

Methodischen Fragen widmeten sich die letzten Beiträge. *Klosowska* (VR Polen) berichtete über „Histologische Untersuchungen zur Faserdifferenzierung“. Ein Transport vor dem Schlachten bewirkt im Muskelgewebe eine Abnahme der oxydativen Enzymaktivität, eine Zunahme der ATPase-Aktivität und der Riesenfaser sowie einen Verlust an Glykogen. Es wurden Beziehungen zu Fleischbeschaffheitsmängeln aufgezeigt.

Ebenfalls mit der Fleischbeschaffenheit beschäftigten sich *Richter* und *Schöberlein*. Sie behandelten die „Erfassung postmortaler Veränderungen am Schweinefleisch“. Für neuartige Messungen auf

der Basis der Impulsverformung kurze Zeit nach der Schlachtung wurden die Grenzwerte zur Differenzierung von normalem und PSE-Fleisch vorgestellt.

Pinkas berichtete über die „Bestimmung der Fleischqualität in Bulgarien“. Die Erhöhung der Zunahmen führte zu einer Verschlechterung der Qualitätseigenschaften. Die erhaltenen Resultate bilden die Grundlage für die Erarbeitung komplexer Selektionsindizes.

Die Vorträge werden im vollständigen Wortlaut im Tagungsbericht Nr. 236 der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften gedruckt.

Aus dem Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf – Rostock der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR

Muskelstrukturmerkmale in Beziehung zu Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit^{x)}

Dr. J. Wegner, Dr. Ilse Fiedler und Dr. Charlotte Rehfeldt

Zusammenfassung

Es werden die Ergebnisse von mikroskopischen Untersuchungen des Muskelgewebes in der Abteilung Fleischforschung des Forschungszentrums für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock dargestellt. Die Ergebnisse zum Wachstum bei Rind, Schwein und Maus brachten Erkenntnisse zu den komplexen Veränderungen von Muskelfaseranzahl, -dicke und -typenverteilung und deren Zusammenhang zu Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit. Selektionsversuche mit Labormäusen zeigten, daß eine Selektion auf Körpermasse oder Proteinansatz zu einer Vergrößerung der Muskelfasern führte und den Anteil weißer Fasern erhöhte. Bei Rindern und Schweinen wurde ein Zusammenhang zwischen dem Anteil der weißen Fasern und der Fleischbeschaffenheit nachgewiesen.

Innerhalb der Fleischforschung hat die Untersuchung des Muskelgewebes mit Hilfe mikroskopischer Methoden international und auch im Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock einen geachteten Platz eingenommen. Fleisch ist biologisch betrachtet Skelettmuskulatur und die zellulären Bausteine des Muskels sind die Muskelfasern.

Davon ausgehend wurden im Forschungszentrum vor etwa 15 Jahren die mikroskopischen Untersuchungen des Muskelgewebes an Schlachtkörpern von Rindern und Schweinen aufgenommen, um die Zusammenhänge zwischen Muskelstruktur, insbesondere der Muskelfaserdicke und dem Fleisch- und Fettansatz sowie der Fleischbeschaffenheit zu erkennen.

Die Autoren fanden einen engen Zusammenhang zwischen der Muskelfaserdicke und den Merkmalen des Fleischansatzes bei wachsenden Tieren. Bei Herausnahme des Alterseinflusses blieben wesentlich geringere Korrelationskoeffizienten von $r = +0,2$ bis $+0,4$, die es nicht erlaubten, sichere Aussagen zum Schlachtwert des Einzeltieres allein auf der Grundlage von Muskelfaserdickenmessungen zu machen /7/. So sind die Ursachen für die hohen positiven Korrelationskoeffizienten, die in der Literatur genannt werden, beispielsweise auch darin zu suchen, daß für zahlreiche Untersuchungen an Rindern in den USA Untersuchungsmaterial unbekannter Herkunft von Tieren verschiedenen Alters verwendet wurde.

