

Aus dem Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere Dummerstorf

JOCHEN WEGNER, KLAUS ENDER und HARTMUT LANGHAMMER⁺

Charakterisierung des Wachstums von Muskelfasern und Fettzellen unter dem Einfluß des Wirkstoffes Zeranol beim Rind

Zeranol gehört zur Gruppe der RAL's (β -resorcylic acid lactone). Es ist chemisch eng mit dem Mykotoxin Zearalenon verwandt, aus dem es industriell gewonnen werden kann. Zeranol ist somit eine körperfremde Verbindung und wird als sexualhormonwirksames Anabolikum beim Rind eingestuft (KARG, 1987). Neben östrogenen Effekten entfaltet Zeranol auch noch auf anderen Wegen Wirkungen, deren Mechanismen noch nicht in allen Einzelheiten geklärt sind. So bedingt es in der Hypophyse eine vermehrte Ausschüttung von Wachstumshormon. Die anabole Wirkung äußert sich in erhöhtem Proteinansatz, geringerer Fettbildung und schnellerem Wachstum.

Die zahlreichen Ergebnisse in der Literatur, insbesondere zur Anwendung von Zeranol in der Ochsenmast, dokumentieren 8-30% höhere tägliche Zunahmen bei den behandelten Tieren. Bei Bullen sind die Effekte demgegenüber sehr widersprüchlich dargestellt (Literaturübersicht bei PAPSTEIN u. a., 1992).

In der Ochsenmast werden durch Zeranol und andere sexualhormonwirksame Anabolika weltweit jährlich etwa eine Million Tonnen Fleisch zusätzlich produziert. Das Risiko für den Verbraucher wird hinsichtlich der hormonalen Wirkung als unbedenklich eingestuft.

Nach derzeitigem Stand sind von Zeranol gentoxische und tumorinitierende Wirkungen nicht bekannt (KARG, 1989). Der Einsatz von Zeranol ist in den EG-Staaten seit dem 1. Januar 1988 aus politischen Gründen untersagt. Die hier vorzustellende Untersuchung ist als Beitrag zur Grundlagenforschung auf dem Gebiet Muskelbiologie und Wachstum zu betrachten. Wachstum bedeutet Vermehrung der Zahl der Zellen und ihre Vergrößerung, sowie den Einbau von Substanzen in die Zellen.

Durch quantitativ-mikroskopische Untersuchungen an Biopsieproben kann das Wachstum von Muskelfasern und Fettzellen nachgewiesen werden. Die mit Hilfe der Schußbiopsie mehrmals während des Wachstums am selben Tier gewonnenen Proben haben eine wesentlich höhere Aussagefähigkeit als Stufenschlachtungen (WEGNER und ENDER, 1990; REHFELDT und ENDER, 1993).

An den mikrostrukturellen Bausteinen des Fleisches, Muskelfasern und Fettzellen, soll im folgenden die Wirkung von Zeranol während des Wachstums charakterisiert werden.

Material und Methoden

Im Versuch standen 80 Bullenkälber der Rasse Schwarzbuntes Milchrind (SMR), wovon 20 bis zu einem Gewicht von 500 kg gemästet wurden.

⁺ verstorben

Diese 20 Tiere (10 Versuchstiere, 10 Kontrollen) sind Gegenstand der vorliegenden Auswertung. 60 Tiere wurden in Stufen von 180, 300 und 400 kg Lebendgewicht geschlachtet. Auch diese Tiere wurden mikroskopisch untersucht und zur Bestätigung der Ergebnisse herangezogen. Durch die Stufenschlachtungen sind sie jedoch nur bedingt vergleichbar. Das verwendete Zeranol-Präparat hat die Bezeichnung RALGRO und wurde von der Firma "International Minerals and Chemical Corporation, Veterinary Products Division, Terre Haute, USA" zur Verfügung gestellt.

Die Applikation des Präparates erfolgte durch die subcutane Implantation von 3 Pellets 36 mg Zeranol) über eine Implantationspistole in die Nähe der Hinterohrbasis. Die Erstimplantation wurde beim Kalb am 1. Lebenstag durchgeführt, weitere Implantationen am 85., 170. und 255. Lebenstag. Die Wirkdauer wird mit 90-100 Tagen angegeben.

