß die Wachstumsgesetze des Muskelgewebes in ihrem unterschiedlichen Verlauf von Tier zu Tier weiter erforscht werden.

Als weiterer wichtiger Parameter der Muskelstruktur, insbesondere für die Früherkennung der Fleischbeschaffenheit, gilt die Muskelfasertypenverteilung (MFTV). Die Ausführungen von FIEDLER (1982) sollen hier für die Tierart Rind ergänzt werden. Es handelt sich um vorläufige Ergebnisse. Das Tiermaterial stammt im wesentlichen aus einem Wachstumsversuch mit SMR-Bullen aus Dummerstorf.

Die histochemische Präparationstechnik zur Darstellung der Muskelfasertypen (FIEDLER, 1981) wurde für das Rind entsprechend angewendet. Zur quantitativen

Auswertung der mikroskopischen Präparate diente ein im FZT Dummerstorf auf Grund eines Neuerervorschlages gebautes, halbautomatisches Gerät zur quantitativen mikroskopischen Auswertung mit Hilfe der Dysonschen Bildaufspaltung.

In der Tabelle 2 wird die Entwicklung der Muskelmasse zusammen mit den Muskelfaserparametern dargestellt. Der Muskelfaserdurchmesser nimmt auch hier kontinuierlich zu, während sich die Muskelfasergesamtanzahl nicht wesentlich verändert.

Tabelle 2

Muskelfaserparameter während des Wachstums – Bullen, Dummerstorf, + Kälber (I. Durchgang), *M. semitendineus* (vorläufige Ergebnisse)

Alter	n ^{***}	Muskel- masse (g)	MF-Anzahl pro mm ²	MF-Durch- messer (μm)	MFTV (%)		MF-Gesamt- anzahl (Mill.)
					rote MF	weiße MF	
3 Tage	6 \bar{x}	122	2884	21,96	57,97	42,03	
	s	7	1061	4,4	4,69	4,69	
5 Monate	6 \bar{x}	487	614	39,29	44,21	55,79	1,690
	s	43	122	2,21	4,41	4,41	0,310
15 Monate	10 \bar{x}	1980	305	66,01	35,00	65,00	2,280
	s	210	62	7,87	4,73	4,73	0,477
18 Monate	7 \bar{x}	2 110	238	74,84	33,06	66,93	1,827
	s	340	59	9,09	3,96	3,96	0,283
21 Monate	10 \bar{x}	2 268	253	72,15	33,56	66,44	2,284
	s	433	57	7,88	2,03	2,03	0,621

Die Muskelfasertypenverteilung im perinatalen Bereich liegt im *M. semitendineus* bei etwa 50:50%. Im Verlauf des Wachstums verändert sich das Fasertypenverhältnis zugunsten der weißen Fasern auf etwa 30:70% (rot:weiß).

Besonders hervorzuheben ist hierbei, daß beim Rind im Gegensatz zu Schwein und Maus schon zum Zeitpunkt der Geburt eine eindeutige Faserdifferenzierung möglich ist und keine Muskelfasern vom fetalen Typ zu finden sind. Somit ist die Myogenese beim Rind schon vor der Geburt abgeschlossen, was bei der physiologischen Reife des Rindes bei der Geburt, bei den Anforderungen an die Muskulatur, bedingt durch das Herdenleben, auch nicht anders sein kann.

Die bisher in der Tabelle gezeigten Werte für das Muskelfasertypenverhältnis sind Mittelwerte für den gesamten Muskel. Der *M. semitendineus* besteht jedoch, wie auch die meisten anderen Muskeln, aus einer hellen Region, lateral gelegen, und der dunklen medialen Region. Am lebenden Tier, bei Anwendung der Biopsietechnik sind wir auf die helle, laterale Region des Muskels angewiesen.

In der Tabelle 3 sind die Ergebnisse von 15 Monate alten Bullen für die Regionen getrennt ausgewiesen. Deutlich widerspiegelt die mikroskopisch erkennbare Fleischfarbe ein unterschiedliches Muskelfasertypenverhältnis. Die helle Region des Muskels enthält wesentlich mehr weiße Muskelfasern, ein Hinweis für den

Zusammenhang zwischen mikroskopischen Muskelstrukturparametern und Fleischbeschaffenheitsmerkmalen. Diese strukturellen Unterschiede innerhalb einer Fleischscheibe sollten auch bei chemischen und physikalischen Untersuchungen stärker Beachtung finden. Der Muskelfaserdurchmesser in den beiden Regionen zeigt trotz der unterschiedlichen Muskelfasertypenverteilung keinen wesentlichen Unterschied. Das ist darauf zurückzuführen, daß beim Rind die weißen Muskelfasern nur etwa 7 μm dicker sind als die roten.

