

Tierärztliche Hochschule Hannover

Untersuchungen zur Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung von Schweinefleisch unter besonderer Berücksichtigung ausgewählter Tiergenetiken in der ökologischen Haltungsform

INAUGURAL - DISSERTATION
Zur Erlangung des Grades einer
Doktorin der Veterinärmedizin
- Doctor medicinae veterinariae -
(Dr. med. vet.)

vorgelegt von
Simone Müller
aus Burgwedel

Hannover 2011

Wissenschaftliche Betreuung:

Prof. Dr. Bernhard Nowak
Gissel Institut Sehnde

1. Gutachter:

Prof. Dr. Bernhard Nowak

2. Gutachter:

Prof. Dr. Waldemar Ternes

Tag der mündlichen Prüfung:

20.05.2011

Für meine lieben Eltern, Stephan und Elise

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1 Definition Fleisch	3
2.2 Fleischqualität und Wertschätzung	3
2.3 Fleisch und Fleischreifung	6
2.3.1 Aufbau des Muskels und Muskelkontraktion	6
2.3.2 Energiebereitstellung im lebenden Muskel	7
2.3.3 Energiebereitstellung im Muskel <i>intra</i> und <i>post mortem</i>	8
2.3.4 Normale Fleischreifung	9
2.3.5 Abweichende Fleischreifung	11
2.3.5.1 PSE-Fleisch	11
2.3.5.2 DFD-Fleisch	13
2.3.5.3 Hampshire-Faktor	14
2.3.5.4 RSE, RFN und PFN-Fleisch	15
2.4 Ausgewählte Methoden zur Untersuchung der Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung	17
2.4.1 Physikalische Methoden	17
2.4.1.1 Amtliche Fleischuntersuchung	17
2.4.1.2 Klassifizierung	17
2.4.1.3 Bestimmung des pH-Wertes und der Temperatur	17
2.4.1.4 Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit	18
2.4.1.5 Bestimmung des Wasserbindungsvermögens	19
2.4.1.6 Physikalische Messung der Farbe	20
2.4.2 Chemische Methoden	23
2.5 Schweinerassen	23
2.5.1 Abstammung der Schweine	23
2.5.2 Buntes Bentheimer Schwein	26
2.5.3 Angler Sattelschwein	27

INHALTSVERZEICHNIS

2.5.4 Schwäbisch Hällisches Schwein	29
2.5.5 Deutsche Landrasse	31
2.5.6 Deutsches Edelschwein	32
2.5.7 Pietrain	33
3. Material und Methoden	35
3.1 Versuchsdesign	35
3.2 Erster Versuchsabschnitt	35
3.3 Zweiter Versuchsabschnitt	36
3.3.1 Versuchstiere und Tierhaltung	36
3.3.2 Versuchsfutter	37
3.3.3 Transport zum Schlachthof	37
3.3.4 Schlachtung und Probenahme	37
3.3.5 Lagerung und Reifung der Proben	39
3.4 Untersuchungsmethoden	41
3.4.1 Physikalische Untersuchungen	41
3.4.1.1 L*, a*, b*-Farbmessung	41
3.4.1.2 pH-Wert und Temperatur	41
3.4.1.3 Leitfähigkeit	42
3.4.1.4 Auspressbare Gewebeflüssigkeit	42
3.4.2 Chemische Untersuchungen	43
3.4.2.1 Trockensubstanz	43
3.4.2.2 Asche	44
3.4.2.3 Intramuskulärer Fettgehalt	45
3.4.2.4 Proteingehalt	47
3.4.2.5 Hydroxyprolin	48
3.4.2.6 Gesamtwasser	49
3.5 Statistische Auswertung	50
4. Befunderhebung	51
4.1 Erster Versuchsabschnitt	51

INHALTSVERZEICHNIS

4.1.1 Vermarktungsnormen	51
4.1.2 Physikalische Untersuchungen	52
4.2 Zweiter Versuchsabschnitt	54
4.2.1 Mastleistung	54
4.2.2 Befunde der amtlichen Schlacht tier- und Fleischuntersuchung	55
4.2.3 Vermarktungsnormen	56
4.2.3.1 Schlachtkörpergewicht (Zweihälftengewicht)	56
4.2.3.2 Magerfleischanteil	57
4.2.3.3 Fleischmaß	58
4.2.3.4 Speckmaß	59
4.2.4 Physikalische Untersuchungen	61
4.2.4.1 pH-Wert	61
4.2.4.2 Auspressbare Gewebeflüssigkeit	63
4.2.4.3 L*, a*, b*-Farbwerte	65
4.2.4.3.1 L*-Wert (Helligkeit)	65
4.2.4.3.2 a*-Wert (Rotwert)	67
4.2.4.3.3 b*-Wert (Gelbwert)	69
4.2.4.4 Leitfähigkeit	70
4.2.5 Chemische Untersuchungen	72
4.2.5.1 Intramuskulärer Fettgehalt	72
4.2.5.2 Proteingehalt	73
4.2.5.3 Hydroxyprolin	74
4.2.5.4 Trockensubstanz	75
4.2.5.5 Gesamtwasser	76
4.2.5.6 Asche	77
5. Diskussion	79
5.1 Diskussion von Material und Methode	80
5.1.1 Probenmaterial	80
5.1.2 Methoden	81

INHALTSVERZEICHNIS

5.2 Diskussion der Ergebnisse	82
5.2.1 Vergleichende Diskussion der Ergebnisse aus dem ersten Versuchsabschnitt	82
5.2.1.1 Vermarktungsnormen	82
5.2.1.2 Physikalische Untersuchungen	84
5.2.2 Diskussion der Ergebnisse aus dem zweiten Versuchsabschnitt	90
5.2.2.1 Mastleistung	90
5.2.2.2 Amtliche Schlachttier- und Fleischuntersuchung	91
5.2.2.3 Vermarktungsnormen	92
5.2.2.4 Fleischreifung und Fleischqualität – Physikalische Untersuchungen	93
5.2.2.5 Fleischqualität – Chemische Untersuchungen	96
5.3 Schlussfolgerungen	100
6. Zusammenfassung	102
7. Summary	106
8. Literaturverzeichnis	110
9. Anhang	125
10. Danksagung	151

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Acetyl-COA	Acetyl-Coenzym A
ADP	Adenosindiphosphat
AMP	Adenosinmonophosphat
AMPK	Adenosinmonophosphat-aktivierte Proteinkinase
AS x Pi	Angler Sattelschwein x Pietrain
ATP	Adenosintriphosphat
a*-Wert	Rotwert
BB	Buntes Bentheimer Schwein
b*-Wert	Gelbwert
CIE	Commission Internationale de L`Eclairage 1976
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
(DE x DL) x Pi	Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse x Pietrain
DFD	dark, firm, dry
et al.	und andere (et alii)
etc.	et cetera
FADH ₂	Flavin-Adenin-Dinucleotid (reduzierte Form)
FL/mm	Fleischmaß in Millimeter
g	Gramm
GE	Gesamteiweiß
GEH	Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen
Gew.	Schlachtkörpergewicht
GVO	Gentechnisch veränderte Organismen
h	Stunde
H ⁺ oder H ₃ O ⁺	Wasserstoffionen
HAL-Gen	Halothangen
Hkl.	Handelsklasse nach dem EUROP-System
IMP	Inosinmonophosphat

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

K	Kelvin
kg	Kilogramm
LFGB	Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch
L*-Wert	Helligkeitswert
m	männlich
µmol	Mikromol
MCP	multicatalytic proteinases
MF %	Magerfleischanteil in Prozent
MW	Mittelwert
n	Anzahl der Proben
NADH	Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid-Hydrogen
nm	Nanometer
n.s.	nicht signifikant
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PFN	pale, firm, non-exudative
pH	potentia hydrogenii
p.m.	post mortem
Q	Pressquotient (Fleischfläche/Presssaftfläche)
PSE	pale, soft, exudative
RFN	reddish-pink, firm, non-exudative
RN ⁻ -Gen	Rendement-Napole-Gen
RSE	reddish-pink, soft, exudative
RYR	Ryanodinrezeptor
SD	Standardabweichung
SH	Schwäbisch Hällisches Schwein
SHV	Safthaltevermögen
SP/mm	Speckmaß in Millimeter
t	Tonne
Tab.	Tabelle
TS	Trockensubstanz
u.	und

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

w	weiblich
z. B.	zum Beispiel
ZDS	Zentralverband Deutscher Schweineproduktion

1. Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland werden nach Angaben des ZDS (2007) jährlich 4,5 Mio. t Schweinefleisch produziert, wobei der pro-Kopf-Verbrauch bei 40,1 kg im Jahr liegt. Der Selbstversorgungsgrad beträgt 99%. Angesichts der hohen Schweinefleischproduktion und der relativ niedrigen Abgabepreise an den Verbraucher verwundert es nicht, dass die Landwirtschaft bemüht ist, die genetischen Reserven der eingesetzten Herkünfte voll auszuschöpfen und durch spezielle züchterische Bearbeitung Merkmale wie Aufzuchtleistung, Futterverwertung, Tageszunahmen, Magerfleischanteil und eine gute Ausprägung der wertvollen Fleischpartien zu verbessern. Der dadurch bedingte Merkmalsantagonismus zwischen Muskelfleischansatz und Fleischqualität (SUNDRUM 2006; HÖRNING 1997), erhöhter Medikamenteneinsatz, Fütterung von gentechnisch verändertem Soja sowie die nicht tiergerechten Haltungsbedingungen in der Intensivmast (HÖRNING 1997) werden hier billigend in Kauf genommen. Daneben verunsichern Lebensmittelskandale den Verbraucher zunehmend (HILSE 1992), so dass er nach Alternativen zu herkömmlichen Fleischprodukten sucht. Er findet sie in Form von ökologisch erzeugten Lebensmitteln (HÖRNING 1997). Aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen nach VERORDNUNG (EG) Nr. 834 / 2007, die bei ökologischer Tierhaltung erhöhte Ansprüche an den Medikamenteneinsatz, den Platzbedarf und die Fütterung der Tiere stellt, wird dieses Fleisch teurer produziert als konventionell erzeugtes (WEISSMANN 2003). Dieser finanzielle Mehraufwand muss bei der Preisgestaltung ökologisch erzeugter Produkte berücksichtigt werden. Um den erhöhten Preis für Bioprodukte gegenüber dem Endverbraucher rechtfertigen zu können und dessen Kaufbereitschaft zu erhöhen, ist es von Interesse, ein eigenständiges Qualitätsprofil für Bioschweinefleisch zu entwickeln (WEISSMANN 2003). In Ermangelung einer speziell geeigneten Rasse für diesen Zweck, greifen Biolandwirte in der Regel auf marktübliche Hochleistungskreuzungen zurück (WEISSMANN 2003). Da der Einsatz synthetisch erzeugter Aminosäuren und genetisch veränderter Futtermittel im Ökolandbau verboten ist und in der Regel hofeigene Futtermittel eingesetzt werden sollten (VERORDNUNG (EG) Nr. 834 /

2007), lässt sich mit den marktüblichen Herkünften das genetische Potential hier nicht voll ausschöpfen. Dazu kommt, dass die einseitige Selektion auf eine hohe Mastleistung und einen hohen Magerfleischanteil zu Mängeln in der technologischen und sensorischen Fleischbeschaffenheit geführt hat und das Auftreten von Fleischfehlern begünstigt (HÖRNING 1997). Weiterhin führte die Beschränkung auf einheitliche Zuchtziele und rationalisierte Haltungsbedingungen zu einem Verlust an Vitalität und Robustheit (AUGSTEN et al. 2003) sowie zu einer Verarmung der Rassenvielfalt (CHAINETR et al. 2002). Die noch 1950 in Deutschland weit verbreiteten, fettreichen Rassen wie Buntes Bentheimer Schwein, Angler Sattelschwein und Schwäbisch Hällisches Schwein wurden aufgrund der gesteigerten Verbrauchernachfrage nach magerem Fleisch durch neue Leistungsrassen ersetzt (STRACK 2005), die nicht nur fettärmeres Fleisch liefern, sondern auch eine bessere Mastleistung erbringen und damit unter Intensivmastbedingungen ein ökonomischeres Wirtschaften erlauben. Dies führte zu einem vollständigen Verlust verschiedener alter Schweinerassen (CHAINETR et al. 2002), während andere alte Rassen heute auf der roten Liste der vom Aussterben bedrohten Haustierrassen geführt werden (GEH 1997). Damit einhergehend besteht die Gefahr des Verlustes wichtiger Genressourcen und regional bedeutsamer Kulturgüter. Die vorliegende Studie soll daher die Eignung zweier alter Schweinerassen (Bunte Bentheimer Schweine und Schwäbisch Hällische Schweine) im Gegensatz zu einer Gebrauchskreuzung (Angler Sattelschwein x Pietrain) und einer modernen Genetik ((Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) x Pietrain) bei der Mast unter ökologischen Bedingungen bezüglich ihrer Mast- und Schlachtleistungen sowie ihrer technologischen Fleischbeschaffenheit prüfen und der Fragestellung nachgehen, ob das Fleisch dieser Rassen sich über seinen speziellen Genusswert profilieren lässt.

2. Literaturübersicht

2.1 Definition Fleisch

In der Verordnung (EG) Nr. 853 / 2004 wird Fleisch definiert als „alle genießbaren Teile der in den Nummern 1.2 bis 1.8 genannten Tiere einschließlich Blut“. Der Verbraucher hingegen versteht unter „Fleisch“ vor allem die Skelettmuskulatur von warmblütigen Tieren mit Anteilen an eingebettetem bzw. anhaftendem Binde- und Fettgewebe, die für den menschlichen Verzehr geeignet ist (BINKE 2003). Nach der Schlachtung laufen in der Muskulatur verschiedene biochemische und biophysikalische Prozesse ab (BINKE 2003). Während frühe postmortale Vorgänge im Schlachttierkörper aufgrund der noch vorherrschenden hohen Temperaturen vor allem enzymatisch gesteuert werden, überwiegen kurz vor Erreichen des End-pH strukturelle Veränderungen (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2007). Die Summe dieser allgemein als Fleischreifung bezeichneten Vorgänge beeinflusst Qualitätsfaktoren wie Farbe, Zartheit, Wasserbindungsvermögen und Aroma und führt zu einer Umwandlung von Muskulatur in verzehrfähiges Fleisch.

2.2 Fleischqualität und Wertschätzung

Der Begriff Qualität leitet sich von dem lateinischen Terminus „qualitas“ ab und bedeutet soviel wie Beschaffenheit, Merkmal, Eigenschaft, Zustand. Demnach erfährt dieser Begriff gemäß seiner Definition weder eine positive noch eine negative Wertung; die Gewichtung erfolgt erst durch beschreibende Adjektive (HONIKEL 1992; HILSE 1992). So spricht man z. B. von einer „guten Qualität“, von einer „durchschnittlichen Qualität“ oder auch von einer „minderen“ oder „schlechten Qualität“. Die Beschreibung der Qualität aus naturwissenschaftlicher Sicht darf nicht subjektiv sein und beruht auf einer Erfassung objektiv messbarer Merkmale. HONIKEL (1992) kommt daher zu dem Schluss, dass der Begriff Fleischqualität wie folgt zu definieren ist: „Fleischqualität ist die Summe aller Merkmale. Die Merkmale

sind durch Messung objektiv erfassbar“. Er beschreibt Nährwert, sensorische Eigenschaften, Hygienestatus und Verarbeitungsmerkmale als entscheidende Qualitätsfaktoren. HOFMANN (1986) gibt einen genauen Überblick darüber, welche Parameter im Einzelnen von Bedeutung sind (Abb.1)

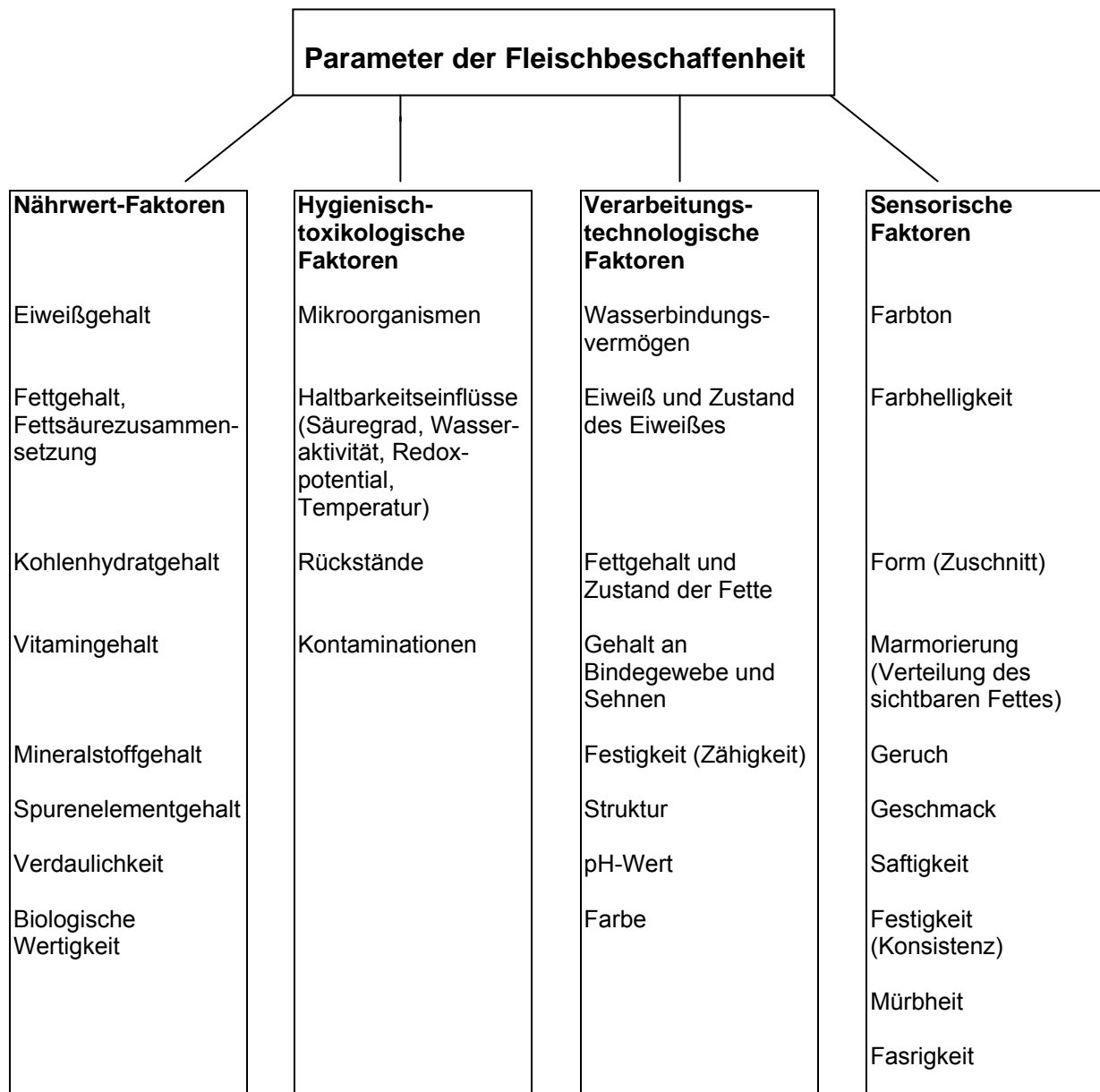


Abb. 1 Parameter der Fleischbeschaffenheit (modifiziert nach HOFMANN 1986)

Die aufgeführten Qualitätsfaktoren des Fleisches lassen sich nach HOFMANN u. HONIKEL (2007) in Faktoren der „Prozess- bzw. Produktionsqualität“ sowie in solche der „Produktqualität“ unterteilen. Unter „Prozessqualität“ versteht man in dem Zusammenhang alle nicht materiellen Bestandteile des Endproduktes, wie z. B. Fütterung, Haltungssystem, Transport, Betäubung, Schlachtung sowie anschließende Kühlung und Behandlung der Schlachttierkörper, während mit „Produktqualität“ das durch die „Prozessqualität“ beeinflusste Produkt an sich gemeint ist (HOFMANN u. HONIKEL 2007). Neben den objektiv messbaren Faktoren der Fleischqualität existiert die subjektive Wertschätzung, die der Konsument dem Produkt Fleisch entgegenbringt (HONIKEL 1992). Sie beruht auf persönlichen oder sozialen Hintergründen, Traditionen, Vorurteilen, Ängsten, ökologischen, ethischen, religiösen sowie politischen Aspekten und ist daher von der eigentlichen Produktqualität zu trennen (HILSE 1992). Dennoch wird sie beim Kaufverhalten stark berücksichtigt und veranlasst die Produzenten, ihr Produkt entsprechend den Verbraucherwünschen zu verändern (KALLWEIT 1994). Beispiele hierfür sind das geänderte Verbraucherverhalten ab 1950, das mageres Schweinefleisch mit wenig Fettauflage forderte (SAMBRAUS 2001) und damit zur Verdrängung der sogenannten „Fettschweine“ vom Markt führte, der religiöse Totalverzicht auf Schweinefleisch oder auch der aktuelle Trend, Herkunft und Haltung der Tiere zu hinterfragen und ökologisch und tierschutzgerecht produziertes Fleisch zu bevorzugen (HILSE 1992). KALLWEIT beschreibt schon 1994, dass Erzeuger der veränderten Wertschätzung der Prozessqualität seitens der Verbraucher Rechnung tragen, indem sie unter den Auflagen bestimmter Qualitätsfleischprogramme produzieren. In einer Studie von BRANSCHIED (2008), in der Verbraucher ihre drei wichtigsten Auswahlkriterien beim Kauf von Fleisch angeben sollten, stand nach den Kriterien „Frische“ und „Preis“ die Herkunft an dritter Stelle und rangierte damit noch vor den Kriterien „Sauberkeit im Laden“, „Fettadern“, „Gütesiegel“, „Farbe“ und „Marke“. Diese Beurteilungen werden durch Moden, Skandale, neue ernährungsphysiologische Erkenntnisse etc. hervorgerufen und unterliegen einem ständigen Wechsel, daher können sie nicht die Grundlage für eine Qualitätsbetrachtung aus wissenschaftlicher Sicht sein (HONIKEL 1992).

2.3 Fleisch und Fleischreifung

2.3.1 Aufbau des Muskels und Muskelkontraktion

Die Muskulatur bei Säugetieren lässt sich einteilen in willkürliche, quergestreifte Skelettmuskulatur, in unwillkürliche, glatte Muskulatur der inneren Organe und in die Muskulatur des Herzens als Mischform der quergestreiften und der glatten Muskulatur. Verzehrbares Fleisch besteht in der Regel aus quergestreifter Muskulatur nach Ablauf der Reifungsprozesse (BINKE 2003). Der quergestreifte Muskel ist umgeben vom bindegewebigen Epimysium, welches am Ende des Muskels in Sehnen ausläuft. Nächste kleinere Untereinheit des Muskels sind die Muskelfaserbündel, welche wiederum von einer Bindegewebshülle, dem Perimysium umschlossen werden (SCHWÄGELE 2003). Fetteinlagerungen zwischen den Faserbündeln sind im Endprodukt Fleisch als Marmorierung erkennbar (BINKE 2003). Die Muskelfaserbündel wiederum bestehen aus einzelnen Muskelfasern (Muskelzellen), die vom Endomysium umgeben sind (SCHWÄGELE 2003). In den Muskelzellen befinden sich die Zellorganellen, wobei eine Muskelzelle mehrere Zellkerne beinhaltet (HIRCHE 1994). Die Zellkerne sind eingebettet in das sarkoplasmatische Reticulum, das auch die Myofibrillen als in Längsrichtung verlaufende Unterstrukturen umgibt (SILBERNAGEL u. DESPOPOULOS 1991). In der kleinsten kontraktile Einheit des Muskels (Sarkomer) werden bei mikroskopischer Untersuchung abwechselnd helle und dunkle Bänder sichtbar, die der Muskulatur den Namen „quergestreifte Muskulatur“ geben. Sie bestehen aus dicken Myosin- und dünnen Aktinfilamenten, die bei Kontraktion des Muskels ineinandergleiten. Ein Sarkomer wird begrenzt durch zwei Z-Scheiben. Ein Myosinfilament besteht aus 150 bis 360 Myosinmolekülen, die wiederum jeweils aus einem Myosinschaft, einem Myosinhals und einem zweigeteilten Myosinkopf bestehen, der das Adenosintriphosphat (ATP)-spaltende Enzym ATPase enthält. Ein Aktinfilament hingegen besteht aus zwei miteinander verdrillten Ketten, die wiederum aus perlschnurartig aufgereihten Proteinmolekülen bestehen. Um das Aktinfilament windet sich das fadenförmige Tropomyosin, an welches alle 40 nm ein

Troponinmolekül angeheftet ist (SILBERNAGEL u. DESPOPOULOS 1991). Ausgelöst durch einen Nervenreiz wird Acetylcholin an der motorischen Endplatte freigesetzt und induziert dort einen Endplattenstrom, der ein elektrisches Aktionspotential entlang der Zellmembran der Muskelfaserzelle zur Folge hat. Dieses Aktionspotential führt zu einer Freisetzung von Calcium aus den longitudinalen Tubuli des sarkoplasmatischen Retikulums. Das Calcium bindet an das Troponin am Tropomyosin. Daraufhin legt sich der Tropomyosinfaden in die Rinne zwischen zwei Aktinfilamentketten und gibt dabei deren Bindungsstellen für das Myosin frei. Die Myosinköpfe verbinden sich mit dem Aktin. Daraufhin wird das in den Myosinköpfen enthaltene Enzym ATPase durch das Aktin aktiviert und spaltet das gebundene ATP unter Komplexbildung mit Magnesiumionen. Löst sich anorganisches Phosphat aus diesem Komplex, nehmen die Myosinköpfe, ausgehend von einer 90-Grad-Stellung, eine 50-Grad-Stellung ein. Die Abgabe von ADP schließlich bringt die Myosinköpfe in ihre Endstellung von 45 Grad und beendet das Filamentgleiten. Der Aktin-Myosin-Komplex ist nun stabil (Rigorkomplex) und kann nur durch erneute Bindung von ATP an die Myosinköpfe wieder gelöst werden.

2.3.2 Energiebereitstellung im lebenden Muskel

Der Körper verfügt über verschiedene Energiebereitstellungsmechanismen, die abhängig von der Art der Belastung zum Einsatz kommen. Energielieferant für die Muskulatur ist hauptsächlich Adenosintriphosphat (ATP) (SILBERNAGEL u. DESPOPOULOS 1991). Da es für die Ausführung der Muskelarbeit und die Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen ständig verbraucht wird, muss es vom Körper stets neu synthetisiert werden. Die Synthese von ATP erfolgt unter aeroben Verhältnissen durch enzymatischen Abbau der in der Nahrung enthaltenen Fette, Kohlenhydrate und auch Eiweiße zu Acetyl-CoA, welches anschließend in den Citratzyklus eingeschleust wird (BINKE 2003). Es entstehen CO_2 und die Redoxäquivalente $\text{NADH}+\text{H}$ und FADH_2 , die durch Oxidation in der Atmungskette ATP liefern (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2007). Unter anaeroben Verhältnissen

hingegen wird Glycogen über Glucose-6-Phosphat zu Milchsäure abgebaut, die in der Leber durch Gluconeogenese wieder in Glucose umgewandelt wird (BINKE 2003). Die Energiebilanz beträgt hier allerdings nur 3 ATP, während sie bei der oxidativen Phosphorylierung 36 ATP beträgt (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2007). Überschüssige Energie wird im Muskel in Form von Glykogen oder Creatinphosphat bzw. in Depotfetten in Form von Triglyceriden gespeichert (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2007).

2.3.3 Energiebereitstellung im Muskel *intra* und *post mortem*

Der Schlachtprozess beginnt mit dem Zutrieb der Tiere zur Tötungsbucht. Durch den entstehenden Stress werden die Catecholamine Adrenalin und Noradrenalin freigesetzt, was zu einem erhöhten Energieumsatz in den Muskeln führt (HANDWERKER u. KOLTZENBURG 1994). Auch die tetanusähnliche Muskelkontraktion während der Elektrobetäubung sowie die tonisch-klonischen Krämpfe danach sind energieverbrauchende Prozesse (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2007). Da Atemtätigkeit und Blutkreislauf während der Betäubung noch erhalten sind, erfolgt die ATP-Synthese für den erhöhten Umsatz aerob aus Glukose und Glykogen und führt damit nicht zu Milchsäurebildung in der Muskulatur. Allerdings führt sie zu einem Anstieg der Temperatur im Muskel, der sich auch postmortal noch fortsetzt (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2003).

Das Gleichgewicht aus ATP-Verbrauch und ATP-Synthese im lebenden Organismus wird durch den Tod verschoben. Energie- und Sauerstoffzufuhr finden nicht mehr statt, daher können Fette und Eiweiße nicht mehr zu Acetyl-CoA abgebaut werden. Als Energielieferant kommen nur noch ATP, NADH, Creatinphosphat und der Kohlenhydratspeicher in Form von Glykogen in Frage (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2007), welches allerdings aufgrund des Sauerstoffmangels nicht mehr in die Atmungskette gelangt, sondern nur noch unter anaeroben Bedingungen zu Pyruvat und anschließend zu Laktat abgebaut werden kann. Da in der Leber keine

Gluconeogenese mehr stattfinden kann, reichert sich das entstehende Laktat im Muskel an und bewirkt so einen Abfall des pH-Wertes von ursprünglich pH 7 auf pH 5,4 bis 5,8 (BINKE 2003). Nachdem das im Muskel gespeicherte Glykogen vollständig abgebaut wurde und kein ATP mehr synthetisiert werden kann, kommt es über die Zwischenprodukte ADP, AMP, IMP und Inosin zum Abbau von ATP zu Hypoxanthin (SEEWALD 1993).

2.3.4 Normale Fleischreifung

Die Fleischreifung beginnt schon unmittelbar nach der Schlachtung, während die Reifezeit erst beginnt, wenn das Fleisch die Kühltemperatur von 0 bis 7°C erreicht hat. Die Reifezeit ist tierartlich unterschiedlich und abhängig von der Quervernetzung des Kollagens (Tieralter) und der Aktivität der für die Fleischreifung verantwortlichen Enzyme (Tierart). Sie sollte beim Schwein mindestens zwei Tage betragen (HONIKEL 2003). Man unterteilt die Fleischreifung in zwei Phasen:

Während der ersten Phase der Reifung reichert sich durch den Abbau noch vorhandener Glykogenreserven zu Milchsäure Laktat im Muskel an. Damit ist ein Abfall des pH-Wertes auf einen End-pH von etwa 5,5 verbunden. Der Grad des pH-Wert-Abfalls ist weiterhin abhängig von Enzymen, die die glykolytische Aktivität modulieren und dem damit verbundenen Metabolismus verschiedener Muskelfasertypen (SCHEFFLER u. GERRARD 2007), sowie vom glykolytischen Potential des Muskels und damit auch von der Behandlung des Tieres vor oder während der Schlachtung. Die Aktin- und Myosinfilamente in den Muskelfasern sind zunächst noch frei verschieblich. Solange ATP im Muskel verfügbar ist, wird Calcium durch ein aktives Transportsystem vom Cytosol ins sarkoplasmatische Reticulum befördert (SCHWÄGELE 2003). Sinkt der ATP-Gehalt im Muskel jedoch unter 1 $\mu\text{mol} / \text{g}$ Gewebe, was in der Regel bei einem pH-Wert von 5,9 der Fall ist, kommt es zu einem Versagen des ATP-abhängigen Calciumionentransportsystems (BINKE 2003). Calcium reichert sich im Cytosol an und verbindet sich mit Troponin. Dadurch verliert

Tropomyosin seine hemmende Wirkung auf den Aktin-Myosin-Komplex und löst eine Muskelkontraktion aus. Es kommt es zu einer irreversiblen Verknüpfung der Aktin- und Myosinfilamente und damit zum Eintritt des *Rigor mortis*. Der Zeitpunkt des Eintritts der Totenstarre ist abhängig von Tierart, Umgebungstemperatur und Energiereserven des Muskels und bewegt sich in einem Rahmen von 1 bis 30 h *post mortem* (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2007). Während des Rigors erreicht die Muskulatur ihre maximale Festigkeit. Der niedrige pH-Wert wirkt einem mikrobiellen Verderb entgegen.

Die zweite Phase der Fleischreifung ist gekennzeichnet durch eine enzymatische Proteolyse der Myofibrillen, die zu zunehmender Zartheit führt. Sie erfolgt nach HONIKEL und SCHWÄGELE (2007) vor allem durch Calpaine und Kathepsine. Die Calpaine benötigen eine Calciumkonzentration von 1-30 μmol (μ -Calpain) bzw. 250-750 μmol (m-Calpain), um ihre halbmaximale Aktivität zu erreichen (HONIKEL 2003). Diese Calciumionenkonzentration ist durch den Mangel an ATP und den damit verbundenen Einstrom von Calciumionen ins Cytosol gegeben. Weiterhin wird die Beteiligung multikatalytischer Proteinase (MCP = multicatalytic proteinases) diskutiert. Obwohl sich die pH-Optima dieser Proteinase nicht in dem nun vorherrschenden Milieu von pH 5,5 befinden und ihre Aktivität durch die niedrige Kühlhaustemperatur herabgesetzt wird, werden Teile der intrazellulären Querverbindungen der Myofibrillen gelöst. Die Folgen sind eine Abnahme des *Rigor mortis* und eine Zunahme der Zartheit. Da die beschriebenen Proteinase nur intrazellulär aktiv sind, wird die Zartheit des umgebenden Kollagens während der üblichen Reifungsdauer des Fleisches nicht beeinflusst (HONIKEL 2003). TATSUMI und TAKAHASHI (2003) hingegen sehen es als erwiesen an, dass proteolytische Enzyme keine oder nur eine untergeordnete Rolle bei der Fleischreifung spielen. Sie machen vor allem das freigesetzte Calcium selbst für einen Zerfall der Muskelstruktur und die damit verbundene Reifung verantwortlich.

2.3.5 Abweichende Fleischreifung

2.3.5.1 PSE-Fleisch

Als PSE-Fleisch bezeichnet man blasses, weiches Fleisch wässriger Beschaffenheit (PSE = pale, soft, exudative). Die Ausprägung des Merkmals PSE ist in verschiedenen Intensitäten möglich. Ursächlich für das Entstehen von PSE-Fleisch ist eine erbliche Prädisposition (LENGERKEN et al. 2007), ausgelöst durch prämortalen Stress. Allerdings kommt die Veränderung auch bei reinerbig gesunden Tieren vor (ČANDEK-POTOKAR et al. 1998; BARBUT et al. 2008). Die Erkrankung gehört dem Symptomkomplex der Belastungsmiopathie des Schweines an. Das prädisponierende Halothangen (HAL-Gen) induziert eine frühe postmortale Erschöpfung der Energiereserven, welche zu Aktivierung der AMP-aktivierten Proteinkinase (AMPK) führt, die die Zellen vor Energiemangel schützt, indem sie energieaufwändige Biosynthesen abschaltet. Die Arbeit der AMPK resultiert in einer beschleunigten Glykolyse und der Entstehung von PSE-Fleisch (SHEN et al. 2007). Die Anwesenheit des HAL-Gens führt somit zu einem gestörten Muskelstoffwechsel sowie zu einer labilen Kreislauf- und Nervenfunktion (LENGERKEN et al. 2007). Während MACLENNAN et al. (1990) einen autosomal rezessiven oder co-dominanten Erbgang der Erkrankung als erwiesen betrachten, beschreiben SATHER et al. (1991) das HAL-Gen bei heterozygoten Tieren als rezessiv unter 80 kg Lebendgewicht und dominant bei über 130 kg schweren Trägern. SELLIER und MONIN (1994) kommen nach entsprechender Literaturstudie zu dem Schluss, dass das verantwortliche HAL-Gen nicht vollständig rezessiv ist, sondern auch bei heterozygoten Tieren abhängig von Schlachtgewicht, Schlachtprozess und prämortalem Stress zu Defiziten in der Fleischqualität führen kann. SEEWALD et al. (1991) hingegen vermuten bei Schweinen der Deutschen Landrasse analog zum Menschen einen autosomal dominant vererbten Gendefekt. Verursacht wird die Empfindlichkeit für maligne Hyperthermie von einem homozygoten Defekt an dem RYR1-Gen auf Chromosom 19, bei dem an Position 1843 ein Cytosin gegen ein Thymin ausgetauscht wird (GIRARD et al. 2004). Dies führt zu einem Ersatz der

Aminosäure Arginin durch Zystein an Position 615 des Ryanodinrezeptors (MACLENNAN 1992). Durch diesen Defekt am Ryanodinrezeptor kommt es zu einer pathologischen Ausschüttung von Calcium aus dem sarkoplasmatischen Reticulum, was einen Anstieg der intrazellulären Calciumionenkonzentration zur Folge hat. Nach Überschreiten der mechanischen Schwelle löst diese eine Dauerkontraktion der Muskulatur aus. FUJI et al. (1991) machen diese Punktmutation verantwortlich für das Auftreten der malignen Hyperthermie bei fünf weitverbreiteten, gut bemuskelten Schweinerassen. THIEMIG et al. (1997) stellten fest, dass schon vor der Schlachtung bei stresslabilen Tieren eine erhöhte Körpertemperatur, verbunden mit einer vermehrten Anhäufung von intramuskulärem Laktat, nachzuweisen ist. Das Laktat entsteht stressbedingt durch anaerobe Glykolyse und führt zu einer acidotischen Belastung der Muskulatur. Die Folgen sind degenerative Veränderungen an Proteinen (RYU et al. 2005), Membranen und komplexen Strukturen wie Kapillaren mit Ausbildung von Ödemen. Der überstürzte Abbau von Glykogen zu Laktat führt zu einer Erhöhung der Muskeltemperatur, die in Extremfällen 45 min post mortem auf über 42,5°C ansteigen kann (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2007). Zusammen mit dem niedrigen pH-Wert führt die Temperatur zu einem Ausfällen der Sarkoplasmaproteine auf die Myofibrillen (LENGERKEN et al. 2007) und zu einem Austritt von Flüssigkeit aus dem Inneren der Muskelzellen (HONIKEL u. SCHWÄGELE). Infolgedessen kommt es zu einer offenen Struktur des Fleisches und einer damit verbundenen Farbaufhellung und Verminderung des Safthaltevermögens (LENGERKEN et al. 2007). Der pH-Wert ist 45 min post mortem niedriger als pH 5,8. Betroffen sind vor allem schnell zuckende Muskeln mit weißem Faserprofil, da sie ein sehr hohes glykolytisches Potenzial besitzen. Beispiele hierfür sind der *M. longissimus dorsi*, *M. biceps femoris*, *M. gluteus medius* oder *M. semimembranosus*. Träger des defekten HAL-Gens lassen sich mittels Halothanexposition identifizieren. Hierbei zeigen erkrankte Tiere, ausgelöst durch das Narkosegas, Symptome des porzinen Stresssyndroms, während gesunde Tiere die Narkose unbeschadet überstehen. Mittlerweile können allerdings sowohl homozygote als auch heterozygote Träger des HAL-Gens mittels Genanalyse von gesunden Tieren unterschieden werden (SELLIER u. MONIN 1994).

2.3.5.2 DFD-Fleisch

Unter DFD-Fleisch (DFD = dark, firm, dry) versteht man trockenes, dunkelrotes Fleisch mit leimig-zäher Beschaffenheit. Ursache dafür sind längerfristige Belastungen vor der Schlachtung, z. B. durch Transportstress oder Rangordnungskämpfe. Durch diese Belastungen werden Katecholamine ausgeschüttet, die in Verbindung mit körperlicher Belastung, begünstigt durch Transport in nüchternem Zustand, zu einer Glykogenverarmung der Muskulatur führen (LENGERKEN et al. 2007). Dadurch sind die Energiereserven zum Zeitpunkt der Schlachtung erschöpft (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2007). Nach dem Tod des Tieres befindet sich kaum noch Glykogen im Muskel, da der Abbau stressbedingt schon *ante mortem* stattgefunden hat. Die Umwandlung von Glykogen in Milchsäure kann daher nur noch in sehr geringem Umfang stattfinden und infolgedessen kommt es nur zu einem geringen Abfall des pH-Wertes in der Muskulatur auf einen End-pH von mehr als 6,2 in einer Zeit von höchstens 8 h (LENGERKEN et al. 2007). JOO et al. (1999) verglichen Proben der Qualitäten PSE, RSE (Reddish-pink, soft, exudative), RFN (Reddish-pink, firm, non-exudative) und DFD miteinander und stellten fest, dass das DFD-Fleisch die dunkelste Farbe, den höchsten End-PH und den niedrigsten Tropfsaftverlust aller genannten Proben besitzt. Aufgrund einer erhöhten Wasseraufnahmekapazität eignet sich DFD-Fleisch besonders zur Herstellung von Brühwurst. Allerdings muss der durch den hohen pH-Wert schnellere Verderb des Fleisches berücksichtigt werden. Prädisponiert für die Entwicklung einer DFD-Qualität sind vor allem die langsam zuckenden Muskeln mit rotem Fasertypenprofil, da sie in ihrer Funktionsweise entsprechendes niedriges glykolytisches Potenzial aufweisen. In diese Kategorie fallen z. B. einige Muskeln der distalen Gliedmaßenbereiche, Muskeln der Nackenregion oder auch die laterale Schulterblattmuskulatur (LENGERKEN et al. 2007).

2.3.5.3 Hampshire-Faktor

Die als „Hampshire-Faktor“ oder „acid-meat-condition“ bezeichnete Fleischbeschaffenheit wird durch das dominante RN⁻-Gen verursacht und findet sich nur bei Schweinen mit Genanteilen der Rasse Hampshire (HONIKEL u. SCHWÄGELE 2007). Das Fleisch weist ein vermindertes Wasserbindungsvermögen und damit verbundene schlechtere technologische Eigenschaften auf. Der Proteingehalt der Muskulatur erkrankter Tiere ist um 1% erniedrigt (SELLIER u. MONIN 1994) und der Lipidgehalt ist erhöht (MONIN et al. 1986). Das Fleisch ist in frischem Zustand dunkler und weniger wässrig als PSE-Fleisch (MONIN u. SELLIER 1985). Der Reflexionswert ist im Gegensatz zu normalem Fleisch erhöht (LUNDSTRÖM et al. 1996). Charakteristisch für diese Veränderung ist, dass die Fleischreifung während der ersten drei Stunden nach der Schlachtung normal verläuft, danach jedoch der pH-Wert stark abfällt und 24 h *post mortem* Werte erreicht, die unter denen von PSE-Fleisch liegen. Die Ursache hierfür liegt nach HONIKEL u. SCHWÄGELE (2007) in einem genetisch bedingten, erhöhten glykolytischen Potential der betreffenden Muskulatur zum Zeitpunkt der Schlachtung. Prädisponiert für die Erkrankung ist Muskulatur mit weißem Faserprofil (SELLIER u. MONIN 1994). Sie enthält mehr Glykogen als Muskulatur mit rotem Faserprofil, welches dann postmortal zu Laktat abgebaut wird und damit zum Abfall des pH-Wertes führt. VAN LAACK u. KAUFFMANN (1999) geben einen Laktatwert von mehr als 180 µmol / g Muskelfleisch 24 h *post mortem* als Indikator für das Vorhandensein des RN⁻-Gens an. Für die fleischverarbeitende Industrie ist es von Interesse, Tiere mit dem Hampshire-Faktor so früh wie möglich nach der Schlachtung zu identifizieren, da sich das Fleisch für die Herstellung bestimmter Produkte, wie z.B. Kochschinken, nicht gut eignet. JOSELL et al. (2000) entwickelten eine Methode, betroffene Tiere schon 30 min *post mortem* zu identifizieren, indem sie entsprechende Muskelproben anhand der Nah-Infrarot-Spektroskopie untersuchten.

2.3.5.4 RSE, RFN und PFN-Fleisch

Die Einteilung des Fleisches in die Kategorien normal, PSE und DFD lässt sich um die Qualitäten RSE (reddish-pink, soft and exudative), RFN (red, firm and non-exudative) sowie PFN (pale, firm and non-exudative) erweitern. Der Klasse RSE wird besondere Bedeutung beigemessen, da dieses Fleisch oft als Fleisch normaler Qualität eingestuft wird, jedoch einen hohen Saftverlust aufweist. CHEAH et al. (1998) stufen nach entsprechenden Versuchen den Tropfsaftverlust von $\geq 7\%$ bei RSE-Fleisch etwa doppelt so hoch ein wie den von RFN-Fleisch, während die Farbe der Proben keine Auffälligkeiten zeigt. Der pH-Wert der RSE-Qualitäten ist signifikant niedriger als der normalen Fleisches. Während PSE-Fleisch von homozygoten Trägern des HAL-Gens die höchste Glykolysegeschwindigkeit und die schlechteste Wasserhaltekapazität aufweist, zeigen Tiere mit normalem RFN-Fleisch die niedrigste Glykolysegeschwindigkeit und die beste Wasserhaltekapazität. Fleisch mit dem Merkmal RSE nimmt in Bezug auf die Glykolysegeschwindigkeit und die Wasserhaltekapazität eine mittlere Stellung zwischen den beiden erstgenannten Qualitäten ein. RYU u. KIM (2006) untersuchten Fleischproben unterschiedlicher Qualitäten im Hinblick auf ihre Glykolyserate und ihren Anteil an Typ II b-Muskelfasern und stellten fest, dass die schnell glykolysierenden Qualitäten PSE und RSE den höchsten Anteil an Typ II b-Fasern besitzen, während RFN-Fleisch eine normale Glykolysegeschwindigkeit und einen mittleren Anteil an Typ II b-Fasern aufweist. Das Schlusslicht bildet DFD-Fleisch mit dem geringsten Teil an Typ II b-Fasern. Die Ursache für die Ausbildung dieser Eigenschaften ist unbekannt. CHEAH et al. (1998) kommen nach entsprechenden Versuchen zu der Erkenntnis, dass sich RSE-Fleisch sowohl von reinerbig gesunden Tieren als auch von heterozygoten Trägern des HAL-Gens gewinnen lässt. Sie schließen nicht aus, dass die Eigenschaft RSE möglicherweise einer genetischen Determination zugeschrieben werden kann. WARNER et al. (1997) führten Messungen der sarkoplasmatischen und myofibrillären Proteinlöslichkeit sowie der Denaturierung des Myosins durch und kommen zu dem Schluss, dass die Denaturierung des Muskelproteins bei RSE-Proben im Gegensatz zu PSE-Fleisch minimal ist und daher nicht für das geringe

Wasserhaltevermögen verantwortlich sein kann. Vielmehr nehmen sie an, dass die Ursache für das Entstehen von RSE-Fleisch ein erniedrigter pH-Wert in Verbindung mit einer Ausfällung der Phosphorylase und Creatinkinase auf die Myofibrillen ist und stellen damit einen Zusammenhang mit dem Hampshire-Faktor her. VAN LAACK und KAUFFMANN (1999) hingegen führten 24 h post mortem Messungen des Laktatwertes von Muskelproben der Qualitäten PSE, RSE und RFN durch, um auf das glykolytische Potential der betreffenden Probe schließen zu können. Ausgehend von der Hypothese, dass die Anwesenheit des den Hampshire-Faktor verursachenden RN⁻Gens erst bei einem glykolytischen Potential von mehr als 180 µmol Laktat pro g Muskelfleisch als gesichert gilt, stellten sie fest, dass das Auftreten des Merkmals RSE unabhängig von der Anwesenheit des RN⁻Gens sein muss, da die untersuchten Proben der Qualität RSE lediglich durchschnittlich 137 µmol Laktat pro g Muskelfleisch aufwiesen. CHEAH et al. (1998) führten bei lebenden Schweinen Biopsien des *M. longissimus dorsi* durch und teilten anhand des pH-Wertes und der Wasserhaltekapazität der Stanzproben die voraussichtliche Fleischqualität in RFN-, RSE- und PSE-Fleisch ein. Etwa drei Wochen später wurden die Tiere geschlachtet und die Fleischqualität wurde abermals durch die Messung des pH-Wertes, der Wasserhaltekapazität und der Farbe überprüft. Es zeigten sich hohe Übereinstimmungen zwischen der prämortalen und der postmortalen Diagnostik. Drei der Schweine, die aufgrund ihrer Muskelbiopsien als RFN eingestuft wurden, erlitten während der Schlachtung aufgrund unzureichenden Managements vermehrten Stress und zeigten daraufhin postmortal Fleisch von RSE-Qualität. Daraus schließen die Wissenschaftler, dass es einen kausalen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von RSE-Fleisch und dem Handling gibt und folgern, dass das Fleischqualitätsmerkmal RSE einerseits durch genetische Disposition, andererseits aber auch durch falsche Behandlung der Tiere während der Schlachtung verursacht werden kann.