Der frühe Zeitpunkt der Implantation ist erforderlich, da infolge der östrogenen Wirkung von Zeranol eine Anwendung nur bei Tieren sinnvoll ist, die entsprechende Hormone nicht oder noch nicht in ausreichend wirksamen Mengen produzieren.

Die Probengewinnung für die mikroskopische Untersuchung der Muskelfasern und Fettzellen mit Hilfe der Schußbiopsietechnik (SCHÖBERLEIN, 1976; WEGNER u. a.; 1988) erfolgte am 140., 180., 240., 300. und 400. Lebenstag aus dem Muskelbauch des M. semitendinosus (Abb. 1).

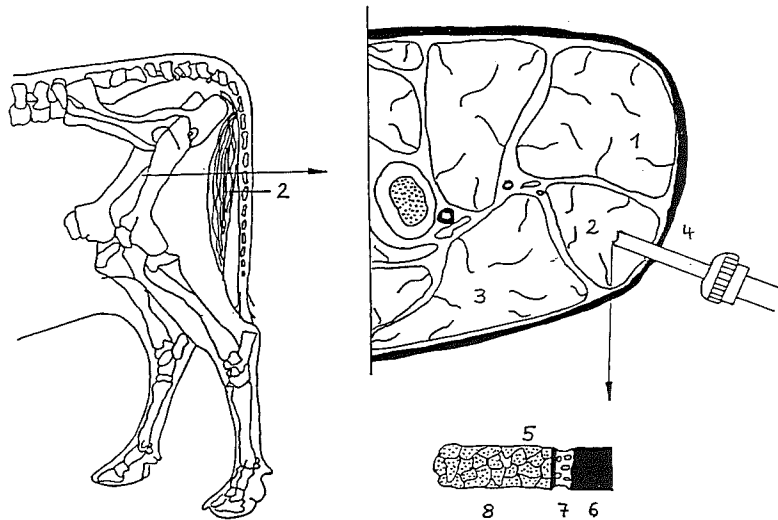


Abb. 1: Schußbiopsie beim Rind - Anatomische Lage des M. semitendinosus und Biopsieprobe, 1 M. semimembranosus, 2 M. semitendinosus, 3 M. biceps femoris, 4 Biopsiekannüle, 5 Biopsieprobe, 6 Haut, 7 subcutanes Fett, 8 Muskel) (Shot biopsy of cattle-anatomical position of M. semitendinosus and biopsy sample 1 M. semimembranosus, 2 M. semitendinosus, 3 M. biceps femoris, 4 biopsy tubule, 5 biopsy sample, 6 hide, 7 subcutaneous fat, 8 muscle)

Sofort nach der Entnahme der Probe aus der Biopsiekanüle wurden die subcutane Fettschicht zusammen mit der Haut und die Muskelprobe auf Korkstücken geklebt und in flüssigen Stickstoff eingefroren. Von den Proben wurden mit dem Cryostat-Mikrotom (-20°C) Querschnittspräparate von 10 µm Dicke hergestellt und die Muskelschnitte mit der modifizierten Ca⁺⁺ abhängigen Myosin-ATPase-Reaktion nach SZENTKUTI und EGGERS (1985) differenziert. Bei dieser Methode wird eine Trennung zwischen Typ I (langsam kontrahierende, oxidative, rote) Typ IIA (intermediäre) und Typ IIB (schnell kontrahierende, glykolytische, weiße) Muskelfasern erreicht. Auf Grund der Verwendung des Farbstoffes Azur-A und der alkalischen Vorinkubation bei pH 10,4 sind die IIB (weißen) Muskelfasern dunkelblau und die IIA (intermediären) hellblau gefärbt. Die Typ I-Fasern (roten) haben keinen Farbstoff angenommen.

Zur Untersuchung der subcutanen Fettzellen wurden ungefärbte Schnittpräparate ausgewertet. Für die quantitativ-mikroskopische Untersuchung der Muskelfasern und Fettzellen diente ein halbautomatischer, computergeschützter Mikroskopbildanalysator "MBA2" (BEYERSDORFER u. a., 1985). Von jeder Biopsieprobe wurden 500 Muskelfasern und 250 Fettzellen gemessen. Die Zählung der Zellkerne erfolgte mikroskopisch an Hämalaun-Eosin(HE)-Präparaten auf der Basis zufällig ausgewählter Primärbündel (ca 150 Zellen).

