

Aus dem Institut für Tierzucht
(Lehrstuhl für Tierzucht und Allgemeine Landwirtschaftslehre:
Univ.-Prof. Dr. Dr. Martin Förster)
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Angefertigt unter der Leitung von
Priv.-Doz. Dr. Armin M. Scholz
(Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim)

**Untersuchung des Einflusses verschiedener Produktionssysteme auf das
Wachstum beim Schwein unter Verwendung der Dualenergie-
Röntgenabsorptiometrie zur Messung von Fett, Magerweichgewebe und
Knochenmineralansatz**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Martina Böttinger
aus
Ulm/Donau

München 2006

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. E. P. Märtlbauer
Referent: Priv.-Doz. Dr. A. Scholz
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. W. Schmahl

Tag der Promotion: 10. Februar 2006

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

I.	Einleitung	1
II.	Literatur und Quellen	3
1.	Körperzusammensetzung	3
2.	DXA – Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie	5
2.1	Funktionsweise	5
2.2	Strahlungssicherheit	7
2.3	Anwendung von DXA beim Menschen	7
2.4	Einsatz beim Tier, insbesondere beim Schwein	8
3.	Auswirkung unterschiedlicher Produktionssysteme auf das Mastschwein	10
3.1	Unterschiedliche Haltungssysteme	10
3.2	Unterschiedliche Fütterungssysteme	12
4.	Einflüsse auf die Serumwerte Kalzium, Phosphor und Alkalische Phosphatase	14
III.	Material und Methoden	15
1.	Probanden	15
2.	Produktionssystem von Geburt bis zu Beginn der Mast	16
2.1	Haltung	16
2.2	Fütterung	16
3.	Produktionssysteme von Mastbeginn bis Mastende	19
3.1	Futter	19
3.2	Produktionssystem Außenklimastall	20
3.2.1	Haltung	20
3.2.2	Fütterungssystem Breinuckel (Doppelfitmix, Fa. Mannebeck)	24
3.3	Produktionssystem Mehrzweckstall	25
3.3.1	Haltung	25
3.3.2	Fütterungssystem Trogfütterung (Compident, Fa. Schauer)	27
4.	DXA – Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie	28
5.	Scanablauf	30
6.	Statistische Analyse	32

IV.	Ergebnisse	34
1.	Erster Mastdurchgang: Herbst/Winter	34
1.1	Gesamtkörperzusammensetzung der Mastschweine	34
1.1.1	Messung 1	34
1.1.2	Messung 2	35
1.1.3	Messung 3	37
1.1.4	Ergebnisse der Messungen 1 – 3 im Vergleich	39
1.1.5	Messung 4: Metakarpalknochen	42
1.2	Fütterungsdaten und Futtereffizienz	43
1.3	Serumwerte Kalzium, Phosphor und Alkalische Phosphatase	45
2.	Zweiter Mastdurchgang: Frühjahr/Sommer	47
2.1	Gesamtkörperzusammensetzung der Mastschweine	47
2.1.1	Messung 1	47
2.1.2	Messung 2	48
2.1.3	Messung 3	49
2.1.4	Ergebnisse der Messungen 1 – 3 im Vergleich	51
2.1.5	Messung 4: Metakarpalknochen	54
2.2	Fütterungsdaten und Futtereffizienz	55
2.3	Serumwerte Kalzium, Phosphor und Alkalische Phosphatase	57
3.	Vergleich beider Produktionssysteme und Mastdurchgänge	59
V.	Diskussion	63
1.	Einfluss der Produktionssysteme auf Wachstumsparameter	63
1.1	Erster Mastdurchgang: Herbst/Winter	66
1.2	Zweiter Mastdurchgang: Frühjahr/Sommer	69
2.	Einfluss der Produktionssysteme auf Fütterungsdaten und die Futtereffizienz	71
3.	Einfluss der Produktionssysteme auf diverse Blutparameter	73
VI.	Zusammenfassung	75
VII.	Summary	76
VIII.	Literaturverzeichnis	77
IX.	Danksagung	84

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

ADG	Average daily gain
AKS	Außenklimastall
AMG	Arzneimittelgesetz
AP	Alkalische Phosphatase
BMC	Bone mineral content
BMD	Bone mineral density
BSE	Bovine Spongiforme Enzephalopathie
CA	Chemische Analyse
Ca	Kalzium
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
DFI	Daily feed intake
DG	Durchgang
DPA	Dualphotonenabsorptiometrie
DXA	Dual-energy x-ray absorptiometry
FC	Feed conversion
GLM	General Linear Model
i.m.	Intramuskulär
keV	Kiloelektronenvolt
LSM	Least Squares Means
LT-FC	Lean tissue feed conversion
LVG	Lehr- und Versuchsgut

μGy	Mikrogray
μSv	Mikrosievert
m	Männlich
MHS	Malignes Hyperthermiesyndrom
MJ	Megajoule
MRL	Maximum Residue Limits
MZW	Mehrzweckstall
N	Stickstoff
N_2O	Distickstoffoxid
NH_3	Ammoniak
P	Phosphor
ppm	Parts per million
ROI	Regions of interest
SSF	Standardschätzfehler
U/l	Units per liter
Vs.	Versus
w	Weiblich

I. Einleitung

Die Art und Weise der Fleischerzeugung ist seit Jahren ein viel diskutierter Punkt bei Verbrauchern und gewinnt mehr und mehr an Bedeutung.

Der ethische Umgang mit Tieren, insbesondere mit denen, die in Intensivbetrieben gemästet werden, wird in der gesamten Fleischindustrie immer wichtiger und das wirtschaftliche Interesse an Produkten tierischer Herkunft, die aus „ursprünglichen“ und „traditionellen“ Betrieben stammen, steigt. Einige Verbraucher gehen sogar soweit, moderne Intensivbetriebe nicht mehr mit Produktqualität gleichzusetzen (BARTON GADE, 2002). Sie wünschen sich, Schweinefleisch zu konsumieren, das mit gewissen Zusicherungen, wie artgerechter Mast, Umweltschutz oder der Förderung kleiner Betriebe verbunden ist (WINDHORST, 2001). Ein Teil der Verbraucher ist bereit, dies mit einem höheren Preis zu honorieren.

Der Grund für diese Einstellung ist sowohl in gesteigertem Qualitätsdenken als auch in einer Verunsicherung der Konsumenten zu sehen, die zum Teil auf einseitige und übertriebene Berichterstattungen der Medien zurückzuführen ist. So assoziiert mancher Verbraucher Schlagzeilen über BSE, Maul- und Klauenseuche oder der klassischen Geflügelpest mit diesem Thema.

Obwohl sich die Aufregung und Unsicherheit nach aktuellen Ereignissen in der Regel schnell legt, stößt das Thema der ökologischen, alternativen und artgerechten Tierhaltung zur Erzeugung von Fleisch beim Endverbraucher auf großes Interesse.

Es wird aber häufig übersehen, dass diese Art der Tierhaltung für den Landwirt arbeits- und kostenintensiver sein kann und infolge dessen wirtschaftliche Schwierigkeiten in sich bergen kann.

Gleichzeitig offeriert diese Art der Haltung dem Landwirt aber die Möglichkeit, eine Marktnische zu bedienen, da mancher Kunde, obwohl wissenschaftlich nicht belegt, entsprechend produziertes Fleisch mit besserem Geschmack und Ernährungswert verbindet.

In einigen Ländern existieren Projekte mit Großhandelsketten, die ein - in den Augen der Verbraucher - tierfreundlicheres Produktionssystem mit einem höheren Abnahmepreis vergüten.

Aufgrund dieser Aspekte ist es von besonderer Bedeutung dieses Thema genauer zu analysieren, um sowohl den Interessen der Verbraucher als auch denen der Fleischproduzenten gerecht zu werden.

Die Wachstums- und Futtereffizienz von Schweinen sind für den Landwirt von immenser Bedeutung. Vom tierärztlichen Standpunkt aus gesehen ist es interessant, ob sich unterschiedliche Produktionssysteme auf die Körperzusammensetzung und die Knochenmineralisierung auswirken können.

Da DXA (Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie) am lebenden Tier angewandt wird und nur minimal invasiv ist, stehen dem Untersuchenden bereits während des Mastdurchganges Ergebnisse über die Körperzusammensetzung zur Verfügung. Diese geben schließlich

Auskunft über den gesamten Mastverlauf, was einen gravierenden Vorteil im Gegensatz zur herkömmlichen chemischen Schlachthälftenanalyse oder –zerlegung darstellt.

In der Literatur finden sich einige Forschungsarbeiten, die sich mit dem Vergleich der alternativen und konventionellen Mastschweinehaltung beschäftigen, allerdings legen die meisten Autoren den Schwerpunkt auf Parameter wie Gesundheit oder Verhaltensstörungen. Nur wenige gehen auf Unterschiede in der Körperzusammensetzung oder Einfluss auf die Knochenstabilität ein. Außerdem erfolgen entsprechende Untersuchungen in der Regel post mortem an der Schlachtkörperhälfte mittels chemischer Analyse.

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, mit Hilfe von DXA Aussagen über die Körperzusammensetzung und Knochenmineralisierung von Mastschweinen aus unterschiedlichen Produktionssystemen machen zu können.

II. Literatur und Quellen

1. Körperzusammensetzung

In der vorliegenden Arbeit wird die Körperzusammensetzung insbesondere Fett-, Magerweichgewebe und Knochenmineralansatz von Schweinen während des Wachstums untersucht. Nach HEYMSFIELD et al., 1997, kann die Körperzusammensetzung auf fünf verschiedenen Ebenen analysiert werden:

- auf der atomaren Ebene: dabei werden Rückschlüsse aus dem Vorkommen bestimmter chemischer Elemente und ihrer qualitativen sowie quantitativen Verteilung im Körper gezogen
- auf der molekularen Ebene: hier wird der Körper in die fünf Hauptbestandteile Lipide, Wasser, Proteine, Kohlenhydrate und Mineralstoffe unterteilt
- auf der zellulären Ebene: der Körper wird in Fett, Zellmasse, extrazelluläre Flüssigkeit und extrazelluläre Feststoffe unterteilt
- Einteilung bezüglich des Gewebesystems: in Fettgewebe, Muskelgewebe, Skelett und innere Organe einschließlich Blut
- auf der anatomischen Ebene: der Körper wird in Kopf, Hals, Rumpf, sowie obere und untere Extremitäten unterteilt

Bei den Messmethoden zur Ermittlung der Körperzusammensetzung wird grundsätzlich zwischen direkten und indirekten unterschieden.

Zu den direkten Messmethoden zählen:

- die grobe Zerlegung des Körpers mit anschließender chemischer Analyse
- sowie die Neutronen-Aktivierungsanalyse.

Als indirekte Methoden stehen folgende Verfahren zur Auswahl:

- Anthropometrie
- „Unterwasserwiegen“
- Air-Displacement Plethysmography
- Bioelektrische Impedanz-Analyse
- Computer-Tomographie
- Magnet-Resonanz-Tomographie
- Sonographie

Genauere Ausführungen zum Thema der Körperzusammensetzung finden sich bei SOFFNER (2003).

Eine weitere indirekte Methode zur Analyse der Körperzusammensetzung bietet die Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie, die nachfolgend beschrieben wird.

2. DXA – Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie

2.1 Funktionsweise

Bei dem verwendeten DPX-IQ-Scanner der Firma GE Lunar handelt es sich um ein Gerät, das ursprünglich für humanmedizinische Zwecke entwickelt wurde.

Grundlage der Dual-Strahlen-Absorptiometrie-Methoden ist das unterschiedliche Absorptionsverhalten von Knochen, Muskel, Wasser und Fett bei verschiedenen energetischen Strahlungen (KAMPKE et al., 1982).

PIETROBELLI et al. (1996) sowie MITCHELL und SCHOLZ (2001) gehen in ihren Forschungsarbeiten näher auf die physikalischen Grundlagen von DXA ein.

DXA ist eine Weiterentwicklung der bereits seit ca. 20 Jahren verwendeten Dual-Photonen-Absorptiometrie (DPA). Bei diesem Verfahren wurde gewöhnlich ¹⁵³Gadolinium als Radionuklidquelle verwendet um Gammastrahlen zu erzeugen.

Bei DXA wird nun anstelle von ¹⁵³Gadolinium eine Röntgenröhre verwendet. Dies hat im Vergleich zu DPA eine höhere Photonenflussdichte und somit eine deutliche Verkürzung der Messzeiten sowie eine Steigerung der Präzision und Genauigkeit des Verfahrens zur Folge.

Heute stehen im Wesentlichen vier Hersteller dieser Geräte zur Verfügung:

- die Firma Hologic, Waltham USA,
- die Firma Norland, Cooper Surgical, Inc, Trumbull, CT, USA
- die Firma MediLink, Carnon/Montpellier, Frankreich
- sowie die Firma GE Lunar, Madison, Wisconsin USA.

Beim GE-Lunar DPX-IQ befindet sich im Inneren des Gerätes eine Röntgenquelle, deren Strahlen durch ein Filter aus Cerium treten. Dadurch wird die Röntgenstrahlung in ein Spektrum mit zwei Energiemaxima gespreizt, so dass vereinfacht gesagt zwei getrennte Photonenstrahlen entstehen. Diese Energie-Peaks liegen zum einen bei 38 - 40 keV, zum anderen bei 70 keV. Dabei differiert die Strahlungsintensität vor und nach der Passage durch den Tierkörper, da die Strahlen beim Durchtritt durch Gewebe z.T. absorbiert bzw. ungerichtet gestreut werden. Dies wiederum ist abhängig von der Gewebeart (Fett-, Mager-, Knochengewebe). Ein mobiler Arm, der sich während des Vorgangs über den Patienten bewegt, enthält ein Photonenzählgerät (Detektor), das die Intensität der Röntgenstrahlung, die den Körper passiert, misst und zwar getrennt für das niedrige (L) und das hohe (H) Energieniveau. Somit kann die Anfangsintensität I_0 relativ zur Endintensität I gemessen werden. Aus diesen Werten lässt sich die gewebespezifische Verhältniszahl R ermitteln:

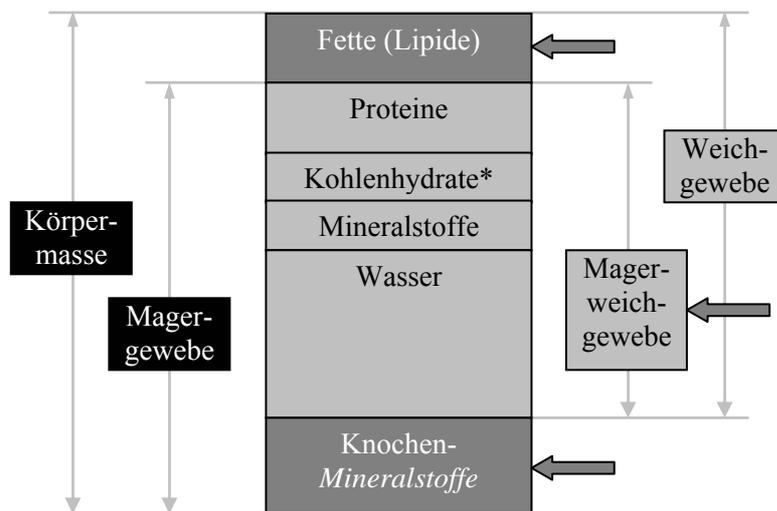
$$R = \ln(I/I_0)_L / \ln(I/I_0)_H$$

Theoretisch können diese R -Werte auch aus dem Schwächungskoeffizienten und der spezifischen „Dicke“ der Substanz errechnet werden. Durch in-vitro-Messungen mit DXA und dem Vergleich mit dem theoretisch errechneten Wert können R -Werte für eine ganze Reihe von chemischen Elementen und Substanzen definiert werden.

Bei der Untersuchung „komplexerer“ Objekte erhält man einen R-Wert, der sich aus den R-Werten der Einzelkomponenten zusammensetzt.

Da die chemische Zusammensetzung dieser Einzelkomponenten bekannt ist, werden mit Hilfe der Software die Massenanteile für jeden Bestandteil errechnet.

DXA-Messungen beruhen grundsätzlich auf der Modellannahme, dass der Körper aus drei Komponenten besteht, die durch die spezifischen Eigenschaften der Photonenschwächung in Fett, Knochenmineralstoffe und „Rest“ oder Magerweichgewebe getrennt werden können.



* u.a. Glukose, Glykogen,...

Abbildung 1:

Das Drei-Komponenten-Modell der Körperzusammensetzung modifiziert nach SCHOLZ et al. (2002)

So wäre anzunehmen, dass für ein Drei-Komponenten-Modell Messungen mit drei verschiedenen Photonenenergieniveaus durchzuführen sind. DXA basiert jedoch auf der Nutzung von zwei Energieniveaus, so dass DXA direkt nur die Masseanteile einer Zwei-Komponenten-Mischung bestimmen kann.

Um mittels DXA drei Komponenten schätzen zu können, müssen die Bildpunkte zuerst aufgeteilt werden in Pixel, die nur Weichgewebe (Magerweich- und Fettgewebe) enthalten und in Pixel, die sowohl Weichgewebe als auch Knochenmineralstoffe (Rohasche oder intakter Knochen) enthalten. Für diese Unterscheidung wird der R-Wert (Röntgenschwächungskoeffizient) genutzt. Der R-Wert für Knochenmineral liegt bedeutend höher als der R-Wert für Weichgewebe oder Fett (R-Wert für Knochenmineral: 2,8617, für Triglyceride: 1,2139-1,2333). Aufgrund der hohen R-Wert-Unterschiede zwischen Knochen- und Weichgewebe kann die Computersoftware zwischen Pixeln, die Knochenmineral enthalten und Bildpunkten, die allein aus Weichgewebe bestehen, differenzieren.

Es wird außerdem vorausgesetzt, dass die Bildpunkte, die Knochen enthalten, nie einzeln, sondern immer in Clustern, d.h. größeren zusammenhängenden Gruppen auftreten.

2.2 Strahlungssicherheit

Die Anwenderbelastung beträgt bei einem Abstand von 1 m von der Röntgenröhre weniger als 1 $\mu\text{Gy/h}$ (Bedienungshandbuch DPX-IQ, Lunar[®]).

Für den Patienten bedeutet dies, bei einem 20-minütigen Scan einer Strahlenbelastung von 0,3 $\mu\text{Gy/h}$ bzw. 10 $\mu\text{Sv/h}$ ausgesetzt zu sein.

In der Bundesrepublik Deutschland kann im Vergleich dazu mit einer natürlichen Strahlenbelastung von durchschnittlich 2100 μSv pro Jahr auf Meereshöhe gerechnet werden. Die gesamte natürliche Strahlenexposition setzt sich aus der kosmischen Strahlung, der inkorporierten und der terrestrischen Strahlung zusammen.

Unter der künstlichen Strahlenexposition versteht man, die aus künstlichen Strahlenquellen herrührende Strahlenbelastung, der die Menschen ausgesetzt sind.

Sie beträgt im Mittel pro Jahr 2026 μSv , dabei entstammen 2000 μSv der medizinischen Röntgendiagnostik und ein kleiner Anteil der Nuklearmedizin und Strahlentherapie (MED-WORLD AG, 2004).

2.3 Anwendung von DXA beim Menschen

Schon seit Jahren wird DXA erfolgreich in der Humanmedizin angewandt.

Dabei liegen folgende medizinische Indikationen zur Anwendung des Gerätes zugrunde (WÜSTER et. al, 1991):

- Orthopädie und Unfallchirurgie:
Bei Patienten mit Verdacht auf osteologische Erkrankungen, wie z. B. Osteoporosen, Osteomalazie, Rückenschmerzabklärung, sowie zur Überwachung von osteologischen Therapien (z. B. Biphosphonate) oder zur Frakturabklärung.
- Sportmedizin:
Bei Patienten zur Überwachung der Körperzusammensetzung während der Reha-Phase bzw. als Ergänzung zu isometrischen Kraftmessungen (bei verletzungsbedingten Dyssymmetrien verschiedener Muskelgruppen)
- Stoffwechsel:
Bei Patienten zur Überwachung der Fettmasse während gewichtsreduktiver Maßnahmen

2.4 Einsatz beim Tier, insbesondere beim Schwein

GRIER et al. (1996) erläuterten in ihrem Forschungsprojekt, dass die Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie hauptsächlich dazu dient, wachstumsphysiologische Vorgänge bei verschiedenen Spezies aufzuzeigen. Dabei liegt der Schwerpunkt der Forschung in der Aufklärung stoffwechselbedingter Knochenerkrankungen, im Verhalten künstlicher Knochenimplantate, Heilungsvorgängen nach Frakturen sowie der Überprüfung des Einflusses von Arzneimitteln auf den Knochenstoffwechsel.

Des Weiteren wird DXA dazu benutzt um durch Vergleich mit anderen Verfahren die Präzision, Richtigkeit und Genauigkeit dieser Messtechnik zu überprüfen.

Die Präzision (englisch: precision) ist ein Maß für die Übereinstimmung zwischen unabhängigen Messergebnissen unter festen Bedingungen. Liegen also mehrere Messwerte dicht beieinander, so hat die Messmethode eine hohe Präzision. Das bedeutet aber nicht, dass die gemessenen Werte auch richtig sind, sie könnten auch präzise falsch sein.

Unter der Richtigkeit (englisch: trueness) versteht man das Maß für die Übereinstimmung zwischen dem aus einem großen Datensatz erhaltenen Mittelwert und dem anerkannten Referenzwert. Wenn der Mittelwert aus vielen Messungen gut mit dem wahren Wert übereinstimmt, so ist die Richtigkeit hoch.

Die Genauigkeit (englisch: accuracy) ist ein Maß für die Übereinstimmung zwischen dem (einzelnen) Messergebnis und dem wahren Wert der Messgröße. Eine hohe Genauigkeit kann man somit nur erreichen, wenn sowohl die Präzision als auch die Richtigkeit gut sind. (KÖHNE und WÖSSNER, 2004)

Von MITCHELL et al. (1996) stammen erste Ergebnisse zur Untersuchung der Körperzusammensetzung an Schweinen mittels DXA. Diese Untersuchung wurde durch weitere Studien in den Folgejahren ergänzt und ausgebaut.

1998 untersuchten MITCHELL et al. die Körperzusammensetzung von 231 Schweinen mit einem Körpergewicht zwischen 5 und 97 kg mittels DXA und verglichen die Ergebnisse mit den Daten der chemischen Analyse (CA) der Tierkörper. Für die Messungen wurde ein DPX-L Scanner der Firma GE Lunar[®], Wisconsin benutzt. Dabei zeigte sich, dass die von DXA ermittelte Gesamtgewebemasse sehr hoch mit dem gemessenen Gesamtkörpergewicht korrelierte und die Messwerte keine signifikanten Unterschiede aufwiesen. Dagegen unterschied sich der prozentuale Fettgehalt signifikant - mit 17,1 % bei DXA – bzw. 14,6 % bei der chemischen Analyse. Außerdem zeigten sich signifikante Unterschiede im Knochenmineralgehalt, der mittels DXA bei 2,4 % und bei der chemischen Analyse bei 2,54 % lag.

MITCHELL et al. (1998) führten weitere Analysen an 181 Schweinehälften mit Hilfe der Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie durch, die ähnliche Ergebnisse bezüglich Messgenauigkeit lieferten wie bei der Untersuchung lebender Tiere.

Die durch DXA ermittelte durchschnittliche Gewebemasse unterschied sich leicht vom durchschnittlichen Schlachthälftengewicht, 32,3 kg bei DXA zu 33,6 kg, allerdings nicht signifikant. Der Fettgehalt wurde durch DXA um 5,4 % niedriger geschätzt als durch die chemische Analyse. Erst bei Schlachthälften mit einem Fettanteil von über 30 – 35 % ergaben sich akzeptable Übereinstimmungen der beiden Untersuchungsmethoden. Die durchschnittliche Magerweichgewebemasse (DXA-Wert) war um 4,3 % größer als die Summe des Gesamtkörperproteins und des Gesamtkörperwassers (=Gesamtmagerweichgewebemasse) der CA. Der Proteinanteil am Magerweichgewebe der Karkasse lag 2,3 % unter dem durch CA ermittelten Wert.

Des Weiteren wurden die Schlachthälften mit Hilfe der DXA-Software in vier Regionen unterteilt. Für die CA wurden die Hälften entsprechend zerlegt und chemisch aufgeschlossen. Außer der Lende wiesen alle Regionen signifikante Unterschiede zwischen Gesamtgewebemasse und Wiegewerten auf. Während die DXA-Werte beim Fettgehalt der Regionen Schulter und Schinken den Werten der CA entsprachen, unterschätzte DXA den Fettgehalt bei der Lende um 20 und 28 % erheblich. Für den Knochenmineralgehalt ergab DXA bis zu 33,9 % höhere Werte als für den Aschegehalt nach chemischer Analyse. Zusätzlich konnten geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt werden. Die Schlachtkörperhälften männlicher Tiere wiesen einen prozentual niedrigeren Fettgehalt und einen prozentual größeren Magerfleischanteil auf. Beim Knochenmineralgehalt konnten keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern ermittelt werden.

MITCHELL et al. (2000) zeigten, dass mit steigendem Körpergewicht der Schweine DXA dazu tendiert, einen höheren Prozentsatz an Körperfett zu messen. Außerdem führten DXA-Messungen bei größeren Tieren zu Unterschätzungen des Knochenmineralgehaltes.

Das Wachstum der Knochen hängt von mehreren Einflussfaktoren, wie beispielsweise dem Alter (LIU et al., 1999), dem Geschlecht (KNUDSON et al. 1985), der Rasse (DAVIES, 1975) oder dem Ernährungszustand (MC MEEKAN, 1940 b) ab, was durch mehrere Untersuchungen an Schlachtkörpern mittels CA der Knochenasche belegt wurde.

MITCHELL et al. (2001) untersuchten den Knochenmineralgehalt und die -dichte sowohl einzelner Knochen als auch des ganzen Körpers mittels DXA in vivo. Hierfür wurden 587 weibliche und männliche Schweine mit einer Masse zwischen 3,7 kg und 137,7 kg zum Teil mehrfach gemessen. Der prozentuale Knochenmineralgehalt im Rumpf erreichte bei den leichteren Schweinen höhere Werte als bei den schwereren. Bis zu einem Gewicht von 25 kg stieg er stark an um dann stetig abzufallen. In den Extremitäten dagegen stieg er bei allen Tieren gleichmäßig an. Die höchste Knochenmineraldichte wurde im Kopf (Schädel) gemessen, gefolgt von den Vorderbeinen, Wirbelsäule, Hinterbeine, Becken und Rippen.