2.4 Ausgewählte Methoden zur Untersuchung der Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung

2.4.1 Physikalische Methoden

2.4.1.1 Amtliche Fleischuntersuchung

Die erste Untersuchung des Schlachtkörpers erfolgt während der amtlichen Fleischuntersuchung etwa eine halbe Stunde *post mortem*. Hier werden durch *Adspektion*, *Palpation* und *Inzision* eventuelle Veränderungen festgestellt und beseitigt. Diese Methode beruht jedoch nicht auf der objektiven Messung von Fakten, sondern ist im Rahmen der aktuellen Gesetzgebung vom Ermessen des Untersuchers abhängig und somit schlecht standardisierbar.

2.4.1.2 Klassifizierung

Ungefähr eine dreiviertel Stunde *post mortem* werden die Tierkörper klassifiziert, wobei Gewicht, Magerfleischanteil, Reflexionswert, Speckmaß und Fleischmaß apparativ erfasst werden. Diese Methode liefert in der Regel vergleichbare Werte, obwohl auch hier aufgrund unterschiedlicher oder falsch geeichter Messgeräte bzw. nicht genau identischer Messstellen voneinander abweichende Ergebnisse gewonnen werden können. Zur exakten Beurteilung von Fleischqualität und Fleischreifung sind weiterführende, über die grobsinnliche Fleischuntersuchung und die Klassifizierung hinausgehende Messungen notwendig.

2.4.1.3 Bestimmung des pH-Wertes und der Temperatur

Der Terminus pH-Wert leitet sich von dem lateinischen Begriff „*potentia hydrogenii*“ ab (BROCKHAUS 2007) und ist ein Maß für den negativen dekadischen Logarithmus

der molalen Wasserstoffionenkonzentration in mol / kg H₂O (SILBERNAGEL u. DESPOPOULUS 1991). Er wird gemäß den Bestimmungen der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren § 64 LFGB Nummer L 06.00 – 2 mit einem geeichten pH-Meter gemessen. Der pH-Wert im lebenden Muskel beträgt bei allen Tierarten pH 7,0 und fällt beim Schwein bei Vorliegen einer normalen Fleischqualität innerhalb von 24 h nach der Schlachtung auf einen End-pH von 5,4 bis 5,6 ab (ANONYM 2002). Die Messung der Temperatur von Fleischproben kann mit der Messung des pH-Wertes kombiniert werden, indem ein an das pH-Meter angeschlossener Temperaturfühler in das Untersuchungsgut eingestochen wird. Die Ablesung der Temperatur in ° C erfolgt nach Erreichen der Anzeige Konstanz auf dem Display des pH-Meters.

2.4.1.4 Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit

Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit erfolgt mit einem speziell hierfür konzipierten Gerät mit zwei Messspitzen, die in die zu untersuchende Probe eingestochen werden. Die Methode basiert auf der Tatsache, dass ein Konzentrationsgefälle zwischen der intrazellulären und der extrazellulären Ionenkonzentration vorliegt. Im intakten Muskel ist ein Konzentrationsausgleich via Osmose durch die Membranen hindurch nicht ohne Weiteres möglich, da dieses durch aktive Transportmechanismen verhindert wird. Beim Anlegen einer Spannung gelangen die im Extrazellulärraum befindlichen Kationen zur Kathode und die Anionen zur Anode, der Fluss der intrazellulär befindlichen Ionen wird jedoch durch die Lipiddoppelschicht der Zellmembranen verhindert. Die Leitfähigkeit des intakten Muskels *in vivo* ist daher gering (HONIKEL 2007). Nach der Schlachtung beginnen sich die geordneten Strukturen der Zellmembranen durch Faktoren wie Temperaturerhöhung und Abfall des pH-Wertes bzw. Muskelkontraktion und Schrumpfung (BERTRAM et al. 2004) mehr oder weniger schnell aufzulösen, so dass ein zunehmender Konzentrationsausgleich zwischen Intrazellulärraum und Extrazellulärraum möglich wird. Als Folge steigt die Leitfähigkeit an. Ein schneller

Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit ist z. B. bei PSE-Fleisch zu erwarten, da die durch die überstürzte Glykolyse erhöhte postmortale Temperatur eine schnellere Denaturierung der Zellmembranen bewirkt. Während der Anstieg der Leitfähigkeit bei normalem Muskelfleisch verhältnismäßig langsam vonstatten geht, kommt es bei Vorliegen von PSE-Fleisch schon nach 1,5 bis 2 h zu einer wesentlichen Erhöhung der Leitfähigkeit (HONIKEL 2007).

2.4.1.5 Bestimmung des Wasserbindungsvermögens

Das Wasserbindungsvermögen wird charakterisiert durch den Anteil des Wassers, der unter bestimmten physikalischen Gegebenheiten wie z. B. Druck oder Temperatur aus Fleisch nicht austritt. Im Muskel liegt das Wasser auf verschiedene Arten gebunden vor. Das fest gebundene Wasser hat im Muskelfleisch nur einen Anteil von 0,5 %. Es ist an hydrophile Proteine gekoppelt und bildet beim Einfrieren keine Eiskristalle. Das immobilisierte Wasser hingegen macht 80-90 % des im Muskel befindlichen Wassers aus und wird durch schwache Kräfte wie z. B. Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Proteinfäden der fibrillären Eiweiße gehalten. Das restliche Wasser wird als freies Wasser bezeichnet und befindet sich im Sarkoplasma (HONIKEL 2007). Das Wasserbindungsvermögen eines Muskels wird im Wesentlichen davon bestimmt, wieviel immobilisiertes Wasser von den myofibrillären Proteinen im Fleisch festgehalten werden kann. Diese Kapazität ist abhängig vom pH-Wert. Der isoelektrische Punkt der Proteine befindet sich bei pH 5,3. Hier ist die fibrilläre Struktur am dichtesten, es kann also nicht viel Wasser zwischen den Proteinen festgehalten werden. Oberhalb bzw. unterhalb des isoelektrischen Punktes nimmt die Dichte durch Quellung ab und das Wasserbindungsvermögen steigt (HONIKEL 2007). Umgekehrt lässt sich daraus schließen, dass mit abnehmendem pH-Wert *post mortem* durch die Schrumpfung der Myofibrillen der Wasserverlust steigt (OFFER u. COUSINS 1992). Daher weist DFD-Fleisch mit einem pH-Wert von mehr als pH 6,2 ein sehr gutes Wasserbindungsvermögen auf, während PSE-Fleisch mit einem pH-Wert nahe des

isoelektrischen Punktes ein schlechtes Wasserbindungsvermögen zeigt. Dazu kommt, dass durch die hohen postmortalen Temperaturen bei PSE-Fleisch eine Denaturierung der Proteine einsetzt, die zusätzlich zu einer verminderten Wasserbindungskapazität führt. HUFF-LONERGAN und LONERGAN (2007) machen nicht allein die Denaturierung der Proteine für eine Verminderung des Wasserbindungsvermögens verantwortlich, sondern gehen darüber hinaus davon aus, dass der sinkende pH-Wert einen direkten Effekt auf das Calpainsystem des Muskels hat, welches die Wasserbindungskapazität beeinflusst. Das Wasserbindungsvermögen kann unter Verwendung verschiedener Methoden bestimmt werden, die allerdings unterschiedlich miteinander korrelieren. Beispiele hierfür sind die Bestimmung des Tropfsaftverlustes, des Zentrifugierverlustes, das Kapillarmeter, der Grillverlust, der Bratverlust und die Filterpapierpressmethode nach Grau und Hamm. Da die Filterpapierpressmethode das in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift Fleischhygiene genannte Referenzverfahren ist, soll sie in dieser Arbeit verwendet werden. Prinzipiell wird dabei eine Fleischprobe von 0,3 g auf ein Filterpapier mit einer definierten Saugfähigkeit verbracht und zwischen zwei Plexiglasplatten bei einem bestimmten Druck fünf Minuten lang in einem Braunschweiger Gerät gepresst. Danach werden die Größe der Fleischfläche und der Gesamtfläche mittels Kreisschablone bestimmt und der Quotient aus beiden Größen ermittelt. Bei Schweinefleisch spricht ein Quotient von $\leq 0,5$ 1 h *p. m.* bzw. $\leq 0,4$ 24 h *p. m.* für ein reduziertes Wasserbindungsvermögen, ein Quotient zwischen 0,5 und 0,64 1 h *p. m.* bzw. zwischen 0,4 und 0,64 24 h *p. m.* für eine normale Fleischqualität und ein Quotient von $\geq 0,72$ 1 bzw. 24 h *p. m.* für ein erhöhtes Wasserbindungsvermögen (SPERNER 2005).

2.4.1.6 Physikalische Messung der Farbe

Die Farbe des Fleisches stellt ein entscheidendes Kaufkriterium beim Verbraucher dar. In Ermangelung objektiver Messmethoden zur Überprüfung der Frische des angebotenen Fleisches beim Händler, wird der Faktor Farbe als wesentliches Merkmal zur Beurteilung der Ware herangezogen. In einer Studie von BRANSCHIED

(2008) wurde die Farbe mit immerhin 23 % als entscheidendes Auswahlkriterium beim Kauf von Fleisch genannt. Daher ist es von Interesse, bei der Herstellung von Fleisch und Fleischwaren auf eine optimale Farbgebung zu achten und dieses unter Verwendung geeigneter Messgeräte zu überprüfen. Die Farbe des Fleisches wird durch ihren Myoglobingehalt bestimmt. Das Myoglobin ist ein monomeres Protein mit einem farbgebenden Porphyrinring, dem Häm. Das zentrale Eisenion in dem Häm stellt ein Sauerstoffreservoir des Muskels dar, da es in der Lage ist, Sauerstoff zu binden (HONIKEL 2007). Dies führt dazu, dass stark beanspruchte Muskulatur bzw. Muskulatur von Fluchttieren aufgrund ihres vermehrten Myoglobingehaltes eine rottere Farbe besitzt als weniger beanspruchte Muskulatur oder Muskulatur von Tieren, die dem Feind durch Angriff begegnen. Im lebenden Muskel besteht ein Gleichgewicht zwischen sauerstoffbeladenem Oxymyoglobin (MbO_2) und Myoglobin ohne Sauerstoff (Mb), abhängig von momentanem Sauerstoffverbrauch und Sauerstoffbereitstellung durch die Blutversorgung. Oxymyoglobin weist eine hellrote Farbe auf, während Myoglobin ohne Sauerstoff etwas dunkler ist. Bei beiden Formen des Myoglobins liegt das zentrale Eisenion in zweiwertiger Form vor. Bei niedrigem Sauerstoffpartialdruck, wie es z. B. im Muskel nach der Schlachtung oder bei verpacktem Fleisch der Fall ist, wird das zweiwertige Eisenion des Oxymyoglobins zu einem dreiwertigen Eisenion oxidiert und Metmyoglobin entsteht. Es hat eine braunrote Farbe. Die Reaktion ist bei Vorhandensein von Metmyoglobin-Reduktase reversibel, ihre Aktivität verringert sich jedoch mit zunehmender Dauer der Fleischlagerung (ZHU u. BREWER 1998). Eine weitere Variante ist die Bindung schwefelhaltiger Verbindungen an das Myoglobin, was zu einer grünlichen Farbe führt und den beginnenden Verderb signalisiert (HONIKEL 2007). Der Myoglobingehalt im lebenden Muskel variiert abhängig von Alter, Tierart, Ernährung (HONIKEL 1998) und Lokalisation des Muskels im Tierkörper. NEWCOM et al. (2004) konnten nachweisen, dass der Myoglobingehalt des Muskels auch rassespezifisch unterschiedlich und damit erblich bedingt ist. Er ist bei Jungtieren geringer und erreicht mit Beginn der Geschlechtsreife sein Maximum. Auch Vorgänge im Zusammenhang mit der Schlachtung verändern die Muskelfarbe. Bei PSE-Fleisch ist sie hell durch Inaktivierung sauerstoffverbrauchender Enzyme und

Denaturierung der Myoglobinmoleküle (LINDAHL et al. 2006), während sie beim DFD-Fleisch durch Quellung und verbesserte Bindung des Sauerstoffs an die Myoglobinmoleküle roter erscheint (HONIKEL 2007). LINDAHL et al. (2001) untersuchten verschiedene Schweinerassen in Hinblick auf ihre Fleischfarbe und fanden heraus, dass sie abhängig von pH-Wert, Oxidationszustand des Myoglobins und Pigmentgehalt variiert. ROSENVOLD u. ANDERSEN (2003) machen weniger den unterschiedlichen frühpostmortalen pH-Wert als vielmehr prämortale Stressfaktoren und als Folge davon hohe Temperaturen im Schlachttierkörper verantwortlich für Farbgebung und Farbstabilität des Fleisches. Bei Fleisch, das aus Trägern des Hampshire-Gens gewonnen wird, verändert sich die Farbe während der Lagerung unter dem Einfluss des Luftsauerstoffs nicht (LINDAHL et al. 2006). Um die Farbe des Fleisches objektiv beurteilen zu können, wurde weltweit das $L^*a^*b^*$ -System von Cielab eingeführt. Hierbei gibt der L^* -Wert die Helligkeit des Fleisches an ($L = 0$ bedeutet schwarz, $L = 100$ bedeutet reinweiß), der a^* -Wert ist ein Maß für den rot-grün-Bereich und der b^* -Wert gibt die Stellung in einer gelb-blau-Skala an. Zur Messung der $L^*a^*b^*$ -Werte sind verschiedene Geräte auf dem Markt erhältlich, die sich durch die Art der Lichtquelle, den Einfallswinkel des Lichtes auf die zu messende Oberfläche und den Messwinkel des Fleisches unterscheiden. Um standardisierte Bedingungen zu schaffen, soll eine frische Anschnittfläche des zu messenden Fleisches eine Stunde lang dem Luftsauerstoff ausgesetzt sein und dabei möglichst von einer wasserundurchlässigen aber sauerstoffdurchlässigen Folie bedeckt sein, um eine Austrocknung zu verhindern. Die Lagertemperatur während dieser Zeit soll nicht mehr als 4 °C betragen (HONIKEL 2007). Vor der Messung muss das Gerät kalibriert werden. Dies erfolgt bei Schweinefleisch in der Regel nur mit einem Weißstandard, da die Messung der Helligkeit beim Schwein die zuverlässigsten Werte ergibt und in der Regel ausreichend ist (HONIKEL 2007). Soll außerdem der Farbton gemessen werden, muss auch er mit einer Farbkachel kalibriert werden. Ein L^* -Wert von weniger als 35 spricht für das Vorliegen von DFD-Fleisch, während ein L^* -Wert von mehr als 50 für eine PSE-Qualität spricht (HONIKEL 2007). BREWER et al. (2000) verglichen instrumentell gemessene $L^*a^*b^*$ -

Werte mit einer rein visuellen Einschätzung und stellten fest, dass die L*-Werte am besten korrelieren.

2.4.2 Chemische Methoden

Eine quantitative und qualitative Bestimmung der Inhaltsstoffe von Fleisch kann durch eine chemische Vollanalyse nach den Maßgaben der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren § 64 LFGB erfolgen. Hierbei werden die Parameter Trockensubstanz, Asche, intramuskulärer Fettgehalt, Gesamtproteingehalt und Hydroxyprolin anhand chemischer Untersuchungsverfahren bestimmt.

2.5 Schweinerassen

2.5.1 Abstammung der Schweine

Alle heutzutage genutzten Schweinerassen sind Säugetiere (*Mammalia*) der Unterklasse höhere Säugetiere oder Plazentatiere (*Eutheria*) aus der Gruppe der Huftiere (*Ungulata*). Sie gehören der Ordnung der Paarhufer (*Artiodactyla*) und der Unterordnung der Schweineartigen (*Suoidea*) an (STORCH u. WELSCH 1993). Diese wiederum gliedert sich in die Familien der „Altweltschweine“ oder echten Schweine (*Suidae*) und der „Neuweltschweine“ oder unechten Schweine (Nabelschweine, *Tayassuidae*). Nach BROCKHAUS (1984) umfasst die Familie der echten Schweine fünf Gattungen:

1. Wildschwein (*Sus*)
2. Buschwein oder Höckerschwein (*Potamochoerus*)
3. Riesenwaldschwein (*Hylochoerus*)
4. Warzenschwein (*Phacochoerus*)
5. Hirscheber (*Barbyrousa*)

Von diesen fünf Gattungen wurden lediglich Vertreter der Gattung *Sus* domestiziert und bilden somit die Vorfahren unserer heutigen Hausschweine. Während man früher von einer polyphyletischen Abstammung der Hausschweine ausging, gilt es heute als gesichert, dass es ursprünglich nur eine Stammform gab, die aufgrund unterschiedlicher regionaler Verhältnisse mehrere Varietäten aufwies (COMBERG 1984). KÜNZI u. STRANZIGER (1993) machen zwei dieser Varietäten hauptverantwortlich für das Entstehen unserer heutigen Schweinerassen: das Europäische Wildschwein und das Asiatische Wildschwein. Während man früher annahm, dass dem so genannten Mittelmeerschwein (*Sus mediterranus*) eine weitere Wildform zugrunde lag, die Einfluss auf die Entwicklung unserer Hausschweine hatte, geht man heute davon aus, dass dieses Mittelmeerschwein schon eine Kreuzung aus Asiatischem und Europäischem Wildschwein war (COMBERG 1984).

Das Europäische Wildschwein besiedelt ganz Europa, West- und Zentralasien sowie Nordafrika. Es hat einen langgestreckten Schädel mit langen, schmalen Tränenbeinen, fast geradem seitlichem Gesichtsprofil und breiten, kurzen Stehohren. Das Tier ist hochbeinig, flachrippig und spätreif (COMBERG 1984). Es besitzt eine schlechte Mastfähigkeit, ist jedoch fruchtbar und widerstandsfähig. Speck und Fleisch besitzen einen ausgezeichneten Geschmack (KÜNZI u. STRANZIGER 1993).

Die Urform des Asiatischen Wildschweines ist ausgestorben, es lassen sich jedoch Lokalformen dieses Typs nachweisen, die heute als eigene Wildformen vorhanden sind und im mittel- und ostasiatischen Festland mit China, Japan, Indien und den anschließenden Inseln vorkommen (COMBERG 1984). Diese *Vittatus*-Typen sind schwarzbraun mit heller Schattierung oder grau mit dunkler Schattierung. Bauch, Füße und manchmal auch die Kehle sind weiß, deshalb werden sie auch als asiatisches Bindenschwein bezeichnet. Sie haben einen breiten Schädel mit kurzem Rüssel und fast quadratischen Tränenbeinen. Die Stirn ist aufgerichtet und die Nasenwurzel eingeknickt. Es kommen kleine, kurzohrige und große, schlappohrige

Tiere vor. Sie sind tiefer und gedrungener als die Europäische Form und haben stark gewölbte Rippen (COMBERG 1984). Fruchtbarkeit und Widerstandsfähigkeit sind gering, dafür sind die Tiere jedoch frühreif und besitzen eine gute Mastfähigkeit. Fleisch und Speck haben einen weniger guten Geschmack als beim Europäischen Wildschwein (KÜNZI u. STRANZIGER 1993).

Über die Domestikation der Schweine in der geschichtlichen Frühzeit ist wenig bekannt, nach Dettweiler et. al (1924) finden sich aber schon etwa 2000 v. Chr. Knochenfunde von Schweinen, die die Kelten und Germanen auf ihren Wanderungen mitbrachten. Es handelte sich dabei um großwüchsige, weiße oder schwarze Schweine mit allen Zwischenfarben und großen Schlappohren. Nach der letzten großen Völkerwanderung und dem Abzug der Germanen besiedelten die Slawen, aus dem Osten kommend, nun die ehemals germanischen Gebiete und brachten zum einen das großohrige, keltisch-germanische Schwein und zum anderen aber ein kurzohriges Schwein mit. Die Schweinezucht zu Beginn des 19. Jahrhunderts bestand sowohl in England als auch in Deutschland aus uneinheitlichen Typen des großen Marschschweins, das auf keltisch-germanische Schläge zurückzuführen ist. Es kamen auch Kreuzungen mit den spitzohrigen, slawischen Schweinen vor. Mit zunehmender Optimierung der Landwirtschaft begann man gegen 1800 zunächst in England, chinesische und siamesische Schweine einzuführen. KRÜGER (1961) beschreibt die damalige Entwicklung der Schweinezucht wie folgt: „Bakewell, Mason, Colling und Tuley erzüchteten aus den Kreuzungen durch systematische Kombinationen, Auslese, Reinzucht, Inzucht, z. T. vom Zufall unterstützt, eine Reihe von Rassen, die in der ganzen Welt Verbreitung fanden, diese Neuzüchtungen mit besonderer Frühreife, Schnellwüchsigkeit, mit großen Zunahmen, breit, tief, tonnig, gehören seitdem zur Grundlage jeder Zucht“. Die eingeführten Tiere bewährten sich in Reinzucht nicht, ihr Wert lag jedoch in der Kreuzung mit den einheimischen Schlägen. Es entwickelten sich verschiedene Schweinerassen mit mehr oder weniger asiatischem Blut, bei deren Zucht man die Vorteile der einheimischen Tiere mit den Vorteilen der eingeführten Schweine zu vereinen versuchte. 1820 wird die Einführung chinesischer Schweine nach

Deutschland durch König Wilhelm I. beschrieben, von denen man sich eine erste Verbesserung der Landrasse erhoffte. Später verwandte man die mittlerweile schon durchgezüchteten englischen Rassen, um sie in bestehende deutsche Landrassen einzukreuzen und damit den Grundstein für eine erfolgreiche Zucht unterschiedlicher Rassen zu legen.

2.5.2 Buntes Bentheimer Schwein

Das Bunte Bentheimer Schwein ist ein mittelgroßes Schwein im Landschweintyp mit heller Grundfarbe und schwarzen Flecken. Es gilt als kräftig, robust, langlebig, frühreif und stressunempfindlich bei gutem Aufzuchtvermögen und zufriedenstellender Futtermittelverwertung. Anfang des 20. Jahrhunderts war das Bunte Bentheimer Schwein eine vor allem in Niedersachsen weit verbreitete Rasse, die ursprünglich durch Einkreuzungen von Berkshire- und Cornwallschweinen in Landschweine entstanden ist (SAMBRAUS 2001). Die Rasse erfreute sich nicht zuletzt wegen ihrer auffälligen Farbe großer Beliebtheit bei den Bäuerinnen, in deren Obhut die Schweinezucht sich vor 1930 befand (SCHRÖDER 1997). 1950 wurde dann der Verein der „Züchter des schwarzweißen Bentheimer Schweines“ gegründet (SAMBRAUS 2001) und die Landkreise Bentheim und Cloppenburg wurden für die Züchtung des Bunten Bentheimer Schweines freigegeben. Aufgrund des noch sehr heterogenen Tiermaterials entschloss man sich, Schwäbisch Hällische Schweine und Angler Sattelschweine zur Verbesserung der Rasse einzukreuzen (SAMBRAUS 1999). 150 nichtgekörte Eber erhielten zunächst eine Deckerlaubnis, bis 1955 nach einer zweiten Prüfung des Tiermaterials durch die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft bei der Oldenburgischen Schweinezüchtungsgesellschaft und bei der Schweinezüchtervereinigung Osnabrück-Emsland Herdbuchabteilungen für das Bunte Bentheimer Schwein eingerichtet wurden (SCHRÖDER 1997). Allerdings gab es schon wenige Jahre später Absatzprobleme, weil sich das Verbraucherverhalten änderte und das fettreiche Bentheimer Schwein dem neuen Trend nach magerem Schweinefleisch nicht entsprach. Die daraufhin

vorgenommene Einkreuzung von Pietrainschweinen brachte nicht den gewünschten Erfolg (SAMBRAUS 1999) und 1964 wurde die Herdbuchzucht eingestellt. Das Überleben der Rasse ist dem Engagement eines einzigen Landwirts zu verdanken, der an der Zucht des Bunten Bentheimer Schweines festhielt. Im Jahre 1987 wurde an der Universität Göttingen die genetische Verwandtschaft des Bunten Bentheimer Schweines mit anderen Schweinerassen untersucht und festgestellt, dass die Verwandtschaftsbeziehungen zu anderen Rassen gering sind (SAMBRAUS 1999). Seit 1988 wird das Bunte Bentheimer Schwein wieder herdbuchmäßig erfasst. Mittlerweile ist der Bestand wieder auf 219 Sauen und 72 Eber angewachsen (ZDS 2008), dennoch wird es auf der Roten Liste der Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen (GEH 1997) weiterhin als „extrem gefährdet“ eingestuft. Da die Niedersächsische Erzeugergemeinschaft für Zuchtschweine eG, der bis dato die Zuchtbuchführung des Bunten Bentheimer Schweines oblag, zum 30.06.2008 ihren Betrieb einstellte, stellte der Verein zur Erhaltung des Bunten Bentheimer Schweines e.V. einen Antrag auf Gründung und Anerkennung einer bundesweiten Züchtervereinigung, die als „ZV Nordschwein e.V.“ das bundesweite Zuchtbuch für das Bunte Bentheimer Schwein fortführen wird (VEREIN ZUR ERHALTUNG DES BUNTEN BENTHEIMER SCHWEINES E.V. 2008).

Das Fleisch des Bunten Bentheimer Schweines ist gut marmoriert und von einer dicken Speckschicht überzogen. Der hohe Fettanteil ist verantwortlich für einen kräftigen Geschmack und saftiges Fleisch (SLOW FOOD DEUTSCHLAND E.V. 2007). Das Bunte Bentheimer Schwein ist ausschließlich halothan-negativ und vermag Fehlentwicklungen in der Schweinezucht zu korrigieren (SAMBRAUS 1999).

2.5.3 Angler Sattelschwein

Das Angler Sattelschwein ist ein großrahmiges, tiefrumpfiges, schwarzes Schwein mit Schlappohren und einem weißen Gürtel über der Vorhand (SAMBRAUS 2001). Es gilt als robust und frohwüchsig mit hoher Fruchtbarkeit und guten

Muttereigenschaften. Das Angler Sattelschwein entstand gegen 1920 aus der in Angeln verbreiteten schwarzweißen Landrasse durch Einkreuzung von Wessex Saddlebackschweinen aus Großbritannien, von denen man sich erhoffte, dass sie ihre Frohwüchsigkeit und ihre höhere Anzahl an Ferkeln an die Nachkommen weitervererben würden. Das Konzept bewährte sich und 1929 wurde der „Verein zur Zucht des Angler Sattelschweins“ gegründet (IVERSEN 1997). Gute Muttereigenschaften, Anspruchslosigkeit und gute Weidefähigkeit machten das Angler Sattelschwein beliebt. In Ermangelung von Möglichkeiten der Einfuhr englischer Tiere während des 2. Weltkrieges, wurden Schwäbisch Hällische Eber zur Verbesserung der Zucht und zur Vermeidung von Inzucht eingesetzt (SAMBRAUS 1999). Nach dem 2. Weltkrieg galt das Angler Sattelschwein als die in Schleswig-Holstein am weitesten verbreitete Schweinerasse (IVERSEN 1997). Schon in den fünfziger Jahren jedoch verloren die fettreichen Angler Sattelschweine Schweine an Popularität, da der Markt nun verstärkt ein Schwein mit hohem Muskelfleischanteil und geringer Fettauflage nachfragte. Um diesem Ziel gerecht zu werden, wurden zwei Eber der Holländischen Landrasse in Kombinationskreuzung mit Angler Sattelschweinen verpaart. Da es nicht gelang, dem Angler Sattelschwein mit dieser Maßnahme einen starken Rückenmuskel und eine gute Schinkenform anzuzüchten, entschied man sich 1960 zum Import von belgischen Pietrainschweinen (SAMBRAUS 1999). Der Verband wurde neu strukturiert und durch die Einkreuzungen verbesserten sich Fleisch-Fett-Verhältnis, Schinkenform und Rückenmuskelfläche der Kreuzungstiere, dennoch verlor die Zucht des Angler Sattelschweines zunehmend an Bedeutung. In den achtziger Jahren bestand die Angler Sattelschweinzucht nur mehr aus wenigen, zumeist miteinander verwandten Sauen, die noch von einigen Landwirten gehalten wurden. Zur Besamung wurde der jeweilige Eber der Besamungsstation eingesetzt. 1992 wurden zur Blutauffrischung von der ehemaligen LPG Hirschfeld in Sachsen 50 Sattelschweinsauen und 4 Eber gekauft, die dort als Genreserve gehalten wurden (IVERSEN 1997). 1996 erfolgte die Gründung des „Förderverein Angler Sattelschwein e.V.“, der es sich zur Aufgabe gemacht hat, die Zuchtarbeit zu koordinieren und die Rasse wieder ins Licht der Öffentlichkeit zu rücken. Die Population eingetragener Herdbuchtiere umfasste 2007

nach Angaben des ZDS (2008) 44 Eber und 182 Sauen. Auf der Roten Liste der GEH (1997) wird das Angler Sattelschwein unter Kategorie 1 als extrem gefährdet eingestuft. Das Angler Sattelschwein liefert ein gut marmoriertes Fleisch, das sich besonders für die Herstellung von Dauerwaren eignet (SAMBRAUS 1999).

2.5.4 Schwäbisch Hällisches Schwein

Das Schwäbisch Hällische Schwein ist ein großrahmiges, widerstandsfähiges, frühreifes und sehr fruchtbares Schwein mit Schlappohren. Die Grundfarbe ist weiß, Kopf und Hals sowie die Hinterseite der Oberschenkel und der Schwanz sind schwarz (bis auf eine weiße Schwanzspitze). Die schwarzen Partien setzen sich durch einen grauen Säumungsstreifen, der aus weißen Borsten auf schwarz pigmentierter Haut gebildet wird, von den weißen Bereichen ab (SAMBRAUS 2001). Die Sauen zeichnen sich durch ein gutes Aufzuchtvermögen und Milchreichtum aus (STRACK 2005). Das Schwäbisch Hällische Schwein findet seine Verbreitung vor allem in Süddeutschland. Nach SAMBRAUS (2001) gab es schon seit Ende des 18. Jahrhunderts Aufzeichnungen über „Hällische Schweine“ in Württemberg, die sich laut DETTWEILER et al. (1924) im Wesentlichen auf die schwarz-weißen, schlappohrigen Tiere des großen, keltisch-germanischen Schlages zurückführen lassen. Auch Einkreuzungen mit den kleineren, slawischen, spitzohrigen Schweinen kamen vor. In den Jahren 1820 / 1821 ordnete König Wilhelm I. von Württemberg die Verbringung chinesischer Maskenschweine aus England in die königliche Domäne in Stuttgart-Hohenheim an, um sie zur Veredelung der oben beschriebenen Landrasse einzusetzen (BÜHLER 1997; DETTWEILER et al. 1924). Von den neuen Einkreuzungen erhoffte man sich ein schnelleres Wachstum und eine frühere Reife des Endproduktes. Das so entstandene Schwäbisch Hällische Schwein galt als die fruchtbarste aller Schweinerassen und verfügte über gute Muttereigenschaften (BÜHLER 1997). Wurfgröße und Fettbildungsvermögen sowie der Zeitpunkt des Einsetzens der Geschlechtsreife verbesserten sich durch die Einkreuzung der Maskenschweine, deren Erbe noch heute an dem eingedellten Profil des Kopfes und

der gerunzelten Stirn zu erkennen ist (SAMBRAUS 1999). Von der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts an erfolgte eine planlose Einkreuzung veredelter englischer Rassen im Rahmen einer Verdrängungskreuzung in den Bestand. Das Schwäbisch Hällische Schwein verlor zunehmend an Bedeutung, bis man zu Beginn des 20. Jahrhunderts erkannte, dass nur systematische Zucht zu einem Fortschritt in der Schweinezucht führen könnte (SAMBRAUS 1999). Im Jahre 1925 wurde eine Züchtervereinigung für das Schwäbisch Hällische Schwein gegründet, die erstmals die Zuchtziele definierte und Rassestandards festlegte. Zur Vermeidung von Inzucht wurden 1927 ein Wessex-Saddleback Eber und zwei Sauen aus England importiert, die durch konsequente Zuchtarbeit die Rasse verbesserten (SAMBRAUS 1999). Durch den Ausbruch des 2. Weltkrieges ging die Anzahl des Schweinebestandes zwar zurück, erfuhr jedoch in der Nachkriegszeit durch die verstärkte Nachfrage nach fettem Schweinefleisch einen starken Aufschwung. 1950 betrug die Population der Schwäbisch Hällischen Schweine in Nord-Württemberg 90 % des gesamten Schweinebestandes, in der Gegend um Schwäbisch Hall sogar 99,2 % (BÜHLER, R. u. G. POSTLER 2004). In den fünfziger Jahren wurden in der damaligen DDR Schwäbisch Hällische Schweine und Angler Sattelschweine gekreuzt. Es entstand das Deutsche Sattelschwein. Schon in den sechziger Jahren führte das veränderte Verbraucherverhalten, das nun ein schnellwachsendes, mageres „Fleischschwein“ mit einer zusätzlichen Rippe nachfragte, zu nachlassender Popularität des Schwäbisch Hällischen Schweines und 1969 wurde die Zuchtbuchführung ganz eingestellt (BÜHLER 1997). Nur wenige Bauern hielten trotzdem an der Zucht des Schwäbisch Hällischen Schweines fest und verhinderten so das Aussterben der Rasse. Auf der Landesgartenschau in Schwäbisch Hall wurden 1982 erstmals wieder Schwäbisch Hällische Schweine mit großem Erfolg ausgestellt. Danach beschlossen die verbliebenen Züchter, die Restbestände der Rasse einer Körkommission vorzustellen und die Wiederaufnahme ins Zuchtbuch zu beantragen. 1984 wurden insgesamt sieben reinrassige Sauen und ein Eber von einer Kommission beurteilt und in ein Vorbuch aufgenommen (BÜHLER, R. u. G. POSTLER 2004), da man sie wegen „fehlender Daten“ nicht im staatlichen Zuchtbuch führen wollte. Am 18. Januar 1986 wurde dann mit zunächst 17 Mitgliedern die Züchtervereinigung Schwäbisch

Hällisches Schwein gegründet und 1988 erfolgte die Gründung der Tochterorganisation „Bäuerliche Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall“, um den Absatz von Zuchttieren und Schlachtschweinen zu organisieren (Bühler 1997). Der Markt für die Schwäbisch Hällischen Schweine florierte und 2007 betrug der Herdbuchbestand wieder 81 Sauen und 11 Eber (ZDS 2008). Das Schwäbisch Hällische Schwein wird auf der roten Liste der GEH als „gefährdet“ eingestuft (GEH 1997).

Das Fleisch des Schwäbisch Hällischen Schweines hat eine Fettauflage und ist gut marmoriert. Auf der Internationalen Grünen Woche in Berlin belegten die Schwäbisch Hällischen Schweine in den Jahren 1987 bis 1990 im bundesweiten Schlachtleistungswettbewerb aller Rassen immer die ersten Ränge und stellten zweimal den Bundessieger für beste Fleischqualität (BÜHLER 1997). Die Tageszunahmen liegen zwischen 750 und 950 g. Nach SAMBRAUS (1999) sind die Tiere reinerbigen halothan-negativ und zeigen im Vergleich mit Tieren anderer Rassen hohe Fleischbeschaffenheitszahlen. KOBER (1992) hingegen kommt nach Auswertung von Prüfberichten der Mastprüfungsanstalten Forchheim und Neumühle aus den Jahren 1984 bis 1990 zu dem Schluss, dass die Rasse Schwäbisch Hällisches Schwein nicht reinerbigen halothan-negativ sein kann.

2.5.5 Deutsche Landrasse

Tiere der Deutschen Landrasse sind großrahmig und lang bei mittleren Gewichten. Sie sind frohwüchsig, fruchtbar und verfügen über eine gute Aufzuchtleistung, daher sind sie sowohl als Mastschwein als auch als Mutterrasse geeignet (SAMBRAUS 2001). Kennzeichnend sind die helle Farbe (weiße Borsten auf weißer Haut) und die Schlappohren. Ursprünglich ist die Deutsche Landrasse auf Schweine des keltisch-germanischen Schlages zurückzuführen, aus denen zunächst das Große Marschschwein entstand (DETTWEILER et al. 1924). Ende des 19. Jahrhunderts kreuzte man Tiere der englischen Rasse Large White ein (SAMBRAUS 2001) und

bekam so das „Deutsche Veredelte Landschwein“. Anfang der fünfziger Jahre begann man aufgrund veränderter Nachfrage der Verbraucher mit der Umzüchtung des Deutschen Veredelten Landschweins vom Fettschwein zum Fleischschwein mit einer zusätzlichen Rippe. Da sowohl die dänische als auch die niederländische Landrasse diese Merkmale bereits aufwiesen (COMBERG 1984), lag es nahe, entsprechende Zuchttiere zu importieren. Dänemark erließ daraufhin eine Ausfuhrsperre (VOGT 1997), die allerdings durch den Import niederländischer Tiere dänischer Abstammung umgangen wurde. Einhergehend mit dieser Typänderung erfolgte 1968 eine Änderung des Namens in „Deutsche Landrasse“ (SAMBRAUS 2001). 1970 betrug der Anteil der Deutschen Landrasse am gesamten deutschen Schweinebestand über 90 % (VOGT 1997). Allerdings war diese Rasse sehr stressanfällig, daher erfolgte ab 1986 unter Verwendung von Halothantests und Einkreuzung ausländischer Landrassen eine Selektion auf Stresstabilität (SAMBRAUS 2001). Tiere der Deutschen Landrasse werden heutzutage als Mutterlinie in Zuchtprogrammen verwendet. Ein häufig im Hannoverschen Raum vertretenes Mastendprodukt ist die Genetik (DE x DL) x Pi.

2.5.6 Deutsches Edelschwein

Das Deutsche Edelschwein ist mittelgroß, langgestreckt und hat weiße Borsten auf weißer Haut. Im Gegensatz zur Deutschen Landrasse besitzt es Stehohren. Es ist frühreif und fruchtbar bei guter Aufzuchtleistung der Ferkel (SAMBRAUS 2001), daher wird es oft zur Erzeugung von Kreuzungssauen genutzt. Frohwüchsigkeit, geringe Stressanfälligkeit und gute Fleischqualität machen es auch für die Mast interessant. Das Deutsche Edelschwein entstand gegen Ende des 19. Jahrhunderts unter Einkreuzung deutschen Landschweinblutes in englische Yorkshireschweine (Large White), um diese Rasse für deutsche Verhältnisse wirtschaftlicher zu machen. Dabei wurde das äußere Erscheinungsbild des Yorkshireschweines beibehalten (DETTWEILER et al. 1924), Fruchtbarkeit und Mütterlichkeit wurden jedoch verbessert. Da das Deutsche Edelschwein von Anfang an auf gute Mastleistung

selektiert wurde, war es von dem veränderten Verbraucherverhalten in der Nachkriegszeit nicht wesentlich betroffen. Heute werden die Tiere oft in Gebrauchskreuzungen eingesetzt.

2.5.7 Pietrain

Das Pietrainschwein ist ein mittelrahmiges, tiefrumpfiges und breites Schwein mit kurzen Stehohren. Es ist weiß oder hellgrau mit unregelmäßigen schwarzen oder dunkelbraunen Flecken. Charakteristisch für die Rasse Pietrain ist das gute Fleischbildungsvermögen, das zu ausgeprägter Bemuskulung an Schultern und Schinken führt (Vier-Schinken-Schwein) (SAMBRAUS 2001). Allerdings sind die Vorteile einer großen Fleischfülle mit den Nachteilen einer mangelhaften Fleischbeschaffenheit und hoher Stressanfälligkeit behaftet (STRACK 2005), denen man mit entsprechender Selektion entgegenzuwirken versucht. Außerdem weisen die Tiere Mängel in der Fruchtbarkeit auf (STRACK 2005), daher werden sie vor allem in der Kreuzung als Vatertiere zur Erzeugung von Mastendprodukten eingesetzt (Comberg 1984). Die Rasse Pietrain stammt aus dem Dorf Pietrain in der belgischen Provinz Brabant. Über ihre Entstehung ist wenig bekannt, allerdings lassen eingehende Untersuchungen den Schluss zu, dass sie vermutlich aus Kreuzungen der französischen Rasse Bayeux mit englischen Yorkshires entstanden ist. Die Rasse Bayeux wiederum lässt sich genealogisch auf englische Berkshireschweine zurückführen. Nach Comberg (1984) gilt es als gesichert, dass es schon 1919 / 1920 die ersten Pietrains gab. 1950 gründete sich der erste Zuchtverein für diese Rasse, die 1951 staatlich anerkannt wurde. Es folgten zunehmende Importe von Zuchttieren aus Belgien und die Rasse verbreitete sich aufgrund der extremen Fleischfülle schnell in der Bundesrepublik Deutschland. Auch der Verband der Züchter des Angler Sattelschweins begann 1959 mit gezielten Importen aus Belgien (COMBERG 1984) und nannte sich daraufhin „Verband der Züchter des Pietrainschweins und des Angler Sattelschweins“. Das damals noch sehr heterogene Erscheinungsbild der Rasse wurde züchterisch stark bearbeitet.

Dadurch konnten Konstitutionsmängel, Mastleistung und Fruchtbarkeit entscheidend verbessert werden. Im Jahr 2002 betrug der Bestand an Herdbuchsauen der Rasse Pietrain in der Bundesrepublik Deutschland 14,3% (STRACK 2005).

3. Material und Methoden

3.1 Versuchsdesign

Anhand der vorliegenden Arbeit soll festgestellt werden, ob bei Schweinen ausgewählter Genetiken Unterschiede in der Mast, Fleischbeschaffenheit und anschließender Fleischreifung bestehen. Weiterhin soll das Leistungsvermögen der Genetik (DE x DL) x Pi sowohl nach der Mast unter konventionellen als auch unter ökologischen Bedingungen beurteilt werden. In einem ersten Versuchsabschnitt wurden daher sechs Schlachtschweine der auch im zweiten Versuchsabschnitt untersuchten Kreuzung (DE x DL) x Pi aus konventioneller Haltung gekauft, geschlachtet und das Fleisch untersucht. In einem zweiten Versuchsabschnitt (siehe Übersicht 1: Fließschema zum Versuchsablauf) wurden insgesamt 58 Schlachtschweine der Genetiken (DE x DL) x Pi, Buntes Bentheimer Schwein, Schwäbisch Hällisches Schwein und Angler Sattelschwein x Pietrain als Läufer mit 25 kg Körpergewicht eingestallt, unter ökologischen Bedingungen gemäß Verordnung (EG) Nr. 834 / 2007 gemästet und anschließend geschlachtet. Das Schweinefleisch wurde nach Abschluss des Schlacht- und Klassifizierungsvorganges in unterschiedlichen zeitlichen Abständen auf seine technologische Beschaffenheit und den Verlauf der Reifung untersucht. Da ein großer Teil von möglichen Varianzen in den Ergebnissen durch unterschiedliche Haltung, Fütterung und Transport zum Schlachthof verursacht werden, sollten diese Faktoren durch gleichzeitiges Einstallen und gleiche Bedingungen weitgehend reduziert werden.

3.2 Erster Versuchsabschnitt

Zwei Wochen vor Schlachtung der Tiere aus dem zweiten Versuchsabschnitt wurden jeweils drei weibliche und drei männliche Schlachtschweine der Genetik (DE x DL) x Pi aus konventioneller Haltung gekauft und am Schlachthof Hannover geschlachtet. Die Tiere wurden genauso wie die Tiere aus dem zweiten Versuchsabschnitt bei

ähnlichen Witterungsbedingungen etwa eine halbe Stunde lang transportiert. Vor der Schlachtung konnten sie zwei Stunden lang in einer Wartebucht ausruhen. Die anschließende Schlachtung erfolgte wie im zweiten Versuchsabschnitt durch Elektrobetäubung und Entbluteschnitt im Liegen. Das darauf folgende Anschlingen der Tiere erfolgte am linken Hinterbein. Nach der Fleischuntersuchung und Klassifizierung wurde der jeweils rechte *M. longissimus dorsi*, wie im zweiten Versuchsabschnitt ausführlich beschrieben, herausgetrennt und zu elf unterschiedlichen Zeitpunkten *post mortem* auf die Parameter Farbe, pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit und Saffthaltevermögen untersucht. Es wurden dabei dieselben Geräte benutzt, die auch im zweiten Versuchsabschnitt Verwendung fanden. Die Lagerung der Proben zwischen den Untersuchungszeitpunkten erfolgte wie im zweiten Versuchsabschnitt beschrieben.