Die Sarkomerenlänge ergibt sich aus der Zählung der dunklen Querstreifen (Myosinfilamente) auf ca 20 µm langen Stücken von 10 Myofibrillen pro Probe bei 1250facher Mikroskopvergrößerung. Die Myofibrillensuspension in EDTA-Puffer erhält man durch Zerkleinern von Muskelgewebe 30 Sekunden im Ultra-Turax-Mixer.

Zwischen Kontrollgruppe und behandelten Tieren sowie zwischen den Altersstufen wurde der t-Test zur Ermittlung der Signifikanz der Mittelwertdifferenzen bei p=0,05 Irrtumswahrscheinlichkeit durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zum Einfluß der RALGRO-Implantation auf die Mast- und Schlachtleistung, Fleischbeschaffenheit und Geschlechtsmerkmale, der hier für die mikroskopischen Untersuchungen verwendeten Tiere sind bei PAPSTEIN u. a. (1992) zu finden. RALGRO hatte keinen Einfluß auf die Lebendgewichtsentwicklung. In einigen Ergebnissen der Stufenschlachtungen war ein erhöhter täglicher Ansatz von Fleisch und Fett zu Lasten der Knochenentwicklung sichtbar. Die Fleischbeschaffenheit war durch RALGRO nicht beeinflusst. Die östrogene Wirkkomponente von RALGRO bewirkte eine deutliche Verzögerung der Ausbildung primärer und sekundärer Geschlechtsmerkmale.

Muskelfaserdurchmesser

Die mit RALGRO implantierten Bullen haben ab dem 180. Lebenstag in der Tendenz größere Muskelfasern im M. semitendinosus. Besonders deutlich wird das bei den roten (Typ I) Muskelfasern. Am 240. Lebenstag ist der Unterschied in der Muskelfasergröße signifikant. Diese Vergrößerung der Muskelfasern durch RALGRO wird durch den signifikant erhöhten täglichen Fleischansatz und den erhöhten Anteil Fleisch im Schlachtkörper der behandelten Tiere bestätigt (PAPSTEIN u. a., 1992). In der Literatur sind die Angaben zur Veränderung der Muskelfasergröße durch Zeranol widersprüchlich.

UHRIN und KICA (1989) beobachteten in drei untersuchten Muskeln von mit RALGRO behandelten Bullen größere Muskelfasern auf Grund der, wie sie schlussfolgern, anabolen Wirkung des Präparates. YOUNG u. a. (1986) berichteten, daß die Muskelfaserflächen durch die Behandlung bei Bullen nicht vergrößert sind. SEIDEMAN u. a. (1986) fanden bei einem Vergleich von Bullen, Ochsen und mit RALGRO behandelten Bullen ebenfalls keine Unterschiede zwischen behandelten und nicht behandelten Bullen. Die Ochsen hatten jedoch signifikant kleinere Muskelfaserquerschnittsflächen. Die Angaben in der Literatur beruhen ausschließlich auf Muskelproben von Schlachttieren. Die mit Hilfe der Schußbiopsietechnik am lebenden Tier ermittelten Werte der vorliegenden Untersuchungen zeigen demgegenüber die Dynamik der Zeranolwirkung während des Wachstums. Besonders deutlich zeigt sich die anabole Wirkung von Zeranol in der erhöhten Wachstumsgeschwindigkeit vom 180. bis 240. Lebenstag bei allen drei Fasertypen (Die intermediären Fasern sind in Abbildung 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Sie verhalten sich wie die roten Muskelfasern).

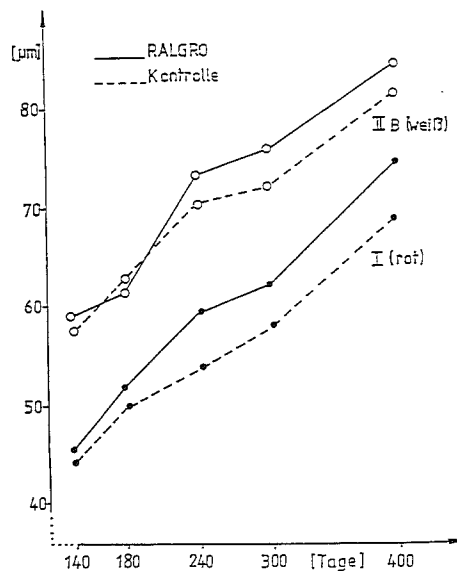


Abb. 2: Veränderung der Muskelfaserdurchmesser während des Wachstums unter dem Einfluß von RALGRO (Changes of the muscle fiber diameters during growth under the influence of RALGRO)

Die Verminderung der Wachstumsgeschwindigkeit vom 240. bis 300. Lebenstag, die auch bei den weißen Muskelfasern der Kontrolltiere zu beobachten ist, kann durch den Eintritt der Tiere in die Geschlechtsreife erklärt werden.