LUKASKI et al. (1999) analysierten 20 Schweine, davon je zehn männlich und weiblich, zwischen 52 und 113 kg auf die Weichgewebezusammensetzung mittels DXA unter Verwendung eines Hologic 2000W-Scanners der Firma Hologic Inc., Waltham. Wie bei den Untersuchungen von MITCHELL et al. (1998) wurden die DXA-Ergebnisse mit denen der chemischen Analyse verglichen. Zusätzlich wurden die Tiere sowohl in Seiten- als auch in Bauchlage gescannt, um den Einfluss der Gewebedicke auf das Messergebnis beurteilen zu können. Obwohl dies nicht zu signifikanten Unterschieden führte, zeigte sich, dass Scannen in seitlicher Position genauere Ergebnisse lieferte verglichen mit der CA. Es stellte sich außerdem heraus, dass es keine signifikanten Unterschiede im Körpergewicht, der fettfreien Masse, der Fettmasse sowie der knochen- und fettfreien Masse gab. Jedoch unterschätzte DXA das prozentuale Fett und die Fettmasse (20 %) und überschätzte fettfreie und knochen- und fettfreie Masse.

Um die Veränderung der Körperzusammensetzung und Knochenmineralisierung im Laufe des Wachstums festzustellen, untersuchte SOFFNER (2003) 80 Schweine unterschiedlicher Rassen, bei verschiedenem MHS-Status bzw. Geschlecht. Die Tiere wurden zwischen 30 kg und 90 kg vier Ganzkörperscans unterzogen. Wie erwartet wurde mit steigendem Körpergewicht ein Anstieg des prozentualen Fettanteils und ein Absinken des Magerweichgewebeanteils festgestellt. Ebenso erhöhte sich mit dem Wachstum der Knochenmineralgehalt. Außerdem konnte mit zunehmender Stressunempfindlichkeit ein höherer Knochenmineralgehalt verzeichnet werden. Weibliche Tiere wiesen am Ende des Untersuchungsabschnittes signifikant dichtere Knochen auf als ihre männlichen Artgenossen. Reinerbig stressempfindliche Mastschweine verfügten über signifikant mehr Magergewebe als gemischterbige bzw. reinerbig stressunempfindliche Tiere.

3. Auswirkung unterschiedlicher Produktionssysteme auf das Mastschwein

3.1 Unterschiedliche Haltungssysteme

Dieses Thema wurde in den vergangenen Jahren bereits von mehreren internationalen Forschungsteams intensiv untersucht. Allerdings legen viele Autoren dabei den Schwerpunkt auf Bereiche wie Verhaltensstörungen, Gesundheit der Tiere, sensorische und technologische Fleischqualität oder auch wirtschaftliche Aspekte. Weniger Literatur findet sich dagegen im Bereich Körperzusammensetzung und Knochenmineralisierung. Außerdem tauchen dabei zum Teil gravierende Unterschiede auf, die eventuell durch die Nutzung von unterschiedlichem Probandenmaterial bzw. verschiedenen Methoden erklärt werden können. Da auch kaum Literatur vorhanden ist, die das Thema der Außenklimastallhaltung mit der Körperzusammensetzung in Verbindung bringt, wurde in dieser Arbeit vermehrt auf Veröffentlichungen zurückgegriffen, die sich mit der wissenschaftlichen Analyse der Freilandhaltung beschäftigen.

In den aufgeführten Untersuchungen wurde die Körperzusammensetzung post mortem analysiert.

VAN DER WAL et al. (1993) untersuchten 157 Schweine, wovon 79 Tiere als so genannte „Scharrel-Schweine“ auf Stroh mit Freilandauslauf aufgestellt wurden, während die übrigen 78 Probanden in einem konventionellen Maststall mit Spaltenboden gemästet wurden. Als problematisch muss allerdings der unterschiedliche genetische Hintergrund der beiden Versuchsgruppen gesehen werden, sowie die fehlende Angabe der Jahreszeit/Klimabedingungen.

Nach dem Schlachtvorgang wurde bei allen Tieren die linke Karkasse näher untersucht.

Die Ergebnisse zeigten, dass mit Ausnahme der Rückenspeckdicke und des prozentualen Magerfleischanteils keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Haltungssystemen vorlagen. Die konventionell gehaltenen Schweine hatten einen höheren prozentualen Magerfleischanteil während die „Scharrel-Schweine“ eine größere Rückenspeckdicke aufwiesen.

ENTFÄLT et al. (1996) analysierten 102 Schweine, wovon die Hälfte im Freien aufgezogen wurde, die anderen 51 in einem herkömmlichen Warmstall. Der Versuch wurde von August bis November bei Ad-libitum-Fütterung durchgeführt. Nachdem die Tiere ein durchschnittliches Gewicht von 100 kg erreicht hatten, wurden sie in einem nahe gelegenen Schlachthof geschlachtet und sowohl chemisch als auch sensorisch untersucht. Die Auswertungen ergaben, dass Tiere aus Freilandhaltung magerer waren, eine geringere Seitenspeckdicke, eine geringere Rückenspeckdicke und prozentual weniger Fett im Schinken aufwiesen. Außerdem waren die täglichen Zunahmen signifikant geringer.

Allerdings hatten die Freilandtiere prozentual mehr Fleisch und Knochen im Rücken- und Schinkenbereich.

Auch SATHER et al. (1997) stellten bei 144 Kreuzungstieren (Large White x Landrace cross) fest, dass die Tiere mit Freiland-Auslauf sowohl im Winter als auch im Sommer signifikant geringere Zunahmen zeigten und die Schlachtkörperhälften während der Mast im Sommer weniger Gewicht hatten. Generell konnte festgestellt werden, dass alle Tiere im Winter

schneller an Gewicht zunahmen. Obwohl nicht statistisch signifikant, so konnte doch auch in diesem Versuch eine Tendenz zu geringerem Fettgehalt bei Freilandschweinen festgestellt werden. Sie wiesen besonders im Sommer eine größere Muskeltiefe und einen höheren prozentualen Magerfleischanteil sowie schwerere Lenden und Schinken auf. Die Tiere im Warmstall fielen durch eine höhere Futteraufnahme auf, zeigten aber im Sommer eine signifikant schlechtere Futtermittelverwertung als die Freilandtiere.

An den Untersuchungen von SCHNIDER (2002) lässt sich erkennen, dass auch hier die Probanden mit Auslauf eine schlechtere Futtermittelverwertung zeigten.

SCHNIDER (2002) beobachtete im Rahmen einer epidemiologischen Studie insgesamt 97 Betriebe in der Zentral- und Ostschweiz, davon 39, die ihre Schweine auf Vollspaltenboden hielten und 58 Betriebe mit Auslaufsystem und Einstreu.

In je einer Sommer- und Wintermastperiode wurden pro Betrieb mindestens 30 gleichzeitig eingestellte Tiere ausgewählt. Als Resultat zeigte sich eine geringere tägliche Zunahme bei konventionell gehaltenen Schweinen.

In beiden untersuchten Haltungssystemen waren die Tageszunahmen im Winter im Vergleich zum Sommer niedriger und die Futtermittelverwertung signifikant schlechter.

Auch GENTRY et al. (2004) stellten an 48 untersuchten Mastschweinen im Herbst/Winter fest, dass Tiere, die im Freien gehalten wurden, eine größere tägliche Zunahme zeigten, eine größere Futtermenge/Tag aufnahmen und eine schlechtere Futtermittelverwertung aufwiesen. Es konnten allerdings keine signifikanten Unterschiede im Bereich der Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischqualität festgestellt werden.

Bereits zwei Jahre zuvor untersuchten GENTRY et al. (2002) an über 1500 Schweinen den Einfluss des Haltungssystems auf das Wachstum, die Körperzusammensetzung und die Fleischqualität. Es wurden dabei folgende Haltungssysteme analysiert: Warmstall mit Vollspaltenboden, Warmstall mit Tiefstroheinstreu, Außenhaltung auf Erde und Außenhaltung auf Luzernenweide. Außerdem wurden mehrere Mastdurchgänge durchgeführt um jahreszeitlich bedingte Schwankungen und Unterschiede näher zu bestimmen. Tiere, die im Freien während der Sommermonate gemästet wurden zeigten größere Werte in der durchschnittlichen Tageszunahme, ein schwereres Schlachthälftengewicht, eine größere Muskelmasse und weniger Fettdepots. Die Ergebnisse des Winterdurchganges lieferten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Haltungsformen.

Die Ergebnisse von HOFFMAN et al. (2003) spiegeln sich dagegen kaum in den Arbeiten der vorigen Autoren. In dieser Studie haben Freilauftiere, die im Frühjahr/Sommer gemästet wurden, eine bessere Futtermittelverwertung, gekoppelt mit geringeren Tageszunahmen und einer geringeren Futteraufnahme/Tag.

Bezüglich der Körperzusammensetzung konnte festgestellt werden, dass übereinstimmend mit den Resultaten von ENTFÄLT et al. (1996), GENTRY et al. (2002) und SATHER et al. (1997) Freilandtiere weniger Fett und entsprechend einen prozentual höheren Magerfleischanteil aufwiesen.

Wie bereits erwähnt finden sich im Bereich Schwein keine der Autorin bekannte Veröffentlichungen, die den Zusammenhang zwischen Haltung bzw. Bewegungsmöglichkeit und entsprechender Auswirkung auf die Knochenmineralisierung darstellen. Dagegen existieren bei anderen Tierarten und in der Humanmedizin die folgenden wissenschaftlichen Studien:

HOEKSTRA et al. (1999) sowie BELL et al. (2001) untersuchten den Einfluss unterschiedlicher Haltungsförmn bei 17 Araberfohlen. Sie konnten feststellen, dass vermehrte Bewegung auf der Weide förderlich ist, um den Knochenmineralgehalt des dritten Metakarpalknochens der Tiere aufrechtzuerhalten bzw. zu verbessern.

GURYEVA et al. (1998) stellten in ihren Untersuchungen an 46 Wachteln, die entweder im Käfig oder als Freilaufiere gehalten wurden, fest, dass die Knochenmineraldichte der Freilaufiere signifikant größer war. Dies wird auf eine schlechtere periostale Knochenformation und ein schlechteres tubuläres Knochenwachstum im Käfig zurückgeführt, was sich wiederum negativ auf die Knochenmineraldichte aufwirkt.

In der Humanmedizin untersuchten JANZ et al. (2001) sowie TAAFFE und MARCUS (2004) die Auswirkung von vermehrter Bewegung auf die Knochenstruktur an Kindern und jungen Frauen mittels DXA. Die Resultate zeigen eine positive Korrelation zwischen vermehrter körperlicher Aktivität und Knochenmineralansatz.

3.2. Unterschiedliche Fütterungssysteme

In dieser Dissertation wird das Breinuckelfütterungssystem (Doppelfitmix) der Firma Mannebeck mit der Kastentrogfütterung (Compident) der Firma Schauer verglichen, sowohl im Hinblick auf die Körperzusammensetzung als auch in Bezug auf Informationen zur Futtereffizienz.

In der Literatur finden sich sehr wenig Informationen zu diesem Thema.

HESSE et al. (1997) verglichen verschiedene Fütterungsverfahren wie den Trocken- und Breiautomaten sowie die Breinuckeltechnik an 54 Mastschweinen der Herkunft Deutsche Pig. Die Tiere wurden in 3 Gruppen mit jeweils 18 Schweinen pro Bucht aufgeteilt und somit einem unterschiedlichen Fütterungssystem zugeordnet. Alle Tiere wurden in einem Außenklimastall mit Tiefstreusystem gehalten. Es wurde mehlförmiges Trockenfutter gefüttert, das am Breinuckel und am Breiautomaten mit Wasser vermengt wurde. Im ersten Mastdurchgang wurde rationiert, im zweiten ad libitum gefüttert. Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Fressaktivität der drei Gruppen höchst unterschiedlich darstellte. Obwohl bei allen Gruppen Fressspitzen in den Morgen- und Abendstunden festgestellt werden konnten, so war die Fressaktivität mit 30 % bei der Trockenautomatgruppe wesentlich höher als bei den beiden Feuchtfütterungsgruppen (10 % bis 15 %). Schweine können angefeuchtetes Futter schneller aufnehmen als trockenes. Bei der rationierten Fütterung lagen die täglichen Zunahmen bei Brei- und Breinuckelautomat mit 864 bzw. 850 g höher als beim Trockenautomat (814 g). Bei der ad libitum Fütterung erreichten die Tiere mit der Breinuckelfütterung die größten Zunahmen. Die Tiere am Breinuckelautomaten hatten mit 1:2,96 zusätzlich die beste Futterverwertung, gefolgt von den Schweinen am Breiautomaten mit 1:3,09 bzw. am Trockenautomaten mit 1:3,21. Eine Erklärung für die schlechtere Futterverwertung bei Tieren am Trockenautomaten ist durch die verfahrenstechnisch bedingten höheren Futterverluste gegeben. Zum anderen könnte der höhere Futteraufwand pro kg Zunahme durch eine höhere Stressbelastung der Tiere aufgrund eines zu geringen

Individualabstandes beim Fressen verursacht worden sein. Bei gleichzeitig höchsten Zunahmen wiesen die Tiere am Breinuckelautomat einen um 3,76 % höheren Muskelfleischanteil auf, gefolgt von den Tieren am Breiautomaten. Zusätzlich wurde auf unterschiedliche Muskelfleischanteile zwischen Kastraten und weiblichen Tieren eingegangen. Während die Werte für Tiere am Trockenautomaten nahezu identisch waren, zeigten die Geschlechter am Breinuckel und Breiautomaten größere Unterschiede. Die Kastraten am Breiautomaten 53 % Muskelfleischanteil, die Weiblichen 55,51 %, die Kastraten am Breinuckel 53,9 %, die weiblichen Probanden 55,96 %.

MESSOW (2004) untersuchte das zeitliche Fressverhalten von insgesamt 465 Schweinen am Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim. Davon wurden 219 Tiere im Mehrzweckstall mittels einer Trogfütterungsanlage (Schauer Compident) gemästet, während 246 Schweine im Außenklimastall die Breinuckelanlage (Doppelfitmix Mannebeck) nutzten. Die Auswertungen ergaben folgendes:

- Mit steigendem Alter zeigte sich bei erwartungsgemäß steigender täglicher Futteraufnahme eine geringere Besuchshäufigkeit bei beiden Fütterungsanlagen
- Eine größere Tierzahl/Gruppe steigert die tägliche Futteraufnahme, was laut MESSOW (2004) auf einen stressbedingt höheren Energiebedarf zurückzuführen ist; die Besuchshäufigkeit nimmt mit steigender Tierzahl ab
- Das Geschlecht hat keinen Einfluss auf die Besuchshäufigkeit; allerdings fressen weibliche Tiere insgesamt weniger
- Der Zustand des Futters hat einen bedeutenden Einfluss auf Besuchshäufigkeit und Futtermenge: bei Breifütterung besuchen die Tiere die Station häufiger und fressen auch größere Mengen
- Letztendlich ist die Anzahl der Besuche/Tag an der Breinuckelanlage im AKS deutlich höher als an der Trogfütterungsanlage im Mehrzweckstall. Dies wird dadurch erklärt, dass die Tiere an der Trogfütterungsanlage beim Fressen von Konkurrenz abgeschirmt sind und in Ruhe fressen können; die Spitzen der Besuchszeiten liegen dabei zwischen acht und zehn Uhr sowie zwischen 15 und 18 Uhr an beiden Fütterungsanlagen.

4. Einflüsse auf die Serumwerte Kalzium, Phosphor und Alkalische Phosphatase

In den vergangenen Jahren widmeten sich einige Forschungsgruppen diesem Thema, besonders im Hinblick darauf, wie sich Serumwerte durch unterschiedliche Ca- und P-Gehalte im Futter verändern. Bisher gibt es allerdings keine der Autorin bekannten Publikationen, die den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Produktionssystemen und Blutwerten bei Mastschweinen analysierten.

WANG et al. veröffentlichten 2001 eine Studie über 36 kastrierte Schweine der Rasse Xiang, denen Futter mit einem Phosphorgehalt von 0,3 %, 0,6 % oder 0,9 % in Kombination mit einem Ca:P-Verhältnis von 1:1, 1,25:1 oder 1,5:1 verabreicht wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass mit steigendem Futterphosphorgehalt die Aktivität der Alkalischen Phosphatase abnahm, während der Serumkalziumspiegel nicht beeinflusst wurde. Außerdem wirkte sich ein verändertes Ca:P-Verhältnis nicht auf die AP-Aktivität aus. Die Aktivität der Alkalischen Phosphatase soll Informationen geben über die Intensität des Mineralstoffwechsels des Skeletts. Allerdings stieg der Serumphosphorspiegel mit steigendem Futterphosphorgehalt und sank mit steigendem Ca:P-Verhältnis im Futter. Der höchste Kalziumspiegel wurde mit einem Ca:P-Verhältnis von 1,25:1 erreicht.

KÄÄNTEE (1983) konnte im Gegensatz aus ihren Untersuchungen schließen, dass bei einem niedrigen Ca:P-Verhältnis im Futter der Serumkalziumspiegel steigt, während der Phosphorgehalt sinkt. Die Autorin stellte außerdem fest, dass der Mineralstoffgehalt des dritten Metakarpalknochens mit sinkendem Futterkalziumgehalt abnahm.

GANTER et al. (1990) schlossen aus ihren Fütterungsversuchen, dass selbst bei extremem Missverhältnis von Ca und P im Futter das Ca:P-Verhältnis im Knochen gleich bleibt, es jedoch zur quantitativen Abnahme des Mineralstoffgehaltes im Knochen kommt. Es wird betont, dass von der Norm abweichende Serum-Ca- und Serum-P-Konzentrationen laufend reguliert werden, so dass in der Diagnostik von Skeletterkrankungen alleinige Serumkonzentrationsbestimmungen nur eine geringe Aussagekraft haben.

Erst extreme Ca- und P-Mangelsituationen in der Fütterung haben deutlich verringerte Serum-Ca- und Serum-P-Spiegel zur Folge. Optimal sind laut REINISCH (1987) 0,6 % Ca und 0,5 % P. Veränderte Werte können auch Stress bedingt sein bzw. eine Hämolyse der Blutprobe als Ursache haben (KRAFT und SCHILLINGER, 1989). Erhöhte AP-Werte sind laut KRAFT und DÜRR (1995) bei Jungtieren physiologisch, da die AP ein Isoenzym ist, das im Darmepithel, in den Gallengängen und besonders in Osteoblasten vorkommt.

Entsprechend zur AP haben Jungtiere bedingt durch das Knochenwachstum physiologisch höhere P-Werte.

III. Material und Methoden

In diesem Kapitel werden in den Punkten eins bis drei die eingesetzten Materialien und Methoden in Bezug auf die Probanden, in den Punkten vier bis sechs die wissenschaftlichen Untersuchungen beschrieben.

1. Probanden

Bei den untersuchten Tieren handelt es sich um 88 Schweine, die aus den Beständen des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München (LVG) stammen.

Der erste Mastdurchgang dauerte von November bis Anfang März (Herbst/Winter), der zweite Durchgang von Mitte März bis Anfang Juli (Frühjahr/Sommer). Pro Durchgang wurden 44 Tiere (22 pro Produktionssystem) gemästet.

Von den 88 Schweinen (41 weiblich bzw. 47 männlich kastriert) stammen 79 aus der Kreuzung von Deutscher Landrasse und Pietrain und 9 aus reinrassiger Pietrainzucht.

Die Vollgeschwister aus den 17 verwendeten Würfen sind jeweils gleichmäßig auf die verschiedenen Produktionssysteme aufgeteilt worden, um den Effekt der Wurfherkunft zu vermeiden.

Die Versuche sind unter folgenden Aktenzeichen bei der Regierung von Oberbayern registriert:

209.1/211-2531-46/02

209.1/211-2531-2-4/04

2. Produktionssystem von Geburt bis zu Beginn der Mast

2.1 Haltung

Die Tiere werden in $1,4 \times 2,0$ m großen Abferkelbuchten mit integriertem Sauengitterkäfig und Stroheinstreu geboren. Dort verbleiben sie bis zum Absetzalter von drei Wochen und wechseln anschließend in eines der folgenden Vormasthaltungssysteme:

- a) Flatdeck mit Vollspaltenboden aus Kunststoff, Größe: $6,23 \text{ m}^2$, Tierzahl: max. 20
- b) Flatdeck mit Vollspaltenboden aus Kunststoff, Größe: $8,06 \text{ m}^2$, Tierzahl: max. 20
- c) Planbefestigter Betonboden mit Stroheinstreu, Größe: $8,64 \text{ m}^2$, Tierzahl: max. 20

Nachdem die Tiere ein Gewicht von ca. 25 - 30 kg erreicht haben, also ca. nach 90 Tagen, werden sie in eines der beiden Produktionssysteme (Außenklimastall bzw. konventioneller Maststall) verbracht. Dort verbleiben sie bis zum Ende der Mast.

2.2 Fütterung

Die Ferkel werden im Alter von drei Wochen abgesetzt.

Ab dem zehnten Lebenstag erhalten sie zusätzlich zur Sauenmilch ein von der Firma Schaumann hergestelltes Ferkelaufzuchtfutter, das mit zunehmendem Alter vermehrt mit betriebseigenem Ferkelfutter verschnitten wird (Tab. 1, Abb. 2).

Tabelle 1:

Inhaltstoffe des zugekauften Ferkelaufzuchtfutters (Schauma Früh, Fa. Schaumann)

Rohprotein	19 %
Rohfett	7,5 %
Rohfaser	3,6 %
Rohasche	5,0 %
Lysin	1,45 %
Ca	0,63 %
P	0,53 %
Na	0,2 %

Energiegehalt: 14,6 MJ/kg

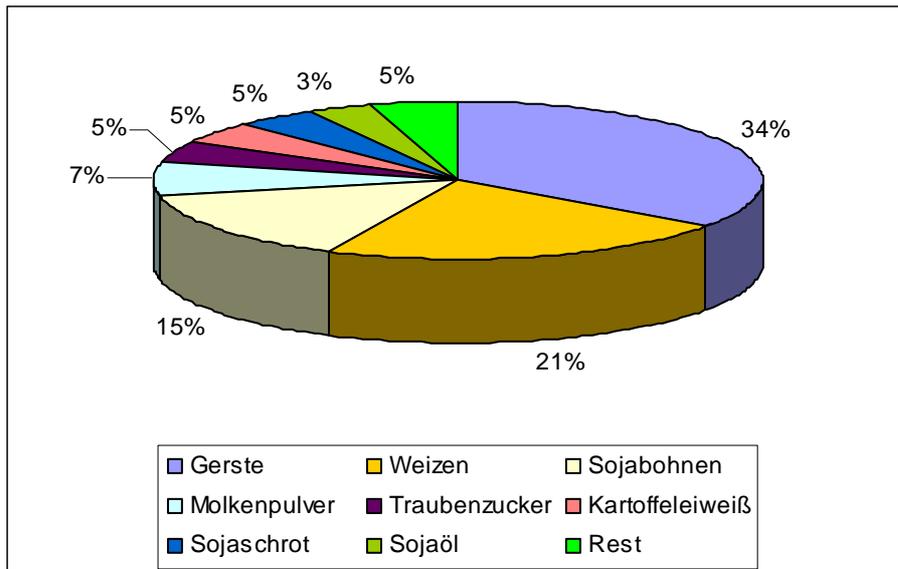


Abbildung 2:
Zusammensetzung des zugekauften Ferkelaufzuchtfeeders

Sobald die Tiere in eines der genannten Vormasthaltungssysteme verbracht sind, erhalten sie ein am Lehr- und Versuchsgut selbst hergestelltes Ferkelfutter (Tab. 2, Abb. 3).

Tabelle 2:
Inhaltstoffe (% der Frischsubstanz) des selbst hergestellten Ferkelfutters

Rohprotein	18,0 %
Rohfett	2,6 %
Rohfaser	3,8 %
Rohasche	4,5 %
Ca:P	1,48:1

Energiegehalt: 13,9 MJ/kg

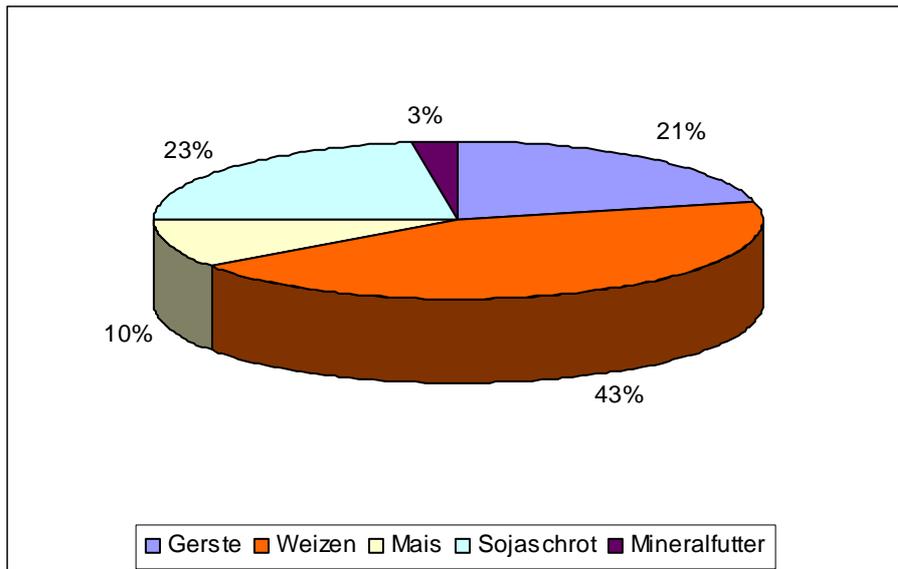


Abbildung 3:
Zusammensetzung des selbst hergestellten Ferkelfutters

3. Produktionssysteme von Mastbeginn bis Mastende

3.1 Futter

Sobald die Tiere in eines der beiden Produktionssysteme eingestallt werden, wird ihnen im Rahmen des Versuches bis zum Ende der Mast ein am LVG hergestelltes Vormastfutter verfüttert (Tab. 3, Abb. 4).