3.3 Zweiter Versuchsabschnitt

3.3.1 Versuchstiere und Tierhaltung

Für den Versuch wurden insgesamt 58 durchschnittlich 25 kg schwere Läuferschweine der Rassen Buntes Bentheimer Schwein (8 Sauen, 8 Böрге), Schwäbisch Hällisches Schwein (7 Sauen, 10 Böрге), Angler Sattelschwein x Pietrain (3 Sauen, 6 Böрге) und einer Dreirassenkreuzung (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) x Pietrain (8 Sauen, 8 Böрге) als Standard eingestallt. Die Tiere stammten aus insgesamt sechs Betrieben. Die Haltung erfolgte in der Großgruppe in einer 225 qm großen, nicht klimatisierten Mehrzweckhalle mit natürlichem Tageslichteinfall auf Stroh. Tagsüber hatten die Tiere die Möglichkeit, nach Belieben einen 60 qm großen, von Haselnussbüschen beschatteten, unbefestigten Auslauf aufzusuchen. Die Einzäunung erfolgte durch einen stromführenden Innenzaun und einen festen Außenzaun in 1m Abstand zum Innenzaun. Wasser in Trinkwasserqualität wurde in 10 Beißnippeltränken, die in jeweils 2 m Abstand zueinander innen

an der Längsseite der Halle angebracht waren, ständig zur freien Verfügung angeboten.

3.3.2 Versuchsfutter

Während der sechsmonatigen Mast der Tiere erfolgte eine Fütterung mit dem pelletierten Krafffutter Natura F 213 der Firma Raiffeisen Warenhandel Ostwestfalen EG mit einem Rohproteinanteil von 16,5 % aus Kartoffeleiweiß und einem Lysin-gehalt von 1 %. Um das Fressverhalten und somit auch den Gesundheitszustand der Tiere besser überwachen zu können und einer übermäßigen Verfettung vorzubeugen, wurde die Krafffuttergabe rationiert und auf zwei Mahlzeiten täglich verteilt. Während der Vormast bekamen die Tiere durchschnittlich 30 g Krafffutter pro kg Lebendmasse am Tag, in der Mittelmast durchschnittlich 27 g Krafffutter pro kg Lebendmasse am Tag und in der Endmast durchschnittlich 25 g Krafffutter pro kg Lebendmasse am Tag. Des Weiteren wurde eine Silage aus der Region mit einem Trockensubstanzgehalt von 619 g / kg und einem Rohproteingehalt von 143 g / kg TS zur freien Verfügung angeboten.

3.3.3 Transport zum Schlachthof

Da unterschiedliche Transportbedingungen zum Schlachthof (Wetter, Verladung, Transportdauer, Fahrweise etc.) einen erheblichen Einfluss auf die Fleischqualität haben können, wurden die Tiere möglichst schonend gemeinsam auf einen Viehtransporter verladen und zum 35 km entfernten Schlachthof Hannover verbracht.

3.3.4 Schlachtung und Probenahme

Es gelangten insgesamt 51 Tiere zur Schlachtung am Schlachthof Hannover. Die Tiere wurden nach ihrer Ankunft dort abgeladen und zunächst in eine Ruhebucht

getrieben. Dort verblieben sie zwei Stunden bis zur Schlachtung. Währenddessen wurden die eingesetzten Geräte aufgebaut und kalibriert.

Die Schlachtung erfolgte mittels Elektrobetäubung und anschließendem Entbluteschnitt im Liegen. Ein Mitarbeiter stand währenddessen neben der Betäubungsfalle und notierte die Reihenfolge der Ohrmarken der Schweine. Um eine spätere genaue Zuordnung der einzelnen Schlachtschweine zu den Rassen gewährleisten zu können, wurden verschieden farbige Ohrmarken mit fortlaufenden Ziffern verwendet. Des Weiteren wurde der genaue Zeitpunkt des Entbluteschnittes protokolliert und das linksseitige Anschlingen der Tiere kontrolliert.

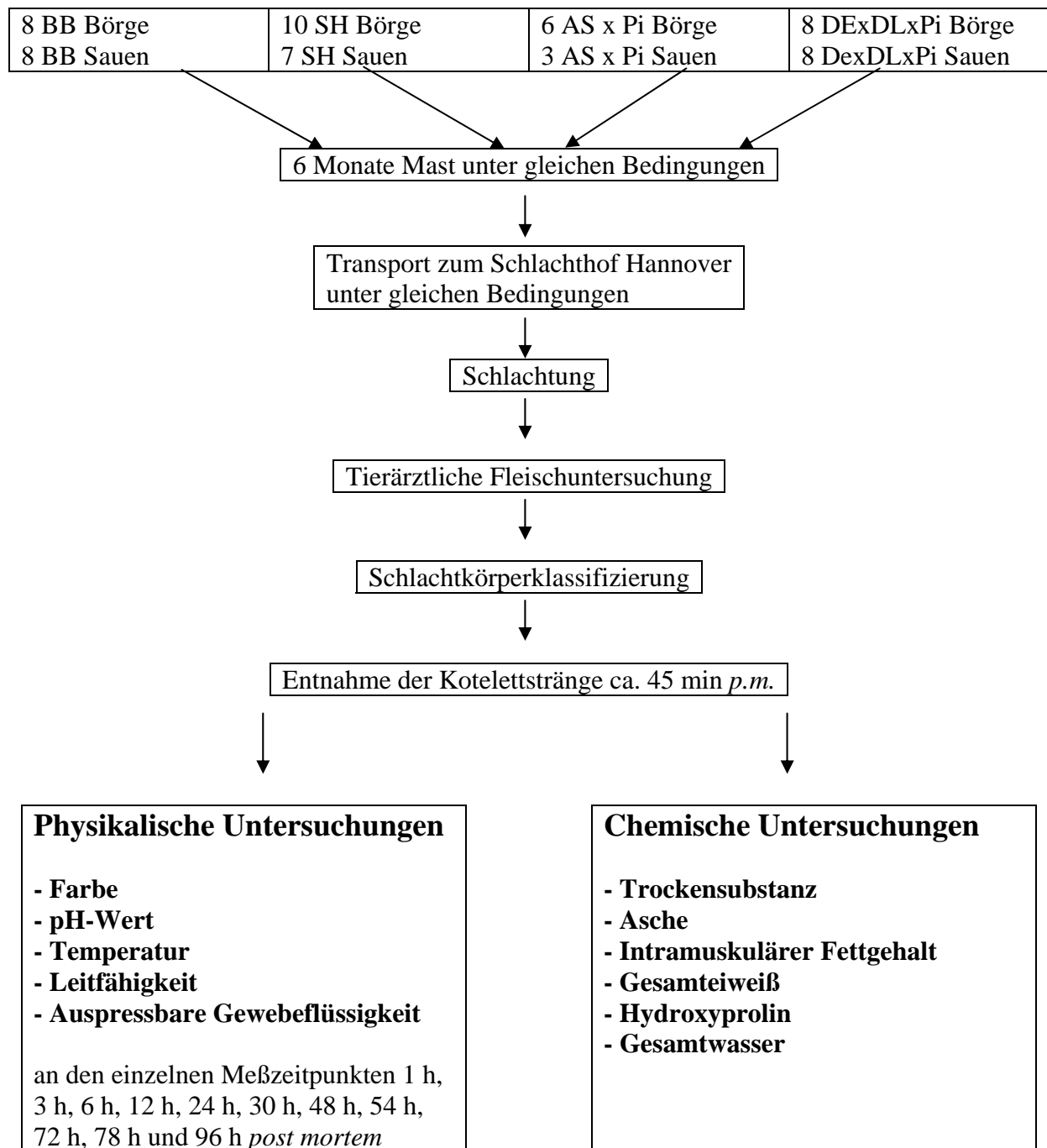
Die Tiere gelangten mit einer Bandgeschwindigkeit von etwa 80 Schweinen pro Stunde zum Untersuchungspodest, wo auch die Tierkörperhälfte ohne Ohrmarke mit der Ohrmarkennummer versehen wurde, um Verwechslungen auszuschließen. Die Fleischuntersuchung der Versuchstiere sowie die Organbefundung erfolgte durch drei amtliche Tierärzte. Bei der anschließenden Klassifizierung wurden Gewicht, Magerfleischanteil, Rückenspeckdicke und Fleischfläche des Koteletts in Höhe der 13. / 14. Rippe nach dem FOM-System erfasst und die Schlachtkörper in Handelsklassen eingeteilt. Danach wurden die Tiere auf eine separate Rohrbahn geschoben, wo ein Mitarbeiter den Kotelettstrang der rechten, nicht angeschlingten Tierkörperhälfte jeweils zwischen dem 2. / 3. und dem 13. / 14. Brustwirbel entfernte. Schwarte und Speckschicht der betroffenen Region wurden hierbei am Tierkörper belassen. Ein weiterer Mitarbeiter kennzeichnete die Kotelettstränge unmittelbar nach dem Herauslösen mittels Unterlegscheiben, die mit der Ohrmarkennummer des Tieres versehen waren und verbrachte sie in einen Nebenraum zur Untersuchung. Die Untersuchungen zur Erfassung der Fleischqualität erfolgten in definierten Zeitabständen mit den einzelnen Messzeitpunkten 1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 30 h, 48 h, 54 h, 72 h, 78 h und 96 h *post mortem*. Die Messungen umfassten die Bestimmung der Farbe sowie des pH-Wertes, der Temperatur und der Leitfähigkeit am frischen Muskelanschnitt. Weiterhin wurde die auspressbare Gewebeflüssigkeit mit der Filterpapierpressmethode an den jeweiligen Messzeitpunkten bestimmt. Um

jedes Mal einen frischen Anschnitt des *M. longissimus dorsi* beproben zu können, wurde zu Beginn jeder Versuchsreihe von jedem Kotelettstrang eine ca. 1 bis 2 cm dicke Scheibe abgeschnitten, so dass die elfte Messreihe am Kotelettstrang etwa auf Höhe des 4. / 5. Brustwirbels durchgeführt wurde.

Die Proben für die chemische Vollanalyse wurden dem *M. longissimus dorsi* jeweils etwa auf Höhe der 13. / 14. Rippe entnommen und von sichtbarem Fett befreit.

3.3.5 Lagerung und Reifung der Proben

Unmittelbar im Anschluss an die erste Messreihe wurden die Kotelettstränge liegend in einem Kühlwagen bei + 2 ° C zum Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover transportiert, dort an einem Fleischerhaken auf Höhe des dritten Brustwirbels aufgehängt und im Kühlhaus bei + 2 ° C hängend bis zur weiteren Untersuchung gelagert.



Übersicht 1: Fließschema zum Versuchsablauf

3.4 Untersuchungsmethoden

3.4.1 Physikalische Untersuchungen

3.4.1.1 L*, a*, b*-Farbmessung

Die L*, a*, b*-Farbmessung erfolgte nach der Methode der CIE (Commission Internationale de L'Eclairage 1976) unter Verwendung des Minolta Spektrophotometers CM - 2002 der Firma Minolta Camera Co. Ltd., Osaka / Japan im Dreifilterverfahren. Bei diesem Verfahren wird die Farbemission einer Probe photometrisch erfasst. Es wurden der L*-Wert (Helligkeit), der b*-Wert (Gelbwert - positiv; Blauwert - negativ) und der a*-Wert (Rotwert - positiv; Grünwert - negativ) unter Glanzeinschluß gemessen. Jeder dieser Messwerte setzte sich aus fünf Einzelmessungen auf der Oberfläche der jeweiligen Probe zusammen, aus denen der arithmetische Mittelwert gebildet wurde. Die eingestellte Normlichtart des Spektrophotometers betrug D65 bei einem Betrachtungswinkel von 10°. Die Messungen erfolgten in einem Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm mittels Xenon-Blitzröhre. Die Sichtbarmachung der ermittelten Werte erfolgte mit dem angeschlossenen Multimedia Portable Computer Mod. 98. Vor jeder Messreihe wurde das Gerät mit einem Standard kalibriert.

3.4.1.2 pH-Wert und Temperatur

Die Bestimmung des pH-Wertes orientierte sich an den Vorgaben der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB, Nummer L 06.00 - 2. Die Messung des pH-Wertes erfolgte mit dem tragbaren, batteriebetriebenen pH-Meter „Portamess 911“ der Firma Knick, Berlin mit einem Messbereich von pH -2 bis pH +16 und einem Messfehler von ± 1 Digit. Zur Messung der Temperatur wurde der an das pH-Meter angeschlossene Temperaturfühler PT 1000 der Firma Knick, Berlin mit einem Messbereich von -20 bis +120 ° C und einem Messfehler von $< 0,3$ K

verwendet. Es wurde mit der Messkette SE 104 gemessen. Das pH-Meter verfügt über die Messkettenanpassung Calimatic R mit automatischer Kalibrierung und selbsttätiger Pufferfindung. Vor jeder Messreihe wurde das Gerät mit den beiliegenden Pufferlösungen pH 4,01 und pH 7,00 geeicht. Zwischen den einzelnen Messungen wurde die Glaselektrode mit destilliertem Wasser abgespült. Nach Erreichen der Anzeige Konstanz wurde der pH-Wert an zwei verschiedenen Stellen der Probe abgelesen und der arithmetische Mittelwert gebildet.

3.4.1.3 Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit wurde mit dem tragbaren und netzunabhängigen Gerät LF-Star der Firma Matthäus, 04603 Nobitz ermittelt. Das Gerät ist mit einer LCD-Anzeige und automatischer Temperaturkompensation ausgestattet. Die Anzeige der Leitfähigkeit erfolgt in der Einheit Millisiemens / cm (mS / cm). Vor jeder Messreihe wurde das Gerät mit einem definierten Messwiderstand von 10 ms kalibriert. Es erfolgten zwei Messungen je Probe, aus denen das arithmetische Mittel gebildet wurde.

3.4.1.4 Auspressbare Gewebeflüssigkeit

Die Ermittlung der auspressbaren Gewebeflüssigkeit erfolgte nach den Vorschriften der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift Lebensmittelhygiene vom 12. Sept. 2007 unter Verwendung von Plexiglaskompressorien (Braunschweiger Gerät). Das Gerät besteht aus einem Metallrahmen mit Druckhebel und zwei Plexiglasplatten. Auf die untere Plexiglasplatte wurde das auf 6 x 6 cm Größe zugeschnittene Filterpapier 4 CHR der Firma Whatman GmbH, 37586 Dassel mit einer definierten Saugfähigkeit von 180 mm / 30 min eingelegt. Eine 0,3 g schwere, mittels Schere und Pinzette frisch entnommene Fleischprobe, wurde in der Mitte des Filterpapiers platziert und mit der zweiten Plexiglasscheibe bedeckt. Dann wurde der Druckhebelmechanismus betätigt und die Probe wurde genau 5 min lang mit definiertem Druck gepresst. Nach

Aufheben des Pressdruckes wurde die obere Plexiglasscheibe mitsamt der Probe und des Filterpapiers entnommen und sowohl die Umrisse der Fleischfläche als auch die Umrisse der Gesamtfläche mit einem dünnen schwarzen Filzstift markiert. Danach wurde die Filterpapierscheibe von der oberen Plexiglasplatte abgezogen und getrocknet. Die Auswertung erfolgte mittels einer aus 15 unterschiedlich großen Kreisen bestehenden Auswerteschablone, mit der die Größe der Fleischfläche sowie die Größe der Gesamtfläche festgestellt wurden. Anschließend wurde der Quotient „Q“ aus der Fleischfläche „f“ und der Gesamtfläche „F“ anhand der entsprechenden Schablonennummern aus der Auswerteschablone abgelesen. Jedes Kotelettstück wurde zweimal beprobt und dann der arithmetische Mittelwert aus den erhaltenen Werten gebildet. Vor jeder Messreihe wurden die acht dabei eingesetzten Kompressorien mit einer standardisierten Gummischeibe auf gleichen Druck überprüft und ggf. Regulierungen durch Drehen oder Tausch der Plexiglasplatten vorgenommen.

3.4.2 Chemische Untersuchungen

3.4.2.1 Trockensubstanz

Unter der Trockensubstanz (TS) bzw. Trockenmasse versteht man die Gesamtmasse eines Lebensmittels ohne Wasser. Die Bestimmung der Trockensubstanz wurde nach den Bestimmungen der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB, Nummer L 06.00 - 3 vorgenommen. Hierbei erfolgt eine Gewichtserfassung der Probe vor und nach der Trocknung bei 103 ± 2 ° C bis zur Massekonstanz. Die Differenz aus diesen beiden Werten entspricht der Trockensubstanz und wird in g / 100 g Probe angegeben.

VERWENDETE GERÄTE UND CHEMIKALIEN

Zur Trocknung des Probenmaterials wurde der Trockenschrank Typ T 5050 der Firma Heraeus, Hanau eingesetzt. Der zur Oberflächenvergrößerung benutzte Seesand wurde von der Firma Roth, Karlsruhe bezogen.

DURCHFÜHRUNG

3 bis 5 g zerkleinertes Muskelfleisch aus dem *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe wurden in einer vorgetrockneten Schale mit Glasstab und ca. 20 g Seesand genau eingewogen, in der auf schwarzes Glanzpapier gestellten Schale gleichmäßig verrieben und 4 h im Trockenschrank bei $103 \pm 2 \text{ }^\circ \text{C}$ getrocknet. Nach dem Abkühlen im Exsikkator erfolgte die Rückwaage. Die Untersuchung erfolgte im Doppelansatz.

Der prozentuale Anteil der Trockensubstanz berechnet sich wie folgt:

$$\text{Trockensubstanz (\%)} = \frac{\text{Auswaage} \times 100}{\text{Einwaage}}$$

3.4.2.2 Asche

Der Aschegehalt wird definiert als der bei vollständiger Verbrennung verbleibende Rückstand einer Probe. Das Verfahren zur Bestimmung der Asche wurde der amtlichen Sammlung des § 64 LFGB, Nummer L 06.00 - 4 entnommen. Die Angabe des Aschegehaltes erfolgt in g / 100 g Probenmaterial.

VERWENDETE GERÄTE UND CHEMIKALIEN

Die Trocknung der Probe erfolgte in dem Trockenschrank Typ T 5050 der Firma Heraeus, Hanau. Zur anschließenden Veraschung kam der Muffelofen der Firma Carbolite, England, Modell ELF 11 / 14B zum Einsatz. Des Weiteren wurde Magnesiumacetat-Tetrahydrat der Firma Roth, Karlsruhe, Art. Nr. P026.1 verwendet.

DURCHFÜHRUNG

Etwa 5 g zerkleinertes Muskelfleisch aus dem *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe wurden in einer Quarzschale genau eingewogen, mit 1.0 ml Magnesiumacetat-Tetrahydratlösung versetzt und mit einem Glasstab sorgfältig verrührt. Der Stab wurde mit einem aschefreien Rundfilter gesäubert. Dann wurde die Schale mit dem Rundfilter abgedeckt und bei 103 ° C im Trockenschrank getrocknet. Anschließend wurde der Schaleninhalt mit Filter bis zum Verbrennen der Hauptmenge der organischen Substanz vorsichtig über der offenen Flamme eines Bunsenbrenners erhitzt. Die vorveraschte Probe wurde dann im Muffelofen bei 600 ° C 1 h lang geglüht, im Exsikkator abgekühlt und zum Schluss gewogen.

3.4.2.3 Intramuskulärer Fettgehalt

Um Informationen über den intramuskulären Fettgehalt des Schweinefleisches zu bekommen, wurde der Gesamtfettgehalt aus einer schieren Probe der Kotelettmuskulatur des *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe nach den Richtlinien der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB, Nummer L 06.00 - 6 bestimmt.

VERWENDETE GERÄTE UND CHEMIKALIEN

Der Aufschluss der Probe erfolgte mittels 6 N Salzsäure. Zur Filtration wurden die Filter Art. Nr. A 800.1 benutzt. Die anschließende Fettextraktion wurde mit Benzin 40-60 in Extraktionshülsen vorgenommen. Die verwendeten Chemikalien sowie die Filter und die Extraktionshülsen stammten von der Firma Roth, Karlsruhe. Zur Trocknung der Proben wurde der Trockenschrank Typ T 5050 der Firma Heraeus, Hanau benutzt.

DURCHFÜHRUNG

5 bis 10 g zerkleinertes Muskelfleisch aus dem *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe wurden gewogen, im Doppelansatz mit Salzsäure aufgeschlossen, 1 h lang gekocht und mit 100 ml heißem Wasser durch zwei angefeuchtete Faltenfilter filtriert. Danach wurden die Faltenfilter mit dem Fett in einem Becherglas bei 103 ± 2 ° C 2 h im Trockenschrank getrocknet. Die trockenen Filter wurden anschließend in eine Extraktionshülse gegeben und das Fett wurde mit 200 ml Benzin 40-60 in einem Soxhlett-Gerät extrahiert. Danach wurde das Petroleumbenzin im Rotationsverdampfer abdestilliert. Der Kolben mit dem Fett wurde 2 h im Trockenschrank bei 103 ± 2 ° C getrocknet, im Exsikkator abgekühlt und gewogen.

Der prozentuale Anteil des Fettes errechnet sich folgendermaßen:

$$\text{Fett (\%)} = \frac{\text{Auswaage} \times 100}{\text{Einwaage}}$$

3.4.2.4 Proteingehalt

Die Bestimmung des Proteingehaltes erfolgte in Anlehnung an die amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB, Nummer 06.00 - 7 im Doppelansatz. Der Bestimmung des Eiweißanteils einer Fleischprobe liegt die Tatsache zugrunde, dass Eiweiß tierischer Herkunft einen mittleren Stickstoffanteil von 16 % aufweist. Es erfolgt der Nachweis von Stickstoff, der dann mit dem Faktor 6,25 multipliziert wird, um den Eiweißgehalt zu ermitteln.

VERWENDETE GERÄTE UND CHEMIKALIEN

Die eingesetzten Wägeschiffchen Art. Nr. EL10.1, die Schwefelsäure Art. Nr. 4623.2, die 0,1 N Salzsäure Art. Nr. K024.2, die Borsäure, sowie die Natronlauge Art. Nr. T197.3 waren Produkte der Firma Roth, Karlsruhe. Die als Katalysator verwendeten Kjeltabs Typ CX stammten von der Firma Omnilab, Gehrden. Der Aufschluß wurde in dem Gerät Kjeldatherm KT 8 S der Firma Gerhardt, Bonn durchgeführt. Die anschließende Titration und Umrechnung der Messwerte erfolgte in dem Gerät Vapodest-5 Nr. 6550 der Firma Gerhardt, Bonn.

DURCHFÜHRUNG

Etwa 1 g zerkleinertes Muskelfleisch aus dem *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe wurden in einem stickstofffreien Wägeschiffchen genau gewogen, zusammen mit einem als Katalysator wirkenden Kjeltab in einem Kjeldahlkolben mit Schwefelsäure versetzt und in dem Gerät „Kjeldatherm“ bei 380 bis 410 ° C aufgeschlossen, wobei der gesamte Stickstoffanteil in Ammoniumsulfat gebunden wurde. Nach dem Abkühlen auf 50 bis 60 ° C wurden 100 ml Wasser zugesetzt und der Stickstoffgehalt mit dem Gerät „Vapodest“ automatisch bestimmt. Das Verfahren beruht auf einer durch Laugenzugabe verursachten Ammoniakfreisetzung aus dem

Ammoniumsulfat, welches in Borsäure aufgefangen und durch Titration mit 0,1 N Salzsäure bestimmt wird. Das Gerät berechnet den Gesamtstickstoffanteil (WN) nach folgender Formel:

$$WN = \frac{a \times 0,0014007 \times 100}{m}$$

a = Verbrauch an 0,1 N HCl

m = Einwaage in g

Der gesamte Rohproteingehalt (WE) des Fleisches berechnet sich wie folgt:

$$WE = WN \times 6,25$$

3.4.2.5 Hydroxyprolin

Die Bestimmung des Hydroxyprolingehaltes erfolgte nach den Bestimmungen der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB, Nummer 06.00 - 8. Die hydroxilierte Form der Aminosäure Prolin kommt nur im Bindegewebe in einer konstanten Konzentration von 12,5 % vor und wird daher zur Bestimmung des Kollagenanteils im Fleisch herangezogen.

VERWENDETE GERÄTE UND CHEMIKALIEN

Es wurden 6 N Salzsäure, Benzin 40-60, Natriumhydroxid, 1 - Propanol und 2 - Propanol sowie Extraktionshüsen und Faltenfilter der Firma Roth, Karlsruhe verwendet. Das Citronensäuremonohydrat, Natriumacetat, Hydroxyprolin, Chloramin T Trihydrat, 4 - Dimethylaminobenzaldehyd und die Perchlorsäure 60 % stammten von der Firma Merck, Darmstadt. Die Messung der Extinktion erfolgte photometrisch.

DURCHFÜHRUNG

Etwa 4 g einer genau gewogenen und zerkleinerten Probe Muskelfleisch aus dem *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe wurden mit Salzsäure unter Erhitzen aufgeschlossen, mit Petroleumbenzin und Wasser versetzt und gemischt. Das fetthaltige Petroleumbenzin wurde durch Absaugen entfernt, durch zwei angefeuchtete Faltenfilter filtriert und mit 500 ml Wasser aufgefüllt. Vom Hydrolysat wurde eine Verdünnung hergestellt, in welcher das enthaltene Hydroxyprolin mit einem Oxidationsreagenz oxidiert wurde. Nach Zugabe einer Farbreagenz kondensierte das Oxidationsprodukt zu einem roten Farbstoff, der bei 558 nm photometrisch gegen einen Blindwert gemessen wurde.

3.4.2.6 Gesamtwasser

Die Berechnung des Gesamtwassers erfolgt nach folgender Formel:

$$\text{Gesamtwasser} = 100 - \text{Trockenmasse}$$

3.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgte mit dem SAS Programm für Windows, Version 8, des SAS Institute INC, Cary NC, USA im Institut für Statistik und Biometrie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover. Hier wurden die Daten zunächst dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung unterzogen. Wenn p einen Wert $> 0,05$ annahm, wurde von einer Normalverteilung der Daten ausgegangen. Die statistische Berechnung der Ergebnisse erfolgte anhand einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (The GLM Procedure), wobei die hier betrachteten Faktoren das Geschlecht und die Rasse der Tiere waren. Das Programm errechnete von jedem gemessenen Parameter das arithmetische Mittel und die zugehörige Standardabweichung (SD) und prüfte den Einfluss der Rasse und des Geschlechts auf das Versuchsergebnis. Bei den Parametern, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten *post mortem* gemessen wurden, um den zeitlichen Verlauf zu dokumentieren, wurden signifikante Unterschiede zwischen den Rassen und Geschlechtern anhand des Tukey-Tests für jeden Messzeitpunkt ermittelt. Dabei wurden p -Werte $\leq 0,05$ als statistisch signifikant angesehen. Insgesamt erfolgten zwei statistische Auswertungen in Form einer zweifaktoriellen Varianzanalyse. Bei der ersten Auswertung wurden die vier Herkünfte aus dem Mastversuch (2. Versuchsabschnitt) miteinander verglichen und auf Interaktionen zwischen Rasse und Geschlecht überprüft. Bei der zweiten Auswertung wurde die Dreirassenkreuzung ((DE x DL) x Pi) aus dem 2. Versuchsabschnitt mit der Dreirassenkreuzung ((DE x DL) x Pi) aus dem 1. Versuchsabschnitt verglichen.

4. Befunderhebung

Die hier erhobenen Befunde betreffen zwei unterschiedliche Versuchsansätze. Im ersten Versuchsabschnitt werden ausgewählte Parameter zur Ermittlung der Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung von Schlachtschweinen der Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi aus konventioneller Haltung gemessen. Im zweiten Versuchsabschnitt werden die Genetiken Buntes Bentheimer Schwein (BB), Schwäbisch Hällisches Schwein (SH), die Gebrauchskreuzung Angler Sattelschwein x Pietrain (AS x Pi) und die Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi als Läufer Schweine im Alter von drei Monaten mit durchschnittlich 25 kg Körpergewicht eingestallt und in ökologischer Haltung als Großgruppe bis zur Schlachtreife gemästet. Mast, Transport zum Schlachthof, Schlachtung und Befunderhebung zur Ermittlung von Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung erfolgen hier unter gleichen Bedingungen, um Unterschiede bei den gemessenen Parametern auf die Genetik zurückführen zu können.

4.1 Erster Versuchsabschnitt

Die im ersten Versuchsabschnitt erhobenen Befunde beinhalten die Vermarktungsnormen Schlachtkörpergewicht, Magerfleischanteil, Fleischmaß und Speckmaß sowie die physikalischen Untersuchungen pH-Wert, auspressbare Gewebeflüssigkeit, L*, a*, b*-Farbwerte und Leitfähigkeit, gemessen im *M. longissimus dorsi* von Schlachtkörpern der Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi aus konventioneller Haltung.

4.1.1 Vermarktungsnormen

Die Tabelle 1 gibt die eine Stunde post mortem erhobenen Klassifizierungsdaten von Schlachtschweinen der Rasse (DE x DL) x Pi aus einem herkömmlichen Haltungssystem an. Die Tiere haben ein durchschnittliches Schlachtkörpergewicht (Zweihälftengewicht) von $96,6 \pm 3,9$ kg, einen durchschnittlichen Magerfleischanteil

von $60,2 \pm 3,3$ %, ein mittleres Fleischmaß von $72 \pm 7,6$ mm und ein mittleres Speckmaß von $14 \pm 2,5$ mm.

Tab. 1 Klassifizierungsdaten der Rasse (DE x DL) x Pi aus dem 1. Versuchsabschnitt, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

	Schlaktkörpergewicht (kg)		Magerfleischanteil (%)		Fleischmaß (mm)		Speckmaß (mm)	
	MW	± SD	MW	± SD	MW	± SD	MW	± SD
(DE x DL) x Pi n = 6	96,6	3,9	60,2	3,3	72,0	7,6	14,0	2,5

4.1.2 Physikalische Untersuchungen

Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über den zeitlichen Verlauf der Parameter pH-Wert, auspressbare Gewebeflüssigkeit (Q-Wert), L^* , a^* , b^* -Farbwerte und Leitfähigkeit (LF) im *M. longissimus dorsi* von Schlachtschweinen der Rasse (DE x DL) x Pi aus dem 1. Versuchsabschnitt zu elf festgelegten Zeitpunkten *post mortem*. Der pH-Wert (MW) beträgt zu Beginn der Messungen eine Stunde *post mortem* (Messzeitpunkt 1) pH $5,93 \pm 0,25$, erreicht 24 bis 30 h *post mortem* (Messzeitpunkt 5 und 6) einen Tiefpunkt mit pH $5,22 \pm 0,06$ und steigt bis 96 h *post mortem* (Messzeitpunkt 11) wieder an auf pH $5,32 \pm 0,06$. Die Q-Werte liegen eine Stunde *post mortem* (Messzeitpunkt 1) bei $0,63 \pm 0,11$ und fallen mit leichten Schwankungen bis 96 h *post mortem* (Messzeitpunkt 11) auf $0,45 \pm 0,04$. Der Helligkeitswert L^* im *M. longissimus dorsi* steigt von $35,19 \pm 0,85$ eine Stunde *post mortem* (Messzeitpunkt 1) auf einen Wert von $51,90 \pm 6,50$ zum Ende der Messungen 96 h *post mortem* (Messzeitpunkt 11) und korreliert dabei sowohl mit dem Rotwert a^* , der von $-0,78 \pm 0,65$ eine Stunde *post mortem* (Messzeitpunkt 1) auf $3,03 \pm 1,46$ 96 h *post mortem* (Messzeitpunkt 11) ansteigt als auch mit dem Gelbwert b^* , der eine

Stunde *post mortem* (Messzeitpunkt 1) $4,71 \pm 0,38$ beträgt und 96 h *post mortem* (Messzeitpunkt 11) einen Wert von $15,03 \pm 1,48$ annimmt.

Tab. 2 pH-Wert, auspressbare Gewebeflüssigkeit (Q-Wert), L*a*b*-Farbwerte und Leitfähigkeit (LF) im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte der Schweinerasse (DE x DL) x Pi (n = 6) aus konventioneller Haltung, gemessen an elf festgelegten Zeitpunkten: 1 = 1 h p.m., 2 = 3 h p.m., 3 = 6 h p.m., 4 = 12 h p.m., 5 = 24 h p.m., 6 = 30 h p.m., 7 = 48 h p.m., 8 = 54 h p.m., 9 = 72 h p.m., 10 = 78 h p.m., 11 = 96 h p.m., MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

(DE x DL) X Pi		Messung Nr.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
pH - Wert	MW	5,93	5,60	5,38	5,29	5,22	5,22	5,25	5,23	5,27	5,29	5,32
	±SD	0,25	0,43	0,26	0,16	0,06	0,06	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06
Q - Wert	MW	0,63	0,63	0,55	0,50	0,51	0,53	0,49	0,52	0,47	0,48	0,45
	±SD	0,11	0,09	0,05	0,06	0,06	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,04
L* - Wert	MW	35,19	31,25	38,43	39,85	42,67	42,41	45,61	45,57	46,68	48,77	51,90
	±SD	0,85	2,43	5,06	4,96	3,13	1,63	2,03	2,88	3,68	4,02	6,50
a* - Wert	MW	-0,78	1,03	0,80	1,10	1,59	1,89	2,44	1,56	1,81	2,43	3,03
	±SD	0,65	1,11	0,60	0,92	0,86	1,06	0,58	1,20	1,38	0,90	1,46
b* - Wert	MW	4,71	10,31	11,09	11,68	12,60	12,90	13,45	12,75	13,72	13,83	15,03
	±SD	0,38	0,34	1,44	1,09	0,95	1,53	0,88	0,87	1,06	1,19	1,48
LF	MW	3,23	4,17	6,58	6,23	8,31	8,81	9,74	10,89	11,08	10,47	9,06
	±SD	0,57	0,74	2,22	2,57	2,59	2,73	2,78	2,42	2,47	1,80	0,99

4.2 Zweiter Versuchsabschnitt

4.2.1 Mastleistung

In Tabelle 3 werden die mittleren Tageszunahmen der untersuchten Schweinerassen dargestellt. Das Lebendgewicht der Tiere wird zum Zeitpunkt des Einstallens im Alter von drei Monaten und danach im Abstand von 35 bis 49 Tagen erfasst. Es wird ersichtlich, dass sich die mittleren Tageszunahmen in der ersten Mastphase bei allen untersuchten Tieren auf einem sehr niedrigen Niveau befinden, wobei die Angler Sattelschwein-Pietrain-Kreuzungen (AS x Pi) und die Bunten Bentheimer Schweine (BB) mit 179 ± 108 g bzw. 180 ± 81 g pro Tag die niedrigsten täglichen Gewichtszunahmen aufweisen. Die Schwäbisch Hällischen Schweine (SH) und die Dreirassenkreuzung ((Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) x Pietrain) nehmen im ersten Mastabschnitt täglich durchschnittlich 287 ± 122 g bzw. 286 ± 101 g zu. Im zweiten Mastabschnitt sind die Tageszunahmen bei allen Rassen fast doppelt so hoch wie im ersten Mastabschnitt, während sie in der dritten Mastphase wieder abfallen und nur bei den Bunten Bentheimer Schweinen kontinuierlich bleiben. In der vierten Mastphase steigern sich die Tageszunahmen wieder, wobei die Bunten Bentheimer Schweine mit 554 ± 98 g die höchsten Gewichtszunahmen erzielen, gefolgt von der Dreirassenkreuzung mit 537 ± 151 g und den Schwäbisch Hällischen Schweinen mit 499 ± 96 g. Die Angler Sattelschwein x Pietrain Kreuzungstiere haben mit 405 ± 94 g auch in der vierten Mastphase die geringsten Gewichtssteigerungen von allen hier untersuchten Schweinerassen.

Tab. 3 Durchschnittliche Tageszunahmen der untersuchten Rassen in Gramm (\pm SD); a, b $\leq 0,05$ *)

	1. Mastphase 49 Tage MW in g / Tag	2. Mastphase 36 Tage MW in g / Tag	3. Mastphase 35 Tage MW in g / Tag	4. Mastphase 35 Tage MW in g / Tag
BB (n = 9)	180 ± 81 SD a	392 ± 61 SD a	394 ± 96 SD a	554 ± 98 SD a
AS x Pi (n = 9)	179 ± 108 SD a	385 ± 71 SD a	284 ± 85 SD a, b	405 ± 94 SD a
SH (n = 17)	287 ± 122 SD b	452 ± 86 SD a, b	346 ± 93 SD a	499 ± 96 SD a
(DE x DL) x Pi (n = 16)	286 ± 101 SD b	507 ± 61 SD b	418 ± 80 SD a, c	537 ± 151 SD a

*)gleiche Buchstaben = kein signifikanter Unterschied

4.2.2 Befunde der amtlichen Schlachtier- und Fleischuntersuchung

Alle Schlachtkörper werden nach der amtlichen Schlachtier- und Fleischuntersuchung als genusstauglich nach VO (EG) Nr. 854 / 2004 beurteilt. 35 der 51 untersuchten Lungen sind ohne Veränderungen. Insgesamt werden zwei Lebern aufgrund einer Ascarideninfektion verworfen. Des Weiteren sind sowohl alle Schlachtkörper als auch die zugehörigen Nebenprodukte der Schlachtung ohne pathologisch-anatomische Veränderungen. Kein Tier hat Liegebeulen, Abszesse, entzündliche Prozesse im Bereich der Gliedmaßen oder angebissene Schwänze.

4.2.3 Vermarktungsnormen

4.2.3.1 Schlachtkörpergewicht (Zweihälftengewicht)

Die Abbildung 2 zeigt das mittlere Schlachtkörpergewicht der einzelnen hier untersuchten Schweinerassen. Auf der x-Achse sind die untersuchten Rassen aufgetragen, während auf der y-Achse das zugehörige Schlachtkörpergewicht in Kilogramm (kg) ablesbar ist.

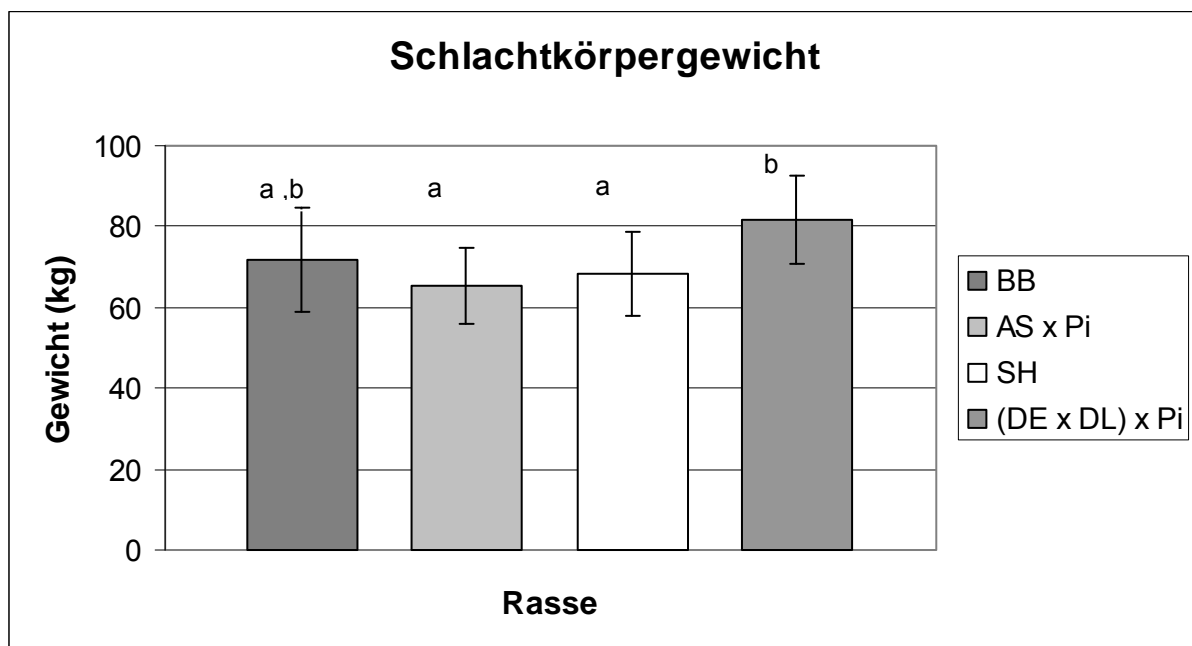


Abb. 2 Durchschnittliches Schlachtkörpergewicht der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) in Kilogramm (MW ± SD), gemessen bei der Klassifizierung im Schlachtbetrieb 1h post mortem; a, b ≤ 0,05

Das höchste Schlachtkörpergewicht erzielen die Tiere der Dreirassenkreuzung ((DE x DL) x Pi) mit durchschnittlich $81,7 \pm 10,8$ kg. Es besteht ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$) zu den Schwäbisch Hällischen Schweinen (SH) mit $68,5 \pm 10,5$ kg und den Angler Sattelschwein Pietrain-Kreuzungen (AS x Pi) mit $65,4 \pm 9,6$ kg, welche sich untereinander allerdings nicht statistisch signifikant unterscheiden ($p > 0,05$). Die Bunten Bentheimer Schweine (BB) nehmen mit $71,6 \pm 12,9$ kg eine

Mittelstellung ein und unterscheiden sich nicht statistisch signifikant von den anderen hier untersuchten Schweinerassen ($p > 0,05$).

4.2.3.2 Magerfleischanteil

In der Abbildung 3 sind die bei der Klassifizierung 1 h *p.m.* ermittelten Magerfleischanteile der Schlachtkörper der untersuchten Schweinerassen dargestellt. Auf der x-Achse sind die einzelnen Rassen angegeben, auf der y-Achse der durchschnittliche Magerfleischanteil der Schlachtkörper in Prozent (%).

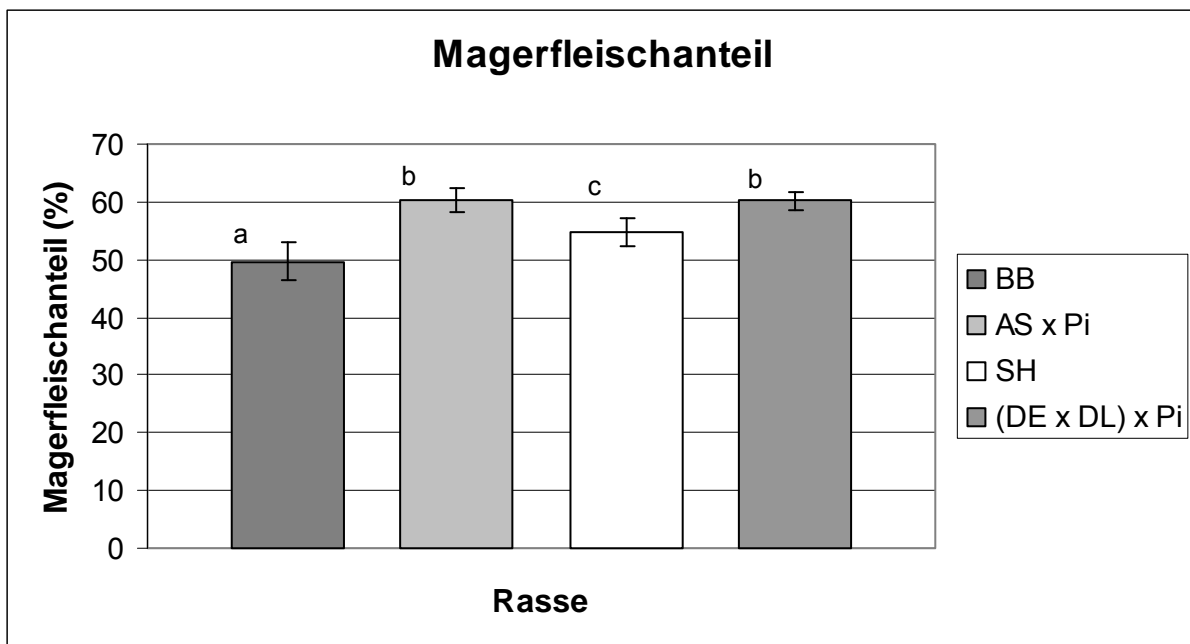


Abb. 3 Durchschnittlicher Magerfleischanteil der Schlachtkörper der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) in Prozent (MW \pm SD), gemessen bei der Klassifizierung im Schlachtbetrieb 1 h *p.m.*; a, b $\leq 0,05$

Die Schlachtkörper der Rassen Angler Sattelschwein x Pietrain (AS x Pi) und der Dreirassenkreuzung ((DE x DL) x Pi) unterscheiden sich hinsichtlich ihres Magerfleischanteils nicht signifikant ($p > 0,05$). Die Messwerte befinden sich mit $60,4 \pm 2,02$ % (AS x Pi) und $60,1 \pm 1,53$ % ((DE x DL) x Pi) etwa auf einem Niveau. Die Schlachtkörper der Bunten Bentheimer Schweine (BB) hingegen liegen mit einem

Magerfleischanteil von $49,6 \pm 3,32$ % auf dem niedrigsten Niveau der hier untersuchten Schweinerassen ($p \leq 0,05$). Der Magerfleischanteil der Schwäbisch Hällischen Schlachtkörper (SH) zeigt mit $54,7 \pm 2,50$ % statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zu den anderen beprobten Rassen.

4.2.3.3 Fleischmaß

Das Fleischmaß beschreibt den Durchmesser der Kotelettfläche des *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe. Die Abbildung 4 stellt die Fleischmaße der Schlachtkörper in Abhängigkeit von der Rasse graphisch dar. Auf der x-Achse sind die verschiedenen Rassen aufgezeigt, während die y-Achse das zugehörige Fleischmaß des Schlachtkörpers in Millimeter (mm) wiedergibt.