Histologie des Muskelgewebes

Am Fleischanschnitt ist mit bloßem Auge die sogenannte Körnung des Fleisches zu sehen, die in Längsrichtung betrachtet, z. B. am gekochten Fleisch, als Fleischfaser sichtbar wird. Dabei handelt es sich jedoch nicht um Muskelfasern, denn diese sind durchschnittlich nur

etwa 50 ... 100 μm dick. Die Körnung des Fleisches bzw. die Fleischfasern ergeben sich aus der Bündelstruktur des Muskelgewebes. Die Muskelfasern sind in Primär-, Sekundär- und Tertiärbündeln angeordnet und nur diese sind makroskopisch erkennbar. Die oft starken Bindegewebestränge, die wie Maschen eines Netzes den ganzen Muskel im Querschnitt durchziehen und die Bündelstruktur hervorrufen, sind im Fleisch u. a. für die Zartheit verantwortlich. Eine wesentliche Bedeutung für den Geschmack und die Saftigkeit des Fleisches hat das intramuskuläre Fettgewebe. Die Fettzellen sind als Ansammlung zwischen den Muskelbündeln angeordnet. Sie sind etwa so groß wie Muskelfasern. Jede Muskelfaser wird durch Blutkapillaren versorgt. Das Kapillar-Faserverhältnis ist einer der Parameter für eine optimale Muskelstruktur.

Die Varianz des Muskelfaserdurchmessers besonders im *M. longissimus dorsi* beim Schwein ist innerhalb der Muskelprobe recht hoch. In der medizinischen Literatur wird diese Erscheinung als pathologische Faservariabilität bezeichnet. Besonders interessant sind die sogenannten Riesenfaser, die von Kollegen aus der ČSSR als „Hydrops“ bezeichnet werden. Eine Bezeichnung, die auf die Wäßrigkeit solchen Fleisches hindeutet. Bei Untersuchungen an Schweinen werden bei etwa 50 % der Tiere diese Riesenfaser gefunden, die allerdings nur einem Anteil von etwa 1 ... 5 % der Gesamtfaserzahl entsprechen.

Bei Biopsieproben fanden die Autoren keine Riesenfaser. Es handelt sich also wahrscheinlich um eine cytoarchitektonische Veränderung post mortem. Beim Vergleich zwischen den Tierarten und den Muskeln ist eindeutig feststellbar, daß Riesenfaser hauptsächlich im *M. longissimus dorsi* der Schweine zu finden sind, einem Muskel, der züchterisch stark bearbeitet wurde.

Eine neue Etappe der mikroskopischen Untersuchungen des Muskelgewebes bedeutete die histochemische Differenzierung der Muskelfasertypen.

Zur Differenzierung der Muskelfasertypen stehen verschiedene histochemische Reaktionen zur Verfügung. Im eigenen Labor wird routinemäßig die Diaphorasereaktion angewendet. Ein Vergleich der Methoden wurde von *Fiedler* und *Weber* /2/ durchgeführt. Ein halbautomatisches Meßgerät für Muskelfasern wurde in Zusammenarbeit mit der Abteilung Forschungstechnologie des Forschungszentrums gebaut /1/. Neben Rindern und Schweinen wurden, besonders zur Klärung von züchterisch-genetischen Fragestellungen, Labormäuse in die mikroskopischen Untersuchungen einbezogen. Der große Vorteil der Mäuse liegt darin, daß die Muskelfasern des gesamten Muskels gezählt werden können, obwohl die Muskelfasern kaum kleiner sind als beim Nutztier. Es sind in diesem Muskel etwa 4000 Fasern,

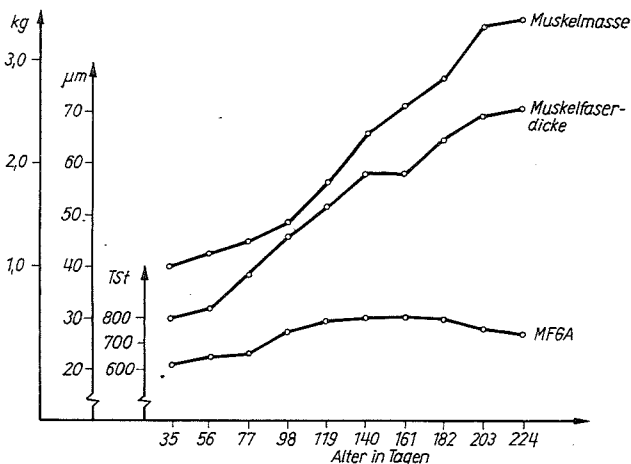
^{x)} Vortrag, gehalten auf der wissenschaftlichen Fachtagung mit internationaler Beteiligung „Fleischerzeugung und -bewertung bei Rind und Schwein“ am 17. und 18. Januar 1985 in Rostock.

während es beim Rind und Schwein im *M. longissimus dorsi* 1... 2 Millionen sind. Beim Nutztier führen nur theoretische Berechnungen zum Parameter Muskelfasergesamtanzahl, solange es nicht möglich ist, den Muskel am lebenden Tier exakt zu messen.