Tabelle 3:

Inhaltstoffe (% der Frischsubstanz) des selbst hergestellten Vormastfutters

Rohprotein	18,2 %
Rohfett	4,4 %
Rohfaser	4,0 %
Rohasche	4,5 %
Ca:P	1,4:1

Energiegehalt: 13,9 MJ/kg

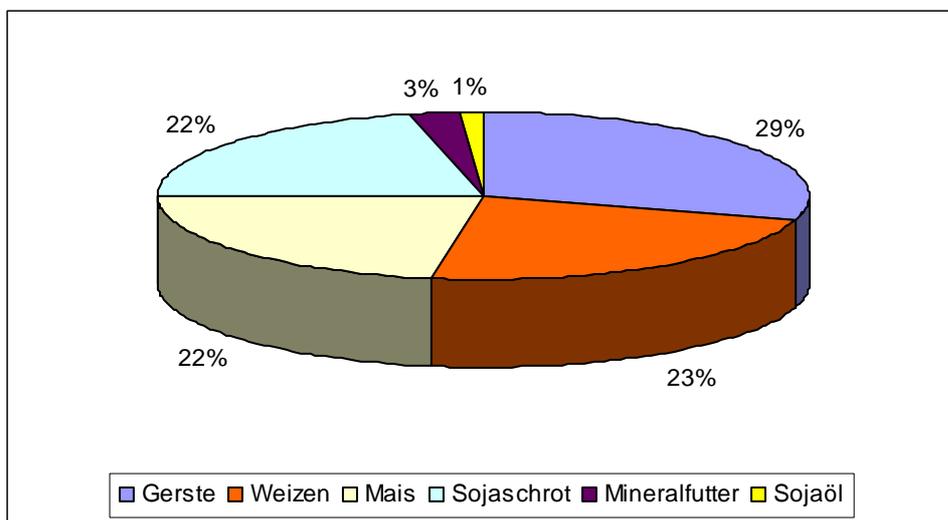


Abbildung 4:

Zusammensetzung des selbst hergestellten Vormastfutters

Alle Futtermittel werden regelmäßig durch ein unabhängiges Labor analysiert.

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, erfolgt die Fütterung in beiden Systemen ad libitum und trocken pelletiert.

3.2. Produktionssystem Außenklimastall

3.2.1 Haltung

Der Außenklimastall des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim (Abb.5) wurde im Jahr 2002 als zweireihiger Tiefstreustall mit erhöhtem Spaltenboden und zentralem Gang errichtet. Er hat eine Größe von 36×24 m mit einem 3,80 m breiten Mittelgang. Seiten- und Giebelwände bestehen aus einem Holzlattensystem mit integrierten Spaceboards im unteren Bereich der Seitenwände, wobei die Seitenwände als Schiebetore für die jeweils 6 Buchten gestaltet sind. Der Stall weist eine Traufhöhe von 5,35 m und eine Firsthöhe von 10,23 m auf und steht in Nord-Süd Richtung.



Abbildung 5:
Außenklimastall des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim

Der Innenraum des Außenklimastalls besteht aus 2×6 Buchten. Die einzelnen Buchten sind durch 1,23 m hohe Stahlbetonzwischenwände getrennt.

Detailbeschreibung einer einzelnen Bucht:

Die Bucht (Tab. 4, Abb. 6) lässt sich in 2 Bereiche einteilen:

- a) Fläche mit StrohEinstreu auf Betonplatte und Ruhekiste
- b) Über Treppen erreichbare, erhöht liegende Fläche aus Betonspaltenboden. Hier befinden sich die Doppelfutterautomaten (Breinuckelfütterung, Doppel-Fitmix Mannebeck) und die Tränkenippel.

Tabelle 4:
Maße einer einzelnen Bucht und der Inneneinrichtung

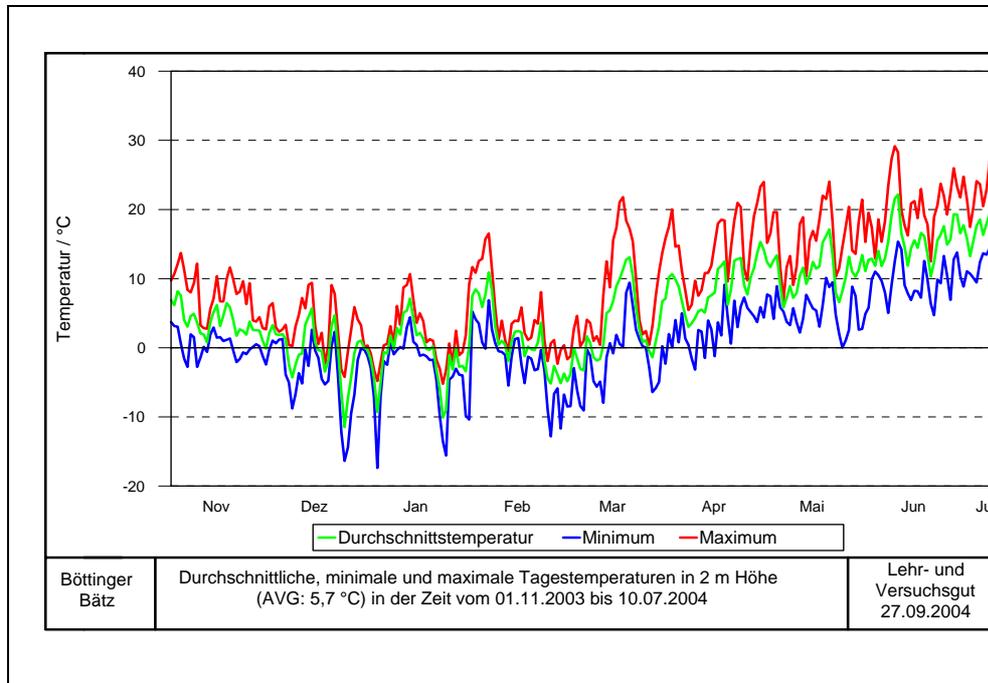
Größe der Bucht	60,0 m ² (10,71 × 5,60 m)
Strohfläche	36,5 m ² (6,51 × 5,60 m)
Größe der Ruhekiste	10,9 m ² (6,0 × 1,82 m)
Höhe der Ruhekiste	1,46 m
Fläche des Betonspaltenbodens	17,9 m ² (3,20 × 5,60 m)
Spaltenbreite	8,6 cm
Schlitzbreite	1,7 cm
Spaltentiefe	0,8 m
Fläche, die die Futterautomaten einnehmen	0,8 m ²
Anzahl der Treppenstufen	4
Stufenhöhe	0,25 m
Stufentiefe	0,3 m
Anzahl der Tränkenippel	4, zwei pro Seite
Höhe der Tränkenippel	42 cm bzw. 56 cm
Abstand der Tränkenippel zueinander	45 cm
Winkel der Tränkenippel	33°



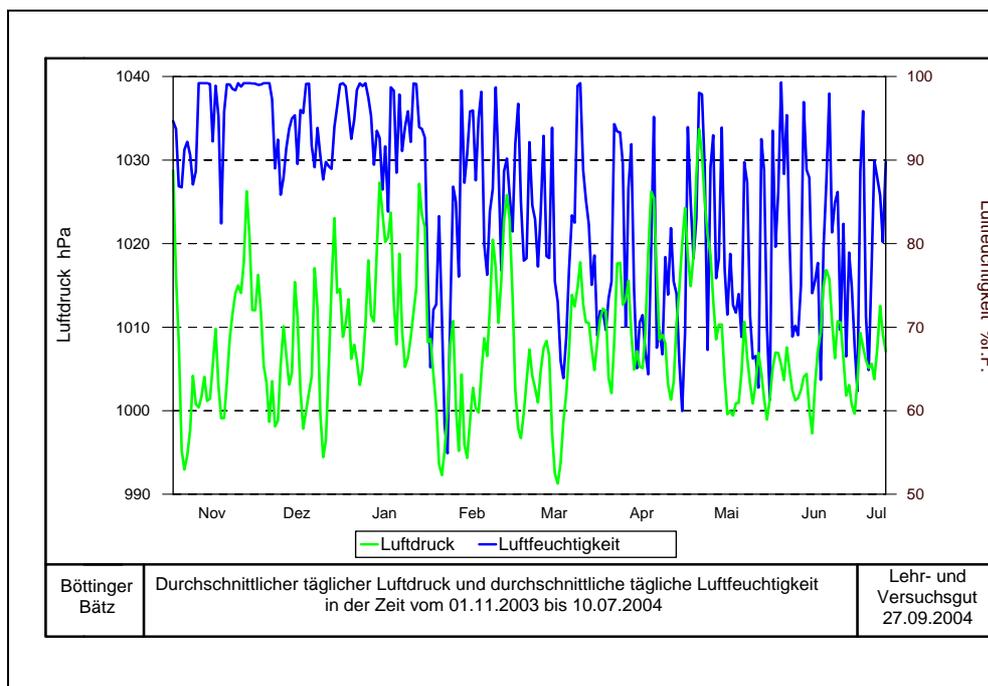
Abbildung 6:
Ansicht einer Bucht im Innenraum des Außenklimastalles

Klima:

In den folgenden Diagrammen (Abb. 7, 8) werden Temperaturverlauf, Luftfeuchtigkeit und -druck dargestellt, die über den gesamten Zeitraum des Versuches aufgezeichnet wurden.

Abbildung 7:

Temperaturverlauf in der Zeit vom 01.11.03 bis 10.07.04

Abbildung 8:

Luftfeuchtigkeit und Luftdruck in der Zeit vom 01.11.04 bis 10.07.04

Ruhekiste:

Der Deckel der Ruhekiste besteht aus einer Isolierplatte. Die Kistenseiten und -front sind mit einem Vorhang aus PVC-Bändern versehen. Besonders bei kühleren Temperaturen dient diese Ruhekiste als wärmegeprägter Ruhebereich.

Lüftung:

Der Luftaustausch erfolgt durch die Giebel- und Seitenwände, die eine Lattenbreite von 10 cm und eine Schlitzbreite von 2,5 cm bzw. im unteren Bereich der Seitenwände verschiebbare Spaceboards aufweisen. Eine weitere Möglichkeit bietet der hohe Stallraum und offene First, der durch die Installation eines Lichtfirstes (System Wolf) ergänzt wurde. Zusätzlich können die Tore geöffnet werden.

Entmistung:

Die Entfernung der Gülle erfolgt durch Flüssigmistkanäle, die an den Frontseiten eine Ablauföffnung aufweisen. Der Flüssigmist gelangt über Rohre in eine Vorgrube; von dort kann er weiter bearbeitet werden. Der durch ausreichend Stroheinstreu entstehende Festmist kann durch eine am Betrieb vorhandene mobile Entmistungstechnik entsorgt werden.

Strohmenge:

Sowohl im ersten als auch im zweiten Mastdurchgang wurden jeweils 750 kg Stroh als Einstreu verbraucht, das bedeutet eine Strohmenge von 300 g/Tier/Tag.

Wasserversorgung:

Um das Einfrieren des Wassers in Tränken (siehe Tab. 4) und Leitungen zu verhindern wurde eine Zirkulationspumpe und Begleitheizung eingebaut, die eine konstante Wassertemperatur von 5 °C aufrechterhält.

3.2.2 Fütterungssystem: Breinuckel (Doppelfitmix, Fa. Mannebeck)

Der Doppelfutterautomat nimmt eine Fläche von 0,8 m² ein und befindet sich im höher liegenden Spaltenbodenbereich. Er besteht aus zwei sich diagonal gegenüberliegenden Futterstationen. Zu beiden Seiten jedes Fressplatzes sind Gitter angebracht, damit das fressende Tier nicht von anderen Schweinen gestört wird. Eine am Boden montierte Gummimatte vermindert Futterverluste. Das pelletierte Futter wird in dieser Anlage über ein 50 cm hohes Rohr vom Schwein aufgenommen. Es besteht die Möglichkeit das Futter breiförmig (durch Zumischen von Wasser) oder wie in diesem Versuch nur trocken zu verfüttern.

Funktionsbeschreibung (siehe Abb. 9):

Für dieses Fütterungssystem erhalten alle Tiere Ohrtransponder, die der eindeutigen Identifikation der Tiere im System dienen. Wenn sich ein Tier der Antenne nähert, wird der noch verbleibende Futteranspruch des Tages für dieses Schwein festgestellt.

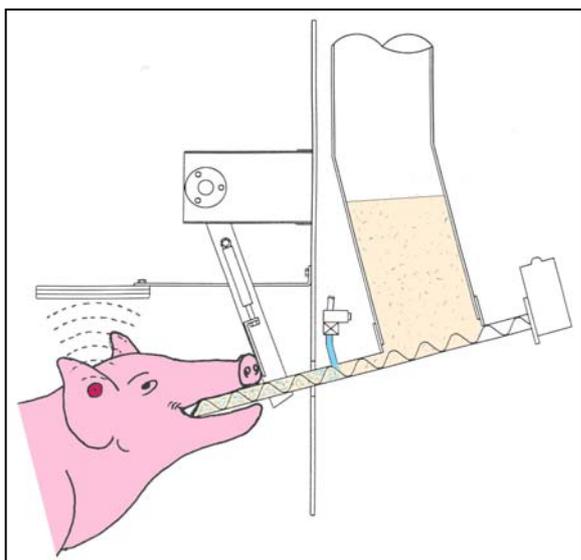


Abbildung 9:

Skizzierte Funktionsbeschreibung der Breinuckelfütterung der Firma Mannebeck

Da die Probanden in diesem Versuch Futter ad libitum erhalten, öffnet sich der Verschlusschieber des Rohres bei jedem Besuch. Das Tier drückt das Pendel über das Futterrohr nach hinten und eine Schnecke fördert Futter aus einem Vorratsbehälter in das Rohr. Wird ein Schwein durch einen Artgenossen verdrängt, wird die Fütterung sofort abgebrochen und das Rohr wieder verschlossen.

Bei diesem Fütterungssystem existieren zwei Betriebsarten, Anlernbetrieb und Normalbetrieb. Um Futter zu erhalten müssen die Tiere im Anlernbetrieb das Rohr nicht so weit aufnehmen. Das System zeichnet die Fressdaten der Schweine auf. Es werden die individuelle Fressmenge, die Häufigkeit und die Uhrzeit der Besuche protokolliert. Um genaue Daten zu erhalten, ist es wichtig, dass das System regelmäßig kalibriert wird. Eine tägliche Kontrolle des Futterprotokolls gibt dabei Auskunft inwieweit die Schweine das System akzeptiert haben.

3.3. Produktionssystem Mehrzweckstall

3.3.1 Haltung

Dieser Maststall des Lehr- und Versuchsgutes ist bereits 27 Jahre alt, wobei Lüftungs- und Fütterungsanlagen 1997 neu installiert wurden. Er besteht zu einem großen Anteil aus Holz und hat eine Größe von $23,0 \times 12,25$ m und eine Höhe von 2,80 m.

Der Innenraum des Maststalles ist in acht gleichgroße Buchten mit Vollspaltenboden aufgeteilt (Tab. 5, Abb. 10).

Eine vom Buchtenrand in die Mitte hineinziehende Trogfütterungsanlage (Schauer Compident) nimmt einen Großteil der Bucht ein.

Tabelle 5:

Maße einer einzelnen Bucht und der Inneneinrichtung

Größe	23,12 m ² (4,57 × 5,06 m)
Spaltenbreite	8,8 cm
Spaltenschlitzbreite	1,6 cm
Anzahl Tränkenippel	4
Höhe der Tränkenippel	44 cm bzw. 57 cm
Abstand der Tränkenippel zueinander	40 cm
Winkel der Tränkenippel	33°
Höhe der Trennwände zwischen den einzelnen Buchten	98 cm

Die Schweine haben Ketten und Bälle zur Beschäftigung in ihren Buchten.



Abbildung 10:

Ansicht einer einzelnen Bucht im Innenraum des Warmstalles

Klima/ Lüftung:

Im Maststall wird eine relativ konstante Temperatur zwischen 18 °C und 20 °C eingehalten. Der Luftaustausch im Stall erfolgt über eine Unterdrucklüftung. Drei an der Decke installierte Luftabsaugschächte sorgen für Unterdruck, der wiederum durch einströmende Luft aus einer Rieseldecke ausgeglichen wird. Zusätzlich fungieren offene Fenster und Türen als Lüftungsmöglichkeit.

Entmistung:

Unter dem Spaltenboden des Stalles befindet sich ein Güllelagerraum, der die Gülle über einen Querkanal in die Vorgrube und von dort in einen größeren Sammelbehälter weiterleitet.

3.3.2 Fütterungssystem: Trogfütterung (Compident, Fa. Schauer)

Dieser Futterautomat nimmt einen Großteil des Buchtenbodens ein und besteht aus einem vollkommen abgeschlossenen Durchgangssystem aus Metall, das es den Tieren ermöglicht, ohne Beeinträchtigung durch Artgenossen zu fressen. Das Schwein bekommt hier trockenes pelletiertes Futter ad libitum in einen ausschwenkbaren Trog dosiert.

Funktionsbeschreibung:

Sobald ein Tier einen in 30 cm Höhe befestigten Sensor passiert, schließt sich die Eingangstür, sodass der Eintritt weiterer Schweine verhindert wird. Der Futtertrog schwenkt in den Futtergang ein, in den das Futter eindosiert wird. Nach jeder Dosierung verbleiben dem Tier zehn Minuten an Fresszeit. Ist diese Zeit abgelaufen, schwenkt der Trog wieder zurück und wird rückverwogen.

Das Schwein verlässt das System nach Beendigung der Futteraufnahme über eine der Eingangstür gegenüberliegende Klapptür. 30 Sekunden nach der Rückverwiegung öffnet sich wieder die Eingangstür und das nächste Schwein kann eintreten.

Dieses System arbeitet ebenfalls mittels Ohrtranspondern und dient, wie bereits in Punkt 3.2.2 beschrieben, der individuellen Futterrationierung.

Auch hier werden die individuelle Futteraufnahme, die Häufigkeit und die Uhrzeit der Besuche protokolliert. Um genaue Daten zu erhalten, ist das System regelmäßig zu kalibrieren. Besonders zu Beginn ist ein tägliches Kontrollieren des Futterprotokolls von großer Bedeutung.

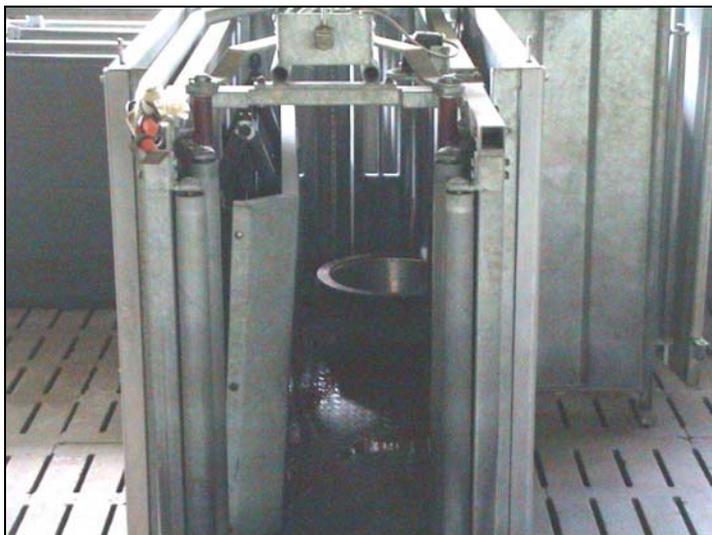


Abbildung 11:
Trogefütterungssystem Compident der Firma Schauer

4. DXA - Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie

Die Funktionsweise des in diesem Versuch verwendeten GE Lunar-DPX-IQ-Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie-Scanners wurde bereits im Kapitel Literatur und Quellen genauer beschrieben.

Die Firma GE Lunar vertreibt als notwendiges Additivum zum Scanner eine Software, die über unterschiedliche Untersuchungsprogramme für die Wirbelsäule, Femur und Gesamtkörper verschiedener Größen verfügt.

Weiterhin besteht die Möglichkeit einzelne Körperregionen, sogenannte „Regions of interest“ (ROI), genauer zu untersuchen.

Im vorliegenden Versuch wurden folgende Parameter näher untersucht und errechnet:

- Weichgewebe in g
- Fett in g
- Magerweichgewebe in g (in Abb. 12 als „Muskel“ definiert)
- Knochenfläche in cm^2
- Knochenmineralgehalt (BMC) in g
- Knochenmineraldichte (BMD) in g/cm^2

Die Knochenmineraldichte lässt sich mit Hilfe des Knochenmineralgehaltes und der Knochenmineralfläche genau bestimmen. Die Einheit [g/cm^2] beruht auf der DXA-Eigenschaft, Objekte lediglich auf zweidimensionaler Ebene zu messen.

Die Weichgewebemasse wird durch Addition von Fett und Magerweichgewebe errechnet.

Das Gewicht des gescannten Objekts wiederum wird durch Addition der Weichgewebemasse mit dem Knochenmineralgehalt bestimmt.

Zusätzlich ergibt sich für jede Messung eine individuelle Gewebeverhältniszahl (R-Wert), die bereits in Kap. 2.1 näher erläutert wurde (Abb. 12).

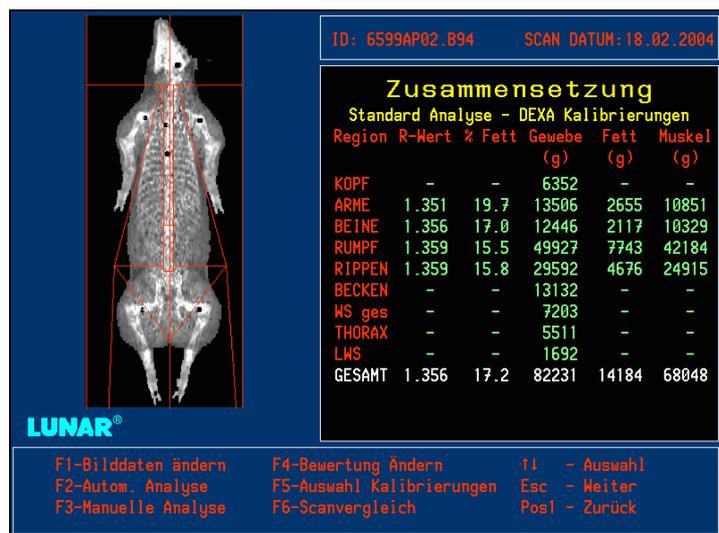


Abbildung 12:

Bildschirmansicht der durch den Computer errechneten Daten

Mit Hilfe eines Standardprüfkörpers (Phantom) wurde vor jedem Scantermin die Funktionsfähigkeit und einwandfreie Messqualität des Gerätes sichergestellt und aufgezeichnet.

Die Firma GE Lunar® empfiehlt diese Qualitätskontrolle mindestens alle 48 Stunden durchzuführen.

5. Scanablauf

Im Rahmen dieser Studie wurden bei den Schweinen beider Produktionssysteme drei Ganzkörperanalysen durchgeführt. Die Gewichtsklassen 30 kg, 60 kg und 90 kg gaben die entsprechenden Untersuchungstermine vor.

Die Messung in der Gewichtsklasse 30 kg fand in beiden Mastdurchgängen unmittelbar vor der Einstellung in das jeweilige Produktionssystem statt, um für die folgenden Scans Grunddaten zur Verfügung zu haben.

Ca. 18 Stunden vor dem Scannen wurden die zu untersuchenden Tiere separat aufgestellt und nicht mehr gefüttert. Vor dem jeweiligen Scan wurde das Gewicht eines jeden Schweines mittels einer Tierwaage ermittelt.

Im Anschluss erfolgte die Anästhesie des ersten Tieres:

Sedation: Ketaminhydrochlorid (Ursotamin®) 11,5 mg/kg i.m. und Azaperon (Stresnil®) 1,2 mg/kg i.m.

Narkose: Ketaminhydrochlorid (Ursotamin®) 26,5 mg/kg i.v. und Xylazinhydrochlorid (Xylazin2%®) 2 mg/kg i.v.

Laut UNGEMACH und EMMERICH (2003) liegt seit der MRL-Verordnung 2377/90 für die Allgemeinanästhesie beim Schwein eine Therapielücke vor, die durch Umwidmung nach §56a Abs. 2 AMG geschlossen werden kann. Somit tritt die 3. Stufe der Umwidnungskaskade in Kraft, die es ermöglicht, neben den für das Schwein zugelassene Ketamin (Ursotamin®) und Azaperon den α_2 -Agonisten Xylazin zu verwenden. Diese Umwidmung hat eine Wartezeit von 28 Tagen auf essbares Gewebe zur Folge.

Beim dritten Untersuchungstermin, in der Gewichtsklasse 90 kg, wurde die Anästhesie folgendermaßen abgeändert:

Sedation: Ketaminhydrochlorid (Ursotamin®) 11,5 mg/kg i.m. und Azaperon (Stresnil®) 1,2 mg/kg i.m..

Narkose: Ketaminhydrochlorid (Ursotamin®) 17,3 mg/kg i.v.

Der Verzicht des α_2 -Agonisten Xylazin im dritten Scan begründet sich in der durch Umwidmung entstehenden Wartezeit von 28 Tagen auf essbares Gewebe. Für Azaperon liegt eine Wartezeit von sieben Tagen, für Ketaminhydrochlorid von drei Tagen auf essbares Gewebe vor.

Da die Probanden für die Messungen über einen längeren Zeitraum absolut ruhig liegen müssen, kann auf die Verwendung von Xylazin nur in der Gewichtsklasse 90 kg verzichtet werden. In den Gewichtsklassen 30 kg und 60 kg sind die Schweine mit dieser Narkose zu unruhig, was schließlich die Ergebnisse der Scananalyse verfälschen würde.

Das anästhesierte Schwein wird in ventraler Position mit abgestreckten Vordergliedmaßen von rostral nach caudal gescannt (Abb. 13).

Beim ersten Scan wird allen Mastschweinen ein Ohrtransponder eingezogen, dessen Funktion in Kapitel 3.2.2 bereits erläutert wurde.