Muskelfasertypenverhältnis

Der Muskelstoffwechsel wird u. a. durch das Vorhandensein von mehr oder weniger Fasern eines Typs bestimmt. Dabei repräsentieren weiße, IIB-Fasern den glykolytischen und rote, Typ I-Fasern den oxidativen Stoffwechsel.

Der Einfluß der Zeranolimplantation auf die Muskelfasertypenverteilung äußert sich dahingehend, daß vom 140. bis 180. Lebenstag ein signifikanter Anstieg des Anteils weißer und intermediärer Muskelfasern und ein starker Abfall des Anteils roter Muskelfasern als Ausdruck für intensives Wachstum im Vergleich zur Kontrolle stattfindet. Im weiteren Verlauf des Wachstums fällt der in der Tendenz erhöhte Anteil weißer und roter Muskelfasern und der verringerte Anteil intermediärer Fasern auf, der am 240. Tag signifikant ist. Zum Schlachtzeitpunkt gibt es keine signifikanten Unterschiede in der Muskelfasertypenverteilung. Aus der Abbildung 3 wird außerdem deutlich, daß sowohl bei behandelten Tieren als auch bei den Kontrolltieren vom 140. zum 180. Lebenstag eine Verringerung des Anteils roter Fasern und eine Erhöhung des Anteils intermediärer und weißer Fasern auftritt.

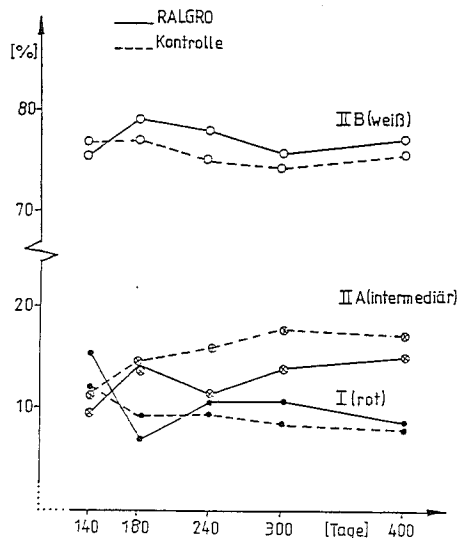


Abb. 3: Veränderung der Muskelfasertypenverteilung (Changes of the composition of the types of the muscle fibres)

Dies ist eine normale Erscheinung der wachstumsbedingten Faserumwandlung im juvenilen Bereich. In früheren Wachstumsuntersuchungen an Hand von Stufenschlachtungen beim Rind (WEGNER, 1983) konnte gezeigt werden, daß sich der Anteil weißer Muskelfasern von ca 50% bei der Geburt auf über 70% beim Schlachtier erhöht. Die Ergebnisse in der Literatur sind wegen der unterschiedlichen Methoden der Typendifferenzierung kaum vergleichbar. YOUNG u. a. (1986) schlußfolgern aus ihren Ergebnissen an Schlachtieren, daß Zeranol möglicherweise eine geringfügige Veränderung des Muskelstoffwechsels bewirkt. UHRIN und KICA (1989) fanden einen in der Tendenz höheren Anteil weißer Muskelfasern. Eine wesentliche Veränderung der Muskelfasertypenverteilung durch Zeranol und ihr Einfluß auf die Fleischbeschaffenheit konnte weder in der Literatur noch in den vorgelegten Ergebnissen festgestellt werden.

Muskelzellkerne

Die Muskelfaser ist ein vielkerniger Zellverband, wobei zwischen den Muskelzellkernen und den Satellitenzellkernen unterschieden wird.

Nur letztere zeigen postnatal mitotische Aktivität und sind als Zellkernspender für die Vermehrung der Zellkerne während des postnatalen Wachstums der Muskelfaser zuständig (MOSS und LEBLOND, 1971).