Tabelle 3

Vergleich des Muskelfasertypenverhältnisses der dunklen und hellen Region des *M. semitendineus* — Bullen, Dummerstorf (I. Durchgang), 15 Monate alt, n = 13

Region	Muskelfasertypenverhältnis		MF-Anzahl pro mm^2	MF-Querschnittsfläche (μm)	MF-Durchmesser (μm)
	rote MF (%)	weiße MF (%)			
helle R. lateral	26,34	73,67	198,08	3 725,8	68,89
dunkle R. medial	45,40	55,63	206,23	3 578,5	67,51

Tabelle 4 zeigt die Differenz beim *M. semitendineus* und *M. longissimus dorsi* bei 15 Monate alten Bullen von fünf Versuchsgruppen.

Es wurde schon erwähnt, daß für die Leistungsfrüherkennung Biopsiemethoden zur Untersuchung der Muskelstruktur angewendet werden müssen. Auch für Wachstumsuntersuchungen gibt uns die Biopsie neue Möglichkeiten, z. B. am selben Tier Wachstumsverläufe zu studieren.

Tabelle 4

Vergleich der Muskelfaserdurchmesser der roten und weißen Muskelfasern — Bullen, Dummerstorf (Nustrow) (I. Durchgang), 15 Monate alt, n = 50

Gruppe	<i>M. semitendineus</i>			<i>M. longissimus dorsi</i>			
		MF-D rot	MF-D weiß	MF-D rot	MF-D weiß		
DU I	\bar{x}	60,92	+8	68,27	64,50	+3	67,80
	s	6,09		9,21	8,63		11,38
DU III	\bar{x}	53,77	+8	61,50	52,14	+8	60,24
	s	4,43		6,63	5,74		4,15
NU I	\bar{x}	62,30	+6	68,05	62,12	+5	67,52
	s	5,46		5,99	8,46		8,78
NU II	\bar{x}	59,07	+7	66,56	59,47	+7	66,11
	s	5,18		5,49	8,34		10,66
NU III	\bar{x}	64,43	+7	71,70	64,34	+6	70,20
	s	7,84		7,01	10,29		8,65

Im Vergleich mit chirurgischer Biopsie hat sich die Schußbiopsie mit dem Gerät nach SCHÖBERLEIN auch für histologisch-histochemische Untersuchungen der Muskelfasern als gut geeignet erwiesen. Die Vorzüge der Schußbiopsie gegenüber der chirurgischen oder Nadelbiopsie wurden von SCHÖBERLEIN (1976) aufgeführt.

In der Tabelle 5 sind vorläufige Ergebnisse zum Vergleich zwischen Schußbiopsie- und Schlachtkörperproben dargestellt. Die Schußbiopsie wurde mit freundlicher Unterstützung durch Dr. von LINGERKEN und Dr. HENNEBACH von der Universität Leipzig im FZT Dummerstorf durchgeführt. Bei dieser Untersuchung wurden auch die intermediären Muskelfasern erfaßt. Es zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung des Muskelfasertypenverhältnisses, die es uns gestattet, die Möglichkeit der peri- und postmortalen Verschiebung des Fasertypenverhältnisses beim Schlachttier auszuschließen, und damit sind Beziehungen zwischen histochemischen Muskelfasermerkmalen am lebenden Tier und der Fleischbeschaffenheit im Schlachtkörper 24h post mortem durchaus denkbar. Der geringere Muskelfaserdurchmesser in der Schlachtkörpermuskulatur ist möglicherweise darauf zurückzuführen, daß die Masse der hängenden Schlachtkörperhälfte die Muskelfasern gestreckt hat bzw. der Wasserverlust der Muskulatur diese geringe Schrumpfung der Muskelfasern bewirkt.

Tabelle 5

Vergleich der Muskelfaserparameter aus Schußbiopsie- und Schlachtkörperproben – Bullen, Dummerstorf (II. Durchgang) 15 Monate alt n = 10; M. semitendineus

Probennahme	Muskelfasertypenverhältnis (%)			MF-Anzahl pro mm ²	MF-Querschnittfläche (µm ²)	MF-Durchmesser (µm)
	rote MF	inter. MF	weiße MF			
Schußbiopsie	\bar{x} 13,31	6,68	80,17	146,60	5269,1	81,75
	s 4,01	2,49	4,95	18,44	710,9	5,59
Schlachtkörper	\bar{x} 13,56	6,77	79,78	166,90	4535,1	75,75
	s 3,54	1,63	4,47	29,58	760,7	6,39

Welche Ursachen dafür auch in Frage kommen mögen, zeigt doch dieser Vergleich, daß uns die Schußbiopsie nicht nur ein bequemes und schnelles Arbeiten gestattet, sondern auch exakte Werte für die quantitativ-mikroskopische Untersuchung der Muskulatur am lebenden Tier garantiert.

Die Schußbiopsietechnik und die halbautomatische quantitativ-mikroskopische Auswertung der Präparate eröffnen zusammen mit der Mikrotom-Cryostat-Technik und der histochemischen Muskelfasertypendifferenzierung neue Möglichkeiten zur Untersuchung des Muskelwachstum am lebenden Tier sowie zur Anwendung mikroskopischer Muskeluntersuchungen für die Leistungsfrüherkennung von Mast- und Schlachtleistung, Fleischbeschaffenheit und Belastbarkeit bei Rind und Schwein.