Des Weiteren wird bei jeder Messung von jedem Tier Blut aus der Vena jugularis gewonnen, das in der Klinik für Schweine der LMU München auf Ca, P und AP untersucht wird. Diese Analyse erfolgt mit Hilfe des Gerätes Hitachi 911 der Firma Roche, das vor jeder Untersuchung kontrolliert und kalibriert wird.

Zwei Wochen nach der dritten Messung werden die Probanden im Versuchsschlachthaus der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub geschlachtet. Es wird die Vena jugularis eröffnet und daraus erneut Blut gewonnen, das auf Ca-, P- und AP-Gehalt analysiert wird. Zusätzlich wird allen Schlachtieren das Os metacarpale quartum der linken Vorderextremität

entnommen, das am Lehr- und Versuchsgut mittels DXA (Small Appendicular-Modus Schnell) auf Knochenmineralgehalt und –dichte untersucht wird.



Abbildung 13:
Scanvorgang an einem anästhesierten Schwein

6. Statistische Analyse

Die Auswertung der gemessenen Werte wurde mit Hilfe des Programmes SAS Version 8.2 vorgenommen.

Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den fixen Effekten wurden anhand einer GLM (General Linear Model)-Analyse ermittelt.

Dabei wurde die Grenze für die Signifikanz der unterschiedlichen Least-Squares-Means (LSM) bei $p \leq 0,05$ festgelegt.

Für die Berechnung wurden folgende Modelle verwendet:

Modell für die Schweine des ersten und zweiten Mastdurchganges:

$$y_{ijkl} = \mu + P_i + G_j + P_i * G_j + W_k + e_{ijkl}$$

y_{ijkl} = Beobachtungswert

μ = Erwartungswert von y

P_i = Produktionssystem ($i = 1, 2$)

G_j = Geschlecht ($j = 1, 2$)

$P_i * G_j$ = Interaktion $P \times G$ ($i \times j$)

W_k = Wurf/Eltern ($k = 1 - 6$) bzw. ($k = 1 - 11$) bei Mastdurchgang 2

e_{ijkl} = Restfehler

Modell für den Vergleich des ersten und zweiten Mastdurchganges:

$$y_{ijklm} = \mu + M_i + P_j * M_i + G_k * M_i + (P_j * G_k) * M_i + W_l * M_i + e_{ijklm}$$

y_{ijklm} = Beobachtungswert

μ = Erwartungswert von y

M_i = Mastdurchgang ($i = 1, 2$)

$P_j * M_i$ = Interaktion Produktionssystem ($j = 1, 2$) \times Mastdurchgang ($i = 1, 2$)

$G_k * M_i$ = Interaktion Geschlecht ($k = 1, 2$) \times Mastdurchgang ($i = 1, 2$)

$(P_j * G_k) * M_i$ = Interaktion Produktionssystem ($j = 1, 2$) \times Geschlecht ($k = 1, 2$)
 \times Mastdurchgang ($i = 1, 2$)

$W_l * M_i$ = Interaktion Wurf/Eltern ($l = 1 - 6$) bzw. ($l = 1 - 11$) \times Mastdurchgang ($i = 1, 2$)

e_{ijklm} = Restfehler

IV. Ergebnisse

1. Erster Mastdurchgang: Herbst/Winter

1.1 Gesamtkörperzusammensetzung der Mastschweine

1.1.1 Messung 1

Der erste Scan wurde mit einem durchschnittlichen Körpergewicht (DXA) von 28 kg durchgeführt.

Da diese Messung kurz vor dem Einstellen in das entsprechende Produktionssystem stattfand, waren wie erwartet keine signifikanten Unterschiede zwischen den in zwei Gruppen aufgeteilten Tieren feststellbar. Die von DXA errechneten Parameter sind in Tabelle 6 zusammengefasst dargestellt. Die in Klammern stehenden Prozentangaben bei den diversen Parametern beziehen sich in allen Tabellen auf das von DXA errechnete Körpergewicht des Tieres.

Tabelle 6:

Vergleich der Ergebnisse von Scan 1 des ersten Mastdurchganges
Kleinste Quadrate Mittelwerte (\pm Standardschätzfehler)

	Produktionssystem Außenklimastall	SSF *)	Produktionssystem Mehrzweckstall	SSF *)
Körpergewicht, DXA [kg]	28,85	$\pm 0,8$	29,92	$\pm 0,8$
Weichgewebe [kg]	28,34	$\pm 0,78$	29,38	$\pm 0,80$
Magerweichgewebe [kg]	26,51	$\pm 0,67$	27,36	$\pm 0,69$
Magerweichgewebe [%]	92,05	$\pm 0,28$	91,66	$\pm 0,29$
Fettgewebe [kg]	18,28	$\pm 0,13$	20,22	$\pm 0,13$
Fettgewebe [%]	6,20	$\pm 0,27$	6,54	$\pm 0,28$
Knochenmineralgehalt [g]	507,5	$\pm 18,13$	542,28	$\pm 18,65$
Knochenmineralgehalt [%]	1,75	$\pm 0,03$	1,80	$\pm 0,03$
Knochenmineraldichte [g/cm ²]	0,686	$\pm 0,006$	0,689	$\pm 0,007$

*) Standardschätzfehler

Ferner konnten bei Scan 1 auch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede zwischen den Probanden ausgemacht werden.

1.1.2 Messung 2

Die zweite Messung fand mit einem durchschnittlichen Körpergewicht (DXA) von 70 kg und 70 Tage nach Scan 1 statt.

Die Tiere des Produktionssystems Außenklimastalles wiesen mit 438,65 g eine signifikant höhere Magerweichgewebezunahme in der Zeit zwischen Scan 1 und Scan 2 auf. Außerdem konnte bei diesen Schweinen eine Tendenz zur höheren Knochenmineraldichte festgestellt werden.

Die genauen Daten sind Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7:

Vergleich der Ergebnisse von Scan 2 des ersten Mastdurchganges

Kleinste Quadrate Mittelwerte (\pm Standardschätzfehler)

a: die mit hochgestelltem a gekennzeichneten Werte verdeutlichen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den beiden Produktionssystemen

b: die mit hochgestelltem b gekennzeichneten Werte weisen einen p-Wert von 0,07 auf.

	Produktionssystem Außenklimastall	SSF *)	Produktionssystem Mehrzweckstall	SSF *)
Körpergewicht (DXA) [kg]	70,59	$\pm 2,08$	70,77	$\pm 2,14$
Tgl. Zunahme Scan 1 – Scan 2 [g]	604,16	$\pm 24,25$	577,12	$\pm 24,95$
Weichgewebe [kg]	68,7	$\pm 2,0$	68,87	$\pm 2,06$
Magerweichgewebe [kg]	56,83	$\pm 1,21$	55,48	$\pm 1,25$
Magerweichgewebe [%]	80,97	$\pm 0,91$	79,49	$\pm 0,94$
Tgl. Magerweichgewebe- zunahme Scan 1 – Scan 2 [g]	438,65 ^a	$\pm 12,56$	397,33 ^a	$\pm 12,92$
Fettgewebe [kg]	11,87	$\pm 1,0$	13,39	$\pm 1,03$
Fettgewebe [%]	16,36	$\pm 0,87$	17,87	$\pm 0,9$
Tgl. Fettgewebezunahme Scan 1 – Scan 2 [g]	145,41	$\pm 13,3$	160,69	$\pm 13,68$
Knochenmineralgehalt [g]	1897,76	$\pm 82,8$	1894,62	$\pm 85,2$
Knochenmineralgehalt [%]	2,68	$\pm 0,05$	2,63	$\pm 0,05$
Tgl. Knochenmineralzunahme Scan 1 – Scan 2 [g]	20,12	$\pm 1,05$	19,11	$\pm 1,08$
Knochenmineraldichte [g/cm ²]	0,974 ^b	$\pm 0,013$	0,943 ^b	$\pm 0,013$

*) Standardschätzfehler

Wie erwartet wurden zwischen Scan 1 und Scan 2 signifikante Unterschiede bezüglich des Geschlechts festgestellt.

Bei den Kastraten konnten bei folgenden Parametern größere Werte verzeichnet werden:

- Durchschnittliche Tageszunahme zwischen Scan 1 und Scan 2:
630 g \pm 20 vs. 551 g \pm 30 (siehe Abb. 14)
- Fettgehalt:
15,3 kg \pm 0,8 vs. 9,9 kg \pm 1,2
- Knochenmineralgehalt:
2034 g \pm 67 vs. 1758 g \pm 104
- Durchschnittliche tägliche Fettgewebezunahme zwischen Scan 1 und Scan 2:
190 g \pm 11 vs. 116 g \pm 17
- Durchschnittliche tägliche Zunahme BMC zwischen Scan 1 und Scan 2:
21 g \pm 0,8 vs. 17,7 g \pm 1,3
- Fettgewebe in % des KG:
19,9 % \pm 0,7 vs. 14,3 % \pm 1 (siehe Abb. 17)

Die weiblichen Tiere zeigten dagegen nur einen signifikant höheren Wert:

- Prozentualer Magerweichgewebeanteil:
83,1 % \pm 1,1 vs. 77,4 % \pm 0,7 (siehe Abb. 16)

1.1.3 Messung 3

Die dritte Messung fand mit einem durchschnittlichen Körpergewicht (DXA) von 94 kg und 35 Tage nach Scan 2 statt.

In der Zeit zwischen Scan 2 und Scan 3 wurde bei den Tieren des Produktionssystems MZW mit 755,92 g eine signifikant höhere durchschnittliche Tageszunahme festgestellt. Die weiteren Parameter, die allerdings keine signifikanten Unterschiede aufzeigten, finden sich in Tabelle 8.

Tabelle 8:

Vergleich der Ergebnisse von Scan 3 des ersten Mastdurchganges
Kleinste Quadrate Mittelwerte (\pm Standardschätzfehler)

a: die mit hochgestelltem a gekennzeichneten Werte verdeutlichen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den beiden Produktionssystemen

b: die mit hochgestelltem b gekennzeichneten Werte weisen einen p-Wert von 0,08 auf

	Produktionssystem Außenklimastall	SSF *)	Produktionssystem Mehrzweckstall	SSF *)
Körpergewicht (DXA) [kg]	93,01	$\pm 2,38$	95,64	$\pm 2,55$
Tgl. Zunahme Scan 2 – Scan 3 [g]	656,93 ^a	$\pm 27,57$	755,92 ^a	$\pm 29,59$
Tgl. Zunahme Scan 1 – Scan 3 [g]	622,03	$\pm 20,66$	630,80	$\pm 22,18$
Weichgewebe [kg]	90,28	$\pm 2,35$	92,81	$\pm 2,52$
Magerweichgewebe [kg]	68,49	$\pm 1,71$	69,16	$\pm 1,84$
Magerweichgewebe [%]	73,93	$\pm 0,99$	73,10	$\pm 1,06$
Tgl. Magerweichgewebe- zunahme Scan 2 – Scan 3 [g]	341,28 ^b	$\pm 30,68$	419,63 ^b	$\pm 32,93$
Tgl. Magerweichgewebe- zunahme Scan 1 - Scan 3 [g]	406,00	$\pm 14,13$	402,06	$\pm 15,17$
Fettgewebe [kg]	21,79	$\pm 1,23$	23,6	$\pm 1,32$
Fettgewebe [%]	23,13	$\pm 0,92$	23,94	$\pm 0,99$
Tgl. Fettgewebezunahme Scan 2 – Scan 3 [g]	291,24	$\pm 21,20$	308,03	$\pm 22,76$
Tgl. Fettgewebezunahme Scan 1 – Scan 3 [g]	193,66	$\pm 11,55$	206,82	$\pm 12,40$
Knochenmineralgehalt [g]	2729,18	$\pm 109,93$	2829,72	± 117
Knochenmineralgehalt [%]	2,95	$\pm 0,1$	2,96	$\pm 0,1$
Tgl. Knochenmineralzunahme Scan 2 – Scan 3 [g]	24,37	$\pm 3,18$	28,34	$\pm 3,41$
Tgl. Knochenmineralzunahme Scan 1 – Scan 3 [g]	21,54	$\pm 1,04$	21,92	$\pm 1,11$
Knochenmineraldichte [g/cm ²]	1,092	$\pm 0,012$	1,074	$\pm 0,013$

*) Standardschätzfehler

Die Unterschiede zwischen den männlichen und weiblichen Probanden waren im Versuchsabschnitt zwischen Scan 2 und Scan 3 am ausgeprägtesten.

Die männlichen Schweine wiesen in folgenden Parametern signifikant höhere Werte auf:

- Körpergewicht (DXA):
98 kg \pm 1,9 vs. 90 kg \pm 3,1 (siehe Abb. 15)
- Durchschnittliche tägliche Zunahme zwischen Scan 1 – Scan 3:
662 g \pm 17 vs. 591 g \pm 26 (siehe Abb. 14)
- Weichgewebemasse:
96 kg \pm 1,9 vs. 88 kg \pm 3
- Fettgewebemasse:
27 kg \pm 0,9 vs. 18 kg \pm 1,5
- Durchschnittliche tägliche Fettgewebezunahme zwischen Scan 2 – Scan 3:
348 g \pm 17 vs. 251 g \pm 27
- Prozentualer Fettgewebeanteil:
27 % \pm 0,8 vs. 20 % \pm 1,2 (siehe Abb. 17)

Die weiblichen Tiere zeigten nur in einem Parameter einen signifikant höheren Wert:

- Prozentualer Magerweichgewebeanteil
77 % \pm 0,8 vs. 70 % \pm 1,3 (siehe Abb. 16)

1.1.4 Ergebnisse der Messungen 1 – 3 im Vergleich

Betrachtet man die Ergebnisse der Zeitspanne Scan 1 – Scan 3, so können insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Produktionssystemen festgestellt werden. Die folgenden Abbildungen zeigen einen Gesamtüberblick der Entwicklung der männlichen (m) und weiblichen (w) Tiere beider Systeme.

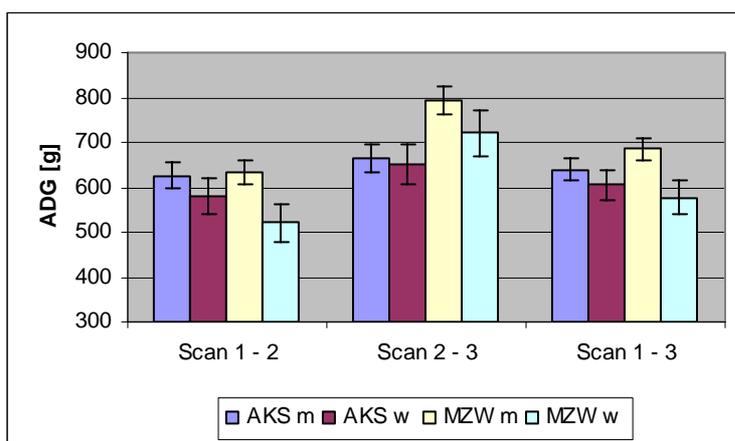


Abbildung 14:
Durchschnittliche tägliche Zunahme (Average daily gain; ADG) des ersten Mastdurchganges im Vergleich

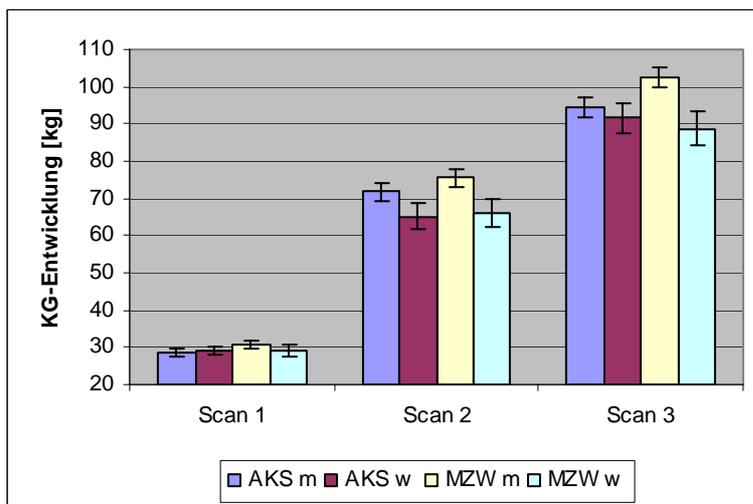


Abbildung 15:
Gewichtsentwicklung (DXA) der Tiere des ersten Mastdurchganges im Vergleich

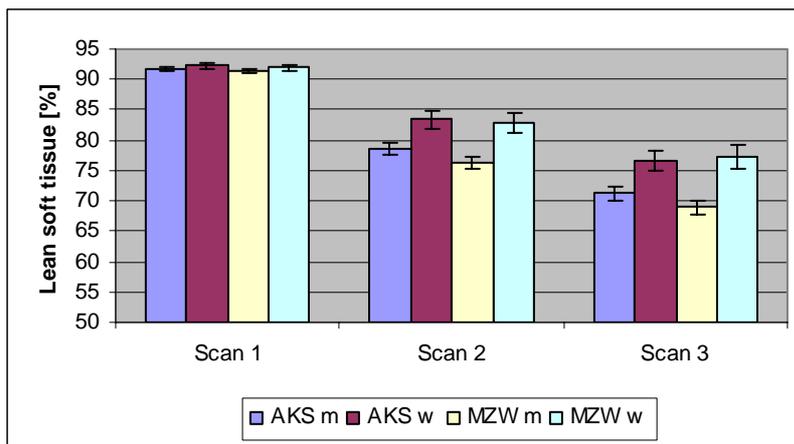


Abbildung 16:
Prozentualer Magerweichgewebeanteil (Lean soft tissue) der Tiere des ersten Mastdurchganges im Vergleich

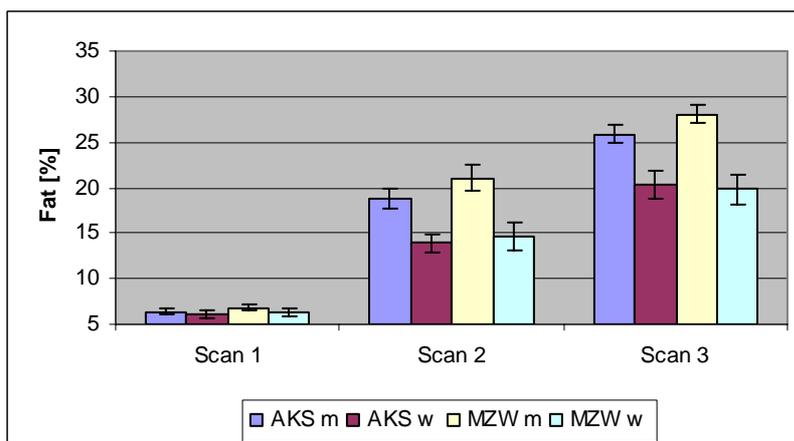


Abbildung 17:
Prozentualer Fettgewebeanteil der Tiere des ersten Mastdurchganges im Vergleich

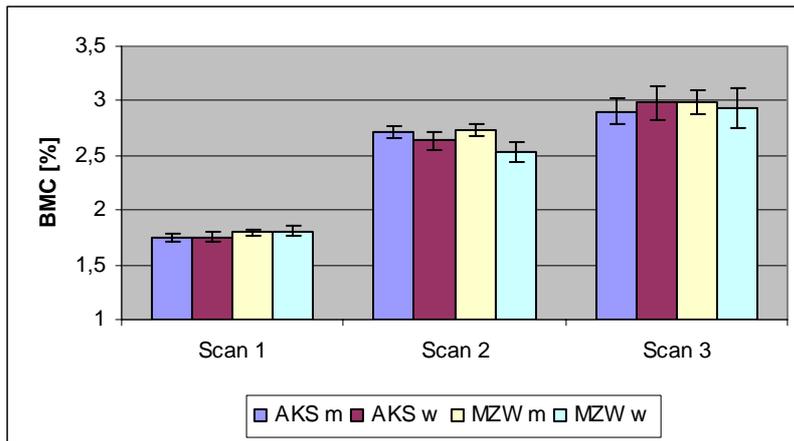


Abbildung 18:
 Prozentualer Knochenmineralgehalt (Bone mineral content; BMC) der Tiere des ersten Mastdurchganges im Vergleich

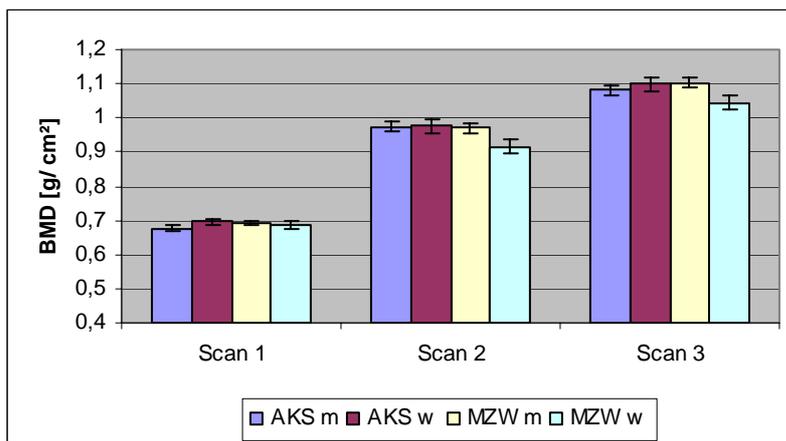


Abbildung 19:
 Knochenmineraldichte (Bone mineral density; BMD) der Tiere des ersten Mastdurchganges im Vergleich

1.1.5 Messung 4: Metakarpalknochen

Nach dem Schlachtvorgang wurde den Tieren die linke Vorderextremität entfernt und das Os metacarpale quartum freigelegt. Diese Metakarpalknochen wurden ebenso gescannt, um den Knochenmineralgehalt und die Knochenmineraldichte zu ermitteln.

Die Auswertungen ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen den Produktionssystemen:

Tabelle: 9:

Vergleich der Ergebnisse des Scans der Metakarpalknochen der Schweine des ersten Mastdurchganges

Kleinste Quadrate Mittelwerte (\pm Standardschätzfehler)

	Produktionssystem Außenklimastall	SSF *)	Produktionssystem Mehrzweckstall	SSF*)
BMC [g]	7,04	0,19	6,90	0,20
BMD [g/cm ²]	0,646	0,011	0,641	0,011

*) Standardschätzfehler

Des Weiteren konnte auch zwischen den Geschlechtern kein signifikanter Unterschied ausgemacht werden:

- Knochenmineralgehalt:
7,20 g \pm 0,16 (m) vs. 6,77 g \pm 0,25 (w)
- Knochenmineraldichte:
0,661 g/cm² \pm 0,009 (m) vs. 0,627 g/cm² \pm 0,014 (w)

1.2 Fütterungsdaten und Futtereffizienz

Neben den von DXA errechneten Werten zur Körperzusammensetzung wurden in dieser Dissertation auch diverse Fütterungsdaten und die Futtereffizienz der beiden Produktionssysteme verglichen.

Die Auswertungen ergaben, dass die Tiere des konventionellen Warmstalles zwischen Scan 2 und Scan 3 mit 3,72 kg/kg eine signifikant bessere Futterverwertung aufwiesen. Ebenfalls signifikant besser waren die Werte dieser Schweine bei der Magergewebefutterverwertung (LT-FC).

Die folgende Tabelle 10 gibt eine genaue Auflistung der Daten wider.

Tabelle 10:

Vergleich der Ergebnisse der beiden Produktionssysteme des ersten Mastdurchganges
Kleinste Quadrate Mittelwerte verschiedener Fütterungsdaten und der Futtereffizienz
(± Standardschätzfehler)

a: die mit hochgestelltem a gekennzeichneten Werte verdeutlichen signifikante Unterschiede
($p \leq 0,05$) zwischen den beiden Produktionssystemen

	Produktionssystem Außenklimastall	SSF *)	Produktionssystem Mehrzweckstall	SSF *)
Futterverwertung (FC) Scan 1 – Scan 2 [kg/kg]	3,1	± 0,19	3,23	± 0,19
Futterverwertung (FC) Scan 2 – Scan 3 [kg/kg]	4,89 ^a	± 0,24	3,72 ^a	± 0,26
Futterverwertung (FC) Scan 1 – Scan 3 [kg/kg]	3,71	± 0,2	3,37	± 0,21
Tgl. Futteraufnahme Scan 1 – Scan 2 [kg]	1,83	± 0,11	1,88	± 0,11
Tgl. Futteraufnahme Scan 2 – Scan 3 [kg]	3,14	± 0,17	2,8	± 0,18
Tgl. Futteraufnahme Scan 1 – Scan 3 [kg]	2,26	± 0,12	2,15	± 0,13
LT-FC [kg/kg] Scan 1 – Scan 2	4,33	± 0,36	4,88	± 0,37
LT-FC [kg/kg] Scan 2 – Scan 3	11,22 ^a	± 1,05	8,07 ^a	± 1,13
LT-FC [kg/kg] Scan 1 – Scan 3	5,91	± 0,35	5,55	± 0,38

*) Standardschätzfehler

Die nun folgenden Abbildungen stellen die Unterschiede der Fütterungsdaten und der Futtereffizienz der beiden Produktionssysteme und Geschlechter zwischen den Messungen dar.