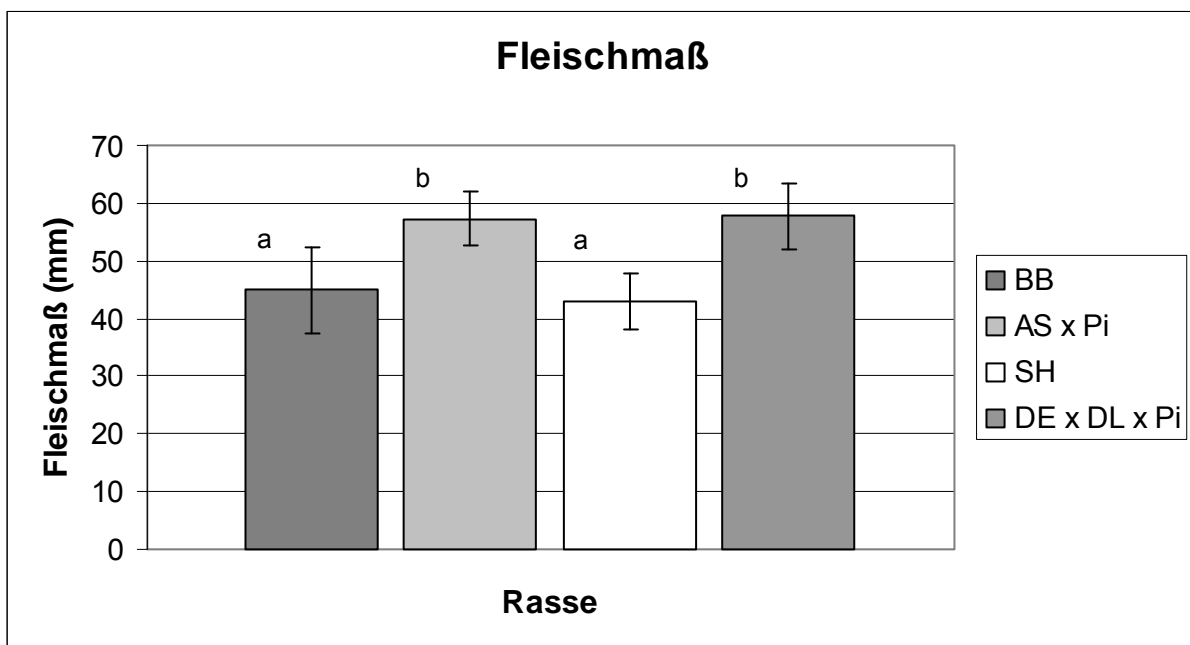


Abb. 4 Durchschnittliches Fleischmaß im *M. longissimus dorsi* der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) in Millimeter (MW \pm SD), gemessen bei der Klassifizierung im Schlachtbetrieb 1 h p.m.; a, b $\leq 0,05$

Das bei der Klassifizierung ermittelte Fleischmaß des *M. longissimus dorsi* weist statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den beiden Pietrain-

kreuzungen Angler Sattelschwein x Pietrain (AS x Pi) und der Dreirassenkreuzung ((DE x DL) x Pi) einerseits sowie Bunten Bentheimern (BB) und Schwäbisch Hällischen Schweinen (SH) andererseits auf. Während das Fleischmaß bei den Angler Sattelschwein-Pietrain-Kreuzungen $57,3 \pm 4,64$ mm und bei der Dreirassenkreuzung $57,7 \pm 5,74$ mm beträgt, grenzen sich die Bunten Bentheimer Schweine mit $44,9 \pm 7,42$ mm und die Schwäbisch Hällischen Schweine mit $42,9 \pm 4,86$ mm stark davon ab.

4.2.3.4 Speckmaß

In der Abbildung 5 sind die durchschnittlichen Speckmaße im *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe in den Schlachtkörpern der verschiedenen Schweinerassen dargestellt. Auf der x-Achse befinden sich die Rassen, während die y-Achse das jeweilige Speckmaß in Millimeter (mm) angibt.

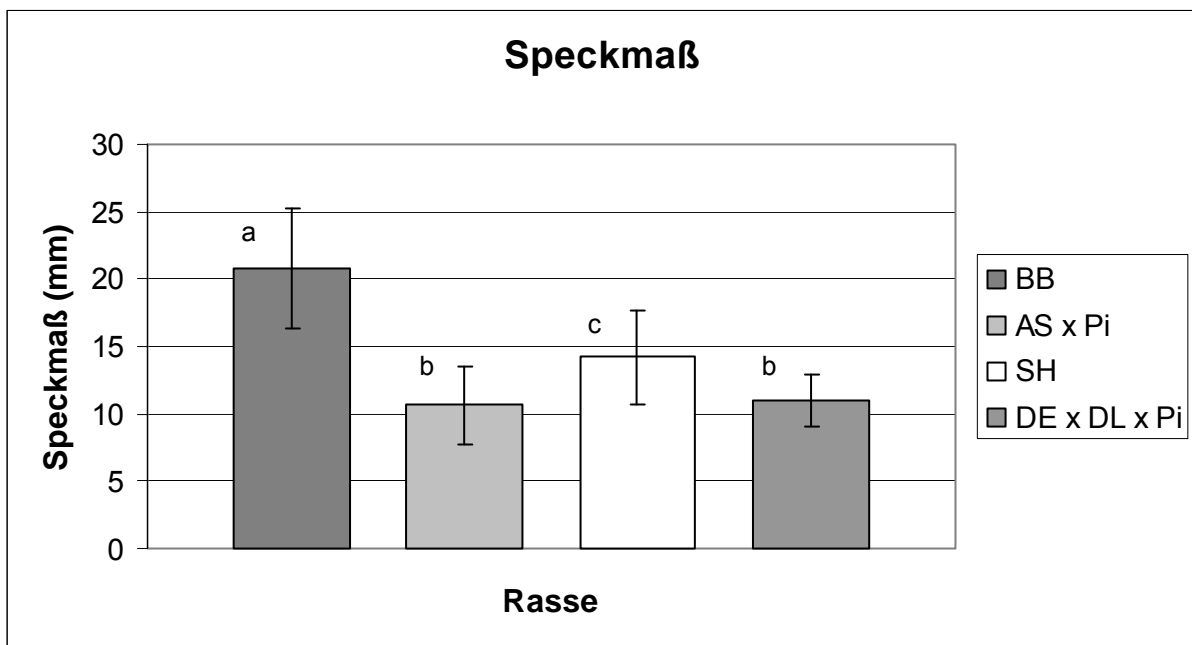


Abb. 5 Durchschnittliches Speckmaß im *M. longissimus dorsi* der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) in Millimeter (MW \pm SD), gemessen bei der Klassifizierung im Schlachtbetrieb 1 h p.m.; a, b $\leq 0,05$

Aus der Abbildung 5 wird ersichtlich, dass sich das Speckmaß im *M. longissimus dorsi* der Angler Sattelschwein-Pietrain-Kreuzung (AS x Pi) mit $10,6 \pm 2,95$ mm mit dem der Dreirassenkreuzung ((DE x DL) x Pi) mit $11 \pm 1,97$ mm auf einem Niveau befindet. Hier sind keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$) erkennbar. Die Bunten Bentheimer Schweine (BB) unterscheiden sich dazu mit einem Speckmaß von $20,8 \pm 4,48$ mm im Mittel signifikant von den anderen untersuchten Rassen ($p \leq 0,05$). Auch die Schwäbisch Hällischen Schweine, deren Speckmaß im *M. longissimus dorsi* mit $14,2 \pm 3,45$ mm eine Mittelstellung zwischen den beiden Pietrainkreuzungen und den Bunten Bentheimern einnimmt, zeigen einen signifikanten Unterschied zu den anderen drei untersuchten Rassen auf ($p \leq 0,05$).

4.2.4 Physikalische Untersuchungen

4.2.4.1 pH-Wert

In der Abbildung 6 wird der pH-Wert-Verlauf im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte der verschiedenen Schweinerassen zu festgelegten Messzeitpunkten dargestellt. Die y-Achse gibt den pH-Wert im *M. longissimus dorsi* zu den auf der x-Achse aufgeführten Untersuchungszeitpunkten (1 bis 11) an.

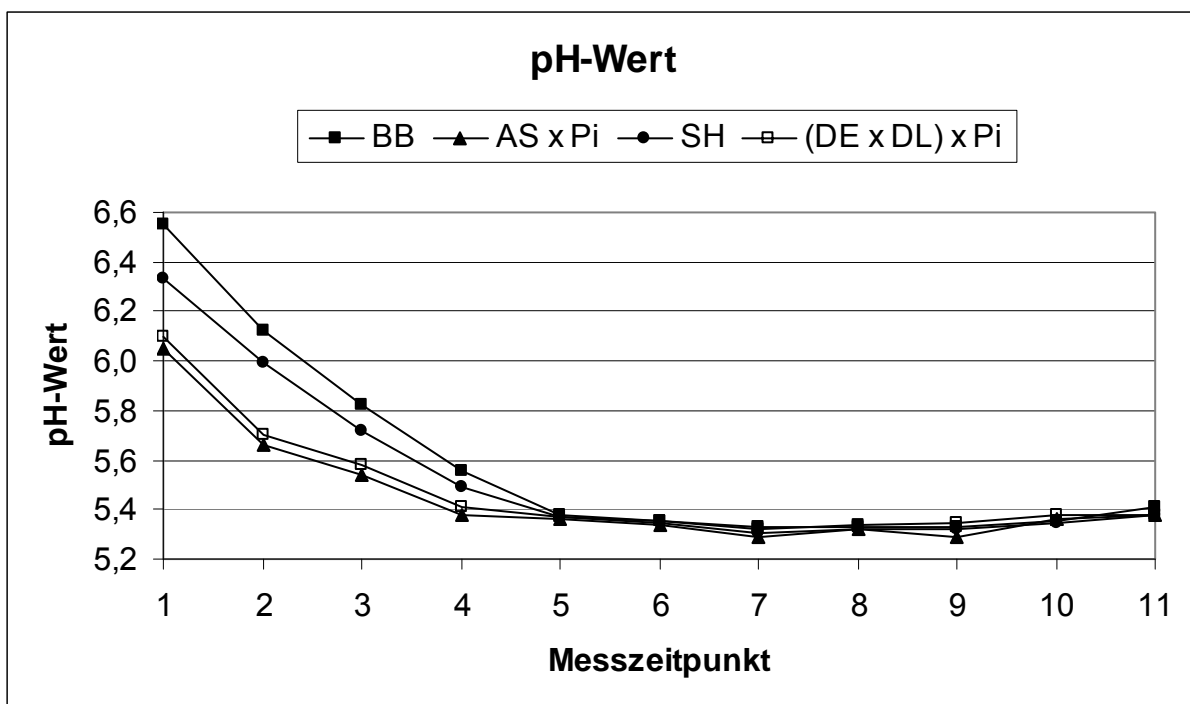


Abb. 6 pH-Wert-Verlauf (MW) im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$), gemessen an elf festgelegten Zeitpunkten: 1 = 1 h p.m., 2 = 3 h p.m., 3 = 6 h p.m., 4 = 12 h p.m., 5 = 24 h p.m., 6 = 30 h p.m., 7 = 48 h p.m., 8 = 54 h p.m., 9 = 72 h p.m., 10 = 78 h p.m., 11 = 96 h p.m.; Rasse: statistisch höchst signifikant ($p \leq 0,001$). SD siehe Anhang S. 140

Eine Stunde *post mortem* (Messzeitpunkt 1) unterscheiden sich die pH-Werte im *M. longissimus dorsi* der Pietrainkreuzungen AS x Pi ($\text{pH } 6,05 \pm 0,29$) und (DE x DL) x

Pi (pH $6,09 \pm 0,25$) statistisch höchst signifikant ($p \leq 0,001$) von den pH-Werten der Bunten Bentheimer Schweine (pH $6,55 \pm 0,15$) und der Schwäbisch Hällischen Schweine (pH $6,33 \pm 0,2$). Sechs Stunden *post mortem* (Messzeitpunkt 3) erfolgt eine Angleichung der pH-Werte: hier zeigen nur noch die pH-Werte der Bunten Bentheimer Schweine (pH $5,82 \pm 0,28$) statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zu den pH-Werten der beiden Pietrainkreuzungen AS x Pi (pH $5,54 \pm 0,12$) und (DE x DL) x Pi (pH $5,82 \pm 0,2$). Ab Messzeitpunkt fünf (24 h *post mortem*) nähern sich die pH-Werte aller Rassen dem Wert pH 5,37 an. Statistisch signifikante Unterschiede im pH-Wert liegen hier und im weiteren Verlauf bis 96 h *post mortem* nicht mehr vor ($p > 0,05$). Die pH-Werte aller Rassen erreichen 48 h bis 54 h *post mortem* ihren absoluten Tiefpunkt mit pH 5,29 bis pH 5,33, um gegen Ende der Messungen 96 h *post mortem* (Messzeitpunkt 11) wieder einen leichten Anstieg auf pH 5,37 bis pH 5,41 zu verzeichnen.

4.2.4.2 Auspressbare Gewebeflüssigkeit

Die Abbildung 7 stellt die auspressbare Gewebeflüssigkeit im *M. longissimus dorsi* als Quotient während der elf unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkte dar. Die x-Achse gibt die Rasse an, während auf der y-Achse die auspressbare Flüssigkeitsmenge (Q-Wert) aufgetragen ist.

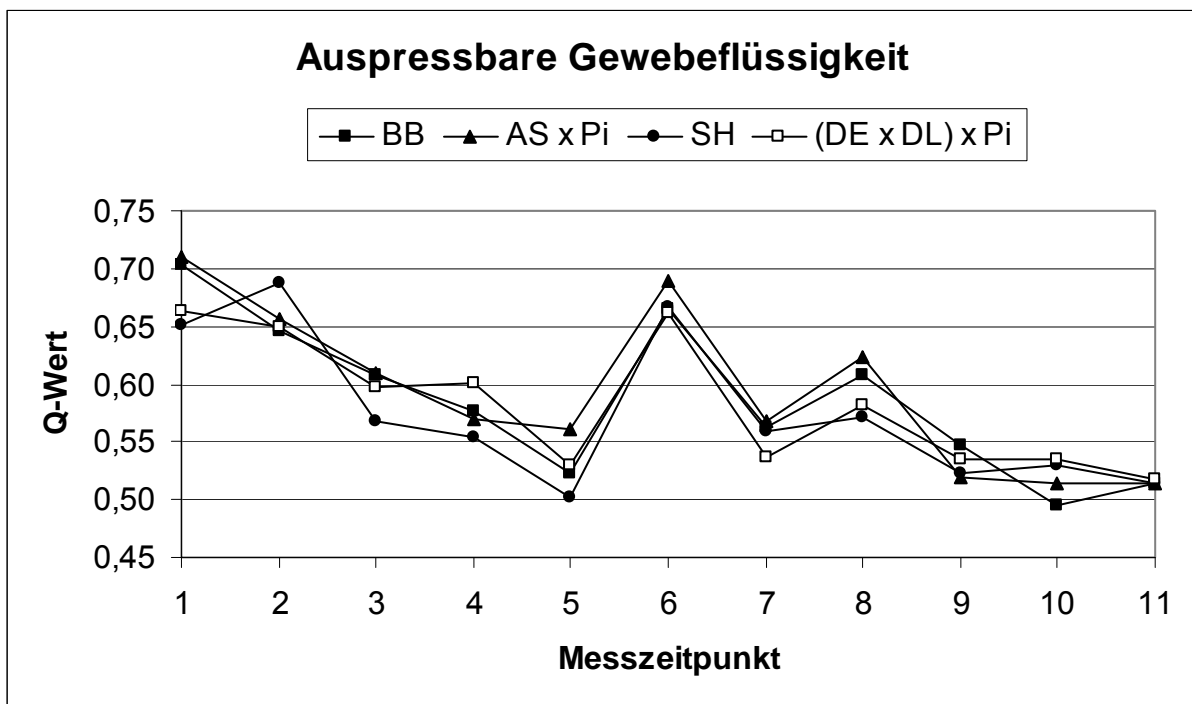


Abb. 7 Auspressbare Gewebeflüssigkeit (MW) im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$), gemessen an elf festgelegten Zeitpunkten: 1 = 1 h p.m., 2 = 3 h p.m., 3 = 6 h p.m., 4 = 12 h p.m., 5 = 24 h p.m., 6 = 30 h p.m., 7 = 48 h p.m., 8 = 54 h p.m., 9 = 72 h p.m., 10 = 78 h p.m., 11 = 96 h p.m.; Rasse: statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$). SD siehe Anhang S. 143

Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass die Menge der auspressbaren Gewebeflüssigkeit (Q-Werte) aus dem *M. longissimus dorsi* der untersuchten Schweinerassen sehr eng beieinander liegt. Statistisch konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Rassen errechnet werden ($p > 0,05$). Die Q-

Werte liegen zu Beginn der Messungen eine Stunde *post mortem* bei allen Rassen zwischen 0,66 und 0,71 und erreichen 24 h post mortem (Messzeitpunkt 5) einen Tiefpunkt zwischen $Q = 0,5$ bis 0,56. Dreißig Stunden *post mortem* (Messzeitpunkt 6) erfolgt ein Anstieg aller Q-Werte annähernd auf das Ausgangsniveau, während 48 h *post mortem* (Messzeitpunkt 7) wieder ein Abfall der Werte auf 0,53 bis 0,56 zu verzeichnen ist. Ein zweiter Peak erfolgt 54 h *post mortem* (Messung 8) mit Pressquotienten zwischen 0,57 und 0,62. Danach fallen die Q-Werte aller Rassen kontinuierlich bis zum Ende der Messungen 96 h *post mortem* (Messzeitpunkt 11) auf einen Wert von 0,51 ab.

4.2.4.3 L*, a*, b*-Farbwerte

4.2.4.3.1 L-Wert (Helligkeit)

Die Abbildung 8 stellt den zeitabhängigen Verlauf des Helligkeitswertes (L*-Wert) im *M. longissimus dorsi* der Schlachtkörper der untersuchten Schweinerassen dar. Während die x-Achse die unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkte angibt, beschreibt die y-Achse den zugehörigen dimensionslosen Helligkeitswert L*.

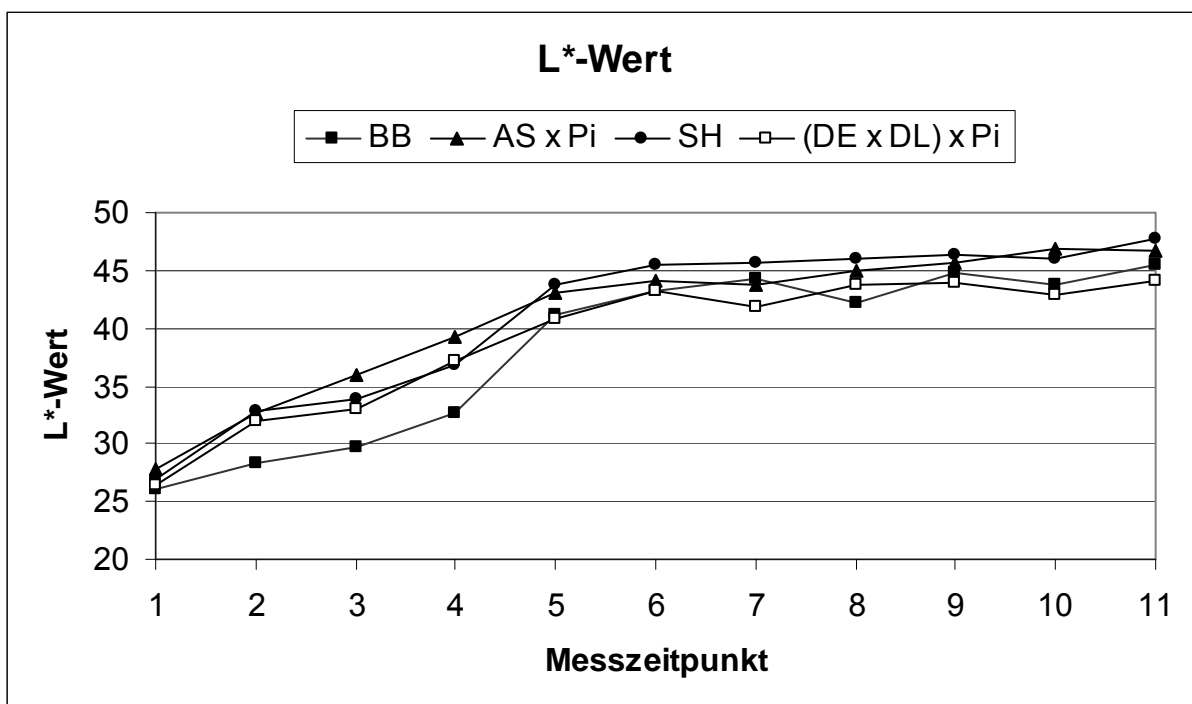


Abb. 8 Zeitabhängiger Verlauf des Helligkeitswertes L* (MW) im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte der Schweinerassen BB (n = 9), AS x Pi (n = 9), SH (n = 17) und (DE x DL) x Pi (n = 16) zu festgelegten Zeitpunkten: 1 = 1 h p.m., 2 = 3 h p.m., 3 = 6 h p.m., 4 = 12 h p.m., 5 = 24 h p.m., 6 = 30 h p.m., 7 = 48 h p.m., 8 = 54 h p.m., 9 = 72 h p.m., 10 = 78 h p.m., 11 = 96 h p.m.; Rasse: statistisch hoch signifikant ($p \leq 0,01$). SD siehe Anhang S.146

Die Muskelproben der untersuchten Schweinerassen unterscheiden sich im Hinblick auf den Helligkeitswert L* zu Beginn der Messungen 1 h *post mortem* nicht

signifikant ($p > 0,05$), die L^* -Werte liegen um 27. Mit zunehmender Zeit steigen die L^* -Werte im *M. longissimus dorsi* aller Rassen bis 30 h *post mortem* (Messzeitpunkt 6) auf Werte von 43,2 bis 45,5 an, wobei die Messwertkurve der Bunten Bentheimer Schweine bis 12 h *post mortem* (Messzeitpunkt 4) nur leicht ansteigt und sich dabei signifikant von den Kurven der anderen drei untersuchten Genetiken unterscheidet ($p \leq 0,05$). Bis 24 h *post mortem* (Messzeitpunkt 5) gleichen sich die Werte dem Niveau der anderen Rassen an. In dem Zeitraum 30 h *post mortem* (Messzeitpunkt 6) bis 96 h *post mortem* (Messzeitpunkt 11) befinden sich die Helligkeitswerte im *M. longissimus dorsi* aller untersuchten Schweinerassen zwischen 44,1 und 47,8.

4.2.4.3.2 a*-Wert (Rotwert)

Die Abbildung 9 gibt den dimensionslosen Rotwert a^* des *M. longissimus dorsi* verschiedener Schweinerassen zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten an. Auf der x-Achse befinden sich wieder die Messzeitpunkte (1-11) und auf der y-Achse sind die zugehörigen a^* -Werte aufgetragen.

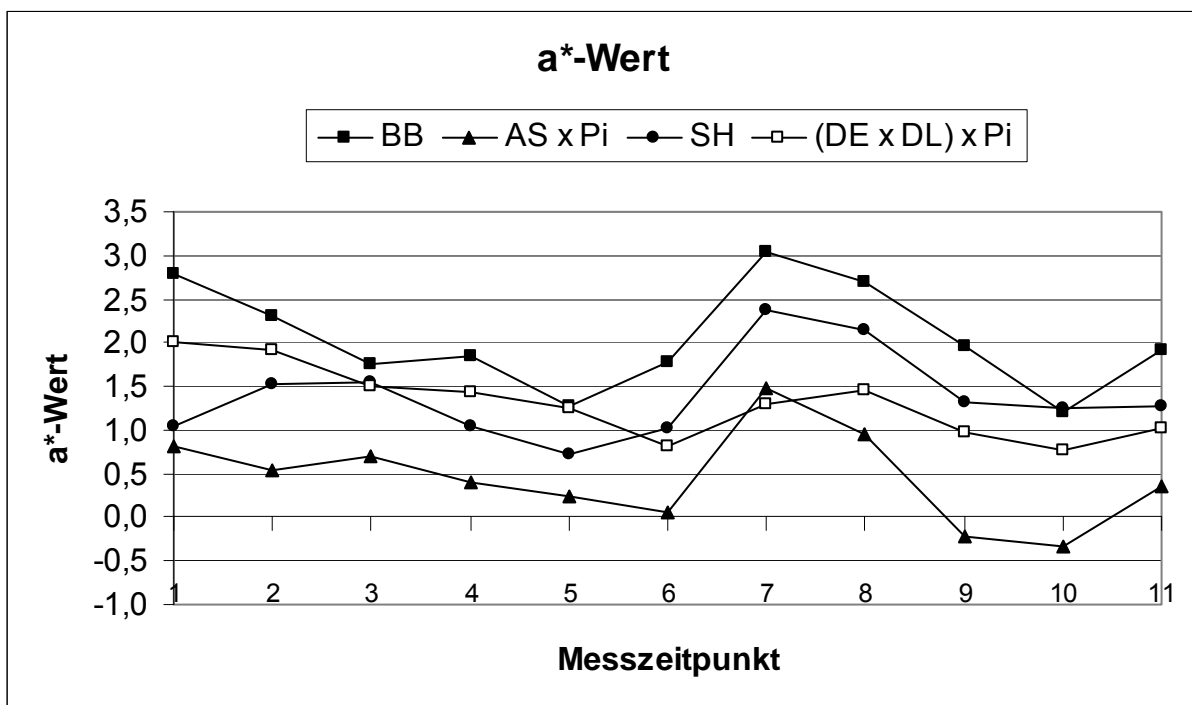


Abb. 9 Zeitabhängiger Verlauf des Rotwertes a^* (MW) im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) zu festgelegten Zeitpunkten: 1 = 1 h p.m., 2 = 3 h p.m., 3 = 6 h p.m., 4 = 12 h p.m., 5 = 24 h p.m., 6 = 30 h p.m., 7 = 48 h p.m., 8 = 54 h p.m., 9 = 72 h p.m., 10 = 78 h p.m., 11 = 96 h p.m.; Rasse: statistisch signifikant ($p \leq 0,05$). SD siehe Anhang S.149

Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass die Rotwerte des *M. longissimus dorsi* der verschiedenen Schweinerassen über den Untersuchungszeitraum annähernd parallel verlaufen. Bis 24 bzw. 30 h *post mortem* (Messzeitpunkt 5 bzw. 6) fallen die Rotwerte bei allen Rassen um etwa eine Einheit auf Werte zwischen 0 und 1,8 ab, steigen

dann bis 48 bzw. 54 h *post mortem* (Messzeitpunkt 7 bzw. 8) wieder ungefähr auf ihr Ausgangsniveau an, fallen bis 78 h *post mortem* (Messzeitpunkt 10) auf Werte zwischen -0,33 bis 1,3 und steigen wieder bis 96 h *post mortem* auf 0,4 bis 1,9 an (Messzeitpunkt 11). Aus dem Kurvenverlauf geht hervor, dass im *M. longissimus dorsi* der Bunten Bentheimer Schweine die höchsten Rotwerte (1,2 bis 3,03) erzielt werden , während im *M. longissimus dorsi* der Angler Sattelschwein-Pietrain-Kreuzung die niedrigsten Werte (-0,33 bis 1,49) gemessen werden.

4.2.4.3.3 b*-Wert (Gelbwert)

In der Abbildung 10 wird der Gelbwert (b*-Wert) des *M. longissimus dorsi* unterschiedlicher Schweinerassen zu verschiedenen, auf der x-Achse aufgetragenen Messzeitpunkten aufgezeigt. Die y-Achse gibt den dimensionslosen Gelbwert b* an.

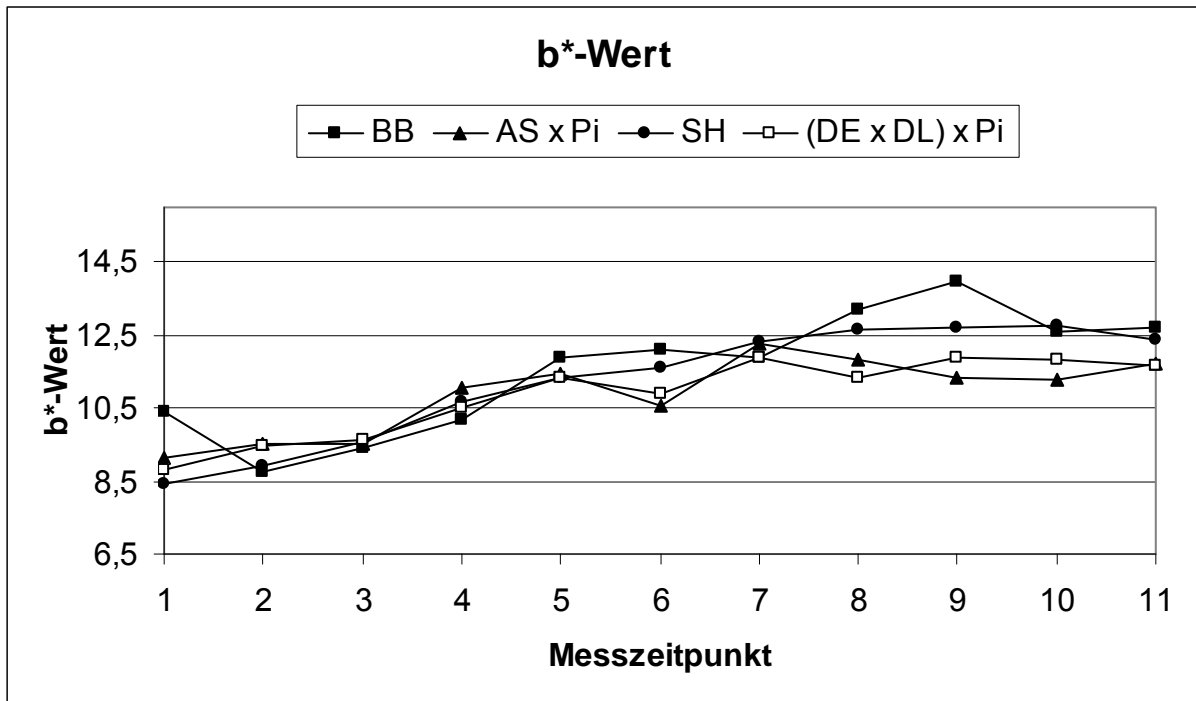


Abb. 10 Zeitabhängiger Verlauf des Gelbwertes b* (MW) im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte der Schweinerassen BB (n = 9), AS x Pi (n = 9), SH (n = 17) und (DE x DL) x Pi (n = 16) zu festgelegten Zeitpunkten: 1 = 1 h p.m., 2 = 3 h p.m., 3 = 6 h p.m., 4 = 12 h p.m., 5 = 24 h p.m., 6 = 30 h p.m., 7 = 48 h p.m., 8 = 54 h p.m., 9 = 72 h p.m., 10 = 78 h p.m., 11 = 96 h p.m.; Rasse: statistisch hoch signifikant ($p \leq 0,01$). SD siehe Anhang S. 152

Der Gelbwert im *M. longissimus dorsi* steigt bei allen Schweinerassen, ausgehend von Messwerten in einem Bereich von 8,4 bis 10,4, bis etwa 24 h *post mortem* (Messzeitpunkt 5) leicht an und pendelt sich zum Ende der Messungen 96 h *post mortem* (Messzeitpunkt 11) bei Werten zwischen 11,7 und 12,7 ein. Auffällig sind die hohen Gelbwerte im *M. longissimus dorsi* der Bunten Bentheimer Schweine 54 h

bzw. 72 h *post mortem* (Messzeitpunkt 8 bzw.9) von 13,2 bis 14. Nach 30 h *post mortem* (Messzeitpunkt 6) erzielen die Rassen Buntes Bentheimer Schwein und Schwäbisch Hällisches Schwein insgesamt höhere Gelbwerte als die beiden Pietrainkreuzungen AS x Pi und (DE x DL) x Pi.

4.2.4.4 Leitfähigkeit

In Abbildung 11 wird die Leitfähigkeit im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte verschiedener Schweinerassen graphisch dargestellt. Auf der x-Achse befinden sich die einzelnen Messzeitpunkte und auf der y-Achse die zugehörige Leitfähigkeit in Millisiemens pro Zentimeter (mS / cm).

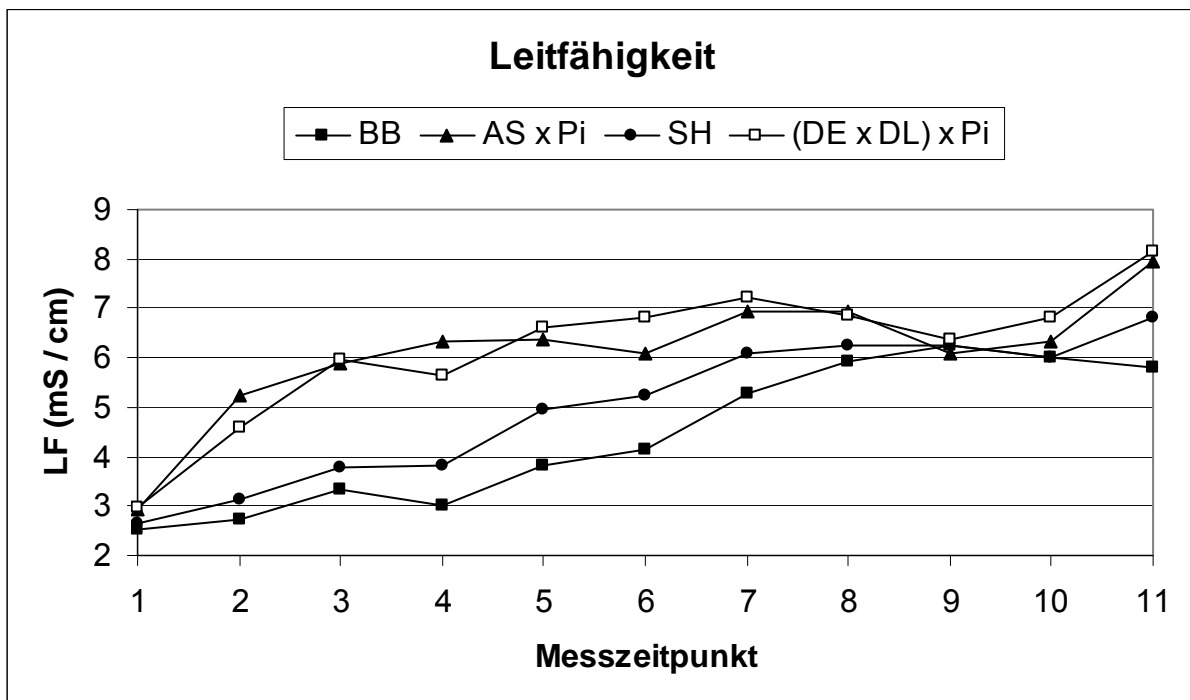


Abb. 11 Leitfähigkeit (MW) des *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) zu festgelegten Zeitpunkten: 1 = 1 h p.m., 2 = 3 h p.m., 3 = 6 h p.m., 4 = 12 h p.m., 5 = 24 h p.m., 6 = 30 h p.m., 7 = 48 h p.m., 8 = 54 h p.m., 9 = 72 h p.m., 10 = 78 h p.m., 11 = 96 h p.m.; SD siehe Anhang S. 155

Aus der Abbildung 11 wird ersichtlich, dass die Leitfähigkeiten im *M. longissimus dorsi* 1 h *post mortem* (Messzeitpunkt 1) bei allen untersuchten Rassen eng beieinander liegen (2,5 bis 3 mS / cm). Im weiteren zeitlichen Verlauf *post mortem* erfolgt ein Anstieg aller Leitfähigkeitswerte bis 48 h *post mortem* (Messzeitpunkt 7) auf 5,3 bis 7,2 mS / cm, wobei die Leitfähigkeitswerte im *M. longissimus dorsi* der Pietrainkreuzungen AS x Pi und (DE x DL) x Pi auf signifikant höheren Werten ($p \leq 0,05$) basieren als die Messwerte der Schwäbisch Hällischen Schweine (SH) und der Bunten Bentheimer Schweine (BB). Diese statistisch signifikanten Rasseunterschiede bestehen bis 30 h *post mortem*. 72 h *post mortem* (Messzeitpunkt 9) befinden sich alle Leitfähigkeitswerte eng beieinander (6,1 bis 6,4 mS / cm), um dann wieder anzusteigen (SH, AS x Pi, (DE x DL) x Pi) bzw. abzufallen (BB). Zum Ende der Messungen 96 h *post mortem* (Messzeitpunkt 11) liegt die Leitfähigkeit im *M. longissimus dorsi* der Bunten Bentheimer Schweine bei 5,8 mS / cm, während die Messwerte bei den Schwäbisch Hällischen Schweinen 6,8 mS / cm, bei der Angler-Sattelschwein-Pietrain-Kreuzung (AS x Pi) 8,0 mS / cm und bei der Dreirassenkreuzung ((DE x DL) x Pi) 8,2 mS / cm betragen. Zu diesem Zeitpunkt bestehen statistisch signifikante Rasseunterschiede ($p \leq 0,05$).

4.2.5 Chemische Untersuchungen

4.2.5.1. Intramuskulärer Fettgehalt

Die Abbildung 12 zeigt die postmortal bei der chemischen Vollanalyse ermittelten intramuskulären Fettgehalte (Mittelwerte) des *M. longissimus dorsi* der einzelnen Schweinerassen. Während auf der x-Achse die verschiedenen Rassen aufgetragen sind, stellt die y-Achse die zugehörigen intramuskulären Fettgehalte in Prozent (%) dar.

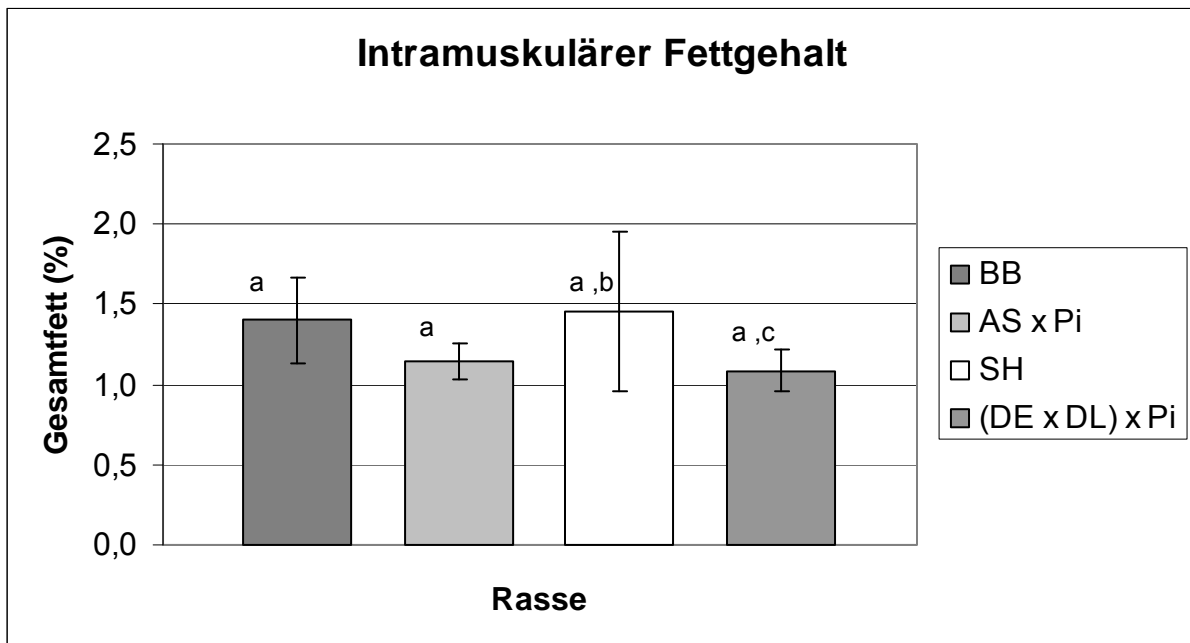


Abb. 12 Durchschnittlicher intramuskulärer Fettgehalt des *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) in Prozent (%), (MW \pm SD); $a, b \leq 0,05$

Die Abbildung zeigt, dass sich der intramuskuläre Fettgehalt im *M. longissimus dorsi* der Bunten Bentheimer Schweine (BB) mit einem Mittelwert von 1,4 % nicht sehr stark von dem der Schwäbisch Hällischen Schweine (SH) mit einem Wert von 1,5 % unterscheidet. Die Messwerte der beiden Pietrainkreuzungen (AS x PI) und (DE x DL) x Pi befinden sich mit einem Mittelwert von jeweils 1,1 % auf gleichem Niveau.

Statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) bestehen lediglich zwischen Schwäbisch Hällischen Schweinen und der Dreirassenkreuzung ((DE x DL) x Pi).

4.2.5.2 Proteingehalt

Die Abbildung 13 gibt den bei der chemischen Untersuchung ermittelten, mittleren relativen Eiweißgehalt des *M. longissimus dorsi* der untersuchten Schweinerassen an. Auf der x-Achse sind die verschiedenen Rassen aufgezeigt und auf der y-Achse ist der jeweilige Proteingehalt in Prozent (%) angegeben.

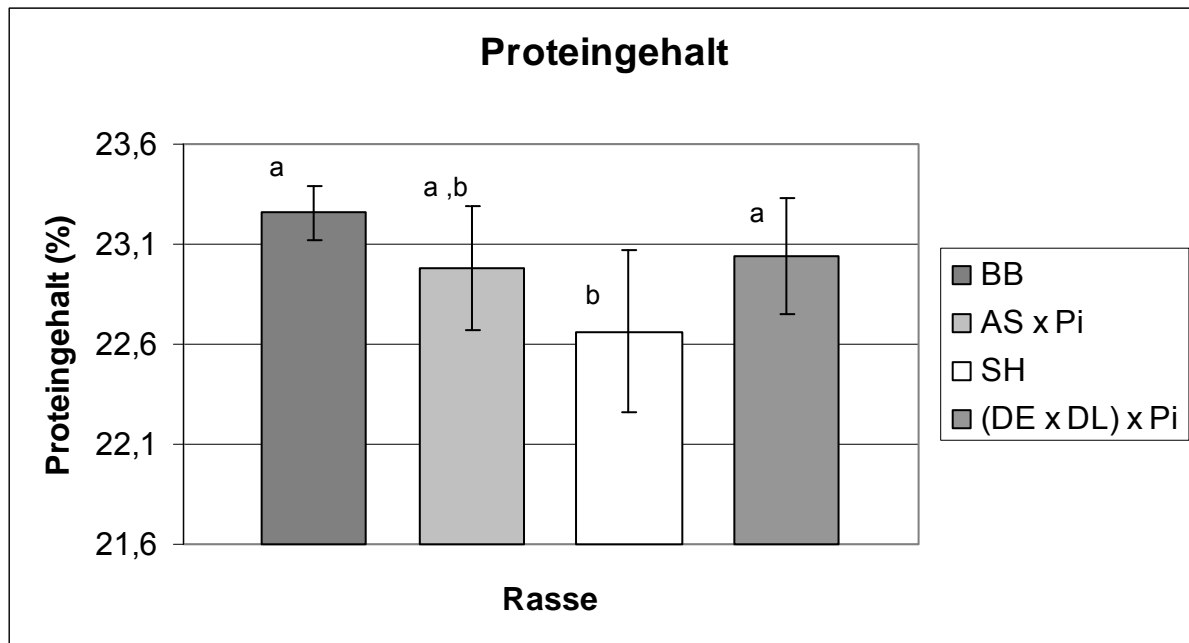


Abb. 13 Durchschnittlicher Proteingehalt des *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) in Prozent (%), ($MW \pm SD$); a, b $\leq 0,05$

Aus der Abbildung 13 wird ersichtlich, dass die mittleren Eiweißgehalte im *M. longissimus dorsi* bei allen Rassen Werte um 23 % aufweisen. Statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) bestehen zwischen Schwäbisch Hällischen Schweinen (22,7 %) und Bunten Bentheimern Schweinen (23,3 %) einerseits und Schwäbisch

Hällischen Schweinen und der Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi (23,0 %) andererseits.

4.2.5.3 Hydroxyprolin

In der Abbildung 14 wird der bei der chemischen Vollanalyse ermittelte mittlere relative Hydroxyprolingehalt des *M. longissimus dorsi* der untersuchten Schweinerassen dargestellt. Die x-Achse beschreibt die beprobten Rassen, während die y-Achse die zugehörigen Hydroxyprolingehalte in Prozent (%) angibt.

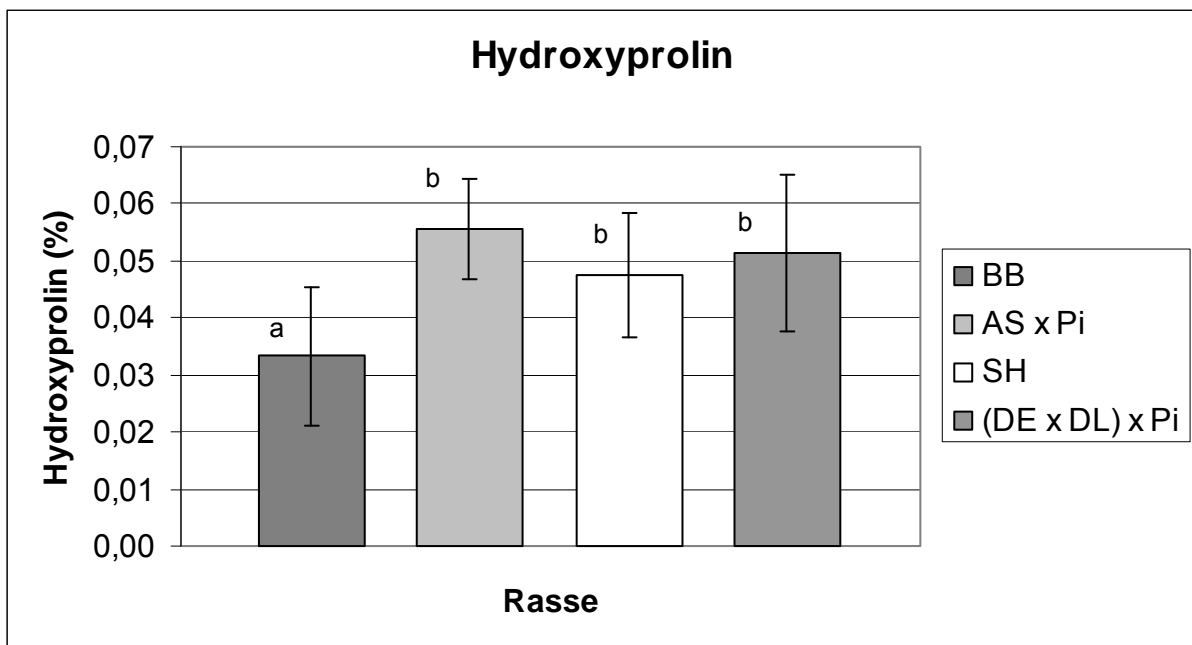


Abb. 14 Durchschnittlicher Hydroxyprolingehalt des *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) in Prozent (%), (MW ± SD); a, b ≤ 0,05

Die Abbildung zeigt, dass die Angler Sattelschwein-Pietrain-Kreuzung (AS x Pi) mit $0,056 \pm 0,009$ % die höchsten Hydroxyprolingehalte im *M. longissimus dorsi* aufweist, gefolgt von der Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi mit $0,051 \pm 0,014$ %. Danach folgen die Schwäbisch Hällischen Schweine (SH) mit $0,048 \pm 0,01$ % und die Bunten

Bentheimer Schweine (BB) mit $0,033 \pm 0,012$ %. Die Bunten Bentheimer Schweine unterscheiden sich hinsichtlich des Hydroxyprolinegehaltes im *M. longissimus dorsi* statistisch signifikant von den anderen drei untersuchten Rassen ($p \leq 0,05$), die untereinander wiederum keine statistischen Signifikanzen zueinander aufweisen ($p > 0,05$).