Ergebnisse

Die Untersuchungen zum Wachstum bei der Labormaus sowie beim Rind und Schwein brachten auf der zellulären Ebene zahlreiche Erkenntnisse zu den komplexen Veränderungen von Muskelfaseranzahl, Muskelfaserdicke und der Verteilung der Muskelfasertypen sowie deren Zusammenhang zum Fleischansatz und zur Fleischbeschaffenheit /5,6,8,10/. So ergibt sich die Muskelfaserquerschnittsfläche, die mit der Muskelmasse und den wertvollen Fleischteilstücken hoch korreliert ist, aus der Muskelfaserdicke und der Muskelfasergesamtanzahl. Dabei korreliert die Muskelfaserdicke bei gleichaltrigen Tieren mit $r = +0,2$ bis $+0,5$ und die Muskelfasergesamtanzahl mit $r = +0,3$ bis $+0,5$ zum Fleischansatz. Während des Wachstums der Tiere bleibt die Muskelfasergesamtanzahl annähernd konstant, dagegen steigt die Muskelfaserdicke in gleichem Maße, wie die Muskelmasse oder andere Fleischansatzmerkmale (Bild 1).

Die Fütterungsversuche ergaben eine Beeinflussung der Muskelfaserdicke, jedoch keine Veränderung der Muskelfasergesamtanzahl.



1 Muskelfasergesamtanzahl (MFGA), Muskelfaserdicke und Muskelmasse während des Wachstums beim Schwein (n = 155)

Die Konstanz der Muskelfasergesamtanzahl führte zu der Feststellung, daß diese hauptsächlich genetisch determiniert ist und ihre Beeinflussung auf züchterischem Wege auch hinsichtlich der Fleischbeschaffenheit lohnenswert erscheint. Ihre Konstanz erlaubt es weiterhin, sie am jungen Tier zu bestimmen und für eine Leistungsfrüherkennung zu nutzen, wenn es gelingt, sie am Nutztier hinreichend genau zu bestimmen.

In einem Selektionsexperiment mit Labormäusen /9/, eine Gemeinschaftsarbeit mit der Abteilung Modelltierlabor des Forschungszentrums über 7 Generationen, konnte nachgewiesen werden, daß eine Selektion auf Körpermasse oder Proteinansatz zu einer Vergrößerung der Muskelfasern führte und vor allem auch zu einer Erhöhung des Anteils weißer Muskelfasern. Die Muskelfasergesamtanzahl erhöhte sich bei diesen Selektionsvarianten nicht wesentlich.

Wurden die Tiere jedoch zusätzlich nach Belastbarkeit selektiert, erhöhte sich die Muskelfasergesamtanzahl. Das bestätigt die Tatsache, daß durch die Selektion auf ein hohes Fleischansatzvermögen, verbunden mit einer geringen Muskelbelastung bei industriemäßigen Haltungsverfahren, eine Veränderung der optimalen Muskelstruktur in Richtung einer geringen Gesamtanzahl an Muskelfasern und einer schnellen Hypertrophie stattfindet. Daß diese Entwicklung mit einer Verschlechterung der Fleischbeschaffenheit verbunden ist, konnte an mehreren Versuchen bei Schweinen gezeigt werden /3, 5/.

Bei dem in Tabelle 1 dargestellten Wachstumsversuch mit SPF-Schweinen wird ein deutlicher Zusammenhang des Anteils weißer

Tabelle 1: Muskelstruktur und Schlachtleistung bei Schweinen, gruppiert nach dunklem (Gruppe 1), mittlerem (Gruppe 2) und hellem (Gruppe 3) Fleisch während des Wachstums (Stufenschlachtung)