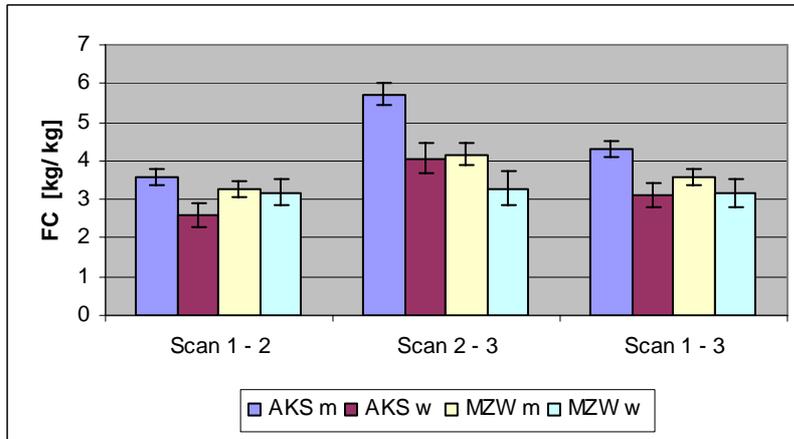


Abbildung 20:

Futterverwertung (Feed conversion; FC) der Schweine des ersten Mastdurchganges im Vergleich

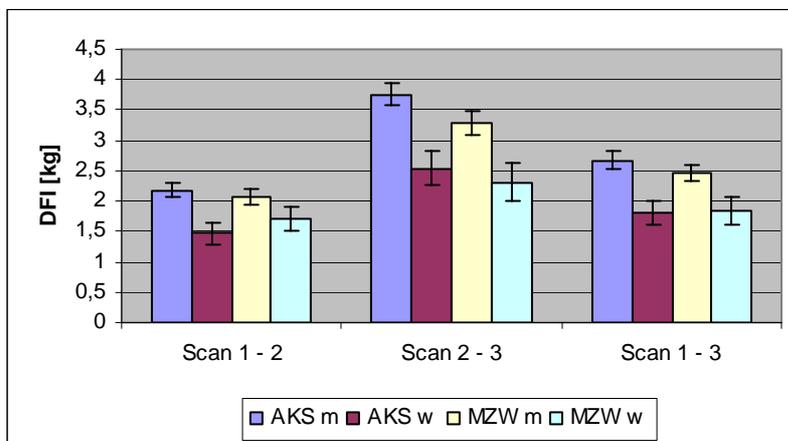


Abbildung 21:

Durchschnittliche tägliche Futtermenge (daily feed intake, DFI) der Tiere des ersten Mastdurchganges im Vergleich

1.3 Serumwerte Kalzium, Phosphor und Alkalische Phosphatase

Den Tieren wurde nach jedem Scan Blut abgenommen, das in der Klinik für Schweine der LMU München auf Ca, P und AP untersucht wurde. Die vierte Blutgewinnung erfolgte nach dem Töten der Tiere am Schlachthof.

Die Auswertung der Ergebnisse ergab, dass die Tiere des Außenklimastalles signifikant höhere Kalziumwerte bei der Blutabnahme bei Scan 1 und Scan 2 hatten.

Der Verlauf der einzelnen Serumwerte während der gesamten Mastzeit kann in den Abbildungen 22 – 24 verfolgt werden.

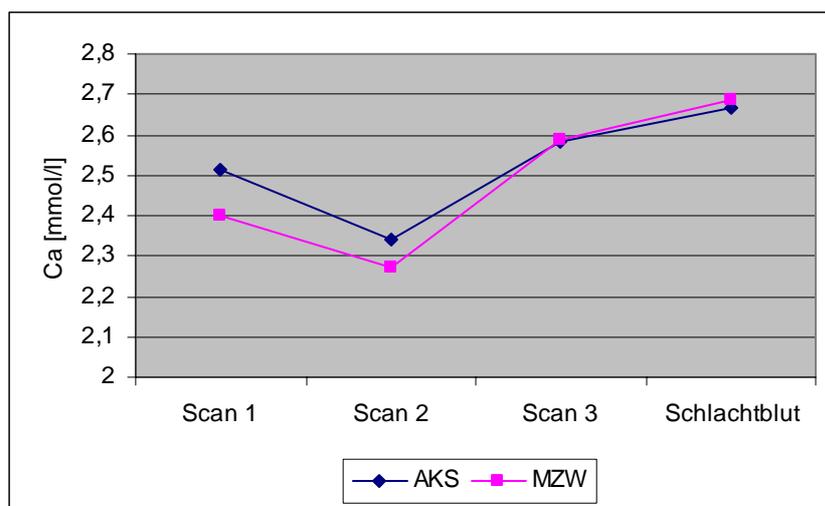


Abbildung 22:

Kalziumwerte im Verlauf der Mastzeit des zweiten Mastdurchganges
Referenzbereich nach KIXMÖLLER (2004): 2,36 – 3,08 mmol/l

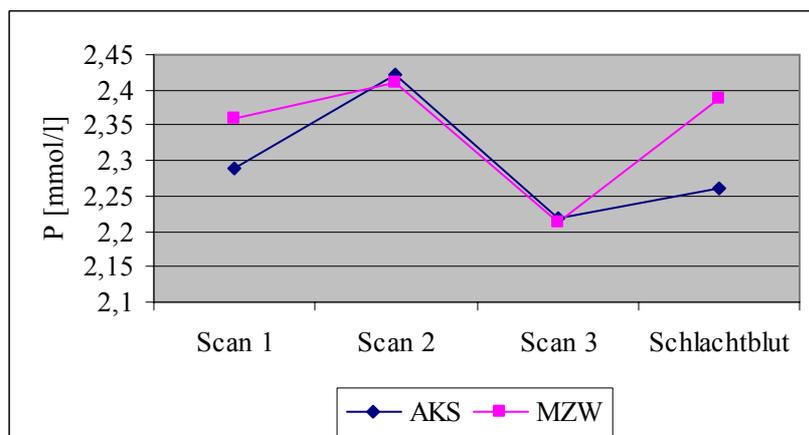


Abbildung 23:

Phosphorwerte im Verlauf der Mastzeit des zweiten Mastdurchganges
Referenzbereich nach KIXMÖLLER (2004): 2,33 – 3,37 mmol/l

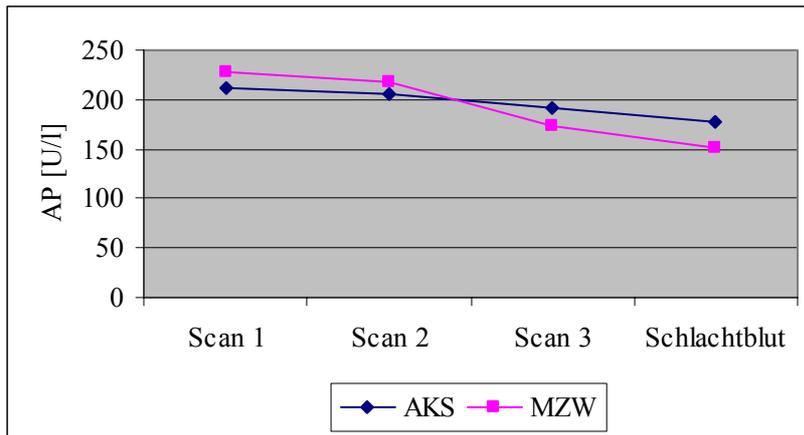


Abbildung 24:

AP-Werte im Verlauf der Mastzeit des zweiten Mastdurchganges
Referenzbereich nach KIXMÖLLER (2004): 129 – 465 IU/l

2. Zweiter Mastdurchgang: Frühjahr/Sommer

2.1 Gesamtkörperzusammensetzung der Mastschweine

2.1.1 Messung 1

Der erste Scan wurde mit einem durchschnittlichen Körpergewicht (DXA) von 23 kg durchgeführt. Wie erwartet wurden entsprechend zu Mastdurchgang 1 keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Die genauen Daten sind Tabelle 11 zu entnehmen.

Tabelle 11:

Vergleich der Ergebnisse von Scan 1 des zweiten Mastdurchganges
Kleinste Quadrate Mittelwerte (\pm Standardschätzfehler)

	Produktionssystem Außenklimastall	SSF *)	Produktionssystem Mehrzweckstall	SSF *)
Körpergewicht (DXA) [kg]	23,50	$\pm 0,66$	24,19	$\pm 0,73$
Weichgewebe [kg]	23,04	$\pm 0,65$	23,7	$\pm 0,71$
Magerweichgewebe [kg]	21,43	$\pm 0,54$	22,11	$\pm 0,59$
Magerweichgewebe [%]	91,54	$\pm 0,34$	91,72	$\pm 0,37$
Fettgewebe [kg]	16,07	$\pm 0,12$	15,89	$\pm 0,13$
Fettgewebe [%]	6,54	$\pm 0,2$	6,26	$\pm 0,37$
Knochenmineralgehalt [g]	454,94	$\pm 17,41$	489,58	$\pm 19,13$
Knochenmineralgehalt [%]	1,92	$\pm 0,03$	2,01	$\pm 0,03$
Knochenmineraldichte [g/cm ²]	0,659	$\pm 0,007$	0,673	$\pm 0,007$

*) Standardschätzfehler

Die männlichen Tiere zeigten in folgenden Parametern signifikant größere Werte:

- Magerweichgewebe:
23 kg \pm 0,6 vs. 21 kg \pm 0,6
- Weichgewebemasse:
24 kg \pm 0,7 vs. 22 kg \pm 0,7
- Knochenmineralgehalt:
499 g \pm 18,6 vs. 446 g \pm 18,7
- Körpergewicht (DXA):
25 kg \pm 0,7 vs. 23 kg \pm 0,7 (siehe Abb. 26)

2.1.2 Messung 2

Die zweite Messung fand mit einem durchschnittlichen Körpergewicht (DXA) von 52 kg und 56 Tage nach Scan 1 statt.

Die Tiere des Produktionssystems Außenklimastall wiesen in folgenden Parametern signifikant höhere Werte auf (Tabelle 12):

- Körpergewicht (DXA)
- Knochenmineraldichte und -gehalt
- Prozentualer Knochenmineralgehalt
- Weichgewebe
- Mager- und Fettgewebe
- Durchschnittliche tägliche Knochenmineralzunahme.

Des Weiteren zeigten die Schweine des Produktionssystems Außenklimastall in der durchschnittlichen täglichen Fettgewebezunahme Scan 1 - Scan 2 tendenziell größere Werte.

Tabelle 12:

Vergleich der Ergebnisse von Scan 2 des zweiten Mastdurchganges

Kleinste Quadrate Mittelwerte(\pm Standardschätzfehler)

a: die mit hochgestelltem a gekennzeichneten Werte verdeutlichen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den beiden Produktionssystemen

b: die mit hochgestelltem b gekennzeichneten Werte weisen einen p-Wert von 0,06 auf

	Produktionssystem Außenklimastall	SSF *)	Produktionssystem Mehrzweckstall	SSF *)
Körpergewicht (DXA) [kg]	54,77 ^a	$\pm 1,51$	48,70 ^a	$\pm 1,66$
Tgl. Zunahme Scan 1 – Scan 2 [g]	534,56	$\pm 21,72$	486,25	$\pm 23,0$
Weichgewebe [kg]	53,21 ^a	$\pm 1,45$	47,41 ^a	$\pm 1,60$
Magerweichgewebe [kg]	43,80 ^a	$\pm 0,86$	40,66 ^a	$\pm 0,94$
Magerweichgewebe [%]	80,31 ^a	$\pm 0,96$	83,71 ^a	$\pm 1,06$
Tgl. Magerweichgewebe- zunahme Scan 1 – Scan 2 [g]	381,40	$\pm 11,50$	366,56	$\pm 12,18$
Fettgewebe [kg]	9,42 ^a	$\pm 0,70$	6,74 ^a	$\pm 0,6$
Fettgewebe [%]	16,85 ^a	$\pm 0,92$	13,65 ^a	$\pm 1,01$
Tgl. Fettgewebezunahme Scan 1 – Scan 2 [g]	134,25 ^b	$\pm 11,97$	103,87 ^b	$\pm 12,67$
Knochenmineralgehalt [g]	1558,99 ^a	$\pm 60,80$	1288,69 ^a	$\pm 66,80$
Knochenmineralgehalt [%]	2,84 ^a	$\pm 0,05$	2,64 ^a	$\pm 0,06$
Tgl. Knochenmineralzunahme Scan 1 – Scan 2 [g]	23,61 ^a	$\pm 1,65$	17,15 ^a	$\pm 1,80$
Knochenmineraldichte [g/cm ²]	0,928 ^a	$\pm 0,012$	0,877 ^a	$\pm 0,013$

*) Standardschätzfehler

Bei den Kastraten konnten in folgenden Parametern signifikant größere Werte verzeichnet werden:

- Durchschnittliche tägliche Zunahme (DXA) zwischen Scan 1 – Scan 2:
552 g ± 22 vs. 469 g ± 23 (siehe Abb. 25)
- Körpergewicht (DXA):
55 kg ± 1,6 vs. 48 kg ± 1,6 (siehe Abb. 26)
- Weichgewebe:
54 kg ± 1,5 vs. 47 kg ± 1,6
- Magerweichgewebe:
44 kg ± 0,9 vs. 41 kg ± 0,9
- Fettgewebe:
10 kg ± 0,7 vs. 6 kg ± 0,8
- Knochenmineralgehalt:
1566 g ± 65 vs. 1282 g ± 65
- Knochenmineraldichte:
0,924 g/cm² ± 0,013 vs. 0,881 g/cm² ± 0,013 (siehe Abb. 30)
- Durchschnittliche tägliche Fettgewebezunahme zwischen Scan 1 – Scan 2:
152 g ± 12 vs. 86 g ± 13
- Durchschnittliche tägliche Knochenmineralzunahme Scan 1 – Scan 2:
19 g ± 1 vs. 16 g ± 1
- Prozentuales Fettgewebe:
18 % ± 0,9 vs. 13 % ± 0,9 (siehe Abb. 28)
- Prozentualer Knochenmineralgehalt:
2,82 g ± 0,06 vs. 2,66 ± 0,06 (siehe Abb. 29)

Die weiblichen Tiere zeigten nur in einem Parameter einen signifikant höheren Wert:

- Prozentualer Magerweichgewebeanteil:
85 % ± 1 vs. 79 % ± 1 (siehe Abb. 26)

2.1.3 Messung 3

Die dritte Messung fand bei einem durchschnittlichen Körpergewicht (DXA) von ca. 80 kg und 42 Tage nach Scan 2 statt.

Bei den Schweinen des Produktionssystems Außenklimastall konnte in folgenden Parametern signifikant höhere Werte festgestellt werden (Tab. 13):

- Körpergewicht (DXA)
- Durchschnittliche tägliche Zunahme
- Weichgewebemasse
- Fett- und Magerweichgewebemasse
- Prozentualer Fett- und Magerweichgewebeanteil
- Durchschnittliche tägliche Fett- und Knochenmineralzunahme
- Knochenmineralgehalt und -dichte
- Prozentualer Knochenmineralgehalt- und dichte

Tabelle 13:

Vergleich der Ergebnisse von Scan 3 des zweiten Mastdurchganges

Kleinste Quadrate Mittelwerte (\pm Standardschätzfehler)

a: die mit hochgestelltem a gekennzeichneten Parameter verdeutlichen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den beiden Produktionssystemen

	Produktionssystem Außenklimastall	SSF *)	Produktionssystem Mehrzweckstall	SSF *)
Körpergewicht (DXA) [kg]	84,31 ^a	$\pm 2,73$	72,71 ^a	$\pm 3,08$
Tgl. Zunahme Scan 2 – Scan 3 [g]	688,14 ^a	$\pm 36,44$	571,54 ^a	$\pm 39,70$
Tgl. Zunahme Scan 1 – Scan 3 [g]	599,46 ^a	$\pm 27,14$	524,12 ^a	$\pm 29,58$
Weichgewebe [kg]	81,73 ^a	$\pm 2,61$	70,70 ^a	$\pm 2,96$
Magerweichgewebe [kg]	63,42 ^a	$\pm 1,42$	58,72 ^a	$\pm 1,61$
Magerweichgewebe [%]	75,66 ^a	$\pm 1,41$	81,07 ^a	$\pm 1,59$
Tgl. Magerweichgewebezunahme Scan 2 – Scan 3 [g]	459,59	$\pm 20,48$	429,38	$\pm 22,32$
Tgl. Magerweichgewebezunahme Scan 1 – Scan 3 [g]	414,57	$\pm 13,97$	393,27	$\pm 15,23$
Fettgewebe [kg]	18,31 ^a	$\pm 1,45$	11,98 ^a	$\pm 1,68$
Fettgewebe [%]	21,29 ^a	$\pm 1,35$	16,18 ^a	$\pm 1,52$
Tgl. Fettgewebezunahme Scan 2 – Scan 3 [g]	204,95 ^a	$\pm 21,31$	125,01 ^a	$\pm 23,22$
Tgl. Fettgewebezunahme Scan 1 – Scan 3 [g]	163,99 ^a	$\pm 15,56$	114,35 ^a	$\pm 16,96$
Knochenmineralgehalt [g]	2576,51 ^a	$\pm 117,8$	2007,07 ^a	$\pm 133,20$
Knochenmineralgehalt [%]	3,04 ^a	$\pm 0,07$	2,75 ^a	$\pm 0,08$
Tgl. Knochenmineralzunahme Scan 2 – Scan 3 [g]	23,61 ^a	$\pm 1,65$	17,15 ^a	$\pm 1,80$
Tgl. Knochenmineralzunahme Scan 1 – Scan 3 [g]	20,89 ^a	$\pm 1,20$	16,50 ^a	$\pm 1,31$
Knochenmineraldichte [g/cm ²]	1,05 ^a	$\pm 0,02$	0,96 ^a	$\pm 0,02$

*) Standardschätzfehler

Die Auswertungen ergaben, dass die Kastraten bei folgenden Parametern signifikant größere Ergebnisse erzielten:

- Körpergewicht (DXA):
83 kg \pm 3 vs. 74 kg \pm 2,9 (siehe Abb. 26)
- Fettgewebe
19 kg \pm 1,6 vs. 11 kg \pm 1,6
- Knochenmineralgehalt:
2521 g \pm 132 g vs. 2062 g \pm 127

- Durchschnittliche tägliche Fettgewebezunahme zwischen Scan 2 – Scan 3:
214 g ± 23 vs. 116 g ± 23
- Durchschnittliche tägliche Fettgewebezunahme zwischen Scan 1 – Scan 3:
179 g ± 17 vs. 100 g ± 17
- Durchschnittliche tägliche Knochenmineralzunahme zwischen Scan 1 – Scan 3:
20,7 g ± 1,3 vs. 16,7 g ± 1,3

2.1.4 Ergebnisse der Messungen 1 – 3 im Vergleich

Im Gegensatz zu Durchgang 1 finden sich im Mastdurchgang Frühjahr/Sommer folgende signifikante Unterschiede zwischen den beiden Produktionssystemen:

- Durchschnittliche tägliche Zunahme
- Durchschnittliche tägliche Fettgewebe- und Knochenmineralzunahme.

Die folgenden Abbildungen zeigen einen Gesamtüberblick der Entwicklung der männlichen (m) und weiblichen (w) Tiere beider Produktionssysteme.

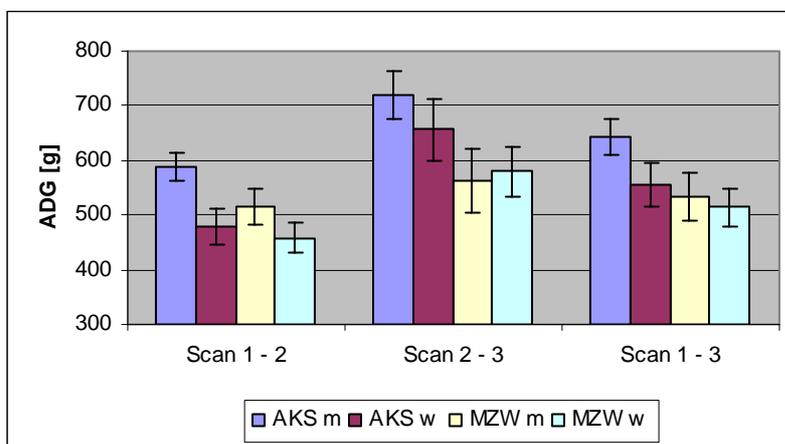


Abbildung 25:
Durchschnittliche tägliche Zunahme (ADG)
der Tiere des zweiten Mastdurchganges im Vergleich

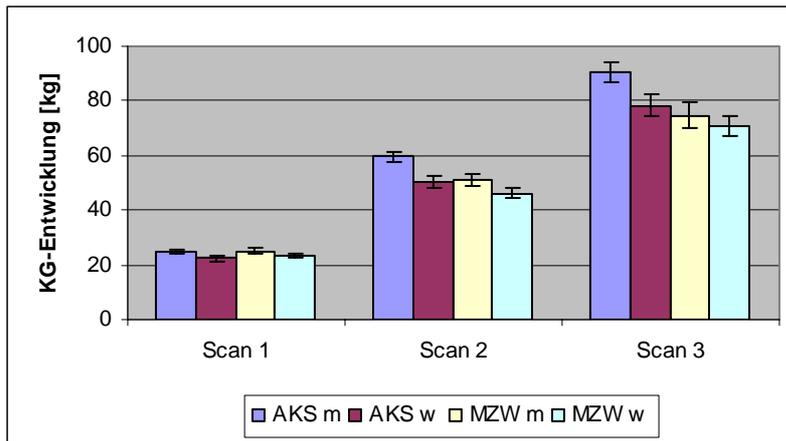


Abbildung 26:
Gewichtsentwicklung der Tiere des zweiten Mastdurchganges

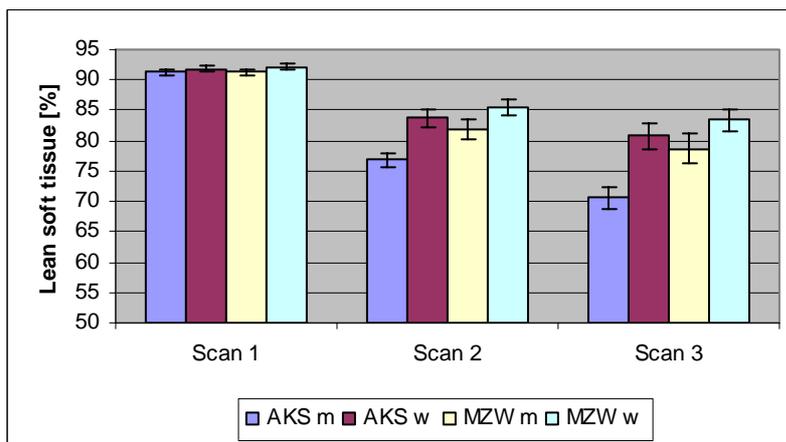


Abbildung 27:
Prozentuale Magerweichgewebeentwicklung (Lean soft tissue) der Tiere des zweiten Mastdurchganges im Vergleich

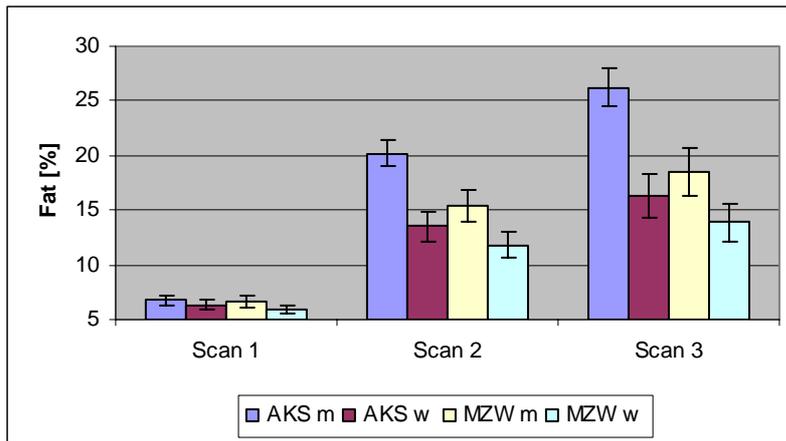


Abbildung 28:
 Prozentuale Fettgewebeerwicklung der Tiere des zweiten Mastdurchganges im Vergleich

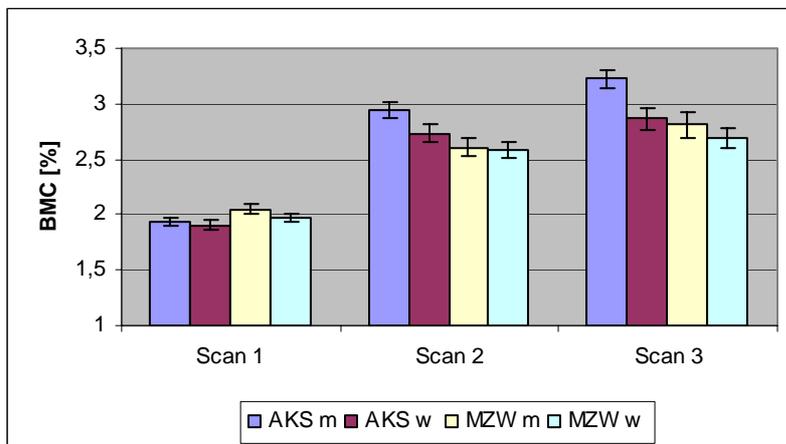


Abbildung 29:
 Prozentuale Entwicklung des Knochenmineralgehaltes (BMC) der Tiere des zweiten Mastdurchganges im Vergleich

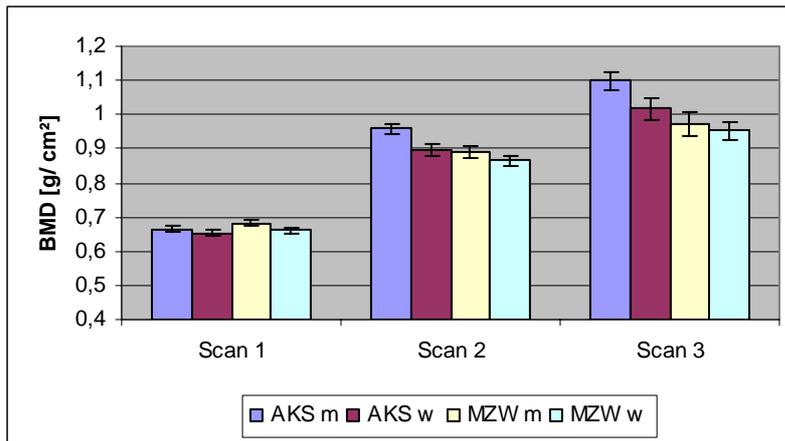


Abbildung 30:

Entwicklung der Knochenmineraldichte (BMD) der Tiere des zweiten Mastdurchganges im Vergleich

2.1.5 Messung 4: Metakarpalknochen

Im Gegensatz zu Mastdurchgang 1 zeigten die Tiere des Produktionssystems Außenklimastall im Durchgang Frühjahr/Sommer einen signifikant höheren Knochenmineralgehalt und -dichte:

Tabelle 14:

Vergleich der Ergebnisse des Scans der Metakarpalknochen der Schweine des zweiten Mastdurchganges

Kleinste Quadrate Mittelwerte (\pm Standardschätzfehler)

a: die mit hochgestelltem a gekennzeichneten Werte weisen auf signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den Produktionssystemen hin

	Produktionssystem Außenklimastall	SSF *)	Produktionssystem Mehrzweckstall	SSF *)
BMC [g]	6,65 ^a	0,23	5,45 ^a	0,25
BMD [g/cm ²]	0,596 ^a	0,015	0,538 ^a	0,017

*) Standardschätzfehler

Es konnten jedoch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede ausgemacht werden:

- Knochenmineralgehalt:
6,16 g \pm 0,25 (m) vs. 5,95 g \pm 0,23 (w)
- Knochenmineraldichte:
0,571 g/cm² \pm 0,017 (m) vs. 0,562 g/cm² \pm 0,016 (w)

2.2 Fütterungsdaten und Futtereffizienz

Die Schweine des Produktionssystems MZW wiesen in diesem Bereich eine signifikant schlechtere Futterverwertung zwischen Scan 1 – Scan 2 und Scan 1 – Scan 3 auf.