4.2.5.4 Trockensubstanz

Die Abbildung 15 zeigt die durchschnittlichen relativen Trockensubstanzgehalte im *M. longissimus dorsi* der verschiedenen Schweinerassen. Auf der x-Achse befinden sich die Rassen, während die y-Achse die Trockensubstanzgehalte in Prozent (%) darstellt.

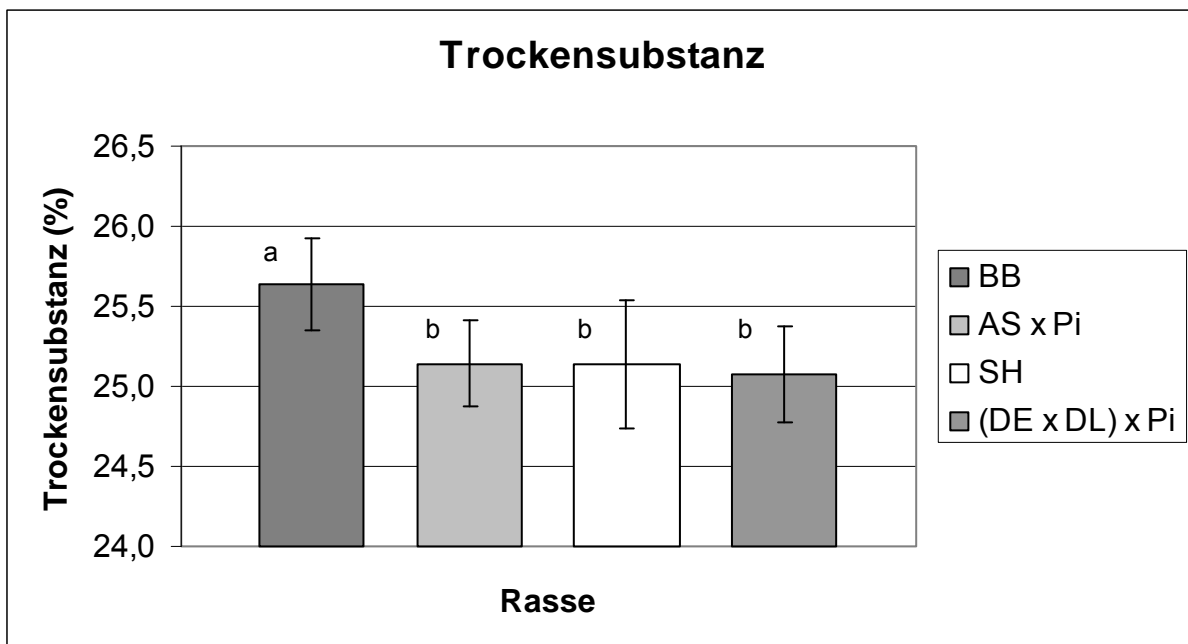


Abb. 15 Durchschnittlicher Trockensubstanzgehalt des *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) in Prozent (%), (MW \pm SD); a, b $\leq 0,05$

Die Grafik veranschaulicht, dass die Trockensubstanzgehalte innerhalb sehr enger Grenzen schwanken. Die mittleren Messwerte im *M. longissimus dorsi* der Bunten

Bentheimer Schweine (BB) unterscheiden sich mit 25,6 % statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) von den Werten der Schwäbisch Hällischen Schweine (25,1 %), der Angler-Sattelschwein-Pietrain-Kreuzung (25,1 %) und der Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi (25,1 %).

4.2.5.5 Gesamtwasser

Die Abbildung 16 stellt den bei der chemischen Vollanalyse ermittelten relativen Anteil des Gesamtwassers des *M. longissimus dorsi* dar. Die x-Achse gibt die Rasse an, während die y-Achse das Gesamtwasser in Prozent (%) darstellt.

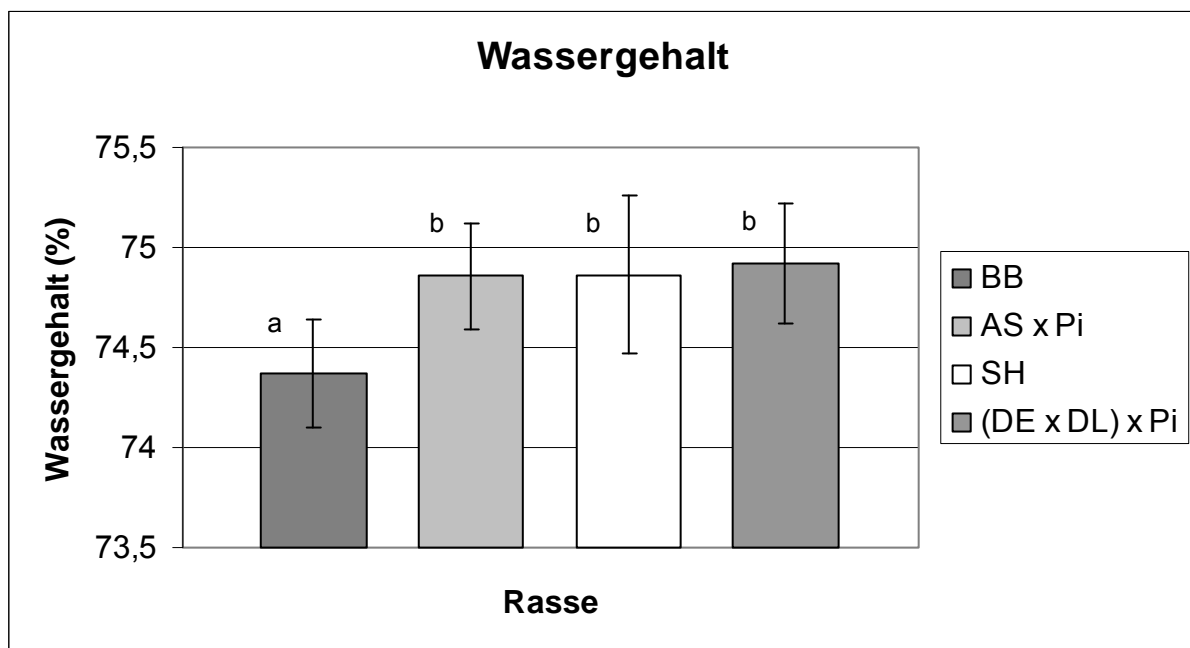


Abb. 16 Durchschnittlicher Wassergehalt im *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) in Prozent (%), (Mittelwerte \pm SD); a, b $\leq 0,05$

Der durchschnittliche Wassergehalt des *M. longissimus dorsi* der Bunten Bentheimer Schweine unterscheidet sich mit einem Mittelwert von 74,4 % statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) von dem der Schwäbisch Hällischen Schweine (74,9 %), der Angler-

Sattelschwein-Pietrain-Kreuzung (74,9 %) und der Dreirassenkreuzung (74,93 %). Die hier ermittelten Wassergehalte des *M. longissimus dorsi* liegen bei den verschiedenen Schweinerassen innerhalb sehr enger Grenzen.

4.2.5.6 Asche

Die Abbildung 17 beschreibt den relativen Aschegehalt des *M. longissimus dorsi* verschiedener Schweinerassen in graphischer Form. Die Abszisse gibt die Rasse an und auf der Ordinate sind die Ascheanteile in Prozent (%) dargestellt.

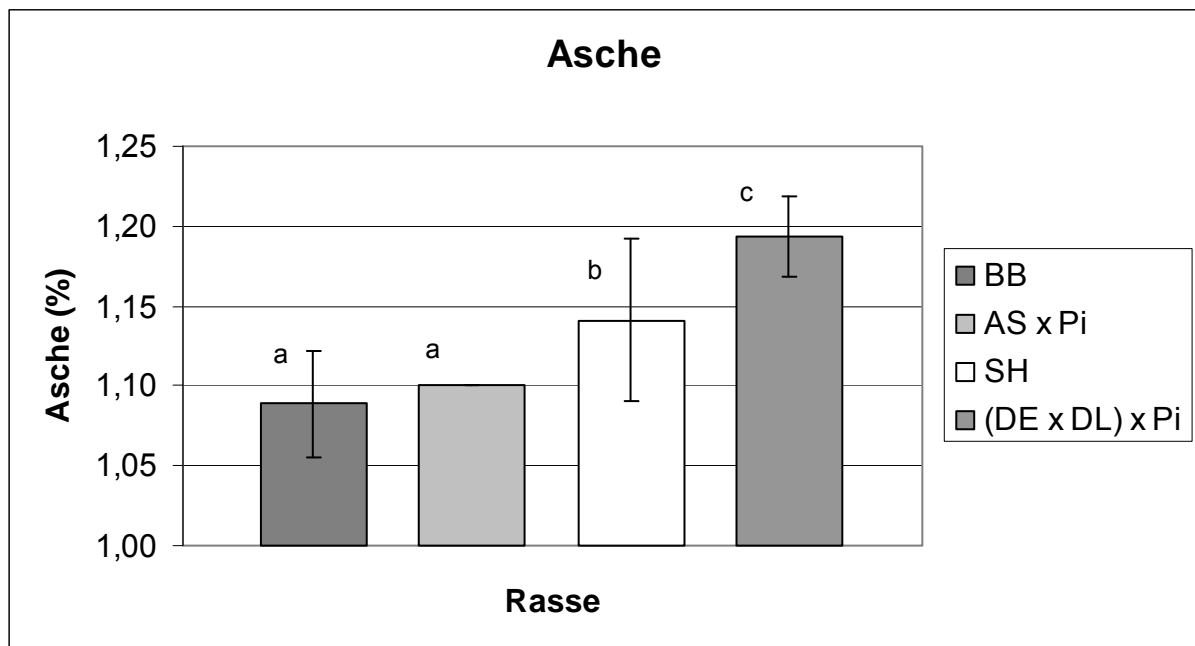


Abb. 17 Durchschnittlicher Aschegehalt im *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe der Schweinerassen BB ($n = 9$), AS x Pi ($n = 9$), SH ($n = 17$) und (DE x DL) x Pi ($n = 16$) in Prozent (%), (MW \pm SD); a, b \leq 0,05

Im Aschegehalt des *M. longissimus dorsi* lassen sich lediglich zwischen den Bunten Bentheimer Schweinen (BB) mit 1,09 % und der Angler-Sattelschwein-Pietrain-Kreuzung (AS x Pi) mit 1,1 % keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$) nachweisen. Die Aschegehalte der anderen untersuchten Rassen unterscheiden sich

jedoch mit 1,14 % (SH) bzw. 1,19 % ((DE x DL) x Pi) statistisch signifikant voneinander ($p \leq 0,05$) und von den Bunten Bentheimer Schweinen und der Angler-Sattelschwein-Pietrain-Kreuzung.

5. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit sollen vier verschiedene Schweinerassen im Feldversuch miteinander verglichen werden. Dabei sollen sowohl die Fleischbeschaffenheit als auch die Fleischreifung anhand der Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit, L^* , a^* , b^* -Farbwerte und auspressbare Gewebeflüssigkeit, gemessen in bestimmten Abständen über einen Zeitraum von 96 Stunden, bestimmt werden. Darüber hinaus sollen die bei der Klassifizierung erhobenen Vermarktungsnormen Schlachtkörpergewicht, Magerfleischanteil, Fleischmaß und Speckmaß sowie die bei der chemischen Untersuchung bestimmten Parameter intramuskulärer Fettgehalt, Proteingehalt, Hydroxyprolin, Trockensubstanz, Wassergehalt und Aschegehalt Auskunft über die Fleischbeschaffenheit geben. Weiterhin sollen die Tageszunahmen der verschiedenen Rassen während der Mastphase und die Befunde bei der amtlichen Schlachttier- und Fleischuntersuchung beurteilt werden. Ziel dieser Arbeit ist es, diesbezügliche Unterschiede zwischen zwei alten Schweinerassen (Buntes Bentheimer Schwein, Schwäbisch Hällisches Schwein), einer Gebrauchskreuzung (Angler Sattelschwein x Pietrain) und einer heutzutage häufig im hannoverschen Raum eingesetzten Pietrainkreuzung ((Deutsches Edelschwein x Deutsches Landschwein) x Pietrain) darzustellen und besagte Rassen auf ihre Eignung für die ökologische Schweinefleischproduktion unter kommerziellen Gesichtspunkten zu überprüfen. Des Weiteren sollen in einem ersten Versuchsabschnitt sechs Schlachtschweine der auch im zweiten Versuchsabschnitt eingesetzten Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi aus konventioneller Haltung unter möglichst gleichen Bedingungen wie im zweiten Versuchsabschnitt geschlachtet und untersucht werden, um die durch Fütterung und Haltung verursachten Unterschiede in Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung herausarbeiten zu können und das Leistungsvermögen der Genetik (DE x DL) x Pi bei konventioneller und ökologischer Mast miteinander vergleichen zu können.

5.1 Diskussion von Material und Methode

5.1.1 Probenmaterial

Die Schlachttier- und Schlachtkörperqualität wird durch viele Faktoren beeinflusst. So spielen Herkunft, Genetik, Haltung, Fütterung, Transport, Art der Behandlung vor der Schlachtung, Witterungsverhältnisse während der Mast und am Schlachttag, Schlachttechnologie aber auch die Messgeräte und die Art der Messung bestimmter Fleischbeschaffenheitsparameter eine zentrale Rolle für die Bestimmung der Produktqualität. In der vorliegenden Arbeit soll speziell der Einfluss des Faktors Genetik auf die Fleischbeschaffenheit und die Fleischreifung untersucht werden. Daher wurde versucht, alle anderen Variablen möglichst zu standardisieren, um eventuell vorhandene Rasseunterschiede in der Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung tatsächlich auf die Genetik zurückführen zu können.

Die Haltungsbedingungen und das Versuchsfutter wurden in Anlehnung an die für den Ökolandbau maßgeblichen Erfordernisse der Verordnung (EG) Nr. 834 / 2007 gestaltet, da mit diesem Versuch speziell die Eignung der geprüften Rassen für die ökologische Schweinehaltung getestet werden sollte. In der Verordnung werden unter anderem eine den Bedürfnissen der Tiere entsprechende Besatzdichte, ständiger Zugang zu Freigelände und Raufutter, die Auswahl geeigneter Rassen und das Verbot der Verwendung von GVO gefordert. Diesen Vorgaben wurde Rechnung getragen, indem an Robusthaltung adaptierte Rassen ausgewählt wurden. Die Tiere wurden auf Stroh in einer 225 m² großen Halle mit frei zugänglichem, 60 m² großen Auslauf gehalten. Bei 58 Masttieren entspricht das Platzangebot pro Tier somit 4,91 m². Als Raufutter wurde zunächst gutes Heu angeboten, was die Tiere jedoch nicht akzeptierten. Daher erfolgte nach ca. 1 Woche eine Umstellung auf Grassilage. Die Silage wurde gern gefressen und jeweils frisch nach der Krafftuttergabe ad libitum gegeben. Das Krafftutter enthielt kein gentechnisch verändertes Soja sondern Kartoffeleiweiß als Proteinträger und entsprach somit den Anforderungen der Verordnung.

5.1.2 Methoden

Die Untersuchung der Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung erfolgte nach den Maßgaben der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren (§ 64 LFGB), der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung und Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis (AVV LmH – AVV Lebensmittelhygiene vom 12. September 2007) und der Commission Internationale de L'Eclairage. Die in den genannten Vorschriften beschriebenen Methoden wurden ausgewählt, da sie sich als gängige Referenzmethoden zur Ermittlung der Fleischbeschaffenheit etabliert haben. Die Messgeräte wurden vor den Messungen kalibriert bzw. geeicht, um verlässliche und reproduzierbare Werte zu erhalten.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Vergleichende Diskussion der Ergebnisse aus dem ersten Versuchsabschnitt

5.2.1.1 Vermarktungsnormen

In der Tabelle 4 werden die bei der Klassifizierung 1 h *post mortem* ermittelten Parameter Schlachtkörpergewicht, Magerfleischanteil, Fleischmaß und Speckmaß aus erstem und zweitem Versuchsabschnitt, gemessen im *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe, vergleichend dargestellt. Es handelt sich bei den Werten um Mittelwerte und Standardabweichungen der Rasse (DE x DL) x Pi.

Tab. 4 Vergleich der Klassifizierungsdaten der Rasse (DE x DL) x Pi aus dem 1. und 2. Versuchsabschnitt, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

(DE x DL) x Pi	Schlachtkörper- gewicht (kg)		Magerfleisch- anteil (%)		Fleisch- maß (mm)		Speck- maß (mm)	
	MW	± SD	MW	± SD	MW	± SD	MW	± SD
1. Versuchs- abschnitt n = 6	96,6	3,9	60,2	3,3	72,0	7,6	14,0	2,5
2. Versuchs- abschnitt n = 16	81,7	10,8	60,1	1,5	57,7	5,7	11,0	2,0

Bezüglich der Parameter Schlachtkörpergewicht, Fleischmaß und Speckmaß unterscheiden sich die im 1. und 2. Versuchsabschnitt klassifizierten Schlachttierkörper statistisch signifikant voneinander ($p \leq 0,05$). Lediglich der Magerfleischanteil ist bei beiden Versuchsreihen annähernd gleich und weist somit keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Versuchsreihen auf ($p > 0,05$). Aus der

Tabelle wird ersichtlich, dass das durchschnittliche Schlachtkörpergewicht der konventionell gemästeten Tiere aus dem 1. Versuchsabschnitt etwa 15 kg höher ist als das Schlachtkörpergewicht der unter ökologischen Bedingungen gemästeten Tiere aus dem 2. Versuchsabschnitt, obwohl die Tiere aus dem 2. Versuchsabschnitt drei Monate länger gemästet wurden. Dies lässt sich vor allem durch die rationierte Kraftfuttergabe in Verbindung mit Silagefütterung *ad libitum* erklären. Diese Fütterung führte bei den Tieren aus dem 2. Versuchsabschnitt zu einer stark verminderten Energieaufnahme, die in geringeren Zunahmen resultiert. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von DANIELSEN et al. (1999), die verminderte Tageszunahmen auf eine vermehrte Raufuttergabe zurückführen. Auch das erhöhte Bewegungsangebot der Tiere aus dem 2. Versuchsabschnitt sowie die Haltung außerhalb des thermoneutralen Bereichs sind als ursächlich für die verminderten Zunahmen anzusehen (STRUDSHOLM 2005). Fleisch- und Speckmaß unterscheiden sich bei beiden Versuchen signifikant voneinander. Während die Kotelettfäche bei den konventionell gemästeten Schweinen $72,0 \pm 7,6$ mm beträgt, beträgt sie bei den extensiv gehaltenen Tieren nur $57,7 \pm 5,7$ mm. Das Speckmaß ist erwartungsgemäß bei den Tieren aus dem ersten Versuchsabschnitt mit $14,0 \pm 2,5$ mm höher als bei den Tieren aus dem zweiten Versuchsabschnitt mit $11,0 \pm 2,0$ mm. Zu gleichen Ergebnissen kommen auch STRUDSHOLM u. HERMANSEN (2005), die restriktiv gefütterte Schweine mit *ad libitum* gefütterten Tieren verglichen und eine signifikant niedrigere Rückenspeckdicke bei den restriktiv gefütterten Schweinen feststellten. Der Magerfleischanteil hingegen ist bei den Tieren aus beiden Mastverfahren annähernd gleich. Dies lässt auf einen genetischen Hintergrund bei der Ausprägung des Merkmals Magerfleischanteil schließen. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Beobachtungen von ŠIMEK et al. (2004), die einen hoch signifikanten Einfluss der Rasse auf den Magerfleischanteil feststellten.

5.2.1.2 Physikalische Untersuchungen

In der Abbildung 18 wird der pH-Wert-Verlauf im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte der Rasse (DE x DL) x Pi zu allen Messzeitpunkten im 1. und 2. Versuchsabschnitt dargestellt. Die y-Achse gibt den pH-Wert im *M. longissimus dorsi* zu den auf der x-Achse aufgeführten Untersuchungszeitpunkten (1 bis 11) an.

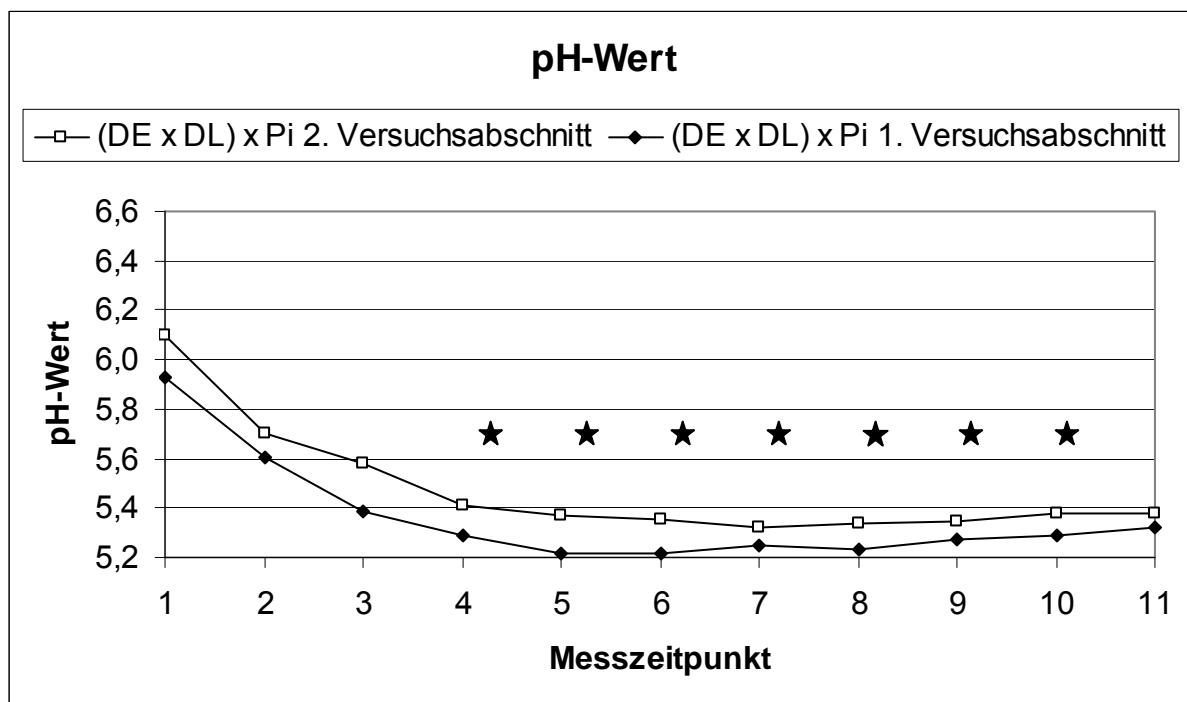


Abb. 18 PH-Wert (Mittelwerte) im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte zu festgelegten Zeitpunkten post mortem: 1 = 1 h p.m., 2 = 3 h p.m., 3 = 6 h p.m., 4 = 12 h p.m., 5 = 24 h p.m., 6 = 30 h p.m., 7 = 48 h p.m., 8 = 54 h p.m., 9 = 72 h p.m., 10 = 78 h p.m., 11 = 96 h p.m.; Vergleich von Schweinen der Rasse (De x DL) x Pi aus 1. und 2. Versuchsabschnitt, Stern = statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsreihen ($p \leq 0,05$)

Vergleicht man die pH-Mittelwerte der Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi aus dem ersten Versuchsabschnitt mit denen der Tiere aus dem zweiten Versuchsabschnitt, ergibt sich ein annähernd paralleler Kurvenverlauf mit niedrigeren Werten bei den Tieren aus dem ersten Versuchsabschnitt. Die mittleren Messwerte haben 1 h post

mortem ein Ausgangsniveau von pH $5,9 \pm 0,3$ (1. Versuchsabschnitt) bzw. pH $6,1 \pm 0,2$ (2. Versuchsabschnitt), fallen bei beiden Messreihen zunächst ab und haben bei den Muskelproben der Tiere aus dem 1. Versuchsabschnitt ihren Tiefpunkt 24 bis 30 h *post mortem* mit pH $5,2 \pm 0,1$ erreicht, während die der Tiere aus dem 2. Versuchsabschnitt erst 48 h *post mortem* mit pH 5,3 auf dem niedrigsten Niveau sind. Das schnellere Erreichen des pH-Tiefpunktes bei den Schlachtschweinen aus dem 1. Versuchsabschnitt lässt sich durch einen schnelleren Abbau der Glykogenvorräte zu Laktat erklären, während der etwas niedrigere End-pH im *M. longissimus dorsi* bei den Tieren aus dem ersten Versuchsabschnitt auf einen höheren Grad der frühpostmortalen Proteindenaturierung zurückzuführen ist (HONIKEL 2007). Ab Zeitpunkt 8 (54 h *post mortem*) steigen die Werte aus beiden Versuchsreihen wieder leicht an und erreichen 96 h *post mortem* pH $5,3 \pm 0,1$ (1. Versuchsabschnitt) bzw. pH $5,4 \pm 0,1$ (2. Versuchsabschnitt). Statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) lassen sich zwischen 12 h *post mortem* (Messzeitpunkt 4) und 78 h *post mortem* (Messzeitpunkt 10) nachweisen. Übereinstimmend mit dem Verlauf der pH-Werte lassen sich auch die Parameter auspressbare Gewebeflüssigkeit, L*-Wert und Leitfähigkeit interpretieren.

In der Abbildung 19 wird der im 1. und 2. Versuchsabschnitt ermittelte, unterschiedliche Q-Wert (auspressbare Gewebeflüssigkeit) von Fleischproben aus dem *M. longissimus dorsi* der Rasse (DE x DL) x Pi zu allen Messzeitpunkten dargestellt. Auf der x-Achse befinden sich die Messzeitpunkte (1 bis 11), während die y-Achse den Pressquotienten Q angibt.

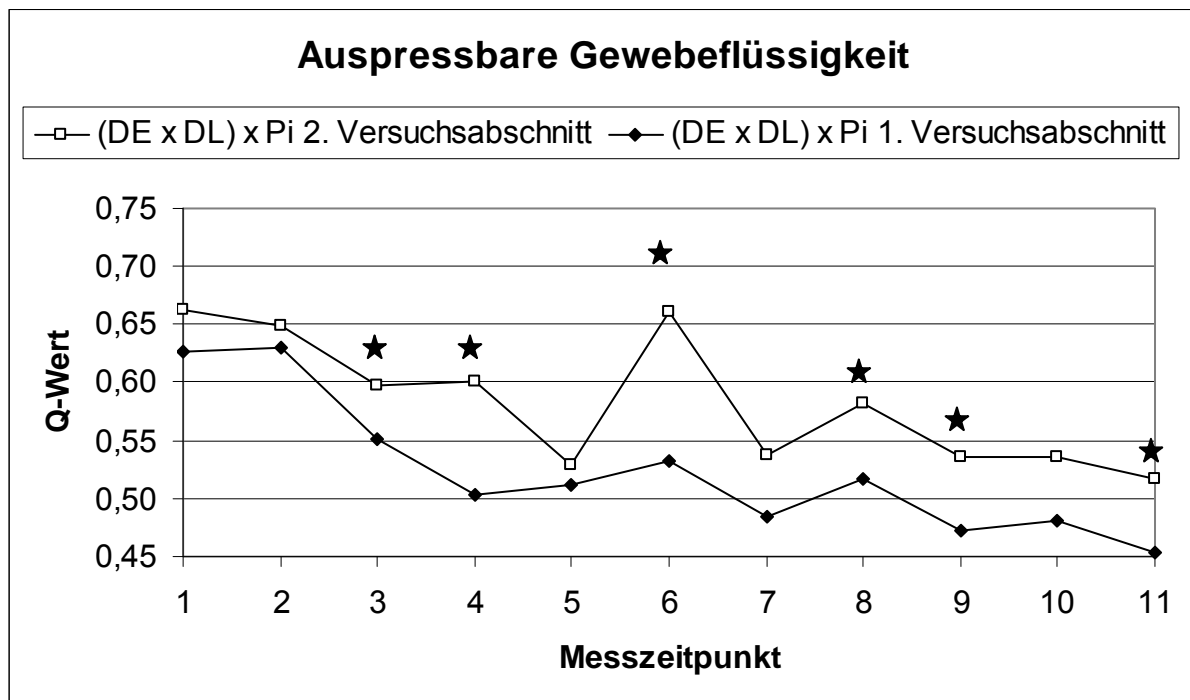


Abb. 19 Auspressbare Gewebeflüssigkeit (Mittelwerte) im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte zu festgelegten Zeitpunkten post mortem: 1 = 1 h p.m., 2 = 3 h p.m., 3 = 6 h p.m., 4 = 12 h p.m., 5 = 24 h p.m., 6 = 30 h p.m., 7 = 48 h p.m., 8 = 54 h p.m., 9 = 72 h p.m., 10 = 78 h p.m., 11 = 96 h p.m.; Vergleich von Schweinen der Rasse (De x DL) x Pi aus 1. und 2. Versuchsabschnitt, Stern = statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsreihen ($p \leq 0,05$)

Der zeitliche Verlauf der Pressquotienten Q im *M. longissimus dorsi* im 1. und 2. Versuchsabschnitt ist annähernd parallel, wobei die auspressbare Gewebeflüssigkeit im *M. longissimus dorsi* der Tiere aus dem 2. Versuchsabschnitt zu allen Messzeitpunkten über dem der Tiere aus dem 1. Versuchsabschnitt liegt. Über die Zeit gesehen erfolgt bei beiden Messreihen ein Abfall des Saffthaltevermögens von Q

= $0,63 \pm 0,1$ bis $0,66 \pm 0,1$ auf $Q = 0,45 \pm 0,0$ bis $0,52 \pm 0,0$. Bei beiden Kurven erfolgt ein Anstieg des Saffthaltevermögens zu den Zeitpunkten 30 h *post mortem* ($Q = 0,53 \pm 0,0$ bis $0,66 \pm 0,1$) und 54 h *post mortem* ($Q = 0,52 \pm 0,1$ bis $0,58 \pm 0,0$), um jeweils gleich darauf wieder abzufallen. Statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) bestehen 6 h, 12 h, 30 h, 54 h, 72 h und 96 h *post mortem*. Die Abbildung 20 zeigt den unterschiedlichen zeitlichen Verlauf des Helligkeitswertes L^* im *M. longissimus dorsi* bei Tieren der Rasse (DE x DL) x Pi aus 1. und 2. Versuchsabschnitt. Die x-Achse gibt die Untersuchungszeitpunkte (1 bis 11) an, während die y-Achse den zugehörigen dimensionslosen Helligkeitswert L^* beschreibt.

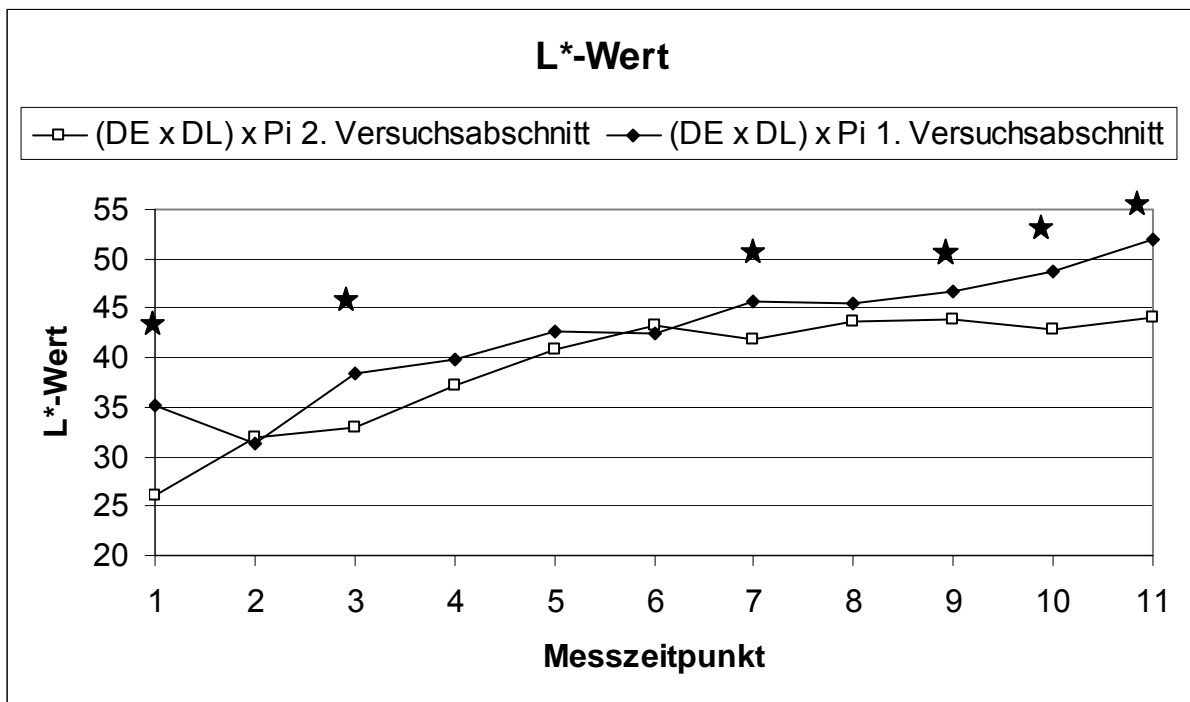


Abb. 20 Zeitabhängiger Verlauf des Helligkeitswertes L^* (Mittelwerte) im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte zu festgelegten Zeitpunkten *post mortem*: 1 = 1 h *p.m.*, 2 = 3 h *p.m.*, 3 = 6 h *p.m.*, 4 = 12 h *p.m.*, 5 = 24 h *p.m.*, 6 = 30 h *p.m.*, 7 = 48 h *p.m.*, 8 = 54 h *p.m.*, 9 = 72 h *p.m.*, 10 = 78 h *p.m.*, 11 = 96 h *p.m.*; Vergleich von Schweinen der Rasse (De x DL) x Pi aus 1. und 2. Versuchsabschnitt, Stern = statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsreihen ($p \leq 0,05$)

Der Helligkeitswert L^* (Mittelwert) im *M. longissimus dorsi* der Tiere aus dem 1. Versuchsabschnitt beträgt zu Beginn der Messungen (1 h *post mortem*) $35,2 \pm 0,9$, fällt dann bis 3 h *post mortem* auf $31,3 \pm 2,4$ ab und steigt im weiteren zeitlichen Verlauf mit leichten Schwankungen auf $52,0 \pm 6,5$ an (96 h *post mortem*). Der L^* -Wert im *M. longissimus dorsi* der Tiere aus dem 2. Versuchsabschnitt hingegen beträgt 1 h *post mortem* $26,4 \pm 2,5$ und steigt bis zum Ende der Messungen (96 h *post mortem*) mit leichten Schwankungen auf $44,1 \pm 1,6$ an. Statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) bestehen 1 h, 6 h, 48 h, 72 h, 78 h und 96 h *post mortem*. Die Abbildung 21 stellt die Unterschiede in der Leitfähigkeit im *M. longissimus dorsi* von Schlachttierkörpern der Rasse (DE x DL) x Pi im 1. und 2. Versuchsabschnitt dar. Die x-Achse gibt den Messzeitpunkt an, während auf der y-Achse die Leitfähigkeit in mS / cm aufgetragen ist.

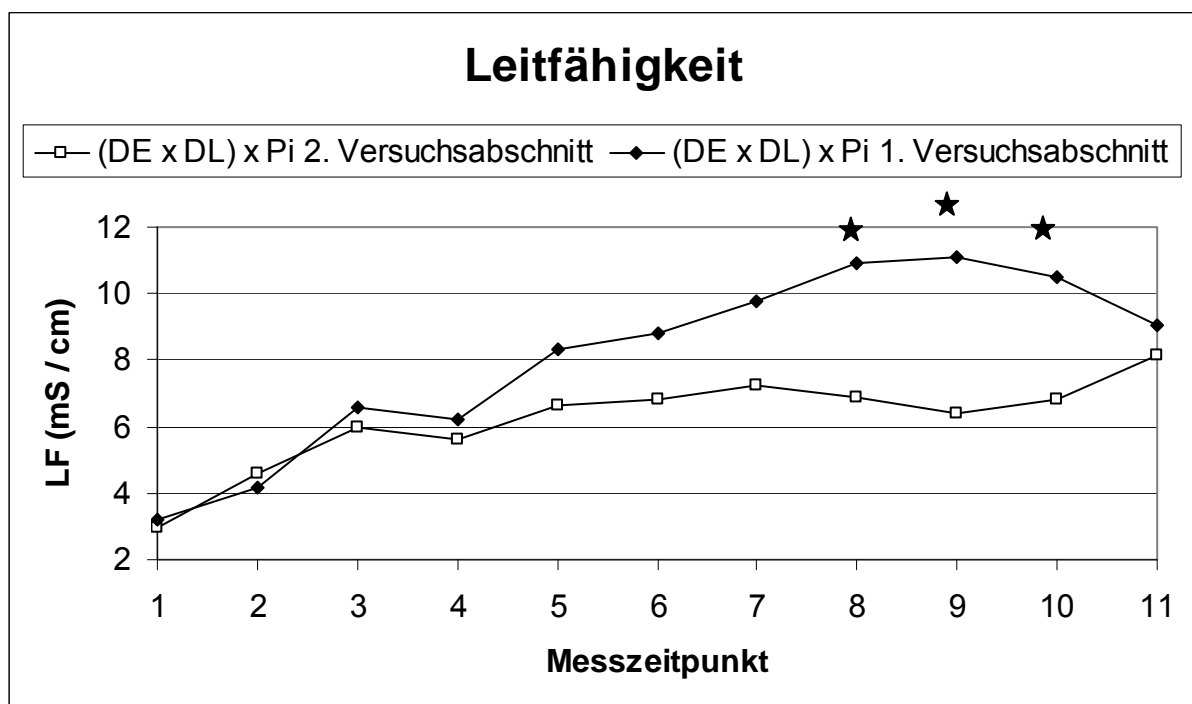


Abb. 21 Leitfähigkeit (Mittelwerte) im *M. longissimus dorsi* der rechten Schlachtkörperhälfte zu festgelegten Zeitpunkten *post mortem*: 1 = 1 h *p.m.*, 2 = 3 h *p.m.*, 3 = 6 h *p.m.*, 4 = 12 h *p.m.*, 5 = 24 h *p.m.*, 6 = 30 h *p.m.*, 7 = 48 h *p.m.*, 8 = 54 h *p.m.*, 9 = 72 h *p.m.*, 10 = 78 h *p.m.*, 11 = 96 h *p.m.*; Vergleich von Schweinen der Rasse (De x

DL) x Pi aus 1. und 2. Versuchsabschnitt, Stern = statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsreihen ($p \leq 0,05$)

Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass die Messwerte im *M. longissimus dorsi* beider Messreihen bei einem Ausgangspunkt von $3,23 \pm 0,6$ mS / cm (1. Versuchsabschnitt) bzw. $3,0 \pm 0,8$ mS / cm (2. Versuchsabschnitt) 1 h *post mortem* leicht wellenförmig ansteigen und 96 h *post mortem* bei einem Wert von $9,0 \pm 1,0$ mS / cm (1. Versuchsabschnitt) bzw. $8,2 \pm 1,6$ mS / cm (2. Versuchsabschnitt) enden. Ab 6 h *post mortem* befinden sich die Messwerte der Tiere aus dem 2. Versuchsabschnitt unter denen der Tiere aus dem 1. Versuchsabschnitt. Während die Messwerte im *M. longissimus dorsi* der Schlachttierkörper aus der 1. Messreihe im zeitlichen Verlauf insgesamt steiler ansteigen und nach 72 h *post mortem* wieder abfallen, hat die Kurve der Messwerte im *M. longissimus dorsi* der Schlachttierkörper aus der 2. Messreihe einen flacheren Verlauf. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Messreihen bestehen 54 bis 78 h *post mortem* ($p \leq 0,05$). Vergleicht man die Fleischreifung von Schlachtschweinen der Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi aus erstem und zweitem Versuchsabschnitt miteinander, fallen bei den Fleischproben der Tiere aus dem ersten Versuchsabschnitt niedrigere pH-Werte, höhere L*-Werte, niedrigeres Saffthaltevermögen und höhere Leitfähigkeiten auf. Die in der Literatur beschriebene Korrelation eines niedrigen pH-Wertes mit höherer Leitfähigkeit, höherem L*-Wert und vermindertem Saffthaltevermögen kann hier bestätigt werden (LEE et al. 2000; VAN WIJK et al. 2005). Die Ursachen hierfür können aufgrund der Variablen in Genetik, Haltung und Transport nicht sicher bestimmt werden. Möglicherweise wurde bei den Tieren aus dem ersten Versuchsabschnitt ein nicht stressstabiler Eber eingesetzt oder die Tiere waren einem größeren Stress vor der Schlachtung ausgesetzt. Denkbar ist auch eine größere Stresstoleranz der Schweine aus dem zweiten Versuchsabschnitt durch Adaptation an wechselnde Umweltreize (BÄRLOCHER et al. 2008).

5.2.2 Diskussion der Ergebnisse aus dem zweiten Versuchsabschnitt

5.2.2.1. Mastleistung

Die Mastleistung der eingestellten Tiere befindet sich auf sehr niedrigem Niveau. Der ZDS (2007) beispielsweise gibt die mittleren Tageszunahmen im Rahmen der Nachkommenprüfung für Schwäbisch Hällische Schweine mit 850 g und für die Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi mit 858 g an. Im Gegensatz dazu betragen die Tageszunahmen in diesem Versuch durchschnittlich 396 g bei den Schwäbisch Hällischen Schweinen und 437 g bei der Dreirassenkreuzung. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass die durch den ZDS ermittelten durchschnittlichen Tageszunahmen den Mittelwert aus den täglichen Zunahmen in der Gewichtsklasse zwischen 30 und 105 kg Körpergewicht darstellen und das Alter der Tiere bei Mastende 165 bzw. 166 Tage beträgt. Es ist davon auszugehen, dass Haltung und Fütterung hier unter konventionellen Intensivmastbedingungen erfolgten. Die Tageszunahmen der Tiere aus dem zweiten Versuchsabschnitt hingegen wurden in der Gewichtsklasse zwischen 25 und 86 kg Körpergewicht und einem durchschnittlichen Alter der Tiere von 240 Tagen berechnet. Die letzte Gewichts- erfassung der lebenden Tiere erfolgte aus organisatorischen Gründen etwa vier Wochen vor der Schlachtung, daher fließen die Tageszunahmen in der Endmast nicht in die Berechnung mit ein. Als entscheidender gewichtsbeeinflussender Faktor muss weiterhin die Raufuttergabe *ad libitum* bei limitiertem Kraftfutterangebot gesehen werden. DANIELSEN et al. (1999) führten entsprechende Fütterungsversuche mit Klee gras und Klee grassilage durch und stellten fest, dass eine reduzierte Fütterungsintensität mit wenig Konzentratfutter und Raufutter *ad libitum* eine hohe Klee grasaufnahme mit signifikant niedrigeren Tageszunahmen und einem höheren Magerfleischanteil zur Folge hat. Ein weiterer, die täglichen Zunahmen beeinflussender Faktor, ist die Haltung der Tiere in einer nicht klimatisierten Halle, in der im Sommer hohe und im Herbst tiefe Temperaturen herrschen. Die Haltung außerhalb des thermoneutralen Bereichs wirkt sich negativ auf die Gewichtszunahmen aus (STRUDSHOLM 2005; LOPEZ et al. 1991;

HEITMANN et al. 1958). Auch das hohe Bewegungsangebot bei limitierter Fütterung hat einen negativen Einfluss auf die Tageszunahmen.

5.2.2.2 Amtliche Schlachttier- und Fleischuntersuchung

Die Schlachttierkörper der Tiere aus dem zweiten Versuchsabschnitt zeigten eine gute Qualität und führten zu keinerlei Beanstandungen. Keiner der Tierkörper wies Liegebeulen auf. Dies ist auf die Haltung im Tiefstreustall zurückzuführen (KILBRIDE et al. 2008; LYONS et al. 1995). Des Weiteren fanden sich weder Verletzungen des Schwanzes, der Ohren oder sonstige Bissverletzungen noch Abszesse als Folge einer aufsteigenden Infektion bei den untersuchten Tieren. Diese Formen der Verletzung finden sich häufig bei Schweinen aus Intensivhaltungssystemen, da die Tiere hier aufgrund des begrenzten Platzangebotes und fehlender Beschäftigungsmöglichkeiten zu Aggressionen neigen. Schweine, die ausreichend Möglichkeiten zu artgerechter Beschäftigung haben, zeigen ein weniger aggressives Verhalten (SCHULTZE 2008; LYONS et al. 1995; PRESTO et al. 2008), was auch die Beobachtungen in diesem Versuch belegen. Untersuchungen der Lungen durch Adspektion, Palpation und Inzision ergaben bei 31,37 % der Tiere pathologische Veränderungen, die sich auf ein Infektionsgeschehen zu Beginn der Mast zurückführen lassen. Ansonsten waren keine Lungenläsionen oder Pleuritiden erkennbar. Lungenveränderungen werden häufig primär durch Schadgasexposition verursacht und treten daher vor allem in Intensivmastbetrieben mit schlechter Stallluftqualität gehäuft auf (BILIC u. BILKEI 2006; NAGEL u. BILKEI 2003). Das verhältnismäßig geringe Auftreten pathomorphologischer Lungenveränderungen bei den Schweinen aus dem zweiten Versuchsabschnitt kann somit auf die in ökologischer Haltung niedrigere Schadgasexposition während der Mast zurückgeführt werden.

5.2.2.3 Vermarktungsnormen

Die untersuchten Tiere aus dem zweiten Versuchsabschnitt lassen sich anhand der Klassifizierungsdaten in Fleisch- bzw. Fettschweine einteilen. Die beiden Pietrainkreuzungen AS x Pi und (DE x DL) x Pi erzielen ähnliche Werte hinsichtlich des Magerfleischanteils ($60,4 \pm 2,0$ % bis $60,1 \pm 1,5$ %), des Fleischmaßes ($57,3 \pm 4,6$ mm bis $57,7 \pm 5,7$ mm) und des Speckmaßes ($10,6 \pm 2,9$ mm bis $11,0 \pm 2,0$ mm) und unterscheiden sich in Bezug auf die genannten Parameter nicht signifikant voneinander. Die Bunten Bentheimer Schweine hingegen grenzen sich mit einem Magerfleischanteil von $49,6 \pm 3,3$ %, einem Fleischmaß von $44,9 \pm 7,4$ mm und einem Speckmaß von $20,8 \pm 4,5$ mm stark davon ab. Magerfleischanteil und Speckmaß korrelieren hier negativ miteinander. Bezugnehmend auf Magerfleischanteil und Speckmaß nehmen die Schwäbisch Hällischen Schweine eine Mittelstellung zwischen den beiden Pietrainkreuzungen und den Bunten Bentheimer Schweinen ein, weisen dabei allerdings das kleinste Fleischmaß auf. Diese Beobachtungen decken sich mit den Ergebnissen von SUNDRUM (2006), der vier verschiedene Genetiken hinsichtlich ihrer Mast- und Schlachtleistungen miteinander verglich und bei der Genetik (DE x DL) x Pi den höchsten Magerfleischanteil und Ausschlagungsgrad nachweisen konnte, während die Herkunft SH deutlich geringere Leistungen erzielte. ŠIMEK et al. (2004) stellen einen offensichtlichen Einfluss der Rasse auf die Rückenspeckdicke und einen statistisch hoch signifikanten Einfluss der Rasse auf den Magerfleischanteil fest. JANSS et al. (1997) machen ein dominantes Gen für die Ausprägung der Rückenspeckdicke verantwortlich. Aufgrund der identischen Fütterungs- und Haltungsbedingungen aller im zweiten Versuchsabschnitt beprobten Schweine muss auch hier eine genetische Ursache für den unterschiedlichen Verfettungsgrad angenommen werden. Vergleicht man die Rasse (DE x DL) x Pi aus erstem und zweitem Versuchsabschnitt miteinander, ergeben sich trotz unterschiedlicher Haltungsbedingungen und unterschiedlicher Fütterung hinsichtlich des Magerfleischanteils keine signifikanten Unterschiede, was die These der Heritabilität unterstützt.