Die Zellkernproliferation ist ein wesentlicher Basisprozeß des Wachstums. Die Muskelzellkerne können lichtmikroskopisch nicht von den Satellitenzellkernen unterschieden werden. Etwa 4-8% der Kerne sind Satellitenzellkerne (SWATLAND, 1984). In Abbildung 4 sind die Ergebnisse zu den insgesamt pro Muskelfaser gezählten Kernen enthalten.

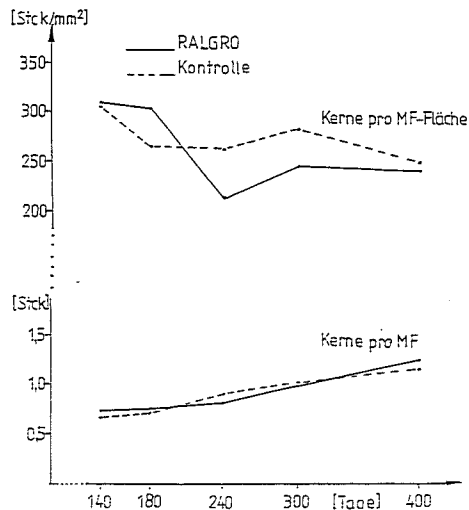


Abb. 4: Wachstumsbedingte Veränderung der Kernzahl pro Muskelfaser und Kernzahl pro Muskelfaserfläche unter dem Einfluß von RALGRO (Growth-conditioned changes of the number of nuclei per muscle fiber and the number of nuclei per muscle fiber surface influenced by RALGRO)

Die Anzahl der Kerne pro Muskelfaser erhöht sich während des Wachstums sowohl bei der Versuchs- als auch bei der Kontrollgruppe etwa auf das 1,7fache. Bei den mit RALGRO behandelten Tieren ist zunächst vom 140. bis 240. Lebenstag keine Erhöhung festzustellen. Die Kernzahl pro Muskelfaserfläche, auch als Kern-Plasma-Verhältnis verstanden (REHFELDT und BÜNGER, 1990) verringert sich bei Versuchs- und Kontrolltieren vom 140. bis 400. Lebenstag signifikant. Vom 180. bis 240. Lebenstag erfolgt ein besonders starker Abfall des Kern-Plasma-Verhältnisses bei den mit RALGRO implantierten Tieren. Diese Verringerung ist bedingt durch die vom 140. bis 240. Lebenstag gleichbleibende Anzahl von Kernen pro Muskelfaser einerseits und das starke Wachstum der Muskelfasern in diesem Zeitabschnitt andererseits (siehe Abb. 2). Darauf folgt vom 240. Lebenstag bis 300. Lebenstag bei Versuchs- und Kontrolltieren eine Erhöhung der Anzahl Kerne pro Muskelfaserfläche auf Grund des geringen Wachstums der Muskelfasern (siehe Abb. 2). Die Verringerung des Kern-Plasma-Verhältnisses während des Wachstums besonders im Zeitabschnitt vom 180. bis 240. Lebenstag ist ein weiteres Merkmal der Förderung des Muskelwachstums durch Zeranol im Sinne einer Proteinakkumulation in den Muskelfasern. Zum gleichen Ergebnis kamen REHFELDT u. a. (1993) bei der Verabreichung von Clenbuterol an Ratten. Clenbuterol erzeugte eine verstärkte Faserhypertrophie ohne zusätzliche Kernvermehrung.

Auch die Selektion von Mäusen auf Eiweißansatz brachte in der 40. Generation ein verringertes Kern-Plasma-Verhältnis im Muskel (REHFELDT und BÜNGER, 1990).

Sarkomerenlänge

Die Sarkomerenlänge ist als ein Parameter für die Zartheit bei Rindfleisch und als Maß für den Kontraktionszustand des Muskels nach verschiedener postmortaler Behandlung bekannt (SMULDERS u. a., 1990). Es gab aber auch Versuche, die Sarkomerenlänge als Parameter des Längenwachstums der Muskelfasern zu betrachten (HEGARTY, 1974). Er fand jedoch bei wachsenden Mäusen und Schweinen keine Beeinflussung der Sarkomerenlänge durch das Alter. Gleiche Ergebnisse erhielten CHEREPANOV und LAGUTINA (1984) bei Rindern verschiedenen Alters. Bezüglich des Längenwachstums der Muskelfasern wird hauptsächlich davon ausgegangen, daß sich Sarkomeren an den Enden der Fasern anlagern. Den Sarkomeren selbst wird ein geringes Wachstum zugesprochen (YOUNG, 1974). An einem Teiltiermaterial wurde deshalb neben der Untersuchung des Einflusses von RALGRO diese Problematik überprüft (Abb. 5).