Tabelle 15:

Vergleich der Ergebnisse der beiden Produktionssysteme des zweiten Mastdurchganges
Kleinste Quadrate Mittelwerte verschiedener Fütterungsdaten und der Futtereffizienz
(± Standardschätzfehler)

a: die mit hochgestelltem a gekennzeichneten Werte verdeutlichen signifikante Unterschiede
($p \leq 0,05$) zwischen den beiden Produktionssystemen

	Produktionssystem Außenklimastall	SSF *)	Produktionssystem Mehrzweckstall	SSF *)
Futterverwertung (FC) Scan 1 – Scan 2 [kg/kg]	2,64 ^a	± 0,16	3,13 ^a	± 0,17
Futterverwertung (FC) Scan 2 – Scan3 [kg/kg]	3,07	± 0,56	4,37	± 0,61
Futterverwertung (FC) Scan 1 – Scan3 [kg/kg]	2,84 ^a	± 0,21	3,53 ^a	± 0,26
Tgl. Futteraufnahme Scan 1 – Scan 2 [kg]	1,41	± 0,09	1,52	± 0,10
Tgl. Futteraufnahme Scan 2 – Scan 3 [kg]	2,12	± 0,17	2,20	± 0,18
Tgl. Futteraufnahme Scan 1 – Scan 3 [kg]	1,71	± 0,11	1,83	± 0,12
LT-FC [kg/kg] Scan 1 – Scan 2	3,74	± 0,24	4,15	± 0,25
LT-FC [kg/kg] Scan 2 – Scan 3	4,76	± 0,45	5,41	± 0,49
LT-FC [kg/kg] Scan 1 – Scan 3	4,18	± 0,27	4,67	± 0,29

*) Standardschätzfehler

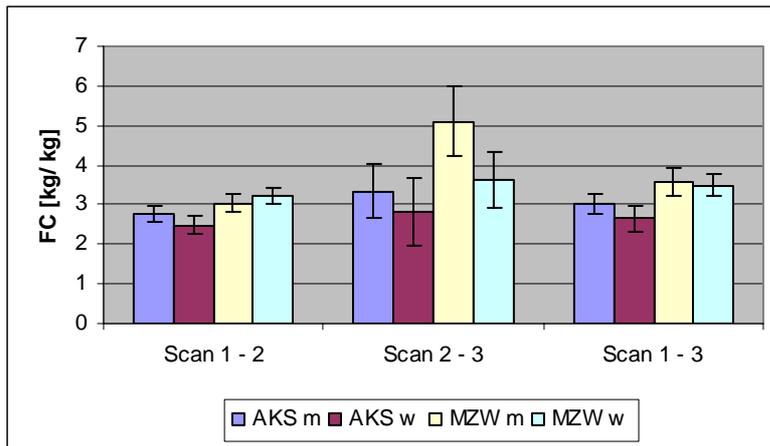


Abbildung 31:
Verlauf der Futterverwertung (FC) der Tiere des zweiten Mastdurchganges

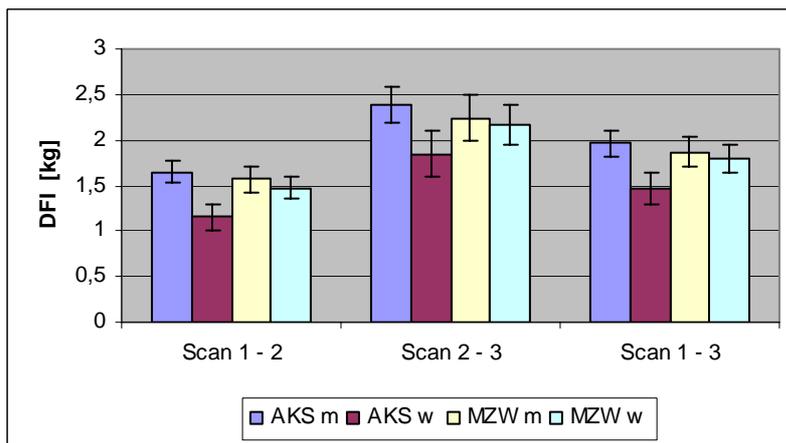


Abbildung 32:
Verlauf der täglichen Futteraufnahme (DFI) der Tiere des zweiten Mastdurchganges

2.3 Serumwerte Kalzium, Phosphor und Alkalische Phosphatase

Die Auswertungen ergaben, dass die Ca-, P- und AP-Werte bei der zweiten Blutabnahme und die Ca- und AP-Werte bei der dritten Blutabnahme bei Schweinen des Produktionssystems Außenklimastalle signifikant höher lagen. Die Tiere des Produktionssystems MZW wiesen einen signifikant höheren Kalziumwert beim Schlachtblut auf.

Eine genaue Darstellung zum Verlauf der diversen Serumwerte findet sich in Abb. 33 – 35.

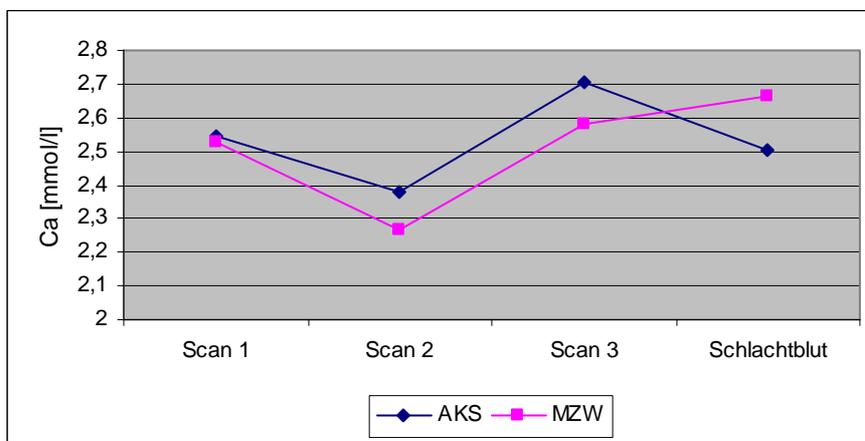


Abbildung 33:

Kalziumwerte im Verlauf der Mastzeit des zweiten Mastdurchganges
Referenzbereich nach KIXMÖLLER (2004): 2,36 – 3,08 mmol/l

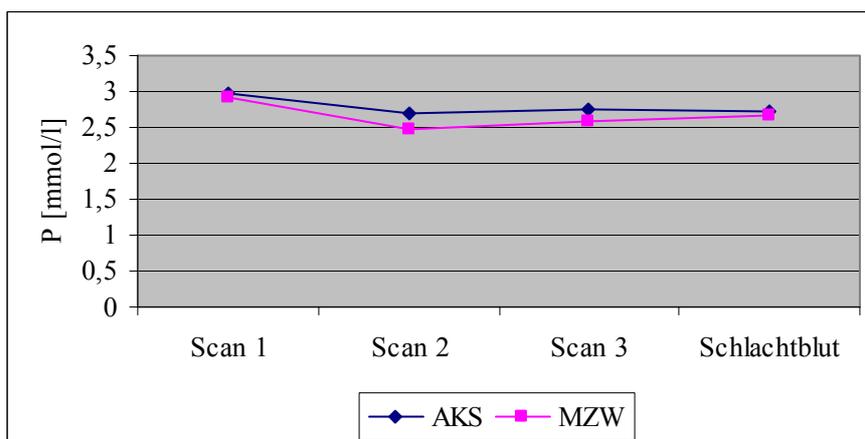


Abbildung 34:

Phosphorwerte im Verlauf der Mastzeit des zweiten Mastdurchganges
Referenzbereich nach KIXMÖLLER (2004): 2,33 – 3,37 mmol/l

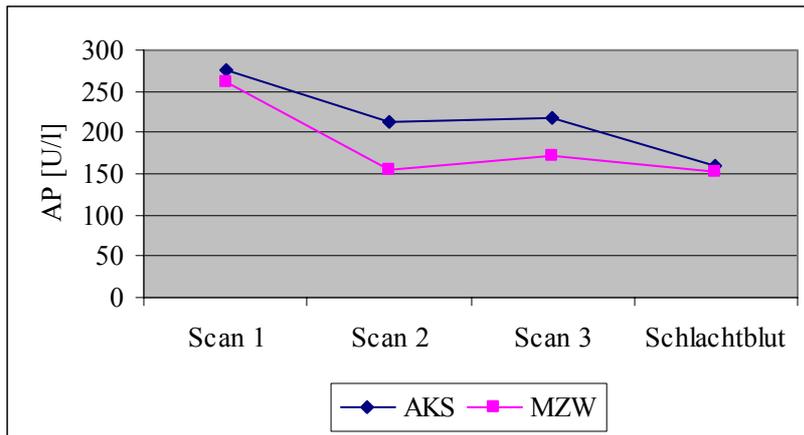


Abbildung 35:

AP-Werte im Verlauf der Mastzeit des zweiten Mastdurchganges
Referenzbereich nach KIXMÖLLER (2004): 129 – 465 mmol/l.

3. Vergleich beider Produktionssysteme und Mastdurchgänge

Da die Ergebnisse des ersten (Herbst/Winter) und zweiten Mastdurchganges (Frühjahr/Sommer) erhebliche Unterschiede aufzeigten, werden in diesem Kapitel die wesentlichen Differenzen bezüglich Mastdurchgang und Produktionssystem dargestellt (siehe dazu Abbildungen 36 – 42).

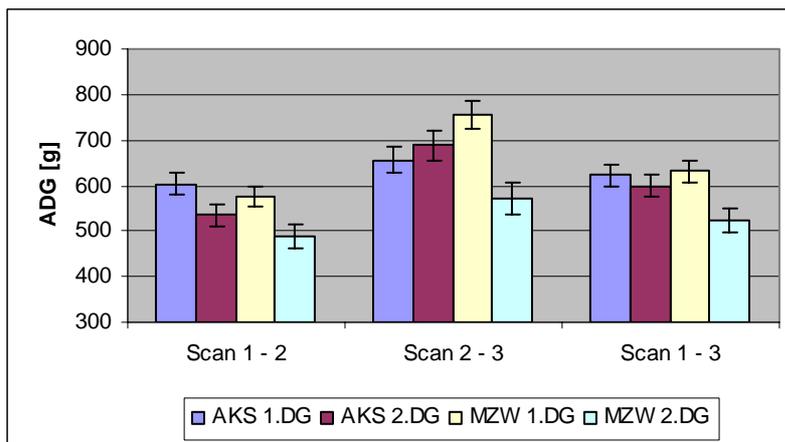


Abbildung 36:

Vergleich der durchschnittlichen täglichen Zunahme (ADG) der Tiere beider Produktionssysteme und Mastdurchgänge

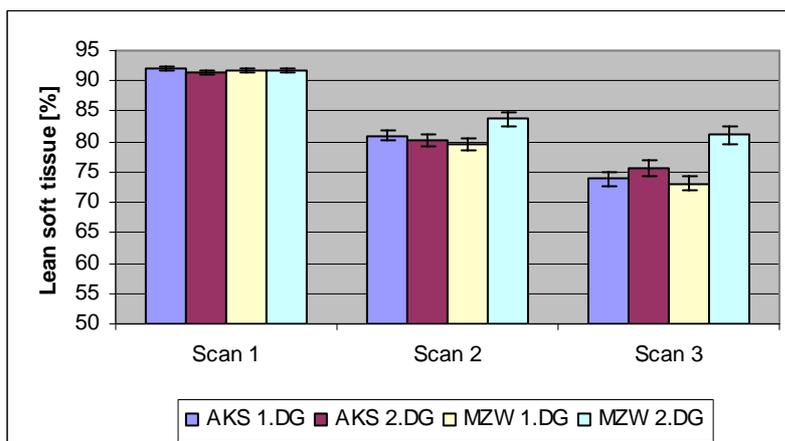


Abbildung 37:

Vergleich der prozentualen Magerweichgewebeentwicklung (Lean soft tissue) der Tiere beider Produktionssysteme und Mastdurchgänge

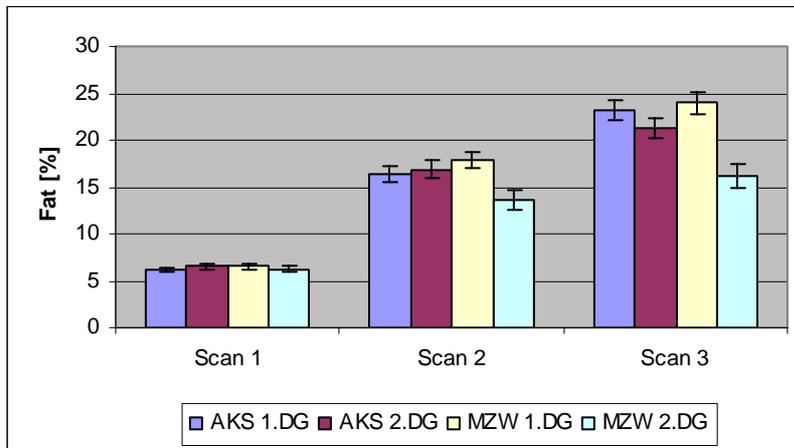


Abbildung 38:
 Prozentuale Fettgewebeerwicklung (Fat) der Schweine beider Produktionssysteme und Mastdurchgänge

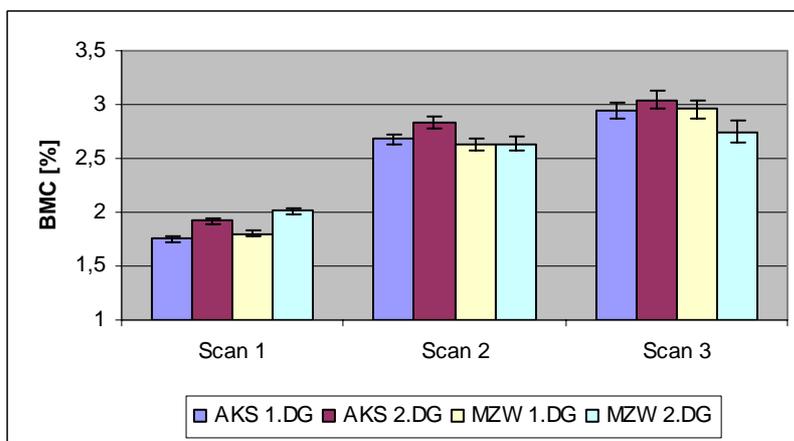


Abbildung 39:
 Prozentuale Entwicklung des Knochenmineralgehaltes (BMC) der Tiere beider Produktionssysteme und Mastdurchgänge

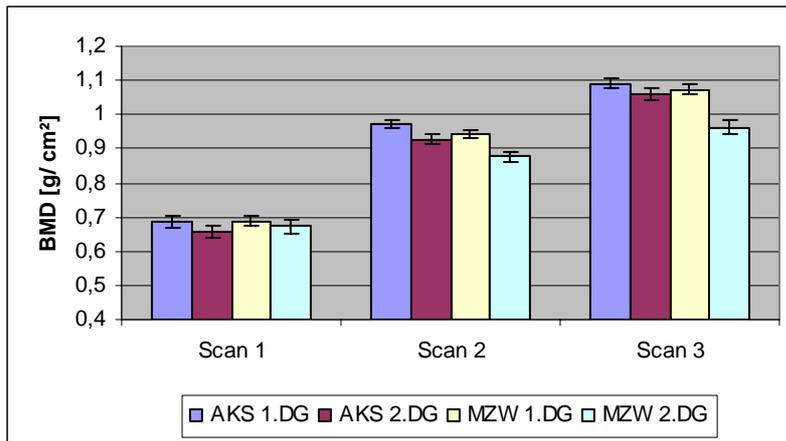


Abbildung 40:
Entwicklung der Knochenmineraldichte (BMD) der Tiere beider Produktionssysteme und Mastdurchgänge

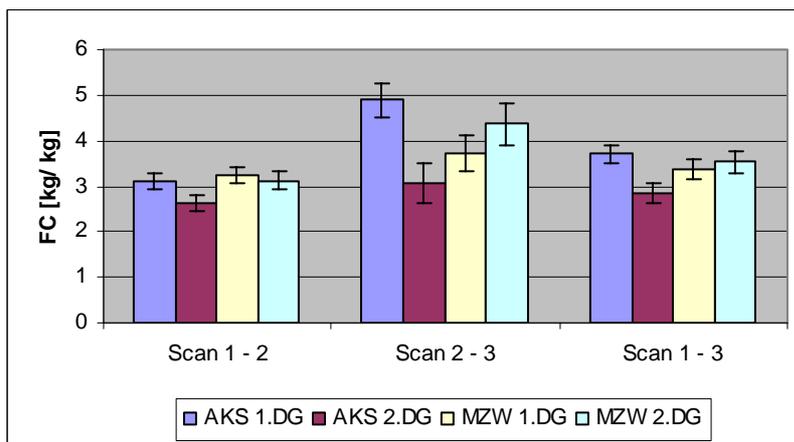


Abbildung 41:
Futtermittelnutzung (FC) der Tiere beider Produktionssysteme und Mastdurchgänge im Vergleich

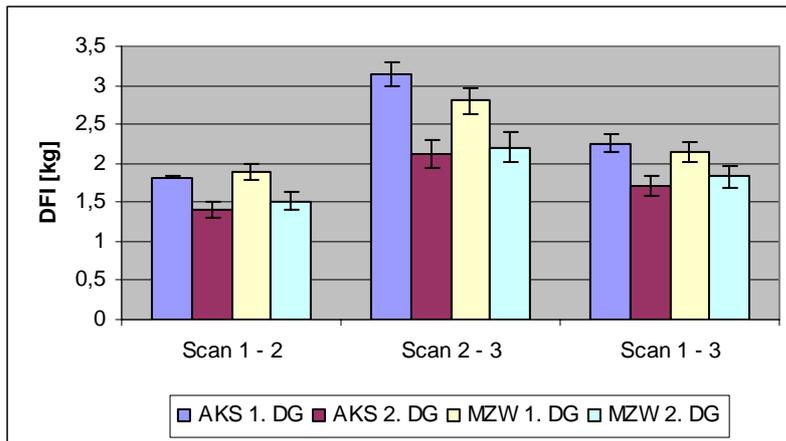


Abbildung 42:
Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme (DFI) der Probanden beider Produktionssysteme und Mastdurchgänge im Vergleich

V. Diskussion

1. Einfluss der Produktionssysteme auf Wachstumsparameter

Während im Mastdurchgang Herbst/Winter nahezu keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Produktionssystemen auszumachen waren, so zeigte sich, dass im Frühjahr/Sommer die Schweine des Produktionssystems Außenklimastall in nahezu allen Bereichen deutlich bessere Werte aufweisen konnten.

Nachfolgend wird erörtert, was zu diesen Unterschieden im zweiten Mastdurchgang führen könnte:

- **Genmaterial:**
Um den Effekt des genetischen Hintergrundes, das bedeutet desselben Elternpaares zu berücksichtigen, wurden die Vollgeschwister der verschiedenen Würfe in jedem Mastdurchgang gleichmäßig auf die beiden Produktionssysteme verteilt. Das heißt, Vollgeschwister fanden sich zu gleichen Teilen im Produktionssystem Außenklimastall und Mehrzweckstall wieder. Des Weiteren wurden im Mastdurchgang Frühjahr/Sommer zusätzlich zu Kreuzungstieren Schweine der Rasse Pietrain verwendet. Grund dafür war eine mangelnde Anzahl an Kreuzungstieren. Diese reinrassigen Pietrainschweine wurden ebenfalls gleichmäßig auf beide Produktionssysteme verteilt. Somit lässt sich unterschiedliches genetisches Ausgangsmaterial als Erklärung für die erwähnten Unterschiede ausschließen.
- **Geschlechterverteilung:**
Ein weiterer Punkt betrifft die gleichmäßige Geschlechterverteilung, also Kastraten und weibliche Probanden, auf beide Produktionssysteme. Dies wird in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 16:

Geschlechterverhältnis des ersten Mastdurchganges Herbst/Winter

	männlich	weiblich
Produktionssystem AKS	14	8
Produktionssystem MZW	12	10

Tabelle 17:

Geschlechterverhältnis des zweiten Mastdurchganges Frühjahr/Sommer

	männlich	weiblich
Produktionssystem AKS	12	10
Produktionssystem MZW	9	13

Obwohl im ersten Mastdurchgang (Herbst/Winter) kein exakt ausgeglichenes Geschlechterverhältnis herrschte, zeigten sich hier nur geringfügige Unterschiede zwischen den Produktionssystemen. Betrachtet man die Mastergebnisse, so kann festgestellt werden, dass sich die Ergebnisse der Geschlechter in diversen Parametern zum Teil erheblich unterscheiden. Die Kastraten zeigen signifikant größere Werte in Bereichen wie durchschnittliche tägliche Zunahme oder prozentualer Fett- und Knochenmineralgehalt. Dagegen lieferten die männlichen Tiere beim prozentualen Magerweichgewebeanteil stets geringere Ergebnisse als die weiblichen. Würde man die schlechteren Ergebnisse des Produktionssystems MZW im zweiten Mastdurchgang Frühjahr/Sommer mit Hilfe des Überhanges an weiblichen Tieren begründen, so müssten diese Probanden allerdings bei Parametern, in denen weibliche Schweine dominieren bessere Ergebnisse erzielen. Das ist allerdings, wie die Ergebnisse zeigen, nicht der Fall.

Des Weiteren muss noch erwähnt werden, dass der Effekt „Geschlecht“ bereits im statistischen Varianzanalyse-Modell berücksichtigt wurde.

- **Durchschnittliches Einstallgewicht:**
Wie bereits erwähnt, muss auch das durchschnittliche Einstallgewicht der beiden Gruppen berücksichtigt werden. Im zweiten Mastdurchgang (Frühjahr/Sommer) zeigten die Tiere des Produktionssystems AKS ein durchschnittliches Einstallgewicht von 23,6 kg, die Probanden des Produktionssystems MZW mit 22,8 kg nicht signifikant weniger. Im Mastdurchgang Herbst/Winter wogen die Schweine des Produktionssystems AKS durchschnittlich 28,6 kg, während die Tiere des Produktionssystems MZW durchschnittlich 30,2 kg aufwiesen. In diesem Mastdurchgang gleicht sich die anfängliche Gewichtsdiskrepanz der beiden Gruppen im Verlauf der Mastzeit aus.

Bei der Aufteilung der Gruppen zu Beginn des Versuches ist es nicht möglich alle bisher erwähnten Aspekte in vollem Umfang zu berücksichtigen, besonders da das verfügbare Probandenmaterial begrenzt ist. Deshalb wurde in dieser Dissertation das Augenmerk darauf gelegt, dass beide Gruppen einen vergleichbaren genetischen Hintergrund haben und die Verteilung der Geschlechter und des Anfangsgewichtes möglichst ausgeglichen sind.

Weitere Möglichkeiten zu den unterschiedlichen Ergebnissen zwischen den Produktionssystemen des zweiten Mastdurchganges sind:

- **Krankheiten:**
Ein weiteres Kriterium, die schlechteren Ergebnisse der Probanden des Produktionssystems MZW im zweiten Mastdurchgang zu erklären, ist eine mögliche Erkrankung dieser Tiere. Dies kann allerdings ausgeschlossen werden, da zu keiner Zeit auffällige Tiere beobachtet wurden.
- **Fütterungssysteme:**
Ein möglicher Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen den beiden Produktionssystemen im zweiten Mastdurchgang kann auch in den unterschiedlichen Fütterungssystemen gesehen werden. Im Produktionssystem AKS wurde ein Breinuckelfutterautomat (Doppel-Fitmix) der Firma Mannebeck eingesetzt, im Produktionssystem MZW wurde eine Trogfütterungsanlage (Compident) der Firma Schauer verwendet.
HESSE et al. (1997) untersuchten den Einfluss verschiedener Fütterungsautomaten auf die tägliche Zunahme, den Muskelfleischanteil sowie die Futtermittelverwertung. Sie verwendeten dabei einen Breinuckelautomat, einen Breiautomat und einen

Trockenautomat. Die Fütterung erfolgte ad libitum, die Konsistenz des Futters war aber nicht einheitlich. Sie stellten fest, dass die Tageszunahmen bei 952 g am Breinuckelautomaten, 922 g am Trockenautomaten und 948 g am Breiautomaten lagen. Des Weiteren wiesen die Probanden am Breiautomaten mit 55,2 % den höchsten Magerfleischanteil auf.

Die Probanden im vorliegenden Versuch wurden ebenfalls ad libitum, aber im Vergleich zu HESSE et al. (1997) mit gleicher Futterkonsistenz gefüttert. Sie hatten während beider Mastdurchgänge jeweils die gleichen Fütterungsautomaten in den Produktionssystemen. Somit hätte sich ein signifikanter Einfluss der Fütterungssysteme bei beiden Mastdurchgängen bemerkbar machen müssen. Ein signifikanter Unterschied ist aber nur während des zweiten Mastdurchganges erkennbar. Zusätzlich muss erwähnt werden, dass beide Fütterungssysteme nach einer Anlernzeit gleichermaßen akzeptiert wurden. Somit kann dieser Punkt eher untergeordnet bewertet werden.