5.2.2.4 Fleischreifung und Fleischqualität - Physikalische Untersuchungen

Das Geschlecht der Tiere wird bei den physikalischen Untersuchungen des ersten und zweiten Versuchsabschnittes nicht berücksichtigt, da es sich als statistisch nicht signifikant erwiesen hat.

Die pH₁-Mittelwerte befinden sich bei allen im zweiten Versuchsabschnitt beprobten Rassen im Normalbereich von pH₁ > 5,8 (LENGERKEN et al. 2007), wobei die pH₁-Werte im *M. longissimus dorsi* der Bunten Bentheimer Schweine mit pH₁ 6,5 ± 0,1 sich signifikant von den Werten der anderen drei beprobten Rassen unterscheiden. Die beiden Pietrainkreuzungen (DE x DL) x Pi und AS x Pi befinden sich mit pH₁ 6,1 ± 0,2 bzw. pH₁ 6,0 ± 0,3 im unteren Referenzbereich, während die Schwäbisch Hällischen Schweine mit pH₁ 6,3 ± 0,2 eine Mittelstellung zwischen den Pietrainkreuzungen und den Bunten Bentheimer Schweinen einnehmen. Sie unterscheiden sich in Bezug auf den pH₁ signifikant von den Genetiken AS x Pi und (DE x DL) x Pi. Die pH-Mittelwerte fallen postmortal ab und erreichen 48 h *post mortem* ihre niedrigsten Werte mit pH 5,3. Übereinstimmend mit diesen Ergebnissen lassen sich auch die gemessenen Leitfähigkeiten im zweiten Versuchsabschnitt interpretieren. Im Verlauf der Fleischreifung steigt die im Muskel gemessene Leitfähigkeit durch Auflösung der geordneten Strukturen der Zellmembranen an. Der Umfang des Anstiegs der Leitfähigkeit ist abhängig von Tierart, Muskel und Fleischqualität (HONIKEL 2007). Bei PSE-Fleisch kommt es durch die Denaturierung der Zellmembranen schon innerhalb von 1,5 bis 2 h *post mortem* zu einem raschen Anstieg (HONIKEL 2007). Nach LENGERKEN et al. (2007) weisen Werte von mehr als 4,5 mS / cm 2 h *post mortem* und Werte von mehr als 7,0 mS / cm 24 h *post mortem* auf PSE-Eigenschaften hin. Die hier gemessenen Werte befinden sich demnach im Normalbereich, wobei die Pietrainkreuzungen (DE x DL) x Pi und AS x Pi infolge schnellerer Denaturierung der Zellmembranen höhere Werte erzielen als die anderen beiden Rassen. Die niedrigsten Leitfähigkeiten lassen sich bei den Bunten Bentheimer Schweinen messen. Die Werte der Schwäbisch Hällischen Schweine liegen wieder zwischen denen der Bunten Bentheimer Schweine und

denen der beiden Pietrainkreuzungen. Der PH-Wert und die Leitfähigkeit 24 h *post mortem* korrelieren in diesem Versuch negativ. Alle vier beprobten Rassen unterscheiden sich hinsichtlich der Menge der auspressbaren Gewebeflüssigkeit nicht signifikant. Eine Korrelation von pH-Wert und Leitfähigkeit mit dem ermittelten Q-Wert (auspressbare Gewebeflüssigkeit) nach der in der AVV Lebensmittelhygiene (2007) beschriebenen Referenzmethode nach Grau und Hamm ist hier nicht gegeben. Eine möglicher Erklärungsansatz hierfür ist die Tatsache, dass die Messung der Leitfähigkeit und des pH-Wertes invasive Messmethoden darstellen, bei denen das Muskelgewebe durch den Einstich zerstört wird. Die Probenahme für die Bestimmung des Saftverlustes muss daher an einer anderen Stelle des Muskels erfolgen. Da der Glykogenabbau im Verlauf des Kotelettmuskels jedoch in unterschiedlicher Intensität verläuft, ergibt sich ein lokalisationsabhängiges, unterschiedliches Wasserhaltevermögen, was eine mangelnde Korrelation von pH-Wert und Leitfähigkeit bedingen kann (STEINBERG et al.). In der AVV LmH (2007) wird für den Q₁-Wert ein Normalbereich von 0,5 bis 0,64 und für den Q₂₄-Wert ein Referenzbereich von 0,4 bis 0,64 angegeben. Die in den eigenen Untersuchungen gemessenen Werte erscheinen mit Q₁ = 0,65 ± 0,1 bis 0,71 ± 0,1 etwas hoch, während die Q₂₄-Werte mit 0,5 ± 0,0 bis 0,56 ± 0,1 für eine normale Fleischbeschaffenheit bei allen untersuchten Genetiken sprechen. Die Messung der Farbe erfolgte nach dem L*a*b*-System von Cielab. Nach HONIKEL (2007) ist bei Schweinefleisch das alleinige Messen der Helligkeit (L*-Wert) bei Schweinefleisch üblich und ausreichend zur Bestimmung der Fleischqualität. Die in diesem Versuch gemessenen Mittelwerte der einzelnen Rassen zwischen L* = 40,8 ± 2,1 und L = 43,7 ± 2,6 liegen 24 h *post mortem* alle im Normalbereich. Zu diesem Zeitpunkt ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den hier beurteilten Rassen, allerdings sind die L*-Werte der Bunten Bentheimer Schweine 3 h, 6 h und 12 h *post mortem* niedriger als die der anderen Rassen. Durch starken pH-Wert-Abfall kommt es zu einer Denaturierung von Myoglobin und anderen Muskelproteinen, die zu einer reduzierten Proteinlöslichkeit führt. Die Proteine fallen aus und reflektieren Licht. HONIKEL (2007) gibt einen L*-Wert von 50, gemessen 24 h *post mortem*, als Grenze zwischen normalem und PSE-Fleisch an. Diesen Wert vertreten auch LENGERKEN

et al. in ihren Ausführungen. WARRIS et al. (2006) führten Messungen des Saffthaltevermögens und des L*-Wertes bei Schweinefleisch sehr unterschiedlicher Qualitäten 45 min und 20 h *post mortem* durch und kamen zu dem Ergebnis, dass der 20 h *post mortem* bestimmte L*-Wert in 59 % der Fälle eine zutreffende Aussage in Bezug auf die Fleischqualität erlaubt. Andere Autoren hingegen relativieren diese Aussage, indem sie auch einen hohen intramuskulären Fettgehalt in Verbindung mit stärkerer Marmorierung für eine Erhöhung der Farbhelligkeit verantwortlich machen (STEINBERG et al. 1998; SUZUKI et al. 2005). Diese Beobachtung könnte eine Erklärung für die Messergebnisse im *M. longissimus dorsi* der Schwäbisch Hällischen Schweine mit dem höchsten intramuskulärem Fettgehalt aber auch den höchsten L*-Werten, gemessen 24 h *post mortem*, sein. HUFF-LONERGAN et al. (2002) und BREWER et al. (2001) stellten in ihren Versuchen eine hohe Korrelation des L*-Wertes mit der subjektiven Farbwahrnehmung fest. Hohe L*-Werte korrelierten weiterhin mit einem niedrigeren End-pH, einem höheren Saftverlust und einem geringeren Schweinefleischaroma (HUFF-LONERGAN et al. 2002). LEE et al. (2000) stellen einen Zusammenhang zwischen niedrigem pH-Wert, hoher Leitfähigkeit und niedrigem Saffthaltevermögen her. Ähnliche Beobachtungen machten auch VAN WIJK et al. (2005). Sie beschreiben eine ungünstige Korrelation der Tageszunahmen mit den meisten Fleischbeschaffenheitsparametern. Den Autoren zufolge führt eine Selektion auf hohe Tageszunahmen zu einem unerwünscht niedrigen pH-Wert, einem verminderten Saffthaltevermögen und einer blassen Farbe. Des Weiteren konnten sie in ihren Versuchen eine hohe Korrelation zwischen L*- und b*-Werten nachweisen, während der a*-Wert weniger aussagekräftig war. Im Gegensatz zu den Feststellungen dieser Autoren weisen die in dieser Studie untersuchten Bunten Bentheimer Schweine verhältnismäßig hohe Tageszunahmen bei höchsten pH-Werten, niedrigsten Leitfähigkeitswerten und dunkelster Farbe bis zum Zeitpunkt 24 h *post mortem* auf, während sich bei der Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi der von den Autoren beschriebene Zusammenhang von niedrigeren pH-Werten, höheren Leitfähigkeiten und hohen Tageszunahmen bestätigt. Nach BREWER et al. (2002) hat der genetische Hintergrund einen signifikanten Einfluss auf die Fleischqualitätsmerkmale. Auch

ŠIMEK et al. (2004) beobachteten in entsprechenden Versuchen eine Abhängigkeit des pH-Wertes, des Saftverlustes und der L*,a*,b*-Werte von der Rasse. Die in dieser Studie gemachten Beobachtungen bestätigen diese Ergebnisse.

5.2.2.5 Fleischqualität – Chemische Untersuchungen

Die Fleischproben aus dem *M. longissimus dorsi* der Bunten Bentheimer Schweine weisen den signifikant niedrigsten Gehalt an Gesamtwasser, den signifikant höchsten Trockensubstanzanteil und den signifikant niedrigsten Gehalt an Hydroxyprolin auf. Die Aminosäure Hydroxyprolin kommt nur im Bindegewebe vor und kann daher gemäß den Vorgaben der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB Nummer 06.00 – 8 zur Bestimmung des Bindegewebsgehaltes einer Fleischprobe herangezogen werden. FANG et al. (1999) stellen einen Zusammenhang zwischen Bindegewebsanteil und Zartheit des Fleisches her und schlussfolgern, dass die Zartheit abhängig ist von der Quervernetzung der Kollagenmoleküle und der Verdickung des Perimysiums während des Wachstums. Es handelt sich daher um einen altersabhängigen Prozess, der aber auch durch die Rasse beeinflusst wird (KRASNOWSKA u. SALEJDA 2008). SUZUKI et al. (2005) geben eine Heritabilität von 0,23 für den Kollagenanteil an. ČANDEK – POTOKAR et al. (1998) stellten fest, dass auch die Fütterung einen Einfluss auf die Höhe des Bindegewebsanteils im Fleisch hat. Bei restriktiv gefütterten Schweinen ist ein verminderter Kollagengehalt zu erwarten. Da Fütterung und Alter der Tiere in diesem Versuch gleich waren, sind unterschiedliche Kollagengehalte demnach auf die Genetik zurückzuführen. Bezugnehmend auf die Ergebnisse von FANG et al. (1999) lässt sich die Hypothese aufstellen, dass das Fleisch der Bunten Bentheimer Schweine aufgrund des niedrigeren Kollagengehaltes zarter ist als das der anderen beprobten Rassen. Da in diesem Versuch allerdings keine vergleichende sensorische Auswertung der Fleischbeschaffenheit erfolgte, sind hier weiterführende Untersuchungen erforderlich. WOOD et al. (1989) beschreiben einen Zusammenhang zwischen Rückenspeckdicke, Gesamtwassergehalt und Kollagen,

wobei die beiden letztgenannten Parameter bei steigender Rückenspeckdicke abnehmen. Diese Aussage lässt sich anhand der in diesem Versuch gewonnenen Ergebnisse bestätigen. Der Aschegehalt der untersuchten Fleischproben zeigt signifikante Unterschiede bei den untersuchten Rassen. Lediglich Bunte Bentheimer Schweine und die AS x Pi-Gebrauchskreuzung unterscheiden sich hier nicht signifikant. Im Proteingehalt unterscheiden sich nur Schwäbisch Hällische Schweine signifikant von Bunten Bentheimer Schweinen und der Dreirassenkreuzung (DE x DL) x Pi. KRASNOWSKA u. SALEJDA (2008) beschreiben einen rasseabhängig unterschiedlichen Proteingehalt der Muskulatur. Auch bei dem Fleischbeschaffenheitsmerkmal „acid meat condition“ ist ein um 1 % erniedrigter Proteingehalt zu finden (SELLIER u. MONIN 1994); die Ergebnisse der in diesem Versuch untersuchten Fleischbeschaffenheitsparameter geben jedoch keinen Hinweis auf acid meat condition bei den beprobten Tieren. Rassespezifische Unterschiede sind hier anzunehmen.

Bezüglich des intramuskulären Fettgehaltes zeigt die Genetik Schwäbisch Hällisches Schwein mit einem arithmetischen Mittelwert von 1,46 % \pm 0,5 den höchsten Fettgehalt, gefolgt von den Bunten Bentheimer Schweinen mit einem Mittelwert von 1,4 \pm 0,3 %. Die beiden Pietrainkreuzungen AS x Pi und (DE x DL) x Pi weisen mit 1,1 \pm 0,1 % erwartungsgemäß die geringsten intramuskulären Fettgehalte auf. Statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) bestehen hier zwischen Schwäbisch Hällischen Schweinen und der Dreirassenkreuzung. Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei der Geschwister-Nachkommenprüfung erzielt, in der reinrassige Pietrainsauen einen intramuskulären Fettgehalt von 0,64 % aufweisen, während Vertreter des Deutschen Edelschweines einen Fettgehalt von 1,38 % haben und Schwäbisch Hällische Schweine bei 1,6 % liegen (HÖRNING 1997). STEINBERG et al. (1998) ermittelten intramuskuläre Fettgehalte von 0,9 % bei der Rasse Pietrain, 1,28 % bei Kreuzungstieren aus Deutscher Landrasse und Deutschem Edelschwein sowie 1,78 % bei Deutschen Sattelschweinen. Genaue Vergleichswerte hinsichtlich des intramuskulären Fettgehaltes bei Schwäbisch Hällischen Schweinen und Bunten Bentheimer Schweinen sind in der Literatur nicht

verfügbar, dennoch lassen niedrige Magerfleischanteile hohe intramuskuläre Fettgehalte erwarten (LINK 2007; CAMERON et al. 2000). Demzufolge entsprechen die ermittelten Werte bei diesen Rassen nicht den Erwartungen. Gründe hierfür könnten in der stark limitierten Fütterung, der Entnahmestelle der Proben und dem Alter der Tiere zu suchen sein. Der Magerfleischanteil wird vor allem durch den Genotyp bestimmt (AFFENTRANGER et al. 1996), intramuskulärer Fettgehalt und Fettqualität werden jedoch auch durch das Fütterungsregime beeinflusst (AFFENTRANGER et al. 1996). Nach CAMERON et al. (2000) sind die ernährungsphysiologischen Effekte auf die Beschaffenheit des intramuskulären Fettes sogar größer als der Einfluss der Genetik. Eine niedrige Futteraufnahme führt zu niedrigen Tageszunahmen, verminderten subkutanen Fetteinlagerungen, höheren Magerfleischanteilen und einem niedrigen intramuskulären Fettgehalt (AFFENTRANGER et al. 1996; LEBRET et al. 2001; ČANDEK-POTOKAR et al. 1998). Die Höhe des intramuskulären Fettgehaltes variiert innerhalb eines Tierkörpers und ist sowohl vom Muskel als auch von der Lokalisation innerhalb des Muskels abhängig. Hierbei spielen longitudinale und crossektionale Verteilungen eine Rolle. Die bisher als Referenzstelle genutzte Region am 13. / 14. Brustwirbel, die auch in diesem Versuch Verwendung fand, weist den niedrigsten intramuskulären Fettgehalt auf, während die Werte nach cranial und caudal hin ansteigen (STEINBERG et al 1998; HEYLEN 1999). Weiterhin ist die Bildung inter- und intramuskulären Fettes ein altersabhängiger Prozess. Bei Annahme allometrischer Wachstumsverhältnisse erfolgt die Einlagerung von Körperfetten nach KOLSTAD (2001) in der Reihenfolge Organfett, subkutanes Fett, intermuskuläres Fett und intramuskuläres Fett, wobei inter- und intramuskulärer Fettaufbau erst ab einem Körpergewicht von 85 kg erfolgen. Lediglich die Rasse (DE x DL) x Pi erreichte in diesem Versuch ein durchschnittliches Lebendgewicht von 102 kg zum Zeitpunkt der Schlachtung, während die Bunten Bentheimer Schweine im Schnitt etwa 90 kg wogen, die Schwäbisch Hällischen Schweine 85 kg und Die AS x Pi-Gebrauchskreuzung ca. 82 kg. Diese Gewichte bewegen sich nahe der oben beschriebenen Grenze von 85 kg Lebendgewicht. Die Tiere hatten somit ihr rassespezifisches Potential zum Aufbau intramuskulären Fettes bei weitem nicht

ausgeschöpft. Ein hoher intramuskulärer Fettgehalt korreliert eng mit der Zartheit (DE VOL et al. 1988; SUNDRUM et al. 2005), der Marmorierung (MURRAY 1999; STEINBERG et al. 1998), dem Geschmack (STEINBERG et al. 1998) und einem verbesserten Wasserbindungsvermögen (SUZUKI et al. 2005; STEINBERG et al. 1998). JANSS et al. (1997) konnten ein Gen identifizieren, das sowohl für die Ausprägung des intramuskulären Fettgehaltes als auch für die Höhe der Scherkraft und des Safthaltevermögens verantwortlich ist. Fettgehalt, Scherkraft und Safthaltevermögen korrelieren positiv. Die sensorischen Eigenschaften von Fleisch verbessern sich ab einem intramuskulärem Fettgehalt von mehr als 2 % (STEINBERG et al. 1998; HÖRNING 1997), während Fettgehalte von mehr als 3,5 % oder vermehrte intermuskuläre Fetteinlagerungen zu einer Verschlechterung der sensorischen Eigenschaften führen (FERNANDEZ et al 1999). Die in diesem Versuch ermittelten Mittelwerte bewegen sich bei allen beprobten Rassen deutlich jenseits der Grenze von 2 % und haben demnach keine Verbesserung der sensorischen Eigenschaften zur Folge. Höhere intramuskuläre Fettgehalte manifestieren sich vorrangig in einem höheren Fettansatz, der von steigenden Tageszunahmen, höherer Rückenspeckdicke, verringertem Fleischansatz (kleinere Rückenmuskel- fläche) und einem Rückgang des Magerfleischanteils begleitet wird (STEINBERG et al. 1998). Diese Beobachtungen können anhand der eigenen Untersuchungen bestätigt werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen darauf schließen, dass die Höhe des intramuskulären Fettgehaltes rassespezifisch bedingt ist. Auch KRASNOWSKA und SALEJDA (2008) beschreiben in ihren Ausführungen eine unterschiedliche genetische Determination bezüglich des intramuskulären Fettgehaltes. GRINDFLEK et al. (2001) vermuten eine Codierung der Höhe des intramuskulären Fettgehaltes und der Zartheit auf Chromosom 6, während UEMOTO et al. (2008) von einem Genort auf Chromosom 7 ausgehen. SUZUKI et al. (2005) schätzen die Heritabilität der Ausprägung des Merkmals intramuskulärer Fettgehalt auf 0,39, während HÖRNING (1997) eine Erblichkeit von 0,2 bis 0,5 angibt. Diese Heritabilitäten machen eine züchterische Bearbeitung von Schweinerassen hinsichtlich des Merkmals „Intramuskulärer Fettgehalt“ sinnvoll, allerdings führt die

geschmackliche Verbesserung durch dessen Anhebung auch zu vermehrter Schlachtkörperverfettung mit Abnahme des Magerfleischanteils.

5.3 Schlussfolgerungen

1. Die Anpaarung von fleischreichen und stressanfälligen Endstufenebern (Pietrain) führt zu hohen täglichen Zunahmen, höheren Magerfleischanteilen, tendenziell niedrigeren intramuskulären Fettgehalten und größerer Kotelettfläche, niedrigerer Rückenspeckdicke, niedrigeren pH-Werten 1 h und 24 h *post mortem* sowie zu höheren Leitfähigkeitswerten 24 h *post mortem*. Daraus ergibt sich eine insgesamt bessere Mast- und Schlachtleistung mit korrelierter schlechterer technologischer Fleischbeschaffenheit und damit verbundenen schlechteren sensorischen Eigenschaften.

2. Die Genetik (DE x DL) x Pi zeigt unter ökologischen Bedingungen ein geringeres Leistungsvermögen hinsichtlich der Mast- und Schlachtleistung als auf konventioneller Ebene gemästete Schweine gleicher Rasse. Die technologische Fleischbeschaffenheit hingegen verbessert sich bei ökologischer Haltung.

3. Beim Bunten Bentheimer Schwein konnte die in der Literatur beschriebene These der Korrelation von hohen Tageszunahmen und schlechterer Fleischbeschaffenheit nicht gestützt werden. Allerdings geht die Verbesserung der technologischen und sensorischen Fleischbeschaffenheit einher mit erhöhter Rückenspeckdicke, kleinerer Kotelettfläche und niedrigerem Magerfleischanteil.

4. Die in dieser Studie untersuchten Genetiken (DE x DL) x Pi, Buntes Bentheimer Schwein und Schwäbisch Hällisches Schwein eignen sich gut für die Haltung unter ökologischen Bedingungen und sind in ihrer Umwelt während der Mast sehr gut zurechtgekommen. Die Genetik (DE x DL) x Pi zeigt auch unter ökologischen Bedingungen das höchste Leistungsvermögen hinsichtlich der Parameter Tageszunahmen, Größe der Kotelettfläche und Magerfleischanteil. Bunte Bentheimer

Schweine und Schwäbisch Hällische Schweine hingegen zeigen bessere technologische und damit auch sensorische Fleischbeschaffenheit bei geringeren Tageszunahmen, kleineren Koteletflächen und niedrigeren Magerfleischanteilen. Die genannten Kriterien finden ihre extremste Ausprägung in den Rassen (DE x DL) x Pi und BB, während die Schwäbisch Hällischen Schweine eine Mittelstellung zwischen den beiden genannten Rassen einnehmen. Die Angler-Sattelschwein-Pietrain-Kreuzungstiere zeigten höchste Einstallungsgewichte mit deutlicher Ausprägung der wertvollen Fleischpartien Rücken und Schinken und niedrigste Endgewichte am Ende der Mast. Die technologischen Fleischbeschaffenheitsmerkmale ähneln denen der Genetik (DE x DL) x Pi. Unter den gegebenen Umständen ist anzunehmen, dass diese aus konventioneller Haltung kommenden und im Spaltenstall aufgewachsenen Tiere in der ökologischen Umwelt nicht gut zurechtkamen oder aus anderen Gründen im Wachstum zurückblieben.

6. Zusammenfassung

Simone Müller

Untersuchungen zur Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung von Schweinefleisch unter besonderer Berücksichtigung ausgewählter Tiergenetiken in der ökologischen Haltungsform

Ökologisch erzeugtes Schweinefleisch erfreut sich bei vielen Verbrauchern zunehmender Beliebtheit. In der ökologischen Schweineproduktion werden derzeit Herkünfte verwendet, die auch im konventionellen Bereich eingesetzt werden. Die Haltungsbedingungen der Tiere in ökologischer Umwelt unterscheiden sich jedoch grundsätzlich von denen der konventionellen Produktion. Daher stellt sich die Frage, ob die derzeit genutzten Hochleistungsgenetiken auch in der ökologischen Landwirtschaft ihr Leistungspotential entfalten können oder ob an extensive Haltungsbedingungen angepasste Robustrassen hier im Vorteil sind. Ziel der vorliegenden Studie ist daher, eine Hochleistungsgenetik, zwei Robustrassen und eine Gebrauchskreuzung hinsichtlich ihrer Mast- und Schlachtleistung sowie der technologischen Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung nach der Mast unter ökologischen Bedingungen gemäß Verordnung (EG) Nr. 834 / 2007 miteinander zu vergleichen. Weiterhin sollen Fleischbeschaffenheit und Fleischreifung im *M. longissimus dorsi* der Genetik (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) x Pietrain ((DE x DL) x Pi) sowohl nach konventioneller Mast als auch nach Mast unter ökologischen Bedingungen beurteilt werden. In einem ersten Versuchsdurchgang werden die bei der Klassifizierung erfassten Parameter Schlachtkörpergewicht, Magerfleischanteil, Fleischmaß und Speckmaß sowie die in unterschiedlichen zeitlichen Abständen über einen Zeitraum von 1 bis 96 h *post mortem* gemessenen Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit, auspressbare Gewebeflüssigkeit und Farbe im *M. longissimus dorsi* der Genetik (DE x DL) x Pi aus konventioneller Haltung (6 Tiere) und ökologischer Haltung (16 Tiere) gegenübergestellt. Im *M. longissimus dorsi* der Tiere aus ökologischer Haltung werden statistisch signifikant niedrigere

Schlachtkörpergewichte ((DE x DL) x Pi_{ökol.} 81,7 ± 10,8 kg; (DE x DL) x Pi_{konv.} 96,6 ± 3,9 kg), Fleischmaße ((DE x DL) x Pi_{ökol.} 57,7 ± 5,7 mm; (DE x DL) x Pi_{konv.} 72,0 ± 7,6 mm) und Speckmaße ((DE x DL) x Pi_{ökol.} 11,0 ± 2,0 mm; (DE x DL) x Pi_{konv.} 14,0 ± 2,5 mm) gemessen. Das Merkmal Magerfleischanteil im Tierkörper unterscheidet sich bei beiden Haltungsformen statistisch nicht signifikant. Über einen Zeitraum von 1 bis 96 h *post mortem* werden bei den Schlachtschweinen aus ökologischer Haltung im Mittel um 0,12 Einheiten höhere pH-Werte und eine 1,9 mS / cm niedrigere Leitfähigkeit gemessen. Die auspressbare Gewebeflüssigkeit im *M. longissimus dorsi* der Tiere aus ökologischer Haltung ist um 0,06 Einheiten niedriger als bei den Tieren aus konventionellem Haltungssystem.

In einem zweiten Versuchsdurchgang wurden insgesamt 58 drei Monate alte Läufer der Genetiken Buntes Bentheimer Schwein (BB: 16 Tiere), Schwäbisch Hällisches Schwein (SH: 17 Tiere), Angler Sattelschwein x Pietrain (AS x Pi: 9 Tiere) und der Dreirassenkreuzung ((DE x DL) x Pi: 16 Tiere) in einer 225 m² großen Mehrzweckhalle auf Stroh mit angrenzendem Auslauf eingestallt. Die Fütterung erfolgte auf Grundlage einer *ad libitum* gegebenen Grassilage mit rationierter Gabe eines pelletierten Alleinfuttermittels auf Kartoffeleiweißbasis. Den Vorgaben der Verordnung (EG) Nr. 834 / 2007 wurde Rechnung getragen. Die Tiere wurden unter gleichen Bedingungen gemästet, zum gleichen Schlachthof transportiert und unter gleicher Technologie geschlachtet wie im ersten Versuchsdurchgang. Nach erfolgter Klassifizierung wurde der *M. longissimus dorsi* zwischen dem 2. / 3. und 13. / 14. Brustwirbel aus der rechten, nicht angeschlingten Schlachtkörperhälfte entnommen und in festgelegten zeitlichen Abständen zwischen 1 und 96 h *post mortem* am frischen Anschnitt auf die technologischen Fleischqualitätsparameter pH-Wert, Leitfähigkeit, Farbe und auspressbare Gewebeflüssigkeit untersucht. Weiterhin wurde eine chemische Vollanalyse des *M. longissimus dorsi* auf Höhe der 13. / 14. Rippe durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Genetik (DE x DL) x Pi in der ökologischen Umwelt mit 81,7 ± 10,8 kg das höchste Schlachtkörpergewicht erbringt. Hier besteht ein signifikanter Unterschied zu den Rassen Buntes Bentheimer Schwein mit 71,6 ± 12,9 kg, den Schwäbisch Hällischen Schweinen mit 68,5 ± 10,5

kg und den Angler-Sattelschwein-Pietrain-Kreuzungen mit $65,4 \pm 9,6$ kg. Hinsichtlich des Merkmals Magerfleischanteil unterscheiden sich die Genetiken (DE x DL) x Pi und AS x Pi mit Werten von $60,1 \pm 1,53$ % bzw. $60,4 \pm 2,02$ % statistisch nicht signifikant voneinander, während der Magerfleischanteil der Bunten Bentheimer Schweine $49,6 \pm 3,32$ % beträgt und bei den Schwäbisch Hällischen Schweinen einen Wert von $54,7 \pm 2,50$ % annimmt. Der Durchmesser der Kotelettfläche im *M. longissimus dorsi* (Fleischmaß) ist bei den Pietrainkreuzungen (DE x DL) x Pi mit $57,7 \pm 5,7$ mm und AS x Pi mit $57,3 \pm 4,6$ mm am höchsten, während er bei Bunten Bentheimer Schweinen $44,9 \pm 7,4$ mm und bei den Schwäbisch Hällischen Schweinen $42,9 \pm 4,9$ mm beträgt. Die Dicke des Rückenspeckes auf Höhe der 13. / 14.Rippe (Speckmaß) verhält sich umgekehrt proportional zum Fleischmaß und ist bei den Bunten Bentheimer Schweinen mit $20,8 \pm 4,5$ mm signifikant höher als bei Schwäbisch Hällischen Schweinen ($14,2 \pm 3,5$ mm), der Angler-Sattelschwein-Pietrain-Kreuzung ($10,6 \pm 3,0$ mm) und der Dreirassenkreuzung ($11,0 \pm 2,0$ mm). Bis 24 h *post mortem* kommt es im *M. longissimus dorsi* aller hier untersuchten Genetiken zum einem stetigen Abfall des pH-Wertes. In diesem Zeitraum werden bei den Bunten Bentheimer Schweinen im Mittel um 0,28 Einheiten höhere pH-Werte gemessen als bei den Pietrainkreuzungen AS x Pi und (DE x DL) x Pi, während die bei den Schwäbisch Hällischen Schweinen gemessenen pH-Werte hier eine Mittelstellung einnehmen. Ab 24 h *post mortem* erfolgt eine Angleichung der Werte. Statistisch signifikante Unterschiede bestehen hier nicht mehr. Über den Zeitraum von 1 bis 96 h *post mortem* gesehen werden im *M. longissimus dorsi* der Bunten Bentheimer Schweine um 1,6 Einheiten höhere Rotwerte gemessen als im *M. longissimus dorsi* der Angler-Sattelschwein-Pietrain-Kreuzung. Die bei den Schwäbisch Hällischen Schweinen und der Dreirassenkreuzung gemessenen Rotwerte liegen etwa 0,7 Einheiten unter den bei den Bunten Bentheimer Schweinen gemessenen Werten und befinden sich auf ähnlichem Niveau. Die über die Zeit von 1 bis 96 h *post mortem* gemittelte Leitfähigkeit im *M. longissimus dorsi* erreicht bei den Pietrainkreuzungen AS x Pi und (DE x DL) x Pi die höchsten Werte, fällt bei den Schwäbisch Hällischen Schweinen um 1,1 mS / cm ab und erreicht bei den Bunten Bentheimer Schweinen mit weiteren 0,6 mS / cm weniger die niedrigsten Werte. Im

M. longissimus dorsi der Schwäbisch Hällischen Schweine werden die höchsten intramuskulären Fettgehalte von $1,5 \pm 0,5$ % ermittelt, gefolgt von den Bunten Bentheimer Schweinen mit $1,4 \pm 0,3$ % und den Pietrainkreuzungen AS x Pi und (DE x DL) x Pi mit jeweils $1,1 \pm 0,1$ %. Aus den hier erhobenen Befunden wird ersichtlich, dass die Verbesserung der technologischen und damit sensorischen Fleischbeschaffenheit bei Bunten Bentheimer Schweinen und Schwäbisch Hällischen Schweinen verbunden ist mit einem Rückgang des Magerfleischanteils, einer erhöhten Rückenspeckdicke und einer kleineren Kotelettfläche. Wird daher vom Verbraucher Schweinefleisch gewohnter, magerer Qualität gefordert, das unter ökologischen Bedingungen gemäß den Vorgaben der Verordnung (EG) Nr. 834 / 2007 gewonnen wurde, eignet sich die Dreirassenkreuzung (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) x Pietrain, auch unter dem Aspekt des höheren Schlachtkörpergewichts, besser zur Mast als die anderen hier untersuchten Herkünfte. Wird dagegen ein gut marmoriertes Fleisch besonderer Qualität gewünscht, ist die Mast Schwäbisch Hällischer Schweine oder Bunter Bentheimer Schweine zu empfehlen.

7. Summary

Simone Müller

Examinations of meat condition and meat maturation of pork considering different selected animal genetics in organic farming

Ecologically generated pork enjoys increasing popularity on the part of many consumers. Presently in ecological and conventional pig fattening the same genetics are used. Due to the fact that the conditions of pig fattening in an ecological environment are completely different from those in conventional production systems, it begs to the question of whether the capacity of actually used high-performance genetics in ecological pig fattening can be fully utilized or if adapted robust breeds are more advantageous. Therefore, the intention of the present study is to compare a high-performance genetic, two robust breeds and a pietrain crossbred after six months fattening in ecological environment according to VO (EG) Nr. 834 / 2007, with regards to pig fattening, slaughter capacity, technological meat condition and meat maturation. Furthermore, technological meat condition and maturation in *M. longissimus dorsi* of the breed (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) x Pietrain ((DE x DL) x Pi) are to be assessed both after conventional and ecological fattening. In a first test episode comparisons are made of classification data as weight of the carcass, percentage of lean meat, size of the chop and bacon rind at the back as well as the in variable time-lags between 1 and 96 h *post mortem* measured parameters pH-value, electric conductivity, extruded tissue fluid and colour in *M. longissimus dorsi* of the genetic (DE x DL) x Pi after conventional (6 pigs) and ecological (16 pigs) fattening. In *M. longissimus dorsi* of ecologically fattened pigs significantly lower carcass weights ((DE x DL) x Pi _{ökol.} 81.7 ± 10.8 kg; (DE x DL) x Pi _{conv.} 96.6 ± 3.9 kg), sizes of the chops ((DE x DL) x Pi _{ökol.} 57.7 ± 5.7 mm; (DE x DL) x Pi _{conv.} 72.0 ± 7.6 mm) and bacon rinds at the back ((DE x DL) x Pi _{ökol.} 11.0 ± 2.0 mm; (DE x DL) x Pi _{conv.} 14.0 ± 2.5 mm) are measured. The percentage of lean meat is not statistically different in fatteners of both production systems. In a time between 1 and

96 h *post mortem* in *M. longissimus dorsi* of ecologically fattened pigs the pH-values are on average 0.12 units higher and electric conductivity is 1.9 mS / cm lower than in *M. longissimus* of conventionally fattened pigs. The extruded tissue fluid in *M. longissimus dorsi* of ecologically fattened pigs is 0.06 units lower than in *M. longissimus dorsi* of conventionally fattened pigs.

In a second test episode, 58 three-months-old fatteners of the genetics Bunttes Bentheimer Schwein (16 pigs), Schwäbisch Hällisches Schwein (17 pigs), Angler Sattelschwein x Pietrain (9 pigs) and (DE x DL) x Pi (16 pigs) were kept together on straw in a multi-purpose-hall (225 m²) with an adjoining paddock. The animals were fed with grass silage *ad libitum* and rationed pellets based on potato-protein. Conditions of fattening were according to VO (EG) Nr. 834 / 2007. The pigs were fattened on the same conditions and transported to the same slaughter house. The slaughter technology was the same as used in the first test episode. After completed classification, the *M. longissimus dorsi* between the 2. / 3. and 13. / 14. thoracic vertebra on the right, not tied half of the carcass was removed and examined on defined intervals between 1 h and 96 h *post mortem* on a fresh cut and tested for pH-value, electric conductivity, colour and extruded tissue fluid. Further, a chemical analysis of the *M. longissimus dorsi* on the level of the 13. / 14. rib was made. The results show that the genetic (DE x DL) x Pi creates the highest carcass weights in the ecological environment on the level of 81.7 ± 10.8 kg. There is a significant difference between the breeds (DE x DL) x Pi and Bunttes Bentheimer Schwein (71.6 ± 12.9 kg), Schwäbisch Hällisches Schwein (68.5 ± 10.5 kg) and the Angler-Sattelschwein-Pietrain crossbred (65.4 ± 9.6 kg). Concerning the attribute “percentage of lean meat”, there is no significant difference between the genetics (DE x DL) x Pi (60.1 ± 1.53 %) and AS x Pi (60.4 ± 2.02 %), while the percentage of lean meat in *M. longissimus dorsi* of the breed Bunttes Bentheimer Schwein is 49.6 ± 3.32 % and in *M. longissimus dorsi* of Schwäbisch Hällisches Schwein is 54.7 ± 2.50 %. The Diameter of the chop is largest in *M. longissimus dorsi* of the pietrain crossbreds (DE x DL) x Pi (57.7 ± 5.7 mm) and AS x Pi (57.3 ± 4.6 mm), while the breed Bunttes Bentheimer Schwein has a diameter of 44.9 ± 7.4 mm and the breed

Schwäbisch Hällisches Schwein has a diameter of 42.9 ± 4.9 mm. The size of the bacon rind on the level of the 13. / 14. rib is inversely proportional to the size of the chop of meat and is significantly higher in the breed Buntess Bentheimer Schwein (20.8 ± 4.5 mm) than in the breeds Schwäbisch Hällisches Schwein (14.2 ± 3.5 mm), Angler Sattelschwein x Pietrain (10.6 ± 3.0 mm) and (DE x DL) x Pi (11 ± 2.0 mm). Up to 24 hours *post mortem* there is a constant reduction of the pH-values in *M. longissimus dorsi* of all breeds examined in this study. In this period the pH-values measured in *M. longissimus dorsi* of the breed Buntess Bentheimer Schwein are on average 0.28 units higher than those measured in *M. longissimus dorsi* of both pietrain breeds while the pH-values attained in *M. longissimus dorsi* of the breed Schwäbisch Hällisches Schwein rank on a medial position. After 24 hours *post mortem* there is an equalization of the pH-values and no statistical significant differences are found any more. Between 1 and 96 hours *post mortem* the a^* -values in *M. longissimus dorsi* of the breed Buntess Bentheimer Schwein are about 1.7 units higher than in *M. longissimus dorsi* of the Angler-Sattelschwein-Pietrain crossbred. The a^* -values measured in *M. longissimus dorsi* of the breeds Schwäbisch Hällisches Schwein and (DE x DL) x Pi are located on a similar level. They are about 0.7 units lower than those of the breed Buntess Bentheimer Schwein. The electric conductivity averaged over a time between 1 and 96 hours *post mortem* is highest in *M. longissimus dorsi* of the Angler-Sattelschwein-Pietrain crossbred, declines 1.1 mS / cm in *M. longissimus dorsi* of the breed Schwäbisch Hällisches Schwein and is another 0.6 mS / cm lower in *M. longissimus dorsi* of the breed Buntess Bentheimer Schwein. In *M. longissimus dorsi* of the genetic Schwäbisch Hällisches Schwein there is the highest intramuscular fat content (1.5 ± 0.5 %) while the breed Buntess Bentheimer Schwein has an intramuscular fat content of 1.4 ± 0.3 % and the pietrain-crossbreeds AS x Pi and (DE x DL) x Pi each have an intramuscular fat content of 1.1 ± 0.1 %. Concerning all measured parameters, it is evident that an improvement of the technological and consequentially sensory meat condition of the genetics Buntess Bentheimer Schwein and Schwäbisch Hällisches Schwein result in a decrease of the percentage of lean meat, a higher bacon rind at the back and a smaller chop of meat. Therefore, if the consumer demands ecologically generated pork according to VO

(EG) Nr. 834 / 2007 in a fatless quality, the fattening of the genetic (DE x DL) x Pi is advisable, even considering aspects of a higher carcass weight. However, if the consumer demands a well marbled meat of a special quality, the fattening of the breeds Buntess Bentheimer Schwein or Schwäbisch Hällisches Schwein is recommended.

9. Literaturverzeichnis

AFFENTRANGER, P., C. GERWIG, G. J. F. SEEWER, D. SCHWÖRER u. N. KÜNZI (1996):

Growth and carcass characteristics as well as meat and fat quality of three types of pigs under different feeding regimens.

Livest. Prod. Sci. 45, 187-196

ANONYM (2002):

Verbrauchergerechte Schweinefleischqualität – Herausforderung an die Primärerzeugung.

Schriftenreihe der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft.

Heft 7, 7. Jahrgang 2002

ANONYM (2006):

Stabilisierung der Tiergesundheit in der OÖ Ferkelproduktion. PRRS. Porcines Reproduktives und Respiratorisches Syndrom.

VLV Ferkelring, Wels u. Oö. Tiergesundheitsdienst, Linz

AUGSTEN, F., A. IDEL u. M. MATHES (2003):

Nachholbedarf ökologische Tierzucht – auch eine Geschlechterfrage.

in Agrarbündnis (Hrsg.): Landwirtschaft 2003. Der kritische Agrarbericht.

ABL Verlag Rheda – Wiedenbrück, S. 234-237

BÄRLOCHER, H. U., C. WENK u. M. R. L. SCHEEDER (2008):

Haltungssysteme und Fleischqualität von Mastschweinen.

AgrarForschung 15, 178-183

BARBUT, S., A. A. SOSNICKI, S. M. LONERGAN, T. KNAPP, D. C. CIOBANU, L. J. GATCLIFFE, E. HUFF – LONERGAN u. E. W. WILSON (2008):

Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat.

Meat Sci. 79, 46-63

BERTRAM, H. C., A. SCHÄFER, K. ROSENVOLD u. H. J. ANDERSEN (2004):

Physical changes of significance for early post mortem water distribution in porcine M. Longissimus.

Meat Sci. 66, 915-924

BILIC, B. N. U. G. BILKEI (2006):

Effect of outdoor pig production on the seroprevalence of mycoplasma hyopneumoniae and lung lesions.

Vet. Rec. 158, 303-305

BINKE, R. (2003):

Vom Muskel zum Fleisch.

in: Chemie des Lebensmittels Fleisch.

Kulmbacher Reihe, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bd. 18, S. 39-56

BRANSCHIED, W (2008):

FrISChe außerordentlich stark betont.

Beweggründe deutscher Verbraucher beim Fleischeinkauf – Eine Untersuchung zur Bedeutung der regionalen Herkunft – Teil 1.

Fleischwirtsch. 4, 94 - 97

BREWER, M. S., J. Jensen, A. A. SOSNICKI, B. FIELDS, E. WILSON u. F. K. MCKEITH (2002):

The effect of pig genetics on palatability, color and physical characteristics of fresh pork loin chops.

Meat Sci. 61, 249-256

BREWER, M. S., L. G. ZHU, D. J. MEISINGER u. F. K. MCKEITH (2001):

Measuring pork colour: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters.

Meat Sci. 57, 169-176

BROCKHAUS ENZYKLOPÄDIE, VORAUSLEXIKON (1984):

19. Aufl., FA Brockhaus, Mannheim, Bd.4, S. 643-644

BROCKHAUS ENZYKLOPÄDIE (2007):

Stand: 28.08.2008

<http://www.brockhaus.de/wissen/ph-wert>

BÜHLER, R. (1997):

Das Schwäbisch - Hällische Landschwein – älteste und traditionsreichste Schweinerasse Deutschlands.

in HÖRNIG, B. (Hrsg.): Gefährdete Schweinerassen und alternative Schweinezüchtung.

NZH Verlag, Wetzlar, S. 21-26

BÜHLER, R. u. G. POSTLER (2004):

Abschlussbericht Bundesprogramm Ökologischer Landbau zum Forschungsprojekt ÖZW-SHS 020E396: Ökologischer Gesamtzuchtwert Schwäbisch-Hällisches Schwein.

Stand: 24.08.2008

http://orgprints.org/12923/01/12923-020E396-besh-buehler-2004-gesamtzuchtwert_shs.pdf

CAMERON, N. D., M. ENSER, G. R. NUTE, F. M. WHITTINGTON, J. C. PENMAN, A. C. FISKEN, A. M. PERRY u. J. D. WOOD (2000):

Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat.

Meat Sci. 55, 187-195

ČANDEK – POTOKAR, M., B. ŽLENDER, L. LEFAUCHEUR u. M. BONNEAU (1998):

Effects of age and / or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical traits and sensory quality in pigs.

Meat Sci. 48, 287-30

CHAINETR, W., P. GLODEK, H. BRANDT, B. MÖLLERS, M. HENNING, E. KALLWEIT u. K. FISCHER (2002):

Systematische Gebrauchskreuzung als Möglichkeit der Erhaltung vom Aussterben bedrohter Landschweinrassen.

Arch. Tierz. Dummerstorf 45, 35-43

CHEAH, K. S., A. M. CHEAH u. A. Just (1998):

Identification and characterization of pigs prone to producing RSE (reddish – pink, soft and exudative) meat in normal pigs.

Meat Sci. 48, 249-255

COMBERG, G. (1984):

Die Deutsche Tierzucht im 19. und 20. Jahrhundert.

Verlag Ulmer, Stuttgart

DANIELSEN, V., L. L. HANSEN, F. MØLLER, C. BEJERHOLM u. S. NIELSEN (1999):

Production results and sensory meat quality of pigs fed different amounts of concentrate and ad lib. Clover grass or clover grass silage.

DARCOF Rep. 2, 79-86

DE VOL, D. L., F. K. MC KEITH, P. J. BECHTEL, J. NOVAKOFSKI, R. D. SHANKS u. T. R. CARR (1988):

Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses.

J. Anim. Sci. 66, 385-395

DETTWEILER, Fr., K. MÜLLER u. W. PFEILER (1924):

Lehrbuch der Schweinezucht.

Verlagsbuchhandlung Parey, Berlin, S. 220 u. 250ff.