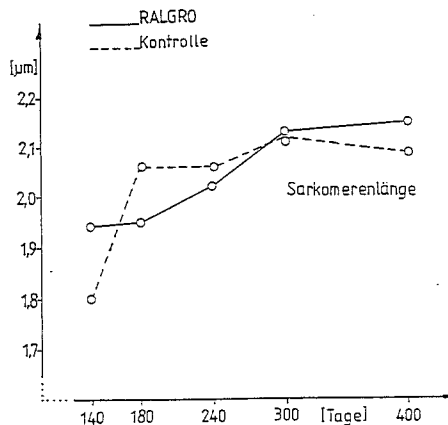


Abb. 5: Veränderung der Sarkomerenlänge während des Wachstums unter dem Einfluß von RALGRO (Changes of sarcomere length during growth influenced by RALGRO)

In allen Altersstufen zeigten die Mittelwerte eine hohe Standardabweichung, so daß keine Unterschiede zwischen behandelten und Kontrolltieren nachgewiesen werden konnten. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der oben zitierten Autoren konnte jedoch eine Vergrößerung der Sarkomeren während des Wachstums beobachtet werden. Der Sarkomerenlänge sollte deshalb in weiteren Grundlagenuntersuchungen zu Muskelbiologie und Wachstum mehr Beachtung geschenkt werden.

Fettzelldurchmesser

Während über das postnatale Wachstum der Muskelfasern bezüglich des Verhältnisses von Hyperplasie zu Hypertrophie weitgehend Klarheit besteht, ist die zelluläre Ebene des Fettwachstums beim landwirtschaftlichen Nutztier noch zu wenig erforscht.

Eine Hyperplasie wird auch im postnatalen Bereich angenommen. Die engen Beziehungen, die zwischen dem Fettzellendurchmesser und der Rückenspeckdicke gefunden wurden, zeigen jedoch, daß der Fettzellendurchmesser durchaus zur Charakterisierung des Fettwachstums benutzt werden kann. Die mit RALGRO behandelten Tiere haben in der Tendenz einen größeren Fettzellendurchmesser im subcutanen Fett als die Kontrollen (Abb. 6).

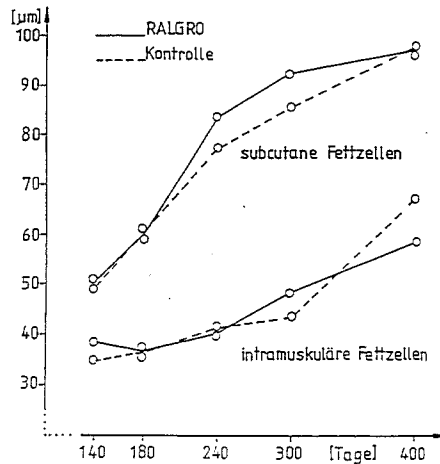


Abb. 6: Veränderung der Fettzellendurchmesser (Changes of fat cell diameters)

Am 140. und 180. Lebenstag sowie zum Schlachtzeitpunkt gibt es keinen Unterschied. Demgegenüber sind die intramuskulären Fettzellen der Versuchstiere zum Schlachtzeitpunkt signifikant kleiner. Während beim Muskelfaserdurchmesser (Abb. 2) vom 240. bis 300. Lebenstag ein verringertes Wachstum bei den mit RALGRO implantierten Tieren zu verzeichnen ist, haben die Fettzellendurchmesser besonders intramuskulär in diesem Zeitraum ein signifikantes Wachstum. Die Stufenschlachtungen bei 300 kg Lebendgewicht (etwa 280. Lebenstag) ergaben bei den Versuchstieren ebenfalls einen signifikant höheren täglichen Fettansatz und einen höheren Anteil Fett im Schlachtkörper (PAPSTEIN u. a., 1992). Die auch von anderen Autoren nach RALGRO-Implantation beobachteten dickeren subcutanen Fettschichten können mit den hier vorgelegten Fettzelluntersuchungen bestätigt werden.