Zusammenfassung

Als Beitrag zum Problem Wachstum und im Hinblick auf die Anwendung histologischer Parameter im Rahmen der Leistungsfrüherkennung von Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischbeschaffenheit wurde das postnatale Muskelfaserwachstum bei Bullen und Färsen mit Hilfe von Stufenschlachtungen untersucht. Es wurde festgestellt, daß sich der Muskelfaserdurchmesser im gleichen Maße vergrößert wie die Muskelmasse, jedoch die bei der Geburt vorhandene Muskelfasergesamtanzahl annähernd konstant bleibt. Das Muskelfasertypenverhältnis verändert sich während des Wachstums zugunsten der weißen, glykolytischen Muskelfasern, wobei innerhalb des Muskels wesentliche Unterschiede in der Muskelfasertypenverteilung bestehen. Die für die Leistungsfrüherkennung notwendige Probenentnahme für histologisch-histochemische Untersuchungen am lebenden Tier wurde mit Hilfe eines Schußbiopsiegerätes erfolgreich erprobt.

Summary

Title of the paper: Post-natal muscle fibre growth in cattle

The post-natal muscle fibre growth in bulls and heifers was studied by means of slaughter at different ages. This investigation was conducted with the view to making a contribution to the problem of growth and with regard to the application of histological parameters for early detecting fattening and slaughter performance as well as meat quality. Muscle fibre diameter was found to increase at the same rate as muscle weight, with the total number of muscle fibres at the time of birth remaining almost constant. The proportion of the various types of muscle fibres was found to change during growth in favour of white, glycolytic muscle fibres, considerable variations being observed within the muscle as to muscle fibre type distribution. A shot biopsy device was successfully tested for sampling on live animals to make histological and histo-chemical investigations applicable to early performance detection.

Резюме

Название работы: Рост мышечных волокон у крупного рогатого скота после рождения

В целях изучения проблемы роста и в интересах применения гистологических параметров для раннего распознавания откормочных и убойных качеств, а также качества мяса, путем убоя животных группы в различном возрасте был исследован рост мышечных волокон у бычков и телок после рождения. При этом было установлено, что диаметр мышечных волокон увеличивается по мере прироста массы мышц; имеющееся при рождении общее количество мышечных волокон остается, однако, почти константным. Соотношение отдельных типов мышечных волокон меняется в тече-

ние роста в пользу белых волокон мышц, причем между животными существуют существенные различия по распределению отдельных типов мышечных волокон в данной мышце. Пробы ткани, необходимы для проведения гистологических исследований в целях раннего прижизненного определения мясной продуктивности, были взяты при помощи биопсии со стрелчатым механизмом. Данный метод оказался успешным.

Literatur

- BERGMANN, V.: Prinzipien der pränatalen Muskelbildung beim Schwein aus der Sicht ultrastruktureller Befunde. In: LYHS, L.: Umwelt und Leistung landwirtschaftlicher Nutztiere. Jena: VEB Gustav-Fischer-Verlag 1978, S. 185–191
- FIEDLER, I.; WEBER, Ch.: Methodische Untersuchungen zur Auswahl einer histochemischen Routinemethode für die Differenzierung von Muskelfasertypen. Z. Mikroskop.-Anatom. Forsch., Leipzig 95 (1981) 6, S. 1027–1034
- FIEDLER, I.: Postnatales Wachstum der Muskelfasern beim Schwein. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin (1983) 209, S. 87–94
- OTTO, E.; WEGNER, J.: Quantitativ-mikroskopische Untersuchungen der Muskelfaser und ihre Beziehung zum Fleischansatz beim Schwein. Arch. Tierzucht, Berlin 19 (1976) 6, S. 419–429
- PETROV, J.: Über die postnatale Entwicklung der Skelettmuskelzellen beim Schwein. Zbl. Veter.-Med., Berlin (West), Hamburg 5 (1976) 3, S. 224–243
- SCHÖBERLEIN, L.: Die Schußbiopsie – eine neue Methode zur Entnahme von Muskelproben. Monath. Veter.-Med., Jena 31 (1976) 12, S. 457–460
- WEBER, Ch.: Postnatale Entwicklung und selektionsbedingte Veränderungen der Muskelfasern im M. rectus femoris von Labormäusen. Berlin, Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Diss. (A), 1981
- WEGNER, J.; MÖLLER, U.: Ein Beitrag zur Rationalisierung quantitativ-mikroskopischer Untersuchungen. Z. med. Labortechnik, Berlin 17 (1976), S. 357–359

Anschrift des Verfassers

Dr. JOCHEN WEGNER

Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf–Rostock
– Bereich Züchtungsforschung –
der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR
2551 Dummerstorf, Kreis Rostock