FANG, S. – H., T. NISHIMURA u. K. TAKAHASHI (1999):

Relationship between development of intramuscular connective tissue and toughness of pork during growth of pigs

J. Anim. Sci. 77, 120-130

FERNANDEZ, X., G. MONIN, A. TALMANT, J. MOUROT u. B. LEBRET (1999) :
Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat – 2. Consumer acceptability of m. longissimus lumborum.
Meat Sci. 53, 67-72

FUJI, J., K. OTSU, F. ZORZATO, S. DE LEON, V. K. KHANNA, J. E. WEILER, P. J. O'BRIEN, u. D. H. MACLENNAN (1991):
Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia.
Science 253, 448-451

GESELLSCHAFT ZUR ERHALTUNG ALTER UND GEFÄHRDETER HAUSTIERRASSEN (GEH) (1997):
Rote Liste der bedrohten Nutztierassen in Deutschland.
in HÖRNIG, B. (Hrsg.): Gefährdete Schweinerassen und alternative Schweinezüchtung.
NZH Verlag, Wetzlar

GIRARD, T., H. F. GINZ u. A. URWYLER (2004):
Maligne Hyperthermie.
Swiss medical forum 47/2004, 1192-1197

GRINDFLEK, E., J. SZYDA, Z. LIU u. S. LIEN (2001):
Detection of quantitative trait loci for meat quality in a commercial slaughter pig cross.
Mamm. Genome 12, 299-304

HANDWERKER, H. O. u. M. KOLTZENBURG (1994):
Vegetatives Nervensystem.
in: DEETJEN, P. u. E. J. SPECKMANN (Hrsg.): Physiologie.
Verlag Urban u. Schwarzenberg, S. 511-537

HEITMANN, JR., C. F. KELLY u. T. E. BOND (1958):
Ambient air temperature and weight gain in swine.
J. Anim. Sci. 17, 62-67

HEYLEN, K. (1999):
Variation von anatomisch – physiologischen Merkmalen sowie Merkmalen der Fleischqualität im M. longissimus thoracis et lumborum des Schweines unter besonderer Berücksichtigung des intramuskulären Fettgehaltes.
Halle – Wittenberg, Martin – Luther – Universität, Diss.

HILSE, G. (1992):
Qualität von Fleisch aus der Sicht der Marktanalyse.
in: Akzeptanz moderner Tierproduktion – Urteile und Meinungen.
Schriftenreihe der Akademie für Tiergesundheit.
Verlag der Ferber'schen Universitäts-Buchhandlung, Gießen, Bd. 3, S. 310-319

HIRCHE, H. (1994):

Muskulatur.

in: DEETJEN, P. u. E. J. SPECKMANN (Hrsg.): Physiologie.

Verlag Urban u. Schwarzenberg, S. 149-168

HÖLTIG, D. u. K.H. WALDMANN (2008):

Anfälligkeit gegenüber bakteriellen Atemwegsinfektionen – genetisch bedingt?
Klinische Forschung am Schwein im Rahmen des FUGATO – IRAS –
Verbundprojektes.

in: Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (Hrsg.): Forschung fürs Leben 2008.
Klinische Forschung.

VMK Verlag Monsheim, S. 53-56

HÖRNING, B. (1997):

Alternative Schweinezüchtung.

in: HÖRNING, B.: Gefährdete Schweinerassen und Alternative Schweinezüchtung.

NZH Verlag, Wetzlar, S. 71-101

HOFMANN (1986):

Ist Fleischqualität messbar?

in: Chemisch – physikalische Merkmale der Fleischqualität.

Kulmbacher Reihe, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bd. 6

HOFMANN, K. u. K. O. HONIKEL (2007):

Der Qualitätsbegriff bei Fleisch.

in BRANSCHIED, W., K. O. HONIKEL, G. VON LENGERKEN u. K. TROEGER
(Hrsg.): Qualität von Fleisch und Fleischwaren.

2. Aufl., Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, Bd. 1, S. 79-83

HONIKEL, K.O. (1992):

Fleischqualität aus naturwissenschaftlicher Sicht.

in: Akzeptanz moderner Tierproduktion – Urteile und Meinungen.

Schriftenreihe der Akademie für Tiergesundheit,

Verlag der Ferber'schen Universitäts-Buchhandlung, Gießen, Bd. 3, S. 280-294

HONIKEL, K. O. (1998):

Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat.

Meat Sci. 49, 447-457

HONIKEL, K. O. (2003):

Vom Fleisch zum Produkt.

in: Chemie des Lebensmittels Fleisch.

Kulmbacher Reihe, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bd. 18, S. 70-77

-
- HONIKEL, K. O. (2007):
Physikalische Messmethoden zur Erfassung der Fleischqualität.
in BRANSCHIED, W., K. O. HONIKEL, G. VON LENGERKEN u. K. TROEGER
(Hrsg.): Qualität von Fleisch und Fleischwaren.
2. Aufl., Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, Bd. 2, S. 864-881
- HONIKEL, K. O. u. SCHWÄGELE, F. (2007):
Biochemische Prozesse der Fleischbildung.
in BRANSCHIED, W., K. O. HONIKEL, G. VON LENGERKEN u. K. TROEGER
(Hrsg.): Qualität von Fleisch und Fleischwaren.
2. Aufl., Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, Bd. 2, S. 727-749
- HØØK PRESTO, M., B. ALGERS, E. PERSSON u. H. K. ANDERSSON (2008):
Different roughages to organic growing / finishing pigs – Influence on activity
behavior and social interactions.
Livest. Sci. 2008
- HUFF – LONERGAN, E., T. J. BAAS, M. MALEK, J. C. DEKKERS, K. PRUSA u. M.
F. ROTHSCHILD (2002):
Correlations among selected pork quality traits.
J. Anim. Sci. 80, 617-627
- HUFF – LONERGAN, E. u. S. M. LONERGAN (2007):
New frontiers in understanding drip loss in pork: recent insights on the role of
postmortem muscle biochemistry.
J. Anim. Breed. Genet. 124, 19-26
- IVERSEN, H. (1997):
Das Angler Sattelschwein.
in HÖRNIG, B (Hrsg.): Gefährdete Schweinerassen und alternative
Schweinezüchtung.
NZH Verlag, Wetzlar, S. 33-36
- JANSS, L. L., J. A. VAN ARENDONK u. E. W. BRASCAMP (1997):
Segregation analyses for presence of major genes affecting growth, backfat and litter
size in Dutch Meishan crossbreeds.
J. Anim. Sci. 75, 2864-2876
- JANSS, L. L. G., J. A. M. VAN ARENDONK u. E. W. BRASCAMP (1997):
Bayesian statistical analyses for presence of single genes affecting meat quality traits
in a crossed pig population.
Genetics 145, 395-408

JOSELL, Å., L. MARTINSSON, C. BORGGÅRD, J. R. ANDERSEN u. E. TORNBORG (2000):

Determination of RN⁻ phenotype in pigs at slaughter – line using visual and near – infrared spectroscopy.

Meat Sci. 55, 273-278

JOO, S. T., R. G. KAUFFMANN, B. C. KIM u. G. B. Park (1999):

The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water – holding capacity in porcine longissimus muscle.

Meat Sci. 52, 291-297

KALLWEIT, E. (1994):

Die Bedeutung der Fleischqualität bei der Vermarktung.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 101, 267-270

KILBRIDE, A. L., C. E. GILLMANN, P. OSSENT u. L. E. GREEN (2008):

A cross – sectional study of the prevalence and associated risk factors for capped hock and the associations with bursitis in weaner, grower and finisher pigs from 93 commercial farms in england.

Prev. Vet. Med. 83, 272-284

KOBER, H. (1992):

Das Schwäbisch Hällische Schwein. Bestandsaufnahme einer gefährdeten Rasse.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

KOLSTAD, K. (2001):

Fat deposition and distribution measured by computer tomography in three genetic groups of pigs.

Livest. Prod. Sci. 67, 281-292

KRASNOWSKA, G. u. A. SALEJDA (2008):

The quality of pork from various pig genetic lines.

in: LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE (HRSG.): 3rd baltic conference on food science and technology, 17. – 18.04.2008, Jelgava

KRÜGER, L. (1961):

Geschichtliche Entwicklung der Rassen in der europäischen Tierzucht.

in HAMMOND, J., I. JOHANSSON u. F. HARIN (Hrsg.): Handbuch der Tierzüchtung.

Verlag Parey, Hamburg, Berlin, Bd. 3 : Rassenkunde, 1. Halbband

KÜHN, U. (2001):

Vergleichende anatomische Untersuchung des Darmtraktes und des darmassoziierten lymphatischen Gewebes (GALT) bei alten Hausschweinsrassen und einer modernen Fleischrasse.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

KÜNZI, N. u. G. STRANZIGER (1993):
Allgemeine Tierzucht.
Verlag Ulmer, Stuttgart

LEBRET, B., H. JUIN, J. NOBLET u. M. BONNEAU (2001) :
The effects of two methods of increasing age at slaughter on carcass and muscle traits and meat sensory quality in pigs.
Anim. Sci. 72, 87-94

LEE, S., J. M. NORMAN, S. GUNASEKARAN, R. L. J. M. VAN LAACK, B. C. KIM u. R. G. KAUFFMANN (2000):
Use of electrical conductivity to predict water – holding capacity in post – rigor pork.
Meat Sci. 55, 385-389

LENGERKEN, G., M. WICKE u. K. FISCHER (2007):
Schlachtierwert des Schweines.
in BRANSCHIED, W., K. O. HONIKEL, G. VON LENGERKEN u. K. TROEGER (Hrsg.): Qualität von Fleisch und Fleischwaren.
2. Aufl., Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, Bd. 2, S. 214-220

LINDAHL, G., K. LUNDSTRÖM u. E. TORNBERG (2001):
Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs.
Meat Sci. 59, 141-151

LINDAHL, G., P. HENCKEL, A. H. KARLSSON u. H. J. ANDERSEN (2006):
Significance of early postmortem temperature and pH decline on colour characteristics of pork loin from different crossbreds.
Meat Sci. 72, 613 – 623

LINDAHL, G., A. C. ENFÄLT, H. J. ANDERSEN u. K. LUNDSTRÖM (2006):
Impact of RN genotype and ageing time on colour characteristics of the pork muscles longissimus dorsi and semimembranosus.
Meat Sci. 74, 746-755

LINK, G. (2007):
Beziehungen zwischen objektiv und subjektiv ermittelten Fleischqualitätsparametern unter besonderer Berücksichtigung der Muskelstrukturmerkmale im M. longissimus von Schweinen.
Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg – August – Universität, Diss.

LOPEZ, J., G. W. JESSE, B. A. BECKER u. M. R. ELLERSIECK (1991):
Effects of temperature on the performance of finishing swine: I. Effects of a hot, diurnal temperature on average daily gain, feed intake, and feed efficiency.
J. Anim. Sci. 69, 1843-1849

- LUNDSTRÖM, K., A. ANDERSSON u. I. HANSSON (1996):
Effect of the RN gene on technological and sensory meat quality in crossbred pigs with hampshire as terminal sire.
Meat Sci. 42, 145-153
- LYONS, C. A. P., J. M. BRUCE, V. R. FOWLER u. P. R. ENGLISH (1995) :
A comparison of productivity and welfare of growing pigs in four intensive systems.
Livest. Prod. Sci. 43, 265-274
- MACLENNAN, D. H. (1992):
The genetic basis of malignant hyperthermia.
Trends Pharmacol. Sci. 13, 330-334
- MACLENNAN, D. H., C. Duff, F. ZORZATO, J. FUJII, M. PHILLIPS, R. G. KORNELUK, W. FRODIS, B. A. BRITT u. R. G. WORTONT (1990):
Ryanodine receptor gene is a candidate for predisposition to malignant hyperthermia.
Nature 343, 559-561
- MONIN, G. u. P. SELIER (1985):
Pork of low technological quality with a normal rate of muscle ph fall in the immediate post – mortem period: The case of the hampshire breed.
Meat Sci. 13, 49-63
- MONIN, G., A. TALMANT, D. LABORDE, M. ZABARI u. P. SELIER (1986):
Compositional and enzymatic characteristics of the longissimus dorsi muscle from large white, halothane – positive and halothane – negative pietrain, and hampshire pigs.
Meat Sci. 16, 307-316
- MURRAY, A. C. (1999):
Relationships among intramuscular fat content, marbling and the pse condition in alberta pigs.
Advances in Pork Production 10, Abstact # 40
- NAGEL, G. u. BILKEI, G. (2003):
The influence of outdoor production on the development of atrophic rhinitis and other respiratory deseases in weaners.
Pig Journal 52
- NEWCOM, D. W., K. J. STALDER, T. J. BAAS, R. N. GOODWIN, F. C. PARRISH u. B. R. WIEGAND (2004):
Breed differences and genetic parameters of myoglobin concentration in porcine longissimus muscle.
J. Anim. Sci. 82, 2264-2268

OFFER, G. u. T. COUSINS (1992):

The mechanism of drip production: Formation of two compartments of extracellular space in muscle post mortem.

J. Sci. Food Agric. 58, 107-116

OPRIESSNIG, T., M. FENAUX, P. THOMAS, M. J. HOOGLAND, M. F. ROTHSCHILD, X. J. MENG u. P. G. HALBUR (2006):

Evidence of breed – dependent differences in susceptibility to porcine circovirus type – 2 – associated disease and lesions.

Vet. Pathol. 43, 281-293

ROSENVOLD, K. u. H. J. ANDERSEN (2003):

The significance of pre – slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork.

Meat Sci. 63, 199-209

ROVIRA, A., M. BALASCH, J. SEGALÉS, L. GARCÍA, J. PLANA – DURÁN, C. ROSELL, H. ELLERBROK, A. MANKERTZ u. M. DOMINGO (2002):

Experimental inoculation of conventional pigs with porcine reproductive and respiratory syndrome virus and porcine circovirus 2.

J. Virol. 76, 3232-3239

RYU, Y. C., Y. M. CHOI u. B.C. KIM (2005) :

Variations in metabolite contents and protein denaturation of the longissimus dorsi muscle in various porcine quality classifications and metabolic rates.

Meat Sci. 71, 522-529

RYU, Y. C. u. B. C. KIM (2006):

Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality.

J. Anim. Sci. 84, 894-901

SAMBRAUS, H. H. (1999):

Gefährdete Nutzierrassen.

Verlag Ulmer, Stuttgart, 2. Aufl., S. 347-372

SAMBRAUS, H. H. (2001):

Farbatlas Nutzierrassen.

Verlag Ulmer, Stuttgart, 6. Aufl.

SATHER, A. P., S. D. M. JONES, A. K. W. TONG u. A. C. MURRAY (1991):

Halothane genotype by weight interactions on pig meat quality.

Can. J. Anim. Sci. 71, 645-658

SCHEFFLER, T. L. u. D. E. GERRARD (2007):
Mechanisms controlling pork quality development: The biochemistry controlling postmortem energy metabolism.
Meat Sci. 77, 7-16

SCHRÖDER, H. (1997):
Das Bunte Bentheimer Schwein.
in HÖRNIG, B. (Hrsg.): Gefährdete Schweinerassen und alternative Schweinezüchtung.
NZH Verlag, Wetzlar, S. 41-46

SCHULTZE, C. (2008):
Enrichment bei der Haltung von Mastschweinen.
München, Tierärztl. Fakultät d. Ludwig - Maximilians – Universität, Diss.

SCHWÄGELE, F. (2003):
Struktur und Funktion des Muskels.
in: Chemie des Lebensmittels Fleisch.
Kulmbacher Reihe, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bd. 18, S. 39-56

SEEWALD, M.J., H. M. EICHINGER, F. LEHMANN – HORN u. P. A. IAIZZO (1991):
Characterization of swine susceptible to malignant hyperthermia by in vivo, in vitro and post – mortem techniques.
Acta Anaesthesiologica Scandinavica 35, 345-349

SEEWALD, M. J., P. A. IAIZZO, E. HEISSWOLF u. H. M. EICHINGER (1993):
Effects of meat Quality and Storage on the breakdown of adenosine triphosphate in muscle from swine.
Meat Sci. 35, 47-61

SELLIER, P. u. G. MONIN (1994):
Genetics of pig meat quality: a review.
J. Muscle Foods 5, 187-219

SHEN, Q. W., K. R. UNDERWOOD, W. J. MEANS, R. J. MCCORMICK u. M. DU (2007):
The halothane gene, energy metabolism, adenosine monophosphate – activated protein kinase, and glycolysis in postmortem pig longissimus dorsi muscle.
J. Anim. Sci. 85, 1054-1061

SILBERNAGEL, S. u. A. DESPOPOULUS (1991):
Taschenatlas der Physiologie.
4. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart

ŠIMEK, J., M. GROLICHOVÁ, I. STEINHAUSEROVÁ u. L. STEINHAUSER (2004):
Carcass and meat quality of selected final hybrids of pigs in the Czech Republic.
Meat Sci. 66, 383-386

SLOW FOOD DEUTSCHLAND E.V. (2007):

Buntes Bentheimer Schwein.

Stand: 05.11.2007

http://www.slowfood.de/arche/passagiere/buntes_bentheimer/

SPERNER, B. (2005):

Kurs Fleischhygiene. Sonstige Untersuchungen.

Vorlesungsskript des Instituts für Hygiene und Technologie der Lebensmittel tierischen Ursprungs.

München, Tierärztl. Fakultät der Ludwig – Maximilians – Universität.

STEINBERG, M., K. HÖRÜGEL u. L. SCHÖBERLEIN (1998):

Bewertung objektiver und subjektiver Parameter der Beschaffenheit von Schweinefleisch.

in: SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.): Berichte aus der Tierproduktion.

3. Jg., Heft 3, S. 67-82

STORCH, V. u. WELSCH, U. (1993):

Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum.

21. Aufl., Verlag Fischer, Stuttgart, Jena, S. 409ff.

STRACK, K.E. (2005):

Schweineproduktion.

in Weiß, J., W. PABST, K.E. STRACK u. S. GRANZ (Hrsg.): Tierproduktion.

13. Aufl., Verlag Parey, Stuttgart, S. 427-525

STRUDSHOLM, K. u. J. E. HERMANSEN (2005):

Performance and carcass quality of fully or partly outdoor reared pigs in organic production.

Livest. Prod. Sci. 96, 261-268

SUNDRUM, A. (2006):

Sind Qualität und Quantität in der Schweinefleischerzeugung vereinbar?

in: Institut für ökologischen Landbau der FAL (Hrsg.): 5. Internationale Tagung: Ökoschweine im Visier.

Tagungsband, 5. Internat. Öko - Schweinetagung

SUNDRUM, A., B. KULIG, K. RÜBESAM, M. HENNING, L. BÜTFERING u. K. – H. HOPPENBROCK (2005):

Auswirkungen der Rohproteinversorgung auf die Qualität von Schweinefleisch.

in: HESS, J. u. G. RAHMANN (Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 01. – 04.03.2005, Universität Kassel, S. 327-330

SUZUKI, K., M. IRIE, H. KADOWAKI, T. SHIBATA, M. KUMAGAI u. A. NISHIDA (2005):

Genetic parameter estimates of meat quality traits in duroc pigs selected for average daily gain, longissimus muscle area, backfat thickness, and intramuscular fat content. *J. Anim. Sci.* 83, 2058-2065

TATSUMI, R. u. K. TAKAHASHI (2003):

Structural changes in Titin and Nebulin Filaments Specific to Calcium Ions at 0,1 mM: Factors of Meat Tenderization During Postmortem Aging. *J. Food Sci.* 68, 756-760

THIEMIG, F., H. BUHR u. P. OELKER (1997):

Zur Problematik der PSE – Bestimmung bei Schweinefleisch. *Fleischwirtsch.* 77, 229-234

UEMOTO, Y., Y. NAGAMINE, E. KOBAYASHI, S. SATO, T. TAYAMA, Y. SUDA, T. SHIBATA u. K. SUZUKI (2008):

Quantitative trait loci analysis on sus scrofa chromosome 7 for meat production, meat quality, and carcass traits within a duroc purebred population. *J. Anim. Sci.* 86, 2833-2839

VAN LAACK, R. L. J. M. u. R. G. Kauffmann (1999):

Glycolytic potential of red, soft, exudative pork longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 77, 2971-2973

VAN REETH, K., H. NAUWYNCK u. M. PENSAERT (1996):

Dual infections of feeder pigs with porcine reproductive and respiratory syndrome virus followed by porcine respiratory coronavirus or swine influenza virus: a clinical and virological study.

Vet. Microbiol. 48, 325-335

VAN WIJK, H. J., D. J. G. ARTS, J. O. MATTHEWS, M. WEBSTER, B. J. DUCRO u. E. F. KNOL (2005):

Genetic parameters for carcass composition and pork quality estimated in a commercial production chain.

J. Anim. Sci. 83, 324-333

VEREIN ZUR ERHALTUNG DES BUNTEN BENTHEIMER SCHWEINES E.V. (2008):

Aktuelles.

Stand: 24.09.2008

<http://www.bunte-bentheimer-schweine.de/index.php?id=389>

-
- VOGT, M. (1997):
Deutsche Landrasse Universal – DL (U).
in HÖRNIG, B. (Hrsg.): Gefährdete Schweinerassen und alternative
Schweinezüchtung.
NZH Verlag, Wetzlar, S. 47-49
- WARNER, R. D., R. G. KAUFFMANN u. M. L. GREASER (1997):
Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits.
Meat Sci. 45, 339-352
- WARRISS, P. D., S. N. BROWN u. P. PAŚCIAK (2006):
The colour of the adductor muscle as a predictor of pork quality in the loin.
Meat Sci. 73, 565-569
- WEISSMANN, F. (2003):
Aspekte der Mast – und Schlachtleistung von Schweinen unterschiedlicher
Genotypen in Freilandmast auf dem Fruchtfolgeglied Klee gras.
in FREYER, B. (Hrsg.): Ökologischer Landbau der Zukunft – Beiträge zur 7.
Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, S. 265-268
- WEISSMANN, F. (2003):
Durch Qualitätsoffensive zu ökologischer Schweine zucht.
Ökologie & Landbau 128, 23-25
- WOOD, J. D., M. ENSER, F. M. WHITTINGTON, C. B. MONCRIEFF u. A. J.
KEMPSTER (1989):
Backfat composition in pigs: Differences between fat thickness groups and sexes.
Livest. Prod. Sci. 22, 351-362
- ZDS (2007):
Schweineproduktion 2007 in Deutschland – Ausgabe 2008 -
Druckerei Roesberg, Alfter – Impekoven
- ZHU, L. G. u. M. S. BREWER (1998):
Metmyoglobin reducing capacity of fresh normal, PSE, and DFD pork during retail
display.
J. Food Sci. 63, 390-39

Gesetze und Normen:

Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis (AVV LmH – AVV Lebensmittelhygiene) vom 12. September 2007.

Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren; Bekanntmachungen nach § 64 Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB), neugefasst durch Bek. vom 26.04.2006.

Verordnung (EG) Nr. 834 / 2007 des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische / biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen / biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092 / 91.

Verordnung (EG) Nr. 853 / 2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs.

Verordnung (EG) Nr. 854 / 2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs.

9. Anhang

9.1 Tabellenanhang

Tab. 5 Körpergewicht in Kilogramm (kg) während der Mast, 2. Versuchsabschnitt

Nr.	15.05.2007	02.07.2007	07.08.2007	11.09.2007	16.10.2007	m/w
3	23,2	32,0	45,9	56,6	73,1	m
5	34,2	38,5	51,6	58,1	86,6	m
9	39,0	55,9	74,0	91,8	109,5	m
12	24,3	30,1	39,2	48,4	63,6	m
6	23,3	32,0	44,6	60,0	83,1	w
7	32,8	39,0	53,6	75,0	91,7	w
8	32,1	43,4	59,5	75,4	99,1	w
13	31,6	37,1	48,4	59,5	78,7	w
15	27,7	39,4	57,5	73,6	87,4	w
17	27,7	36,2	50,6	61,3	75,4	m
20	38,8	46,0	61,9	70,0	86,6	m
21	31,0	33,2	44,5	54,5	66,1	m
22	35,5	43,5	53,3	58,6	71,6	m
23	28,7	37,2	50,7	64,4	78,7	m
25	32,5	45,0	60,3	72,0	87,2	m
18	33,0	44,1	57,7	65,1	85,7	w
19	36,6	42,1	54,7	62,7	70,9	w
24	30,1	45,6	64,1	78,8	92,7	w
26	24,2	37,4	53,7	62,6	83,7	m
30	22,4	34,5	48,1	58,0	75,0	m
31	27,8	39,8	59,2	70,0	85,2	m
32	26,8	43,0	62,0	79,6	97,5	m
34	28,2	43,0	60,0	71,2	95,5	m
35	32,3	47,8	66,2	81,0	98,8	m
36	27,2	40,0	52,7	61,1	80,0	m
37	27,2	41,4	60,5	77,1	98,0	m
38	31,9	51,3	71,5	88,6	109,0	m
39	20,7	48,0	69,2	81,2	91,7	m
27	25,3	37,7	50,0	64,0	80,0	w
28	23,2	36,5	50,0	60,5	76,2	w
29	21,6	31,0	47,3	58,6	75,4	w
33	20,2	28,6	42,5	51,7	66,6	w
40	22,4	36,8	48,6	54,7	72,1	w
43	22,8	36,1	50,4	63,7	76,0	w

Fortsetzung der Tabelle Körpergewicht in kg während der Mast 2.
Versuchsabschnitt

44	23,0	33,3	50,7	64,7	84,4	w
54	26,3	40,8	58,5	73,0	99,2	m
56	29,3	41,0	57,2	69,8	87,5	m
58	29,3	43,3	64,3	83,6	100,4	m
60	25,0	34,2	51,2	67,5	82,8	m
61	29,0	37,5	56,5	66,7	78,1	m
62	28,9	44,7	63,7	79,5	90,0	m
64	25,0	39,5	57,3	72,9	90,0	m
66	24,6	38,2	54,1	69,2	86,5	m
51	22,3	36,2	50,0	63,8	76,3	w
52	25,2	35,2	54,6	68,6	96,5	w
53	30,1	44,0	64,3	80,0	103,4	w
55	28,1	43,7	63,2	80,0	103,6	w
57	27,5	50,0	70,6	88,3	111,8	w
59	26,5	46,2	67,6	78,0	101,5	w
63	26,9	40,4	56,6	73,7	90,5	w
65	23,2	36,2	53,6	63,0	80,0	w

Nr. 3 bis 15: Buntess Bentheimer Schwein

Nr. 17 bis 25: Angler Sattelschwein x Pietrain

Nr. 26 bis 44: Schwäbisch Hällisches Schwein

Nr. 50 bis 66: Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse) x Pietrain

Tab. 6 Klassifizierungsdaten 1. und 2. Versuchsabschnitt

Nr.	Gew.	MF %	HKL	FI/mm	Sp/mm	m / w
3	57,2	56,1	E	46,2	13,3	m
5	75,1	45,7	R	36,9	23,8	m
9	93,3	46,7	R	44,7	24,3	m
12	52,2	52,4	U	33,0	14,9	m
6	68,4	47,3	R	50,1	24,8	w
7	77,5	47,8	R	57,9	25,9	w
8	85,3	51,2	U	50,1	20,1	w
13	67,2	48,5	R	42,7	21,7	w
15	68,6	51,1	U	42,7	18,6	w

17	63,7	61,4	E	58,9	9,7	m
20	72,0	57,4	E	58,4	14,4	m
21	53,8	60,8	E	53,5	9,2	m
22	55,1	61,9	E	52,0	7,6	m
23	63,3	62,1	E	60,3	9,2	m
25	73,2	59,1	E	62,3	13,3	m
18	69,7	62,2	E	60,8	9,2	w
19	56,0	61,4	E	49,1	7,6	w
24	81,9	57,0	E	60,8	15,4	w
26	64,2	54,6	U	42,7	14,4	m
30	60,3	54,4	U	39,8	13,9	m
31	71,0	54,7	U	48,1	15,4	m
32	79,5	52,2	U	46,2	18,0	m
34	76,0	50,1	U	39,8	19,1	m
35	80,0	51,4	U	46,7	19,1	m
36	67,3	54,0	U	44,2	15,4	m
37	81,6	54,8	U	48,6	15,4	m
38	85,9	51,7	U	46,2	18,6	m
39	80,2	56,6	E	51,5	13,9	m
27	65,5	59,6	E	41,8	8,1	w
28	57,4	56,5	E	32,0	9,7	w
29	60,2	54,4	U	39,3	13,9	w
33	50,7	58,5	E	40,8	9,2	w
40	58,8	55,6	E	43,2	13,3	w
43	56,8	57,2	E	35,9	9,7	w
44	68,3	54,6	U	42,7	14,4	w
54	87,8	59,9	E	60,3	11,8	m
56	73,8	59,2	E	53,5	11,2	m
58	86,6	60,5	E	55,9	10,2	m
60	70,8	59,8	E	52,5	10,2	m
61	60,7	59,9	E	48,1	9,2	m
62	78,7	56,8	E	55,0	14,4	m
64	81,4	61,3	E	65,2	11,2	m
66	80,4	59,3	E	56,9	11,8	m
51	68,5	61,8	E	51,5	7,6	w
52	88,2	61,0	E	61,3	10,7	w
53	92,6	60,4	E	65,2	12,3	w
55	92,1	56,8	E	57,4	14,9	w
57	100,9	61,4	E	68,1	11,8	w
59	91,5	61,1	E	64,2	11,2	w

63	83,0	61,6	E	55,0	8,6	w
65	70,2	61,3	E	53,5	8,6	w
01	93,6	63,5	E	75,0	10,7	w
02	94,4	61,2	E	76,5	13,9	w
03	99,6	63,0	E	79,4	12,3	w
04	103,0	61,2	E	76,5	13,9	m
05	93,3	55,6	E	62,3	17,5	m
06	95,9	56,8	E	62,3	16,0	m

- Nr. 3 bis 15: Buntess Bentheimer Schwein
- Nr. 17 bis 25: Angler Sattelschwein x Pietrain
- Nr. 26 bis 44: Schwäbisch Hällisches Schwein
- Nr. 50 bis 66: (DE x DL) x Pi 2. Versuchsabschnitt (2. Vers.)
- Nr. 01 bis 06: (DE x DL) x Pi 1. Versuchsabschnitt (1. Vers.)
- Gew.: Schlachtkörpergewicht in Kilogramm (Kg)
- MF %: Magerfleischanteil in Prozent (%)
- HKL: Handelsklasse nach dem EUROP - System
- FL / mm: Kotelettfläche in Millimeter (mm)
- Sp / mm: Rückenspeckdicke in Millimeter (mm)
- m: männliches Tier
- w: weibliches Tier

Tab. 7 Klassifizierungsdaten 1. und 2. Versuchsabschnitt, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

	Schlachtkörpergewicht (kg)		Magerfleischanteil (%)		Fleischmaß (mm)		Speckmaß (mm)	
	MW	± SD	MW	± SD	MW	± SD	MW	± SD
BB	71,64	12,88	49,64	3,32	44,92	7,42	20,82	4,48
AS x Pi	65,41	9,56	60,37	2,02	57,34	4,64	10,62	2,95
SH	68,45	10,50	54,76	2,50	42,91	4,86	14,21	3,45
(DExDL)xPi								
2. Vers.	81,70	10,76	60,13	1,53	57,73	5,74	10,98	1,97
(DExDL)xPi								
1. Vers.	96,63	3,88	60,22	3,27	72,00	7,65	14,05	2,45

Tab. 8 PH – Wert; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt Einzeltiere

Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	m/w
3	6,43	6,11	5,59	5,46	5,41	5,34	5,39	5,36	5,32	5,44	5,52	m
5	6,51	6,20	5,82	5,55	5,34	5,35	5,33	5,31	5,32	5,38	5,47	m
9	6,70	6,45	6,23	5,82	5,44	5,39	5,35	5,36	5,41	5,38	5,43	m
12	6,43	6,08	5,81	5,32	5,31	5,32	5,30	5,22	5,24	5,28	5,36	m
6	6,50	5,96	5,50	5,44	5,45	5,40	5,37	5,37	5,37	5,38	5,41	w
7	6,31	5,34	5,41	5,42	5,34	5,30	5,31	5,34	5,37	5,36	5,37	w
8	6,72	6,34	6,09	5,66	5,35	5,36	5,36	5,37	5,38	5,35	5,35	w
13	6,70	6,36	6,07	5,80	5,34	5,34	5,21	5,23	5,23	5,24	5,34	w
15	6,64	6,28	5,89	5,55	5,39	5,37	5,33	5,38	5,36	5,38	5,41	w
17	6,28	5,76	5,64	5,38	5,36	5,39	5,32	5,34	5,35	5,37	5,35	m
20	6,17	5,97	5,62	5,42	5,38	5,33	5,27	5,31	5,29	5,31	5,40	m

Fortsetzung der Tabelle pH-Wert Einzeltiere

21	6,12	5,75	5,54	5,38	5,36	5,32	5,23	5,26	5,21	5,28	5,31	m
22	5,79	5,31	5,41	5,38	5,32	5,38	5,34	5,30	5,30	5,33	5,46	m
23	6,10	5,86	5,61	5,40	5,35	5,29	5,29	5,39	5,25	5,42	5,40	m
25	5,70	5,42	5,36	5,29	5,35	5,41	5,35	5,33	5,29	5,45	5,40	m
18	5,68	5,46	5,42	5,43	5,41	5,34	5,31	5,34	5,37	5,37	5,39	w
19	6,03	5,45	5,53	5,37	5,36	5,31	5,29	5,26	5,30	5,38	5,48	w
24	6,57	5,93	5,70	5,41	5,38	5,32	5,21	5,31	5,27	5,36	5,27	w
26	6,10	5,76	5,42	5,35	5,39	5,31	5,34	5,41	5,37	5,40	5,42	m
30	6,04	5,52	5,54	5,40	5,36	5,35	5,28	5,27	5,33	5,32	5,40	m
31	6,44	6,29	6,01	5,64	5,32	5,31	5,27	5,30	5,29	5,34	5,32	m
32	6,23	5,79	5,62	5,44	5,43	5,34	5,33	5,36	5,37	5,41	5,47	m
34	6,38	6,18	5,78	5,63	5,55	5,45	5,45	5,41	5,42	5,45	5,54	m
35	6,47	6,19	5,87	5,50	5,38	5,37	5,33	5,33	5,32	5,35	5,36	m
36	6,26	6,00	5,64	5,35	5,33	5,27	5,27	5,24	5,27	5,28	5,31	m
37	6,47	6,27	6,00	5,64	5,35	5,32	5,30	5,34	5,32	5,32	5,31	m
38	6,34	5,94	5,54	5,45	5,37	5,34	5,33	5,35	5,33	5,40	5,44	m
39	6,72	6,32	6,04	5,56	5,31	5,32	5,29	5,30	5,29	5,31	5,28	m
27	6,45	6,02	5,73	5,49	5,34	5,38	5,32	5,32	5,32	5,40	5,39	w
28	6,39	5,85	5,73	5,49	5,37	5,40	5,37	5,39	5,36	5,36	5,40	w
29	6,68	6,50	6,17	5,63	5,39	5,37	5,24	5,27	5,29	5,31	5,36	w
33	6,02	5,84	5,53	5,37	5,29	5,39	5,22	5,24	5,34	5,31	5,38	w
40	6,13	5,60	5,42	5,44	5,40	5,34	5,30	5,25	5,27	5,31	5,31	w
43	6,16	5,65	5,46	5,35	5,28	5,25	5,27	5,28	5,25	5,29	5,40	w
44	6,39	6,14	5,74	5,58	5,47	5,39	5,33	5,36	5,35	5,36	5,37	w
54	6,47	6,04	5,83	5,50	5,26	5,41	5,31	5,31	5,30	5,33	5,34	m
56	5,93	5,62	5,39	5,39	5,39	5,36	5,36	5,26	5,29	5,30	5,38	m
58	6,23	5,69	5,61	5,41	5,42	5,36	5,34	5,39	5,33	5,37	5,35	m
60	6,30	5,98	5,74	5,48	5,34	5,35	5,36	5,34	5,41	5,47	5,52	m
61	6,39	6,35	6,11	5,64	5,34	5,29	5,25	5,28	5,25	5,30	5,32	m
62	6,09	5,56	5,42	5,38	5,36	5,30	5,26	5,31	5,33	5,37	5,26	m
64	6,27	5,86	5,62	5,41	5,45	5,44	5,32	5,34	5,33	5,44	5,38	m
66	5,76	5,37	5,38	5,38	5,41	5,41	5,42	5,36	5,47	5,40	5,37	m
51	6,27	5,63	5,66	5,38	5,36	5,35	5,30	5,41	5,36	5,38	5,38	w
52	5,89	5,50	5,39	5,39	5,40	5,39	5,38	5,36	5,37	5,43	5,37	w
53	6,24	5,91	5,65	5,37	5,40	5,34	5,30	5,33	5,35	5,35	5,34	w
55	6,04	5,64	5,43	5,36	5,39	5,25	5,34	5,34	5,34	5,36	5,44	w
57	6,00	5,48	5,48	5,41	5,36	5,37	5,29	5,32	5,37	5,33	5,38	w
59	6,03	5,65	5,63	5,34	5,30	5,26	5,30	5,31	5,30	5,36	5,35	w

Fortsetzung der Tabelle pH-Wert Einzeltiere

63	6,10	5,68	5,55	5,42	5,41	5,40	5,34	5,35	5,35	5,38	5,40	w
65	5,50	5,32	5,37	5,28	5,36	5,38	5,30	5,38	5,40	5,46	5,41	w
01	5,65	5,70	5,35	5,23	5,21	5,20	5,35	5,21	5,25	5,34	5,41	w
02	5,92	5,38	5,23	5,23	5,19	5,18	5,20	5,20	5,40	5,24	5,28	w
03	5,84	5,18	5,34	5,26	5,20	5,17	5,26	5,21	5,29	5,28	5,31	w
04	6,39	6,40	5,90	5,61	5,33	5,34	5,20	5,34	5,25	5,35	5,36	m
05	5,90	5,53	5,24	5,19	5,17	5,20	5,21	5,23	5,21	5,21	5,25	m
06	5,86	5,42	5,24	5,21	5,21	5,22	5,28	5,21	5,23	5,31	5,33	m

Tab. 9 PH-Wert; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

		Messung Nr.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BB	MW	6,55	6,12	5,82	5,56	5,37	5,35	5,33	5,33	5,33	5,35	5,41
	±SD	0,15	0,33	0,28	0,17	0,05	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
AS x Pi	MW	6,05	5,66	5,54	5,38	5,36	5,34	5,29	5,32	5,29	5,36	5,38
	±SD	0,29	0,25	0,12	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,07
SH	MW	6,33	5,99	5,72	5,49	5,37	5,35	5,31	5,32	5,32	5,35	5,38
	±SD	0,20	0,28	0,23	0,11	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,07
DExDL xPi 2. Vers.	MW	6,09	5,71	5,58	5,41	5,37	5,35	5,32	5,34	5,35	5,38	5,37
	±SD	0,25	0,27	0,20	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06
DExDL xPi 1. Vers.	MW	5,93	5,60	5,38	5,29	5,22	5,22	5,25	5,23	5,27	5,29	5,32
	±SD	0,25	0,43	0,26	0,16	0,06	0,06	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06

Tab. 10 Statistisch signifikante Unterschiede im pH-Wert, 2. Versuchsabschnitt

<u>Zeitpunkt 1</u>	<u>Zeitpunkt 2</u>	<u>Zeitpunkt 3</u>
BB – (DE x DL) x Pi BB – AS x Pi SH – (DE x DL) x Pi SH – AS x Pi	BB – (DE x DL) x Pi BB – AS x Pi SH – (DE x DL) x Pi SH – AS x Pi	BB – (DE x DL) x Pi BB – AS x Pi
<u>Zeitpunkt 4</u>	<u>Zeitpunkt 5</u>	<u>Zeitpunkt 6</u>
BB – (DE x DL) x Pi BB – AS x Pi	n.s.	n.s.
<u>Zeitpunkt 7</u>	<u>Zeitpunkt 8</u>	<u>Zeitpunkt 9</u>
n.s.	n.s.	n.s.
<u>Zeitpunkt 10</u>	<u>Zeitpunkt 11</u>	
n.s.	n.s.	

Tab. 11 Auspressbare Gewebeflüssigkeit; Messungen 1 bis 11,
1. und 2. Versuchsabschnitt Einzeltiere

Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	m/w
3	0,62	0,70	0,58	0,51	0,52	0,77	0,53	0,62	0,49	0,47	0,56	m
5	0,81	0,62	0,57	0,56	0,50	0,61	0,70	0,60	0,57	0,59	0,51	m
9	0,60	0,77	0,68	0,54	0,55	0,59	0,71	0,56	0,56	0,44	0,51	m
12	0,67	0,56	0,61	0,66	0,51	0,61	0,51	0,66	0,58	0,44	0,42	m
6	0,71	0,59	0,64	0,61	0,53	0,70	0,54	0,63	0,53	0,63	0,51	w
7	0,71	0,57	0,59	0,68	0,45	0,61	0,43	0,59	0,59	0,44	0,51	w
8	0,81	0,60	0,67	0,59	0,54	0,66	0,59	0,59	0,55	0,45	0,52	w
13	0,69	0,70	0,61	0,59	0,54	0,77	0,55	0,62	0,48	0,52	0,54	w

Fortsetzung der Tabelle auspressbare Gewebeflüssigkeit Einzeltiere

15	0,71	0,70	0,52	0,45	0,56	0,66	0,50	0,60	0,57	0,47	0,54	w
17	0,82	0,64	0,63	0,62	0,55	0,70	0,56	0,59	0,46	0,48	0,50	m
20	0,67	0,69	0,65	0,54	0,55	0,70	0,56	0,62	0,55	0,55	0,53	m
21	0,71	0,90	0,50	0,52	0,51	0,71	0,70	0,68	0,62	0,49	0,48	m
22	0,73	0,63	0,57	0,58	0,53	0,65	0,57	0,62	0,53	0,53	0,54	m
23	0,75	0,49	0,66	0,64	0,73	0,77	0,54	0,61	0,48	0,46	0,54	m
25	0,56	0,63	0,58	0,52	0,55	0,62	0,50	0,58	0,52	0,56	0,53	m
18	0,62	0,66	0,66	0,53	0,55	0,51	0,47	0,55	0,48	0,55	0,49	w
19	0,74	0,54	0,62	0,59	0,55	0,77	0,56	0,70	0,50	0,49	0,49	w
24	0,79	0,72	0,61	0,58	0,53	0,77	0,65	0,66	0,53	0,51	0,53	w
26	0,66	0,70	0,55	0,58	0,51	0,61	0,63	0,71	0,57	0,64	0,48	m
30	0,55	0,72	0,58	0,50	0,47	0,70	0,54	0,50	0,49	0,45	0,52	m
31	0,65	0,72	0,59	0,54	0,55	0,70	0,58	0,50	0,47	0,51	0,50	m
32	0,66	0,54	0,52	0,61	0,59	0,83	0,51	0,59	0,55	0,52	0,48	m
34	0,62	0,62	0,57	0,55	0,52	0,65	0,54	0,53	0,65	0,52	0,51	m
35	0,78	0,66	0,63	0,52	0,53	0,71	0,52	0,63	0,51	0,50	0,53	m
36	0,87	0,70	0,57	0,53	0,45	0,70	0,55	0,54	0,51	0,52	0,48	m
37	0,62	0,78	0,64	0,57	0,54	0,61	0,57	0,63	0,64	0,59	0,51	m
38	0,70	0,72	0,56	0,58	0,52	0,70	0,59	0,59	0,53	0,58	0,53	m
39	0,59	0,73	0,62	0,53	0,49	0,59	0,56	0,56	0,54	0,48	0,56	m
27	0,58	0,72	0,48	0,64	0,54	0,70	0,59	0,59	0,51	0,51	0,53	w
28	0,57	0,61	0,48	0,52	0,47	0,61	0,64	0,48	0,45	0,59	0,50	w
29	0,71	0,66	0,72	0,54	0,44	0,65	0,48	0,56	0,59	0,44	0,61	w
33	0,56	0,61	0,50	0,59	0,46	0,64	0,48	0,55	0,46	0,47	0,47	w
40	0,80	0,78	0,50	0,56	0,49	0,59	0,53	0,57	0,47	0,55	0,46	w
43	0,61	0,66	0,55	0,44	0,46	0,70	0,54	0,59	0,42	0,58	0,53	w
44	0,55	0,77	0,60	0,61	0,49	0,65	0,67	0,59	0,52	0,57	0,53	w
54	0,65	0,70	0,53	0,60	0,51	0,70	0,57	0,53	0,51	0,56	0,47	m
56	0,59	0,70	0,57	0,61	0,48	0,59	0,52	0,62	0,51	0,59	0,55	m
58	0,66	0,64	0,63	0,59	0,51	0,58	0,59	0,60	0,52	0,50	0,55	m
60	0,72	0,53	0,59	0,67	0,70	0,70	0,53	0,59	0,56	0,53	0,55	m
61	0,68	0,80	0,66	0,59	0,58	0,67	0,60	0,56	0,51	0,54	0,53	m
62	0,65	0,58	0,59	0,62	0,48	0,62	0,47	0,66	0,56	0,59	0,55	m
64	0,61	0,84	0,59	0,62	0,51	0,72	0,46	0,55	0,62	0,49	0,61	m
66	0,66	0,56	0,55	0,51	0,51	0,63	0,54	0,59	0,59	0,44	0,51	m
51	0,68	0,56	0,59	0,70	0,57	0,77	0,56	0,62	0,50	0,52	0,48	w
52	0,73	0,58	0,57	0,61	0,57	0,65	0,53	0,59	0,53	0,51	0,51	w
53	0,66	0,61	0,58	0,71	0,65	0,70	0,50	0,59	0,56	0,63	0,49	w

Fortsetzung der Tabelle auspressbare Gewebeflüssigkeit Einzeltiere

55	0,69	0,70	0,64	0,59	0,49	0,71	0,64	0,61	0,55	0,60	0,50	w
57	0,73	0,70	0,62	0,58	0,53	0,66	0,49	0,48	0,48	0,59	0,51	w
59	0,69	0,60	0,62	0,54	0,53	0,59	0,46	0,58	0,47	0,56	0,55	w
63	0,70	0,70	0,60	0,56	0,50	0,59	0,65	0,64	0,57	0,45	0,46	w
65	0,50	0,59	0,62	0,51	0,35	0,70	0,49	0,51	0,53	0,46	0,45	w
01	0,54	0,53	0,47	0,54	0,49	0,52	0,51	0,51	0,50	0,48	0,49	w
02	0,55	0,57	0,55	0,45	0,52	0,53	0,45	0,54	0,49	0,50	0,48	w
03	0,51	0,55	0,56	0,43	0,56	0,54	0,52	0,47	0,44	0,42	0,43	w
04	0,71	0,76	0,56	0,59	0,46	0,58	0,51	0,58	0,53	0,58	0,49	m
05	0,68	0,71	0,53	0,48	0,60	0,50	0,45	0,46	0,47	0,44	0,41	m
06	0,77	0,66	0,64	0,53	0,44	0,52	0,47	0,54	0,40	0,47	0,42	m

Tab. 12 Auspressbare Gewebeflüssigkeit; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

		Messung Nr.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BB	MW	0,70	0,65	0,61	0,58	0,52	0,66	0,56	0,61	0,55	0,49	0,51
	±SD	0,07	0,07	0,05	0,07	0,03	0,07	0,09	0,03	0,04	0,07	0,04
AS x Pi	MW	0,71	0,66	0,61	0,57	0,56	0,69	0,57	0,62	0,52	0,51	0,51
	±SD	0,08	0,12	0,05	0,04	0,06	0,09	0,07	0,05	0,05	0,04	0,02
SH	MW	0,65	0,69	0,57	0,55	0,50	0,67	0,56	0,57	0,52	0,53	0,51
	±SD	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,04
DExDL xPi 2. Vers.	MW	0,66	0,65	0,60	0,60	0,53	0,66	0,54	0,58	0,54	0,54	0,52
	±SD	0,06	0,09	0,03	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,04	0,06	0,04
DExDL xPi 1. Vers.	MW	0,63	0,63	0,55	0,50	0,51	0,53	0,49	0,52	0,47	0,48	0,45
	±SD	0,11	0,09	0,05	0,06	0,06	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,04

Tab. 13 Statistisch signifikante Unterschiede auspressbare Gewebeflüssigkeit, 2. Versuchsabschnitt

<u>Zeitpunkt 1</u>	<u>Zeitpunkt 2</u>	<u>Zeitpunkt 3</u>
n.s.	n.s.	n.s.
<u>Zeitpunkt 4</u>	<u>Zeitpunkt 5</u>	<u>Zeitpunkt 6</u>
n.s.	n.s.	n.s.
<u>Zeitpunkt 7</u>	<u>Zeitpunkt 8</u>	<u>Zeitpunkt 9</u>
n.s.	n.s.	n.s.
<u>Zeitpunkt 10</u>	<u>Zeitpunkt 11</u>	
n.s.	n.s.	