Bei der Betrachtung aller Einzelergebnisse erbrachte der Einsatz von Zeranol (RALGRO) bei Bullen bei einer Schlachtung mit 500 kg keine spektakulären Ergebnisse in der Mast- und Schlachtleistung, wie sie für die Ochsenmast oder für den Einsatz von pST bei Schweinen in der Literatur berichtet werden. Auch die bei den Bullen erwartete östrogene Wirkung im Hinblick auf die Verbesserung der Marmorierung des Fleisches wurde nicht erreicht. Der intramuskuläre Fettgehalt und der Durchmesser der intramuskulären Fettzellen wurde durch die Behandlung nicht erhöht.

Während des Wachstums, besonders vom 180. bis 300. Lebenstag, gibt es bei den behandelten Bullen jedoch zelluläre Veränderungen, sichtbar am Durchmesser der Muskelfasern und subcutanen Fettzellen, in Richtung eines erhöhten Protein- und Fettansatzes, die mit der Schußbiopsiemethodik sehr gut beobachtet werden konnten.

Bis zum Schlachtzeitpunkt bei 500 kg haben sich die Unterschiede in den mikrostrukturellen Merkmalen zwischen behandelten und Kontrolltieren weitestgehend ausgeglichen. Dies wurde auch bei den primären und sekundären Geschlechtsmerkmalen beobachtet.

Zusammenfassung

20 Bullen der Rasse SMR wurden bis zu einem Gewicht von 500 kg gemästet. 10 Tiere davon wurden am 1., 85., 180. und 250. Lebenstag mit dem Zeranolpräparat RALGRO implantiert. Mit Hilfe der Schußbiopsie erfolgte eine Probenentnahme aus dem M. semitendinosus am 140., 180., 240., 300. und 400. Lebenstag. Folgende Muskel- und Fettzellparameter wurden mit quantitativ-mikroskopischen Methoden untersucht: Faserdurchmesser, Fasertypenverteilung, Zellkernanzahl, Sarkomerenlänge und Fettzelldurchmesser.

Im Ergebnis dieser Untersuchungen konnte auf zellulärer Ebene eine Wirkung von Zeranol nachgewiesen werden.

Schlüsselworte: Rind, Wachstum, Zeranol, Muskelfaser, Zellkern, Sarkomerenlänge, Fettzelle

Summary

Title of the paper: Growth characterization of bull muscle fibers and fat cells on the effect of zeranol

Twenty SMR-bulls were fed up to 500 kg live weight. Ten of them were implanted with zeranol (trade name RALGRO) at the age of 1, 85, 180 and 250 days. Samples were taken from the m. semitendinosus of the age of 140, 180, 240, 300 and 400 days with a shot biopsy instrument. The following muscle fibre and fat cell parameters were studied with microscopical methods: fiber diameter, fiber type relation, cell nucleus number, sarcomere length and fat cell diameter. As a result of these experiments, the influence of zeranol on the changes of the cellular structure properties during growth could be detected.

Key words: Cattle, growth, zeranol, muscle fiber, cell nucleus, sarcomere length, fat cell

Literatur

- BEYERSDORFER, G.; OHLERICH, M.; WEGNER, J.: Ein halbautomatisches Meßgerät zur Morphometrie von Muskelfasern im mikroskopischen Querschnittspräparat. *Z. Mikrosk.-anat. Forsch.*, Leipzig **99** (1985), 671 - 675
- CHEREPANOV, G. G.; LAGUTINA, i. S.: Izmerenie dliny sarkomera v myshcakh teljat raznogo vozrasta. (russ.) *Bjull. vses. nauch.-issl. Inst. Fiziol., Biokhim. i Pitaniya sel'skokhoz. Zivotnykh, Borovsk* (1984), 61 - 64
- CLANCY, M. J.; JANET, M. L.; ROCHE, J. F.: The effects of anabolic agents and breed on the fibers of the longissimus muscle of male cattle. *J. Animal Sci.*, Albany, N. Y. **63** (1986), 83 - 91
- HEGARTY, P. V. J.: A note on the use of sarkomere length measurements as predictors of longitudinal growth in skeletal muscle. *Animal Prod.*, Edinburgh **18** (1974), 97 - 100
- KARG, H.: Hormonale Manipulation des Wachstums. *Übers. Tierernährg.* **15** (1987), 1 - 28
- KARG, H.: Hormonale Leistungsförderer bleiben aktuell. *Kraftfutter* **72** (1989), 1 - 8
- MOSS, F. P.; LEBLOND, C. P.: Satellite cells as the source of nuclei in muscle of growing rats. *Anat. Rec.* **170** (1971), 421 - 435