Alter n	119	140	161	182	203	224	245
	55	51	49	45	63	57	29
	Gruppe						
Nettotageszunahme (g)	1	294	338	366	414	402	434
	2	327	380	409	431	451	428
	3	354	382	432	446	470	462
Masse Fleischteilstücke (kg)	1	8,4	10,0	13,8	16,8	18,2	20,4
	2	9,4	12,8	14,9	17,4	20,1	20,3
	3	9,8	12,9	15,6	18,2	20,3	22,1
Fläche des <i>M. longissimus dorsi</i> (cm ²)	1	21	20	26	32	33	37
	2	21	26	29	32	37	35
	3	21	25	29	35	35	39
Anzahl weißer Muskelfasern (%)	1	70	69	77	74	71	77
	2	71	75	76	75	77	77
	3	74	77	78	80	80	81

Gruppe 1: Remissionswert 10,0 ... 16,9 %

Gruppe 2: Remissionswert 17,0 ... 24,0 %

Gruppe 3: Remissionswert 24,1 ... 36,0 %

Fasern mit den Schlachtleistungsmerkmalen und mit der Fleischhelligkeit sichtbar. Dieser Zusammenhang wird in allen untersuchten Altersgruppen deutlich. Die Korrelationskoeffizienten liegen zwischen $r = +0,3$ bis $r = +0,5$. Ein Nachweis der Beziehungen zwischen dem Anteil weißer Muskelfasern beim Jungtier und der Fleischbeschaffenheit desselben Tieres zum Schlachtzeitpunkt muß noch erbracht werden. Für morphometrische und histochemische Untersuchungen am lebenden Tier ist die Schußbiopsie nach *Schöberlein* hervorragend geeignet /11/.

Am Untersuchungsmaterial der bisher geschlachteten 40 Tiere wurden für die Beziehungen zwischen dem Anteil der weißen Fasern und der Helligkeit Korrelationskoeffizienten von $r = +0,5$ (Schlachtkörper) und $r = +0,3$ (Biopsie) gefunden.

Die mikroskopischen Untersuchungen des Muskelgewebes waren zunächst Grundlagenuntersuchungen zur Muskelbiologie, die notwendig sind, da bisher sowohl von Medizinern und Biologen als auch von Züchtern der Myologie, im Vergleich zu anderen Organlehren, zu wenig Beachtung geschenkt wurde.

Im Ergebnis der gegenwärtig noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen bei Rind, Schwein und Maus, werden weitere Aussagen zur Anwendung von Muskelstrukturuntersuchungen in der praktischen Tierzucht, insbesondere im Hinblick auf Möglichkeiten der Leistungsfrüherkennung von Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit erwartet. Dazu gehören zukünftige Selektionsexperimente mit Muskelstrukturparametern u. a. in Zusammenarbeit mit der Karl-Marx-Universität Leipzig und ein mit Computer durchgeführtes Selektionsexperiment. Von besonderem Wert sind auch die Arbeiten, die gemeinsam mit polnischen Kollegen aus Bydgoszcz seit 5 Jahren in arbeitsteiliger Zusammenarbeit auf der Grundlage der Verträge der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften mit der Polnischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt werden.

Literatur

- 1/ Beyersdorfer, G.; Ohlerich, M.; Wegner, J.; Z. mikrosk.-anat. Forsch., Leipzig (1985 im Druck)
- 2/ Fiedler, I.; Weber, Ch.; Z. mikrosk.-anat. Forsch., Leipzig 95 (1981) 6, S. 1027-1034
- 3/ Fiedler, I.; Otto, E.; Fleisch, Leipzig 36 (1982) 11, S. 213-214
- 4/ Fiedler, I.; Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin (1983) 209, S. 87-94
- 5/ Fiedler, I.; Ender, K.; Tierzucht, Berlin 38 (1984) 6, S. 251-252
- 6/ Klosowska, D.; Klosowski, B.; Fiedler, I.; Wegner, J.; Arch. Tierzucht, Berlin (1985 im Druck)
- 7/ Otto, E.; Wegner, J.; Arch. Tierzucht, Berlin 19 (1976) 6, S. 419-429
- 8/ Rehfeldt, Ch.; Fiedler, I.; Arch. exper. Vet. med., Leipzig 38 (1984) S. 178-192
- 9/ Rehfeldt, Ch.; Otto, E.; Arch. Tierzucht, Berlin (1985 im Druck)
- 10/ Wegner, J.; Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin (1983) 209, S. 135-142
- 11/ Wegner, J.; Schöberlein, L.; Mh. Vet.-Med., Berlin 39 (1984) S. 665-667