- Klima:

Der einflussreichste und bedeutendste Faktor muss in der jahreszeitlich bedingten Klimaschwankung gesehen werden. Im Vergleich zum Produktionssystem MZW, wo das ganze Jahr über relativ konstante klimatische Bedingungen herrschen, ist das Klima im Produktionssystem AKS sehr stark vom Außenklima abhängig. Im Kapitel Material und Methoden wurde bereits näher darauf eingegangen.

Im Folgenden wird erörtert, inwieweit das Produktionssystem Einfluss auf Wachstumsparameter nimmt. Dabei werden eigene Ergebnisse mit den Resultaten anderer Forschungsarbeiten zu diesem Thema verglichen. Da wie bereits erwähnt das Klima und die Temperaturverhältnisse eine bedeutende Rolle spielen, werden die beiden Mastdurchgänge Herbst/Winter sowie Frühjahr/Sommer separat behandelt.

1.1 Erster Mastdurchgang: Herbst/Winter

Die Ergebnisse des Versuches zeigen, dass sich die Produktionssysteme während der Mastzeit in einigen Parametern signifikant unterschieden. Die Tiere des Produktionssystems AKS zeigten in der Zeit zwischen Scan 1 – 2 mit 438,65 g eine signifikant größere Magerweichgewebezunahme und mit 0,974 g/cm² eine Tendenz zur größeren Knochenmineraldichte (Tab. 7). Die größere Knochenmineraldichte der Schweine des Produktionssystems AKS kann dadurch erklärt werden, dass diese eine größere Bewegungsmöglichkeit (2,7 m²/Tier im AKS zu 1 m²/Tier im MZW) hatten, die wiederum zu einer besseren Knochenstärke führen kann. Die Ergebnisse des zweiten Mastdurchganges zeigen eine größere Knochenmineraldichte und einen höheren prozentualen Knochenmineralgehalt bei Tieren des Produktionssystems AKS über den gesamten Mastzeitraum (Tab. 12, 13). Obwohl es in der Literatur bisher keine Veröffentlichungen zu diesem Thema beim Schwein gibt, so bestätigen doch die Ergebnisse mehrerer Publikationen anderer Tierarten und auch beim Menschen diese Theorie. So stellten BELL et al. (2001) sowie schon zuvor HOEKSTRA et al. (1999) an 17 Araberfohlen fest, dass sich vermehrte Bewegung der Tiere positiv auf den Knochenmineralgehalt des dritten Metakarpalknochens auswirkt bzw. diesen noch verbessert.

Auch GURYEVA et al. (1998) beschrieben, dass die Knochenmineraldichte von 46 Wachteln, die entweder im Käfig oder im Freilauf gehalten wurden, bei Freilauftieren signifikant besser war, was auf eine schlechtere periostale Knochenformation und ein schlechteres tubuläres Knochenwachstum im Käfig zurückzuführen ist; dies wiederum wirkt sich negativ auf die Knochenmineraldichte aus. Während die bisher genannten Autoren die Knochenmineraldichte mittels chemischer Analyse oder radiographisch bestimmten, wurde im vorliegenden Versuch die Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie verwendet.

Die Messung der Knochenmineraldichte und des Knochenmineralgehaltes beim Schwein mittels DXA wurde erstmals von MITCHELL et al. (1996) durchgeführt und später, MITCHELL et al. (2001), durch weitere Studien an wachsenden Schweinen ergänzt. Sie konnten nachweisen, dass der Knochenmineralgehalt von DXA-Messungen stark mit dem Gesamtkörperaschengehalt korreliert und dadurch auch geeignet ist, den Verlauf bei wachsenden Tieren zu dokumentieren.

Wie bereits erwähnt liefern auch Forschungsergebnisse aus der Humanmedizin entsprechende Ergebnisse. So untersuchten JANZ et al. (2001) sowie TAAFFE und MARCUS (2004) an Kindern und jungen Frauen die Auswirkung von vermehrter Bewegung auf die Knochenstruktur, ebenso mittels DXA. Die Resultate bestätigen, dass eine positive Korrelation zwischen vermehrter körperlicher Aktivität und Knochenmineralansatz besteht.

Die Tatsache, dass weibliche Tiere des Produktionssystems MZW des ersten Mastdurchganges im Vergleich zu den restlichen Probanden beider Mastdurchgänge bei Knochenmineraldichte und -gehalt schlechtere Ergebnisse lieferten, ist allerdings schwer zu erklären. Während SOFFNER (2003) in seiner Studie keine geschlechtsspezifischen Unterschiede im Knochenmineralgehalt und -dichte der Schweine feststellen konnte, so separieren andere Autoren nicht nach Geschlechtern.

Die signifikant größere Magerweichgewebezunahme der Probanden des Produktionssystems AKS im Zeitraum Scan 1 – 2 (Tab. 7) könnte als Folge des oben beschriebenen Trainingseffektes durch die größere Bewegungsmöglichkeit erklärt werden. Wird allerdings die gesamte Mastzeit von der Einnistung bis zum Schlachten betrachtet, so muss festgestellt werden, dass sich diese signifikanten Unterschiede nicht bis zum Ende durchzogen, sondern auf die Gesamtmast gesehen keine signifikanten Differenzen auszumachen waren (Tab.8).

Dabei stellt sich die Frage, weshalb sich dies in der weiteren Mastzeit nicht fortsetzte. Diese Frage könnte mit Hilfe der Klimadiagramme (Abb. 7 und 8), die den genauen Temperaturverlauf über den gesamten Mastverlauf aufzeigen, beantwortet werden. Man kann erkennen, dass in der Zeit zwischen Scan 2 – 3, Mitte Januar bis Mitte Februar 2004 die Durchschnittstemperatur dauerhaft um die 0 °C-Linie bzw. darunter lag und somit niedriger war als zwischen Scan 1 – 2. Somit kann angenommen werden, dass die Schweine des Produktionssystems Außenklimastall mehr Energie für die Aufrechterhaltung ihres Wärmehaushaltes und Stoffwechsels aufwenden mussten, um diese tiefen Temperaturen zu kompensieren. Dies könnte wiederum in schlechteren Leistungsparametern, insbesondere der täglichen Zunahme zwischen Scan 2 – 3 resultieren. Die Auswertung der Ergebnisse zeigte, dass die Tiere des Produktionssystems MZW, wo konstant eine Temperatur zwischen 18 und 20 °C herrschte, in diesem Zeitraum eine signifikant höhere Tageszunahme von 755,92 g zu 656,93 g im Produktionssystem AKS lieferten.

Im nun folgenden Abschnitt werden die Forschungsergebnisse anderer Autoren zu diesem Thema den Ergebnissen dieser Dissertation gegenübergestellt. Es muss allerdings, wie im Kapitel Literatur und Quellen bereits erwähnt, nochmals betont werden, dass Vergleiche zu anderen Arbeiten problematisch sind, da das Probandenmaterial und die angewandte Methodik mit dem hier Verwendeten oft nicht vollkommen übereinstimmt.

Im vorliegenden Versuch betrug die durchschnittliche Tageszunahme Scan 1 - 3 der Probanden des Produktionssystems MZW 630,8 g, während die Schweine des Produktionssystems AKS 622,03 g erreichten.

SATHER et al. (1997) stellten unter anderem fest, dass Freilandtiere im Gegensatz zu Schweinen des Warmstalls im Winter signifikant geringere Zunahmen zeigten, 750 g zu 897 g. Dieses Resultat deckt sich mit dem vorliegenden Versuch nur im Zeitraum Scan 2 – 3, als im Außenklimastall besonders niedrige Temperaturen herrschten, nicht aber über den gesamten Zeitraum gesehen. Obwohl die niedrigen Temperaturen auch im Versuch von SATHER et al. (1997) zu verzeichnen waren, so muss doch auf die unterschiedliche Haltungsform der Schweine hingewiesen werden. Während diese Tiere im Freien mit stroheingestreutem Unterstand gehalten wurden, hatten die Tiere des Lehr- und Versuchsgutes die Möglichkeit, sich bei niedrigeren Temperaturen in eine Ruhekiste zurückzuziehen, in der ein eigenes Kleinklima vorzufinden war.

SCHNIDER (2002) und GENTRY et al. (2004) kommen in ihren Publikationen zu einem anderen Resultat. Bei ihnen weisen Schweine, die im Freien gehalten werden, eine größere Tageszunahme auf, bei SCHNIDER (2002) 754 g zu 741 g. Es ist zu bemerken, dass sich der Temperaturverlauf beim Versuch SCHNIDERS (2002) konstant zwischen 0 °C und 10 °C, bei GENTRY et al. (2004) zwischen -3 °C und 15 °C bewegte, folglich gar nicht bzw. kaum die 0 °C-Marke unterschritten und die Tiere somit weniger Energie in die Aufrechterhaltung des Wärmehaushaltes investieren mussten. SCHNIDER (2002) führt allerdings an, dass sowohl Tiere des Warmstalles als auch Freilandtiere generell eine geringere Tageszunahme im Winter zeigten.

Weitere Forschungsgruppen, die im Kapitel Literatur und Quellen genannt werden, gehen entweder nicht auf Klima/Temperaturverhältnisse während des Versuches ein oder führten ihren Versuch nur einmalig durch.

Vergleicht man die durchschnittliche Tageszunahme männlicher und weiblicher Tiere, so zeigt sich, dass die Kastraten durchweg größere Werte aufwiesen. Dies spiegelt sich im Prüfbericht der LSZ FORCHHEIM (1996) wieder. In dieser Diskussion soll allerdings nicht näher auf geschlechtsspezifische Differenzen eingegangen werden.

Neben der durchschnittlichen Tageszunahme wird nun auf die unterschiedliche Körperzusammensetzung, den Anteil an Fett- und Magerweichgewebe eingegangen.

Während in diesem Versuch, wie bereits erwähnt, nur anfangs größere Magerweichgewebезunahmen bei Schweinen des Außenklimastalles verzeichnet werden konnten, so zeigten sich über den gesamten Mastverlauf gesehen keine signifikanten Unterschiede, weder im Magerweichgewebeanteil noch im Fett. Auch die prozentual gesehenen Magerweichgewebe- und Fettanteile zeigten im gesamten Mastzeitraum keine Unterschiede (siehe Kapitel 1.1.3). Während in der vorliegenden Untersuchung zur Bestimmung dieser Parameter das DXA-Gerät zur Verfügung stand, ermittelten folgende Autoren die Werte mit Hilfe der chemischen Analyse oder manuell.

GENTRY et al. (2002 und 2004) und SATHER et al. (1997) kamen ebenso zum Ergebnis, dass keine signifikanten Unterschiede an den Schlachtkörperhälften der unterschiedlich gehaltenen Tiere im Herbst/Winter festgestellt werden konnten. ENTFÄLT et al. (1996) konnten in ihren Untersuchungen dagegen beobachten, dass Tiere die im Freien gemästet wurden, magerer waren und eine geringere Seiten- und Rückenspeckdicke aufwiesen. Bei ENTFÄLT et al. (1996) fehlen allerdings Angaben zu Jahreszeit und Temperaturverhältnissen während des Mastdurchganges. Die Ermittlung der Werte erfolgte auch hier mittels chemischer Analyse.

Des Weiteren konnte in beiden Mastdurchgängen festgestellt werden, dass weibliche Tiere im Gegensatz zu Kastraten einen prozentual höheren Magerweichgewebeanteil, Kastraten dagegen einen prozentual höheren Fettanteil hatten. Dies stimmt mit den Ergebnissen von SOFFNER (2003) überein. Veröffentlichungen, die einen Einblick in unterschiedliche Produktionssysteme und geschlechtsspezifische Differenzen geben, sind in der Literatur nicht zu finden.

Darüber hinaus finden sich in der Literatur Autoren wie BEATTIE et al. (2000), die in ihren Publikationen zu dem Resultat kommen, dass Schweine, die in einer Umwelt mit mehr Beschäftigungsmöglichkeiten (3,5 m²/Tier, fester Boden mit Strohbett) gemästet werden, signifikant höhere Tageszunahmen, schwerere Schlachtkörperhälften und mehr Rückenspeck aufwiesen. HURNIK et al. (2004) konnten dies in ihren Untersuchungen an nahezu 5000 Mastschweinen allerdings nicht bestätigen. Der Grund für die Diskrepanzen in den Ergebnissen können in unterschiedlichem Beschäftigungsmaterial und unterschiedlich langer Nutzungsmöglichkeit dieses Materials erklärt werden, worauf in den Publikationen allerdings nicht näher eingegangen wird.

1.2 Zweiter Mastdurchgang: Frühjahr/Sommer

Die Ergebnisse des zweiten Mastdurchganges Frühjahr/Sommer zeigen, dass in diesem Durchgang die Schweine des Produktionssystems Außenklimastall in nahezu allen Leistungsparametern bessere Werte aufweisen. Wie bereits zu Beginn des Kapitels 1 der Diskussion erwähnt, können Faktoren wie zum Beispiel unterschiedlicher genetischer Hintergrund ausgeschlossen werden.

Somit bleibt das Klima, insbesondere unterschiedliche Temperaturverhältnisse, Haupteinflussfaktor, um diese signifikanten Unterschiede zu erklären.

Es muss angenommen werden, dass Probanden des Produktionssystems Außenklimastall von Grund auf bessere Ergebnisse in ihrer Leistung aufweisen, jedoch von aktuell vorherrschenden Temperaturverhältnissen beeinflusst werden. Dies kann damit zusammenhängen, dass die Schadgaskonzentration in Außenklimaställen viel geringer ist als in vergleichbaren konventionellen Warmställen mit Spaltenboden. RATHMER (2002) verglich die Emissionen aus unterschiedlichen Haltungssystemen und kam dabei zu folgendem Ergebnis: Bei allen bedeutenden Schadgasen (NH_3 , CH_4 , N_2O und CO_2) zeigte sich, dass die Werte des Außenklimastalles stets viel geringer waren als die des konventionellen Warmstalles mit Spaltenboden. Es konnte festgestellt werden, dass NH_3 -Werte und CH_4 -Werte mehr als doppelt bzw. dreifach erhöht waren. Zusätzlich zeigte sich, dass die Schadgaswerte im Sommer höher sind als vergleichsweise im Frühjahr oder Winter. Auch SNELL et al. (2002) stellten in ihrer Studie geringere NH_3 -Konzentrationen im Außenklimastall im Vergleich zu intensiv geführten Anlagen fest.

Natürlich muss darauf hingewiesen werden, dass Unterschiede bezüglich der Lüftungsleistung in verschiedenen Warmställen bestehen. Da die Lüftungsanlage im Produktionssystem MZW des Lehr- und Versuchsgutes bereits sieben Jahre alt ist, können eventuell Leistungsdefizite gegenüber einer neu installierten Anlage bestehen. Aus diesen Erkenntnissen könnte gefolgert werden, dass die Schweine des Produktionssystems MZW aufgrund erhöhter Schadgaswerte schlechtere Leistungen zeigten. Dies kann auch durch Untersuchungen von KALICH und SCHUH (1979), PLONAIT und BLICKHARDT (1997) sowie EBERHARDT (1986) belegt werden. EBERHARDT (1986) konnte nachweisen, dass eine Verringerung der Schadgaskonzentration eine Verbesserung der täglichen Zunahme um 40 – 96 g und eine Verringerung des Futtermittelsverbrauchs je kg Zunahme um 0,36 – 0,51 kg bewirkte.

Die ähnlichen Leistungsdaten der Tiere beider Produktionssysteme im Mastdurchgang Herbst/Winter könnten wie bereits erläutert dadurch erklärt werden, dass die Probanden des Produktionssystems AKS bei tiefen Temperaturen mehr Energie für die Erhaltung des Wärmehaushaltes benötigten. Dies wiederum hatte zur Folge, dass sich die ursprünglich besseren Leistungsdaten der Tiere des Produktionssystems AKS an die Leistung der Tiere des MZW angleich.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des zweiten Mastdurchganges detailliert diskutiert. SCHNIDER (2002) und GENTRY et al. (2002) kamen in ihren Studien entsprechend zu den Resultaten des vorliegenden Versuches zum Ergebnis, dass Tiere, die im Freien gehalten werden, signifikant größere Tageszunahmen erbrachten. Bei SCHNIDER (2002) zeigten die Freilauftiere eine durchschnittliche Tageszunahme von 785 g zu 758 g bei Tieren in Warmstallhaltung. Im vorliegenden Versuch lieferten die Probanden des Produktionssystems AKS mit 599 g Tageszunahme ein signifikant höheres Ergebnis als Tiere im Produktionssystem MZW mit 524 g.

Weitere Arbeitsgruppen wie SATHER et al. (1997), ENTFÄLT et al. (1996) oder HOFFMAN et al. (2001) stimmen in ihren Resultaten bezüglich Tageszunahme nicht mit SCHNIDER (2002) und GENTRY (2002) überein. Sie stellten fest, dass Freilandtiere im Vergleich zu konventionell gehaltenen Schweinen im Sommer eine signifikant schlechtere Tageszunahme zeigten. Doch wie bereits mehrfach erwähnt, finden sich zum Teil gravierende Unterschiede im angewandten Material und der Methodik, die sich in den unterschiedlichen Resultaten widerspiegeln können.

Betrachtet man geschlechtsspezifische Differenzen, so fallen in diesem Mastdurchgang sowohl die weiblichen Tiere als auch die Kastraten des konventionellen Warmstalles durch schlechtere Tageszunahmen auf.

Die meisten Forschungsgruppen (ENTFÄLT et al., 1996, GENTRY et al., 2002, SATHER et al., 1997, HOFFMAN et al., 2003), die sich mit der Körperzusammensetzung und Fleischqualität von Schweinen unterschiedlicher Produktionssysteme befassen, stimmen darin überein, dass Tiere, die im Freien gehalten werden weniger Fett, aber einen prozentual höheren Magerfleischanteil aufweisen.

Im vorliegenden Versuch wiesen die Schweine des Produktionssystems Außenklimastall im zweiten Mastdurchgang einen signifikant höheren prozentualen Fettgewebeanteil und einen signifikant geringeren Magerweichgewebeanteil, sowohl bei Scan 2 als auch bei Scan 3 auf.

VAN DER WAL et al. (1993) stellten bei Freilauftieren ebenfalls eine größere Rückenspeckdicke und einen geringeren Magerfleischanteil fest. HURNIK et al. (2004) untersuchten in ihrer Studie die Leistungen der Schweine in Tiefstroh und auf Spaltenboden unter denselben Klimabedingungen. Sie konnten bei Schweinen in Tiefstrohhaltung eine signifikant größere Rückenspeckdicke, 20,1 mm zu 18,4 mm ermitteln. HURNIK et al. (2004) versuchen dies dadurch zu erklären, dass die Tiere die Einstreu als zusätzliche Futterquelle nutzen. Während bei HURNIK et al. (2004) keine Aussagen über die Art der Fütterung vorliegen, steht den Probanden des Lehr- und Versuchsgutes Futter ad libitum zur Verfügung, somit kann die Erklärung HURNIKS et al. (2004) vernachlässigt werden. Vielmehr können Spekulationen vorgenommen werden, ob sich die Tiere im vorliegenden Versuch die Fettschicht als eine Art „Schutzmechanismus“ aufbauen, um anstehende Klimaschwankungen besser auszugleichen.

2. Einfluss der Produktionssysteme auf Fütterungsdaten und die Futtereffizienz

In diesem Abschnitt wird insbesondere auf die Parameter Futterverwertung und durchschnittliche tägliche Futteraufnahme genauer eingegangen.

Während des ersten Mastdurchganges, Herbst/Winter, konnten bis auf eine bessere Futter- und Magergewebe-Futterverwertung der Schweine des MZW zwischen Scan 2 und Scan 3 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Produktionssystemen festgestellt werden. Unter der Magergewebe-Futterverwertung (LT-FC; lean tissue feed conversion) versteht man, in wie weit das Tier in der Lage ist, durch Aufnahme von Futter, die aufgenommene Energie in Magerweichgewebeansatz (vor allem Protein) umzusetzen. Das bedeutet, dass niedrige Werte besser zu beurteilen sind als hohe, da weniger Futter notwendig ist, um einen entsprechenden Magerweichgewebeansatz zu bewirken. Die schlechteren Ergebnisse der Tiere des Produktionssystems AKS können erneut auf die niedrigen Temperaturen in diesem Zeitraum zurückgeführt werden. Ein Vergleich mit anderen Studien ist nicht möglich, da in der Literatur keine der Autorin bekannten Publikationen existieren, die sich mit diesem Thema und der Auswirkung auf den speziellen Parameter Magergewebe-Futterverwertung befassen. Dagegen sind die tägliche Futteraufnahme sowie die Futterverwertung der Tiere stets Gegenstand der Studien:

SATHER et al. (1997) stellten fest, dass die tägliche Futteraufnahme sowohl im Sommer als auch im Winter bei konventionell gehaltenen Schweinen höher war. Jedoch konnten bei der Futterverwertung nur im Sommerdurchgang Unterschiede erkannt werden. Hier lieferten die Freilandtiere mit 2,76 kg/kg zu 2,81 kg/kg bessere Ergebnisse. Dies stimmt mit den Ergebnissen des vorliegenden Versuches überein. Auch hier zeigten die Probanden des Produktionssystems Außenklimastall im Sommer mit 2,84 kg/kg zu 3,53 kg/kg eine signifikant bessere Futterverwertung. Des Weiteren liefern HOFFMAN et al. (2003) in ihren Untersuchungen entsprechende Resultate. Obwohl hier kein jahreszeitlicher Vergleich vorliegt, zeigt sich, dass alternativ gehaltene Schweine mit 2,17 kg/kg zu 2,35 kg/kg eine bessere Futterverwertung und auch eine geringere tägliche Futteraufnahme zeigten.

Dies kann allerdings durch Studien von SCHNIDER (2002) und GENTRY et al. (2004) nicht bestätigt werden. Sie kommen zum Ergebnis, dass Freilandtiere sowohl eine schlechtere Futterverwertung als auch größere Futteraufnahmen/Tag zeigten. Während GENTRY et al. (2004) nur einen Mastdurchgang durchführten, stellte SCHNIDER (2002) an zwei Durchgängen fest, dass die Futterverwertung im Winter zusätzlich signifikant schlechter ist. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem Vorliegenden. Auch hier hatten die Tiere des Mastdurchganges Herbst/Winter eine schlechtere Futterverwertung aufzuweisen, allerdings nicht signifikant.

Interpretationen dieser unterschiedlichen Ergebnisse gestalten sich schwierig, können aber mit Hilfe klimatischer Differenzen und Unterschiede in der körperlichen Aktivität der Tiere, die sich wiederum auf den Energieverbrauch auswirkt, erklärt werden. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass die so genannten „Freilauftiere“ in den oben angeführten Studien auch die Möglichkeit hatten Grünfutter des Auslaufes aufzunehmen. Ferner sind die unterschiedliche Futterzusammensetzung und -verabreichung sowie verschiedene Fütterungssysteme in den angeführten Studien zu berücksichtigen, auf die allerdings in den genannten Publikationen nicht näher eingegangen wird.

Im vorliegenden Versuch kamen in den beiden Produktionssystemen unterschiedliche Fütterungsautomaten zum Einsatz. Während im Produktionssystem AKS ein Breinuckelfutterautomat (Doppel-Fitmix) der Firma Mannebeck installiert war, wurde im Produktionssystem MZW eine Trogfütterungsanlage Compident der Firma Schauer verwendet. Während die Tiere beider Produktionssysteme des ersten Mastdurchganges keine signifikanten Unterschiede in der Futtermittelverwertung aufzeigten, wiesen im zweiten Mastdurchgang die Probanden des Produktionssystems AKS mit 3,07 kg/kg zu 4,37 kg/kg eine signifikant bessere Futtermittelverwertung auf.

Eine Studie von HESSE et al. (1997) beschäftigt sich mit der Auswirkung unterschiedlicher Fütterungsautomaten auf die tägliche Zunahme, den Muskelfleischanteil sowie die Futtermittelverwertung. Es wurden dabei ein Breinuckelautomat, ein Breiautomat und ein Trockenautomat verwendet, die Fütterung erfolgte ad libitum, die Konsistenz des Futters war aber nicht einheitlich. Im Ergebnis des Versuchs zeigen die Tiere am Breinuckelautomaten mit 1:2,96 die beste Futtermittelverwertung, gefolgt von den Schweinen am Breiautomaten mit 1:3,09 und schließlich jenen am Trockenautomaten mit 1:3,21.

Im vorliegenden Versuch wurde ebenfalls ad libitum gefüttert, jedoch im Gegensatz zu HESSE et al. (1997) mit einheitlicher Futtermittelkonsistenz. Außerdem kann aus den Fütterungsprotokollen entnommen werden, dass beide Fütterungsautomaten gleichermaßen akzeptiert wurden. Somit müssen die verschiedenen Ergebnisse in der Futtermittelverwertung zwischen den beiden Produktionssystemen im zweiten Mastdurchgang vielmehr klimatisch bedingt und in den (nicht gemessenen) unterschiedlichen Schadgaskonzentrationen gesehen werden.

Zusätzlich muss erwähnt werden, dass die Lichtintensität und -menge und somit auch die Jahreszeit einen wesentlichen Einfluss hat. So stellten BRUININX et al. (2002) fest, dass sich eine längere Lichtperiode positiv auf die tägliche Futteraufnahme abgesetzter Schweine auswirkt.

Bezüglich der Geschlechter ist festzustellen, dass Kastraten mit 3,93 kg/kg zu 3,14 kg/kg bei den weiblichen Probanden im Mastdurchgang Herbst/Winter eine signifikant schlechtere Futtermittelverwertung zeigten. Dies setzte sich im Mastdurchgang Frühjahr/Sommer fort. Die Werte der Kastraten waren weiterhin schlechter, allerdings nicht mehr signifikant. Auch die LANDESANSTALT FÜR SCHWEINEZUCHT FORCHHEIM (1996) kam in Studien zu dem Ergebnis, dass Kastraten im Außenklimastall mit 3,10 kg/kg zu 2,67 kg/kg bei weiblichen Tieren eine schlechtere Futtermittelverwertung aufwiesen.

3. Einfluss der Produktionssysteme auf diverse Blutparameter

Im vorliegenden Versuch wurden sowohl bei jedem Scan als auch beim Schlachtvorgang Blutproben aus der Vena jugularis entnommen und auf Kalzium, Phosphor und Alkalische Phosphatase untersucht.