Tab. 14 L*-Wert; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt Einzeltiere

Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	m/w
3	24,95	36,41	28,46	33,66	41,16	40,38	41,33	39,78	43,41	44,44	43,15	m
5	20,19	26,53	33,97	31,51	42,48	45,35	41,90	43,09	44,12	43,84	48,74	m
9	26,89	32,13	25,88	31,83	40,86	44,62	42,08	41,47	46,14	43,85	43,42	m
12	25,07	26,10	29,52	34,45	41,56	44,04	45,11	45,22	44,76	44,23	46,85	m
6	27,58	25,99	25,92	34,94	42,39	43,21	46,97	42,75	45,92	42,91	52,11	w
7	26,60	28,43	31,54	36,73	40,76	44,99	45,71	43,37	47,60	47,01	43,97	w
8	29,80	27,77	28,13	30,14	38,72	44,10	48,23	41,38	42,96	42,63	43,70	w
13	28,91	25,43	33,33	31,54	44,93	46,86	45,67	45,54	45,06	45,91	48,28	w
15	24,35	26,05	30,10	28,45	37,97	35,10	40,78	36,94	43,15	39,76	38,98	w
17	23,73	30,13	39,17	35,67	42,68	44,48	42,81	45,73	44,06	45,09	47,03	m
20	29,05	34,60	37,41	41,69	45,14	44,73	44,41	44,87	46,28	48,80	47,59	m

Fortsetzung der Tabelle L*-Wert Einzeltiere

21	28,92	34,96	37,81	43,47	44,01	47,55	46,94	44,19	45,89	50,60	48,62	m
22	31,41	36,78	40,62	42,65	42,39	45,05	41,82	43,83	49,20	49,55	45,38	m
23	26,12	27,81	28,22	36,79	41,69	43,00	41,75	44,47	44,47	44,46	46,55	m
25	26,25	35,48	35,30	39,84	40,41	45,85	45,89	45,97	45,67	44,56	49,11	m
18	27,07	39,74	37,88	39,20	40,43	40,56	42,25	43,44	43,86	44,52	42,74	w
19	30,46	30,13	38,35	38,27	46,23	44,16	43,23	45,90	46,39	47,38	46,85	w
24	27,54	24,87	29,05	35,66	43,98	40,81	44,02	46,45	45,82	47,26	46,62	w
26	24,95	41,88	40,70	40,98	42,13	44,63	45,06	44,20	44,42	42,73	43,66	m
30	32,56	38,21	41,01	43,55	44,53	46,92	44,94	45,40	46,40	46,01	47,85	m
31	26,11	28,76	34,36	33,50	43,05	43,57	44,44	49,01	46,45	44,43	47,61	m
32	27,59	32,64	33,38	38,34	43,45	44,30	45,41	44,82	44,86	44,61	47,20	m
34	27,57	30,47	29,41	32,12	39,32	44,01	47,26	46,93	47,43	47,06	47,33	m
35	23,42	30,29	37,12	37,02	43,47	45,78	44,47	44,76	44,99	45,60	45,65	m
36	27,11	34,26	28,67	37,44	47,33	43,84	44,48	44,32	45,68	50,67	48,82	m
37	23,65	33,94	31,25	31,17	42,17	46,65	43,74	44,48	42,23	42,00	44,87	m
38	29,44	28,80	29,61	35,45	40,78	43,01	44,49	44,27	44,21	44,75	49,52	m
39	24,75	33,49	30,79	33,03	44,64	48,03	45,24	45,57	48,06	46,45	49,98	m
27	31,30	29,91	29,38	34,42	39,96	45,36	44,91	44,02	45,08	43,29	47,44	w
28	30,81	33,25	34,62	38,30	45,52	47,84	45,62	46,32	46,57	46,25	48,87	w
29	28,78	28,39	33,33	34,18	47,79	49,39	47,72	50,37	50,32	50,97	50,85	w
33	27,25	35,74	34,97	42,50	45,53	46,00	49,33	46,36	47,96	43,75	45,26	w
40	25,80	29,94	31,31	39,38	41,71	42,90	41,18	45,72	45,65	44,16	45,32	w
43	24,70	30,00	41,16	43,44	47,17	47,50	48,98	50,56	52,58	50,32	52,97	w
44	25,43	36,23	34,22	35,26	43,93	43,50	44,79	45,29	44,04	48,27	48,32	w
54	22,51	29,15	36,89	31,32	44,04	42,81	42,29	43,85	43,96	43,13	45,34	m
56	27,03	29,74	37,22	37,88	39,46	45,57	43,72	42,24	41,97	43,37	43,98	m
58	30,63	33,88	34,21	38,43	38,62	39,62	40,80	44,29	42,18	41,79	44,93	m
60	24,28	29,09	26,90	35,33	43,20	42,35	39,99	42,38	41,89	44,85	42,06	m
61	24,49	35,01	25,45	28,91	40,06	47,08	40,27	45,38	47,77	48,27	47,81	m
62	27,24	30,90	32,05	40,17	40,54	43,01	43,17	45,54	44,85	42,68	42,83	m
64	27,06	33,68	29,43	38,16	40,50	44,01	40,37	44,81	45,35	41,13	43,81	m
66	28,40	34,23	37,60	38,98	37,10	40,05	40,85	42,18	41,16	38,52	42,25	m
51	26,78	27,47	29,13	35,08	42,74	44,40	43,24	44,61	44,30	44,50	46,01	w
52	28,43	30,37	34,45	40,05	38,10	43,53	39,10	43,99	45,76	44,75	43,71	w
53	27,33	29,32	29,18	40,92	42,74	40,95	43,22	42,18	42,10	43,00	44,55	w
55	25,05	33,44	35,17	38,37	40,11	42,45	39,97	44,19	42,30	41,96	44,83	w
57	27,68	30,89	36,45	38,85	42,61	46,87	51,30	46,08	47,75	44,22	43,51	w
59	23,51	34,15	31,55	34,35	42,40	42,24	40,67	43,69	44,41	44,86	45,21	w

Fortsetzung der Tabelle L*-Wert Einzeltiere

63	22,60	32,35	33,73	39,24	42,01	40,87	41,29	40,82	41,11	39,53	42,30	w
65	30,14	38,37	38,54	38,84	38,19	46,46	40,06	43,16	45,47	40,73	42,66	w
01	34,20	29,41	35,23	40,87	42,84	40,99	45,36	44,20	43,14	44,85	51,27	w
02	36,48	31,80	42,53	41,28	41,07	43,07	45,38	44,22	45,40	48,26	49,26	w
03	35,16	35,05	37,21	40,17	45,60	44,12	48,82	49,30	52,48	51,66	51,25	w
04	35,21	28,16	30,83	30,11	37,32	40,65	43,67	41,60	43,94	43,47	41,72	m
05	35,74	32,45	44,65	42,76	45,52	44,30	46,95	48,44	49,89	50,54	58,98	m
06	34,35	30,65	10,11	43,90	43,68	41,32	43,45	45,64	45,21	53,83	58,93	m

Tab. 15 L*-Wert; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

		Messung Nr.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BB	MW	26,04	28,32	29,65	32,58	41,20	43,18	44,20	42,17	44,79	43,84	45,47
	±SD	2,85	3,66	2,91	2,58	2,06	3,51	2,71	2,68	1,56	2,06	3,90
AS x Pi	MW	27,84	32,72	35,98	39,25	43,00	44,02	43,68	44,98	45,74	46,91	46,72
	±SD	2,38	4,76	4,40	2,92	2,02	2,26	1,81	1,07	1,61	2,37	1,87
SH	MW	26,97	32,87	33,96	36,83	43,68	45,50	45,68	46,02	46,31	46,06	47,82
	±SD	2,69	3,92	4,35	4,12	2,59	1,90	1,75	2,22	2,65	2,89	2,43
DExDL xPi 2. Vers.	MW	26,45	32,00	33,00	37,18	40,78	43,27	41,89	43,71	43,90	42,96	44,11
	±SD	2,48	2,86	4,04	3,34	2,11	2,35	2,88	1,45	2,18	2,38	1,56
DExDL xPi 1. Vers.	MW	35,19	31,25	38,43	39,85	42,67	42,41	45,61	45,57	46,68	48,77	51,90
	±SD	0,85	2,43	5,06	4,96	3,13	1,63	2,03	2,88	3,68	4,02	6,50

Tab. 16 Statistisch signifikante Unterschiede L*-Wert , 2. Versuchsabschnitt

<u>Zeitpunkt 1</u>	<u>Zeitpunkt 2</u>	<u>Zeitpunkt 3</u>
n.s.	BB – SH	BB – AS x Pi
<u>Zeitpunkt 4</u>	<u>Zeitpunkt 5</u>	<u>Zeitpunkt 6</u>
BB – AS x Pi BB – (DE x DL) x Pi BB – SH	SH – (DE x DL) x Pi	n.s.
<u>Zeitpunkt 7</u>	<u>Zeitpunkt 8</u>	<u>Zeitpunkt 9</u>
SH – (DE x DL) x Pi	SH – (DE x DL) x Pi SH – BB BB – AS x Pi	SH – (DE x DL) x Pi
<u>Zeitpunkt 10</u>	<u>Zeitpunkt 11</u>	
(DE x DL) x Pi – SH (DE x DL) x Pi – AS x Pi	(DE x DL) x Pi – SH	

Tab. 17 a*-Wert; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt, Einzeltiere

Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	m/w
3	2,67	1,76	1,27	1,39	0,56	2,04	4,91	4,14	1,47	0,76	2,93	m
5	3,17	2,58	1,52	1,61	0,96	2,69	2,64	2,50	1,98	0,83	1,01	m
9	4,93	0,64	1,70	0,74	0,42	1,33	1,34	0,33	0,22	0,53	0,28	m
12	2,71	2,45	1,42	1,68	1,77	1,17	1,76	1,55	2,39	1,13	2,13	m
6	0,91	1,92	0,89	2,70	2,01	1,78	4,35	4,69	4,09	3,25	1,64	w
7	3,28	1,21	0,72	0,85	1,19	2,15	1,93	0,82	1,58	0,88	1,07	w
8	1,84	0,47	2,05	1,29	-0,30	-0,07	3,58	2,83	1,60	1,17	1,53	w

Fortsetzung der Tabelle a*-Wert Einzeltiere

13	2,24	4,30	1,71	1,93	1,34	0,96	1,92	2,19	0,57	-0,30	1,04	w
15	3,32	5,51	4,49	4,44	3,47	3,87	4,86	5,20	3,74	2,53	5,56	w
17	0,37	-0,52	2,06	-0,36	0,11	-0,41	-0,11	0,34	-0,90	0,28	-0,97	m
20	1,24	0,63	-0,36	0,85	0,26	-0,87	1,36	0,74	-0,37	-0,30	0,52	m
21	-0,80	0,70	-0,84	-0,80	-1,12	-1,66	-0,13	1,56	0,51	-1,66	0,25	m
22	0,02	0,01	-0,29	0,43	-0,27	-0,89	1,17	1,55	-1,15	-1,37	0,63	m
23	1,54	1,47	1,01	1,15	1,14	2,14	3,13	0,80	0,37	0,06	0,68	m
25	2,04	0,93	1,58	0,90	1,46	0,63	2,93	1,50	-0,55	1,72	1,64	m
18	1,87	0,22	0,40	1,12	1,11	3,02	4,23	0,55	0,55	-0,31	-0,10	w
19	1,12	0,51	1,77	-0,12	-0,67	-0,32	1,51	1,99	-0,70	-1,00	-0,14	w
24	-0,14	0,97	0,88	0,48	0,10	-1,14	-0,72	-0,47	0,21	-0,42	0,74	w
26	3,13	1,80	1,95	1,51	1,80	2,50	2,60	3,51	1,73	2,42	2,46	m
30	-0,11	1,06	1,64	0,76	2,02	2,24	3,60	2,35	1,71	0,97	2,35	m
31	1,12	2,59	3,60	2,75	1,56	2,27	3,93	3,04	2,90	1,68	1,99	m
32	1,29	0,79	1,76	0,86	1,58	0,23	0,33	1,88	1,05	0,89	0,09	m
34	-0,28	1,20	1,49	0,27	0,81	0,74	3,87	3,94	0,75	2,41	2,42	m
35	2,40	0,05	2,48	1,60	-0,12	0,86	0,90	0,17	0,66	1,46	2,01	m
36	1,01	1,82	2,13	1,60	0,44	0,24	1,33	2,25	0,58	-0,39	1,43	m
37	5,23	4,40	3,70	3,39	2,75	1,84	4,44	2,79	4,04	3,11	2,71	m
38	1,06	2,08	1,45	1,85	1,67	1,26	3,52	3,19	3,67	1,91	1,48	m
39	-0,51	2,31	0,57	0,97	0,92	0,75	1,98	2,37	0,50	1,32	0,22	m
27	0,12	0,99	-1,74	0,18	-0,49	2,60	2,24	3,15	0,53	0,04	0,69	w
28	-1,12	2,09	-0,11	0,45	-0,32	-0,11	0,79	1,80	0,80	1,77	1,62	w
29	-0,08	2,17	0,46	0,30	-0,70	0,05	1,23	1,03	-0,25	-0,33	-0,28	w
33	0,43	1,86	1,37	0,60	0,41	0,23	4,10	1,97	1,84	4,36	2,27	w
40	4,04	1,47	1,59	1,99	1,44	1,19	2,49	2,32	0,70	0,70	2,69	w
43	0,29	0,05	1,61	-0,73	-0,11	0,90	0,73	0,02	0,10	0,45	-0,34	w
44	0,70	-0,13	0,80	-0,26	-1,55	-1,41	0,81	0,54	-0,19	-1,62	-0,28	w
54	1,33	0,78	0,98	1,38	0,26	-0,31	0,44	0,33	0,12	1,03	-0,03	m
56	2,34	2,24	1,44	1,50	1,56	0,89	2,06	2,36	3,37	-0,27	1,71	m
58	-0,25	-0,12	0,79	-0,10	0,40	0,21	-0,93	0,07	0,89	0,08	0,73	m
60	2,19	1,69	1,33	1,45	-0,19	1,31	2,66	2,76	1,34	1,94	1,87	m
61	3,24	2,95	4,45	2,26	2,31	1,99	-1,38	0,94	-0,14	-0,64	0,38	m
62	0,67	1,20	0,53	0,79	0,89	0,47	1,19	-0,03	0,75	1,87	1,89	m
64	1,70	2,61	1,28	1,30	0,74	0,52	0,24	0,18	0,38	0,48	0,16	m
66	2,32	2,50	2,65	3,55	3,10	1,42	2,82	2,45	2,48	4,08	2,27	m
51	0,63	1,39	1,28	0,42	-1,06	0,66	1,29	1,67	0,79	0,11	-0,16	w
52	0,97	1,42	0,45	0,45	1,53	0,17	2,34	0,80	0,13	0,24	0,29	w

Fortsetzung der Tabelle a*-Wert Einzeltiere

53	2,92	3,96	2,76	1,16	3,89	0,66	2,03	2,28	1,25	0,56	0,89	w
55	2,03	1,77	1,38	1,86	1,02	1,34	0,92	0,91	0,24	-0,70	-0,44	w
57	4,41	2,07	0,95	1,28	0,82	2,94	3,28	2,13	1,99	1,53	2,05	w
59	3,67	2,94	0,63	2,32	0,67	-0,53	0,62	1,05	0,55	-0,40	0,56	w
63	2,74	1,92	1,34	1,12	0,67	0,22	1,95	1,40	2,02	2,21	2,31	w
65	1,29	1,28	1,94	2,25	3,48	0,91	1,30	4,07	-0,43	0,06	1,98	w
01	0,35	2,51	1,22	0,26	2,03	2,11	2,25	2,69	3,47	2,32	1,58	w
02	-1,57	1,07	0,93	1,40	1,76	1,20	3,05	2,62	1,96	2,72	4,08	w
03	-0,52	-0,64	0,37	0,59	-0,06	0,17	2,13	-0,25	1,92	1,26	1,53	w
04	-0,89	1,94	1,71	2,71	1,99	2,62	1,59	0,95	2,12	1,81	2,11	m
05	-1,10	0,76	0,47	1,29	2,34	2,07	3,13	2,43	2,14	3,90	4,88	m
06	-0,94	0,54	0,11	0,36	1,45	3,15	2,49	0,89	-0,74	2,59	3,97	m

Tab. 18 a*-Wert; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

		Messung Nr.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BB	MW	2,79	2,32	1,75	1,85	1,27	1,77	3,03	2,69	1,96	1,20	1,91
	±SD	1,12	1,66	1,11	1,13	1,09	1,12	1,41	1,70	1,29	1,07	1,56
AS x Pi	MW	0,81	0,55	0,69	0,41	0,24	0,06	1,49	0,95	-0,23	-0,33	0,36
	±SD	0,99	0,59	1,03	0,69	0,87	1,58	1,68	0,77	0,65	1,00	0,73
SH	MW	1,05	1,54	1,55	1,04	0,73	1,02	2,37	2,15	1,31	1,25	1,28
	±SD	1,52	1,17	1,30	1,10	1,18	1,11	1,44	1,22	1,33	1,52	1,14
DExDL xPi 2. Vers.	MW	2,01	1,91	1,51	1,44	1,26	0,80	1,30	1,46	0,98	0,76	1,03
	±SD	1,23	0,97	1,03	0,87	1,34	0,87	1,30	1,15	1,04	1,28	0,96
DExDL xPi 1. Vers.	MW	-0,78	1,03	0,80	1,10	1,59	1,89	2,44	1,56	1,81	2,43	3,03
	±SD	0,65	1,11	0,60	0,92	0,86	1,06	0,58	1,20	1,38	0,90	1,46

Tab. 19 Statistisch signifikante Unterschiede a*-Wert, 2. Versuchsabschnitt

<u>Zeitpunkt 1</u>	<u>Zeitpunkt 2</u>	<u>Zeitpunkt 3</u>
BB – SH BB – AS x Pi	BB – AS x Pi (DE x DL) x Pi – AS x Pi	n.s.
<u>Zeitpunkt 4</u>	<u>Zeitpunkt 5</u>	<u>Zeitpunkt 6</u>
BB – AS x Pi	n.s.	BB – AS x Pi
<u>Zeitpunkt 7</u>	<u>Zeitpunkt 8</u>	<u>Zeitpunkt 9</u>
BB – (DE x DL) x Pi	BB – AS x Pi	BB – AS x Pi SH – AS x Pi
<u>Zeitpunkt 10</u>	<u>Zeitpunkt 11</u>	
SH – AS x Pi	BB – AS x Pi	

Tab. 20 b*-Wert; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt, Einzeltiere

Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	m/w
3	9,86	7,15	9,96	10,93	11,47	12,68	11,17	14,09	13,08	12,92	12,73	m
5	7,90	8,38	7,25	9,98	11,82	14,11	11,28	13,66	14,75	12,53	11,56	m
9	12,61	6,94	9,97	8,52	10,51	9,32	11,53	12,53	14,06	13,62	12,54	m
12	9,44	10,50	10,86	10,63	12,94	13,03	12,42	13,79	14,76	12,23	13,06	m
6	8,27	8,39	8,81	11,86	13,23	11,26	10,41	14,48	15,69	13,86	10,86	w
7	12,40	9,89	8,24	10,51	12,89	13,64	13,35	11,31	12,96	10,90	13,07	w
8	10,89	8,02	10,75	8,99	12,38	12,62	11,79	13,72	14,35	13,19	13,16	w
13	13,09	9,90	10,19	10,41	9,99	13,19	12,89	13,99	12,91	11,88	12,42	w
15	9,18	9,46	8,88	9,63	11,74	8,82	12,08	11,27	13,12	12,46	14,76	w
17	8,91	8,96	6,94	9,96	10,77	10,75	11,53	10,52	9,58	12,31	9,87	m
20	9,12	8,70	9,92	12,87	12,58	11,97	12,37	13,51	12,45	10,12	13,07	m

Fortsetzung der Tabelle b*-Wert Einzeltiere

21	9,06	9,04	8,55	10,57	10,63	2,73	10,24	13,26	12,84	10,50	11,71	m
22	9,78	11,22	11,98	11,65	11,68	12,08	13,19	12,14	11,40	11,14	12,68	m
23	9,99	9,02	9,27	11,28	12,11	12,69	12,67	12,93	11,81	12,20	12,44	m
25	9,80	9,88	10,47	11,33	11,07	11,40	13,77	12,28	10,90	13,40	12,05	m
18	10,49	10,28	11,68	11,34	11,71	11,45	12,67	10,66	9,32	9,32	10,59	w
19	7,69	9,00	7,78	9,88	9,99	11,97	13,14	9,23	11,54	10,95	11,86	w
24	7,29	9,53	9,13	10,47	12,36	9,90	11,03	11,75	12,05	11,57	11,07	w
26	9,04	11,47	12,47	11,83	11,49	11,33	11,23	14,09	12,13	12,94	13,02	m
30	8,47	7,22	12,68	11,02	10,66	10,57	14,18	13,63	9,26	12,59	13,51	m
31	8,61	9,80	9,81	12,01	12,45	10,11	9,96	9,74	14,75	13,06	13,49	m
32	9,72	8,47	9,58	10,08	10,89	12,23	12,05	13,97	12,22	11,89	10,55	m
34	9,90	10,26	10,07	9,65	11,22	11,82	12,24	13,33	13,27	14,54	13,39	m
35	9,20	8,64	9,14	11,61	12,01	10,14	12,74	12,59	13,12	12,86	13,00	m
36	8,57	9,87	10,90	11,91	11,94	11,72	12,77	13,51	12,49	12,28	13,20	m
37	10,74	6,91	10,54	11,67	13,82	12,53	15,71	13,65	14,68	14,10	14,11	m
38	7,95	8,50	9,52	11,27	12,25	11,88	12,58	13,67	15,20	12,49	12,21	m
39	7,93	8,69	9,44	10,61	12,13	12,28	13,31	12,56	12,55	13,26	10,98	m
27	1,95	9,30	10,69	9,52	10,10	11,15	11,66	8,74	10,56	11,78	10,96	w
28	8,34	10,79	9,17	10,01	10,78	11,70	11,53	12,46	12,45	12,81	12,33	w
29	8,75	10,38	7,95	8,93	8,41	12,64	13,16	12,14	12,35	12,24	11,30	w
33	8,87	5,66	7,91	10,16	9,52	11,72	10,22	13,00	13,62	14,48	13,36	w
40	10,06	9,99	10,70	10,45	12,20	11,87	13,47	12,86	12,73	11,50	13,21	w
43	7,84	9,55	4,71	11,10	11,62	13,03	12,00	13,28	12,86	13,50	12,35	w
44	9,10	8,66	8,14	8,84	11,22	10,88	10,72	12,00	11,86	9,32	10,52	w
54	8,69	8,04	4,94	9,60	10,48	11,98	11,59	11,72	11,77	12,56	11,02	m
56	9,93	10,63	9,50	11,25	11,28	8,53	10,62	12,19	14,55	11,16	12,60	m
58	7,71	9,14	9,76	11,07	11,03	10,99	10,85	9,82	11,94	12,15	9,78	m
60	6,64	8,61	9,29	9,10	11,03	10,73	13,56	11,64	12,13	10,24	12,64	m
61	10,41	4,63	11,27	10,28	11,82	9,13	11,82	11,33	12,14	12,74	12,20	m
62	9,44	10,53	9,35	10,39	11,13	11,61	12,62	9,99	13,28	13,40	12,57	m
64	10,65	7,10	10,30	11,19	12,25	11,08	11,73	10,67	12,07	11,90	10,64	m
66	9,47	12,01	11,78	10,95	10,82	9,97	12,32	11,92	12,50	13,41	13,20	m
51	6,26	9,93	8,67	9,70	9,80	10,10	11,67	9,76	10,71	11,07	10,52	w
52	6,99	9,96	9,63	10,04	11,50	10,72	12,68	11,14	10,21	11,93	11,96	w
53	9,71	11,59	10,34	10,41	13,76	11,28	10,98	12,70	12,02	11,82	11,79	w
55	8,49	7,79	10,05	11,93	12,51	13,35	12,72	10,53	11,44	10,78	10,33	w
57	10,74	10,17	10,59	10,66	11,10	12,86	14,47	12,17	12,72	12,05	11,76	w
59	8,42	12,03	9,35	10,73	9,29	10,68	11,44	11,22	11,24	11,68	11,00	w

Fortsetzung der Tabelle b*-Wert Einzeltiere

63	8,43	8,11	8,92	9,40	11,00	10,71	11,85	11,88	12,83	12,04	12,65	w
65	8,60	10,91	10,08	11,18	12,55	10,87	9,59	12,56	8,39	10,35	11,88	w
01	5,08	10,22	9,49	9,92	11,23	11,29	12,02	12,71	14,68	12,74	13,10	w
02	4,59	10,89	13,33	12,82	12,72	12,25	13,05	13,02	13,58	13,49	16,16	w
03	5,06	9,97	11,30	11,75	12,28	11,75	13,48	12,29	13,82	13,04	13,69	w
04	4,89	10,51	10,88	11,24	12,06	13,02	13,42	12,09	14,18	13,09	14,44	m
05	4,57	10,14	11,87	12,84	13,50	13,52	14,47	14,35	14,35	15,58	16,16	m
06	4,08	10,10	9,65	11,51	13,81	15,55	14,24	12,06	11,70	15,06	16,63	m

Tab. 21 b*-Wert; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

		Messung Nr.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BB	MW	10,40	8,74	9,43	10,16	11,89	12,07	11,88	13,20	13,96	12,62	12,68
	±SD	1,93	1,27	1,21	1,02	1,11	1,88	0,91	1,21	1,00	0,91	1,09
AS x Pi	MW	9,13	9,51	9,52	11,04	11,43	10,55	12,29	11,81	11,32	11,28	11,70
	±SD	1,06	0,82	1,68	0,94	0,87	3,04	1,14	1,42	1,21	1,25	1,03
SH	MW	8,44	8,89	9,57	10,68	11,32	11,60	12,30	12,66	12,73	12,76	12,40
	±SD	1,96	1,48	1,96	1,09	1,31	0,89	1,50	1,54	1,55	1,28	1,22
DExDL xPi 2. Vers.	MW	8,79	9,45	9,61	10,49	11,33	10,91	11,91	11,33	11,87	11,83	11,66
	±SD	1,38	1,99	1,49	0,78	1,09	1,21	1,17	0,95	1,37	0,95	1,00
DExDL xPi 1. Vers.	MW	4,71	10,31	11,09	11,68	12,60	12,90	13,45	12,75	13,72	13,83	15,03
	±SD	0,38	0,34	1,44	1,09	0,95	1,53	0,88	0,87	1,06	1,19	1,48

Tab. 22 Statistisch signifikante Unterschiede b^* -Wert, 2. Versuchsabschnitt

<u>Zeitpunkt 1</u>	<u>Zeitpunkt 2</u>	<u>Zeitpunkt 3</u>
BB – SH	n.s.	n.s.
<u>Zeitpunkt 4</u>	<u>Zeitpunkt 5</u>	<u>Zeitpunkt 6</u>
n.s.	n.s.	n.s.
<u>Zeitpunkt 7</u>	<u>Zeitpunkt 8</u>	<u>Zeitpunkt 9</u>
n.s.	BB – (DE x DL) x Pi SH – (DE x DL) x Pi	BB – (DE x DL) x Pi BB – AS x Pi
<u>Zeitpunkt 10</u>	<u>Zeitpunkt 11</u>	
SH – AS x Pi BB – AS x Pi	n.s.	

Tab. 23 Leitfähigkeit; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt, Einzeltiere

Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	m/w
3	2,10	2,60	2,80	3,45	4,65	4,50	5,95	6,10	5,60	7,05	6,30	m
5	3,05	1,95	2,90	2,20	3,45	2,60	2,35	2,60	3,35	3,15	2,40	m
9	2,45	2,35	4,15	3,05	2,35	3,25	4,10	5,35	6,20	4,75	3,20	m
12	3,15	2,95	4,20	4,00	4,85	6,85	8,60	9,35	10,40	7,40	10,40	m
6	2,20	2,80	3,00	2,60	6,05	3,60	4,05	6,75	7,75	7,35	5,05	w
7	3,10	3,10	3,25	5,90	5,55	7,40	9,35	9,55	7,65	6,40	6,56	w
8	2,25	3,05	3,75	2,00	1,85	2,60	4,95	6,10	5,75	7,35	7,70	w
13	2,20	3,80	2,90	2,25	2,60	2,70	2,70	2,30	3,70	3,85	3,35	w
15	2,20	2,05	3,10	1,55	3,20	3,70	5,40	5,30	5,85	6,90	7,40	w
17	2,95	3,85	4,65	2,95	3,60	4,00	4,75	5,15	4,80	4,10	5,15	m
20	2,55	2,20	3,65	2,95	4,45	7,05	7,55	7,65	7,20	5,90	7,25	m

Fortsetzung der Tabelle Leitfähigkeit Einzeltiere

21	2,45	3,95	5,50	4,70	6,30	6,55	4,50	5,05	4,80	4,95	12,50	m
22	2,50	6,60	6,70	9,55	7,40	7,15	7,80	7,55	5,95	5,95	9,00	m
23	2,40	2,75	3,90	3,95	4,35	2,50	4,45	5,25	4,75	5,75	6,90	m
25	2,25	11,45	13,00	14,45	11,70	7,35	9,75	10,10	8,50	9,95	11,40	m
18	6,55	11,25	8,55	10,20	10,80	10,85	10,75	11,10	7,75	8,85	7,75	w
19	2,15	2,95	3,15	5,55	4,50	4,35	5,35	5,20	4,95	4,35	4,00	w
24	2,65	2,20	3,85	2,75	4,15	5,10	7,50	5,45	6,10	7,10	7,65	w
26	2,35	3,20	4,35	3,95	4,60	7,85	7,15	8,20	6,50	6,60	6,20	m
30	2,75	5,15	6,45	7,45	11,05	7,25	8,20	8,00	5,30	5,85	5,05	m
31	2,55	2,55	2,95	3,30	3,45	3,70	5,05	4,80	5,40	5,05	5,10	m
32	2,80	3,50	5,50	5,45	4,20	3,75	6,90	7,25	6,70	6,70	6,80	m
34	2,70	3,60	3,40	2,90	4,30	4,50	5,00	4,05	4,45	4,25	3,95	m
35	2,40	3,00	3,20	2,90	6,25	7,80	9,40	8,90	9,40	8,95	11,30	m
36	1,95	2,45	3,45	3,45	4,65	4,35	4,05	5,20	5,20	4,55	4,65	m
37	3,40	1,90	2,90	2,20	2,85	3,80	5,35	5,90	6,50	6,15	6,70	m
38	2,15	2,15	2,70	3,10	5,10	4,40	4,40	2,40	4,15	4,05	4,15	m
39	2,90	2,30	4,00	2,15	2,40	3,65	6,65	8,85	10,05	8,60	9,05	m
27	2,00	2,55	3,55	5,20	3,75	3,70	4,60	5,70	6,05	6,55	9,60	w
28	2,30	3,65	4,20	4,30	4,45	7,20	6,15	7,55	6,60	6,00	6,90	w
29	2,25	2,20	3,55	2,65	4,35	3,65	5,50	5,60	5,95	4,50	6,35	w
33	2,75	4,05	4,20	4,30	6,70	5,10	6,20	6,50	5,65	5,20	6,10	w
40	2,75	3,65	2,60	2,70	5,25	5,60	6,50	5,40	5,40	5,00	7,95	w
43	3,30	3,55	4,40	4,80	5,35	5,80	4,50	5,10	5,90	5,75	6,80	w
44	3,45	4,05	3,10	4,45	5,85	6,85	7,95	7,10	7,25	8,65	9,45	w
54	3,05	2,85	4,30	3,35	5,10	7,40	7,55	6,80	6,75	6,55	7,55	m
56	3,10	5,30	6,70	7,15	5,20	3,75	4,00	5,00	5,10	4,85	7,75	m
58	2,45	4,45	4,20	3,85	6,10	6,00	5,85	6,45	6,25	6,70	8,80	m
60	3,05	3,60	5,05	3,55	4,85	7,25	8,50	7,40	6,15	6,55	6,60	m
61	2,00	3,20	2,95	3,00	4,40	3,50	4,75	4,20	5,30	5,15	7,00	m
62	2,85	3,80	6,25	6,45	7,55	10,70	11,70	8,50	9,45	10,00	7,10	m
64	1,90	2,30	4,75	2,60	4,20	2,90	4,05	4,50	6,40	6,70	9,95	m
66	4,45	5,90	11,00	11,05	9,80	6,00	5,70	5,25	3,65	5,35	7,25	m
51	2,20	4,45	4,65	3,55	5,65	4,45	5,60	5,70	5,55	6,25	10,45	w
52	2,80	5,30	6,80	6,35	8,00	8,50	6,80	5,65	4,60	4,40	5,70	w
53	3,30	4,35	4,50	3,25	4,35	5,10	6,20	6,30	6,35	6,30	8,35	w
55	2,15	5,10	3,75	4,55	4,35	5,70	6,25	6,25	5,20	7,25	7,35	w
57	3,55	7,20	10,05	9,50	11,65	13,00	13,10	12,20	9,90	9,65	9,65	w
59	3,60	5,45	6,85	8,00	7,05	6,15	6,55	6,70	6,65	6,05	7,85	w

Fortsetzung der Tabelle Leitfähigkeit Einzeltiere

63	2,60	2,70	4,60	3,30	6,75	7,60	7,65	8,15	6,25	6,30	7,20	w
65	4,40	7,75	8,90	10,55	11,00	11,00	11,30	10,95	8,65	10,80	12,00	w
01	3,25	3,35	5,85	4,90	8,80	9,00	9,40	9,75	10,65	9,85	8,85	w
02	3,65	4,65	7,25	6,95	10,10	11,25	12,10	12,10	12,45	11,65	10,35	w
03	3,35	4,55	7,95	7,60	9,15	9,85	10,90	13,10	12,65	11,50	8,85	w
04	2,40	3,25	2,60	1,80	3,35	3,75	4,45	6,55	6,25	7,05	8,00	m
05	2,75	4,10	9,00	9,20	10,45	10,85	11,60	11,35	12,15	11,60	8,15	m
06	3,95	5,10	6,85	6,90	8,00	8,15	10,00	12,50	12,30	11,15	10,15	m

Tab. 24 Leitfähigkeit; Messungen 1 bis 11, 1. und 2. Versuchsabschnitt, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

		Messung Nr.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BB	MW	2,52	2,74	3,34	3,00	3,84	4,13	5,27	5,93	6,25	6,02	5,82
	±SD	0,44	0,58	0,55	1,33	1,49	1,81	2,41	2,51	2,16	1,66	2,57
AS x Pi	MW	2,94	5,24	5,88	6,34	6,36	6,10	6,93	6,94	6,09	6,32	7,96
	±SD	1,37	3,71	3,17	4,12	3,02	2,44	2,33	2,32	1,42	1,98	2,71
SH	MW	2,63	3,15	3,79	3,84	4,97	5,23	6,09	6,26	6,26	6,02	6,83
	±SD	0,46	0,87	1,01	1,37	1,93	1,59	1,50	1,77	1,53	1,53	2,07
DExDL xPi 2. Vers.	MW	2,97	4,61	5,96	5,63	6,63	6,81	7,22	6,88	6,39	6,80	8,16
	±SD	0,77	1,55	2,32	2,86	2,41	2,85	2,70	2,20	1,69	1,83	1,63
DExDL xPi 1. Vers.	MW	3,23	4,17	6,58	6,23	8,31	8,81	9,74	10,89	11,08	10,47	9,06
	±SD	0,57	0,74	2,22	2,57	2,59	2,73	2,78	2,42	2,47	1,80	0,99

Tab. 25 Statistisch signifikante Unterschiede Leitfähigkeit, 2. Versuchsabschnitt

<u>Zeitpunkt 1</u>	<u>Zeitpunkt 2</u>	<u>Zeitpunkt 3</u>
n.s.	BB – AS x Pi SH – AS x Pi	BB – AS x Pi BB – (DE x DL) x Pi SH – (DE x DL) x Pi
<u>Zeitpunkt 4</u>	<u>Zeitpunkt 5</u>	<u>Zeitpunkt 6</u>
BB – AS x Pi	BB – (DE x DL) x Pi	BB – (DE x DL) x Pi
<u>Zeitpunkt 7</u>	<u>Zeitpunkt 8</u>	<u>Zeitpunkt 9</u>
n.s.	n.s.	n.s.
<u>Zeitpunkt 10</u>	<u>Zeitpunkt 11</u>	
n.s.	n.s.	

Tab. 26 Chemische Vollanalyse, 2. Versuchsabschnitt, Einzeltiere

Nr.	IMF (%)	Protein- gehalt (%)	Hydroxy- prolin (%)	Trocken- substanz(%)	Wasser- gehalt (%)	Asche (%)	m / w
3	1,4	23,1	0,03	25,5	74,5	1,1	m
5	2,0	23,2	0,03	26,2	73,8	1,1	m
9	1,5	23,4	0,02	25,8	74,4	1,1	m
12	1,4	23,0	0,06	25,4	74,6	1,1	m
6	1,4	23,3	0,03	25,8	74,2	1,1	w
7	1,3	23,4	0,03	25,6	74,4	1,0	w
8	1,4	23,3	0,02	25,8	74,2	1,1	w
13	1,1	23,3	0,04	25,5	74,5	1,1	w
15	1,1	23,3	0,04	25,3	74,7	1,1	w

Fortsetzung der Tabelle Chemische Vollanalyse Einzeltiere

17	1,0	22,9	0,06	24,9	75,1	1,1	m
20	1,0	23,1	0,07	25,1	74,9	1,1	m
21	1,1	22,8	0,06	24,8	75,2	1,1	m
22	1,1	23,1	0,05	25,2	74,8	1,1	m
23	1,3	22,9	0,05	25,2	74,8	1,1	m
25	1,3	22,3	0,04	24,8	75,2	1,1	m
18	1,2	23,1	0,06	25,4	74,6	1,1	w
19	1,2	23,2	0,06	25,5	74,5	1,1	w
24	1,1	23,4	0,05	25,4	74,6	1,1	w
26	1,3	22,8	0,04	24,8	75,2	1,1	m
30	2,5	22,2	0,04	25,6	74,4	1,1	m
31	1,6	22,6	0,05	25,2	74,8	1,1	m
32	1,2	22,8	0,05	24,9	75,1	1,1	m
34	2,8	21,7	0,04	25,6	74,4	1,2	m
35	1,1	23,1	0,04	25,3	74,7	1,1	m
36	1,3	23,3	0,04	25,4	74,6	1,1	m
37	1,6	23,2	0,05	25,9	74,1	1,1	m
38	1,5	22,8	0,05	25,2	74,8	1,2	m
39	1,6	22,6	0,07	25,3	74,7	1,2	m
27	1,1	22,6	0,04	24,5	75,5	1,1	w
28	1,1	22,7	0,03	24,9	75,1	1,1	w
29	1,5	22,8	0,05	25,4	74,6	1,2	w
33	1,1	22,2	0,04	24,5	75,5	1,1	w
40	1,0	22,9	0,07	25,2	74,8	1,2	w
43	1,4	22,2	0,05	24,7	75,3	1,2	w
44	1,1	22,8	0,06	24,9	75,1	1,2	w
54	1,0	23,1	0,03	25,0	75,0	1,2	m
56	1,0	22,8	0,06	24,7	75,3	1,2	m
58	0,9	23,2	0,05	25,0	75,0	1,2	m
60	1,0	22,6	0,07	24,6	75,4	1,2	m
61	1,3	22,4	0,06	24,8	75,2	1,2	m
62	1,1	23,1	0,05	25,1	74,9	1,2	m
64	1,4	23,2	0,04	25,5	74,5	1,2	m
66	1,1	23,0	0,04	25,1	74,9	1,2	m
51	1,1	22,9	0,06	24,8	75,2	1,2	w
52	1,0	23,0	0,03	24,9	75,1	1,2	w
53	1,1	23,3	0,03	25,2	74,8	1,2	w
55	1,3	23,0	0,06	25,1	74,9	1,2	w

Fortsetzung der Tabelle Chemische Vollanalyse Einzeltiere

57	1,0	23,4	0,06	25,3	74,7	1,1	w
59	1,0	23,0	0,06	25,2	74,8	1,2	w
63	1,1	23,6	0,07	25,8	74,2	1,2	w
65	1,0	23,1	0,05	25,1	74,9	1,2	w

Tab. 27 Chemische Vollanalyse 2. Versuchsabschnitt, MW = Mittelwert,
SD = Standardabweichung

		IMF (%)	Protein- gehalt (%)	Hydroxy- Prolin (%)	Trocken- Substanz (%)	Wasser- gehalt (%)	Asche (%)
BB	MW ±SD	1,4 0,3	23,26 0,13	0,03 0,01	25,64 0,29	74,37 0,27	1,09 0,03
AS x Pi	MW ±SD	1,1 0,1	22,98 0,31	0,06 0,01	25,14 0,27	74,86 0,27	1,10 0,00
SH	MW ±SD	1,5 0,5	22,66 0,40	0,05 0,01	25,14 0,40	74,86 0,40	1,14 0,05
DExDL xPi 2. Vers.	MW ±SD	1,1 0,14	23,04 0,29	0,05 0,01	25,08 0,30	74,93 0,30	1,19 0,03

IMF = Intramuskulärer Fettgehalt in Prozent (%)

Tab. 28 Statistisch signifikante Unterschiede Chemische Vollanalyse

<u>IMF (%)</u>	<u>Proteingehalt (%)</u>	<u>Hydroxyprolin (%)</u>
SH – (DE x DL) x Pi	SH – (DE x DL) x Pi SH – BB	BB – (DE x DL) x Pi BB – AS x Pi BB – SH
<u>Trockensubstanz (%)</u>	<u>Gesamtwasser (%)</u>	<u>Asche (%)</u>
BB – (DE x DL) x Pi BB – AS x Pi BB – SH	BB – (DE x DL) x Pi BB – AS x Pi BB – SH	BB – (DE x DL) x Pi BB – SH SH – AS x Pi SH – (DE x DL) x Pi (DE x DL) x Pi – AS x Pi

10. Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. B. Nowak für die Überlassung des Themas und die Hilfe bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Weiterhin danke ich Herrn Dr. Christian Strotmann, Herrn Dr. Marcus Langen und Herrn Dr. K. Rohn für ihren Einsatz, der wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Bei den Assistenten des Instituts für Lebensmittelqualität und –sicherheit und ganz besonders bei Herrn Köke möchte ich mich für die tatkräftige Unterstützung während der Versuchsreihen bedanken. Frau Marija Livio gilt mein Dank für die vielen Stunden im Labor.

Friedel Sawrin danke ich für das Überlassen der Halle für die Schweinemast und dafür, dass er den Lärm, das rasante Wachstum seines Misthaufens und die Umwandlung seiner Wiese zur Suhle anstandlos ertragen hat.

Herbert Alpers danke ich für die zuverlässige und schnelle Lieferung von Heu und Silage und die Entmistung der Halle mit dem Trecker.

Bei den Tierärzten des Schlachthofes Hannover, Dr. Ernst Brunschön, Dr. Tatiana Höftmann und Dr. Etta Politt möchte ich mich für die seelische und körperliche Unterstützung während der Schlachtung der Tiere bedanken.

Den Schlachtern des Schlachthofes Hannover danke ich für das ungewohnte Verständnis und die Hilfe bei der Schlachtung. Mein ganz besonderer Dank gilt hier Herrn Müller, der in seiner Freizeit Tiere zerlegt und ausgeliefert hat.

Weiterhin möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die zwar von dieser Arbeit nichts geahnt haben, aber dennoch Verständnis für die damit verbundene Hektik hatten und in der schwierigen Endphase der Dissertation die Kinderbetreuung übernommen haben.

Meinen Freunden danke ich für die Anteilnahme, die endlosen Gespräche über Mastschweine und deren Bedürfnisse und dafür, dass sie mich anderweitig entlastet haben, wenn ich mal wieder den Tag vor dem PC verbringen musste. Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Freund Stephan bedanken, der bei der Planung des Vorhabens, dem Umbau von Mehrzweckhalle und Weide zu Schweinestall und Auslauf sowie bei der Versorgung der Tiere mitgeholfen hat und immer ein offenes Ohr für die kleinen und großen Katastrophen während der Mast, der Schlachtung, der Versuchsreihen und dem Entstehen dieses Werkes hatte.

Zum Schluss gilt mein Dank noch den untersuchten Schweinen und vor allem der Nr.4! Ich danke Euch für die schönen Stunden im Stroh, das friedliche miteinander trotz Großgruppe, für Eure Zutraulichkeit, Euer Vertrauen und Eure individuellen Macken, die mich oft zum Lachen gebracht haben. Ihr wart ganz besondere Schweine!