- PAPSTEIN, H. J.; ENDER, K.; FIEDLER, I.; KÜCHENMEISTER, U.; LANGHAMMER, H.; DOWE, S.: Untersuchungen des Einflusses von Zeranol auf die Mastleistung und die Schlachtkörperzusammensetzung schwarzbunter Bullen. unveröffentlichtes Material, 1992
- REHFELDT, Ch.; BÜNGER, L.: Auswirkungen einer Langzeitselktion von Labormäusen auf Merkmale des Muskelwachstums und der Muskulatur. Arch. Tierz., Berlin 33 (1990), 507 - 516
- REHFELDT, Ch.; WEIKARD, R.; REICHEL, K.: Effekte des β -adrenergen Agonisten Clenbuterol auf das Wachstum der Skelettmuskulatur von Ratten. Arch. Tierernährung (1993) im Druck
- REHFELDT, CH.; ENDER, K.: Skeletal muscle cellularity and histochemistry in response to porcine somatotropin in finishing pigs. Meat Sci. (1993) im Druck
- SCHÖBERLEIN, L.: Die Schußbiopsie - eine neue Methode zur Entnahme von Muskelproben. Mh. Veter.-Med., Jena 31 (1976), 457 - 460
- SEIDEMANN, S. C.; CROUSE, J. D.; CROSS, H. R.: The effect of sex condition and growth implants on bovine muscle fiber characteristics. Meat Science, Nottingham 17 (1986), 79 - 85
- SMULDERS, F. J. M.; MARSH, B. B.; SWARTZ, D. R.; RUSSEL, R. L.; HOENECKE, M. E.: Beef tenderness and sarkomere length. Meat Science, Nottingham 28 (1990), 349 - 363
- SWATLAND, H. J.: Structure and development of meat animals. Prentive-Hall INC. Enlewood Cliffs, New Jersey, 1984
- SZENKUTI, L.; EGGERS, A.: Eine zuverlässige Modifikation der Myosin-ATPase-Reaktion zur histochemischen Darstellung von drei Fasertypen in der Skelettmuskulatur von Schweinen. Fleischwirtschaft, Frankfurt/M 65 (1985), 1398 - 1404
- UHRIN, V.; KICA, J.: Einfluß von Zeranol auf die Muskelstruktur und die Entwicklung der Bullenhoden. Veter. Med., Prag 34 (1989), 203 - 212
- WEGNER, J.: Postnatales Wachstum der Muskelfasern beim Rind. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss., Berlin, 1983, 209, 135 - 142
- WEGNER, J.; KOCH, U.; KURTH, J.: Empfehlung zur Anwendung der Schußbiopsie bei Schweinen ab 70. Lebenstag. Mh. Veter.-Med., Jena 43 (1988), 607 - 609
- WEGNER, J.; ENDER, K.: Mikrostrukturelle Grundlagen des Wachstums von Muskel- und Fettgewebe und die Beziehung zu Fleischansatz und Fleischbeschaffenheit. Fleischwirtschaft, Frankfurt/M 70 (1990), 337 - 340
- YOUNG, R. V.: Regulation of protein synthesis and skeletal muscle growth. J. Animal Sci., Albany, N. Y. 38 (1974), 1054 - 1070
- YOUNG, O. A.; FOOTE, D. M.; BASS, J. J.: Effect of zeranol on bull muscle fibre composition. Meat Science, Nottingham 16 (1986), 189 - 197

Eingegangen: 16.06.1992

Anschrift der Verfasser

Dr. JOCHEN WEGNER, Prof. Dr. habil. KLAUS ENDER
Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere Dummerstorf
Forschungsbereich Muskelbiologie und Wachstum
Wilhelm-Stahl-Allee 2
O - 2551 Dummerstorf