Die Diskussion der unterschiedlichen Ergebnisse der Produktionssysteme gestaltet sich insofern als schwierig, als vergleichbare Studien zu diesem Thema in der Literatur ebenfalls fehlen.

Im ersten Mastdurchgang zeigten sich bei Blutabnahme 1 und 2 Diskrepanzen zwischen den Produktionssystemen. Die Schweine des Produktionssystems AKS wiesen signifikant höhere Kalziumwerte auf als Probanden des Produktionssystems MZW. Da bereits bei der ersten Blutabnahme Unterschiede feststellbar waren, also noch bevor die Tiere in ihr entsprechendes Produktionssystem eingestallt wurden, könnte die Ursache Stress bedingt sein. KRAFT und SCHILLINGER (1989) sowie THIELSCHER et al. (1994) konnten in ihren Studien nachweisen, dass Stress einen Einfluss auf den Serumkalziumspiegel hat.

Obwohl bei Scan 2 des ersten Durchganges die Probanden des Produktionssystems AKS mit 2,34 mmol/l zu 2,27 mmol/l einen signifikant höheren Kalziumwert aufzeigten, so liegen doch beide Werte nahezu in dem von KIXMÖLLER (2004) angegebenen Referenzbereich von 2,36 bis 3,08 mmol/l. Es muss allerdings erwähnt werden, dass die Probanden in der Arbeit von KIXMÖLLER (2004) in der Regel zwischen 25 und 30 kg Körpergewicht hatten, während im vorliegenden Versuch das Blut von Tieren bis über 100 kg analysiert wurde.

Die Ergebnisse der Blutanalysen des zweiten Mastdurchganges lassen dagegen erhebliche Unterschiede zwischen den Produktionssystemen erkennen. So lieferten die Probanden des Produktionssystems AKS bis auf das Schlachtblut signifikant höhere Kalziumwerte und teilweise höhere Phosphor- und AP-Werte. SEUTTER (1995), MERK (1992) und GREGOR (1979) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass die Haltung, das Geschlecht, das Alter und das Management zum Teil einen hochsignifikanten Einfluss auf die Serumwerte entsprechender Elektrolyte und des Enzyms AP haben. Allerdings können wie bereits erwähnt, die dortigen Haltungsunterschiede der Versuchsgruppen nicht mit denen des vorliegenden Versuches verglichen werden. Da die Probanden des Produktionssystems AKS während des zweiten Mastdurchganges auch stets einen höheren prozentualen Knochenmineralgehalt aufwiesen und Kalzium und Phosphor die Hauptbestandteile des Knochens sind, könnten diese beiden Tatsachen miteinander in Verbindung gebracht werden. Das heißt, dass vermehrte körperliche Aktivität nicht nur mit höherem BMC [%], sondern auch mit entsprechend höheren Serumwerten dieser Elektrolyte in Verbindung gebracht werden könnte. Diese Theorie deckt sich allerdings nicht mit den Ergebnissen von LOHNERT et al. (1996). Sie konnten keine Veränderungen entsprechender Blutparameter bei Masthähnchen aus verschiedenen Haltungsformen, also unterschiedlicher körperlicher Aktivität feststellen. Wie bereits erwähnt liegen keine der Autorin bekannten Informationen zum Schwein in der Literatur vor. Auch GANTER et al (1990) bestätigten, dass von der Norm abweichende Serumkalzium- und Serumphosphorkonzentrationen keinen Rückschluss auf den Mineralstoffhaushalt des Knochens zulassen.

Die Tatsache, dass die Werte des Enzyms Alkalische Phosphatase stark altersabhängig sind und mit zunehmendem Alter zurückgehen, lässt sich auch in diesem Versuch erkennen. Bei der Alkalischen Phosphatase handelt es sich um ein Isoenzym, das sowohl in der Darmschleimhaut als auch im Knochen und Gallengangsepithel produziert wird. Die

Erklärung für den Anstieg der AP mit zunehmendem Alter liegt darin, dass dieses Enzym auch ein Osteoblastenenzym ist und somit enge Beziehungen zum Skelettwachstum bestehen.

Des Weiteren steht ein Anstieg der AP nicht in Verbindung mit motorischer Belastung, sondern viel mehr mit der STH-Sekretion des Körpers (VON LENGERKEN und ALBRECHT; 1977). Zusätzlich muss noch erwähnt werden, dass die Aktivität der Alkalischen Phosphatase in enger Verbindung mit der Futteraufnahme steht. So steigt mit vermehrter Stoffwechselaktivität die Enzymproduktion; längere Futterkarenzen wirken sich folglich ebenfalls auf die AP aus (BICKHART und WIRTZ 1978). Im vorliegenden Versuch bestanden diesbezüglich allerdings keine Unterschiede.

VI. Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand in der Untersuchung des Einflusses verschiedener Produktionssysteme auf das Wachstum beim Schwein mit Hilfe der Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie (DXA) zur Messung von Fett, Magerweichgewebe und Knochenmineralansatz.

Dazu wurden zwei Mastdurchgänge im Frühjahr/Sommer und Herbst/Winter am Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München geprüft. Pro Mastdurchgang wurden insgesamt 44 Kastraten und weibliche Tiere der Kreuzungslinie Deutsche Landrasse x Pietrain unter Berücksichtigung der Wurfherkunft gleichmäßig auf die beiden Produktionssysteme Außenklimastall und konventioneller Warmstall aufgeteilt. Im zweiten Mastdurchgang wurden zusätzlich reinrassige Pietrain verwendet.

Die Schweine des Produktionssystems Außenklimastall wurden auf Tiefstroh bzw. Spaltenboden im Fütterungsbereich gehalten. Die Fütterung erfolgte mittels Breinuckelsystem (Doppel-Fitmix, Fa. Mannebeck). Die Temperatur in diesem Stall ist stark vom Außenklima abhängig. Die Probanden des Warmstalles werden auf Betonvollspaltenboden gehalten. Sie sind einem konstanten Temperaturbereich von 18 - 20 °C ausgesetzt und nutzen eine allseits umschlossene Trogfütterungsanlage (Compident, Fa. Schauer).

Beide Gruppen bekamen dasselbe trocken pelletierte Futter ad libitum bis zum Ende der Mast. Der Energiegehalt betrug 13,9 MJ/kg, der Rohproteingehalt 182 g/kg, der Rohfasergehalt 40 g/kg und das Verhältnis Ca:P lag bei 1,4:1.

Zu Beginn der Studie wurde die Körperzusammensetzung und Knochenmineralisierung aller Schweine mit Hilfe eines Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie-Scanners (DXA) bestimmt. Das Prinzip besteht in der Messung der Röntgenschwächung verschiedener Gewebearten unter Nutzung zwei verschiedener Energieniveaus.

Die erste Ganzkörpermessung wurde mit ca. 25 - 30 kg, die zweite mit ca. 50 - 70 kg und die dritte und letzte mit etwa 80 - 100 kg durchgeführt. Für diese Ganzkörperanalysen wurden die Tiere in Narkose gelegt.

Zusätzlich wurden sowohl bei jedem Scan als auch beim Schlachtvorgang Blut von jedem Tier gewonnen, das auf den Gehalt von Kalzium und Phosphor sowie die Aktivität der Alkalischen Phosphatase untersucht wurde.

Die Untersuchungen ergaben, dass im Mastdurchgang Herbst/Winter auf die gesamte Mastzeit gesehen keine Unterschiede in der Körperzusammensetzung der Mastschweine zwischen den Produktionssystemen bestanden. Des Weiteren konnten keine Unterschiede in der Tageszunahme und Futterverwertung festgestellt werden. Bei der Blutanalyse zeigten die Tiere des Produktionssystems Außenklimastall zum Teil höhere Kalziumwerte.

Im zweiten Mastdurchgang Frühjahr/Sommer zeigten die Schweine des Produktionssystems Außenklimastall dagegen bis auf den prozentualen Magerweichgewebeanteil in sämtlichen Wachstums- und Knochenmineralparametern sowie in der Futtereffizienz bessere Resultate.

Die Ergebnisse der Blutanalyse zeigten fast durchgehend höhere Kalzium-, AP- und zum Teil Phosphorwerte bei den Tieren des Produktionssystems Außenklimastall.

VII. Summary

Title:

Influence of different production systems on the growth of pigs by using dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) for measuring fat, lean soft tissue and bone mineral growth.

The aim of this study was to examine the influence of different production systems on the growth of pigs by using dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) for measuring fat, lean soft tissue and bone mineral growth.

Two fattening periods were therefore conducted at the Experimental farm Oberschleißheim of the Veterinary faculty of the Ludwig-Maximilians-University Munich, one in autumn/winter and one in spring/summer. Per fattening period, totally 44 castrated and female pigs of the hybrid „German Landrace“ x „Pietrain“ were –under the consideration of the litter origin– equally divided into the two production systems “outdoor-climate” barn and conventional “indoor” barn.

The pigs of the outdoor climate production system were kept on deep straw and slatted floor only in the feeding area. The feeding system is a nipple feeder (Double Fitmix, Mannebeck), which is open all around. The temperature in this barn depends on the outside conditions.

The probands of the conventional “indoor” production system were fattened on fully slatted concrete floor. There is a constant temperature range of 18 to 20 °C and they use a fully closed through feeder (Compident, Schauer).

Both groups got the same dry pelleted feed ad libitum until the end of the fattening period.

The energy content of the feed was 13,9 MJ/kg, the crude protein 182 g/kg, the crude fiber 40 g/kg and the relation of Calcium to Phosphor 1,4:1.

At the beginning of the study, the body composition and bone mineralisation of all pigs was determined by a dual-energy x-ray absorptiometry scanner. It works with low intensity x-rays at two different energy levels.

The first scan was conducted at an weight of about 25 - 30 kg, the second at about 50 - 70 kg and the third and last at about 80 - 100 kg. Pigs were in deep anaesthesia during the scans.

In addition blood samples were taken of each pig at each scan and also during slaughtering. The blood was analysed for calcium, phosphorus and alkaline phosphatase.

In the first fattening period, the study showed no differences in the body composition, between the two production systems with regard to the whole fattening period. Further there was no difference in daily gain and feed conversion. The blood analysis showed that the animals of the outdoor climate production system had partly higher calcium levels.

In the second fattening period spring/summer, the pigs of the outdoor climate barn presented significantly better results in nearly all parameters. They dominated in all growth performance, bone mineral and feeding parameters except for lean soft tissue percentage.

The blood analysis delivered almost continuously higher calcium, alkaline phosphatase and partly higher phosphorus levels for the pigs in the outdoor climate production system.

VIII. Literaturverzeichnis

- BARTON GADE (2002)
P.A. Welfare of animal production in intensive and organic systems with special reference to Danish organic pig production
Meat Science 62, 353 – 358
- BEATTIE V.E. O'CONNELL N.E., MOSS B.W. (2000)
Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs
Livestock Production Science 65:71 – 79
- BELL R.A. NIELSEN B.D., WAITE K., ROSENSTEIN D., ORTH M. (2001)
Daily access to pasture turnout prevents loss of mineral in the third metacarpus of Arabian weanlings
Journal of Animal Science, 79: 1142 - 1150
- BICKHARDT K. WIRTZ A. (1978)
Der Einfluss von Anbindestress und Fütterung auf Blutmesswerte des Schweines
Dt. Tierärztliche Wochenschrift 85: 457 – 462
- BRUININX E.M.A. HEETKAMP M.J.W., VAN DEN BOGAART D., VAN DER PEET-SCHWERING C.M.C., BEYNEN A.C., EVERTS H., DEN HARTOG L.A., SCHRAMA J.W. (2002)
A prolonged photoperiod improves feed intake and energy metabolism of weanling pigs
Journal of Animal Science, 80:1736 - 1745
- DAVIES A.S. (1975)
A comparison of tissue development in Pietrain and Large White pigs from birth to 64 kg live weight
2. Growth changes in muscle distribution
Animal Production 20: 45 – 49
- EBERHARDT W. (1986)
Einfluss des Stallklimas auf die Mastleistung
Schweinewelt, 11(2) 50- 52

- ENTFÄLT A.C. LUNDSTRÖM K., HANSSON I., LUNDEHEIM N., NYSTRÖM P.E. (1996)
Effects of Outdoor Rearing and Sire Breed (Duroc or Yorkshire) on Carcass Composition and Sensory and Technological Meat Quality
Meat Science, Vol. 45, No. 1, 1 – 15
- FRIENDSHIP R.M. HENRY S.C. (1992)
Cardiovascular System, Hematology and clinical chemistry
In: Leman, A.D., B.E. Straw, W.L. Mengeling, S.D. Allaire, D.J. Taylor (Eds.): Diseases of swine
7 th edition, Iowa State University Press, Ames, Iowa 3 – 11
- GANTER M. BOLLWAHN W., KAMPHUES J. (1990)
Zur Bedeutung von Mineralstoffimbilanzen im Futter als Ursache der Epiphyseolysis beim Schwein
Tierärztliche Umschau 45, 838 – 853
- GENTRY J.G. MCGLONE J.J., MILLER M.F., BLANTON J.R. (2002)
Diverse birth and rearing environment effects on pig growth and meat quality
Journal of Animal Science, 80: 1707 – 1715
- GENTRY J.G. MCGLONE J.J., MILLER M.F., BLANTON J.R. (2004)
Environmental effects on pig performance, meat quality and muscle characteristics
Journal of Animal Science, 82: 209 – 217
- GREGOR G. (1979)
Hämatologische und biochemische Untersuchungen am Miniaturschwein
MINI-LEWE: 2. Mitteilung: Elektrolyte und Enzyme
Z. Versuchstierk. 21, 125 – 135
- GRIER S.J. TURNER A.S., ALVIS M.R. (1996)
The Use of Dual-Energy X-ray Absorptiometry in Animals
Investigative Radiology, Vol. 31, No. 1, 50 – 62
- GURYEVA T.S. MEDNIKOVA EI., DADASHEVA O.A., POVALKO N.B., K-Bod (1998)
The musculoskeletal apparatus of Japanese quail during hypodynamy
Avian Microgravity, 42: supplement 37 – 39
- HESSE D. MAROSKE U., SCHWARZ H.P. (1997)
Fütterung von Mastschweinen: Verschiedene Verfahren im Vergleich
DGS Magazin, Wo 31, 33 – 36
- HEYMSFIELD S.B. WANG Z.M., BAUMGARTNER R.N., ROSS R. (1997)
Human body composition: advances in models and methods
Annu. Rev. Nutr. 17 : 527 – 558

-
- HOEKSTRA K.E. NIELSEN B.D., ORTH M.W., ROSENSTEIN D.S., SCHOTT H.C.,
SHELLE J.E. (1999)
Comparison of bone mineral content and biochemical markers of bone
metabolism in stall versus pasture-reared horses
Equine Vet J Suppl., 30:601 – 604
- HOFFMAN L.C. STYGER E., MULLER M., BRAND T.S. (2003)
The growth and carcass and meat characteristics of pigs raised in free-
range or conventional housing system
South African Journal of Animal Science, 33: 3, 166 – 175
- HURNIK D. WHYTE S., VAN LUNEN T., MAC LEOD J., CAMPBELL A.
(2004)
Production and economic differences between pigs raised in a deep
bedded system versus on a fully slatted floor
18 th IPVS Congress, Vol. 2, 706
- JANZ K.F. BURNS T.L., TORNER J.C., LEVY S.M., PAULOS R., WILLING
M.C., WARREN J.J. (2001)
Physical activity and bone measures in young children: the Iowa bone
development study
Pediatrics, 107(6): 1387 – 1393
- KÄÄNTEE E. (1983)
Effects o Ca and P levels in the feed on serum calcium, phosphorus,
alkaline phosphatase, hydroxyproline and 25-hydroxycholecalciferol
levels, and on the ash content of the third metacarpal bone in pigs
Nord Vet Med., 35 (7-9): 273 – 86
- KALICH J. SCHUH W. (1979)
Einfluss der Schadgase Ammoniak (NH₃) und Schwefelwasserstoff
(H₂S) in der Stallluft auf die Mastleistung der Schweine
Tierärztliche Umschau 34, 36 – 45
- KAMPKE D. WALCHER W. (1982)
Physik für Mediziner
Teubner V., Stuttgart
- KNUDSON B. K. HOGBERG M.G., MERKEL R.A., ALLEN R.E., MAGEE W.T.
(1985)
Developmental comparison of boars and barrows: II. Body
composition and bone development
Journal of Animal Science 61: 797 – 801
- KÖHNE WÖSSNER, 2004
<http://www.kowoma.de/gps/zusatzerklaerungen/praezision.htm>
- KRAFT H. SCHILLINGER D. (1989)
Klinische Labormethoden der Veterinärmedizin bei Haussäugetieren
3. Aufl., Enke, Stuttgart, S. 58 – 70

-
- KRAFT W. DÜRR U.M. (1995)
Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin
5. Aufl., Schattauer, Stuttgart, 120 ff
- LASKEY M.A. (1995)
Dual-Energy X-Ray Absorptiometry and Body Composition
Nutrition, Vol. 12, Issue 1, 45 – 51
- LIU M. F. HE P., ATHERNE X., BERG R.T. (1999)
Postnatal limb bone growth in relation to live weight in pigs from birth
to 84 days of age
Journal of Animal Science 77: 1693 – 1701
- LENGERKEN G.v. ALBRECHT V. (1977)
Eignung biochemischer Kennwerte und ausgewählter
Regulationssysteme für die Früherkennung einer Prädisposition zur
Ausbildung von Fleischqualitätsmängeln beim Schwein
Habilschrift, Univ. Leipzig
- LOHNERT A. WURM S., UEBERSCHAR S. (1996)
Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Befunderhebung an
Gliedmassen und Wirbelsäule
Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 103: 3, 92 – 97
- LSZ Forchheim Landesanstalt für Schweinezucht
Versuchs- und Prüfungsbericht 1996
- LUKASKI H.C. MARCHELLO M.J., HALL C.B., SCHAFFER D.M., SIDERS W.A.
(1999)
Soft tissue composition of pigs measured with dual x-ray
absorptiometry: comparison with chemical analyses and effects of
carcass thicknesses
Nutrition, Vol. 15, Issue 9, 697 – 703
- LUNAR® DPX-IQ™ Bedienungshandbuch (1998), Madison, Wisconsin, USA
- MC MEEKAN C.P. (1940b)
Growth and development in the pig, with special reference to carcass
quality characters. II. The influence of plane of nutrition on growth
and development
Journal of Agricultural Science 30: 387 – 436
- MEDICINE WORLDWIDE (©2004)
Strahlenmedizin
www.m-ww.de/enzyklopaedie/strahlenmedizin/index.html
- MESSOW M. (2004)
Analyse des zeitlichen Fressverhaltens von Schweinen in
vollautomatischen Fütterungssystemen
Diplomarbeit LMU, Institut für Statistik

- MITCHELL A.D. SCHOLZ A.M. (2001)
Techniques for Measuring Body Composition of Swine. In:
Swine Nutrition, Second edition, edited by A.J. Lewis and L. Lee
Southern, Chapter 41, CRC Press: 917 – 960
- MITCHELL A.D. CONWAY J.M., POTTS W.J.E. (1996)
Body Composition Analysis of Pigs by Dual-Energy X-Ray
Absorptiometry
Journal of Animal Science, 74: 2663 – 2671
- MITCHELL A.D. SCHOLZ A.M., PURSEL V.G., EVOCK-CLOVER C.M. (1998)
Composition Analysis of Pork Carcasses by Dual-Energy X-Ray
Absorptiometry
Journal of Animal Science, 76: 2104 – 2114
- MITCHELL A.D. SCHOLZ A.M., CONWAY J.M. (1998)
Body composition analysis of pigs from 5 to 97 kg by dual energy
x-ray absorptiometry
Appl. Radiat. Isot., Vol. 49, No. 5/6, 521- 523
- MITCHELL A.D. SCHOLZ A.M., PURSEL V.G. (2000)
Dual-energy X-ray absorptiometry measurements of the body
composition of pigs of 90 to 130 kilograms body weight
Annals of the New York Academy of Sciences 904: 85 93
- MITCHELL A.D. SCHOLZ A.M., PURSEL V.G. (2001)
Total body and regional measurements of bone mineral content and
Bone mineral density in pigs by dual energy X-ray absorptiometry
Journal of Animal Science 79: 2594 – 2604
- PIETROBELLI A. FORMICA C., WANG Z., HEYMSFIELD S.B. (1996)
Dual-energy x-ray absorptiometry body composition model:
Review of physical concepts
American J. Physiol. 271: E941 – E951
- PLONAIT H. BICKHARDT H. (1997)
Einfluss der Haltungsbedingungen auf das Krankheitsgeschehen
In: Lehrbuch der Schweinekrankheiten
Parey Berlin, pp 16-17
- RATHMER B. (2002)
Vergleich klima- und umweltrelevanter Emission aus
Haltungssystemen für Mastschweine
Agrarwiss. Diss. Weihenstephan
- REINISCH F. (1987)
Nährstoffbedarf des Schweines und Ernährungsregime
In: Neundorf R., Seidel H. (Hrsg) Schweinekrankheiten. Ätiologie,
Pathogenese, Klinik, Therapie, Bekämpfung. 3. Aufl., Enke,
Stuttgart, S. 20 – 83

- SATHER A.P. JONES S.D.M., SCHEAFER A.L., COLYN J., ROBERTSON W.M. (1997)
Feedlot performance, carcass composition and meat quality of free-range reared pigs
Canadian Journal of Animal Science, Vol. 77: 2, 225 – 232
- SCHNIDER R. (2002)
Health of fattening pigs kept in different housing systems – comparison between systems with fully slatted floors and multi-surface systems with exercise yard
Schriftenreihe der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, No 55, 163 pp.
- SCHOLZ A. SOFFNER P., LITTMANN E., PESCHKE W., FÖRSTER M. (2002)
Genauigkeit der Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie (DXA) zur Ermittlung der Schlachtkörperzusammensetzung von Schweinehälften (kalt, 30 – 39 kg) anhand der EU Referenzzzerlegung.
Züchtungskunde 74 (5): 376 – 391
- SEUTTER U. (1995)
Einfluss von Rasse, Haltung, Fütterung, Management, Alter und Reproduktionsstadium auf hämatologische und klinisch-chemische Parameter beim Schwein
Tiermedizinische Diss., LMU München
- SNELL H. DELLWISCH S., VAN DEN WEGHE H. (2002)
Ferkelaufzucht im Außenklimastall
Agrartechnische Forschung 8: 32 – 37
- SOFFNER P. (2003)
Untersuchungen zur Körperzusammensetzung und Knochenmineraldichte am wachsenden Schwein mittels Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie
Tiermedizinische Diss., LMU München
- TAAFFE D.R. MARCUS R. (2004)
The muscle strength and bone density relationship in young women: dependence on exercise status
Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 44(1): 98 – 103
- THILSCHER H.H. KRETSCHMER M., THILSCHER M. (1994)
Magnesium- und Kalziumkonzentrationen im Blutplasma von Schweinerassen unterschiedlicher Fitness
Mh. Vet. Med., Jena 49, 281 – 284
- UNGEMACH F.R. EMMERICH I. (2003)
Arzneimittel zur Allgemeinanästhesie des Schweines
Tierärztliche Praxis Großtier, 6/2003, S. 352 - 355
Schattauer Verlag Stuttgart

-
- V. DER WAL P.G. MATEMAN G., DE FRIES A.W., VONDER G.M.A., SMULDERS
F.J.M., GEESINK G.H. (1993)
„Scharrel“ (Free Range) Pigs: Carcass Composition, Meat Quality and
Taste-panel Studies
Meat Science 34, 27 – 37
- WANG F.L. ZHANG M.F., CHEN Q.M., LIU P.P., XU M.Q. (2001)
Effect of dietary phosphorus and the ratio between calcium and
phosphorus on the activities of alkaline phosphatase and serum
calcium and phosphorus in miniature pigs (Xiang pig)
Acta Zoonutrimenta Sinica, 13:1, 36 – 42
- WINDHORST H.W. (2001)
Global patterns of pork production and pork trade. Second
International Virtual Conference on Pork Quality. Pp. 1 – 11
- WÜSTER C. BOCKMÜHL M., UGUREL A., LEIDIG G., MINNIE H.W.,
ZIEGLER R. (1991)
Normal values for BMC as measured by DPA versus DXA
Calcif. Tissue Int.48, Suppl A 77
- Zentralverband der Deutschen Schweineproduktion 2003, Jahresbericht

IX. Danksagung

Herrn PD Dr. Armin Scholz möchte ich herzlich danken für die Überlassung des interessanten Themas. Vielen Dank für die tatkräftige Unterstützung beim praktischen Teil der Arbeit als auch für die jederzeit gewährte Hilfe bei der Erstellung der Dissertation.

Vielen Dank auch Herrn Dr. Stefan Nüske, der bei der Durchführung der Arbeit stets mit Rat und Tat zur Seite stand.

Weiterhin möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Gert Kaiser (Versuchstechniker Schwein) und seinen Mitarbeitern für die Hilfe bei der Betreuung meiner Versuchsschweine bedanken.

Ein herzliches Dankeschön gebührt auch Herrn Richard Bätz für die Hilfe bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse sowie die stets freundliche Unterstützung und Geduld bei jeglichen EDV-Problemen.

Ein Dank geht auch an Frau Bärbel Garner, die im Labor der Klinik für Schweine der LMU München stets so rasch und unproblematisch die vielen Serumproben untersuchte.

Für die Mithilfe bei der praktischen Durchführung des Versuches möchte ich ganz herzlich meiner Kollegin Frau Alexandra Jacobsen sowie den Außendienstmitarbeitern des LVG danken. Mit ihnen wurden die „Scantage“ stets amüsant.

Ein besonderer Dank geht auch an Frau Christa Gurgui für die leckere Verköstigung in den letzten eineinhalb Jahren.

Vielen lieben Dank auch meinen Eltern für die persönliche und finanzielle Unterstützung und die aufmunternden Worte an stressigen Tagen; meinem Bruder und meinen Freunden, die stets ein offenes Ohr für mich hatten.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinem Freund Uli bedanken; für die Hilfe bei Computerproblemen, für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und die Geduld und Unterstützung in den letzten Jahren.

